

県立善通寺養護学校移転に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書

# 旧練兵場遺跡

(第26次調査)

第2分冊

2022.3

香川県教育委員会

# 本文目次（第2分冊）

## 第4章 自然科学分析

第1節 年代測定	1
第1項 年代測定の概要	1
第2項 旧練兵場遺跡における放射性炭素年代（AMS測定）	3
第2節 自然環境分析	6
第1項 自然環境分析の概要	6
第2項 香川県旧練兵場遺跡における花粉分析	9
第3項 埋蔵文化財整理業務（旧練兵場遺跡）に係る花粉分析等	16
第4項 炭化木樹種同定および炭化種実等同定分析	31
第3節 石器分析	65
第1項 石器分析の概要	65
第2項 旧練兵場遺跡出土のサヌカイト製石器等の産地推定	69
第3項 旧練兵場遺跡出土黒曜石製石器の産地推定	76
第4項 旧練兵場遺跡出土石杵・砥石の粗さ測定	79
第4節 玉類分析	81
第1項 玉類分析の概要	81
第2項 旧練兵場遺跡出土石製玉類の螢光X線分析	83
第3項 レプリカ法による旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔の構造分析	86
第4項 旧練兵場遺跡出土ガラス製玉類の螢光X線分析	91
第5項 旧練兵場遺跡出土管玉の産地、遺物群同定	98
第6項 旧練兵場遺跡出土ヒスイ様緑色透明剥片の石材分析	123
第5節 金属器分析	134
第1項 金属器分析の概要	134
第2項 埋蔵文化財発掘調査業務（旧練兵場遺跡）に係る青銅器鉛同位体比分析	135
第3項 旧練兵場遺跡出土鉄製品の構造分析調査	145
第4項 環状銅製品（報文M112）の成分分析	148
第6節 赤色顔料分析	151
第1項 赤色顔料分析の概要	151
第2項 旧練兵場遺跡出土土器付着赤色顔料の螢光X線分析（平成22年度）	168
第3項 旧練兵場遺跡出土土器付着赤色顔料の螢光X線分析（平成23年度）	175
第4項 旧練兵場遺跡出土青銅器付着赤色物質の自然科学分析	180
第5項 船載青銅鏡片の表面に付着する赤色物質の観察と分析	208
第6項 石英製磨石（報告番号S94）付着赤色顔料の螢光X線分析	214
第7項 ガラス小玉（T40）付着顔料のSEM/EDS分析及びマッピング分析	215

第8項 旧練兵場遺跡出土赤色顔料（朱）の顕微鏡観察・元素分析・粒度分析	222
第9項 辰砂鉱石及び辰砂粒子の断面観察と元素分析	366
第10項 辰砂鉱石（結晶片）に伴する鉱物の調査	385
第11項 旧練兵場遺跡出土赤色顔料（朱）の硫黄同位体比分析	391
<b>第7節 動物遺体・人骨（歯牙）の鑑定</b>	<b>404</b>
第1項 旧練兵場遺跡における動物資源利用	404
第2項 旧練兵場遺跡出土歯牙について	413

(第1分冊)

<b>第1章 調査に至る経緯と経過</b>	
第1節 事業の経緯と経過	1
第2節 旧練兵場遺跡の既往調査と調査年次について	8

<b>第2章 遺跡の立地と環境</b>	
第1節 地質・地理環境	9
第2節 歴史環境	12

<b>第3章 調査成果</b>	
第1節 報告の方法と手順	19
第2節 調査地区別および層序	22
第3節 弥生時代から古墳時代前期の遺構・遺物	37
第4節 古墳時代後期以後の遺構・遺物	381
第5節 遺構に伴わない遺物	423
第6節 大日本帝国陸軍第十一師団普通寺練兵場に関する遺構	434

(第3分冊・写真図版)

<b>第5章 総括</b>	
第1節 集落における自然環境の変遷	1
第2節 遺構の変遷	3
第3節 摻入土器	7
第4節 金誠器・玉類	8
第5節 赤色顔料、主に辰砂の入手と朱の精製加工・使用について	10
<b>第6章 付論</b>	
第1節 辰砂の採掘・精製と加工・消費	
大久保徹也（熊島文理大学）	24
第2節 旧練兵場遺跡出土朱闘進遺物に関する自然科学的手法による調査について	
本田光子（九州国立博物館名譽館員）	29

(第4分冊) デジタルデータ

DVD\_1.PDF 旧練兵場遺跡 赤色顔料試料 分析結果  
DVD\_2.PDF 上天神遺跡ほか県内弥生時代遺跡 赤色顔料試料 分析結果

第2分冊 第540～594図に対応

第2分冊 第595～660図に対応

# 挿図目次 (第2分冊)

第 396 図	旧練兵場遺跡における年代測定事例	2
第 397 図	[参考] 番年較正年代グラフ	4
第 398 図	旧練兵場遺跡における自然環境分析実施箇所	7
第 399 図	旧練兵場遺跡における花粉ダイアグラム	14
第 400 図	旧練兵場遺跡の花粉・胞子	15
第 401 図	旧練兵場遺跡：3A 調査区南壁における 花粉ダイアグラム	18
第 402 図	旧練兵場遺跡の花粉	19
第 403 図	旧練兵場遺跡：3A 調査区南壁における 植物珪酸体分析結果	22
第 404 図	旧練兵場遺跡の植物珪酸体	24
第 405 図	旧練兵場遺跡の木材 I	29
第 406 図	旧練兵場遺跡の木材 II	30
第 407 図	旧練兵場遺跡の木材 I	47
第 408 図	旧練兵場遺跡の木材 II	48
第 409 図	旧練兵場遺跡の木材 III	49
第 410 図	旧練兵場遺跡の木材 IV	50
第 411 図	旧練兵場遺跡の種実	64
第 412 図	石材分析対象遺物実測図 1	66
第 413 図	石材分析対象遺物実測図 2	67
第 414 図	香川県内の原石採取位置	70
第 415 図	サスカイト产地推定判別図（1） (讃岐エリア、二上山エリア)	73
第 416 図	サスカイト产地推定判別図（2） (讃岐エリア、二上山エリア)	73
第 417 図	サスカイト产地推定判別図（3） (讃岐エリア、二上山エリア)	74
第 418 図	サスカイト产地推定判別図（1）	75
第 419 図	サスカイト产地推定判別図（2）	75
第 420 図	黒曜石产地推定判別図（1）	78
第 421 図	黒曜石产地推定判別図（2）	78
第 422 図	旧練兵場遺跡出土の石片・砾石の粗さ測定	80
第 423 図	旧練兵場遺跡出土の鉱ガラス製玉類	81
第 424 図	石製玉類表面の実体顕微鏡写真	85
第 425 図	旧練兵場遺跡出土の石製玉類の実体顕微鏡 写真	87
第 426 図	旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔の レプリカの走査型電子顕微鏡写真 1	88
第 427 図	旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔の レプリカの走査型電子顕微鏡写真 2	89
第 428 図	ガラス玉の実体顕微鏡写真 (1)	96
第 429 図	ガラス玉の実体顕微鏡写真 (2)	97
第 430 図	浦須碧玉・瀬戸田緑色凝灰岩・花仙山碧玉の 蛍光 X 線スペクトル	98
第 431 図	発生時代（続撰文）時代の碧玉製、 緑色凝灰岩製・類原石の使用分布図	100
第 432 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.1 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 433 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.2 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 434 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.3 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 435 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.4 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 436 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.5 の蛍光 X 線	103
	スペクトル	103
第 437 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.6 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 438 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.7 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 439 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.8 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 440 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.9 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 441 図	旧練兵場遺跡出土管玉 N0.10 の蛍光 X 線 スペクトル	103
第 442 図	碧玉原石 ESR スペクトル	104
第 443 図	碧玉原石の信号（Ⅲ）の ESR スペクトル	105
第 444 図	碧玉原石の信号（Ⅲ）の ESR スペクトル	105
第 445 図	碧玉原石の信号（Ⅲ）の ESR スペクトル	105
第 446 図	碧玉原石の信号（Ⅲ）の ESR スペクトル	105
第 447 図	管玉の ESR 信号（Ⅲ）のスペクトル	106
第 448 図	ヒスイ原石類使用遺跡分布図及び ヒスイ産地・結晶品岩緑色（クロム 雲母）岩玉類使用遺跡分布図	126
第 449 図	ヒスイ原石の元素比値 Zr/Sr 対 Sr/Fe の 分布及び分布範囲	127
第 450 図	ヒスイ原石の元素比値 Ca/Si 対 Sr/Fe の 分布及び分布範囲	128
第 451 図	ヒスイ原石の元素比値 Na/Si-Mg/Si の 分布及び分布範囲	128
第 452 図	緑色透明破片の ESR スペクトル	129
第 453 図	ヒスイ原石 ERS スペクトル	130
第 454 図	ヒスイ原石 ERS スペクトル	130
第 455 図	ヒスイ原石 ERS スペクトル	130
第 456 図	ヒスイ原石 ERS スペクトル	130
第 457 図	分析試料	135
第 458 図	分析試料 鉛 101 の XRF スペクトル	136
第 459 図	分析試料 鉛 102 の XRF スペクトル	136
第 460 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料の鉛同位体比（A 式図）	142
第 461 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料の鉛同位体比（B 式図）	142
第 462 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (A 式図)	143
第 463 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (第 462 図の拡大 - A 式図)	143
第 464 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (第 464 図の拡大 - B 式図)	144
第 465 図	本調査における香川県善通寺市旧練兵場 遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (第 464 図の拡大 - B 式図)	144
第 466 図	板状鉄斧の構造分析サンプリング箇所 について	146
第 467 図	鉄製品（板状鉄斧）の顕微鏡組織	147
第 468 図	分析箇所（赤丸印が分析範囲）	148
第 469 図	測定 No.1 蛍光 X 線定性スペクトル	149
第 470 図	測定 No.2 の蛍光 X 線定性スペクトル	150

第 471 図	香川県内赤色顔料試料分布図	153
第 472 図	国産辰砂を対象とした硫黄同位体比分析値の変遷	161
第 473 図	赤色顔料の蛍光 X 線分析結果（1）	171
第 474 図	赤色顔料の蛍光 X 線分析結果（2）	172
第 475 図	赤色顔料の生物顕微鏡写真 1	173
第 476 図	赤色顔料の生物顕微鏡写真 2	174
第 477 図	赤色顔料の蛍光 X 線分析結果（3）	177
第 478 図	No.7 の水銀マッピング図およびポイント分析スペクトル	178
第 479 図	赤色顔料の生物顕微鏡写真 3	179
第 480 図	試料 1 ~ 4 · 10 · 10	191
第 481 図	試料 5 · 6 · 80% 縮小 · 11_原寸	192
第 482 図	試料 7 · 8 · 80% · 12_原寸	193
第 483 図	試料 9 · 80% · 13 · 14_原寸	194
第 484 図	写真 1 ~ 4 試料 1 · 2 元素マッピング図	195
第 485 図	写真 5 ~ 8 試料 3 · 4 元素マッピング図	196
第 486 図	写真 9 ~ 12 試料 5 · 6 元素マッピング図	197
第 487 図	写真 13 ~ 16 試料 7 · 8 元素マッピング図	198
第 488 図	写真 17 ~ 20 試料 8 · 9 元素マッピング図	199
第 489 図	写真 21 ~ 24 試料 10 · 11 元素マッピング図	200
第 490 図	写真 25 ~ 28 試料 12 · 13 元素マッピング図	201
第 491 図	写真 29 ~ 32 試料 13 · 14 (1) 元素マッピング	202
第 492 図	写真 33 · 34 試料 14 (2) 元素マッピング図	203
第 493 図	点分析時のスペクトル 試料 1 ~ 4	204
第 494 図	点分析時のスペクトル 試料 5 ~ 8	205
第 495 図	点分析時のスペクトル 試料 9 ~ 12	206
第 496 図	点分析時のスペクトル 試料 13 · 14	207
第 497 図	試料 4 の 35 倍画像	209
第 498 図	試料 4 右の 500 倍画像 (左: 電顎、右: 光学)	209
第 499 図	試料 4 左の 1000 倍画像 (左: 電顎、右: 光学)	209
第 500 図	試料 4 ポイント 1 の元素スペクトル	210
第 501 図	試料 4 ポイント 2 の元素スペクトル	210
第 502 図	試料 4 ポイント 3 の元素スペクトル	210
第 503 図	試料 4 ポイント 4 の元素スペクトル	210
第 504 図	試料 12 の 50 倍画像	210
第 505 図	試料 12 の 1000 倍画像 (左: 電顎、右光学)	211
第 506 図	試料 12 ポイント 1 のスペクトル図	211
第 507 図	試料 12 ポイント 2 のスペクトル図	211
第 508 図	試料 12 全体スペクトル図	211
第 509 図	試料 10 の 1000 倍画像 (左: 電顎、右: 光学)	212
第 510 図	試料 10 ポイント 1 のスペクトル図	212
第 511 図	試料 10 ポイント 2 のスペクトル図	212
第 512 図	永井遺跡ベンガラの 1000 倍画像	212
第 513 図	永井遺跡ポイント 1 のスペクトル図	213
第 514 図	永井遺跡ポイント 2 のスペクトル図	213
第 515 図	蛍光 X 線元素スペクトル図及び分析範囲写真	214
第 516 図	ガラス小玉 (T40) の外観	215
第 517 図	ガラス小玉 (T40) の電子顕微鏡画像 (二次電子像と反射電子像)	216
第 518 図	ガラス小玉表面に付着する物質の元素分析	217
第 519 図	元素マッピング図 1	218
第 520 図	元素マッピング図 2	219
第 521 図	拡大マッピング分析及び元素分析	220
第 522 図	赤色顔料観察・分析の手順	222
第 523 図	光学・電子顕微鏡及び硫黄同位体比分析	223
第 524 図	対応ブレードアート作成手順	223
第 525 図	走査型電子顕微鏡による観察・分析風景	226
第 526 図	粒度分析の手順	226
第 527 図	粒度分布グラフの見方	227
第 528 図	辰砂微粒子と微粉の凝集状態	232
第 529 図	辰砂粒子の形状	233
第 530 図	微粉を含まない辰砂粒子群	233
第 531 図	微粉のみで構成する辰砂粒子群	233
第 532 図	角礫状ベンガラ粒子	234
第 533 図	芋虫状ベンガラ粒子	234
第 534 図	粒子計測値グラフ	236
第 535 図	各試料の最大粒子画像	237
第 536 図	使われた辰砂粒子の粒度分布	239
第 537 図	辰砂粒子の粒度分類とその構成	240
第 538 図	ガラス玉付着の赤色顔料	241
第 539 図	粒度型類と粒子径の関係性	243
第 540 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1	245
第 541 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2	246
第 542 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3	247
第 543 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4	248
第 544 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5	249
第 545 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 6	250
第 546 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 7	251
第 547 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 8	252
第 548 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 9	253
第 549 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 10	254
第 550 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 11	255
第 551 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 2	256
第 552 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 3	257
第 553 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 4	258
第 554 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 5	259
第 555 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 6	260
第 556 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 7	261
第 557 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 8	262
第 558 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 9	263
第 559 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 0	264
第 560 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 1	265
第 561 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 2	266
第 562 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 3	267
第 563 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 4	268
第 564 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 5	269
第 565 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 6	270
第 566 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 7	271
第 567 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 8	272
第 568 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 9	273
第 569 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 0	274
第 570 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 1	275
第 571 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 2	276
第 572 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 3	277
第 573 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 4	278
第 574 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 5	279
第 575 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 6	280
第 576 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 7	281
第 577 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 8	282
第 578 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 9	283
第 579 国	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 0	284

第 580 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 1	285
第 581 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 2	286
第 582 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 3	287
第 583 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 4	288
第 584 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 5	289
第 585 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 6	290
第 586 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 7	291
第 587 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 8	292
第 588 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 9	293
第 589 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 0	294
第 590 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 1	295
第 591 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 2	296
第 592 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 3	297
第 593 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 4	298
第 594 図	旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 5	299
第 595 図	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1	300
第 596 図	上天神遺跡赤色顔料分析シート 2	301
第 597 図	上天神遺跡赤色顔料分析シート 3	302
第 598 図	上天神遺跡赤色顔料分析シート 4	303
第 599 図	上天神遺跡赤色顔料分析シート 5	304
第 600 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 6	305
第 601 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 7	306
第 602 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 8	307
第 603 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 9	308
第 604 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 0	309
第 605 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 1	310
第 606 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 2	311
第 607 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 3	312
第 608 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 4	313
第 609 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 5	314
第 610 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 6	315
第 611 国	上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 7	316
第 612 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1	317
第 613 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2	318
第 614 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3	319
第 615 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4	320
第 616 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 5	321
第 617 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 6	322
第 618 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 7	323
第 619 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 8	324
第 620 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 9	325
第 621 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 0	326
第 622 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 1	327
第 623 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 2	328
第 624 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 3	329
第 625 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 4	330
第 626 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 5	331
第 627 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 6	332
第 628 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 7	333
第 629 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 8	334
第 630 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 9	335
第 631 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 0	336
第 632 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 1	337
第 633 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 2	338
第 634 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 3	339
第 635 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 4	340
第 636 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 5	341
第 637 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 6	342
第 638 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 7	343
第 639 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 8	344
第 640 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 9	345
第 641 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 0	346
第 642 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 1	347
第 643 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 2	348
第 644 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 3	349
第 645 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 4	350
第 646 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 5	351
第 647 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 6	352
第 648 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 7	353
第 649 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 8	354
第 650 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 9	355
第 651 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 0	356
第 652 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 1	357
第 653 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 2	358
第 654 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 3	359
第 655 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 4	360
第 656 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 5	361
第 657 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 6	362
第 658 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 7	363
第 659 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 8	364
第 660 国	県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 9	365
第 661 国	豚骨埋面研磨試料成手順	367
第 662 国	観察・分析結果 1 (試料番号 001 - 016)	368
第 663 国	観察・分析結果 2 (試料番号 024)	369
第 664 国	観察・分析結果 3 (試料番号 047)	370
第 665 国	観察・分析結果 4 (試料番号 054-2)	371
第 666 国	観察・分析結果 5 (試料番号 054-3)	372
第 667 国	観察・分析結果 6 (試料番号 064)	373
第 668 国	観察・分析結果 7 (試料番号 066)	374
第 669 国	観察・分析結果 8 (試料番号 K-04 - K-08)	377
第 670 国	観察・分析結果 9 (試料番号 K-11 - K-12)	378
第 671 国	観察・分析結果 10 (試料番号 K-15 - K-17)	379
第 672 国	観察・分析結果 11 (試料番号 K-18)	380
第 673 国	観察・分析結果 12 (試料番号 B-020)	381
第 674 国	観察・分析結果 13 (試料番号 B-042 - B-076)	382
第 675 国	観察・分析結果 14 (試料番号 B-079)	383
第 676 国	辰砂鉛石 (結晶片) 報文番号 S8 の外観	385
第 677 国	辰砂鉛石 (結晶片) 破片①の白色鉱物の EDS による定性分析結果	386
第 678 国	辰砂鉛石 (結晶片) 破片①の隨伴鉱物部分 拡大写真及び次電子像	387
第 679 国	隨伴鉱物部分の反射電子像と Al · Si · Hg · S · Fe の X 線像	387
第 680 国	隨伴鉱物部分の微小X線回折チャート (CuK $\alpha$ = 15418 Å)	388
第 681 国	東アジア水銀脈分布図	392
第 682 国	硫黄同位体比分析対象辰砂試料分布図	393
第 683 国	硫黄同位体比の計算式	394
第 684 国	粘着テープを用いた遺物付着末の採取状況	394
第 685 国	超微量硫黄同位体分析装置の概略	395
第 686 国	1 枚の末の採取方法	396
第 687 国	硫黄同位体比分析結果グラフ	402
第 688 国	香川県域動物遺存出土上遺跡分布	404
第 689 国	旧練兵場遺跡 26 次調査出土動物遺存 1	411
第 690 国	旧練兵場遺跡 26 次調査出土動物遺存 2	412
第 691 国	上顎第一切歯 (切縁結節が確認できる)	413
第 692 国	対象試料 (全体写真)	414

# 表 目 次 (第2分冊)

第5表 旧練兵場遺跡年代測定事例一覧	1	遺跡出土資料の鉛同位体比	139
第6表 試料処理	3	これまでに測定された弥生時代の銅鏡	
第7表 測定結果	3	三棱鏡の鉛同位体比1	140
第8表 旧練兵場遺跡における自然環境分析一覧	7	これまでに測定された弥生時代の銅鏡	
第9表 旧練兵場遺跡における花粉分析結果	12	三棱鏡の鉛同位体比2	141
第10表 旧練兵場遺跡における花粉分析結果	17	本書収録の第26次調査出土赤色顔料資料	
第11表 旧練兵場遺跡Ⅲ A 調査区における植物 珪酸体分析結果	21	一覧表	152
第12表 旧練兵場遺跡における樹種同定結果	27	香川県内弥生時代遺跡出土の赤色顔料	
第13表 炭化材炭化種子同定分析一覧	32	関連遺物集表	154
第14表 旧練兵場遺跡における樹種同定結果	37	旧練兵場遺跡赤色顔料分析試料一覧表	155
第15表 旧練兵場遺跡における種実同定結果	55	上天神遺跡赤色顔料分析試料一覧表	161
第16表 旧練兵場遺跡における種実同定結果集計	63	香川県内（旧練兵場・上天神を除く）赤色 顔料試料一覧表	162
第17表 分析対象一覧	69	分析結果一覧 (H22)	169
第18表 原石採取地と判別群名	71	分析結果一覧 (H23)	176
第19表 岩石標準試料の測定値	71	分析対象一覧	180
第20表 測定値および产地推定結果	72	点分析 質量濃度・強度	182
第21表 時期別の產地	72	旧練兵場遺跡粒度分析による器種別計測値	235
第22表 分析対象一覧	76	上天神遺跡粒度分析による器種別計測値	235
第23表 西日本黒曜石產地の判別群	76	県内弥生時代遺跡（旧練兵場・上天神を 除く）粒度分析による粒度類型別	235
第24表 測定値および产地推定結果	77	旧練兵場遺跡粒度分析における粒度類型別 粒子径	243
第25表 粒度値と粒径の関係性	79	上天神遺跡粒度分析における粒度類型別 粒子径	243
第26表 26次調査出土玉類の組成	81	県内弥生時代遺跡（旧練兵場・上天神を 除く）粒度分析における粒度類型別粒子径・243	
第27表 石製玉類分析対象一覧	83	縄文時代遺跡粒度分析における粒度	
第28表 半定量分析結果 (mass%)	84	類型別粒子径	243
第29表 分析試料	86	分析試料一覧表	366
第30表 觀察結果	86	観察・分析結果一覧表	384
第31表 分析対象一覧	91	第65表 旧練兵場遺跡から出土した朱とその硫黄	
第32表 半定量分析結果 (mass%)	92	同位体比	397
第33表 碧玉原石群	110	上天神遺跡から出土した朱とその硫黄	
第34表 碧玉遺物群	112	同位体比	398
第35表 旧練兵場遺跡出土碧玉の元素分析結果	122	第67表 旧練兵場遺跡と上天神遺跡を除く香川県の縄文 時代から古墳時代の遺跡から出土した朱の 硫黄同位体比	399
第36表 旧練兵場遺跡出土碧玉の產地同定結果	122	第68表 旧練兵場遺跡出土動物種名一覧	405
第37表 ヒスイ製造物の原石產地の判定基準（1）	131	第69表 旧練兵場遺跡26次調査出土動物遺存体 観察一覧	407
第38表 ヒスイ製造物の原石產地の判定基準（2）	131		
第39表 旧練兵場遺跡出土ヒスイ様綠色剥片の 元素比値および比重	131		
第40表 ヒスイ原石・遺物群の元素比の平均値と 標準偏差値	132		
第41表 旧練兵場遺跡緑色透明剥片の石材產地 分析結果	133		
第42表 分析試料一覧 135			
第43表 分析試料から検出された元素とその強度	137		
第44表 本調査における香川県善通寺市旧練兵場			

## 第4章 自然科学分析

### 第1節 年代測定

#### 第1項 年代測定の概要

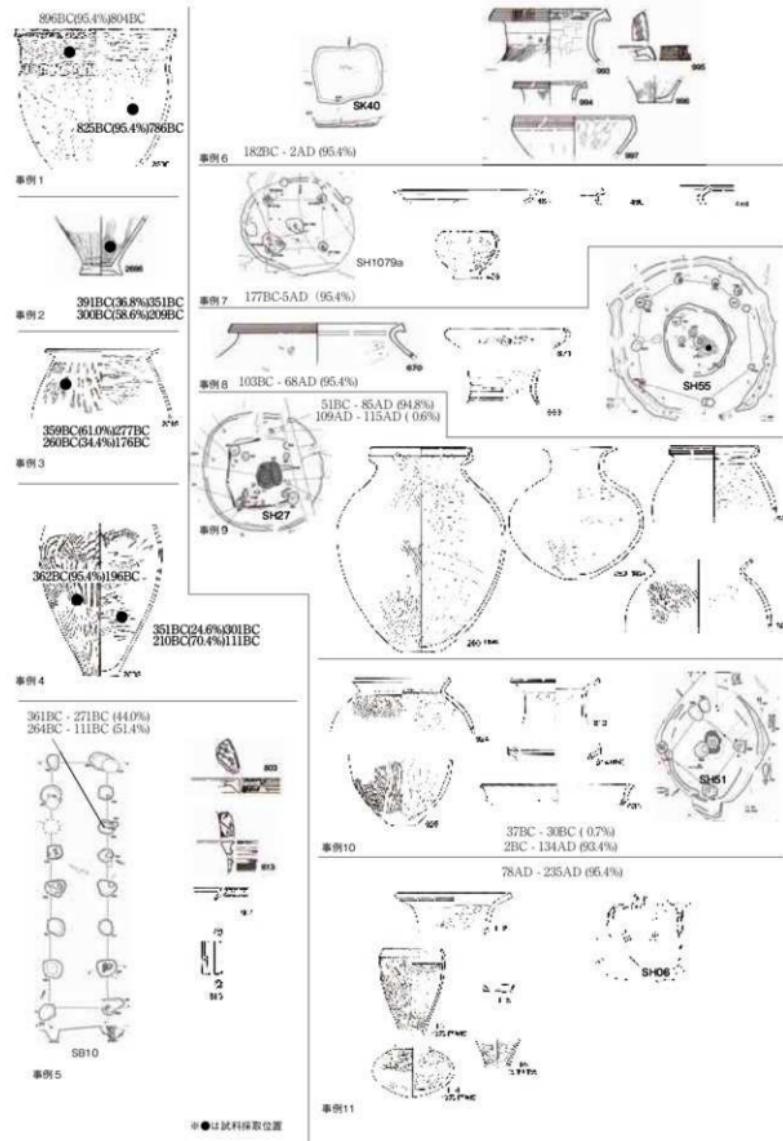
本書では平成20年度の調査時に弥生時代後期の堅穴建物SH1079bの中央土坑（炉跡）SK1130bで出土した炭化物を年代測定した結果を掲載する。本遺跡における年代測定は、旧練II報告で第19次調査河川跡（SR02）出土の縄文晚期後半土器付着炭化物、弥生時代中期土器付着炭化物、及び堅穴建物炉跡等遺構出土の炭化物について行われている。の中には、新しい時期の炭化物（あるいは石炭等）が混じるものであったり、縄文時代の炭化物が混在したものなど、本分析に不要なデータも含まれているが、ここではそれらを一旦除外し、今回の分析の比較材料として適切なもの10例を抽出し、合計11の年代測定分析事例を測定結果として示された年代の順に第396図に示した。

なお、測定試料は土器片付着または炉跡等遺構出土の炭化物であることから、実際の遺棄あるいは木材伐採の年代より古く測定される、いわゆる「古木効果」を考慮する必要がある。図には各試料の年代幅を $2\sigma$ 暦年範囲として示した。

※事例7は本書に掲載した分析

第5表 旧練兵場遺跡年代測定事例一覧

事例番号	試料概要	$2\sigma$ 暦年範囲	報告書・遺構名・遺物番号	測定番号
事例1	縄文後期後半古段階の突帯文土器深鉢、外腹及び内腹から試料採取	紀元前9世紀前半～紀元前8世紀前半 外面：896BC(95.4%)~804BC 内腹：825BC(95.4%)~786BC	旧練II・SR02最下層・2336	PLD-12411 PLD-12412
事例2	弥生時代中期裏底部、底部や上げ底、内腹に付着した炭化物を採取	紀元前4世紀前半～紀元前3世紀後半 300BC(58.6%)~299BC	旧練II・SR02下層下段・2686	PLD-12416
事例3	弥生時代中期前半の甕、口縁部は肥厚しない、外腹に付着した炭化物を採取	紀元前4世紀後半～紀元前2世紀前半 359BC(61.0%)~277BC	旧練II・SR02下層下段・2519	PLD-12415
事例4	弥生時代中期後半古段階の甕、外腹及び内腹に付着した炭化物を採取	紀元前4世紀後半～紀元前2世紀後半 外面：362BC(95.4%)~196BC 内腹：210BC(70.4%)~111BC	旧練II・SR02下層下段・2533	PLD-12413 PLD-12414
事例5	中期後半古段階の掘立柱建物	紀元前4世紀後半～紀元前2世紀後半 361BC - 271BC (44.0%) 264BC - 111BC (51.4%)	旧練II・SB10(SP766)・炭化物	IAAA-82429
事例6	中期後半新段階から後期初頭にかけての土器が出土した土坑	紀元前2世紀前半～紀元前後 182BC - 2AD (95.4%)	旧練II・SK40・炭化物	IAAA-82423
事例7	後期前半古段階の土器が出土した今回の報告による堅穴建物SH1079bの中央土坑	紀元前2世紀前半～紀元前後 177BC-5AD (95.4%)	本書・SH1079b (SK1130b中層～下層)・炭化物	IAAA-82227
事例8	後期前半の土器が出土した堅穴建物SH155の中央土坑	紀元前2世紀末～紀元1世紀後半 103BC - 68AD (95.4%)	旧練II・SH155中央土坑・炭化物	IAAA-82420
事例9	後期前半新段階の土器が出土した堅穴建物SH27の中央土坑	紀元前1世紀中葉～紀元1世紀後半 51BC - 85AD (94.8%)	旧練II・SH27中央土坑・炭化物	IAAA-82427
事例10	後期後半古段階の土器が出土した堅穴建物SH51の中央土坑	紀元前1世紀後半～紀元2世紀前半 2BC - 134AD (93.4%)	旧練II・SH51中央土坑・炭化物	IAAA-82428
事例11	終末期新段階の土器が出土した堅穴建物SH06の埋土	紀元1世紀後半～紀元3世紀前半 78AD - 235AD (95.4%)	旧練II・SH06埋土・炭化物	IAAA-82425



第 396 図 旧練兵場遺跡における年代測定事例

## 第2項 旧練兵場遺跡における放射性炭素年代(AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

## (1) 測定対象試料

測定対象試料は、旧練兵場遺跡（北緯 34° 13' 48"、東経 133° 46' 4") 1B 区で検出された堅穴住居 (SH1079b) の中央土坑 (SK1130b) の中～下層から出土した炭化物 2 点 (1:I AAA-82227, 2:I AAA-82228) である。この遺構は、考古学的所見では弥生時代後期前半古段階と推定されている。試料は土壤の水洗選別によって採取され、乾燥後に袋詰めして保管された。

## (2) 測定の意義

分析対象の遺構は、考古学的検討から西暦 0 年を前後する弥生時代後期前半古段階を想定しているが、その曆年代の妥当性を理化学的手法により検討する。

## (3) 化学処理工程

- 1) メス・ビンセットを使い、根・土等の表面的な不純物を取り除く。
- 2) 酸処理、アルカリ処理、酸処理 (AAA: Acid Alkali Acid) により内面的な不純物を取り除く。  
最初の酸処理では 1N の塩酸 (80°C) を用いて数時間処理する。その後、超純水で中性になるまで希釈する。アルカリ処理では 1N の水酸化ナトリウム水溶液 (80°C) を用いて数時間処理する。なお、AAA 処理において、アルカリ濃度が 1N 未満の場合、表中に AaA と記載する。その後、超純水で中性に希釈する。最後の酸処理では 1N の塩酸 (80°C) を用いて数時間処理した後、超純水で中性になるまで希釈し、90°C で乾燥する。希釈の際には、遠心分離機を使用する。
- 3) 試料を酸化銅と共に石英管に詰め、真空下で封じ切り、500°C で 30 分、850°C で 2 時間加熱する。
- 4) 液体窒素とエタノール・ドライアイスの温度差を利用し、真空ラインで二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を精製する。
- 5) 精製した二酸化炭素から鉄を触媒として炭素のみを抽出 (水素で還元) し、グラファイトを作製する。

第6表 試料処理

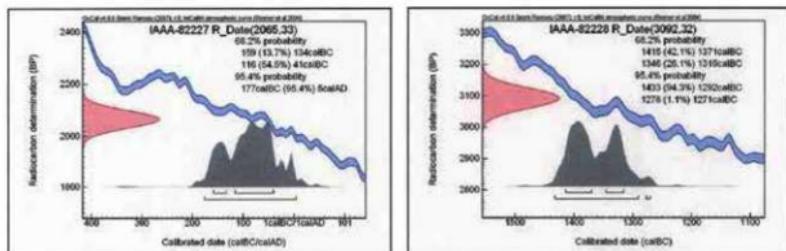
測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
					(AMS)	Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-82227	1	1B 区 SK1130b (SH1079b 中央土坑) 中層～下層	炭化物	AAA	-27.14 ± 0.97	2070 ± 30	77.33 ± 0.32
IAAA-82228	2	1B 区 SK1130b (SH1079b 中央土坑) 中層～下層	炭化物	AaA	-24.40 ± 0.68	3090 ± 30	68.04 ± 0.27

[ # 2626 ]

第7表 測定結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		曆年校正用 (yrBP)	1 σ 曆年代範囲	2 σ 曆年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-82227	2100 ± 30	76.99 ± 0.28	2,065 ± 33	159BC-134BC (13.7%)	177BC-5AD (95.4%)
				116BC-41BC (54.5%)	
IAAA-82228	3,080 ± 30	68.13 ± 0.26	3,092 ± 32	1415BC-1371BC (42.1%)	1433BC-1292BC (94.3%)
				1346BC-1316BC (26.1%)	1278BC-1271BC (1.1%)

[ 参考値 ]



第397図 [参考] 历年較正年代グラフ

6) グラファイトを内径 1 mm のカソードに詰め、それをホイールにはめ込み、加速器に装着する。

#### (4) 測定方法

測定機器は、3MV タンデム加速器をベースとした<sup>14</sup>C-CAMS 専用装置（NEC Pelletron 9SDH-2）を使用する。測定では、米国国立標準局（NIST）から提供されたシウ酸（HOxII）を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

#### (5) 算出方法

- 1) 年代値の算出には、Libby の半減期（5568 年）を使用する（Stuiver and Polash 1977）。
- 2) <sup>14</sup>C 年代 (Libby Age yrBP) は、過去の大気中 <sup>14</sup>C 濃度が一定であったと仮定して測定され、1950 年を基準年 (OyrBP) として遡る年代である。この値は、 $\delta^{13}\text{C}$  によって補正された値である。<sup>14</sup>C 年代と誤差は、1 術目を四捨五入して 10 年単位で表示される。また、<sup>14</sup>C 年代の誤差 ( $\pm \sigma$ ) は、試料の <sup>14</sup>C 年代がその誤差範囲に入る確率が 68.2% であることを意味する。
- 3)  $\delta^{13}\text{C}$  は、試料炭素の <sup>13</sup>C 濃度 (<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C) を測定し、基準試料からのずれを示した値である。同位体比は、いずれも基準値からのずれを千分偏差 (‰) で表される。測定には質量分析計あるいは加速器を用いる。加速器により <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C を測定した場合には表中に (AMS) と注記する。
- 4) pMC (percent Modern Carbon) は、標準現代炭素に対する試料炭素の <sup>14</sup>C 濃度の割合である。
- 5) 历年較正年代とは、年代が既知の試料の <sup>14</sup>C 濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の <sup>14</sup>C 濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。历年較正年代は、<sup>14</sup>C 年代に対応する較正曲線上の历年年代範囲であり、1 標準偏差 ( $1\sigma = 68.2\%$ ) あるいは 2 標準偏差 ( $2\sigma = 95.4\%$ ) で表示される。历年較正プログラムに入力される値は、下一桁を四捨五入しない <sup>14</sup>C 年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。

また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、历年較正年代の計算に、IntCal04 データベース (Reimer et al 2004) を用い、OxCALv4.0 較正プログラム (Bronk Ramsey 1995 Bronk Ramsey 2001 Bronk Ramsey, van der Plicht and Weninger 2001) を使用した。

## (6) 測定結果

中央土坑 (SK1130b) の中～下層から出土した炭化物 2 点の  $^{14}\text{C}$  年代は、 $2070 \pm 30\text{yrBP}$  (1 : I AAA-82227) と  $3090 \pm 30\text{yrBP}$  (2 : I AAA-82228) である。

曆年較正年代 ( $1\sigma$ ) は、1 が  $159 \sim 134\text{BC}$  (33.7%) •  $116 \sim 41\text{BC}$  (54.5%)、2 が  $1415 \sim 1371\text{BC}$  (42.1%) •  $1346 \sim 1316\text{BC}$  (26.1%) である。

試料は 10mm 未満の炭化物片であり、樹木の最外年輪部を判定して採取されたものではない。したがって、試料の帰属する年輪の部位に応じた「古木効果」の可能性を考慮する必要がある。すなわち、試料が内側の年輪に帰属すれば、最外年輪からの年輪数だけ、樹木の枯死年代より古い測定値が示される。

2 については、遺構の帰属する時期（弥生時代後期前半古段階）よりも明らかに古く、より古い時代の炭化物が遺構埋没時に混入したと推定される。試料の炭素含有率はともに約 60% 以上であり、十分な値であった。化学処理および測定内容にも問題は無く、年代値の信頼性を保証するものである。

### 参考文献

- Stuiver M. and Polash H. A. 1977 Discussion: Reporting of  $^{14}\text{C}$  data, *Radiocarbon* 19, 355-363
- Bronk Ramsey C. 1995 Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OxCal Program, *Radiocarbon* 37 (2), 425-430
- Bronk Ramsey C. 2001 Development of the Radiocarbon Program OxCal, *Radiocarbon* 43 (2A), 355-363
- Bronk Ramsey C., van der Plicht J. and Weninger B. 2001 'Wiggle Matching' radiocarbon dates, *Radiocarbon* 43 (2A), 381-389
- Reimer, P. J. et al. 2004 IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26cal kyr BP, *Radiocarbon* 46, 1029-1058

## 第 2 節 自然環境分析

### 第 1 項 自然環境分析の概要

今回の報告で提示する自然環境に関する分析は次の 3 件である。第 2 項は中世埋没の条里地割溝 SD4002a の花粉分析、第 3 項は本調査区の南を西に流下する旧練 II 報告河川跡 SR02 の北端岸辺に当たる 3A 区南壁の花粉分析・植物珪酸体分析及び SR02 下層出土の弥生時代中期自然木の樹種同定、第 4 項は本調査区で検出した堅穴建物の炉跡と推定される中央土坑の埋土を水洗して得られた燃料材と推定される炭化物についての樹種の同定と、同時に検出した炭化種子についての同定である。

第 2 項の分析対象遺構 SD4002a は、久安元年（1145）に製作された調査地周辺の詳細な土地台帳である官内庁書類所蔵「讃岐國普通曼荼羅寺寺領注進状」（書類部所蔵文書 平安文書 2569）に記載された多度郡条里的四条八里十三坪（東側）と十四坪（西側）を区切る縱方向の坪界に比定される溝である。同文書には土地利用状況が詳細に記されており、坪界より東側は「現作水田」の面積が周りと比べて多く記載され、それ以外の坪の多くは「畠」である（金田 1988）。ここでいう「現作水田」は旧練 I で報告された河川 SR01 埋没による後背湿地（旧練 I の SR01）のこと、本遺構から東に 80 m 隔たることから今回の花粉組成とは無関係である。分析ではヨモギ属が優占し「比較的乾燥した環境」と判断された。

また、本遺構から推定される水路に面してアサ科のムクノキが生育していた姿が花粉組成から示された。上記文献記載の「畠地」と矛盾しない結果である。下層のアゼ⑤（断面 f ライン）で検出した「ムクノキ」はその層位の樹木花粉中で出現比率が高いが、北に 9 m 離れたアゼ④（断面 e ライン）ではほぼ花粉は出現せず、上位層ではブナ科の樹木に置換する。この限られた範囲に優占するムクノキの花粉の出現は、水路際に数少なく生育した樹木の一つで、人々と闊りを持ちながら樹木が生育する農風景の一フレームをも推測させる分析結果である。なお、埋没途上でカヤツリグサ科、セリ亞科が増加し一時期潤湿環境にあったことを示しており、埋没環境の変化の一端が示された。

第 3 項の分析は 3A 区南壁の弥生時代終末期から古墳時代にかけて最終埋没した旧河川 SR3591a（旧練 II の SR02）の堆積層とその後の古代において窪地に堆積した土層を対象に花粉分析・植物珪酸体分析を実施したものである。あわせて、旧練 II の SR02 で出土した自然木の樹種同定を行い、旧練 II で分析した自然木の樹種データに追加して、樹木相を明らかにした。自然木はいずれも小径木や枝木で、小河川の土堤際に生育した樹木と、集落に持ち込まれた材から廢棄された枝木等の在り方を示す。なお、旧練 II 報告で「下層下位」と表記したのは弥生時代中期の資料群、「最下層」あるいは「その下」と表記したのは縄文晩期から弥生前期に所属する資料群であることをここで示しておく。

以下、旧練 II の分析結果も統合して簡単にまとめておく。樹種同定では不明や樹皮などを除外して集計すると、中期の樹木は 78 点となる。そのうち 22% を占めるヒノキ（16 点）は、実際の樹木片を観察するとほとんどが加工材と認定できるもので、本来は木製品として取り扱うべき遺物である。それを除くと、コナラ属アカガシ亜属・シイ属が多く、常緑広葉樹の生育とともに川辺に生育したと推定されるヤナギ属も多く確認できた。弥生中期には未だ一次林としての照葉樹林が近隣には多く残り、湿地沿いにヤナギ属が繁茂する状況が示された。

花粉分析では弥生時代終末期から古墳時代前期にかけて河川埋没層を切り込んで開削する溝 SD3626a

の堆積層から試料No.2～4を採取した。ヨモギ属の草本花粉が多数検出され、陽当たりの良い高燥環境が示されている。弥生中期の河川湿地はすでに埋没し居住域周辺の花粉組成の変化を示すものである。

一方で、旧練II報告における自然河川SR02の埋没後の後背地には、低地堆積が認められた。No.1の



第398図 旧練兵場遺跡における自然環境分析実施箇所

第8表 旧練兵場遺跡における自然環境分析一覧

番号	分析種別	遺構名	報告書	タイトル	分析機関
1	樹種・種実同定	B-E区SR02(SR03)	旧練Ⅱ B区西隅古代水平堆積層	香川県旧練兵場遺跡における土壤分析・樹種同定・種子同定	株式会社古環境研究所
2	植物珪酸体分析	7-10区SR01	旧練Ⅱ 7-10区SR01 4試料	香川県旧練兵場遺跡における土壤分析・樹種同定・種子同定	パリノ・サーヴェイ株式会社
3	植物珪酸体分析	7-10区SR01	旧練Ⅱ 7-12区SR01 6試料	第1節 河川SR01内堆植物の植物珪酸体分析	川崎地質株式会社
4	花粉分析	7-10区5試料	旧練Ⅱ 7-11区SK01	第2節 河川SR01内堆植物の花粉分析	文化財調査コンサルタント株式会社
5	花粉、珪藻分析	7-10区5試料	旧練Ⅱ 1区SR1006	第3節 河川SR01内堆植物の花粉、珪藻分析	川崎地質株式会社
6	植物珪酸体分析	7-11区SK01	旧練Ⅱ 1区SR03	第4節 旧練兵場遺跡における自然科学分析報告	文化財調査コンサルタント株式会社
7	花粉分析	2B区SR2002	旧練Ⅱ 2区①SR2002	第1節 旧練兵場遺跡における自然科学分析報告	株式会社古環境研究所
8	花粉分析	2B区SR4002	本書	第2節 第2項 香川県旧練兵場遺跡における花粉分析	一般社団法人 文化財科学研究センター
9	花粉分析・植物珪酸体・樹種同定	3A区SR3591a	本書	第2節 第3項 墓藏文化財整理業務(旧練兵場遺跡)による花粉分析等	一般社団法人 文化財科学研究センター
10	花粉分析	整地建物・土坑	本書	第2節 第4項 焼成材樹種同定及び珪藻種実等同定分析	一般社団法人 文化財科学研究センター
11	樹種・種実同定				
12	樹種・種実同定				

古代の堆積層もその一つである。旧練II報告と今回のNo.1及びNo.2の植物珪酸体分析でイネが多産し、調査地内における水田の存在が示された。これは河川埋没後の低地を中心に弥生時代から古代において、狹小な水田が営まれた時期があったことを示す。ただ、第2項で示したように中世初期（12世紀）になると周辺は高燥化し、水田を営むほどの湿润性は失われている。西日本で普遍的な完新世段丘II面の形成（高橋2003）に関わるものであろう。

第4項は弥生時代中期後半から終末期までの堅穴建物の炉跡埋土の土壤水洗で得られた炭化物の分析である。当初の目的は主に鍛造剣片の検出による弥生時代における鉄器製作の痕跡検出を目的に実施した土壤水洗作業ではあったが、水洗物の磁着検査や詳細観察では少量の鋳化鉄片を除き、鍛造剣片等の高温鍛冶作業を示す材料はなかった。一方で、日常的な使用に供した燃料材と目される炭化材片を遺構ごとに回収することができた。日常的な燃料材の選択とその変化を考える材料とするため、それらの炭化物について樹種同定を行った。

樹種同定総点数192点中コナラ属クヌギ節が75点、コナラ節が29点と両者で54%を占めた。特に弥生時代後期後半に限定するとクヌギ節だけでその時期の約50%を占める。周辺の植生がアカガシ亜属やサカキなどの一次林種から、コナラ属クヌギ節といった二次林種に置き換わった可能性とともに、燃料材としてのクヌギ節を主体とする樹種選択が窺えた。

そのほか、モモ核の検出が目立った。集落が始まる中期後半からモモ核が出土していることから、集落近辺でモモ栽培がおこなわれた可能性が示された。

## 第2項 香川県旧練兵場遺跡における花粉分析

株式会社古環境研究所

## 1. はじめに

花粉分析は、一般に低湿地の堆積物を対象とした比較的広域な植生・環境の復原に応用されており、遺跡調査においては構造内の堆積物などを対象とした局地的な植生の推定も試みられている。花粉などの植物遺体は、水成堆積物では保存状況が良好であるが、乾燥的な環境下の堆積物では分解されて残存していない場合もある。

## 2. 試料

分析試料は、古代以降の条里地割の坪界溝で基幹水路としての性格が想定できる2B区SD4002aの畔④から採取された上層（②層：14～16世紀頃、試料No.1）～下層（⑨層：12～13世紀、試料No.4）の4点、畔⑤から採取された上層（②層：14～16世紀頃、試料No.5）～最下層（⑪層：8～12世紀頃、試料No.9）の5点、弥生時代後期後半の土器棺墓である4A区ST4316aの棺内から採取された最下層（弥生後期、試料No.10）の1点の計10点である。2B区SD4002aでは試料採取箇所を分析結果の模式柱状図（第399図）に示す。

## 3. 方法

花粉の分離抽出は、中村（1973）の方法をもとに、以下の手順で行った。

- 1) 試料から1cm<sup>3</sup>を採量
- 2) 0.5%リン酸三ナトリウム（12水）溶液を加え15分間湯煎
- 3) 水洗処理の後、0.5mmの篩で礫などの大きな粒子を取り除き、沈澱法で砂粒を除去
- 4) 25%フッ化水素酸溶液を加えて30分放置
- 5) 水洗処理の後、冰酢酸によって脱水し、アセトトリシス処理（無水酢酸9：濃硫酸1のエルドマン氏液を加え1分間湯煎）を施す
- 6) 再び冰酢酸を加えて水洗処理
- 7) 沈澱に石炭酸フクシンを加えて染色し、グリセリンゼリーで封入してプレパラート作成
- 8) 検鏡・計数

検鏡は、生物顕微鏡によって300～1000倍で行った。花粉の同定は、島倉（1973）および中村（1980）をアトラスとして、所有の現生標本との対比で行った。結果は同定レベルによって、科、亜科、属、亜属、節および種の階級で分類し、複数の分類群にまたがるものはハイフン（-）で結んで示す。イネ属については、中村（1974, 1977）を参考にして、現生標本の表面模様・大きさ・孔・表層断面の特徴と対比して同定しているが、個体変化や類似種もあることからイネ属型とする。また、この処理を施すとクスノキ科の花粉は検出されない。

#### 4. 結果

##### (1) 分類群

出現した分類群は、樹木花粉 17、樹木花粉と草本花粉を含むもの 2、草本花粉 17、シダ植物胞子 2 形態の計 38 である。これらの学名と和名および粒数を第 9 表に示し、花粉数が 200 個以上計数できた試料は、周辺の植生を復元するために花粉総数を基数とする花粉ダイアグラムを第 399 図に示す。主要な分類群は顕微鏡写真に示した。また、寄生虫卵についても観察したが検出されなかった。以下に出現した分類群を記載する。

###### 〔樹木花粉〕

モミ属、ツガ属、マツ属複維管束亜属、スギ、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、カバノキ属、シイ属、ブナ属、コナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ亜属、ニレ属-ケヤキ、エノキ属-ムクノキ、ジャケツイバラ、カエデ属、ブドウ属、エゴノキ属、ツツジ科

###### 〔樹木花粉と草本花粉を含むもの〕

クワ科-イラクサ科、バラ科

###### 〔草本花粉〕

イネ科、イネ属型、カヤツリグサ科、タデ属、タデ属サナエタデ節、ギシギシ属、アカザ科-ヒユ科、ナデシコ科、アブラナ科、チドメグサ亜科、セリ亜科、ナス科、オオバコ属、タンボボ亜科、キク亜科、オナモミ属、ヨモギ属

###### 〔シダ植物胞子〕

単条溝胞子、三条溝胞子

##### (2) 花粉群集の特徴

下位より花粉構成と花粉組成の変化の特徴を記載する。

###### 1) 2 B 区 SD4002a の畔④・第 399 図

###### ・下層 (⑨層)、試料No.4 : 12 ~ 13 世紀

花粉密度は低い。草本花粉が 95% を占め、ヨモギ属が卓越し、アカザ科-ヒユ科、イネ科、セリ亜科などが低率に伴われる。樹木花粉ではマツ属複維管束亜属、コナラ属アカガシ亜属、エノキ属-ムクノキ、スギ、シイ属、コナラ属コナラ亜属、カバノキ属がわずかに出現する。

###### ・下層 (⑦層) ~ 上層 (②層)、試料No.3 ~ 試料No.1 : 12 ~ 13 世紀から 14 ~ 16 世紀頃

花粉密度が極めて低くなり、ほとんど検出されなくなる。

###### 2) B 区 SD4002a の畔⑤・第 399 図

###### ・最下層 (①層)、試料No.9 : 8 ~ 12 世紀頃

花粉密度が極めて低く、ほとんど検出されない。

###### ・下層 (⑨層)、試料No.8 : 12 ~ 13 世紀頃

花粉密度は低い。草本花粉の占める割合が高く、約 70% を占める。草本花粉ではヨモギ属が高率に出現し、集塊も見られる。他にイネ科、アカザ科-ヒユ科、キク亜科などが低率に出現する。樹木花粉ではエノキ属-ムクノキを主に、マツ属複維管束亜属、シイ属、コナラ属コナラ亜属などが出現する。

###### ・下層 (⑦層)、試料No.7 : 12 ~ 13 世紀頃

草本花粉の占める割合がやや増加し、密度は低くなる。草本花粉ではヨモギ属が優占するもののイネ

科の増加で特徴づけられ、アカザ科-ヒユ科、セリ亞科、カヤツリグサ科が伴われる。樹木花粉ではシイ属、コナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ亜属が増加し、エノキ属-ムクノキが消失する。

- ・中層（④層）～上層（②層）、試料No.6～試料No.5：14～16世紀頃

花粉密度がさらに低くなり、ほとんど検出されなくなる。

### 3) 4 A区 ST4316a の棺内・第399図

花粉密度が低く、樹木花粉のシイ属、アドウ属、草本花粉のヨモギ属がわずかに検出される。

## 5. 花粉分析から推定される植生と環境

下位より花粉群集の特徴から植生の復元を行う。

### 1) 2 B区 SD4002a の畔④・第399図

- ・下層（⑨層）、試料No.4：12～13世紀

やや乾燥を好むヨモギ属が優勢に繁茂し、SD4002aの土手などに分布していたと推定される。他に人里植物であるアカザ科-ヒユ科、イネ科、セリ亞科なども生育していた。水生植物などは出現せず花粉密度も低いことから、SD4002aは常時滞水するような溝ではなく比較的乾燥していたと推定される。周辺地域には、マツ属複雑管束亜属、スギなどの針葉樹とコナラ属アカガシ亜属の照葉樹、エノキ属-ムクノキ、シイ属、コナラ属コナラ亜属、カバノキ属などの落葉広葉樹が分布していた。

- ・下層（⑦層）～上層（②層）、試料No.3～試料No.1：12～13世紀から14～16世紀頃

花粉密度が極めて低くなり、花粉などの有機質遺体が分解されるような乾燥あるいは乾湿を繰り返すような堆積環境が考えられる。

### 2) B区 SD4002a の畔⑤・第399図

- ・最下層（⑪層）、試料No.9：8～12世紀頃

花粉密度が極めて低く、花粉などの有機質遺体が分解されるような乾燥あるいは乾湿を繰り返すような堆積環境が考えられる。

- ・下層（⑨層）、試料No.8：12～13世紀頃

堆積地には、人里植物であり乾燥した環境を好むヨモギ属が優勢に繁茂していたと考えられ、同様の環境を好むイネ科、アカザ科-ヒユ科、キク亞科なども生育していた。溝に近接してやや潤湿な環境を好むエノキ属-ムクノキが生育し、他にマツ属複雑管束亜属、シイ属、コナラ属コナラ亜属なども分布していた。

- ・下層（⑦層）、試料No.7：12～13世紀頃

カヤツリグサ科、セリ亞科など比較的湿潤な環境を好む草本が増加する。多様な環境に生育する草本であるイネ科も増加する。これらの植物が溝の湿ったところに好んで生育し、乾燥した土手にはヨモギ属などが生育していたと考えられる。近接して生育していたと考えられたエノキ属-ムクノキはなくなり、シイ属、コナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ亜属などの広葉樹が分布する。

- ・中層（④層）～上層（②層）、試料No.6～試料No.5：14～16世紀頃

花粉密度が低くなり、花粉などの有機質遺体が分解されるような乾燥あるいは乾湿を繰り返すような堆積環境が考えられる。

第9表 旧練兵場遺跡における花粉分析結果

分類群	学名	2 B 区 SD#002a										4 A 区 ST4316a	
		群(4)					群(5)					群内	
		上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	最下層		
(2層)	(3層)	(4層)	(5層)	(6層)	(7層)	(8層)	(9層)	(10層)	(11層)	(12層)	(13層)	(14層)	(15層)
No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10				
Arboreal pollen	樹木花粉												
<i>Abies</i>	モミ属										1		
<i>Tsuga</i>	ツガ属										1		
<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Diploxylon</i>	マツ属板根椎束亞属				4					6	15		
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ				2	1				3	5		
Taxaceae-Cephalotaxaceae-Cupressaceae	イチイ科・イヌガヤ科・ヒノキ科											1	
<i>Betula</i>	カバノキ属				1					1	2		
<i>Castanopsis</i>	シタ属				2					18	14		2
<i>Fagus</i>	ブナ属									1			
<i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i>	コナラ属コナラ亜属				2					19	9		
<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i>	コナラ属アカガシ亜属				3					16	5		
<i>Ulmus-Zelkova serrata</i>	ニレ属・ケヤキ										3		
<i>Celtis-Aphananthe aspera</i>	エノキ属・ムクノキ				3						72	5	
<i>Caesalpinia japonica</i>	ジャケツイバラ										2		
<i>Acer</i>	カエデ属										1		
<i>Vitis</i>	ブドウ属									2			1
<i>Syrinx</i>	エゴノキ属										1		
Ericaceae	ツツジ科									1			
Arboreal · Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉												
Moraceae-Urticaceae	クワ科・イラクサ科				3					5	7		
Rosaceae	バラ科									3	1		
Nonarboreal pollen	草本花粉												
Gramineae	イネ科				5	24				55	27		
<i>Oryza</i> type	イネ属型					1							
Cyperaceae	カヤツリグサ科				2					6	4		
<i>Polygonum</i>	タデ属				1					1	3		
<i>Polygonum</i> sect. <i>Persicaria</i>	タデ属ナエタデ節										1		
<i>Rumex</i>	ギシギシ属				2						2		
Chenopodiaceae	アカザ科・ヒユ科				2	35				18	18		
Amaranthaceae													
Caryophyllaceae	ナデシコ科										2		
Cruciferae	アブラナ科				1							2	
Hydrocotyloideae	チドメグサ科					1							
Apioidae	セリ科				2	7				19	1		
Solanaceae	ナス科				1					1	1		
<i>Plantago</i>	オオバコ科				2								
Lactucoideae	タンボポ科									1			
Asteroideae	キク科				1	2				3	6		
<i>Xanthium</i>	オナモミ属					1					2		
<i>Artemisia</i>	ヨモギ属				11	309				82	225*	4	1
Fern spore	シダ植物胞子												
Monadole type spore	単条溝胞子				1					1	1		
Trilate type spore	三条溝胞子				1	1				1	4	1	
Arboreal pollen	樹木花粉	0	0	0	17	1	0	67	132	5	3		
Arboreal · Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉	0	0	0	3	0	0	8	8	0	0		
Nonarboreal pollen	草本花粉	0	0	22	388	0	0	189	291	4	1		
Total pollen	花粉总数	0	0	22	408	1	0	264	431	9	4		
Pollen frequencies of 1cm <sup>3</sup> 試料 1cm <sup>3</sup> 中の花粉密度		0.0	0.0	1.6	2.5	0.6	0.0	1.6	3.7	6.6	3.0		
				× 10 <sup>2</sup>	× 10 <sup>3</sup>	× 10		× 10 <sup>2</sup>	× 10 <sup>3</sup>	× 10	× 10		
Unknown pollen	未同定花粉	0	0	5	2	0	0	5	6	2	1		
Fern spore	シダ植物胞子	0	0	1	2	0	1	5	1	0	0		
Helminth eggs	寄生虫卵	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Digestion rimeins	明らかな消化残渣	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Charcoal fragments	微細炭化物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

\*: 集塊

## 3) 4 A区 ST4316a の棺内・第399図

花粉密度が低く、花粉などの有機質遺体が分解されるような乾燥あるいは乾湿を繰り返すような堆積環境が考えられる。

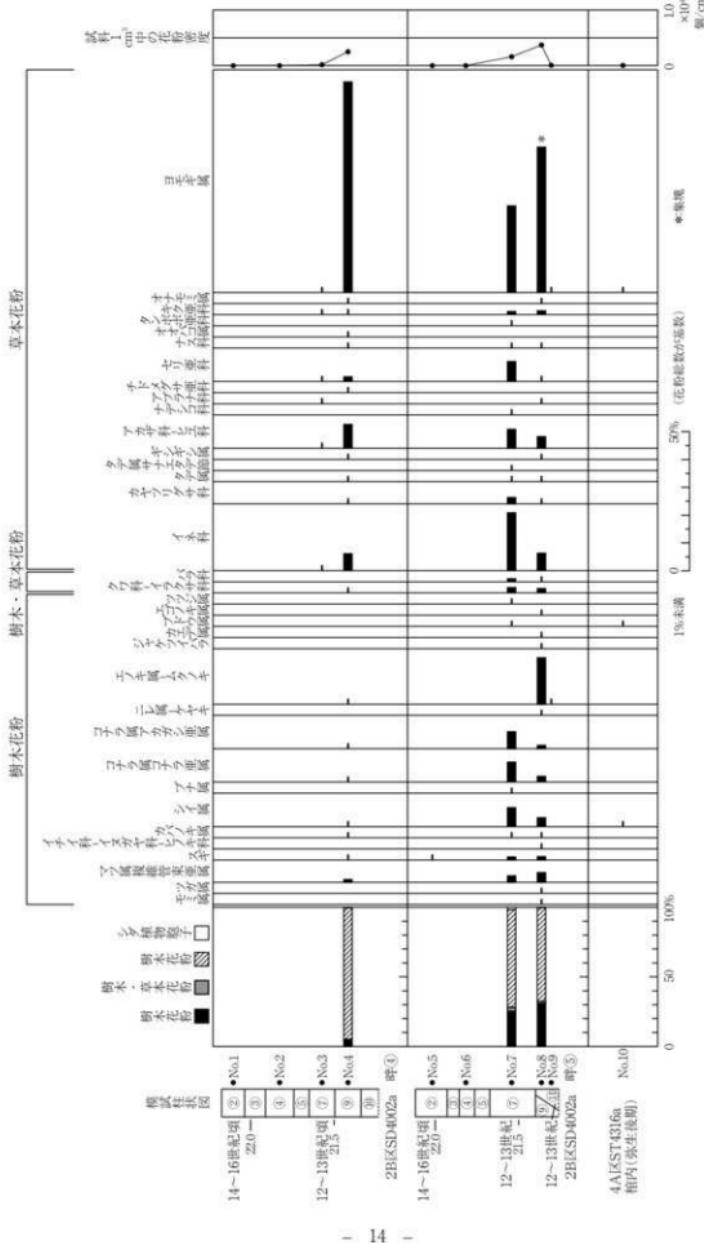
## 6.まとめ

旧練兵場遺跡の古代以降の条里地割の坪界溝である2B区 SD4002aの畔④下層～上層（⑨層～②層、12～13世紀から14～16世紀頃）、B区 SD4002aの畔⑤最下層～上層（⑪層～②層、8～12世紀頃から14～16世紀頃）で花粉分析を行った。分析の結果、ヨモギ属が優占するかあるいは花粉がほとんど検出されないことから、周辺はヨモギ属が繁茂し、比較的乾燥した環境が示唆された。また、B区 SD4002aの畔⑤の下層（⑨層、12～13世紀頃）ではヨモギ属が多いことから乾燥しており、樹木のエノキ属～ムクノキも生育していた。下層（⑦層、12～13世紀頃）になると、ヨモギ属も多いがイネ科やカヤツリグサ科、セリ亞科が増加し湿った環境も増加した。4A区 ST4316aの棺内（最下層、弥生後期）は、花粉などの有機質遺体が分解されるような乾燥あるいは乾湿を繰り返すような堆積環境と考えられた。

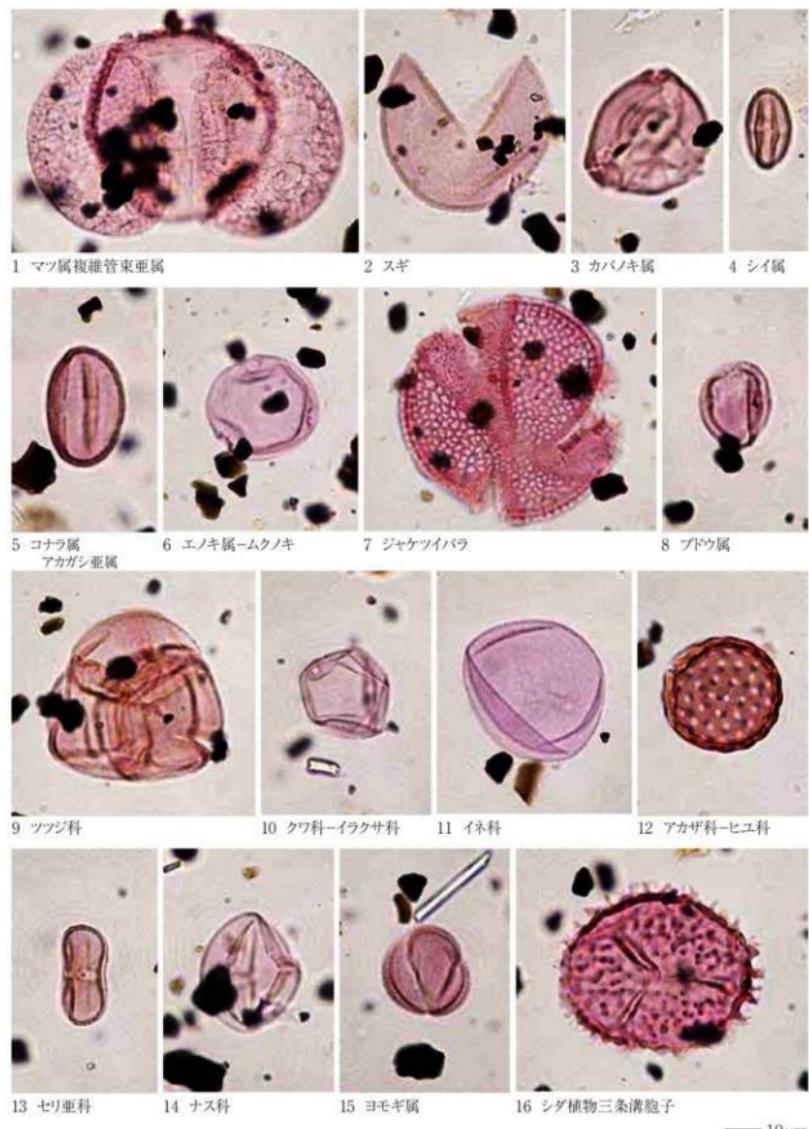
## 参考文献

- 金原正明（1993）花粉分析法による古環境復原、新版古代の日本第10巻古代資料研究の方法、角川書店、p.248-262。  
 烏倉巳三郎（1973）日本植物の花粉形態、大阪市立自然科学博物館収蔵目録第5集、60p.  
 中村純（1967）花粉分析、古今書院、p.82-110.  
 中村純（1974）イネ科花粉について、とくにイネ（*Oryza sativa*）を中心として、第四紀研究、13,p.187-193.  
 中村純（1977）稲作とイネ花粉、考古学と自然科学、第10号、p.21-30.  
 中村純（1980）日本産花粉の標識、大阪自然史博物館収蔵目録第13集、91p.

訓練兵場遍歷 35 次 (2022 年)



第399図 日練兵場遺跡における花粉ダイアグラム



第400図 旧練兵場遺跡の花粉・胞子

### 第3項 埋蔵文化財整理業務（旧練兵場遺跡）に係る花粉分析等

一般社団法人 文化財科学研究センター

#### I. はじめに

旧練兵場遺跡は、香川県における弥生時代の代表的な遺跡である。おびただしく重なり合った住居址や、大量の遺物が出土する。今回 3A 調査区において花粉分析、植物珪酸体分析、樹種同定を実施し、植生や環境、土地利用などの検討、復原を行う。

#### II. 花粉分析

##### 1. はじめに

花粉分析は、第四紀学で多く扱われ、生層序によるゾーン解析で地層を区分し、ゾーン比較によって植生や環境の変化を復原する方法である。そのため普通は湖沼などの堆積物が対象となり、堆積盆地など比較的広域な植生・環境の復原を行う方法として用いられる。遺跡調査においては遺構内の堆積物など局地的かつ時間軸の短い堆積物も対象となり、より現地性の高い植生・環境・農耕の復原もデータ比較の中で行える場合もある。さらに遺物包含層など、乾燥的な環境下の堆積物も対象となり、その分解性も環境の指標となる。また、風媒花や虫媒花などの散布能力などの差で、狭い範囲の植生に由来する結果が得られるなど、陸域の堆積物が分析に適さないわけではない。

##### 2. 試料

分析試料は、3A 調査区南壁より採取された試料 6 点である。No.1（10 層）は、SR3591a 埋土上層にあたり、黒褐色粘土で、時期は古代に想定される。No.2 から No.4（11 層から 12 層）は、SD3626a の上層にあたり、いずれも黒褐色粘土で、弥生時代終末期から古墳時代に想定される。No.5（21 層）は、SR3591a 下層にあたり、褐灰色粘土で、弥生時代中期が想定される。No.6（22 層）は明黄褐色粘土の地山層である。試料採取箇所を分析結果の土層断面写真に示す。これらは、植物珪酸体分析に用いられたものと同一試料である。

##### 3. 方法

花粉の分離抽出は、中村（1967）の方法をもとに、以下の手順で行った。

- 1) 試料から  $1\text{ cm}^3$  を採量
- 2) 0.5% リン酸三ナトリウム（12 水）溶液を加え 15 分間湯煎
- 3) 水洗処理の後、0.25mm の篩で礫などの大きな粒子を取り除き、沈澱法で砂粒を除去
- 4) 25% フッ化水素酸溶液を加えて 30 分放置
- 5) 水洗処理の後、氷酢酸によって脱水し、アセトトリシス処理（無水酢酸 9 : 濃硫酸 1 のエルドマン氏液を加え 1 分間湯煎）を施す
- 6) 再び氷酢酸を加えて水洗処理

7) 池液にチール石炭酸フクシン染色液を加えて染色し、グリセリンゼリーで封入してプレパラート作製

#### 8) 検鏡・計数

検鏡は、生物顕微鏡によって300～1000倍で行った。花粉の分類は同定レベルによって、科、亜科、属、亜属、節および種の階級で分類し、複数の分類群にまたがるものはハイフン（-）で結んで示した。同定分類には所有の現生花粉標本、島倉（1973）、中村（1980）を参照して行った。イネ属については、中村（1974、1977）を参考にして、現生標本の表面模様・大きさ・孔・表層断面の特徴と対比して同定しているが、個体変化や類似種もあることからイネ属型とする。なお、花粉分類では樹木花粉（AP）および非樹木花粉（NAP）となるが非樹木花粉（NAP）は草本花粉として示した。

### 4. 結果

#### (1) 分類群

出現した分類群は、樹木花粉5、樹木花粉と草本花粉を含むもの1、草本花粉5、シダ植物胞子2形態の計13である。これらの学名と和名および粒数を第10表に示し、花粉密度は低いが、参考のため計

第10表 旧練兵場遺跡における花粉分析結果

分類群		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
学名	和名	10層 理土上層	11層 上層	12層 上層	12層 上層	21層 下層	22層 地山層
Arboreal pollen	樹木花粉						
<i>Pinus</i> subgen. <i>Diploxylon</i>	マツ属雄蕊管束亞属	1					
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ		1	1			
Taxaceae-Cephalotaxaceae-Cupressaceae	イチイ科・イスガヤ科・ヒノキ科	1					
<i>Castanopsis</i>	シイ属				1		
<i>Quercus</i> subgen. <i>Lpidobalanus</i>	コナラ属コナラ亜属	2	1				
Arboreal · Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉						
Rosaceae	バラ科	1					
Nonarboreal pollen	草本花粉						
Gramineae	イネ科	7	2	6			
<i>Polygonum</i> sect. <i>Persicaria</i>	タデ属サニエタデ節	1					
Cruciferae	アブラナ科	2	1	1	1		
Asteroidae	キク亜科	1					
<i>Artemisia</i>	ヨモギ属	10	13	28	1		
Fern spore	シダ植物胞子						
Monolate type spore	単条溝胞子			2			
Trilate type spore	三条溝胞子			2			1
Arboreal pollen	樹木花粉	4	2	2	0	0	0
Arboreal · Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉	1	0	0	0	0	0
Nonarboreal pollen	草本花粉	21	16	35	2	0	0
Total pollen	花粉総数	26	18	37	2	0	0
Pollen frequencies of 1cm <sup>3</sup>	試料 1cm <sup>3</sup> 中の花粉密度 $\times 10^3$	22 $\times 10^3$	14 $\times 10^3$	34 $\times 10^3$	14 $\times 10^3$	-	-
Unknown pollen	未同定花粉	5	2	1	0	0	0
Fern spore	シダ植物胞子	0	0	4	0	0	1
Parasite eggs	寄生虫卵	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Stone cell	石織胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Digestion rimeins	明らかな消化残渣	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Charcoal · woods fragments	微細炭化物・微細木片	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
微細植物遺体 (Charcoal · woods fragments)	( $\times 10^3$ )						
未分解遺体片							
分解質遺体片		9.9	124	18.8	128	6.9	4.0
炭化遺体片 (微粒炭)		0.7	11	28	0.7		

数値で花粉ダイアグラムを第 401 図に示す。検出された分類群は顕微鏡写真に示した。同時に寄生虫卵についても観察したが検出されなかった。以下に出現した分類群を記載する。

## 〔樹木花粉〕

マツ属複維管束亞属、スギ、イチイ科-イスガヤ科-ヒノキ科、シイ属、コナラ属コナラ亞属  
〔樹木花粉と草本花粉を含むもの〕

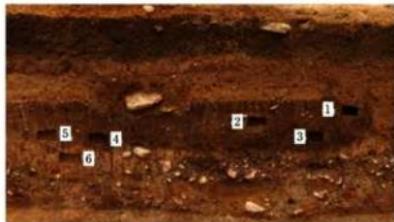
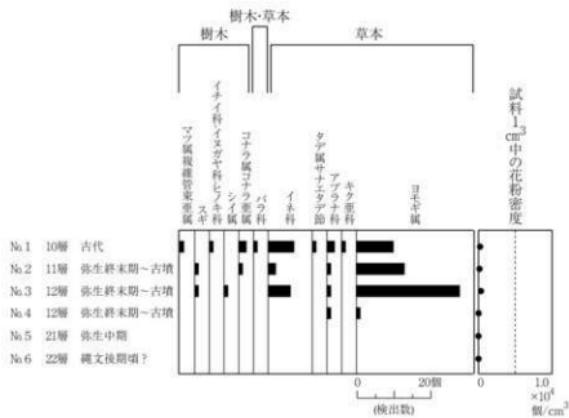
## バラ科

## 〔草本花粉〕

イネ科、タデ属サナエタデ節、アブラナ科、キク亞科、ヨモギ属

## 〔シダ植物胞子〕

單条溝胞子、三条溝胞子



第 401 図 旧練兵場遺跡：3 A 調査区南壁における花粉ダイアグラム

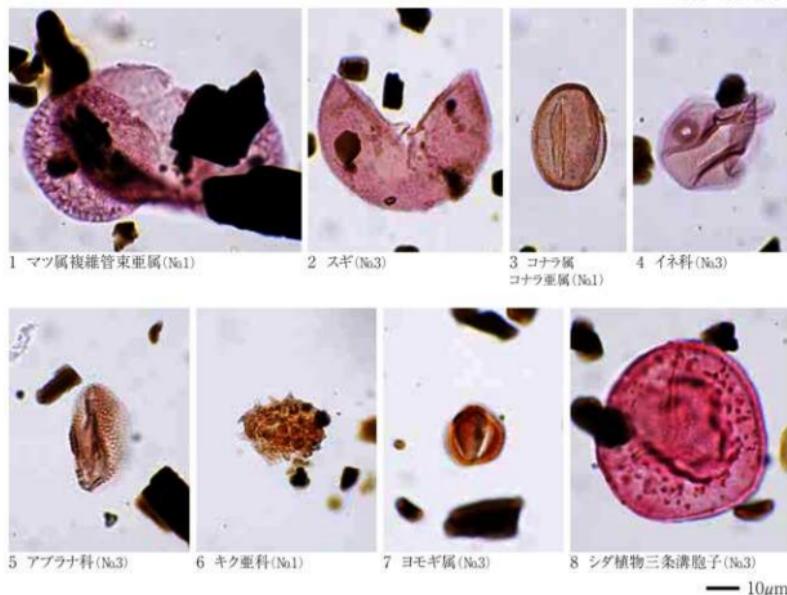
## (2) 花粉群集の特徴

No.1 (10層) から No.6 (22層) のいずれの試料も密度が極めて低く、花粉は検出されないか、検出されても極わずかである。花粉構成、花粉組成の変化を下位より記載する。下位の22層 (No.6 地山層)、21層 (No.5) は、花粉は検出されなかった。SD3626a の上層にあたる11層から12層 (No.2 から No.4) は、12層 (No.4) でアブラナ科、ヨモギ属が極わずかに検出され、12層 (No.3)、11層 (No.2) では、ヨモギ属の出現率がわずかに高く、イネ科、アブラナ科の草本花粉が検出される。樹木花粉は、ほとんど検出されないが、スギ、シイ属がわずかに出現する。10層 (No.1) SR3591a 埋土上層では、ヨモギ属、イネ科の他にアブラナ科、タデ属サナエタデ節、キク亞科、バラ科がわずかに検出される。樹木花粉では、コナラ属コナラ亞属、マツ属複維管束亞属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科が極わずかに検出される。

## 5. 花粉分析から推定される植生と環境

10層 (No.1) から22層 (No.6 地山層) のいずれの試料も密度が極めて低く、花粉などの有機質遺体が分解される乾燥ないし乾湿を繰り返す堆積環境であったか、堆積速度が速く花粉が集積できなかつたと考えられる。花粉の検出は極めて少ないが、ヨモギ属やイネ科などの比較的乾燥した環境を好む草本が出現し、堆積地は陽当たりの良い乾燥した堆積環境であったとみなされる。11層から12層 (No.2 から No.4) の SD3626a は、常時滞水するような溝ではなかったと推定される。

※()内は、検出箇所



第402図 旧練兵場遺跡の花粉

### III. 植物珪酸体分析

#### 1. はじめに

植物珪酸体は、植物の細胞内に珪酸 ( $\text{SiO}_4$ ) が蓄積したもので、植物が枯れたあともガラス質の微化石（プランツ・オパール）となって土壤中に半永久的に残っている。植物珪酸体分析は、この微化石を遺跡土壤などから検出して同定・定量する方法であり、イネをはじめとするイネ科栽培植物の同定および古植生・古環境の推定などに応用されている（杉山, 2000, 2009）。

#### 2. 試料

分析試料は、花粉分析に用いられたものと同一試料である。試料採取箇所を分析結果の土層断面写真に示す。

#### 3. 分析法

植物珪酸体の抽出と定量は、ガラスピーズ法（藤原, 1976）を用いて、次の手順を行った。

- 1) 試料を  $105^{\circ}\text{C}$  で 24 時間乾燥（絶乾）
- 2) 試料約 1 g に対し直徑約  $40 \mu\text{m}$  のガラスピーズを約 0.02g 添加（0.1mg の精度で秤量）
- 3) 電気炉灰化法 ( $550^{\circ}\text{C} \cdot 6$  時間) による脱有機物処理
- 4) 超音波水中照射 ( $300\text{W} \cdot 42\text{KHz} \cdot 10$  分間) による分散
- 5) 沈底法による  $20 \mu\text{m}$  以下の微粒子除去
- 6) 封入剤（オイキット）中に分散してプレパラート作成
- 7) 檢鏡・計数

同定は、400 倍の偏光顕微鏡下で、おもにイネ科植物の機動細胞由来する植物珪酸体を対象として行った。計数は、ガラスピーズ個数が 400 以上になるまで行った。これはほぼプレパラート 1 枚分の精査に相当する。試料 1 gあたりのガラスピーズ個数に、計数された植物珪酸体とガラスピーズ個数の比率をかけて、試料 1 g 中の植物珪酸体個数を求めた。

また、おもな分類群についてはこの値に試料の仮比重（1.0 と仮定）と各植物の換算係数（機動細胞珪酸体 1 個あたりの植物体乾重）をかけて、単位面積で厚層 1 cmあたりの植物体生産量を算出した。これにより、各植物の繁茂状況や植物間の占有割合などを具体的にとらえることができる（杉山, 2000）。タケアヤ科については、植物体生産量の推定値から各分類群の比率を求めた。

#### 4. 結果

##### (1) 分類群

検出された植物珪酸体の分類群は以下のとおりである。これらの分類群について定量を行い、その結果を第 11 表および第 403 図に示した。主要な分類群について顕微鏡写真を示す。

##### 〔イネ科〕

イネ、ヨシ属、シバ属型、キビ族型、ススキ属型（おもにススキ属）、ウシクサ族 A（チガヤ属など）  
〔イネ科・タケアヤ科〕

メダケ節型（メダケ属メダケ節・リュウキュウチク節、ヤダケ属）、ネザサ節型（おもにメダケ属ネ

ザサ節)、チマキザサ節型(ササ属チマキザサ節・チシマザサ節など)、ミヤコザサ節型(ササ属ミヤコザサ節など)、未分類等

[イネ科-その他]

表皮毛起源、棒状珪酸体(おもに結合組織細胞由来)、未分類等

[樹木]

ブナ科(シイ属)、ブナ科(アカガシ亜属)、クスノキ科、マンサク科(イスノキ属)、その他

(2) 植物珪酸体の検出状況

3A 調査区南壁では、10層~22層から採取されたNo.1~No.6について分析を行った。その結果、下位の22層(No.6)を除く各試料からイネが検出された。このうち、11層(No.2)では密度が3,100個

第11表 旧練兵場遺跡III A 調査区における植物珪酸体分析結果

検出密度(単位: × 100個/g)

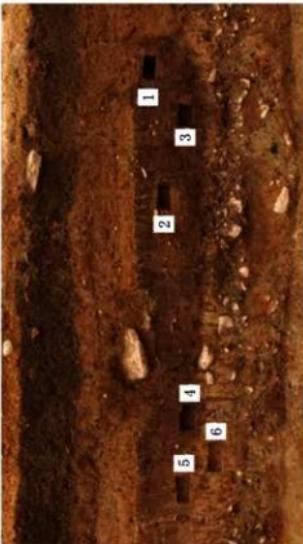
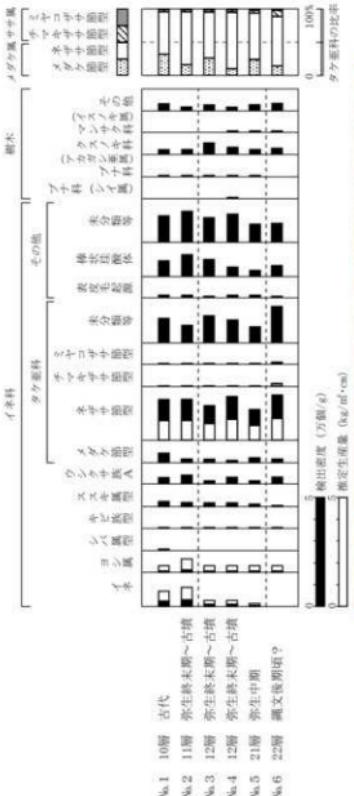
分類群	学名	地点・試料					
		No.1 理土上層	No.2 上層	No.3 上層	No.4 上層	No.5 下層	No.6 地山層
イネ科	Gramineae						
イネ	<i>Oryza sativa</i>	25	31	10	10	5	
ヨシ属	<i>Phragmites</i>	5	10	5	5	5	
シバ属型	<i>Zoysia</i> type	5					
キビ族型	<i>Panicae</i> type	5	5	5	5	5	
ススキ属型	<i>Miscanthus</i> type	20	16	15	15	10	5
ウシクサ族A	<i>Andropogoneae</i> A type	30	41	15	31	15	32
タケモ科	Bambusoideae						
メダガ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nipponocalamus</i>	40	16	25	10	21	16
ネザサ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nezasa</i>	191	192	162	205	144	212
チマキザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Sasa</i> etc.	5	5	5	5	5	16
ミヤコザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Crassinodi</i>	5	5	5	5	5	11
未分類等	Others	110	78	122	103	72	164
その他のイネ科	Others						
表皮毛起源	Husk hair origin	10	10	5	15	10	5
棒状珪酸体	Rod-shaped	70	98	76	41	26	48
未分類等	Others	120	140	111	128	82	85
樹木起源	ArboREAL						
ブナ科(シイ属)	<i>Castanopsis</i>					5	
ブナ科(アカガシ亜属)	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i>	5	5	5	5	5	
クスノキ科	Lauraceae	20	21	51	31	21	26
マンサク科(イスノキ属)	<i>Distylium</i>					5	5
その他	Others	30	16	25	15	26	32
植物珪酸体総数	Total	698	689	643	641	462	662

おもな分類群の推定生産量(単位: kg/m<sup>2</sup>·cm): 試料の仮比重を10と仮定して算出

イネ	<i>Oryza sativa</i>	0.74	0.91	0.30	0.30	0.15
ヨシ属	<i>Phragmites</i>	0.32	0.65	0.32	0.32	0.32
ススキ属型	<i>Miscanthus</i> type	0.25	0.19	0.19	0.19	0.13
メダガ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nipponocalamus</i>	0.47	0.18	0.29	0.12	0.24
ネザサ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nezasa</i>	0.92	0.92	0.78	0.99	0.69
チマキザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Sasa</i> etc.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
ミヤコザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Crassinodi</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03

タケモ科の比率(%)

メダガ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nipponocalamus</i>	32	16	26	10	24	14
ネザサ節型	<i>Pleiothlasius</i> sect. <i>Nezasa</i>	64	80	69	85	70	75
チマキザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Sasa</i> etc.	3	3	3	3	4	9
ミヤコザサ節型	<i>Sasa</i> sect. <i>Crassinodi</i>	1	1	1	1	2	2
メダガ率	Mediate ratio	96	95	95	95	95	89



第403図 旧練兵場遺跡：3A調査区南壁における植物珪酸体分析結果

/gと比較的高い値であり、稻作跡の検証や探査を行う場合の判断基準としている3,000個/gを上回っている。10層（No.1）では2,500個/gと比較的低い値であり、12層（No.3、No.4）と21層（No.5）では500～1,000個/gと低い値である。

その他の分類群では、各層準ともネザサ節型が多く検出され、ヨシ属、キビ族型、ススキ属型、ウシクサ族A、メダケ節型、チマキザサ節型、および樹木（照葉樹）のクスノキ科、ブナ科（アカガシ亜属）、イスノキ属なども認められた。おもな分類群の推定生産量によると、各層準ともネザサ節型が優勢となっている。

## 5. 考察

植物珪酸体分析の結果、11層（弥生終末期～古墳）ではイネが比較的多く検出され、稻作が行われていた可能性が高いと判断された。また、10層（古代）、12層（弥生終末期～古墳）、21層（弥生中期）でもイネが検出され、調査地点もしくはその近辺で稻作が行われていた可能性が認められた。

各層準の堆積当時は、おむねヨシ属が生育するような湿潤な環境であったと考えられ、周辺の比較的乾燥したところにはメダケ属（おもにネザサ節）などの竹節類をはじめ、ススキ属、ウシクサ族、キビ族などのイネ科草本累が生育していたと推定される。また、遺跡周辺にはクスノキ科、カシ類（アカガシ亜属）、イスノキ属などの照葉樹林が分布していたと考えられる。

※()内は、検出箇所



第 404 図 旧練兵場遺跡の植物珪酸体 (プラント・オバール)

## IV. 樹種同定

### 1. はじめに

本報告では、遺跡より出土した木製品に対して、木材組織の特徴から樹種同定を行う。木製品の材料となる木材は、セルロースを骨格とする木部細胞の集合体であり、木材構造から概ね属レベルの同定が可能である。木材は、花粉などの微化石と比較して移動性が少ないことから、比較的近隣の森林植生の推定が可能であるが、木製品では樹種による利用状況や流通を探る手がかりにもなる。

### 2. 試料と方法

試料は、自然流路 SR02（旧練II報告）より出土した木材3点、SR03（旧練II報告のSR02と同じ）より出土した木材17点、計20点である。なお、SR02より参考のために1点追加同定を行っている。試料の詳細は第12表に記す。

方法は、試料からカミソリを用いて新鮮な横断面（木口と同義）、放射断面（柾目と同義）、接線断面（板目と同義）の基本三断面の切片を作製し、切片をマウントクイックアクエオス（Mount-QuickAqueous：大道産業）で封入し、プレパラートを作製する。観察は生物顕微鏡（OPTIPHOTO-2：Nikon）によって40～1000倍で行った。同定は、木材構造の特徴および現生標本との対比によって行った。

### 3. 結果

第12表に結果を示し、主要な分類群の顕微鏡写真を示す。以下に同定根拠となった特徴を記す。

#### 1) モミ属 *Abies* マツ科

仮道管と放射柔細胞から構成される針葉樹材である。早材から晩材への移行は比較的緩やかである。放射柔細胞の分野壁孔は小型のスギ型で1分野に1～4個存在する。放射柔細胞の壁が厚く、数珠状末端壁が見られる。放射組織は単列の同性放射組織型である。

以上の特徴からモミ属に同定される。日本に自生するモミ属は5種であり、モミ以外は亜寒帯種である。常緑高木で高さ45m、径15mに達する。

#### 2) ヒノキ *Chamaecyparis obtuse* Endl. ヒノキ科

仮道管、樹脂細胞および放射柔細胞から構成される針葉樹材である。早材から晩材への移行は緩やかで、晩材部の幅はきわめて狭い。樹脂細胞が見られる。放射柔細胞の分野壁孔は、ヒノキ型で1分野に2個存在する。放射組織は単列の同性放射組織型で、1～15細胞高である。

以上の特徴からヒノキに同定される。ヒノキは福島県以南の本州、四国、九州、屋久島に分布する。日本特産の常緑高木で、通常高さ40m、径1.5mに達する。

#### 3) ヒノキ属 *Chamaecyparis* ヒノキ科

横断面、放射断面、接線断面共にヒノキ科の特徴を示し、分野壁孔は1分野に2個存在するが、分野壁孔の型が不明瞭なものはヒノキ属とした。

#### 4) ヤナギ属 *Salix* ヤナギ科

小型で丸い、放射方向にややのびた道管が、単独あるいは2～3個放射方向に複合し散在する散孔材である。道管の穿孔は單穿孔で、道管相互の壁孔は交互状で密に分布する。放射組織は単列の異性放射組織型である。

以上の特徴からヤナギ属に同定される。ヤナギ属は落葉の高木または低木で、北海道、本州、四国、九州に分布する。

#### 5) シイ属 *Castanopsis* ブナ科

年輪のはじめに中型から大型の道管がやや疎に数列配列する環孔材である。晩材部で小道管が火炎状に配列する。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる單列の同性放射組織型のものが存在する。

以上の特徴からシイ属に同定される。シイ属は本州(福島県、新潟県佐渡以南)、四国、九州に分布する。常緑高木で、高さ 20m、径 1.5m に達する。

なおシイ属には、スタジイとツブライジがあり、集合放射組織の有無などで同定できるが、本試料は小片の為、広範囲の観察が困難であったので、シイ属の同定にとどめる。

#### 6) コナラ属アカガシ亜属 *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* ブナ科

中型から大型の道管が、1 ～ 数列幅で年輪界に関係なく放射方向に配列する放射孔材である。道管は単独で複合しない。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で、單列のものと大型の広放射組織からなる複合放射組織である。

以上の特徴からコナラ属アカガシ亜属に同定される。コナラ属アカガシ亜属にはアカガシ、イチイガシ、アラカシ、シラカシなどがあり、本州、四国、九州に分布する。常緑高木で、高さ 30m、径 1.5m 以上に達する。

#### 7) ヤマグワ *Morus australis* Poiret クワ科

年輪のはじめに中型から大型の丸い道管が、単独あるいは 2 ～ 3 個複合して配列する環孔材である。孔圈部外の小道管は複合して円形の小塊をなす。道管の径は徐々に減少する。道管の穿孔は單穿孔で、小道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織はほとんどが平伏細胞であるが、上下の縁辺部の 1 ～ 3 細胞ぐらいは直立細胞の異性放射組織型で、1 ～ 6 細胞幅である。小道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。

以上の特徴よりヤマグワに同定される。ヤマグワは北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉高木で、通常高さ 10 ～ 15m、径 30 ～ 40cm である。

#### 8) サクラ属 *Prunus* バラ科

丸い道管が単独あるいは 2 ～ 3 個放射方向および斜め方向に複合して散在する散孔材である。道管の径は、早材部から晩材部にかけてゆるやかに減少する。道管の穿孔は單穿孔で、道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織は同性に近い異性放射組織型を示す。

以上の特徴からサクラ属に同定される。サクラ属には、ヤマザクラ、ウワミズザクラ、シウリザクラ、ウメ、モモなどがあり、北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉の高木または低木である。

#### 9) ウルシ属 *Rhus* ウルシ科

年輪のはじめに大型の道管が単独あるいは 2 ～ 3 個複合して配列する環孔材である。晩材部で小道管が単独あるいは主に放射方向に 2 ～ 3 個複合して散在する。早材から晩材にかけて道管の径は徐々に減少していく。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は異性放射組織型で、1 ～ 3 細胞幅ぐらいである。

以上の特徴からウルシ属に同定される。ウルシ属にはヤマハゼ、ウルシ、ヌルデ、ツタウルシなどがあり、北海道(渡島半島)、本州、四国、九州、沖縄に分布する。常緑または落葉の低木～高木、または藤本である。

## 10) 広葉樹 broad-leaved tree

道管と放射組織が存在する。

以上の特徴から広葉樹に同定される。なお本試料は保存状態が悪く、細胞の観察が困難であることから、広葉樹の同定にとどめる。

## 4. 所見

同定の結果、旧練兵場遺跡の木材はモミ属1点、ヒノキ4点、ヒノキ属1点、ヤナギ属3点、シイ属1点、コナラ属アカガシ亜属6点、ヤマグワ2点、サクラ属1点、ウルシ属1点、広葉樹1点であった。ヒノキなどのヒノキ属は木理通直で大きな材が取れる良材であり、特に保存性が高い材である。コナラ属アカガシ亜属は堅硬な材であり、弥生時代以降は農具や建築材に用いられる。モミ属は温帯性のモミと考えられ、材は耐朽・保存性は低いが、軽軟なため加工が容易である。ヤナギ属は軽軟で、耐朽性、保存性は低い材であり、建築・器具などに用いられる。シイ属にはスダジイとツブライジがあり、いずれの樹種も重硬で耐朽性、保存性は低い材であるが、杭の利用が多く、九州では建築材の利用も多く見られる。ヤマグワはやや堅硬で韌性に富み、別物によく用いられる。サクラ属は耐朽・保存性の高い材で、切削・加工の難度は中庸で、概して堅硬な材と言える。鉢などの容器や柱材などの報告例がある。ウルシ属は低木から高木または藤本であり、概して中庸のヌルテ、やや弱く脆いが建築から木工細工に広く用いられるウルシなどがある。同定点数の差もあるが、SR02とSR03では同定された樹種に差異はない。同定された樹種は温帯から温帯下部の暖温帯に分布する樹木である。コナラ属アカガシ亜属、シイ属は照葉樹林を形成する構成要素であり、陽当たりの良い山野に生育する。モミ属、ヒノキは適潤な谷間や緩傾斜などの肥沃地を好み、ヤナギ属、ヤマグワは路沿いに分布する落葉高木である。サクラ属、ウルシ属はやや乾燥した斜面などに生育する。これらの樹木は当時、遺跡周辺や近隣地域に分布し、比較的容易にもたらすことのできる樹種であったとみなされる。

第12表 旧練兵場遺跡における樹種同定結果

RI分析番号	台帳番号	地区名	遺構名出土位置	層位	結果(学名/和名)
1	R1133	E区	SR02	下層下位黒ベタ	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
2	R1146	E区	SR03 木 12	下層黒色シルト層	<i>Morus australis</i> Poiret ヤマグワ
3	R1146	E区	SR03 木 12	下層黒色シルト層	<i>Morus australis</i> Poiret ヤマグワ
3-1	R1133	E区	SR02	下層下位黒ベタ	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
4	R1146	E区	SR03 木 12	下層黒色シルト層	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
5	R1146	E区	SR03 木 12	下層黒色シルト層	<i>Rhus</i> ウルシ属
6	R1149	E区	SR03 8	下層黒色シルト層	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl. ヒノキ
7	R1149	E区	SR03 8	下層黒色シルト層	<i>Prunus</i> サクラ属
8	R1158	E区	SR03 26	下層黒色シルト層	<i>Chamaecyparis</i> ヒノキ属
9	R1158	E区	SR03 26	下層黒色シルト層	broad-leaved tree 広葉樹
10	R1156	E区	SR03 28	下層黒色シルト層(下部) <i>Salix</i> ヤナギ属	
11	R1155	E区	SR03 12のF	下層黒色シルト層	<i>Castanopsis</i> シイ属
12	R1155	E区	SR03 12のF	下層黒色シルト層	<i>Salix</i> ヤナギ属
13	R1155	E区	SR03 12のF	下層黒色シルト層	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
14	R1153	E区	SR03 16	下層黒色シルト層	<i>Salix</i> ヤナギ属
15	R1153	E区	SR03 16	下層黒色シルト層	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl. ヒノキ
16	R1153	E区	SR03 16	下層黒色シルト層	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
17	R1154	E区	SR03 15	下層黒色シルト層	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> コナラ属アカガシ亜属
18	R1154	E区	SR03 15	下層黒色シルト層	<i>Abies</i> モミ属
19	R1138	E区	SR02 41の下	下層黒色シルト層	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl. ヒノキ
20	R1138	E区	SR02 41のF	下層黒色シルト層	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl. ヒノキ

## V. まとめ

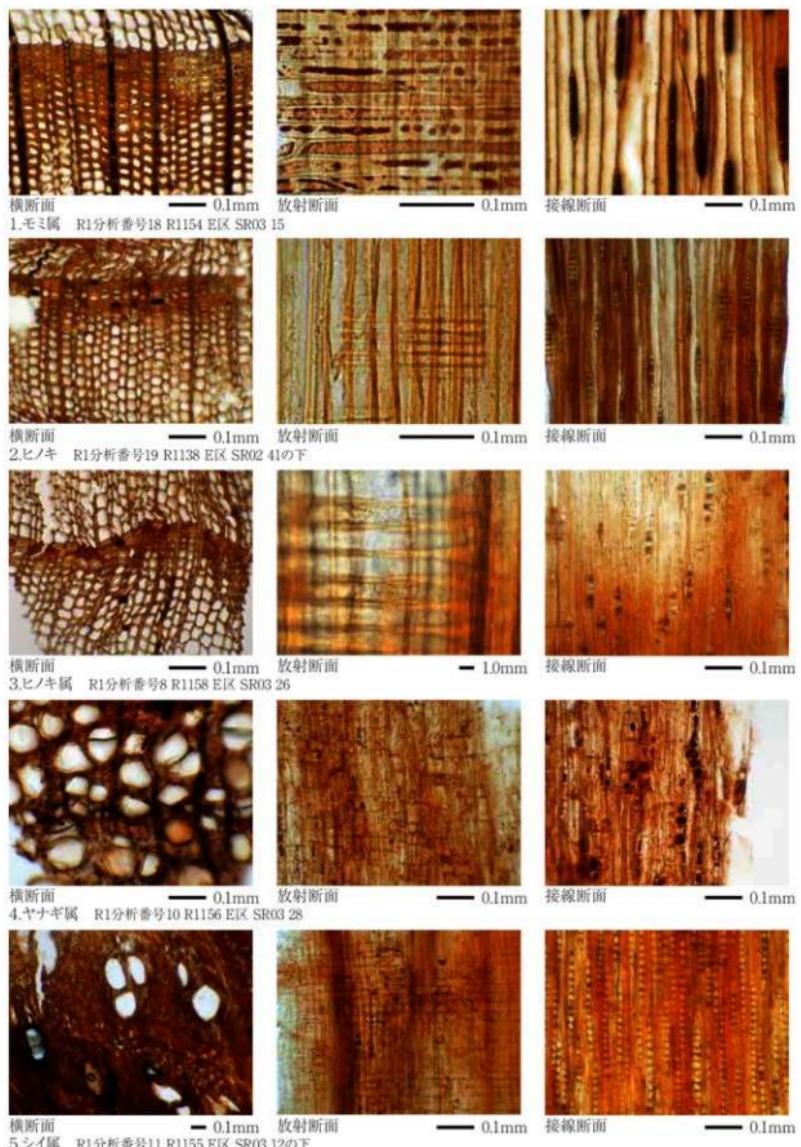
旧練兵場遺跡の堆積物でⅡ・Ⅲの分析を行った結果、下位より 22 層（縄文後期頃？）、21 層（弥生中期）にかけては、有機質の分解の行われる乾燥から乾湿を繰り返す堆積環境であり、12 層（弥生時代末期～古墳）、11 層（弥生時代末期～古墳）、10 層（古代）にかけて、ヨモギ属を中心にはイネ科、アブラナ科などの草本が分布し、やや乾燥した環境であったと推定される。また、本遺跡周辺には、ヨシ属が生育しタデ属サナエタデ節など水生植物の生育する湿地も分布していた。11 層（弥生時代末期～古墳）は、イネ植物珪酸体が比較的多く検出され、本遺跡および周辺で、水田稲作が行われていた可能性が高いと判断され、10 層（古代）においてもやや少ないものの、同様に水田稲作が行われていた可能性が示唆される。12 層（弥生時代末期～古墳）および 21 層（弥生中期）は、近隣で稲作が行われた可能性が示唆された。また、IV では E 区自然流路における下層黒色シルト層を中心に樹種同定を行った結果、コナラ属アカガシ亜属、シイ属の照葉樹が最も多く、周辺地域における照葉樹林の分布が示唆される。ヤナギ属は水辺や畦に生育し湿地の分布も示唆される。他の樹種はそれらに付随して生育するが、ヒノキなどの針葉樹は人為選択によって多くなったとみなされる。

### 参考文献

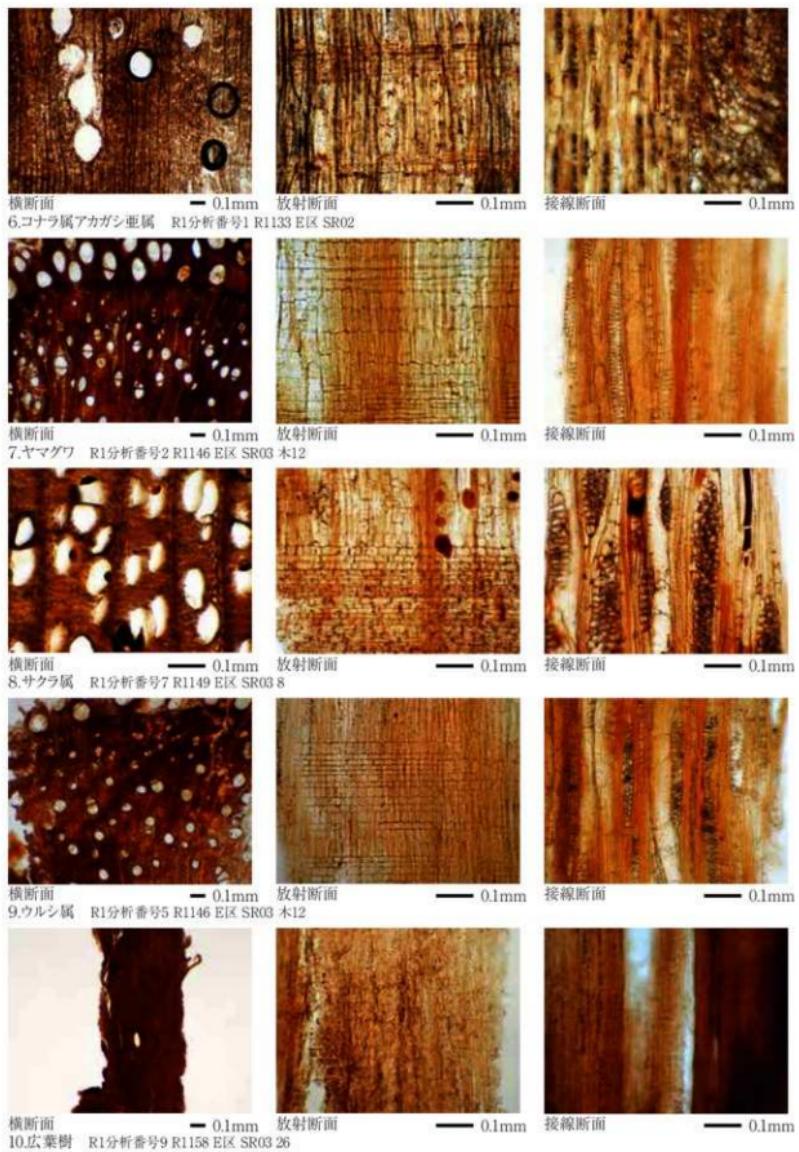
- 土質工学会編 (1979) 土質試験法, p.25-1 ~ 25-23, 42-1 ~ 43-11.
- 金原正明 (1999) 寄生虫・西田豊弘・松井 章編「考古学と動物学」, 同成社, p.151-158.
- 金原正明・金原正子 (1992) 花粉分析および寄生虫, 奈良国立文化財研究所編「藤原京跡の便所遺構—藤原京 7 条 1坊」, p.14-15.
- 金原正明・金原正子 (2013) 植生と農耕における土壤層分析の実証的研究, 日本文化財科学会第 30 回大会研究発表会要旨集, p.112-113.
- 金原正明・金原正子 (2015) 堆積物と植物遺体の総合的研究, 日本文化財科学会第 32 回大会研究発表会要旨集, p.146-147.
- 中村 純 (1967) 「花粉分析」, 古今書院, 232p.
- 鳥倉巳三郎 (1973) 日本植物の花粉形態, 大阪市立自然科学博物館収蔵目録, 5, 60p.
- 中村 純 (1974) イネ科花粉について、とくにイネ (*Oryza sativa*) を中心として, 第四紀研究, 13, p.187-193.
- 中村 純 (1977) 稲作とイネ花粉, 考古学と自然科学, no.10, p.21-30.
- 中村 純 (1980) 日本花粉の標識, 大阪自然史博物館収蔵目録第 13 集, 91p.
- 金原正明 (1993) 花粉分析法による古環境復原, 木下正史編「新版古代の日本 第 10 卷 古代資料研究の方法」, 角川書店, p.248-262.
- 金子清俊・谷口博一 (1987) 綱形動物・扁形動物, 医動物学「医動物学 付 実験用動物学 新版臨床検査講座, 8」, 医歯薬出版社, p.9-134.
- Warnock, P. J. and Reinhard, K. J. (1992) Methods for Extraxting Pollen and Parasite Eggs from Latrine Soils. Journal of Archaeological Science, 19, p.231-245.
- 杉山真二・藤原宏志 (1986) 機動細胞壁触体の形態によるタケア科植物の同定－古環境推定の基礎資料として－, 考古学と自然科学, 19, p.69-84.
- 杉山真二 (1999) 植物珪酸体分析からみた九州南部の照葉樹林発達史, 第四紀研究, 38 (2), p.109-123.
- 杉山真二 (2000) 植物珪酸体 (プラント・オ・パール), 考古学と植物学, 同成社, p.189-213.
- 杉山真二 (2009) 植物珪酸体と古生態, 人と植物の関わりあい④, 大地と森の中で－縄文時代の古生態系－, 縄文の考古学Ⅲ, 小杉康は編, 同成社, p.105-114.
- 藤原宏志 (1976) プラント・オ・パール分析法の基礎的研究 (1) - 数種イネ科植物の珪酸体標本と定量分析法-, 考古学と自然科学, 9, p.15-29.
- 藤原宏志・杉山真二 (1984) プラント・オ・パール分析法の基礎的研究 (5) - プラント・オ・パール分析による水田址の探査-, 考古学と自然科学, 17, p.73-85.
- 伊東隆夫・山田昌久 (2012) 木の考古学, 雄山閣, p.449.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 針葉樹材の細胞, 木材の構造, 文永堂出版, p.20-48.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 広葉樹材の細胞, 木材の構造, 文永堂出版, p.49-100.
- 島地謙・伊東隆夫 (1982) 国産木本植物誌, 雄山閣, p.176.
- 島地謙・伊東隆夫 (1988) 日本の遺跡出土木製品総覧, 雄山閣, p.296.
- 山田昌久 (1993) 日本列島における木質遺物出土遺跡文献集成, 植生史研究特別第 1 号, 植生史研究会, p.242.

### [作業従事者]

分析担当者: 金原正子・杉山真二・金原美奈子・金原裕美子・本寺きみ子  
文責主任者: 金原正子



第405図 旧練兵場遺跡の木材 I



第 406 図 旧練兵場遺跡の木材 II

## 第4項 炭化材樹種同定および炭化種実等同定分析

一般社団法人 文化財科学研究センター

金原美奈子 金原裕美子

### I. はじめに

旧練兵場遺跡は、香川県善通寺市仙遊町を中心とした遺跡である。旧陸軍第11師団の練兵場があつたことから、旧練兵場遺跡と呼ばれ、現在の善通寺病院付近を中心に広い範囲で、縄文時代から中世に及ぶ様々な遺構・遺物が見つかっている。今回の分析対象となった試料は弥生時代の住居跡・土坑より出土した炭化材・炭化種実である。これら採取された炭化材・炭化種実について同定を行い、植生、環境、植生の復原を行う。

### II. 試料

試料の詳細を下記に示す。水洗選別試料も含まれ、No.18とNo.51は堆積物であり、水洗選別を施す。

### III. 樹種同定

#### 1. はじめに

遺跡より出土した炭化材に対して、木材組織の特徴から樹種同定を行う。木材は、セルロースを骨格とする木部細胞の集合体であり、木材構造から概ね属レベルの同定が可能である。木材は、花粉などの微化石と比較して移動性が少ないとから、比較的近隣の森林植生の推定が可能である。

#### 2. 試料と方法

試料は、住居跡・土坑より出土した小袋215単位の中より抽出した186点である。ほとんどが小片のため、同定可能である大きさの炭化材を対象とし、参考のため計193点の同定を行った。試料の詳細は第13表に記す。

方法は、試料を割り折りして新鮮な横断面（木口と同義）、放射断面（柾目と同義）、接線断面（板目と同義）の基本三断面の断面を作製し、落射顕微鏡（OPTIPHOTO-2:Nikon）によって50～1000倍で観察した。同定は、木材構造の特徴および現生標本との対比によって行った。

#### 3. 結果

第14表に結果を示し、主要な分類群の顕微鏡写真を示す。以下に同定根拠となった特徴を記す。

##### 1) マツ属複維管束亞属 *Pinus* subgen. *Diploxylon* マツ科

仮道管、放射柔細胞、放射仮道管及び垂直、水平樹脂道などから構成される針葉樹材である。早材から晩材への移行は急な箇所と緩やかな箇所があり、垂直樹脂道が見られる。放射柔細胞の分野壁孔は窓状で、放射仮道管の内壁には鋸歯状肥厚が存在する。接線断面では、放射組織が単列の同性放射組織型であるが、水平樹脂道を含むものは紡錘形を呈する。

第 13 表 炭化材炭化種子同定分析一覧

遺傳区分番号	遺傳名	単位袋数	所属時期	調査区	遺傳区分番号	遺傳名	単位袋数	所属時期	調査区
1	SH1020a	8	弥生後期前半	IA 区	27	SH3761a	2	弥生後期前半	3A 区
2	SH1035a	3	弥生中期後半	IA 区	28	SH4001a	3	弥生後期後半	4A 区
3	SH11039a	2	弥生終末期	IA 区	29	SH4016a	1	弥生終末期	4A 区
4	SH1051b	2	弥生終末期	IB 区	30	SH4063a	11	弥生終末期	4A 区
5	SH11052b	3	弥生後後半	IB 区	31	SH4100a	14	弥生後期前半	4A 区
6	SH11052c	2	弥生後後半	IC 区	32	SH4160a	4	弥生終末期	4A 区
7	SH11053a	3	弥生終末期	IB 区	33	SH4161a	26	弥生終末期	4A 区
8	SH11059b	3	弥生後期後半	IB 区	34	SH4124a A2	1	弥生後期後半	4A 区
9	SH11061b	5	弥生後期後半	IB 区	35	SH4124a A3	1	弥生後期後半	4A 区
10	SH11079b	2	弥生後期後半	IB 区	36	SH4124a B3	2	弥生後期後半	4A 区
11	SH11160b	4	弥生後期後半	IB 区	37	SH4124a B4	3	弥生後期後半	4A 区
12	SH11168a	3	弥生後期前半	IA 区	38	SH4124a B5	1	弥生後期後半	4A 区
13	SH11169a	4	弥生後期後半	IA 区	39	SH4124a C2	3	弥生後期後半	4A 区
14	SH1207a	5	弥生後期後半	IA 区	40	SH4124a C3	3	弥生後期後半	4A 区
15	SH2010a	3	弥生後期前半	2A 区	41	SH4124a C4	4	弥生後期後半	4A 区
16	SH2057a	11	弥生後期後半	2A 区	42	SH4124a C5	2	弥生後期後半	4A 区
17	SH2075a	6	弥生後期後半	2A 区	43	SH4124a D2	4	弥生後期後半	4A 区
18	SH2076b	4	弥生後期後半	2B 区	44	SH4124a D3	1	弥生後期後半	4A 区
19	SH2078b	2	弥生後期前半	2B 区	45	SH4124a E2	3	弥生後期後半	4A 区
20	SH2224a	10	弥生後期後半	2A 区	46	SH4124a E3	2	弥生後期後半	4A 区
21	SH2303a	9	弥生終末期	2A 区	47	SH4124a F2	1	弥生後期後半	4A 区
22	SH3025b	3	弥生終末期	3B 区	48	SH4124a F3	1	弥生後期後半	4A 区
23	SH3102b	6	弥生後期後半	3B 区	49	SK1177a	2	弥生中期後半	1A 区
24	SH3186a	1	弥生後期後半	3A 区	50	SK2175b	6	弥生後期前半	2B 区
25	SH3200b	2	弥生終末期	3B 区	51	SK3077b	3	弥生後期後半	3B 区
26	SH3245b	5	弥生後期後半	3B 区	合計		単位		

以上の特徴からマツ属複雑管束亞属に同定される。マツ属複雑管束亞属にはクロマツとアカマツがあり、どちらも北海道南部、本州、四国、九州に分布する常緑高木である。

## 2) ヒノキ科 Cupressaceae

横断面、放射断面、接線断面ともにヒノキ科の特徴を示し、また本試料は小片のため、広範囲の観察が困難であったので、分野壁孔の型及び1分野に存在する個数が不明瞭なものはヒノキ科とした。

ヒノキ科にはヒノキ、サワラ、アスナロ属などが含まれる。本州、四国、九州、屋久島に分布する。大木になるものが多く通常高さ3~40m、径1mに達する。

## 3) クリ Castanea crenata Sieb. et Zucc. ブナ科

年輪のはじめに大型の道管が、数列配列する環孔材である。晩材部では小道管が火炎状に配列する。早材から晩材にかけて、道管の径は急激に減少する。道管の穿孔は單穿孔である。放射組織は平伏細胞からなる單列の同性放射組織型である。

以上の特徴からクリに同定される。クリは北海道の西南部、本州、四国、九州に分布する。落葉の高木で、通常高さ20m、径40cmぐらいであるが、大きいものは高さ30m、径2mに達する。

## 4) シイ属 Castanopsis ブナ科

年輪のはじめに中型から大型の道管がやや疎に数列配列する環孔材である。晩材部で小道管が火炎状に配列する。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる單列の同性放射組織型のものが存在する。

以上の特徴からシイ属に同定される。シイ属は本州(福島県、新潟県佐渡以南)、四国、九州に分布する。常緑高木で、高さ20m、径1.5mに達する。なおシイ属には、スダジイとツブライがおり、集合放射

組織の有無などで同定できるが、本試料は小片のため、広範囲の観察が困難であったので、シイ属の同定にとどめる。

#### 5) コナラ属クヌギ節 *Quercus sect. Aegilops* ブナ科

年輪のはじめに大型の道管が1～数列配列する環孔材である。晩材部では厚壁で丸い小道管が、単独でおおよそ放射方向に配列する。早材から晩材にかけて道管の径は急激に減少する。道管の穿孔は單穿孔を示し、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で単列のものと大型の広放射組織からなる複合放射組織を示す。

以上の特徴からコナラ属クヌギ節に同定される。コナラ属クヌギ節にはクヌギ、アベマキなどがあり、本州、四国、九州に分布する。落葉の高木で、高さ15m、径60cmに達する。

#### 6) コナラ属コナラ節 *Quercus sect. Prinns* ブナ科

年輪のはじめに大型の道管が、1～数列幅で年輪界に關係なく放射方向に配列する環孔材である。晩材部では薄壁で角張った小道管が、火炎状に配列する。早材から晩材にかけて道管の径は急激に減少する。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で、単列のものと大型の広放射組織からなる複合放射組織である。

以上の特徴からコナラ属コナラ節に同定される。コナラ属コナラ節にはカシワ、コナラ、ナラガシワ、ミズナラがあり、北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉高木で、高さ15m、径60cmぐらいに達する。

#### 7) コナラ属アカガシ亜属 *Quercus subgen. Cyclobalanopsis* ブナ科

中型から大型の道管が、1～数列幅で年輪界に關係なく放射方向に配列する放射孔材である。道管は単独で複合しない。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で、単列のものと大型の広放射組織からなる複合放射組織である。

以上の特徴からコナラ属アカガシ亜属に同定される。コナラ属アカガシ亜属にはアカガシ、イチイガシ、アラカシ、シラカシなどがあり、本州、四国、九州に分布する。常緑高木で、高さ30m、径15m以上に達する。

#### 8) コナラ属 *Quercus* ブナ科

中型から大型の道管が、配列する材である。道管は単独で複合しない。広範囲の観察が困難なため、道管の配列は不明である。道管の穿孔は單穿孔で、放射組織は平伏細胞からなる同性放射組織型で、単列のものと大型の広放射組織からなる複合放射組織である。

以上の特徴からコナラ属に同定される。木口の観察が難しいため、環孔材、放射孔材の判断ができず、コナラ属までの同定にとどめる。コナラ属には、コナラ節とクヌギ節のコナラ亜属、アカガシ亜属があり、本州、四国、九州の温帯から温帯下部の暖温帯に分布する。

#### 9) ブナ科 Fagaceae

部分的ではあるが大型の道管と、火炎状に配列する小道管が見られる。放射組織は平伏細胞からなる。単列の同性放射組織型である。

以上の形質よりブナ科のクリ、シイ属、コナラ属コナラ節のいずれかである。なお本試料は極めて小片のため、広範囲の観察は困難であったので、ブナ科以下の同定は困難であった。

#### 10) ムクノキ *Aphananthe aspera* Planch. ニレ科

中型から小型で厚壁の放射方向にのびた道管が、年輪界にむけて径を減少しながら、単独あるいは2～3個放射方向に複合して、まばらに散在する散孔材である。軸方向柔細胞は早材部で周間状、晩材部では、数細胞幅で帶状に配列する。道管の穿孔は單穿孔である。放射組織は異性放射組織型で、1～4

細胞幅で、多列部は平伏細胞からなり、單列部は直立細胞からなる。

以上の特徴からムクノキに同定される。ムクノキは本州（関東以西）、四国、九州、沖縄に分布する。落葉高木で、通常高さ 15 ~ 20m、径 50 ~ 60cm ぐらいであるが、大きいものは高さ 30m、径 1.5m に達する。

#### 11) ケヤキ *Zelkova serrata* Makino ニレ科

年輪のはじめに大型の道管が 1 ~ 2 列配列する環孔材である。孔圈部外の小道管は多数複合して円形および接線状ないし斜線状に配列する。道管の穿孔は単穿孔で小道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織は異性放射組織型で上下の縁辺部の細胞のなかには大きく膨らんでいるものがある。幅は 1 ~ 7 細胞幅である。

以上の特徴からケヤキに同定される。ケヤキは本州、四国、九州に分布する。落葉の高木で、通常高さ 20 ~ 25m、径 60 ~ 70cm ぐらいであるが、大きいものは高さ 50m、径 3m に達する。

#### 12) ヤマグワ *Morus australis* Poiret クワ科

年輪のはじめに中型から大型の丸い道管が、単独あるいは 2 ~ 3 個複合して配列する環孔材である。孔圈部外の小道管は複合して円形の小塊をなす。道管の径は徐々に減少する。道管の穿孔は単穿孔で、小道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織はほとんどが平伏細胞であるが、上下の縁辺部の 1 ~ 3 細胞ぐらいは直立細胞の異性放射組織型で、1 ~ 6 細胞幅である。小道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。

以上の特徴よりヤマグワに同定される。ヤマグワは北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉高木で、通常高さ 10 ~ 15m、径 30 ~ 40cm である。

#### 13) クスノキ科 Lauraceae

中型から小型の道管が、単独および 2 ~ 数個放射方向に複合して散在する散孔材である。道管の周囲を鞘状に軸方向柔細胞が取り囲んでいる。道管の穿孔は単穿孔のものが存在する。放射組織はほとんどが平伏細胞で上下の縁辺部のみ直立細胞からなる異性放射組織型で、1 ~ 3 細胞幅である。

以上の特徴からクスノキ科に同定される。クスノキ科には、クスノキ、ヤブニッケイ、タブノキ、カゴノキ、シロダモなどがあり、道管径の大きさ、多孔穿孔および道管内壁のらせん肥厚の有無などで細分できるが、本試料は道管径以外の点が不明瞭なため、クスノキ科の同定にとどめる。

#### 14) サクラ属 *Prunus* バラ科

丸い道管が単独あるいは 2 ~ 3 個放射方向および斜め方向に複合して散在する散孔材である。道管の径は、早材部から晩材部にかけてゆるやかに減少する。道管の穿孔は単穿孔で、道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織は同性に近い異性放射組織型を示す。

以上の特徴からサクラ属に同定される。サクラ属には、ヤマザクラ、ウワミズザクラ、シウリザクラ、ウメ、モモなどがあり、北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉の高木または低木である。

#### 15) トチノキ *Aesculus turbinata* Blume トチノキ科

小型でやや角張った道管が、単独ないし放射方向に 2 ~ 数個複合して密に散在する散孔材である。道管の穿孔は単穿孔で、道管の内壁にはらせん肥厚が存在する。放射組織はすべて平伏細胞からなる單列の同性放射組織型で、層階状に規則正しく配列する。放射断面では放射組織と道管との壁孔は、小型で密に分布する。

以上の特徴からトチノキに同定される。トチノキは北海道、本州、四国、九州に分布する。落葉の高

木で、通常高さ 15 ~ 20m、径 50 ~ 60cm に達する。

16) サカキ *Cleyera japonica* Thunb. ツバキ科

小型の道管が、単独ないし 2 個複合して密に散在する散孔材である。放射断面では道管の穿孔が階段穿孔板からなる多孔穿孔で、階段の数は多く 60 を越えるものも観察される。放射組織は平伏細胞、方形細胞、直立細胞からなる異性放射組織型で単列を示す。

以上の特徴からサカキに同定される。サカキは関東以西の本州、四国、九州、沖縄に分布する。常緑高木で、通常高さ 8 ~ 10m、径 20 ~ 30cm である。

17) ヒサカキ属 *Eurya* ツバキ科

小型で角張った道管が、ほぼ単独で密に散在する散孔材である。道管の穿孔は階段穿孔板からなる多孔穿孔で、階段の数は多く 60 を越えて観察される。放射組織は平伏細胞、方形細胞、直立細胞からなる異性放射組織型で 1 ~ 3 細胞幅であり、多列部と比べて單列部が長い。

以上の特徴からヒサカキ属に同定される。ヒサカキ属にはヒサカキ、ハマヒサカキなどがあり、本州、四国、九州、沖縄に分布する。常緑の小高木で、通常高さ 10m、径 30cm である。

18) 散孔材 diffuse-porous wood

小型の道管がまばらに散在する。放射組織が存在することがかろうじて確認できた。

以上の特徴から散孔材に同定される。なお本試料は小片であり、保存状態も悪く、広範囲の観察が困難であることから、散孔材の同定にとどめる。

19) タケ亜科 *Bambusoideae* イネ科

基本組織である柔細胞の中に並立維管束が不規則に分布する。並立維管束は本部と節部からなり、その周囲に維管束鞘が存在する。放射断面及び接線断面では柔細胞及び維管束、維管束鞘が桿軸方向に配列している。

以上の特徴からタケ亜科に同定される。タケ亜科にはマダケ属、メダケ属、ササ属などがある。

#### 4. 所見

同定の結果、旧練兵場遺跡の炭化材は、コナラ属クスギ節 75 点、コナラ属コナラ節 29 点、サカキ 18 点、コナラ属アカガシ亜属 13 点、マツ属複維管束亜属 8 点、ケヤキ 8 点、ヒサカキ属 6 点、シイ属 5 点、コナラ属 5 点、ムクノキ 5 点、クスノキ科 5 点、サクラ属 4 点、クリ 3 点、ヤマグワ 3 点、トチノキ 2 点、ヒノキ科 1 点、ブナ科 1 点、散孔材 1 点、タケ亜科 1 点であった。

住居跡の中央土坑や焼土層、焼土面より出土しているもので最も多いのはコナラ属クスギ節である。概して弾力に富んだ強い材で器具、農具などに用いられる。またコナラ属クスギ節は油分を多く含むため、薪炭材として優良で多用されている。次に多いのはコナラ属コナラ節である。強韌で弾力に富み、建築材としても用いられる木材だが、ナラ類は建築材だけではなく火持ちの良い薪炭材としても重宝される。コナラ属アカガシ亜属は堅硬な材であり、建築材など広く用いられるが、西南日本では弥生時代以降、特に農耕具を中心に用いられる傾向にある。これらのコナラ属の次にサカキが多く、強韌、堅硬な材で建築、器具、薪炭などに用いられる。サカキは縄文時代では斧柄、杭、櫓などに利用され、また器具としては櫛などに利用してきた。マツ属複維管束亜属は木理やや通直で、重硬で水湿によく耐え腐りにくい。建築部材の中でも水湿の影響がある柱、礎板などに用いられる。建築部材として、縄文時代に見ることができるが、室町時代以前の古い時期の用材は極めて少ない。薪炭材としてはとても火力

が強いが火持ちが悪く、しかし古くには庶民で重宝された。ケヤキは強靭で概して強く強靭で従曲性に富み、耐朽・保存性は高く水湿にもよく耐え、建築部材、器具、土木などに用いられる。なお、ケヤキは、縄文時代以降現在まで伝統的に本地に用いられる材である。薪炭材としては火持ちが良く、燐火を作るのに適している。ヒサカキ属は概して強さ中庸の材で小細工物、器具、薪炭材に用いられる。シイ属は重硬だが耐朽・保存性は低い材で建築、器具などに用いられる。クスノキ科は概して強さ中庸で、クスノキやタブノキのように耐久性に優れた丸木舟に利用された樹種もある。また薪炭材としてはシロダモやカゴノキなど火持ちが良い樹種もある。なお、タブノキには樹皮を煮て灰にし染料に用いる例もある。クリは重硬で耐朽性が高く、水湿によく耐え、保存性の極めて高い材で、柱材などの建築材として比較的よく利用される樹木である。薪炭材としては火付きは良いが火持ちが悪い材である。ヒノキ科の木材は、大きな材がとれる良材であり、木理通直で保存性が高い。加工工作が容易な上、建築材はもとより板材や小さな器具類に至るまで幅広く用いられる。ヒノキやスギなどの針葉樹には火付きの良さや瞬発的な火力の強さがある。ブナ科はクリ、コナラ属などの堅硬な材が多く、多様な用途に用いられる。

他の遺構では上記の樹種の他に 5 種類同定されている。ムクノキは概して強さ中庸、韌性に富み、従曲性もあり建築、船、薪炭などに用いられる。強靭、堅硬な材である。サクラ属は耐朽・保存性の高い材で、切削・加工の難度は中庸で、概して堅硬な材と言える。古い時期になると鉢などの容器や柱材などの報告例がある。ヤマグワはやや堅硬で韌性に富み、建築に用いられる。トチノキは耐朽・保存性は極めて低く、切削・加工は容易で柔らかい材である。なお、サクラ属、ヤマグワ、トチノキは古くから剣物の容器によく用いられる樹木である。タケア科は材の乾燥が十分なされると硬さと柔軟さを備え割理性に富み、また細工が容易なので、さまざまな素材として利用される。また繊維が強く丈夫であり、他の木材と同様に建築材としても利用される。

同定された樹種のはほとんどは建築部材である可能性が高く、周囲の森林資源が豊富で容易に用材が手に入るため、多様な樹種が同定されたと考えられる。用材の選定は豊富な樹種から樹木の性質に合わせて行われたと考えられ、住居跡の中央土坑や焼土層、焼土面より同定されたほとんどの樹種は、コナラ属クスギ節などのコナラ属や、マツ属複維管束亜属などの古くから燃料材や薪炭材として利用されてきた樹種であった。特にコナラ属クスギ節は燃せりにくい燃料材であり延焼しにくく多用されたとみなされる。また一方で住居跡の溝などの他の遺構から同定された樹種の中にはサクラ属、ヤマグワ、トチノキなどの剣物の容器に利用される樹種が見られた。

最も多いコナラ属クスギ節および次に多いコナラ属コナラ節は、温帯下部ではクスギやコナラの二次林種と考えられ、本遺跡の周囲にはこれらを主とする二次林が分布していたと推定される。また、燃料材として選択的に用いられたと考えられる。マツ属複維管束亜属やクリ、ヤマグワも二次林種で遺跡の周囲に生育していたとみられる。コナラ属アカガシ亜属、サカキ、ヒサカキ属、シイ属、クスノキ科は照葉樹林の主要素であり、近隣に照葉樹林の分布が推定される。ケヤキやムクノキ、トチノキは適潤地や谷沿いに生育する。サクラ属やヒノキ科、タケア科は分布は少ないが、山野に普通に生育していたと推定される。

第14表 旧練兵場遺跡における樹種同定結果

遺跡区分 番号		分析単位番号	遺構名	単位 空氣量	開発時期	炭化材 割合(%) 必要調査数	測量区	遺構名1	遺構名2	重量 (kg)	結果 (学名・俗名)	個数	台帳番号	備考
1	分析単位 1	SH1020a		8	赤生中期前半	5	IA 区	SK1216a	SH1020a	276	<i>Aphomatheria aspera</i> Planch.	1	R0455	
	分析単位 2						IA 区	SH1216a (SH1020a ⑥)	SH1020a	1.71	<i>Castanopsis</i>	1	H1222	
	分析単位 3						IA 区	SH1216a (SH1020a 中央土坑)	SH1020a	3.41	Cupressaceae	1	R0657	
	分析単位 4						IA 区	SK1216a 中央土坑	SH1020a	2.88	Fagaceae	1	R0114	
	分析単位 5						IA 区	SK1216a (SH1020a 中央土坑)	SH1020a	2.47	Eurya	1	R0800	同定不可
	分析単位 6						IA 区	SK1216a (SH1020a 中央土坑)	SH1020a	1.05			R0135	
	分析単位 7						IA 区	SK1216a 中央土坑	SH1020a	0.41			R0112	同定不可
	分析単位 8						IA 区	SK1216a 中央土坑	SH1020a	0.23			R0656	同定不可
	分析単位 9						IA 区	SH1020a ②	SH1020a	0.02			R0443	同定不可
	分析単位 10						IA 区	SH1020a ①	SH1020a	0.06			R0360	同定不可
2	分析単位 11-1	SH1020a	3	赤生中期後半	3	IA 区	(SH1020a 中央土坑)	SH1020a	0.65	<i>Eurya</i>	1	R0306		
	分析単位 11-2										<i>Quercus subgen. Cyclobalanopsis</i>			
	分析単位 11-3										<i>Eurya</i>	1		
	分析単位 12-1						IA 区	SK1246a 地上	SH1020a	1.04	<i>Morus australis</i> Druce	1	R0788	
3	分析単位 12-3	SH1020a	2	赤生後期後半	5	IA 区	SK1246a	SH1020a	2.71	<i>Bambusoideae</i>	1			
	分析単位 12-4										<i>Ardisia turbimolia</i>	1		
	分析単位 13-2										<i>Blumea</i>	1	R0631	
	分析単位 14-1	SH1020b	2	赤生終末期	3	IB 区	(SH1020b 中央土坑①)	SH1020b	0.24	<i>Ficus subgen. Dipterocarpus</i>	1	R0470		
	分析単位 14-2	SH1020b	2	赤生終末期	3	IB 区	(SH1020b 4号-2-坑①)	SH1020b	0.31	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1	R0004	同定不可	
4	分析単位 15										<i>Quercus</i>	1		
	分析単位 16						IB 区	SK1087b 墓土	SH1020b	0.61	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1	R0012	同定不可
	分析単位 17	SH1020b	3	赤生後期後半 早-終末期	3	IB 区	SK1087b 墓土	SH1020b	0.10	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1	R0410	同定不可	
	分析単位 18-1							SK1087b	SH1020b	0.33	<i>Cleyera japonica</i>	1	R0400	
	分析単位 18-2										<i>Thunb.</i>			
	分析単位 19-1						IC 区	SK1458c	SH1020b	0.88	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1		
6	分析単位 19-2	SH1020c	2	赤生後期後半	3	IC 区	(SH1020c 中央土坑)	SH1020c	0.10	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1	R0600	同定不可	
	分析単位 19-3							SK1458c 中央土坑	SH1020c	0.06	<i>Quercus sect. Agilops</i>	1	R0600	同定不可
	分析単位 20							SK1221b 墓土-坑①	SH1020c	0.53	<i>Cleyera japonica</i>	1	R0677	同定不可
7	分析単位 21	SH1020b	3	古晩中期前半	5	IB 区	(SH1020b 4号-2-坑①)	SH1020b	0.79	<i>Thunb.</i>	1	R0659		
	分析単位 22-1													

分析用単位番号	調査期区分	調査名	単位袋数	所属時間	調査区	通称名1	通称名2	重量(g)	結果(学名/和名)	個数	台帳番号	備考
7	分析用単位 22-2								<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	サカキ	1	
	分析用単位 22-3								<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	サカキ	1	K0459
	分析用単位 23-1								<i>Quercus serrata</i> Sieb. et Zucc.	コナラ属クヌケ	1	
	分析用単位 23-2								<i>Castanopsis</i>	サイ属	1	
8	分析用単位 24								<i>Castanopsis</i>	シイ属	1	K0075 同定不可
	分析用単位 25-1								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属コナラ類	1	K0468
	分析用単位 25-2								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属コナラ類	1	K0467
	分析用単位 25-3								<i>Prinus</i>	マツ属属	1	
9	分析用単位 26-1								<i>Prinus</i> subgen. <i>Diplobotrys</i>	菅東季属	1	
	分析用単位 26-2								<i>Lauraceae</i>	クスノキ科	1	K0066
	分析用単位 27								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0447 同定不可
	分析用単位 28								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0447 同定不可
10	分析用単位 29-1								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	H1071
	分析用単位 29-2								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
	分析用単位 29-3								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
	分析用単位 29-4								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
11	分析用単位 30-1								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	H1062
	分析用単位 31								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0466 同定不可
	分析用単位 32								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0460
	分析用単位 33								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0466 同定不可
12	分析用単位 34								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0459 同定不可
	分析用単位 35-1								<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	サカキ	1	K0469
	分析用単位 35-2								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
	分析用単位 35-3								<i>Laureaceae</i>	クスノキ科	1	K0453
13	分析用単位 36								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	R0428
	分析用単位 37-1								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0424
	分析用単位 37-2								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	K0434 同定不可
	分析用単位 38								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
14	分析用単位 39								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	
	分析用単位 40								<i>Quercus</i> sect. <i>Prinos</i>	コナラ属クヌケ	1	

土壤 分区 号	分析单位 番号	土壤名	单位 袋数	开砾时间	退化特征 鉴别参数	调查区 名	土壤名1	土壤名2	重量 (g)	结果(学名/俗名)	细数	台地番号	備考	
分析单位 41	42					SH1169a	SH1169a	SH1169a	0.66	コナラ属コナラ属 クスノキ科	1	H1174 R0632 R0777	固定不可 固定不可	
分析单位 43.1	43.2					SK1261a 地上 SK1260a	SH1169a	SH1169a	0.17	コナラ属コナラ属 クスノキ科	1			
13 分析单位 43.3	SH1169a	4		发生长期风化半 生长期风化半	5		Quercus sect. <i>Prunifoliae</i> Laurinae	Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>	5.67	コナラ属クスノキ科 コナラ属クスノキ科	1			
分析单位 43.4	43.5						Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>	Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>		コナラ属クスノキ科 コナラ属クスノキ科	1			
分析单位 43.6	44					SK1261a 地上 SK1261a 地上	SH1169a	SH1169a	0.24	コナラ属クスノキ科	1	R0782	固定不可	
分析单位 45.1						SK1212a 地上 SK1212a 地上	SH1207a	SH1207a	9.82	Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>	1	R0450		
分析单位 45.2							Cladonia apennina Thunb.			サカキ	1			
分析单位 45.3							Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>	Quercus sect. <i>Angustifoliae</i>		コナラ属クスノキ科 コナラ属クスノキ科	1			
分析单位 45.4							Pinus subgen. <i>Diploxylon</i>			マツ属 モミ属	1			
14 分析单位 45.5	SH1207a	5		发生长期风化半 生长期风化半	5	IA IK	SH1212a	SH1207a	1.43	コナラ属コナラ属 モミ属	1	R0445		
分析单位 46						SK1235a 地上 (SH1207a 中央土块)	SH1207a	SH1207a	0.67	コナラ属コナラ属 モミ属	1	R0761	固定不可	
分析单位 47						SK1212a	SH1207a	SH1207a	2.91	コナラ属コナラ属 モミ属	1	R0656		
分析单位 48.1							Quercus sect. <i>Prunifoliae</i> <i>Cylindrocarpa</i>			コナラ属カガシ モミ属	1			
分析单位 48.2								SH1207a	0.68			R0658	固定不可	
分析单位 49						SK1235a (SH2010a 中央土块)	SH1207a	SH1207a	0.70	Zelkova serrata Makino ケヤキ	1	R0654	固定不可	
分析单位 50						2A IK	SH2010a 中央土块	SH2010a	1.11	Zelkova serrata Makino ケヤキ	1	R0662		
分析单位 51.1	51.2	SH2010a	3	发生长期风化半 生长期风化半	3	2A IK	SH2010a 中央土块	SH2010a	1.17	Zelkova serrata Makino ケヤキ	1	R0663		
分析单位 52.1						2A IK	SH2010a 中央土块	SH2010a	1.17	Zelkova serrata Makino ケヤキ	1			
分析单位 52.2						2A IK	SH2010a 中央土块	SH2010a	1.17	Zelkova serrata Makino ケヤキ	1			
分析单位 53						SH2067a ③	SH2067a	SH2067a	0.17			H1306	固定不可	
分析单位 54						SH2067a ③	SH2067a	SH2067a	0.01	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	H1307	固定不可
分析单位 55.1						SH2067a ④	SH2067a	SH2067a	1.83	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	H1308	
分析单位 55.2										Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1		
分析单位 55.3	SH2067a	11		发生长期风化半 生长期风化半	5	2A IK	SH2067a ①	SH2067a	0.02			H1303	固定不可	
16 分析单位 56						SH2067a ②	SH2067a	SH2067a	0.29	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	H1304	固定不可
分析单位 57						SH2067a ④	SH2067a	SH2067a	1.59	Morus australis Pojet	ヤマザクラ	1	H1309	固定不可
分析单位 58							SH2067a ⑤	SH2067a	0.12	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	H1305	固定不可
分析单位 59						SH2067a ⑥	SH2067a	SH2067a	0.45	Prunus	サクラ属	1		
分析单位 60						SH2298a	SH2067a	SH2067a	0.17	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	R0664	
分析单位 61						SH2298a	SH2067a	SH2067a	0.16	Aphananthe aspera Planch.	ムクノキ	1	R0768	固定不可
分析单位 62						SH2064a	SH2067a	SH2067a	0.10			R0666	固定不可	
16 分析单位 63														

調査区分		調査名	単位	所属時期	調査区	遺傳名1	遺傳名2	遺傳名3	結果(学名/和名)	個数	台帳番号	備考
分析単位	64				2A IK	SH12075a (4)	SH12075a	0.03		H1277	同定不可	
分析単位	65				2A IK	SH12075a (4)	SH12075a	0.02		H1510	同定不可	
分析単位	66				2A IK	SH12075a (4)	SH12075a	0.13		H1074	同定不可	
17 分析単位	67	SH12075a	6	共生後期後半	2A IK	SH12075a (4) +	SH12075a	0.29	シイ属	1	H1065	
分析単位	68				2A IK	SH12075a (4) +	SH12075a	0.29	Castanopsis		H1074	
分析単位	69-1				2A IK	SH12075a (4) +	SH12075a	0.10	Clevena japonica	サカキ	K0665	
分析単位	69-2				2B IK	SK2125b	SH12076a	2.24	Clevena japonica	サカキ	1	シイ属
分析単位	70				2B IK	SK2125b (4)	SH12076a	0.12	Quercus schubertii	コナラ属アカガシ	1	K0681
分析単位	71				2B IK	SK2125b (1)	SH12076b	0.12	Cyrtosia sinensis	コナラ属コナラ属	1	K0579
分析単位	72				2B IK	SH12076b (1)	SH12076b	46.34	Prunus	コナラ属コナラ属	1	H1298
分析単位	73-1				2B IK	SH12076b (1)	SH12076a	0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-2	SH12076b	4	共生終末期	10			0.03	Quercus schubertii	コナラ属アカガシ	1	
分析単位	73-3							0.03	Cyrtosia sinensis	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-4							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-5							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-6							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-7							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-8							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	73-9							0.03	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	74				2B IK	SK2170b	SH12078a	0.92	Prunus	サクラ属	1	K0685
分析単位	75-1	SH12078b	2	共生後期後半	5		SH12080b	1.08	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	75-2							1.08	Meruia austro. foliace	ヤマグワ	1	
分析単位	75-3							1.08	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	75-4							1.08	Quercus sect. Argilos	コナラ属クヌギ	1	
分析単位	76				2A IK	SK2209a	SH12223a	0.02		H0627	同定不可	
分析単位	77				2A IK	SH12224a (4)	SH12224a	0.02		H1075	同定不可	
分析単位	78				2A IK	SH12224a (4)	SH12224a	0.02		H1075	同定不可	
分析単位	79				2A IK	SH12224a (4)	SH12224a	0.04	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属アカガシ	1	H1237
20 分析単位	80	SH12224a	10	共生後期後半	3	2A IK	SK2208a	0.03	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属アカガシ	1	K0667
分析単位	81				2A IK	SK2208a	SH12224a	0.07	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属アカガシ	1	K0669
分析単位	82				2A IK	SK2209a	SH12224a	0.06	Prunus subgen. Diphyllophytum	ツバキ属植物管束	1	K0681
分析単位	83				2A IK	SK2209a	SH12224a	0.05	Prunus subgen. Diphyllophytum	ツバキ属植物管束	1	K0683
分析単位	85				2A IK	SK2209a	SH12224a	0.08		K0531	同定不可	
21 分析単位	86	SH1230a	9	共生終末期	5	2A IK	(SH1230a 中央上部)	SH1230a	0.08			同定不可
分析単位	87				2A IK	(SH1230a 中央下部)	SH1230a	0.08				同定不可

土壤 区分 番号	分析单位番号	土壤名	単位 袋数	开取时期	采样区 標様同定 必要箇数	通称名 1 (SH2303a 中央土坑)	通称名 2 (SH2303a)	重量 (g)	結果(学名/和名)		個数	台帳番号	備考	
									Clayurus japonicus Thunb.	Cleyera japonica Thunb.				
21	分析单位 88-1				2A (K)	SH2303a	101	Clayurus japonicus Thunb.	サガキ	サガキ	1			
	分析单位 88-2				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.06	Cleyera japonica Thunb.	サガキ	サガキ	1			
	分析单位 88-3				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.06	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 89				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.06	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 90				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.06	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 91-1				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.06	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 91-2				2B (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	1.18	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 92				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.29	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 93				2A (K) (SH2303a 中央土坑)	SH2303a	0.56	Zelkova serrata Makino タケナツ	サガキ	サガキ	1		同定不可	
	分析单位 94				3B (K) (SH2305a) ③~④ 望遠鏡 SK2305b	SH2305b	0.66	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H3961	同定不可	
22	分析单位 95	SH3005b	3	终生終末期	3B (K)	SK2305b	0.25	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 96-1				3B (K)	SH2305b	0.30	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 96-2				3B (K)	SH2305b	0.90	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 97				3B (K)	SH2305b	1.53	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H3962	同定不可	
23	分析单位 98				3B (K)	SH2305b	0.48	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 99				3B (K)	SH2305b	0.12	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 100-1	SH2102b	6	终生後期後半	5	SK2328b (SH2303a) ②	SH2303b	0.24	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1		
	分析单位 101				3B (K)	SK2328b (SH2303a) ②	SH2303b	0.16	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1		
24	分析单位 102				3B (K)	SK2328b (SH2303a) ②	SH2303b	0.16	Quercus sieboldii Aegiphila	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1		
	分析单位 103				3A (K)	SK2316a	7.88	Clayurus japonicus Thunb.	サガキ	サガキ	1	K0691		
	分析单位 104-1	SH2316a	1	终生後期後半	3	Eurotia lanata	Prunus				1			
	分析单位 104-2				3B (K)	SH2306b	0.82	Filicium sibiricum Diplazium	ヒサク属被子植物 ヒサク属被子植物	ヒサク属被子植物 ヒサク属被子植物	1	H3674		
25	分析单位 105-1				3B (K)	SH2306b	0.82	Filicium sibiricum Diplazium	ヒサク属被子植物 ヒサク属被子植物	ヒサク属被子植物 ヒサク属被子植物	1			
	分析单位 105-2	SH2306b	2	终生終末期	3	SK2306b (SH2303a 中央土坑)	SH2306b	0.33	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1		
	分析单位 106-1				3B (K)	SH2306b	0.35	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
	分析单位 106-2				3B (K)	SH2306b	1.53	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1			
26	分析单位 107				3B (K)	SH2345b	5.00	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H0658	同定不可	
	分析单位 108	SH2345b	5	终生後期後半	5	SK2306b	0.43	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H0658		
	分析单位 109				3B (K)	SH2345b	7.67	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H0658		
	分析单位 110				3B (K)	SH2345b	7.67	Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	コナラ属クヌギ科 コナラ属クヌギ科	1	H0670		
27	分析单位 111-1													

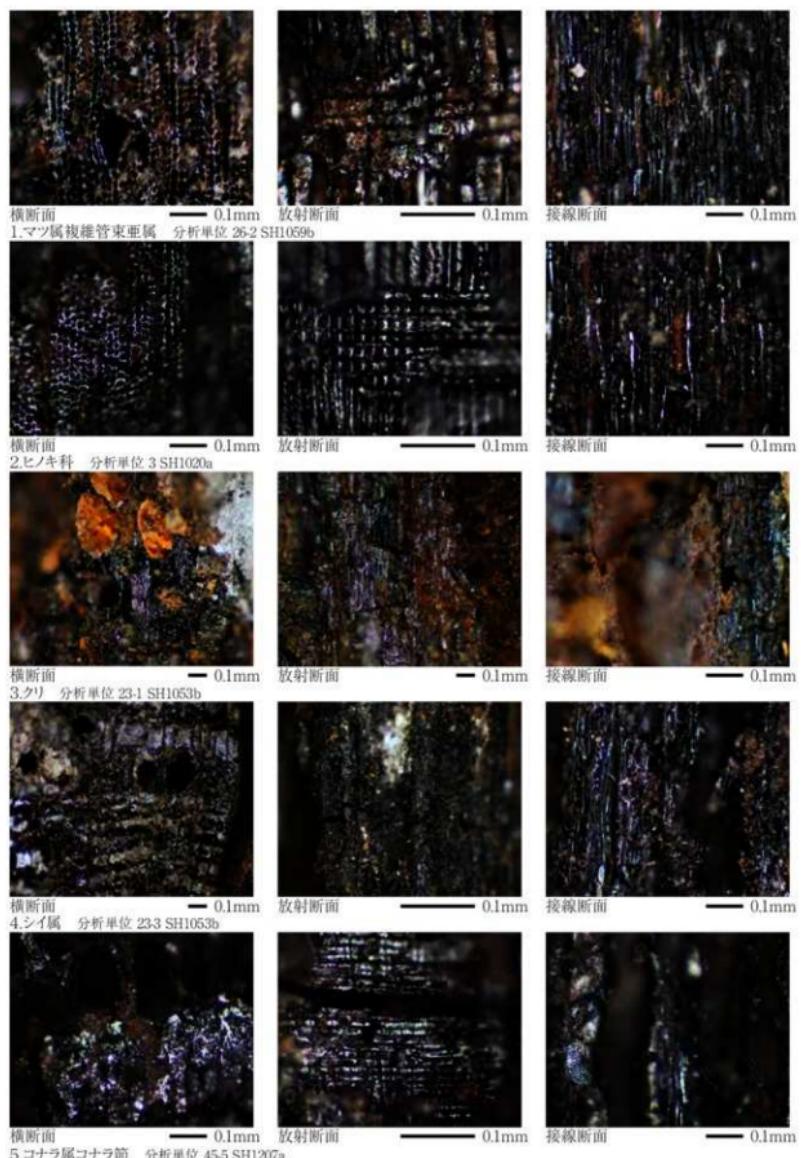
遺構区分	分析部位番号	遺構名	単位	所處時期	炭化材 標種同定 必要箇数	調査区	遺構名 1	遺構名 2	面積 (m <sup>2</sup> )	結果 (学名 / 俗名)	個数	台地番号	備考
26	分析部位 111-2									<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
27	分析部位 111-3									<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
28	分析部位 112	SH3761a	2	弥生後期前半	2	3A [K]	SH3761a ③	SH3761a	0.55	<i>Prunus</i>	1	H3600	
29	分析部位 113	SH3761a	3	弥生後期前半	1	4A [K]	SH4161a 中央土坑	SH3761a	2.46	<i>Quercus</i> sect. <i>Pyram.</i>	1	K0785	
30	分析部位 114	SH4091a	4	弥生後期前半	1	4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.12	<i>Quercus</i> sect. <i>Pyram.</i>	1		同定不可
31	分析部位 115	SH4091a	5	弥生後期前半	1	4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.01	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		同定不可
32	分析部位 116					4A [K]	SH4091a ④	SH4091a	0.10	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
33	分析部位 117-1					4A [K]	SH4091a ⑤	SH4091a	12.76	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	H3654	
34	分析部位 117-2					4A [K]	SH4091a ⑥	SH4091a	0.45	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
35	分析部位 117-3					4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.18	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
36	分析部位 117-4	SH4091a	1	弥生終末期	5					<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
37	分析部位 117-5					4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.16	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
38	分析部位 117-6					4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.40	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
39	分析部位 117-7					4A [K]	SH4091a 中央土坑	SH4091a	0.67	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
40	分析部位 118					4A [K]	SH4132a 中央土坑	SH4132a	0.65	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0367	同定不可
41	分析部位 119					4A [K]	SH4132a 中央土坑	SH4132a	0.18	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0366	同定不可
42	分析部位 120					4A [K]	SH4132a 中央土坑	SH4132a	0.16	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0368	同定不可
43	分析部位 121					4A [K]	SH4132a 中央土坑	SH4132a	0.40	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0371	同定不可
44	分析部位 122					4A [K]	SH4132a 中央土坑	SH4132a	0.08	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		
45	分析部位 123	SH4063a	11	弥生終末期	5					<i>Quercus</i> sect. <i>Pyram.</i>	1	K0674	
46	分析部位 124					4A [K]	SH4063a 中央土坑	SH4063a	0.59	<i>Quercus</i> sect. <i>Pyram.</i>	1	K0673	
47	分析部位 125					4A [K]	SH4063a ①	SH4063a	0.58	<i>Cyclobalanopsis</i>	1	H1158	
48	分析部位 126					4A [K]	SH4063a 中央土坑	SH4063a	0.14	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0365	同定不可
49	分析部位 127					4A [K]	SH4063a 中央土坑	SH4063a	0.08	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		同定不可
50	分析部位 128					4A [K]	SH4063a 中央土坑	SH4063a	0.03	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0369	同定不可
51	分析部位 129					4A [K]	SH4100a ②	SH4100a	0.21	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0370	同定不可
52	分析部位 130					4A [K]	SH4100a SH4100b	SH4100a	1.86	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	H1137	
53	分析部位 131	SH4100a	14	弥生後期前半	5	4A [K]	SH4125a SH4100a	SH4100a	0.05	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		同定不可
54	分析部位 132					4A [K]	SH4125a 中央土坑 ①	SH4100a	0.68	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1		同定不可
55	分析部位 133					4A [K]	SH4125a 中央土坑 ①	SH4100a	0.20	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0369	同定不可
						4A [K]	SH4125a 中央土坑 ①	SH4100a	0.09	<i>Quercus</i> sect. <i>Argyloph</i>	1	K0366	同定不可

土壤 分区 编号	分析单位	土壤剖面号	土壤名	单位 袋数	开剖日期	退耕时间 必要管数	调录区	退耕名 1	退耕名 2	重量 (g)	结果 (学名 / 种名)	细数	台帐番号	備考	
	分析单位 134				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	0.12						K0751	同定不可
	分析单位 135				4A IX	SH4100a 中灰土层(2)	SH4100a	0.11						K0675	同定不可
	分析单位 136				4A IX	SK280a (SH4161a) 中灰土层(1)	SH4161a	0.23						K0676	同定不可
	分析单位 137				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	0.08						K0639	同定不可
31	分析单位 138				4A IX	SH4100a 中灰土层(2)	SH4100a	0.68						K0847	同定不可
	分析单位 139				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	0.51	Quercus sect. <i>Argyloph</i>	コナラ属クサギ地	1			K0670	
	分析单位 140				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	0.10	Quercus sect. <i>Argyloph</i>	コナラ属クサギ地	1			K0671	
	分析单位 141				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	0.28	Quercus sect. <i>Argyloph</i>	コナラ属クサギ地	1			K0672	
	分析单位 142-1				4A IX	SH4100a 中灰土层(1)	SH4100a	2.62	<i>Pinus subgen.</i> <i>Diploxylon</i>	マツ属地被管束	1			K0746	
	分析单位 142-2								<i>Quercus subgen.</i> <i>Cyclobalanoides</i>	コナラ属アカガシ モミジ	1				
	分析单位 143				4A IX	SH4100a (2)	SH4160a	0.13	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ属	1			K1176	
32	分析单位 144				4A IX	SH4100a (3)	SH4160a	0.19	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ属	1			H1186	同定不可
	分析单位 145				4A IX	4 子 根茎匍匐带	SH4160a	0.02						H4165	同定不可
	分析单位 146				5 IX	SH4100a (5) Pn2-P104	SH4160a	0.03							
	分析单位 147								SK4161a (2)	0.01				K0633	同定不可
	分析单位 148								SH4161a (4)	0.19				K1186	同定不可
	分析单位 149								SH4161a (3)	0.07				H1181	同定不可
	分析单位 150								SK429a (4-2)						
	分析单位 151								SH4161a 中灰土层(1)	0.11				K0944	同定不可
	分析单位 152								SH4161a (3-2)	0.03				K0630	同定不可
33	分析单位 153								SH4262b					K0355	同定不可
	分析单位 154								SH4261a (1)	0.15				K0254	同定不可
	分析单位 155								SH4161a 中灰土层(1)	0.03				K0940	同定不可
	分析单位 156								SH4161a 中灰土层(2)	0.24				K0794	同定不可
	分析单位 157								SK280a (2)	0.16				H0844	同定不可
	分析单位 158								SH4161a 中灰土层(1)	0.01				K0827	同定不可
	分析单位 159								SH4161a 中灰土层(1)	0.11				K0680	同定不可
									SK280a (2)	0.74					

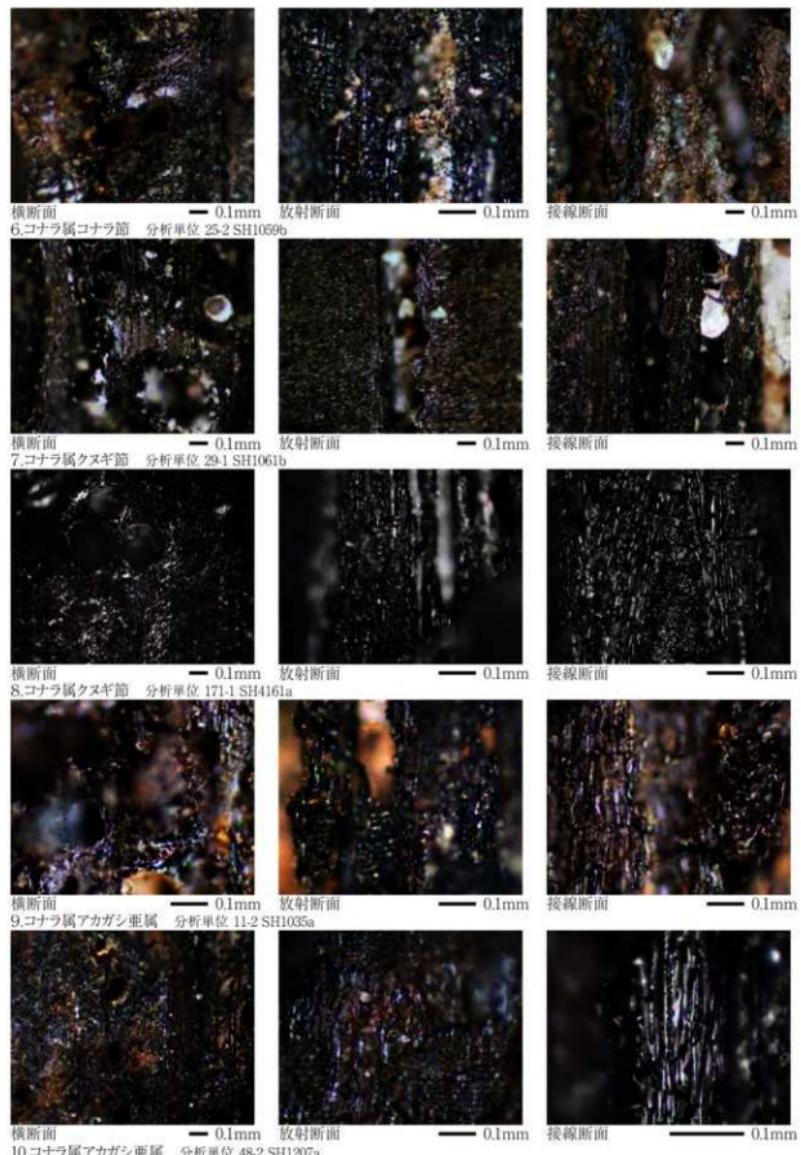
土壤区分 番号	分析部位番号	土壤名	単位 袋数	所取時期	炭化材 種類同定 必要箇数	調査区 番号	調査名 1	調査名 2	重量 (g)	結果 (学名 / 和名)	個数	台帳番号	備考		
	160				4A IK	SH4161a 土壤(2)	SH4161a	0.76							
	161				4A IK	SH4161a 土壤(2)	SH4161a	0.14							
	162				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	0.19							
	163				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	0.01							
	164				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	0.03							
	165				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	0.57							
33	166				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	1.69	Cleavers spicata	ナガキ	1	H1865	同定不可		
	167-1				4A IK	SH4161a 土壤(1)	SH4161a	1.30	Cleavers spicata	ナガキ	1				
	167-2				4A IK	SH4161a ②	SH4161a		Cleavers spicata	ナガキ	1				
	167-3								Cleavers spicata	ナガキ	1				
	168-1				4A IK	SH4161a ④	SH4161a	502	Cleavers spicata	ナガキ	1	H1865			
	168-2								Cleavers spicata	ナガキ	1				
	169				4A IK	SH4161a ②	SH4161a	1.03							
	170				4A IK	SH4161a ④	SH4161a	0.21	Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1	H1830	同定不可		
	171				4A IK	SH4161a ④	SH4161a	0.96	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ	1	H1834	同定不可		
	172				4A IK	SH4161a ④	SH4161a	2.44	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ	1	H2983			
	173	SH4124a A2	1	發生後期後半	1	4A IK	SH4124a ②	SH4124a	0.09						
	174	SH4124a A3	1	發生後期後半	2	4A IK	SH4124a ②	SH4124a	0.14	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ	1	H3775	同定不可	
	175					4A IK	SH4124a ②	SH4124a	0.05						
	176-1	SH4124a B3	2	發生後期後半	2	4A IK	SH4124a ②	SH4124a	0.05	Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1			
	176-2								Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1				
	176-3								Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1				
	177-1								Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1				
	177-2	SH4124a B4	3	發生後期後半	3	4A IK	SH4124a ②	SH4124a	0.05	Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1			
	178								SH4124a ②	SH4124a	0.09	Quercus sect. <i>Pruniflora</i>	コナラ属コナラ	1	
	179								SH4124a ②	SH4124a	0.04	Quercus sect. <i>Angios</i>	コナラ属クスギ	1	
	180	SH4124a B5	1	發生後期後半	1	4A IK	SH4124a ②	SH4124a							

通鑑 区分 番号	分析部位番号	油株名	单位 袋数	所取時期	炭化材 類別同定 必要箇数	調査区 名	油株名 1	油株名 2	重量 (g)	結果(学名/俗名)	個数	台標番号	備考
38	分析部位 181	SH412ka C2	3	弥生後期後半	3	4A IK G-C2 CL,C2 少量合土	SH412ka	0.10	<i>Quercus</i> sect. <i>Prinoides</i>	コナラ属コナラ	1		
	分析部位 182					SH412ka (2) 燒土層 G-C2	SH412ka	0.11	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 183					SH412ka (2) 燒土層 G-C2	SH412ka	0.15	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
40	分析部位 184	SH412ka C3	3	弥生後期後半	3	4A IK 燒土層 G-C3	SH412ka	1.05	<i>Catunuma remota</i>	クリ	1	H3120	
	分析部位 185					SH412ka (2) 燒土層 G-C3	SH412ka	0.10	<i>Zelkova serrata</i> Matsum.	ケヤキ	1		同定不可
	分析部位 186					SH412ka (2) 燒土層 G-C3	SH412ka	0.11					同定不可
41	分析部位 187	SH412ka C4	4	弥生後期後半	3	4A IK 燒土層 G-C4	SH412ka	0.13	<i>Castanea crenata</i>	クルマガシ	1		
	分析部位 188-1					SH412ka (2) 燒土層 G-C4	SH412ka	0.22	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 188-2					SH412ka (2) 燒土層 G-C4	SH412ka	0.22	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 188-3					SH412ka (2) 燒土層 G-C4	SH412ka	0.03	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1	H2354	同定不可
	分析部位 189					SH412ka (2) 燒土層 G-C4	SH412ka	0.02	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1	H2182	同定不可
42	分析部位 191-1	SH412ka C5	2	弥生後期後半	3	4A IK 燒土層 G-C5	SH412ka	0.31	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1	H3769	
	分析部位 191-2					SH412ka (2) 燒土層 G-C5	SH412ka	0.13	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 192					SH412ka (2) 燒土層 G-C5	SH412ka	0.26					同定不可
	分析部位 193					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.06					同定不可
	分析部位 194					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07					同定不可
43	分析部位 195	SH412ka D2	4	弥生後期後半	3	4A IK 燒土層 G-D2	SH412ka	21.52	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1	H1863	
	分析部位 196-1					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Prinoides</i>	コナラ属コナラ	1		
	分析部位 196-2					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.06	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 196-3					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 196-4					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 196-5					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 196-6					SH412ka (2) 燒土層 G-D2	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
44	分析部位 197	SH412ka D3	1	弥生後期後半	1	4A IK 燒土層 G-D3	SH412ka	0.07	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 198					SH412ka (2) 燒土層 G-E2	SH412ka	0.25	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		同定不可
45	分析部位 199	SH412ka E2	3	弥生後期後半	3	4A IK 燒土層 G-E2	SH412ka	0.31	<i>Quercus</i> sect. <i>Angulosa</i>	コナラ属クヌギ	1		
	分析部位 200-1					SH412ka (2) 燒土層 G-E2	SH412ka	22.87	<i>Quercus</i> sect. <i>Prinoides</i>	コナラ属コナラ	1	H1862	

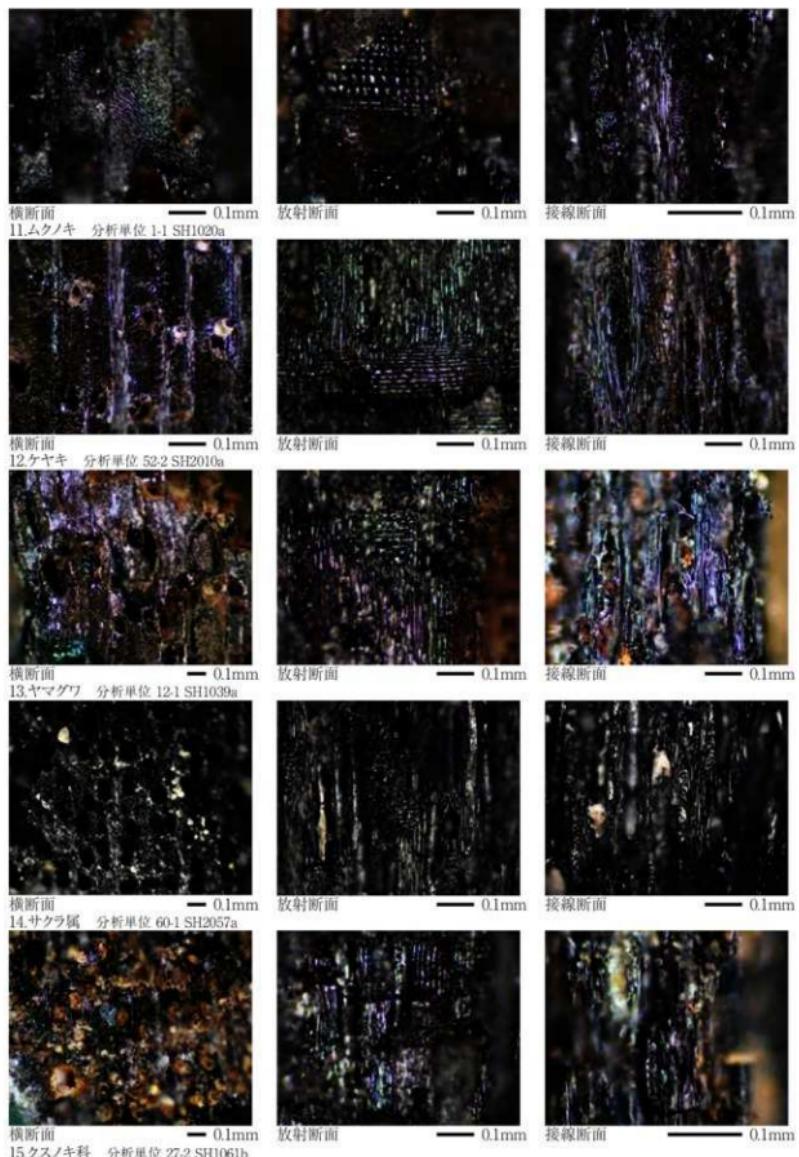
合計： 215 單位： 186 箱



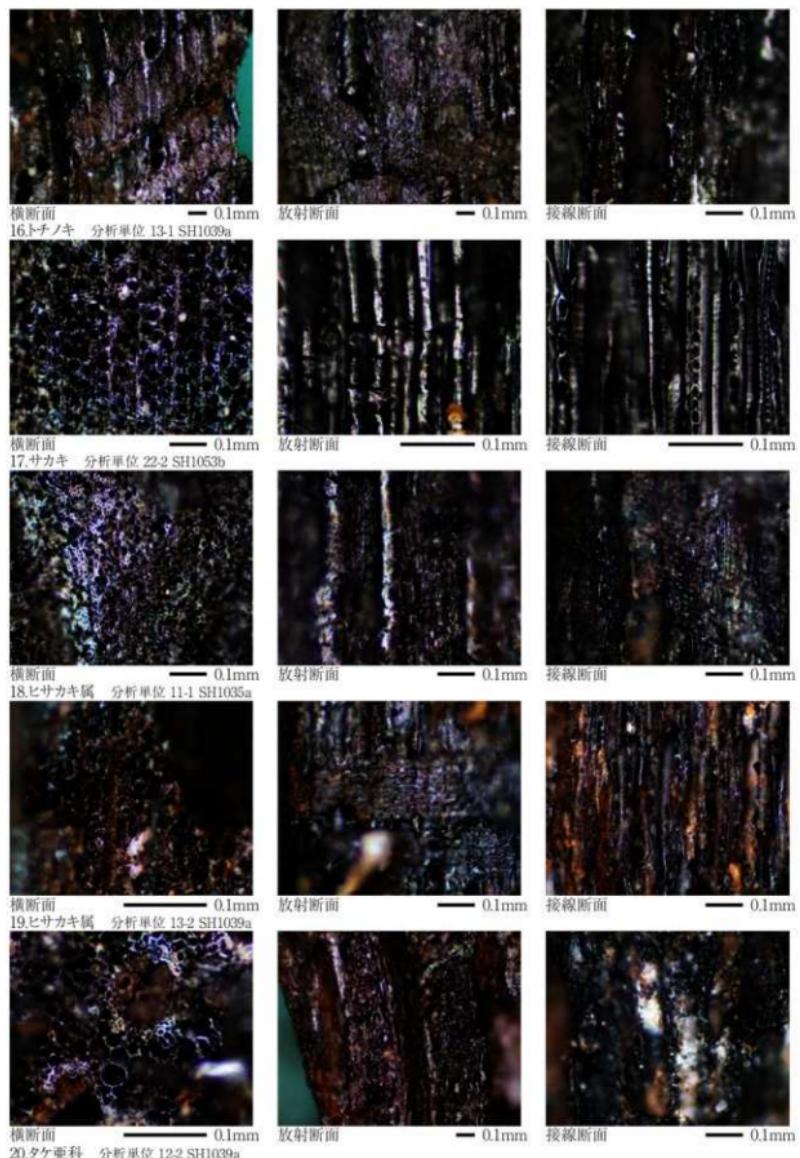
第407図 旧練兵場遺跡の木材 I



第 408 図 旧練兵場遺跡の木材 II



第409図 旧練兵場遺跡の木材III



第 410 図 旧練兵場遺跡の木材IV

## IV. 種実同定

### 1. はじめに

植物の種子や果実は比較的強靭なものが多く、堆積物中に残存する。堆積物から種実を検出し、その群集の構成や組成を調べ、過去の植生や群落の構成要素を明らかにし古環境の推定を行うことが可能である。また出土した単体試料等を同定し、栽培植物や固有の植生環境を調べることができる。

### 2. 試料と方法

試料は、住居跡・土坑より出土した小袋215単位の中より水洗選別済みの試料である。また、遺構区分番号No.18とNo.51試料（堆積物）については堆積物が含まれる。

遺構区分番号No.18とNo.51試料（堆積物）に以下の物理処理を施して、抽出および同定を行う。

- 1) 試料200から50cm<sup>3</sup>（全量）に水を加え放置し、泥化
- 2) 搅拌した後、沈んだ砂礫を除去しつつ、0.25mmの篩で水洗選別
- 3) 残渣を双眼実体顕微鏡下で観察し、種実の同定計数

試料を肉眼及び双眼実体顕微鏡で観察し、形態的特徴および現生標本との対比によって同定を行う。結果は同定レベルによって科、属、種の階級で示す。

### 3. 結果

#### （1）分類群

樹木3、草本1の計4分類群が同定される。学名、和名および粒数を第15表に示し、遺構ごとを第16表に示す。主要な分類群を写真に示す。以下に同定根拠となる形態的特徴を記載する。

〔樹木〕

モモ *Prunus persica* Batsch 炭化核（破片）バラ科

黄褐色～黒褐色で楕円形を呈し、側面に縫合線が発達する。表面にはモモ特有の隆起がある。

サンショウウ属 *Zanthozylum* 炭化種子（破片）ミカン科

黒色で楕円形を呈し、側面にへそがある。表面には網目模様がある。この分類群はへそが欠落し破片のため、属レベルの同定までである。

トチノキ *Aesculus turbinata* Blume 炭化種皮（破片）トチノキ科

楕円形を呈し、黒色と茶褐色の部分とに分かれ、黒色の部分に光沢がある。

〔草本〕

イネ *Oryza sativa* L. 炭化果実（完形・破片）イネ科

炭化しているため黒色である。長楕円形を呈し、胚の部分がくぼむ。表面には数本の筋が走る。

#### （2）種実群集の特徴

##### 1) SH1020a

樹木種実のモモ破片1が同定された。その他には炭化材細片、土塊、礫が観察された。

##### 2) SH1035a

樹木種実のモモ破片5が同定された。

3) SH1039a

種実は同定されなかったが、炭化材細片が観察された。

4) SH1051b

種実は同定されなかったが、炭化材細片が観察された。

5) SH1052b

樹木種実のモモ破片 7、草本種実のイネ？ 1 が同定された。

6) SH1052c

樹木種実のモモ破片 4 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

7) SH1053b

樹木種実のモモ破片 4、草本種実のイネ 1 が同定された。その他には炭化材細片、土塊、礫が観察された。

8) SH1059b

樹木種実のモモ破片 2 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

9) SH1061b

樹木種実のモモ破片 6 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

10) SH1079b

樹木種実のモモ破片 1、草本種実のイネ 1 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

11) SH1160b

樹木種実のモモ破片 3 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

12) SH1168a

草本種実のイネ 1 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

13) SH1169a

樹木種実のモモ破片 2 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

14) SH1207a

種実は同定されなかったが、炭化材細片が観察された。

15) SH2010a

樹木種実のモモ破片 6 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

16) SH2057a

種実は同定されなかったが、炭化材細片が観察された。

17) SH2075a

樹木種実のモモ破片 2 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

18) SH2076b

樹木種実のモモ破片 15 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

19) SH2078b

樹木種実のモモ破片 1 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。

20) SH2224a

樹木種実のモモ破片 6 が同定された。その他には炭化材細片、礫が観察された。

- 21) SH2303a  
　　樹木種実のモモ破片 38 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 22) SH3025b  
　　樹木種実のモモ破片 4 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 23) SH3102b  
　　樹木種実のモモ破片 17 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 24) SH3186a  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片が観察された。
- 25) SH3200b  
　　樹木種実のモモ破片 4 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 26) SH3245b  
　　樹木種実のモモ破片 23 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 27) SH3761a  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片が観察された。
- 28) SH4001a  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片が観察された。
- 29) SH4016a  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片が観察された。
- 30) SH4063a  
　　樹木種実のモモ破片 11、サンショウ属破片 1 が同定された。その他には炭化材細片、炭化物片、土器片が観察された。
- 31) SH4100a  
　　樹木種実のモモ破片 9 が同定された。その他には炭化材細片、虫瘤が観察された。
- 32) SH4160a  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片が観察された。
- 33) SH4161a  
　　樹木種実のモモ破片 13、トチノキ破片 2、草本種実のイネ 2、破片 4 が同定された。その他には不明破片 1、炭化材細片、土塊が観察された。
- 34) SH4124a (A2・A3・B3・B4・B5・C2・C3・C4・C5・D2・D3・E2・E3・F2・F3)  
　　樹木種実のモモ破片 26 が同定された。その他には炭化材細片、土塊が観察された。
- 35) SK1177a  
　　樹木種実のモモ破片 1 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 36) SK2175b  
　　樹木種実のモモ破片 4 が同定された。その他には炭化材細片が観察された。
- 37) SK3077b  
　　種実は同定されなかつたが、炭化材細片、礫が観察された。

#### 4. 所見

種実同定の結果、住居跡からは樹木種実のモモ、サンショウ属、トチノキ、草本種実のイネが同定され、土坑からは樹木種実のモモのみ同定された。全体的に同定された分類群は少ないが、炭化しても残りやすいもののみが残存したものと考えられる。またイネ果実は炭化しなければ残存しない。同定されたモモは外来植物で、明らかな栽培植物であり、栽培され食べられたとみなされる。サンショウ属は山地、丘陵などの林内に自生する落葉低木で有用植物であるが、集落域周辺に生育しやすい樹木で、遺跡周辺での分布が考えられ、サンショウなどの果実ないし種子が利用されたと考えられる。トチノキは谷沿いの湿潤地に生育する落葉高木で、種子は食用になり野生のものを採集して利用したとみなされる。イネは主要な栽培植物である。

#### V.まとめ

本遺跡で同定された樹木はコナラ属クヌギ節、コナラ属コナラ節、サカキ、コナラ属アカガシ亞属、マツ属複維管束亞属、ケヤキ、ヒサカキ属、シイ属、コナラ属、ムクノキ、クスノキ科、サクラ属、クリ、ヤマグワ、トチノキ、ヒノキ科、ブナ科、散孔材、タケ亞科であった。当時遺跡周辺および近隣地域に分布し用いられたと推定される。コナラ属クヌギ節およびコナラ属コナラ節は前述したように遺跡周辺に二次林として分布していたと推定されるが、選択的に燃料材として用いられたと考えられる。また種実は樹木種実のモモ、サンショウ属、トチノキ、草本種実のイネが同定され、いずれも食用になるものばかりで、モモ、イネは栽培植物である。本遺跡から抽出された炭化材、炭化種実はすべて集落域周辺よりもたらされたもので、有用な植物ばかりである。

#### 参考文献

- 伊東隆夫・山田昌久 (2012) 木の考古学、雄山閣、p.449.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 針葉樹材の細胞、木材の構造、文水堂出版、p.20-48.
- 佐伯浩・原田浩 (1985) 広葉樹材の細胞、木材の構造、文水堂出版、p.49-100.
- 島地謙・伊東隆夫 (1982) 図説木材組織、地球社、p.176.
- 島地謙・伊東隆夫 (1988) 日本の遺跡出土木製品総覧、雄山閣、p.296.
- 山田昌久 (1993) 日本列島における木質遺物出土遺跡文献集成、植生史研究特別第1号、植生史研究会、p.242. 笠原安夫 (1985) 日本雑草図説、要賢堂、494p.
- 笠原安夫 (1988) 作物および田畠雜草種類、弥生文化の研究第2巻生業、雄山閣 出版、p.131 - 139.
- 金原正明 (1996) 古代モモの形態と品種、月刊考古学ジャーナル No.409、ニューサイエンス社、p.15 - 19.
- 南木睦彦 (1991) 栽培植物、古墳時代の研究第4巻生産と流通1、雄山閣出版株式会社、p.165 - 174.
- 南木睦彦 (1993) 葉・果実・種子、日本第四紀学会編、第四紀試料分析法、東京大学出版社、p.276 - 283.
- 吉崎昌一 (1992) 古代雜穀の検出、月刊考古学ジャーナル No.355、ニューサイエンス社、p. 2 - 14.

第15表 旧練兵場遺跡における種実同定結果

遺跡区分 番号	分析部位番号	遺標名	所持時間	調査区	遺標名1	遺標名2	重量 (g)	結果(学名/和名)	個数	備考				
										品種	面片	土塊	土壌片	種
1	分析部位 1	LA (K)	SH1026a (6)	SH1026a	SH1026a	SH1026a	2.76			+	+			K0455
	分析部位 2	LA (K)	SH1026a (6) (SH1026a 中央・丸)	SH1026a	SH1026a	SH1026a	1.71			+	+			H1222
	分析部位 3	LA (K)	SH1026a (6) (SH1026a 中央・丸)	SH1026a	SH1026a	SH1026a	3.41			+	+			K0657
	分析部位 4	LA (K)	強生後 期後半	SH1026a	SH1026a	SH1026a	2.88	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1	+	+	K0114
	分析部位 5	LA (K)	SH1026a	SH1026a	SH1026a	SH1026a	1.45			+	+			K0800
2	分析部位 6	LA (K)	SH1026a 中央・丸	SH1026a	SH1026a	SH1026a	0.41			+	+			K0135
	分析部位 7	LA (K)	SH1216a 中央・丸	SH1026a	SH1026a	SH1026a	0.23	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1	+	+	K0121
	分析部位 8	LA (K)	SH1216a	SH1026a (3)	SH1026a	SH1026a	0.02	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	4			K0056
	分析部位 9	LA (K)	SH1065a (1)	SH1065a	SH1065a	SH1065a	0.06	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1			H0343
	分析部位 10	LA (K)	SH1065a (1) (SH1026a 中央・丸)	SH1065a	SH1065a	SH1065a	0.05			+				H0360
3	分析部位 11	LA (K)	強生後 期後半	SH1236a 裸土	SH1026a	SH1026a	1.94			+	+			K0396
	分析部位 12	LA (K)	SH1039a	SH1236a 裸土	SH1026a	SH1026a	2.71			+	+			K0788
	分析部位 13	LA (K)	SH1065b	強生後 期後半	SH1065b	SH1065b	0.24			+	+			K0931
	分析部位 14	IB (K)	SH1065b (4) (SH1065b 4中・丸)	SH1065b	SH1065b	SH1065b	0.31	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1	+	+	K0470
	分析部位 15	IB (K)	SH1065b (4) (SH1065b 4中・丸)	SH1065b	SH1065b	SH1065b	0.65			+	+			K0804
4	分析部位 16	IB (K)	SH1067b 裸土	SH1067b 裸土	SH1067b 裸土	SH1067b 裸土	0.61	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	4			K0012
	分析部位 17	IB (K)	SH1067b 裸土 (SH1067b 4中・丸)	SH1067b 裸土	SH1067b 裸土	SH1067b 裸土	0.10	<i>Oryza sativa</i> L.	4 手?	果実(破片)	1			K0410
	分析部位 18	IB (K)	SH1068c	SH1068c (4) (SH1068c 4中・丸)	SH1068c	SH1068c	0.33	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	3	+		K0400
	分析部位 19	IC (K)	SH1068c (4) (SH1068c 4中・丸)	SH1068c	SH1068c	SH1068c	0.88	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	4	+		K0660
	分析部位 20	IC (K)	SH1068c (4) (SH1068c 4中・丸)	SH1068c	SH1068c	SH1068c	0.06			+				
7	分析部位 21	IB (K)	SH1221b (1) (SH1166 中央・丸)	SH1166	SH1166	SH1166	0.53	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	4	+	+	K0077
	分析部位 22	SH1063b	吉浦前 期前半	SH1221b (1) (SH1166 中央・丸)	SH1166	SH1166	0.79			+	+			K0659
	分析部位 23	IB (K)	SH1221b (1) (SH1166 中央・丸)	SH1166	SH1166	SH1166	2.46	<i>Oryza sativa</i> L.	4 手?	果実	1	+		K0459
8	分析部位 24	IB (K)	SH1141b (1) (SH1056 中央・丸)	SH1056	SH1056	SH1056	0.08	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1	+		K0075
	分析部位 25	IB (K)	SH1141b (1) (SH1056 中央・丸)	SH1056	SH1056	SH1056	0.92	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	1	+		K0488
	分析部位 26	IB (K)	SH1141b (1) (SH1056 中央・丸)	SH1056	SH1056	SH1056	0.23			+				K0407
9	分析部位 27	SH1061b	強生後 期後半	SH1210b (1) (SH1061b 4中・丸)	SH1061b	SH1061b	0.17	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	3	+		K0076
	分析部位 28	SH1061b	強生後 期後半	SH1210b (1) (SH1061b 4中・丸)	SH1061b	SH1061b	3.15	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛	核(破片)	3	+		K0147



通称 或混含 物名	通称 部位番号	通称名	所处时期	调查区	通称名1	通称名2	重量 (g)	结果(学名/俗名)	烟酸			烟化物			编号 台标 号
									烟酸 量	烟化 物量	烟片	土壤 土层片	烟 质		
分析部位 64		2A IK	SH12075a (4)	SH12075a	0.03				+	+				H2272	
分析部位 65		2A IK	SH12075a (5)	SH12075a	0.02				+	+				H3510	
分析部位 66	17	2A IK 幼生枝 嫩枝半 熟枝半	SH12075a SH12075a SH12075a SH12075a SH12075a	SH12075a SH12075a SH12075a SH12075a SH12075a	0.13 0.36 0.29 0.10	<i>Prunus persica</i> Batsch <i>Prunus persica</i> Batsch <i>Prunus persica</i> Batsch <i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛 ≤毛 ≤毛 ≤毛	根(破片) 根(破片) 根(破片) 根(破片)	1 1 1 1					H4065	
分析部位 68		2A IK	SH12075a	SH12075a										K0665	
分析部位 69	18	2B IK 幼生枝末期	SH12076b	SH12076b	0.24	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	15	+				K0581	
分析部位 70		2B IK	SH12076b (4)	SH12076b	162.99				+	+				K0579	
分析部位 72	18	2B IK	SH12076b (5)	SH12076b	461.34				+++					H3288	
分析部位 73	19	2B IK 幼生枝 嫩枝半	SH12076b SH12076b	SH12076b SH12076b	0.92 1.08	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	1	+				K0655	
分析部位 74		2B IK	SH12076b (6)	SH12076b										K0527	
分析部位 75		2B IK	SH12076b (7)	SH12076b										H4075	
分析部位 76		2A IK	SH12224a (4)	SH12224a	0.02	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	1	+				H2267	
分析部位 77		2A IK	SH12224a (5)	SH12224a	0.08				+	+				K0669	
分析部位 79		2A IK	SH12224a (4)~(5)	SH12224a	0.02									K0681	
分析部位 80	20	2A IK 幼生枝 嫩枝半	SH12224a SH12224a	SH12224a SH12224a	0.04 0.03				+	+				K0668	
分析部位 81		2A IK	SH12224a (6)	SH12224a	0.07									K0811	
分析部位 82		2A IK	SH12224a (7)	SH12224a	0.04	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	1	+				K0531	
分析部位 83		2A IK	SH12224a (8)	SH12224a	0.06	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	1	+					
分析部位 84		2A IK	SH12224a (9)	SH12224a	0.05	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	3	+					
分析部位 85		2A IK	SH12224a (10)	SH12224a											
分析部位 86		2A IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.08				+	+					
分析部位 87		2A IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.08										
分析部位 88		2A IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	1.01	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	16	+					
分析部位 89		2A IK 中段上部	SK237a (3) (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.06				+	+					
分析部位 90	21	2A IK 幼生枝末期	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.06	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	1	+					
分析部位 91		2A IK 中段上部	SK237a (1) (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.88	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	3	+					
分析部位 92		2B IK 中段上部	SK237a (1) (SH12230a 中段上部)	SH12230a	1.18				+	+					
分析部位 93		2A IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.29	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	8						
分析部位 94		2A IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.56	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	10						
分析部位 95	22	2B IK 幼生枝末期	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.66	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	4	+				H3961	
分析部位 96		2B IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.25										
分析部位 97		2B IK 中段上部	SH12230a (SH12230a 中段上部)	SH12230a	0.30	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(半形)	1	+					
分析部位 98	23	2B IK 幼生枝 嫩枝半	SH13102b (SH13102b 嫩枝半)	SH13102b	0.90	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)	5	+				H3662	
分析部位 99		2B IK 嫩枝半	SH13102b (SH13102b 嫩枝半)	SH13102b	1.53	<i>Prunus persica</i> Batsch	≤毛	根(破片)							

通称 通江综合 分析单位	通称名	所处时期	调查区	通称名 1	通称名 2	重量 (g)	结果 (学名/俗名)		颗粒数	风化样 细片	风化样 粗片	土壤 土层/面	腐殖 质	土壤 质	
							SH33506	SH31029							
23 分析单位 100		3B/K	SK32506			0.48	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	4	+					
分析单位 101		3B/K	SK32515			0.12	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	5	+					
分析单位 102		3B/K	SK32286 (1)			0.63	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	7	+					
分析单位 103		3B/K	SK32286 (2)			0.24	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	7	+					
24 分析单位 104	SH31186a	终生地 落叶半	3A/K	SK3166a		7.88									K0091
25 分析单位 105	SH3200b	终生终末期	3B/K	SH3200b (1) 中生半		0.82	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	4	+					H2674
分析单位 106		3B/K	SH32506	(SH32506 中生半)		0.33	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	4	+					
分析单位 107		3B/K	SH32006			5.00	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	19	+					K0092
分析单位 108		3B/K	SH32956			0.35	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	1	+					K0093
26 分析单位 109	SH3245b	终生地 落叶半	3B/K	SH32956		1.53	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	3	+					K0093
分析单位 110		3B/K	SH32956			0.43	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	3	+					K0093
分析单位 111		3B/K	SH32506			7.67									K0870
27 分析单位 112	SH3761a	终生地 落叶半	3A/K	SH3761a (1)		0.35	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	4	+					H2690
分析单位 113		3A/K	SH3815a			2.46									K0785
分析单位 114	SH4001a	终生地 落叶半	4A/K	SH4161a (1) 中生半		0.12									
分析单位 115		4A/K	SH4001a			0.01									
分析单位 116		4A/K	SH4001a			0.10									
28 分析单位 117	SH4016a	终生终末期	4A/K	SH4016a (1) 中生半		123.76									H2654
分析单位 118		4A/K	SH4133a			0.45									
分析单位 119		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.18	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	4	+					K0367
分析单位 120		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.16	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	5	+					K0366
分析单位 121		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.40	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	2	+					K0368
分析单位 122		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.67									K0371
30 分析单位 123	SH4063a	终生终末期	4A/K	SH4063a (1)		0.59	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛毛	1	+					K0674
分析单位 124		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.14	<i>Zanthoxylum</i>	毛毛	1	+					K0673
分析单位 125		4A/K	SH4063a (1) 中生半			0.98									H1338
分析单位 126		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.03									K0365
分析单位 127		4A/K	SH4133a (1) 中生半			0.21									K0369
分析单位 128		4A/K	SH4063a (1) 中生半												K0370

分析单位番号	通称名	所属时期	调查区	通称名1	通称名2	重量(g)	结果(学名/俗名)			细胞数	炭化物 碎片	土壤 土层片	孢子	真菌	植物 孢子
							SH4100a	SH4100b	SH4100c						
分析单位129			4A (K)	SH4100a (2) 中灰土+灰(2)	SH4100a	1.86				+				H1317	
分析单位130			4A (K)	SH4100a (3) 中灰土+灰(3)	SH4100a	0.05				+					
分析单位131			4A (K)	SK4125a (SH4100a) 中灰土+灰(1)	SH4100a	0.68				+				K0339	
分析单位132			4A (K)	SK4125a (SH4100a) 中灰土+灰(1)	SH4100a	0.20	<i>Prunus persica</i> Batsch	壳-毛	核(碳片)	3	+			K0306	
分析单位133			4A (K)	SK4125a (SH4100a) 中灰土+灰(1)	SH4100a	0.09				+				K0751	
分析单位134			4A (K)	SK4125a (SH4100a) 中灰土+灰(1)	SH4100a	0.12				+				K0675	
分析单位135	SH4100a		4A (K)	(SH4100a 中灰土+灰(3))	SH4100a	0.11				+				K0676	
31	花生秧		4A (K)	SK4261a (3) (SH4100a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.23				+				K0639	
分析单位137			4A (K)	SH4140a 中灰土+灰(1)	SH4100a	0.08				+				K0847	
分析单位138			4A (K)	SH4140a 中灰土+灰(3)	SH4100a	0.68	<i>Prunus persica</i> Batsch	壳-毛	核(碳片)	5	+			K0670	
分析单位139			4A (K)	SK4125a (SH4100a 中灰土+灰(1))	SH4100a	0.51				+				K0671	
分析单位140			4A (K)	SK4125a (SH4100a 中灰土+灰(1))	SH4100a	0.10				+				K0672	
分析单位141			4A (K)	(SH4100a 中灰土+灰(1))	SH4100a	0.28				+				K0746	
分析单位142			4A (K)	SK4125a (SH4100a 中灰土+灰(1))	SH4100a	2.62	<i>Prunus persica</i> Batsch	壳-毛	核(碳片)	1	+			H1716	
分析单位143			4A (K)	SH4160a (2)	SH4160a	0.13				+				H1886	
分析单位144	SH4160a	终生籽末期	4A (K)	SH4160a (3)*-灰	SH4160a	0.19				+				H4165	
32	分析单位145		4A (K)	SH4160a (PSP) (4)	SH4160a	0.02				+				K0353	
	分析单位146		5 (K)	SH4160a (1) PSP (4)	SH4160a	0.03				+				H3786	
	分析单位147		4A (K)	SK4261a (4)* (1) 中灰土+灰(1)	SH4161a	0.01	<i>Oryza sativa</i> L.	4-壳	果壳(碳片)	1				H1831	
	分析单位148		4A (K)	SH4161a (4)	SH4161a	0.19	<i>Oryza sativa</i> L.	1-壳	果壳(碳片)	1	+			K0944	
	分析单位149		4A (K)	SK4261a (4)* (2) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.27	<i>Prunus persica</i> Batsch	壳-毛	核(碳片)	3	+			K0530	
33	分析单位150	终生籽末期	4A (K)	SK4261a (4)* (2) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.11	<i>Aesculus turbinata</i> Blume	壳-毛+壳	糖皮(碳片)	2				K0355	
	分析单位151		4A (K)	SK4261a (3) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.03				+				K0354	
	分析单位152		4A (K)	SK4262a (3) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.62	<i>Prunus persica</i> Batsch	壳-毛	核(碳片)	6	+				
	分析单位153		4A (K)	SK4261a (3) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.15				+					
	分析单位154		4A (K)	SK4261a (4)* (2) (SH4161a 中灰土+灰(1))	SH4161a	0.03	Unknown	不明	核(碳片)	1					

遺物 遺物名 分析部位番号	遺物名	所屬時期	調査区	通標名1	通標名2	重量(g)	結果(学名/俗名)	個数			炭化率	鉱物学 鉱物	土壤 土壌層	種 種類	台帳 番号
								表面	断面	裏面					
分析部位155	4A区	SK4291a 中央土塊①	SH4161a	0.24							+				K0640
分析部位156	4A区	SK4291a 中央土塊②	SH4161a	0.16							+				K0794
分析部位157	4A区	SK4291a ③中央	SH4161a	0.01	<i>Oryza sativa</i> L.	1粒					2				K0844
分析部位158	4A区	SK4291a ④中央	SH4161a	0.11							+				K0827
分析部位159	4A区	SK4292a 中央土塊①	SH4161a	0.74							+				K0680
分析部位160	4A区	SK4292a 中央土塊②	SH4161a	0.76							+				K0681
分析部位161	4A区	SK4292a ③中央	SH4161a	0.14							+				K0682
33	4A区	SK4293a 中央土塊①	SH4161a	0.19							+				K0762
	4A区	SK4293a ②中央	SH4161a	0.01							+				K0678
	4A区	SK4293a ③中央	SH4161a	0.03	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛桃					4				K0679
	4A区	SK4293a ④中央	SH4161a	0.57							+				K0677
	4A区	SK4293a ⑤中央	SH4161a	1.69	<i>Oryza sativa</i> L.	1粒					2				K0324
	4A区	SK4293a ⑥中央	SH4161a	1.30							+				H1719
	4A区	SK4293a ⑦中央	SH4161a	5.02							+				H1885
	4A区	SH4161a ①	SH4161a	1.03							+				H1834
	4A区	SH4161a ②	SH4161a	0.21							+				H1835
	4A区	SH4161a ③	SH4161a	4.96							+				H2882
	4A区	SH4161a ④	SH4161a	2.44							+				
34	分析部位173	SH4124a 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.69	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛桃				1	+			
	A2	SH4124a 強生後半	SH4124a ③強生後半	SH4124a	0.14	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛桃				3	+			
35	分析部位174	SH4124a A3 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.14	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛桃								H3275
36	分析部位175	SH4124a B3 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.05							+			
	4A区	SH4124a ③強生後半	SH4124a	0.05							+				
37	分析部位177	SH4124a E4 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.17						+				
	4A区	SH4124a ③強生後半	SH4124a	0.05							+				
38	分析部位178	SH4124a G4 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.09						+				
	4A区	SH4124a ③強生後半	SH4124a	0.04							+				
39	分析部位181	SH4124a C2 強生後半	SH4124a ②強生後半	SH4124a	0.10	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛桃				1	+			

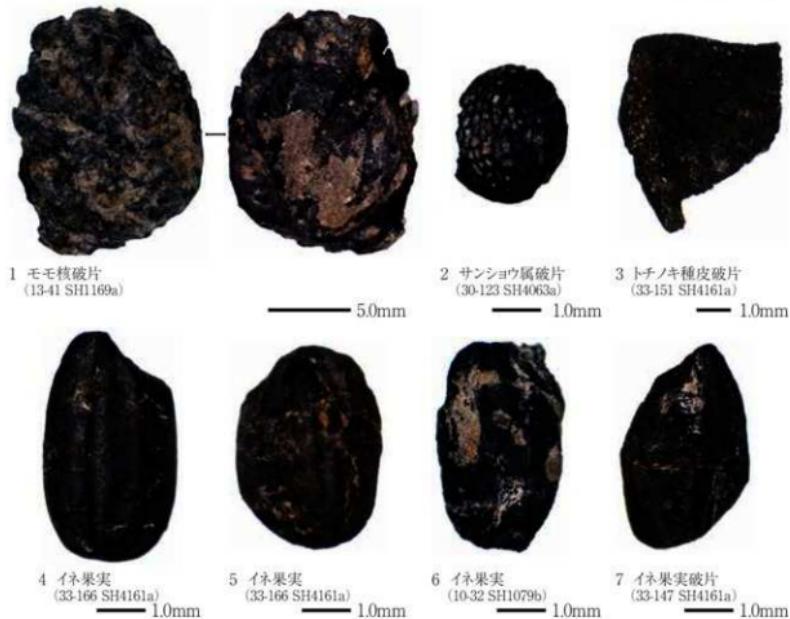
通称 及含 量	分析单位番号	通称名	所处时期	调查区	通称名1	通称名2	重量(g)	结果(学名/俗名)			组数	炭化 植物 碎片	土壤 土层片	腐 质	土壤 剖面 号
								Prunus persica Batsch	壳	(破片)					
39	分析单位182		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc2	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.11	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1	+			
	分析单位183		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc2	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.15					+			
40	分析单位184	SH4124a C3	4A IX	SH4124a ②地土面 Gc3	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	1.05	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	10	+			H3120
	分析单位185	SH4124a C4	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.10					+			
	分析单位186		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc3	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.11	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1				
41	分析单位188	SH4124a C4	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.13	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1				
	分析单位189		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc4	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.22					+			H3514
	分析单位190		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc4	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.03	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1				H2182
	分析单位191	SH4124a C5	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.31					+			H3769
	分析单位192		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc5	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.13					+			
	分析单位193		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc2	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.26					+			H3745
43	分析单位194	SH4124a D2	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.06					+			
	分析单位195		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc2	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.07					+			
	分析单位196		4A IX	SH4124a ②地土面 Gc2	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	2152					+			H1813
44	分析单位197	SH4124a D3	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.07					+			
	分析单位198		4A IX	SH4124a ②地 E2	SH4124a ②地 SH4124a ②地	SH4124a ②地 SH4124a ②地	0.25					+			
45	分析单位199		4A IX	SH4124a ②地 E2	SH4124a ②地 SH4124a ②地	SH4124a ②地 SH4124a ②地	0.31					+			H1862
	分析单位200		4A IX	SH4124a ②地 E3	SH4124a ②地 SH4124a ②地	SH4124a ②地 SH4124a ②地	2287					+			
46	分析单位201	SH4124a E3	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.09					+			
	分析单位202		4A IX	SH4124a ②地 F2	SH4124a ②地 SH4124a ②地	SH4124a ②地 SH4124a ②地	0.25	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	6				
	分析单位203	SH4124a F2	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.31	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1				
48	分析单位204	SH4124a F3	4A IX	生长快 腐烂半	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	SH4124a ②地土面 SH4124a ②地土面	0.18					+			
49	分析单位205	SK1177a	1A IX	生长快 腐烂半	SK1177a SK1177a	SK1177a SK1177a	0.25 0.15	Prunus persica Batsch	壳	壳(破片)	1	+			K0417
	分析单位206		1A IX	SK1177a											K0478

遺物 区分番号	遺物名	所屬時期	調査区	通称名 1	通称名 2	重量 (g)	結果 (学名/和名)	個数	炭化粧 面片	炭化粧 面片	標考	台帳 番号
分析位 207	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.18		+				K0688
分析位 208	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.30		+				
分析位 209	SR2175b	2B IX 強生根 輪削半	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.21		+				
30	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.01		+				
分析位 210	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.14	<i>Prunus berica</i> Batsch <i>毛</i>	3				
分析位 211	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.05	<i>Prunus berica</i> Batsch <i>毛</i>	1				
分析位 212	SR2175b	2B IX	SR2175b	SR2175b	SR2175b	0.38						
分析位 213	SR3077b	2B IX	SR3077b	SR3077b	SR3077b	70.74						
分析位 214	SR3077b	2B IX	SR3077b	SR3077b	SR3077b	174.48		+				
分析位 215	SR3077b	2B IX	SR3077b	SR3077b	SR3077b			+				

第16表 旧練兵場遺跡における種実同定結果集計

遺構 区分番号	遺構名	所屬時期	調査区	結果 (学名/和名)	部位	個数	備考				
							炭化材 細片	炭化物 片	土塊 片	土器 片	羅 虫瘤
1	SH1020a	弥生後期前半	1A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	1	+	+	+	+
2	SH1035a	弥生中期後半	1A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	5				
3	SH1039a	弥生後期後半	1A区					+			
4	SH1051b	弥生終末期	1B区					+			
5	SH1052b	弥生後期後半～終末期	1B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	7				
6	SH1052c	弥生後期後半	1C区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	4	+			
7	SH1053b	古墳前期前半	1B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	4	+	+	+	+
				<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実	1				
8	SH1059b	弥生終末期	1B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	2	+			
9	SH1061b	弥生後期後半	1B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	6	+			
10	SH1079b	弥生後期前半	1B区	<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実	1	+			
				<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	1				
11	SH1160b	弥生後期後半	1B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	3	+			
12	SH1168a	弥生後期前半	1A区	<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実	1	+			
13	SH1169a	弥生後期後半	1A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	2	+			
14	SH1207a	弥生後期後半	1A区					+			
15	SH2010a	弥生後期前半	2A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	6	+			
16	SH2057a	弥生後期後半	2A区					+			
17	SH2075a	弥生後期後半	2A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	2	+			
18	SH2076b	弥生終末期	2B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	15	+++			
19	SH2078b	弥生後期後半	2B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	1	+			
20	SH2224a	弥生後期後半	2A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	6	+			+
21	SH2303b	弥生終末期	2A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	38	+			
22	SH3025b	弥生終末期	3B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	4	+			
23	SH3102b	弥生後期後半	3B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(半影)	17	+			
24	SH3186a	弥生後期後半	3A区					+			
25	SH3200b	弥生終末期	3B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	4	+			
26	SH3245b	弥生後期後半	3B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	23	+			
27	SH3761a	弥生後期前半	3A区					+			
28	SH4001a	弥生後期前半	4A区					+			
29	SH4016a	弥生終末期	4A区					+			
30	SH4063a	弥生終末期	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	11	+	+	+	+
				<i>Zanthoxylum</i>	サンショウ属	種子(破片)	1				
31	SH4100a	弥生後期前半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	毛モ	核(破片)	9	+			+
32	SH4160a	弥生終末期	4A区					+			
33	SH4161a	弥生終末期	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	13	+	+	+	
				<i>Aesculus turbinata</i>	トチノキ	種皮(破片)	2				
				<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実	2				
				<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	果実(破片)	4				
34	SH4124a A2	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	1	+			
35	SH4124a A3	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	3	+			
36	SH4124a B3	弥生後期後半	4A区					+			
37	SH4124a B4	弥生後期後半	4A区					+			
38	SH4124a B5	弥生後期後半	4A区					+			
39	SH4124a C2	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	2	+			
40	SH4124a C3	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	11	+			
41	SH4124a C4	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	2	+			
42	SH4124a C5	弥生後期後半	4A区					+	+		
43	SH4124a D2	弥生後期後半	4A区					+			
44	SH4124a D3	弥生後期後半	4A区					+			
45	SH4124a E2	弥生後期後半	4A区					+			
46	SH4124a E3	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	6	+			
47	SH4124a F2	弥生後期後半	4A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	1				
48	SH4124a F3	弥生後期後半	4A区					+			
49	SK1177a	弥生中期後半	1A区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	1	+			
50	SK2175b	弥生後期前半	2B区	<i>Prunus persica</i> Batsch	モモ	核(破片)	4	+			
51	SK3077b	弥生後期後半	3B区					+			+

※()内は、検出箇所



第 411 図 旧練兵場遺跡の種実

### 第3節 石器分析

#### 第1項 石器分析の概要

##### <分析経緯>

旧練兵場遺跡出土の打製石器石材については、これまで科学分析は実施されていなかった。その理由は弥生時代中期のサヌカイト等は肉眼で観察して明らかに坂出市金山に産するサヌカイトを使用していることがわかり、また弥生後期の遺構で出土したサヌカイト等は中期から連続と継続する集落經營において、当然古い石片が混在することが普通にあり、出土した石片1つに所属時期を付与することが困難であるため、分析対象遺物として必ずしも適当ではないこと、などがその理由であった。

今回の調査区では、サヌカイト以外にハリ質安山岩や黒曜石といった地元石材以外の打製石器石材が見られた。これらは、基盤上の黄色シルト層中に含まれる縄文時代後期に関係する遺物であろうことが予測できた。弥生期の石器石材入手状況は上記のとおりであるとして、縄文期の石器石材の入手状況は近年の石材分析の結果から、そのバリエーションがわかってきてている。そこで今回合計50点を抽出し表面の蛍光X線分析を行うことにより、原産地（石材採取地）を推定した。

##### <分析における留意点>

香川県域出土のサヌカイトや黒曜石といった火成岩系石材の産地分析については、京都大学原子炉研究所の薦科哲夫氏らによって県内の原産地がほぼ確認され、分析データがそろっており（薦科・東村1975ほか）、有限会社遺物材料研究所はそれを基に石片中に含まれる微量元素比の平均値を統計的に処理して原産地群を作成し、遺跡出土の石片の計測値を上記原産地群へ統計的に帰属させる方法で分析を進めている（以下、「遺材研分析」とする）。

近年ではパレオ・ラボの竹原弘展氏が同様に蛍光X線分析で計測した微量元素から複数の変量を組み合わせ、望月明彦氏が黒曜石で確立した分析法（望月1999など）独自の算出方法で産地推定を進めしており（以下「パレオ分析」とする）、今回の分析はパレオ・ラボが実施したものである。

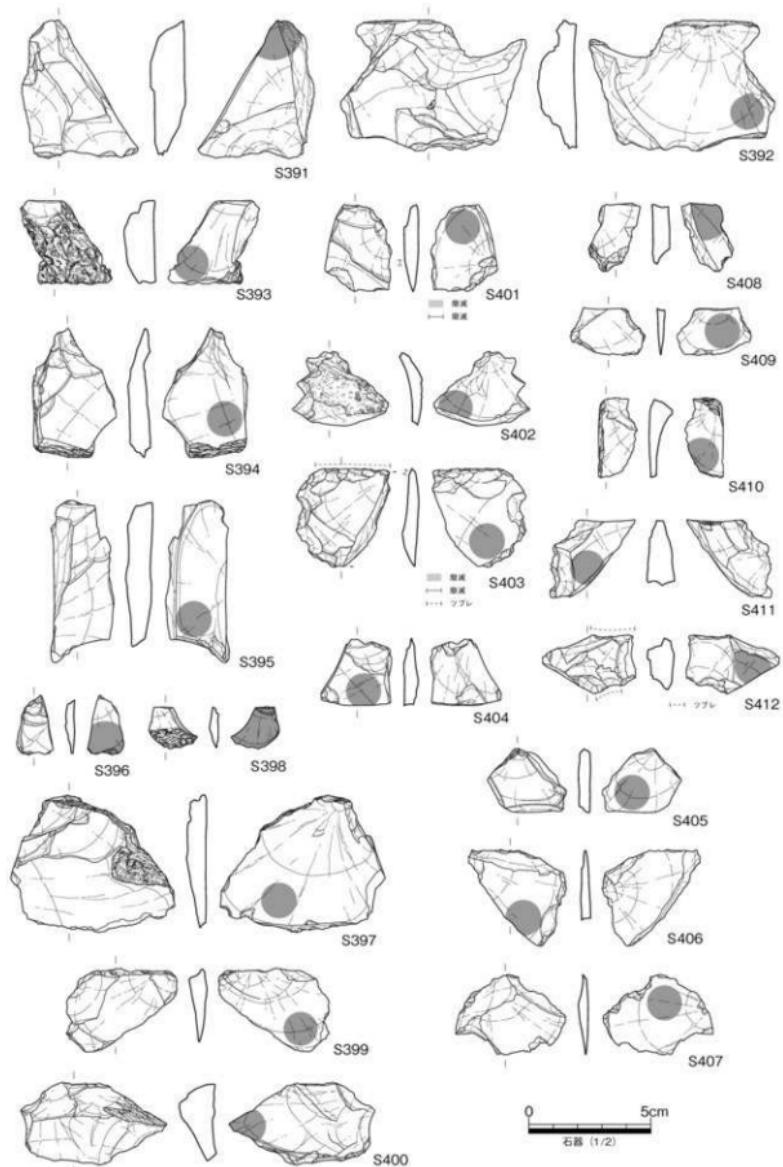
ここでは分析報告の前に遺材研分析における原産地とパレオ分析における原産地との照合を本報告の責で行い、分析結果の参考として提示する。

##### a) サヌカイト

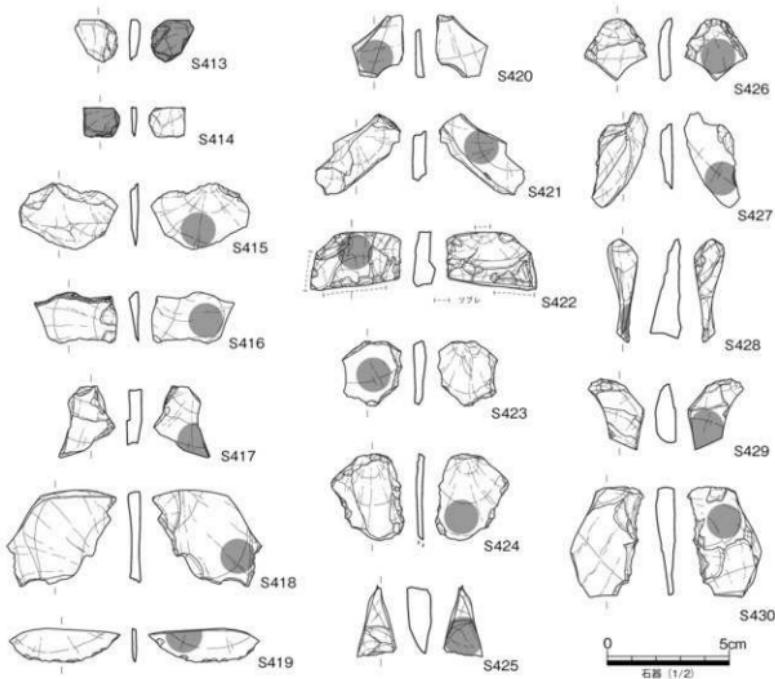
遺材研分析では五色台・金山の原産地において各6原石群に区分する。五色台は国分寺、蓮光寺、白峰、来峯第1群、来峯第2群、法印谷の6原石群に区分する。金山は金山東、金山西、金山南露頭、金山南、金山北、金山東南の6原石群に区分する。

五色台ではまず国分寺群として、蓮光寺山東裾から北に向かう谷奥、さらに国分台南斜面のミカンなどを植えた畑地付近に広がる原石分布を指す。蓮光寺群は蓮光寺山南裾の香川県農業改良普及センター周辺に広がる原石群を指す。白峰は自衛隊演習場が分布する台上に広がる国分台遺跡分布域に広がる原石群を指す。来峯第1、第2群は現時点では不明である。法印谷は五色台の主に東側に広がる赤子谷、青峰、法印谷に広がる原石群を指す。

金山では金山中腹付近に剥片類が大量に散布する。そのうち東中腹の金山神社（瑠璃光寺）付近に分布するものを金山東、金山の西中腹に広がるものを金山西、東南部から金山山頂に向かう道筋に露出するものを金山南露頭、さらにそこに至る中間点付近の元香川大学丹羽教授による発掘調査南地点付近に



第 412 図 石材分析対象遺物実測図 1 (網掛けは分析位置)



第413図 石材分析対象遺物実測図2（網掛けは分析位置）

広がる金山南、同北地点に広がる金山北、金山奥池周辺に広がる金山東南群を指す。

パレオ分析における原石採取地と遺材研分析における採取地の対比としては、自衛隊演習場付近は白峰、高産靈神社谷・国分台ミカン畑が国分寺、蓮光寺が蓮光寺、赤子谷、法印谷が法印谷に対応する。なお、神谷神社前・神谷・出雲神社裏手については不明。

### b) ハリ賀安山岩

五色台・金山原産地では山塊頂部にサスカイトを冠する山塊の裾付近に軟弱な岩盤である凝灰岩層が分布する。凝灰岩自体は軟弱のため石材としては使用しないが、岩体中に風化物に覆われ含まれるガラス質安山岩は、風化物が剥落し円錐状で散在する。本県でハリ賀安山岩と呼んでいるこの石材は、古くは細石刃に多用され、その後も石器石材として使われている。五色台・金山周辺では山塊の全周裾に凝灰岩層があり、東奥層と呼ばれている (Sato H. 1982)。さらに東奥層は西奥部層と赤鼻部層に区分され、その凝灰岩層は金山・城山の基層にも続いており (朽津 1997)、各所にハリ賀安山岩の産出がみられる。

遺材研分析では奥池第1群、奥池第2群、雄山、神谷・南山、大麻山南第1群、大麻山第2群の6群に区分する。ただしこれらは奥池第1群と雄山と神谷・南山が一つの群にまとまり、東奥層を奥池1群

等、奥池第 2 群、善通寺を大麻山第 1 群、大麻山第 2 群の合計 4 群に区分できるという（薦科 2001）。パレオ分析でも同様に東奥層が 2 群に善通寺が 2 群に区分されている。それぞれの群が地理的にどのように分布するか、詳細な検討はまだ十分ではないが、東奥層の細分に応じた形で今後群がまとまることが期待される。

特に今回不明な個体が検出されたが、新たな群が存在するのか、あるいは東奥層の区分に応じて東奥 2 群の領域が広がるのか、今後の類例の増加が待たれる。

なお、次項の分析ではハリ質安山岩を「玻璃質安山岩」と記している。

#### <まとめ>

以上、現在二機関で当該地域の火成岩系石材同定が進んでいる。いずれも蛍光 X 線分析による X 線強度を統計的に処理して産地を推定する方法であり、二機関とも原石群あるいは判別群といった原産地における原石グループの区分の種類等についてはほぼ共通してきた感がある。ただ、群抽出の過程や原石採取場所には当然違いがあることから、現時点では異なる群名が付与されている。将来的には第三者が分析を行っても、提示可能な統一的な名称や分析上の定義が必要であろう。その際には、分析機器が変われば元素ごとに反応も変わり、数値比較が不可能であるというのでは大きな支障となる。今後、標準化するためには岩石標準試料を計測し計測値を提示しておくことで、将来的にも補正が可能となることを期待したい。造材研では標準試料の JG-1 の計測値が提示されている。今回の分析では同 JG-1a の計測値を掲載していただいた。今後、補正值を算出して比較する際には有効であろう。

## 第2項 旧練兵場遺跡出土のサヌカイト製石器等の産地推定

竹原弘展（パレオ・ラボ）

## 1. はじめに

普通寺市仙遊町に所在する旧練兵場遺跡より出土した、弥生時代のサヌカイト製石器および玻璃質安山岩製石器について、エネルギー分散型蛍光X線分析装置による元素分析を行い、産地を推定した。

## 2. 試料と方法

分析対象試料は、旧練兵場遺跡より出土したサヌカイト製石器40点および玻璃質安山岩製石器6点である（第17表）。なお、分析番号41～43、49は黒曜石製石器で、別途産地推定を行った（黒曜石産地推定の項参照）。試料は、いずれも風化層に覆われていたため、香川県埋蔵文化財センターの担当者と測定位置を協議の上、サンドブラストを用いて風化層を一部除去し、新鮮な面を露出させて測定箇所とした。

分析装置は、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製のエネルギー分散型蛍光X線分析計SEA1200VXを使用した。装置の仕様は、X線管ターゲットはロジウム（Rh）、X線検出器はSDD検出器である。測定条件は、測定時間100sec、照射径8mm、電圧50kV、電流1000μA、試料室内霧開気は真空に設定し、一次フィルタにPb測定用を用いた。

分析方法は、黒曜石産地推定法として用いられている蛍光X線分析によるX線強度を用い

第17表 分析対象一覧

分析番号	遺跡番号	注記番号	報告番号	調査区	出土遺構	石材	所属時期
1	NZR5	H0067	S391	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
2	NZR5	H1235	S392	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
3	NZR5	H1235	S393	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
4	NZR5	D0080	S394	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
5	NZR5	H0715	S395	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
6	NZR5	H0715	S396	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
7	NZR5	H0180	S397	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
8	NZR5	H0180	S398	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
9	NZR5	H1225	S399	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
10	NZR5	H0692	S400	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
11	NZR5	H0651	S401	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
12	NZR5	H008	S402	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
13	NZR5	K0069	S403	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
14	NZR5	K0920	S404	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
15	NZR5	H0792	S405	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
16	NZR5	H0665	S406	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
17	NZR5	H0982	S407	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
18	NZR5	H0134	S408	1A区	SH1020a	サヌカイト	弥生後期前半
19	NZR5	H0068	S409	1A区	SH1035a	サヌカイト	弥生中期後半
20	NZR5	H0069	S410	1A区	SH1035a	サヌカイト	弥生中期後半
21	NZR5	H0070	S411	1A区	SH1035a	サヌカイト	弥生中期後半
22	NZR5	H0311	S412	1A区	SH1035a	サヌカイト	弥生中期後半
23	NZR5	H0523	S413	1A区	SH1047a	サヌカイト	弥生中期後半
24	NZR5	P0754	S414	1A区	SH1047a	サヌカイト	弥生中期後半
25	NZR5	H3610	S415	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
26	NZR5	H3611	S416	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
27	NZR5	H3955	S417	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
28	NZR5	K0723	S418	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
29	NZR5	K0725	S419	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
30	NZR5	P2499	S420	3A区	SH3439a	サヌカイト	弥生中期後半
31	NZR5	H2313	S421	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
32	NZR5	H2315	S422	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
33	NZR5	H2414	S423	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
34	NZR5	H2434	S424	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
35	NZR5	H2435	S425	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
36	NZR5	H2456	S426	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
37	NZR5	H2480	S427	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
38	NZR5	H2483	S428	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
39	NZR5	H2487	S429	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
40	NZR5	P1511	S430	4A区	SH4143a	サヌカイト	弥生中期後半
41	NZR5	0035	S376	1A区	包含層	玻璃質安山岩	不明
45	NZR5	0081	S377	1A区	包含層	玻璃質安山岩	不明
46	NZR5	H1066	S304	1A区	SH1169a	玻璃質安山岩	弥生中期後半
47	NZR	P0776	旧跡Ⅱ-2197	B区	SP713	玻璃質安山岩	不明
48	NZR	R0788	旧跡Ⅱ-3704	E区	SB02上層 A	玻璃質安山岩	不明
50	NZR4	0087	旧跡Ⅲ-866-22	1-4区	包含層	玻璃質安山岩	不明

た判別図法（例えば望月 2004）を用い、分析対象をサヌカイトに置き換えて適用した。方法は、まず各試料を蛍光 X 線分析装置で測定し、その測定結果のうち、カリウム (K)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、ルビジウム (Rb)、ストロンチウム (Sr)、イットリウム (Y)、ジルコニウム (Zr) の合計 7 元素の X 線強度 (cps : count per second) について、以下に示す指標値を計算する。



第 414 図 香川県内の原石採取位置

- 1) Rb 分率 =Rb 強度 × 100 / (Rb 強度 +Sr 強度 +Y 強度 +Zr 強度)
- 2) Sr 分率 =Sr 強度 × 100 / (Rb 強度 +Sr 強度 +Y 強度 +Zr 強度)
- 3) Mn 強度 × 100 / Fe 強度
- 4) log (Fe 強度 / K 強度)

そして、これらの指標値を用いた2つの判別図（横軸 Rb 分率 - 縦軸 Mn 強度 × 100 / Fe 強度 の判別図（第415図）と横軸 Sr 分率 - 縦軸 log (Fe 強度 / K 強度) の判別図（第416図））を作成し、各地のサヌカイトの原石データと石器のデータを照合して、産地を推定する方法である。

今回より、上記指標値に加え、以下の2指標値を計算し、この2指標値を用いた判別図（第417図）を新たに作成した。

- 5) Zr 分率 =Zr 強度 × 100 / (Rb 強度 +Sr 強度 +Y 強度 +Zr 強度)
- 6) Ca 強度 / K 強度

サヌカイトの原石試料は、採取原石を割って新鮮な面を表させた上で、分析対象の石器と同様の条件で測定した。第18表に判別群一覧とそれぞれの原石の採取地点および点数を、第414図に各原石の採取地の分布図を示す。また、参考データとして、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センターの岩石標準試料 JG-1a および JA-2 の測定値を第19表に示す。

第19表 岩石標準試料の測定値

試料	K 強度 (cps)	Ca 強度 (cps)	Mn 強度 (cps)	Fe 強度 (cps)	Rb 強度 (cps)	Sr 強度 (cps)	Y 強度 (cps)	Zr 強度 (cps)	Rb 分率	Mn*100 Fe	Sr 分率	log Fe K	Zr 分率	Gd K
JA-2	155.7	651.9	180.6	1020.2	303.3	1079.3	187.5	828.2	12.65	1.77	45.00	1.82	34.53	4.19
JG-1a	281.1	256.0	100.1	3319.7	878.2	1031.2	407.7	996.2	26.51	3.02	31.12	1.07	30.07	0.91

### 3. 分析結果

第20表に石器の測定値および算出された指標値を、第415～419図に、サヌカイト原石の判別図に石器の分析結果をプロットした図を示す。なお、両図では視覚的にわかりやすくするため、各判別群を椭円で取り囲んである。

測定した石器46点のうち、1点が赤子谷群、38点が金山1群、1点が金山2群と城山群の重複域、3点が東奥1群、1点が香色山群、1点が大麻山北麓群の範囲にプロットされた。分析番号50は、合致する判別群がなく、産地不明であった。第20表に産地推定結果を示す。また、第21表に黒曜石製石器を含めた時期別の産地を示す。

第18表 原石採取地と判別群名称

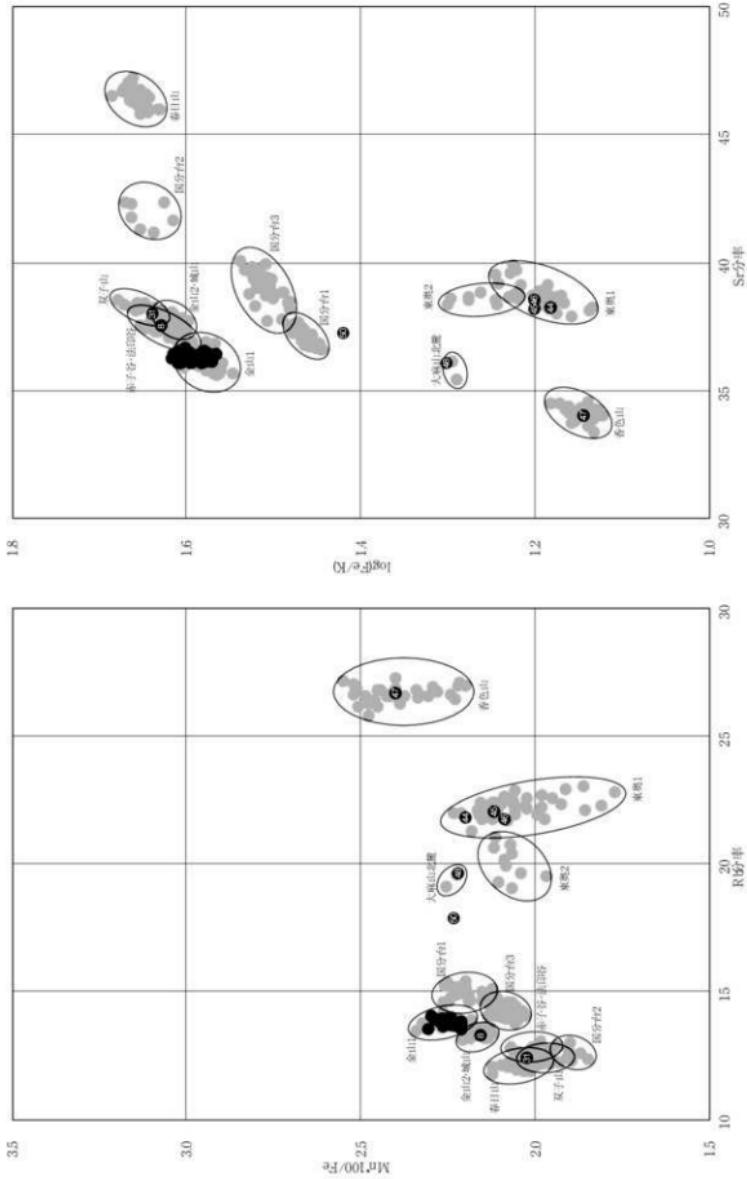
都道府県	エリア	判別群	原石採取地（試料点数）
岐阜	下呂	湯ヶ峰	大林（10）、山の西口（3）、火口そばくすれニ（3）、山の東中（3）、火口そば北寄り尾根へ（3）
石川	能登	喜来	太福寺 A 地点（1）、太福寺 B 地点中央鞍部（4）、太福寺 B 地点南（15）、西太福寺 A 地点（2）、並波（15）
奈良	二上山	春日山	春日山みかん畠内（10）、株山（61）
香川	讃岐	国分台1	自衛隊演習場付近（21）、神谷神社付近（8）、高座雲神社谷（1）、国分台下みかん畠（4）、蓮光寺山南東麓（4）
		国分台2	神谷神社付近（3）、高座雲神社谷（4）
		国分台3	自衛隊演習場付近（1）、神谷神社付近（2）、高座雲神社谷（7）、国分台下みかん畠（1）、蓮光寺山南東麓（25）、出雲神社周辺（5）
		赤子谷	赤子谷第1地点（5）、赤子谷第2地点（5）
		法印谷	法印谷（10）
		金山1	北峰道路脇（10）、金山南麓（31）、金山北東部（27）
		金山2	北峰道路脇（10）、金山南麓（31）、金山北東部（27）
		城山	城山南側（5）、城山北側（5）
		東奥1	猪山（5）、鶴山（5）、神谷神社付近（4）、出雲神社周辺（23）、奥池付近（11）
		東奥2	神谷神社付近（3）、出雲神社周辺（2）、奥池付近（5）
双子山	双子山南（10）		
香色山	佐伯神社付近（30）、宮ヶ尾古墳周辺（1）		
大麻山北麓	宮ヶ尾古墳周辺（2）		
佐賀	多久	鬼ノ鼻山	天ヶ瀬ダムみかん畠（8）
宮崎	高千穂	黒岳	黒岳（1）

第 20 表 測定値および产地推定結果

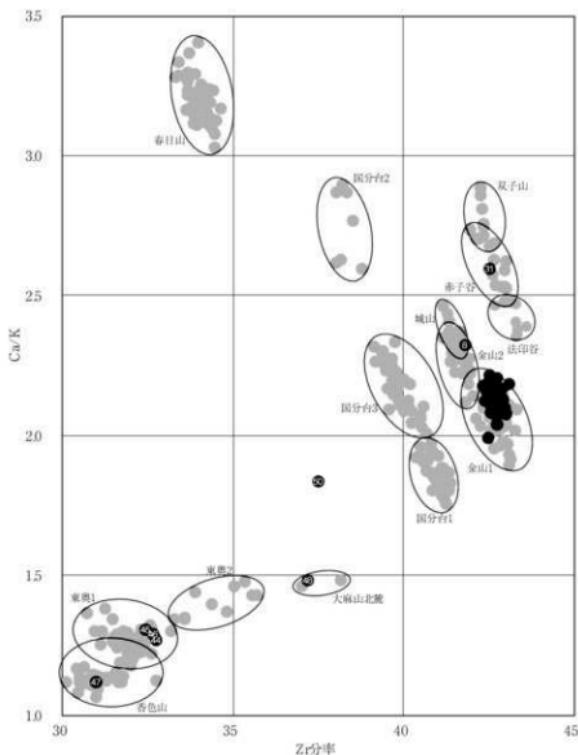
分析番号	K 強度 (cps)	Ca 強度 (cps)	Mn 強度 (cps)	Fe 強度 (cps)	Rb 強度 (cps)	Sr 強度 (cps)	Y 強度 (cps)	Zr 強度 (cps)	Rb 分率	Mn*100 Fe	Sr 分率	log Fe K	Zr 分率	Ga K	判別群	エリア	分析番号
1	2247	4899	195.2	8489.8	505.1	1314.1	256.2	1525.0	14.03	23.0	36.50	1.58	42.36	2.18	金山 1	讃岐	1
2	1638	3535	146.2	6457.2	399.0	1060.6	211.7	1238.1	13.71	22.6	36.46	1.60	42.55	2.16	金山 1	讃岐	2
3	2143	4514	194.0	8601.1	530.8	1394.4	277.1	1656.6	13.76	22.6	36.13	1.60	42.93	2.11	金山 1	讃岐	3
4	2139	4440	182.3	7962.9	514.4	1334.6	263.3	1580.5	13.93	22.9	36.14	1.57	42.80	2.08	金山 1	讃岐	4
5	1584	3327	138.1	5984.3	379.9	1014.6	206.5	1205.1	13.54	23.1	36.16	1.58	42.95	2.10	金山 1	讃岐	5
6	2195	455.9	196.4	8865.4	546.6	1432.9	283.6	1707.7	13.77	22.2	36.09	1.61	43.01	2.08	金山 1	讃岐	6
7	2249	480.2	200.1	8965.4	532.5	1426.9	279.1	1651.6	13.69	22.3	36.68	1.60	42.46	2.14	金山 1	讃岐	7
8	2000	465.1	183.2	8488.1	482.9	1366.7	268.2	1522.2	13.27	21.6	37.55	1.63	41.82	2.33	金山 2 or 城山	讃岐	8
9	2049	428.3	171.4	7678.1	504.6	1343.9	261.3	1575.6	13.69	22.3	36.47	1.57	42.75	2.09	金山 1	讃岐	9
10	2355	500.0	208.9	9311.9	536.5	1403.0	275.8	1628.5	13.96	22.4	36.50	1.60	42.37	2.12	金山 1	讃岐	10
11	2306	480.4	204.6	9037.0	561.8	1463.5	293.7	1719.0	13.91	22.6	36.24	1.59	42.57	2.08	金山 1	讃岐	11
12	1376	300.4	123.4	558.4	351.5	956.5	188.5	1118.2	13.55	22.1	36.07	1.61	43.11	2.18	金山 1	讃岐	12
13	1988	431.7	182.3	8082.3	485.4	1281.1	254.7	1499.1	13.79	22.6	36.39	1.61	42.59	2.17	金山 1	讃岐	13
14	2286	497.6	207.1	9203.9	547.6	1449.4	285.7	1694.1	13.77	22.5	36.45	1.60	42.60	2.18	金山 1	讃岐	14
15	2179	476.2	197.3	8827.7	529.2	1418.5	276.5	1657.9	13.63	22.2	36.54	1.61	42.71	2.19	金山 1	讃岐	15
16	2254	499.8	189.1	8554.4	557.9	1482.4	291.3	1724.8	13.75	22.1	36.55	1.58	42.52	2.22	金山 1	讃岐	16
17	2123	447.0	190.6	8543.6	525.0	1385.3	273.3	1636.5	13.74	22.3	36.26	1.60	42.84	2.11	金山 1	讃岐	17
18	2188	461.3	195.1	8733.9	536.2	1415.8	285.0	1669.2	13.75	22.3	36.31	1.60	42.74	2.11	金山 1	讃岐	18
19	2132	454.0	193.2	8626.3	538.5	1413.6	277.2	1655.2	13.86	22.4	36.39	1.61	42.61	2.13	金山 1	讃岐	19
20	1764	383.2	162.1	7143.9	439.7	1156.5	226.0	1357.7	13.80	22.7	36.30	1.61	42.62	2.17	金山 1	讃岐	20
21	2881	458.5	208.0	9115.4	562.9	1469.7	294.5	1730.3	13.90	22.8	36.08	1.58	42.74	2.04	金山 1	讃岐	21
22	2050	425.6	182.3	8055.0	512.8	1353.3	272.7	1612.9	13.67	22.6	36.07	1.59	42.99	2.08	金山 1	讃岐	22
23	2161	473.5	196.8	8753.1	523.8	1398.8	275.8	1626.6	13.69	22.4	36.57	1.61	42.53	2.19	金山 1	讃岐	23
24	2162	448.9	196.8	8771.3	543.3	1419.5	283.2	1671.8	13.87	22.4	36.23	1.61	42.67	2.08	金山 1	讃岐	24
25	2109	464.8	183.7	8191.7	517.4	1354.4	265.7	1585.0	13.90	22.4	36.38	1.59	42.58	2.20	金山 1	讃岐	25
26	1849	403.1	179.3	7619.0	465.8	1240.8	264.4	1490.3	13.69	22.4	36.46	1.62	42.62	2.18	金山 1	讃岐	26
27	2307	497.2	207.0	9208.2	554.2	1467.3	297.2	1707.2	13.78	22.5	36.49	1.60	42.45	2.16	金山 1	讃岐	27
28	2039	437.1	187.1	8293.2	495.1	1286.7	258.7	1521.0	13.90	22.6	36.13	1.61	42.71	2.14	金山 1	讃岐	28
29	1826	396.7	168.0	7543.6	470.2	1241.4	247.6	1463.2	13.74	22.3	36.27	1.62	42.76	2.17	金山 1	讃岐	29
30	2091	448.1	192.4	8515.7	512.8	1348.5	272.3	1594.7	13.75	22.6	36.17	1.61	42.77	2.14	金山 1	讃岐	30
31	1983	514.9	174.4	8626.5	445.3	1362.1	253.3	1523.2	12.43	202	38.01	1.64	42.50	2.60	奉子谷	讃岐	31
32	1977	420.3	179.3	7894.6	472.2	1240.9	293.1	1454.4	13.82	22.7	36.31	1.60	42.56	2.13	金山 1	讃岐	32
33	2096	443.8	186.9	8412.7	516.1	1350.9	270.5	1596.7	13.77	22.2	36.41	1.60	42.60	2.12	金山 1	讃岐	33
34	1919	416.2	173.1	7823.1	488.1	1273.3	254.1	1512.2	13.84	22.1	36.10	1.61	42.87	2.17	金山 1	讃岐	34
35	2320	491.1	205.0	9109.8	566.4	1487.5	299.7	1769.8	13.73	22.5	36.07	1.59	42.92	2.13	金山 1	讃岐	35
36	2295	485.3	207.0	9225.2	555.9	1435.8	260.0	1685.3	14.03	22.4	36.23	1.60	42.53	2.11	金山 1	讃岐	36
37	2193	483.8	200.5	8964.6	533.4	1403.2	279.8	1655.2	13.78	22.4	36.24	1.61	42.75	2.21	金山 1	讃岐	37
38	2250	491.5	204.7	9010.5	568.5	1441.3	280.7	1676.6	13.94	22.7	36.54	1.60	42.43	2.18	金山 1	讃岐	38
39	2563	510.2	213.9	9428.5	578.9	1514.8	300.2	1766.5	13.92	22.7	36.41	1.57	42.46	1.99	金山 1	讃岐	39
40	2114	456.2	191.3	8327.4	512.3	1357.7	272.2	1579.4	13.77	22.4	36.48	1.61	42.44	2.16	金山 1	讃岐	40
44	209.3	366.0	69.9	3182.1	658.2	1154.6	212.7	968.2	218.1	22.0	38.25	1.18	32.74	1.27	東夷 1	讃岐	44
45	1627	213.0	54.6	257.4	502.3	871.3	166.7	739.7	22.0	22.1	38.21	1.20	32.44	1.31	東夷 1	讃岐	45
46	2192	283.1	72.7	3480.2	696.6	1227.1	224.9	1038.7	21.73	20.9	38.56	1.20	32.64	1.29	東夷 1	讃岐	46
47	1910	213.8	63.7	3655.0	678.1	864.7	219.1	786.8	26.70	2.0	34.05	1.14	30.98	1.12	香色山	讃岐	47
48	2219	328.9	98.9	4451.1	619.3	1137.9	225.8	1172.9	19.62	2.22	36.06	1.30	37.16	1.48	大麻山 北麓	讃岐	48
50	2190	401.9	128.5	5754.5	585.5	1217.7	240.7	1226.8	17.90	2.23	37.23	1.42	37.51	1.84	?	不明	50

第 21 表 時期別の产地

時期	サヌカイト			玻璃質安山岩				黒曜石			合計		
	赤子谷	金山 1	金山 2 or 城山	小計	東奥 1	香色山	大麻山 北麓	不明	小計	龍崎	姫島	小計	
発生時代 中期後半	1	21		22	1				1	3		3	26
発生時代 後期前半		17	1	18					0		0	0	18
不明				0	2	1	1	1	5		1	1	6
合計	1	38	1	40	3	1	1	1	6	3	1	4	50



第415図 サヌカイト産地推定判別図(1) (諸岐エリア、三上山エリア) 第416図 サヌカイト産地推定判別図(2) (諸岐エリア、二上山エリア)



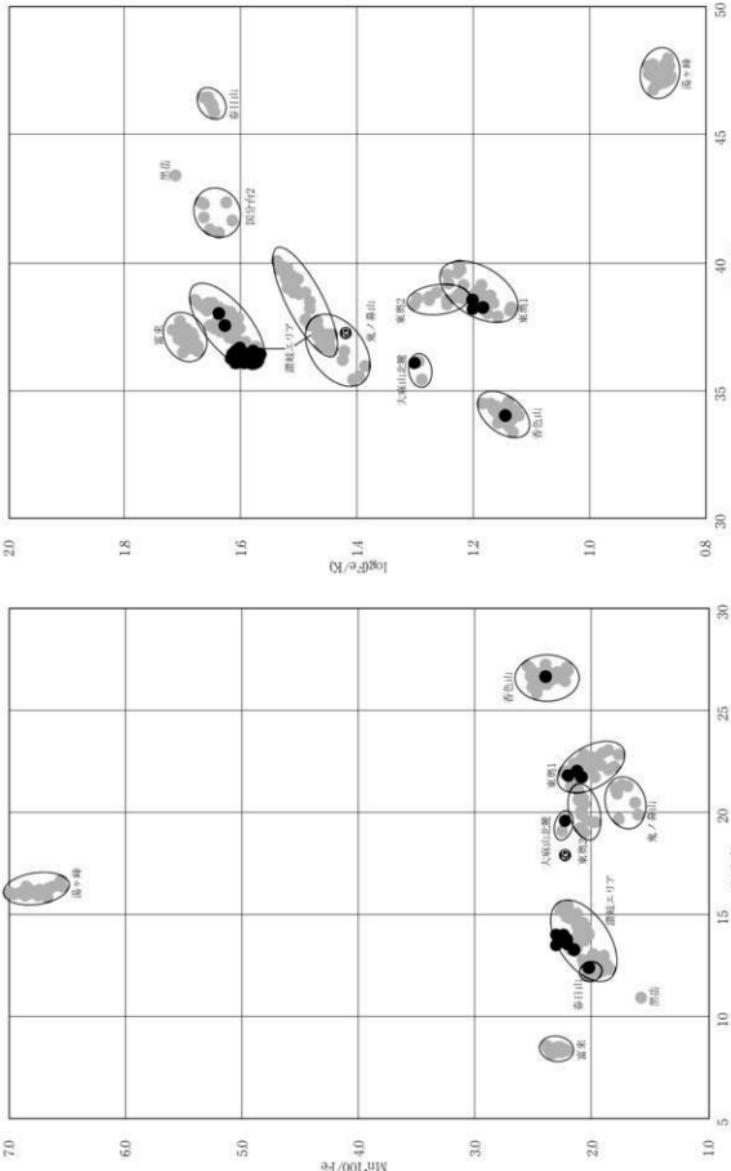
第 417 図 サヌカイト産地推定判別図（3）（讃岐エリア、二上山エリア）

#### 4. おわりに

旧練兵場遺跡より出土した弥生時代のサヌカイト製石器および玻璃質安山岩製石器点について、蛍光 X 線分析を用いた判別図法による産地推定を行った結果、1 点が赤子谷群、38 点が金山 1 群、1 点が金山 2 群または城山群、3 点が東奥 1 群、1 点が香色山群、1 点が大麻山北麓群の可能性が高いと推定された。残り 1 点は産地不明であった。

#### 引用文献

望月明彦 (2004) 用田大河内遺跡出土黒曜石の産地推定。かながわ考古学財団編「用田大河内遺跡」:511-517, かながわ考古学財団.



第418図 サヌカイト産地推定判別図（1）

第419図 サヌカイト産地推定判別図（2）

## 第 3 項 旧練兵場遺跡出土黒曜石製石器の産地推定

竹原弘展 (パレオ・ラボ)

## 1. はじめに

普通寺市仙遊町に所在する旧練兵場遺跡から出土した弥生時代中期後半の黒曜石製石器について、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置による元素分析を行い、産地を推定した。

## 2. 試料と方法

分析対象は、旧練兵場遺跡より出土した黒曜石製石器 4 点である（第 22 表）。試料は、測定前にメラミンフォーム製のスポンジと精製水を用いて、表面の洗浄を行った。

第 22 表 分析対象一覧

分析番号	遺跡略号	注記番号	報告番号	調査区	出土遺構	石材	所属時期
41	NZR5	H1096	S061	1A 区	SH1169a	黒曜石	弥生中期後半
42	NZR5	P0764	S033	1A 区	SH1047a	黒曜石	弥生中期後半
43	NZR5	0211	S063	1A 区	SH1169a	黒曜石	弥生中期後半
49	NZR2	D0275	旧練Ⅲ-674-37	G 区	SD0005	黒曜石	不明

分析装置は、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製のエネルギー分散型蛍光 X 線分析計 SEA1200VX を使用した。装置の仕様は、X 線管ターゲットはロジウム (Rh)、X 線検出器は SDD 検出器である。測定条件は、測定時間 100sec、照射径 8mm、電圧 50kV、電流 1000 μ A、試料室内雰囲気は真空中に設定し、一次フィルタに Pb 測定用を用いた。

黒曜石の産地推定には、蛍光 X 線分析による X 線強度を用いた黒曜石産地推定法である判別図法を用いた（望月、1999 など）。本方法は、まず各試料を蛍光 X 線分析装置で測定し、その測定結果のうち、カリウム (K)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、ルビジウム (Rb)、ストロンチウム (Sr)、イットリウム (Y)、ジルコニウム (Zr) の合計 7 元素の X 線強度 (cps : count per second) について、以下に示す指標値を計算する。

$$1) \text{ Rb 分率} = \text{Rb 強度} * 100 / (\text{Rb 強度} + \text{Sr 強度} + \text{Y 強度} + \text{Zr 強度})$$

$$2) \text{ Sr 分率} = \text{Sr 強度} * 100 / (\text{Rb 強度} + \text{Sr 強度} + \text{Y 強度} + \text{Zr 強度})$$

$$3) \text{ Mn 強度} * 100 / \text{Fe 強度}$$

$$4) \log (\text{Fe 強度} / \text{K 強度})$$

そしてこれらの指標値を用いた 2 つの判別図（横軸 Rb 分率 - 縦軸 Mn 強度 × 100/Fe 強度の判別図（第 420 図）と横軸 Sr 分率 - 縦軸 log (Fe 強度 / K 強度) の判別図（第 421 図）を作成し、各地の原石データと石器のデータを照合して、産地を推定する方法である。この方法は、できる限り蛍光 X 線のエネルギー差が小さい元素同士を組み合わせて指標値を

第 23 表 西日本黒曜石産地の判別群

都道府県	エリア	判別群	原石採取地 (点数)
鳥取	龍岐	久見	久見バーライト中 (6)、久見採掘現場 (5)
		箕浦	箕浦海岸 (3)、加茂 (4)、岸浜 (3)
大分	鹿島	鹿島	鹿島 (20)
佐賀	伊万里	腰岳	二ノ瀬 (8)
長崎	佐世保	淀姫	淀姫神社 (10)
		球磨	白浜林道 (14)
熊本	人吉	桑ノ木	桑ノ木津留 (17)、上青木 (21)
	大口	日東	日東 (10)、五女木 (10)、小川内 (11)
	市来	市来	上牛鼻 (10)、野下 (9)、宇都川 (7)、平木塚 (1)、黒岩田 (9)
鹿児島	鹿児島	三船	三船 (10)
	垂水	小浜	小浜 (5)
	錦江	長谷	長谷 (10)

算出するため、形状、厚み等の影響を比較的受けにくく、原則として非破壊分析が望ましい考古遺物の測定に対して非常に有効な方法であるといえる。ただし、風化試料の場合、 $\log(\text{Fe強度}/\text{K強度})$  の値が減少する（望月、1999）。試料の測定面にはなるべく平滑な面を選んだ。

原石試料も、採取原石を割って新鮮な面を露出させた上で、分析対象の石器と同様の条件で測定した。第23表に各原石の採取地とそれぞれの試料点数を示す。

### 3. 分析結果

第24表に石器の測定値および算出された指標値を、第420図と第421図に、日本列島西部における黒曜石原石の判別図に石器の分析結果をプロットした図を示す。なお、両図は視覚的にわかりやすくするために、各判別群を楕円で取り囲んである。

測定の結果、分析番号41～43が久見群（島根県、隠岐エリア）、分析番号44が姫島群（大分県、姫島エリア）の範囲にプロットされた。第24表に産地推定結果を示す。

第24表 測定値および産地推定結果

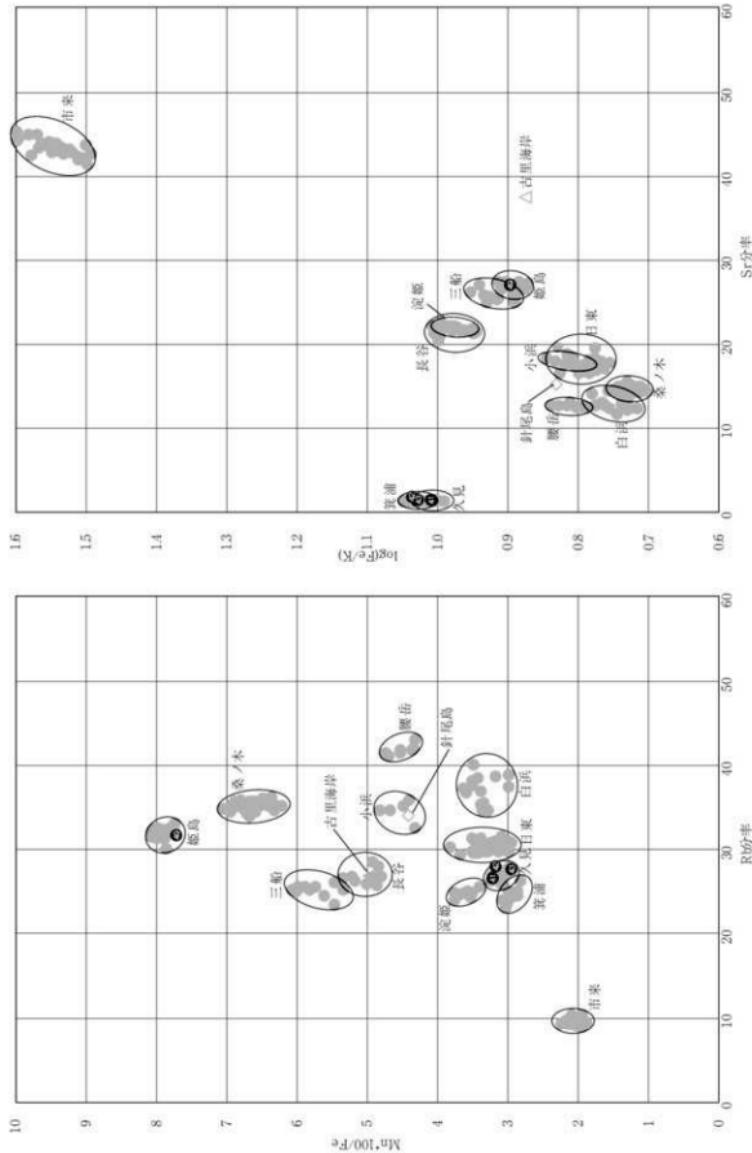
分析番号	K強度 (cps)	Mn強度 (cps)	Fe強度 (cps)	Rb強度 (cps)	Sr強度 (cps)	Y強度 (cps)	Zr強度 (cps)	Rb分率	$\text{Mn}^{+100}/\text{Fe}$	Sr分率	$\log(\text{Fe}/\text{K})$	判別群	エリア
41	2390	78.5	2443.7	841.1	46.5	449.4	1818.7	26.65	3.21	1.47	1.01	久見	隠岐
42	636	21.9	690.9	203.0	12.8	105.4	403.6	28.01	3.17	1.77	1.04	久見	隠岐
43	296.8	92.9	3155.0	967.1	49.8	487.8	1995.8	27.63	2.95	1.42	1.03	久見	隠岐
49	176.3	107.1	1388.5	337.5	287.6	162.0	276.7	31.73	7.71	27.04	0.90	姫島	姫島

### 4. おわりに

旧練兵場遺跡より出土した黒曜石製石器4点について、蛍光X線分析を用いた判別図法による産地推定を行った結果、3点が隠岐、1点が姫島エリア産と推定された。

#### 引用文献

望月明彦（1999）上和田城山遺跡出土の黒曜石産地推定。大和市教育委員会編「埋蔵文化財の保管と活用のための基礎的整理報告書2 一上和田城山遺跡篇一」：172-179。大和市教育委員会。



第420図 黒曜石产地推定判別図 (1)

第421図 黒曜石产地推定判別図 (2)

## 第4項 旧練兵場遺跡出土石杵・砥石の粗さ測定

### 1) はじめに

弥生時代の砥石や石杵の研磨面の平滑性の数値化については、村田裕一氏により日本工業規格に基づく「研磨材における粒度」を援用して表記する方法が提起され(村田 2002)、渡辺堯志氏や森貴教氏によつて研究が深められている(渡辺 2007・森 2020)。今回の報告では砥石・磨石・石杵の研磨面平滑度の説明にこの粒度値を使用した。一方でサンドペーパーを使用した測定は、測定者により平滑性の感じ方の違いによって測定値に誤差が生じやすい。今回、香川県産業技術センターに備えられた機器で研磨面の平滑性を計測し、上記方法の測定値と機器測定値を比較し、測定値の有効性を確認・検証したので、以下に報告する。

### 2) 分析対象遺物とサンドペーパーによる粒度測定

今回、比較測定した遺物は次の3点である。

測定1 石杵(砂岩製 赤色顔料付着) 旧練兵場遺跡I 報文番号7358 後期後半～終末期

※赤色顔料分析番号004 研磨材における粒度 #2000

測定2 砥石(黒色安山岩製) 本書 報文番号S77 2A区 SH2010a 後期前半新段階

研磨材における粒度 #4000～8000

測定3 砥石(白色流紋岩製) 本書 報文番号S34 1A区 SH1047a 中期後半新段階

研磨材における粒度 #4000

### 3) 粗さ測定方法

計測機器は東京精密(株)製 表面粗さ・輪郭形状測定機 SURFCOM CRESTである。研磨面を上にして測定台に固定し、最も平滑な部分に長さ4mmの計測長を設置し、計測針を対象物に接触して計測した。針の接触圧は極めて弱く、対象遺物を損傷しないことをあらかじめ確認した。測定結果は4mm分の粗さ曲線グラフと次の指標(いずれも単位は $\mu\text{m}$ )が算出される。

Ra(算術平均粗さ) 粗さ曲線から抜き取った部分の平均粗さ

Rz(最大高さ) 粗さ曲線から抜き取った部分の山頂部と谷底部との間隔

このうち、Ra値が平均的に測定者の計測による粒度値との比較に適した数値である。

### 4) 測定結果と比較

第422図に示したとおり、測定1はRaが8.1 $\mu\text{m}$ 、Rzが40.3 $\mu\text{m}$ 、測定2はRaが1.6 $\mu\text{m}$ 、Rzが12.8 $\mu\text{m}$ 、測定3はRaが4.4 $\mu\text{m}$ 、Rzが24.4 $\mu\text{m}$ であった。一般的に粒度値と粒径の関係は第25表のとおり示される。測定者の計測値と粗さ測定の粒度は、この表に基づいても一定の相関及び数値の整合性が認められた。

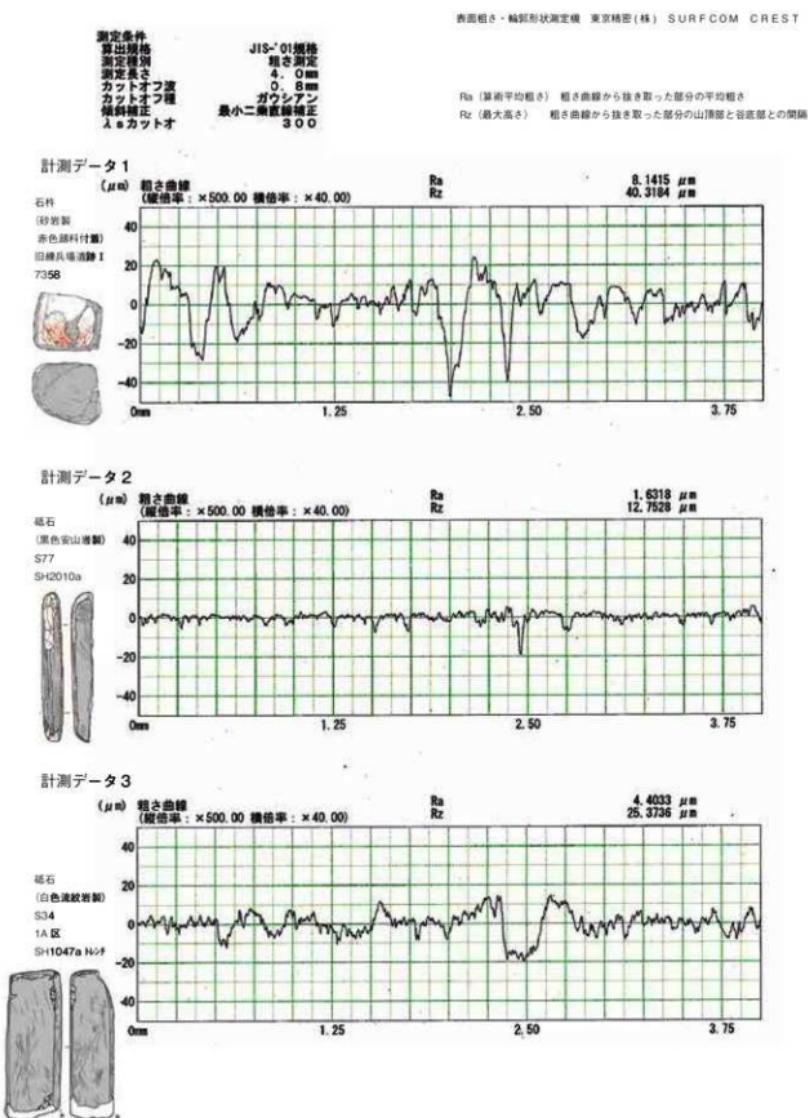
### 5) まとめ

粒度測定値と今回の粗さ測定値の間には、おおむね有意な相関が認められた。また、今回の測定により、粒度測定値は上記表の粒径を反映すると考えてほぼ誤りないことも明らかとなった。今後、サンドペーパー等による粒度測定は、研磨対象物、たとえば

第25表 粒度値と粒径の関係性

研磨シート粒度	粒径( $\mu\text{m}$ )
#320	60
#400	40
#600	30
#1000	16
#1200	12
#2000	9
#3000	5
#4000	3
#6000	2
#8000	1
#15000	0.3

顔料粒子や金属研磨面の粒度に関する観察・研究においても有効と考える。



第 422 図 旧練兵場遺跡出土の石杵・砥石の粗さ測定

## 第4節 玉類分析

### 第1項 玉類分析の概要

本県内の弥生時代遺跡では、弥生時代後期を主体として476点の玉類が出土している。そのうち86%にあたる407点が旧練兵場遺跡で出土したものである。玉類はこれまでのところ県内で本格的に生産した痕跡は皆無であり、弥生時代にあってはすべてが他地域で製作されたものが持ち込まれていると判断できる。

今回、合計67点の各種玉類を前章で報告した。内訳は第26表のとおりである。このうち、ガラス製小玉が49点と全体の73%を占め最も多く、次いで碧玉製管玉6点が続く。本遺跡全体とほぼ同様の組成比である。

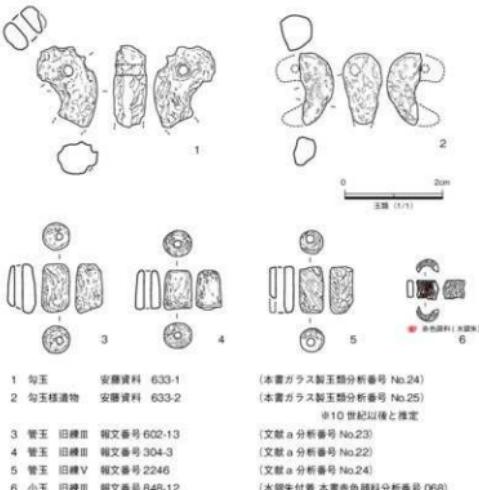
これらの玉類を対象に自然科学分析を行った。まず石製玉類の石材について分析した（第2項）。本遺跡出土石製玉類のうち、管玉は碧玉、凝灰岩、瑪瑙が使われ、勾玉は蛇紋岩、翡翠などが使われる。蛍光X線分析を実施することによりこれらの石材種別を同定した。参考資料として本報告対象地に隣接する保育所調査区出土の管玉（旧練保育所146）と研修棟調査区出土の管玉（旧練Ⅲ研修棟216）を合わせて分析した。

次に、石製玉類に施された穿孔の構造分析を行った（第3項）。これは孔内にシリコン樹脂を注入してレプリカを作成し、レプリカをSEM観察して細部構造を明らかにする分析手法である。これにより、穿孔方向が片側か両側か、また回転研磨痕の在り方からその穿孔が石針によるか、鉄針によるかを同定する。対象資料は前分析と同一である。

次にガラス製玉類を対象に蛍光X線分析を行い、化学組成に基づく材質分類を行った（第4項）。分析試料は今回報告する49点のガラス製小玉のうち20点を抽出したものと、参考資料として本報告対象地に隣接する保育所調査区出土の小玉2点（旧練保育所

第26表 26次調査出土玉類の組成

種別＼素材	土製	ガラス製	メノウ製	貝製	蛇紋岩製	水晶	碧玉製	緑色凝灰岩製	総計
管玉			1				6	1	8
原石結晶							1		1
勾玉	3				2				5
小玉		49		1					50
土玉	3								3
総計	6	49	1	1	2	1	6	1	67



文献a：竹原弘展（パレオ・ラボ）2021「香川県内遺跡出土ガラス玉類の蛍光X線分析」「因田11号大内白鳥バイパス改築工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第7冊 淀山下古墳」香川県教育委員会

第423図 旧練兵場遺跡出土の鉛ガラス製玉類

144・145）と研修練調査区出土の小玉 1 点（旧練Ⅲ研修棟 217）を分析して比較した。さらに本遺跡での採集品（安藤文良氏寄贈資料）の勾玉 2 点（安藤資料 633-1・633-2）を比較試料として分析試料とした。このうち図示した分析番号 24 の勾玉（安藤資料 633-1）は縁系ガラスの表面が白く風化し器面に数多くの気泡が残るもので、外観を詳細に観察すると片側にのみ鋳型の痕跡があり、反対側は膨らみがやや小さく、鋳型に接触している部分とは段差が認められる特徴がある。分析の結果、鉛バリウムガラス（肥塚ほか 2010）と判明し、下型鋳造法（小寺 2006）により国内で素材を再溶融して製作した勾玉と推定された。

同様に縁系の鉛バリウムガラスによる玉類として 4 点の管玉を提示しておく。図の 3～5 は別の報告書において参考資料として分析され、鉛バリウムガラスと判明している（パレオ・ラボ 2021）。いずれも外面に斜めに捻ったような細線が残る。これは捻り引き技法（小寺 2016）により製作されたものである。

これとは別に旧練Ⅳ（1153）報告の鉛バリウムガラス素材の管玉は素材部の青味が強い。いわゆる「群青」顔料を使用した素材である可能性も考えられる。今後の分析等に期待したい。

これらの鉛バリウムガラスを素材とした玉類の写真を写真図版 164 に掲載した。

最後に、「碧玉」とした玉類について、藻科哲男氏がこれまでの分析により蓄積した原産地データを使用し、11 点の遺物について統計的な近似性を求めて石材の原産地を推定した玉稿をいただいた（第 5 項）。7 点のいわゆる女代南 B 遺物群における細分産地としての滝ヶ原、菩提等が推定された。1 点はいわゆる未定 C 遺物群、さらに 1 点はほかの原産地に対比可能なものがなく、旧練兵場 T-49 管玉群として、今後の原産地分析データの一つに追加された。なお参考資料として分析に加えた旧練Ⅱ 521 報告の翡翠剥片については、分析の結果苔メノウと同定され今後の原産地分析データの一つに追加された（第 6 項）。

## 第2項 旧練兵場遺跡出土石製玉類の蛍光X線分析

竹原弘展（パレオ・ラボ）

## 1. はじめに

普通寺市仙遊町に所在する旧練兵場遺跡より出土した弥生時代後期の石製玉類について、蛍光X線分析を行い、石材を検討した。

## 2. 試料と方法

分析対象は、旧練兵場遺跡から出土した石製玉類10点である（第27表）。10点のうち、2点が勾玉で、8点が管玉である。時期は、弥生時代後期とみられている。なお、同じ遺物でレプリカ法による、穿孔の構造観察を行っている（第3項参照）。

第27表 石製玉類分析対象一覧

分析No.	器種	試料番号	報告番号	注文番号	調査区	遺物名	法量(cm,g)					時期
							高さ	長さ	直径/幅	厚さ	最大孔径	最小孔径
1	勾玉	1	T12	NZRS-H2197	2A区	SH2075a	296	1.1	1.1	0.25	0.25	5.790
2	管玉	2	T16	NZRS-H2110	2A区	SH2087a	0.8	0.38	0.38	0.2	0.13	0.276
3	管玉	3	T27	NZRS-K0963	3B区	SH3102b	145	0.6	0.3	0.1	0.1	0.603
4	勾玉	4	T28	NZRS-K0859	3B区	SH3245b	1.6	0.9	0.5	0.25	0.15	0.938
5	管玉	5	T47	NZRS-H4145	4A区	SH4124a	125	0.3	0.3	0.2	0.2	0.236
6	管玉	6	T49	NZRS-H4161	5区	SH4160a	0.7	0.32	0.32	0.15	0.1	0.117
7	管玉	7	T59	NZRS-P1373	4A区	SP4212a	0.9	0.23	0.23	0.15	0.15	0.072
8	管玉	8	T8	NZRS-0504	1A区	SH1207a	13	0.27	0.27	0.15	0.15	0.158
9	管玉	9	保育146	BZRS-H0255	保育所	SH09	1.1	0.3	0.3	0.2	0.18	0.19
10	管玉	10	研修216	BZR7-P0235	研修所	SH04(P54)	0.95	0.35	0.35	0.2	0.15	0.17

分析装置はエスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製のエネルギー分散型蛍光X線分析計SEA1200VXを使用した。装置の仕様は、X線管が最大50kV、1000 μAのロジウム(Rh)ターゲット、X線照射径が8mmまたは1mm、X線検出器はSDD検出器である。また、複数の一次フィルタが内蔵されており、適宜選択、挿入することでS/N比の改善が図れる。検出可能元素はナトリウム(Na)～ウラン(U)であるが、ナトリウム、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)といった軽元素は、蛍光X線分析装置の性質上、検出感度が悪い。

実体顕微鏡で観察後、非破壊で測定した。測定条件は、管電圧・一次フィルタの組み合わせが15kV(一次フィルタ無し)・50kV(一次フィルタPb測定用・Cd測定用)の計3条件で、測定時間は各条件500～1000s、管電流自動設定、照射径8mm、試料室内空気真空中に設定した。定量分析は、酸化物の形で算出し、ノンスタンダードFP法による半定量分析を行った。

また、電子天秤(株式会社エー・アンド・ディ製GR-60に同比重測定キットAD-1653を使用)で空气中重量と水中重量を測定し、比重を算出した。

## 3. 分析結果

第424図に、石材表面の実体顕微鏡写真を示す。第28表に、半定量分析結果および比重を示す。なお、表では石材の分類ごとに順番を並べ替えてある。

蛍光 X 線分析の結果、ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ )、マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ )、リン ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、硫黄 ( $\text{SO}_3$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ )、カルシウム ( $\text{CaO}$ )、チタン ( $\text{TiO}_2$ )、クロム ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、マンガン ( $\text{MnO}$ )、鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、ニッケル ( $\text{NiO}$ )、亜鉛 ( $\text{ZnO}$ )、ルビジウム ( $\text{Rb}_2\text{O}$ )、ストロンチウム ( $\text{SrO}$ )、イットリウム ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ )、バリウム ( $\text{BaO}$ ) の 19 元素が検出された。

比重測定では、2.2 ~ 2.6 の値を示した。

第 28 表 半定量分析結果 (mass%)

分析 No.	比重	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{NaO}$	$\text{ZnO}$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{SrO}$	$\text{Y}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2$	$\text{BaO}$
1	2.6	—	36.81	4.24	50.35	0.63	—	0.15	1.32	0.18	0.57	0.15	5.24	0.33	0.02	—	—	—	—	
4	2.6	—	37.32	1.71	51.22	0.84	0.54	0.18	0.95	0.29	1.28	0.26	5.09	0.30	0.02	—	—	—	—	
3	2.6	2.21	—	14.0	95.78	0.01	0.06	0.03	0.18	0.09	—	—	0.24	—	—	—	—	—	—	
2	2.5	2.94	—	9.27	79.87	0.50	0.15	5.36	0.22	0.10	—	0.01	1.55	—	0.01	0.01	—	—	0.02	0.01
5	2.5	3.53	0.24	5.01	86.23	0.54	0.39	1.25	0.20	0.17	—	0.03	2.38	—	0.01	0.01	—	—	0.01	—
6	2.2	—	—	12.40	78.91	0.63	0.41	1.30	3.56	0.28	—	0.01	1.90	—	0.01	—	0.27	0.01	0.02	0.28
7	2.5	—	—	9.00	83.93	0.82	0.10	4.61	0.57	0.13	—	0.01	0.79	—	0.01	0.01	0.01	—	0.02	0.01
8	2.5	2.00	—	10.14	80.15	0.65	0.06	4.83	0.50	0.22	—	0.01	1.32	—	0.01	0.01	0.01	—	0.02	0.06
9	2.5	1.94	0.57	8.32	82.89	0.48	0.06	4.04	0.45	0.08	—	0.01	1.11	—	—	0.01	0.01	—	0.01	0.02
10	2.3	—	0.63	14.88	72.33	0.88	0.31	3.38	2.80	0.57	—	0.03	3.31	—	0.01	0.02	0.37	—	0.06	0.42

#### 4. 考察

以下、石材の種類ごとに述べる

##### ・蛇紋岩 (分析 No. 1、4)

分析 No. 1、4 の 2 点の勾玉は、緑色斑で樹脂光沢を持つ。マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) が多く、鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) もやや多かった。特にマグネシウム ( $\text{MgO}$ ) の多量の検出は特徴的である。比重は、2.6 の値を示した。以上の特徴より、蛇紋岩の類と考えられる。両者とも、微量のクロム ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、ニッケル ( $\text{NiO}$ )、亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) が検出される特徴がみられた。

##### ・メノウ (分析 No. 3)

分析 No. 3 の管玉は、褐色半透明の脂肪光沢のある硬質な石材である。ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) が約 95% と極めて多く検出された。比重は、2.6 の値を示した。以上の特徴より、メノウや玉髓の類と考えられる。

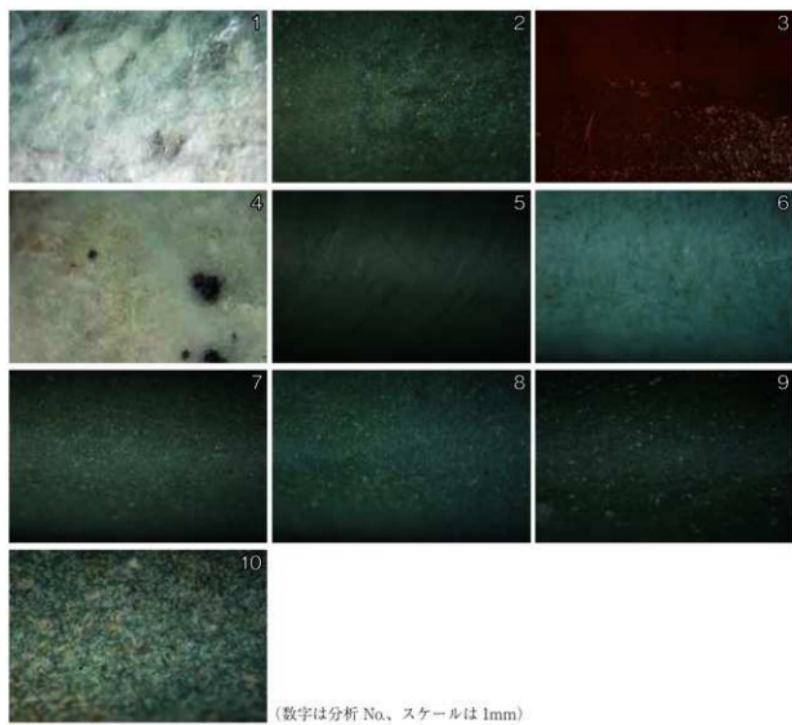
##### ・碧玉 (分析 No. 2、5 ~ 10)

分析 No. 2、5 ~ 10 の 7 点の管玉は、ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) がおおむね 70 ~ 90% と多く含まれる。不透明で、比重は 2.2 ~ 2.5 とややばらつきがあり、緑~濃緑色で、緻密で樹脂光沢を持つ。碧玉や緑色凝灰岩の類と考えられる。

碧玉は、低温の热水変質を受けた火山岩の割れ目や孔隙に二次的に生じ、堆積岩のセメント物質としても産する (黒田・諏訪, 1989)。また、凝灰岩中においても緑色系の均質な碧玉が含まれることが多い。

#### 5. おわりに

旧練兵場遺跡より出土した石製玉類 10 点の蛍光 X 線分析を行った結果、2 点が蛇紋岩、1 点がメノウ、7 点が碧玉の類と考えられた。



第424図 石製玉類表面の実体顕微鏡写真

引用・参考文献

- 地学団体研究会・新編地学辞典編集委員会（2003）地学辞典. 平凡社. 1443p.  
黒田吉益・源訪豪位（1989）偏光顕微鏡と岩石鉱物 [第2版]. 共立出版. 343p.  
中井 泉編（2005）蛍光X線分析の実際. 242p. 朝倉書店.

## 第3項 レプリカ法による旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔の構造分析

米田恭子 (バレオ・ラボ)

## 1. はじめに

旧練兵場遺跡から出土した石製玉類について、穿孔部分のレプリカを採取して、走査型電子顕微鏡を用いて構造観察および写真撮影を行い、穿孔の方法について検討した。なお、同一試料を用いて蛍光 X 線分析も行われている（第2項参照）。

## 2. 試料と方法

分析試料は、勾玉 2 点と碧玉 8 点の、計 10 点である（第29表）。試料が出土した遺構の時期は、いずれも弥生時代後期である。

第29表 分析試料

分析 No.	試料番号	報告番号	種類	材質	注記番号	調査区	遺構名	遺構の時期	高さ / 極さ (cm)	直径 / 幅さ (cm)	厚さ (cm)	孔径 / 深さ (cm)	孔径 / 厚さ (cm)	重量 (g)
1 1	T12	勾玉	蛇紋岩	NZRS-H2197	2A 区	SH2075a	弥生時代 後期	2.95	1.10	1.10	0.25	0.25	5.79	
2 2	T16	碧玉	碧玉	NZRS-H2110	2A 区	SH2087a		0.80	0.38	0.38	0.20	0.13	0.28	
3 3	T27	碧玉	メノウ	NZRS-K0963	3B 区	SH3102b		1.45	0.60	0.30	0.10	0.10	0.60	
4 4	T28	勾玉	蛇紋岩	NZRS-K0859	3B 区	SH3245b		1.60	0.90	0.50	0.25	0.15	0.94	
5 5	T47	碧玉	碧玉	NZRS-H14145	4A 区	SH4124a		1.25	0.30	0.30	0.20	0.20	0.24	
6 6	T49	碧玉	碧玉	NZRS-H14161	5 区	SH4160a		0.70	0.32	0.32	0.15	0.10	0.12	
7 7	T59	碧玉	碧玉	NZRS-P1373	4A 区	SP4212a		0.90	0.23	0.23	0.15	0.15	0.07	
8 8	T8	碧玉	碧玉	NZRS-0504	1A 区	SH1207a		1.30	0.27	0.27	0.15	0.15	0.16	
9 9	保管所 146	碧玉	碧玉	BZR5-H0255	保管所	SH09		1.10	0.30	0.30	0.20	0.18	0.19	
10 10	研修棟 216	碧玉	碧玉	BZR7-P0235	研修棟	SB04 (P54)		0.95	0.35	0.35	0.20	0.15	0.17	

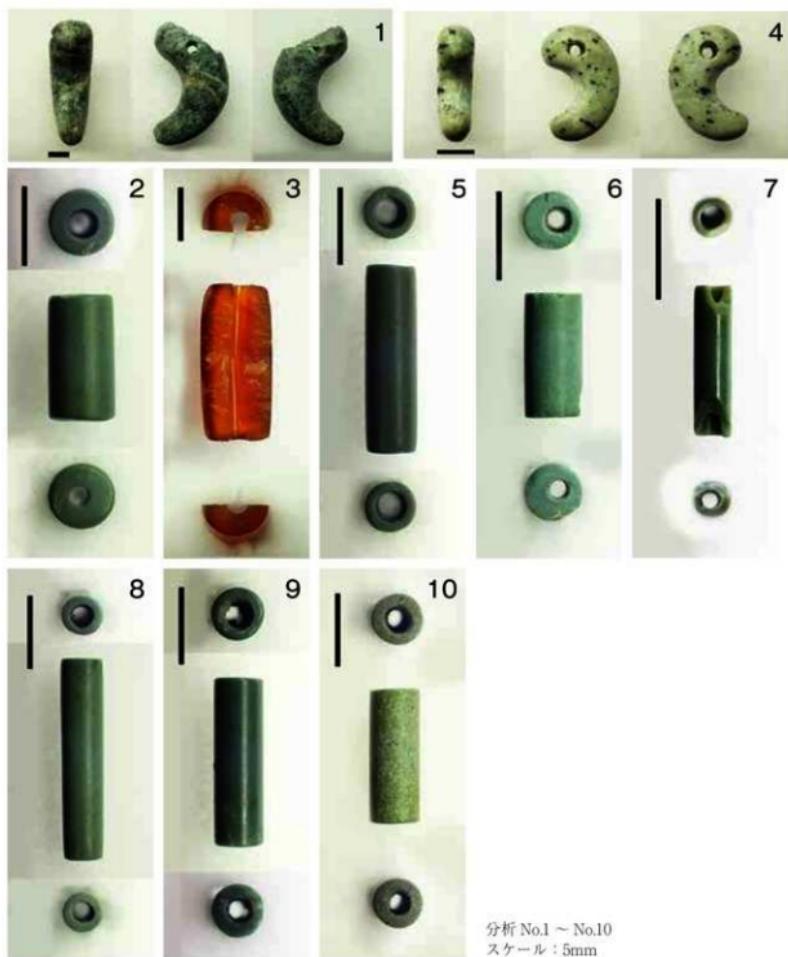
まず、穿孔内に付着する土壌などをエタノールと筆で洗浄した後、実体顕微鏡下で試料の撮影を行った。次に丑野・田川（1991）を参考に、以下の手順でレプリカ採取を行った。試料の保護のため、バラロイド B72 の 9% アセトン溶液を離型剤にして、穿孔部分および周辺に塗布し、印象剤に用いるシリコン樹脂（（株）ニッシン製 JM シリコン レギュラータイプ）を医療用注射器に入れ、穿孔部分に充填してレプリカを作製した。採取したレプリカについて、走査型電子顕微鏡（KEYENCE 社製 超深度マルチアングルレンズ VHX-D500/D510）を用いて観察および写真撮影を行った。採取したレプリカは、香川県埋蔵文化財センターに保管されている。

第30表 観察結果

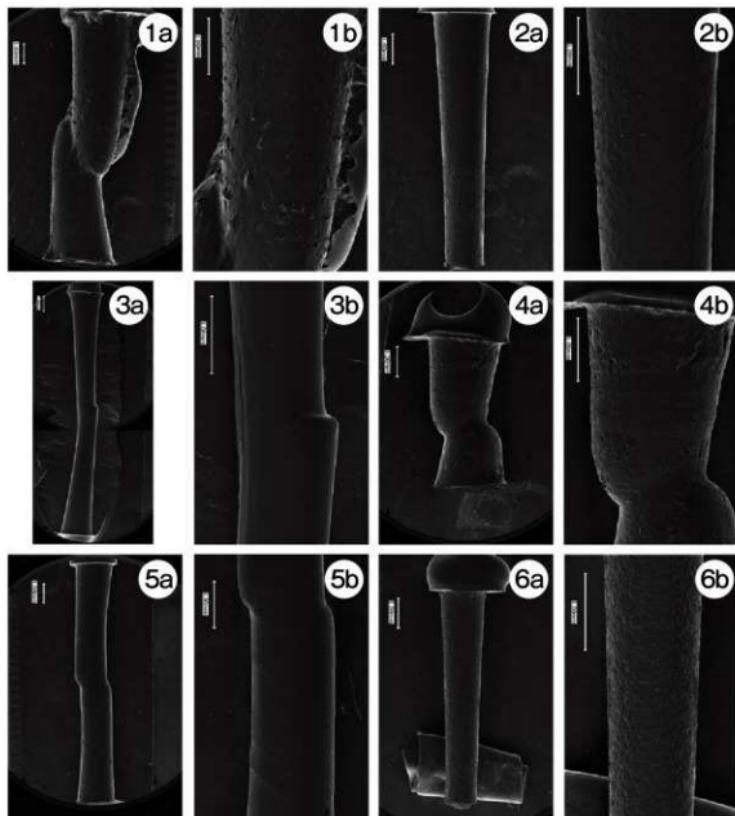
分析 No.	試料番号	報告番号	種類	材質	穿孔方向	特徴	穿孔の極定
1 1	T12	勾玉	蛇紋岩	両側	双方の穿孔軸が大きくずれている。回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
2 2	T16	碧玉	碧玉	片側	回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
3 3	T27	碧玉	メノウ	両側	双方の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
4 4	T28	勾玉	蛇紋岩	両側	双方の穿孔軸が大きくずれている。回転研磨痕が明瞭。	石針	
5 5	T47	碧玉	碧玉	両側	反対の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕は不明瞭。右目の痕跡がある。	鉄針	
6 6	T49	碧玉	碧玉	片側	回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
7 7	T59	碧玉	碧玉	片側	斜め方向の擦痕がわずかに観察される。回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
8 8	T8	碧玉	碧玉	両側	双方の穿孔軸が一致している。回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
9 9	保管所 146	碧玉	碧玉	両側	双方の穿孔軸が一致している。回転研磨痕は不明瞭。	鉄針	
10 10	研修棟 216	碧玉	碧玉	両側	双方の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕が明瞭。	石針	

## 3. 結果

観察の結果を第30表と第425図、第426・427図に示す。



第425図 旧練兵場遺跡出土の石製玉類の実体顕微鏡写真



1. 分析 No.1、2. 分析 No.2、3. 分析 No.3、4. 分析 No.4、5. 分析 No.5、6. 分析 No.6、  
a: 穿孔のレプリカ、b: 穿孔のレプリカの拡大写真

第 426 図 旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔のレプリカの走査型電子顕微鏡写真 1

分析 No. 1 (第 426 図 1a・1b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸が大きくずれている。回転研磨痕は不明瞭である。

分析 No. 2 (第 426 図 2a・2b)

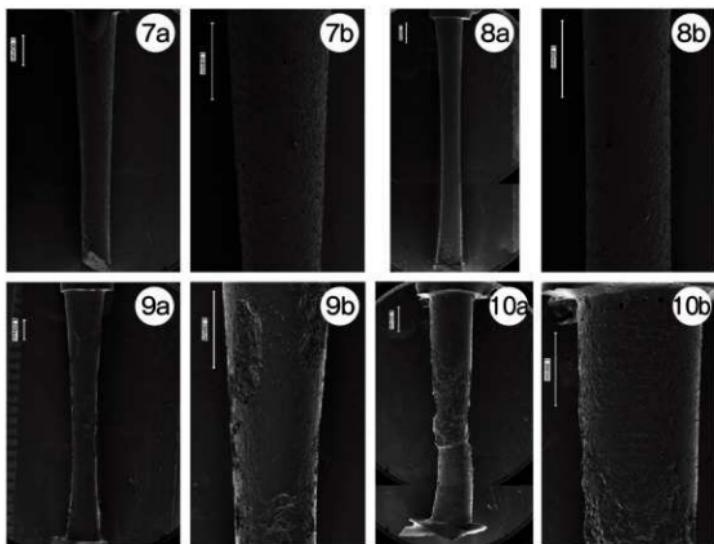
片側から穿孔されており、回転研磨痕は不明瞭である。

分析 No. 3 (第 426 図 3a・3b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕は不明瞭である。

分析 No. 4 (第 426 図 4a・4b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸が大きくずれている。回転研磨痕は明瞭である。



7. 分析 No.7、8. 分析 No.8、9. 分析 No.9、10. 分析 No.10  
a: 穿孔のレプリカ、b: 穿孔のレプリカの拡大写真

第427図 旧練兵場遺跡出土の石製玉類穿孔のレプリカの走査型電子顕微鏡写真2

#### 分析 No. 5 (第426図 5a・5b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕は不明瞭である。石目に由来する痕跡が観察される。

#### 分析 No. 6 (第426図 6a・6b)

片側から穿孔されており、回転研磨痕は不明瞭である。

#### 分析 No. 7 (第427図 7a・7b)

片側から穿孔されており、回転研磨痕は不明瞭である。斜め方向の擦痕がわずかに観察される。

#### 分析 No. 8 (第427図 8a・8b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸が一致している。回転研磨痕は不明瞭である。

#### 分析 No. 9 (第427図 9a・9b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸が一致している。回転研磨痕は不明瞭である。

#### 分析 No.10 (第427図 10a・10b)

両側から穿孔されており、双方の穿孔軸がややずれている。回転研磨痕が明瞭である。

#### 4. 考察

旧練兵場遺跡出土の弥生時代後期の石製玉類 10 点について、穿孔部分のレプリカを採取して観察をしたところ、3 点（分析 No. 2、No. 6、No. 7）が片側穿孔、7 点（分析 No. 1、No. 3～5、No. 8～10）が両側穿孔であった。

これまでの玉類の穿孔に関する研究によると、石製穿孔具では、線状痕（回転研磨痕）が明瞭であり、鉄製穿孔具では線状痕が不明瞭と考えられている（中村、2016）。今回分析した試料については、分析 No. 4 と No. 10 の穿孔に明瞭な回転研磨痕が観察されており、この 2 点の穿孔具は石針であった可能性がある。他の 8 点（分析 No. 1～3、No. 5～9）については、回転研磨痕が不明瞭であり、穿孔具は鉄針であった可能性がある。

今回分析した石製玉類 10 点については、種類や材質による穿孔方法や穿孔具の偏りはみられなかつた。

#### 引用・参考文献

- 中村大介（2016）環日本海における石製装身具の変遷。古代学研究紀要、24、3-23。  
丑野 誠・田川裕美（1991）レプリカ法による土器圧痕の観察。考古学と自然科学、24、1336。

## 第4項 旧練兵場遺跡出土ガラス製玉類の蛍光X線分析

竹原弘展（パレオ・ラボ）

## 1.はじめに

普通寺市仙遊町に所在する旧練兵場遺跡より出土した弥生時代後期のガラス製玉類について、蛍光X線分析による元素分析を行い、材質の検討を行った。なお、令和元年度にも同様の分析を実施しており、令和2年度の分と併せて報告する。

## 2.試料と方法

分析対象は、旧練兵場遺跡より出土したガラス製の小玉23点と勾玉2点の計25点である（第31表）。時期は、弥生時代後期～終末期とみられている。

第31表 分析対象一覧

分析No.	色調	器種	試料番号	報告番号	実測番号	登録番号	調査区	遺構名	法量 (cm.g)					時期	参考	
									長径	短径	厚さ	最大孔径	最小孔径	重量		
1	青緑	小玉	11	T33	玉27	H1641	4A区	SH4001a	0.45	0.45	0.25	0.15	0.15	0.679		
2	青緑	小玉	12	T32	玉29	H2033	4A区	SH4001a	0.45	0.45	0.3	0.16	0.13	0.885		
3	青緑	小玉	13	T14	玉8	H2332	2A区	SH2075a	0.5	0.5	0.25	0.15	0.15	0.104		
4	青緑	小玉	14	T30	玉25	H1933	4A区	SH4001a	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.192		
5	青緑	小玉	15	T50	玉47	H1821	4A区	SH4160a	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.141		
6	青緑	小玉	16	T60	玉56	H3511	5区	SP5023	0.5	0.5	0.2	0.16	0.14	0.669		
7	青緑	小玉	17	T62	玉58	0303	1C区	包含層	0.5	0.5	0.53	0.2	0.1	0.198		
8	青緑	小玉	18	T64	玉60	0575	3A区	包含層	0.5	0.5	0.25	0.15	0.13	0.896		
9	淡青	小玉	19	T23	玉20	K0333	2A区	SH2224a	0.23	0.23	0.1	0.1	0.1	0.012		
10	青緑	小玉	20	T58	玉48	H2032	4A区	SH4160a	0.34	0.27	0.2	0.2	0.12	0.024		
11	青緑	小玉	1	T66	玉62	0815	4B区	包含層	0.35	0.35	0.25	0.16	0.15	0.043		
12	青緑	小玉	2	T22	玉19	K0823	2A区	SH2224a	0.3	0.15	0.2			0.010		
13	青緑	小玉	3	T29	玉25	H3746	3A区	SH3842a	0.7	0.3	0.4	0.3	0.3	0.134		
14	青緑	小玉	4	T18	玉15	H2704	2A区	SH2224a	0.35	0.35	0.25	0.2	0.2	0.078		
15	青緑	小玉	5	T65	玉61	0809	4B区	包含層	0.36	0.36	0.18	0.16	0.15	0.035		
16	青緑	小玉	6	T15	玉9	H1439	2A区	SH2075a	0.3	0.3	0.12	0.1	0.1	0.019		
17	青緑	小玉	7	T7	玉6	K0074	1B区	SH1166b	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.044		
18	青緑	小玉	8	T26	玉23	H4777	3B区	SH3100b	0.4	0.4	0.25	0.1	0.1	0.046		
19	青緑	小玉	9	T52	玉46	H4250	5区	SH4160a	0.5	0.43	0.3	0.15	0.15	0.102		
20	青緑	小玉	10	T57	玉52	K1033	5区	SK5025	0.44	0.41	0.35	0.15	0.15	0.089		
21	青緑	小玉	11	研217		H0194		SH-11	0.28	0.45	0.28	0.22	0.15	0.083		
22	青緑	小玉	12	保144		H0253		SH-12	0.22	0.35	0.2	0.13	0.1	0.037		
23	青緑	小玉	13	保145		H0254		SH-12	0.2	0.41	0.2	0.15	0.15	0.051		
24	青緑	勾玉	14	安6331		0633		採集	1.6	1.25	0.7	0.35	0.2	1.891		
25	青緑	勾玉	15	安6332		1441		採集	1.44	0.68	0.7			1.154		

※研... 研修検査区 保... 保有所検査区 安... 安定試料

分析装置はエスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製のエネルギー分散型蛍光X線分析計SEA1200VXを使用した。装置の仕様は、X線管が最大50kV、1000 μAのロジウム(Rh)ターゲット、X線照射径が8mmまたは1mm、X線検出器はSDD検出器である。また、複数の一次フィルタが内蔵されており、適宜選択、挿入することでS/N比の改善が図れる。検出可能元素はナトリウム(Na)～ウラン(U)であるが、ナトリウム、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)といった軽元素は、蛍光X線分析装置の性質上、検出感度が悪い。

測定条件は、管電圧・一次フィルタの組み合わせが15kV(一次フィルタ無し)・50kV(一次フィルタPb測定用・Cd測定用)の計3条件で、測定時間は各条件500～1700s、管電流自動設定、照射径1mm、試料室内空気真空中に設定した。定量分析は、酸化物の形で算出し、ノンスタンダードFP法に

よる半定量分析を行った。得られる半定量値は、同装置での測定結果を相対的に比較するための値である。

試料は、実体顕微鏡下での観察後、非破壊で測定した。実体顕微鏡観察は、基本的にエタノール浸漬状態で透過光下で行ったが、勾玉 2 点についてはエタノール浸漬せず落射光下で行った。なお、ガラス製造物は、透明で風化がないように見える箇所でも表面の風化が進んでおり、ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) の減少など表面の化学組成に変化が生じている（肥塚、1997）。人為的に露出させた完全な新鮮面でない場合は、解釈の際に風化の影響を考慮する必要がある。

第 32 表 半定量分析結果 (mass%)

分析 No.	色調	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CoO}$	$\text{NiO}$	
6	青緑	—	—	—	85.89	0.47	—	8.43	1.54	0.15	—	147	1.52	0.10	—	
18	青緑	—	—	0.71	84.56	0.39	0.06	9.47	1.77	0.23	—	124	1.21	0.09	—	
19	青緑	—	—	1.09	79.04	0.36	0.21	10.98	1.79	0.24	—	240	2.80	0.17	0.01	
20	青緑	—	—	1.99	77.84	0.31	—	11.64	1.10	0.18	—	304	2.77	0.15	—	
21	青緑	—	—	1.97	78.37	0.32	0.25	10.56	1.36	0.19	—	308	2.81	0.16	0.01	
1	青緑	—	—	6.35	80.07	0.50	0.08	8.96	0.40	0.31	—	—	0.63	—	—	
2	青緑	1.78	0.27	5.96	77.64	0.36	—	8.65	0.87	0.29	—	0.03	0.88	—	—	
3	青緑	3.46	—	1.80	84.93	0.46	—	6.14	0.40	0.34	—	—	0.60	—	—	
4	青緑	1.70	—	6.29	78.06	0.40	—	9.99	0.37	0.27	—	—	0.52	—	—	
5	青緑	—	—	5.29	79.86	0.57	0.42	9.46	0.39	0.32	—	—	0.81	—	—	
7	青緑	—	—	7.02	78.14	0.83	0.12	9.67	0.44	0.43	—	—	0.72	—	—	
8	青緑	2.74	0.28	6.85	78.99	0.39	—	6.68	0.49	0.36	—	0.02	0.62	—	—	
10	青緑	—	—	6.38	77.38	0.71	—	10.93	0.43	0.35	—	—	0.87	—	—	
11	青緑	—	—	5.67	78.52	0.55	—	10.43	0.56	0.41	0.05	—	0.86	—	—	
12	青緑	—	—	2.06	87.31	0.52	—	5.21	0.47	0.37	—	0.02	1.06	—	—	
13	青緑	—	—	5.87	77.56	0.46	0.05	12.01	0.67	0.31	—	—	0.68	—	—	
14	青緑	—	—	7.51	78.09	0.37	0.10	10.24	0.33	0.24	—	—	0.80	—	—	
15	青緑	—	—	6.71	78.40	0.30	0.09	10.61	0.43	0.24	—	—	0.90	—	—	
16	青緑	—	—	7.93	75.37	0.39	0.68	10.42	0.40	0.24	—	—	1.14	—	—	
22	青緑	—	—	4.48	84.78	0.74	—	5.64	0.35	0.33	—	0.03	0.85	—	—	
17	青緑	1.42	0.36	5.15	81.19	0.54	0.50	1.56	2.60	0.27	—	—	2.76	2.61	0.15	
9	淡青	5.87	0.26	3.63	80.54	0.58	0.34	1.57	3.63	0.44	—	0.05	2.49	—	—	
23	青緑	6.11	—	8.57	76.44	0.37	0.07	3.16	1.31	0.66	—	0.06	0.96	—	—	
24	青緑	—	—	2.94	61.97	0.56	—	0.46	0.59	0.86	—	—	0.42	—	—	
25	青緑	—	—	1.56	44.08	0.11	6.90	5.76	2.47	0.41	—	—	0.37	—	—	
分析 No.	色調	$\text{CuO}$	$\text{ZnO}$	$\text{As}_2\text{O}_3$	$\text{Br}$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{SrO}$	$\text{Y}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2$	$\text{MoO}_3$	$\text{Ag}_2\text{O}$	$\text{SeO}_2$	$\text{Sb}_2\text{O}_3$	$\text{BaO}$	$\text{PbO}$	
6	青緑	0.03	—	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	—	0.38	—	
18	青緑	0.04	—	—	—	0.02	0.01	—	0.01	0.01	—	—	—	0.13	0.02	
19	青緑	0.04	—	—	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	—	—	—	0.80	—	
20	青緑	0.04	—	—	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	—	—	—	0.88	—	
21	青緑	0.04	—	—	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	—	—	—	0.82	0.01	
1	青緑	1.80	—	—	—	0.07	—	0.02	0.04	—	—	0.14	0.01	—	0.63	
2	青緑	2.48	0.01	—	—	0.05	0.01	0.01	0.04	—	—	0.11	0.01	—	0.57	
3	青緑	1.46	0.01	—	—	0.05	—	—	0.02	0.01	—	—	0.09	—	0.25	
4	青緑	1.72	—	—	—	0.05	—	0.01	0.02	0.01	—	—	0.15	—	0.43	
5	青緑	2.23	0.01	—	—	0.05	—	0.01	0.04	—	—	0.15	—	0.38	—	
7	青緑	1.88	—	—	—	0.05	—	0.01	0.03	—	—	0.04	—	—	0.63	
8	青緑	1.80	0.01	—	—	0.05	—	0.01	0.03	—	—	0.10	0.01	—	0.58	
10	青緑	2.00	—	—	—	0.05	—	—	0.04	0.01	—	—	0.09	—	0.77	
11	青緑	2.10	0.01	—	—	0.06	—	0.01	0.03	0.01	—	0.10	0.01	—	0.64	
12	青緑	2.37	—	—	—	0.07	—	0.01	0.03	0.01	—	0.07	—	—	0.41	
13	青緑	1.88	0.01	—	—	0.05	—	—	0.03	—	—	0.08	0.01	—	0.34	
14	青緑	1.53	0.01	—	—	0.07	—	—	0.04	0.01	—	0.10	0.01	—	0.57	
15	青緑	1.66	0.01	—	—	0.07	—	0.01	0.06	0.01	—	0.10	—	—	0.39	
16	青緑	2.59	0.01	0.02	—	0.08	—	0.01	0.03	0.01	—	0.09	—	—	0.58	
22	青緑	2.04	0.01	—	—	0.07	—	0.01	0.03	0.01	—	0.10	—	—	0.51	
17	青緑	0.03	—	—	—	0.06	—	0.02	—	—	—	—	0.75	0.03	—	
9	淡青	0.03	—	—	—	—	0.03	—	0.03	—	—	—	—	—	0.02	
23	青緑	1.26	—	—	—	0.01	0.01	0.07	—	0.17	—	—	0.08	—	0.43	0.27
24	青緑	0.36	—	—	—	—	—	0.16	—	—	—	0.03	0.01	7.76	23.89	
25	青緑	1.08	—	—	—	—	—	—	0.03	—	0.01	0.08	—	—	37.14	

### 3. 分析結果

実体顕微鏡写真を第428・429図に示す。23点の小玉は、いずれもガラス中に気泡が多くみられた。勾玉2点は、内部を観察できなかった。

蛍光X線分析により得られた半定量値を第32表に示す。なお、表では考察で述べる化学組成上の分類に従って試料の順番を並べ替えてある。分析の結果、小玉23点は、いずれもアルカリ金属とケイ素( $\text{SiO}_2$ )を主成分とするアルカリ珪酸塩ガラスに属するガラスと確認された。また、勾玉2点は、鉛( $\text{PbO}$ )とケイ素( $\text{SiO}_2$ )を主成分とする鉛珪酸塩ガラスに属するガラスと確認された。

検出できた元素は試料によって異なるが、ナトリウム( $\text{NaO}_2$ )、マグネシウム( $\text{MgO}$ )、アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ケイ素( $\text{SiO}_2$ )、リン( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、硫黄( $\text{SO}_3$ )、カリウム( $\text{K}_2\text{O}$ )、カルシウム( $\text{CaO}$ )、チタン( $\text{TiO}_2$ )、クロム( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、マンガン( $\text{MnO}$ )、鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、コバルト( $\text{CoO}$ )、ニッケル( $\text{NiO}$ )、銅( $\text{CuO}$ )、亜鉛( $\text{ZnO}$ )、ヒ素( $\text{As}_2\text{O}_3$ )、臭素( $\text{Br}$ )、ルビジウム( $\text{Rb}_2\text{O}$ )、ストロンチウム( $\text{SrO}$ )、イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )、ジルコニウム( $\text{ZrO}_2$ )、モリブデン( $\text{MoO}_3$ )、銀( $\text{Ag}_2\text{O}$ )、スズ( $\text{SnO}_2$ )、アンチモン( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ )、バリウム( $\text{BaO}$ )、鉛( $\text{PbO}$ )の合計28元素である。

### 4. 考察

実体顕微鏡観察の結果、小玉には気泡が多く観察されたが、分析No.3、4、6、7、9～11、13～22の17点は、孔に対して平行に伸びた気泡や気泡列が観察された。ガラスを管状に引き伸ばした後、管を切って製作する引き伸ばし法(管切り法)により製作されたと考えられる。なお、分析No.17は、端部が丸まっておらず、管を切った後の加熱がほとんどなされていない状態と考えられる。その他6点の小玉は、伸びた気泡や気泡列、筋状の模様等は観察されず、製作技法は不明であった。分析No.24の勾玉は、光は透過するものの表面の風化が激しく、内部の観察ができなかった。分析No.25の勾玉は、光をほとんど透過せず、不透明であったため、内部の観察ができなかった。

古代のガラスについては、肥塚・田村・大賀(2010など)や、中井・阿部ら(白瀧ほか、2012など)により、詳細に分類されている。今回分析した玉類を、化学組成に基づき、以下のとおり分類した。

#### ・青緑色ガラス玉( $\text{K}_2\text{O}\text{-SiO}_2$ 系)(分析No.6、18～21)

分析No.6、18～21の5点は、カリウム( $\text{K}_2\text{O}$ )が多く、カルシウム( $\text{CaO}$ )とストロンチウム( $\text{SrO}$ )が比較的少なく、ルビジウム( $\text{Rb}_2\text{O}$ )が検出されるといった特徴がみられ、基礎ガラスはカリガラス( $\text{K}_2\text{O}\text{-SiO}_2$ 系)と考えられる。

青緑色の発色については、コバルトイオンが大きく影響していると推定される。マンガン( $\text{MnO}$ )がかなり多く、バリウム( $\text{BaO}$ )がやや多く、鉛( $\text{PbO}$ )が少ないというのが緑色系のカリガラスにみられる特徴で、着色原料のコバルトイオンの特徴と考えられる。

#### ・青緑色ガラス玉( $\text{K}_2\text{O}\text{-SiO}_2$ 系)(分析No.1～5、7、8、10～16、22)

分析No.1～5、7、8、10～16、22の15点は、上述の青緑色ガラス玉と同様に、カリウム( $\text{K}_2\text{O}$ )が多く、カルシウム( $\text{CaO}$ )とストロンチウム( $\text{SrO}$ )が比較的少なく、ルビジウム( $\text{Rb}_2\text{O}$ )が比較的多く検出されるといった特徴がみられ、基礎ガラスはカリガラス( $\text{K}_2\text{O}\text{-SiO}_2$ 系)に分類されると考えられる。また、青緑色のカリガラスと比較すると、アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )が比較的多く、カルシウム( $\text{CaO}$ )

が比較的少ない傾向がみられる。

発色には、銅イオンと鉄イオンが主に影響していると推定される。青緑色のカリガラスは、銅 ( $\text{CuO}$ ) に加えてスズ ( $\text{SnO}_2$ ) や鉛 ( $\text{PbO}$ ) も少量検出される傾向があり (肥塚, 1997)、今回分析した試料も同様であった。

#### ・青緑色ガラス玉 ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$ 系) (分析 No.17)

分析 No.17 は、ルビジウム ( $\text{Rb}_2\text{O}$ ) とジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ ) が少なく、ストロンチウム ( $\text{SrO}$ ) が比較的多いなどの特徴により、基礎ガラスはアルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) が比較的少なくカルシウム ( $\text{CaO}$ ) の量が多いタイプである、ソーダ石灰ガラス ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系) に属すると考えられる。なお、主成分のひとつであるナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) の含有量はそれほど多くないが、風化の影響を受けやすい元素である点や、蛍光 X 線での感度の悪い元素である点を考慮して、上述の他の元素の組成よりソーダ石灰ガラスと判断した。

青緑色の発色については、コバルトイオンが大きく影響していると推定される。分析 No.17 は、マンガン ( $\text{MnO}$ ) がかなり多く、バリウム ( $\text{BaO}$ ) がやや多く、鉛 ( $\text{PbO}$ ) が少ないという特徴がみられる。これは、上述の紺色系のカリガラスと共に通する特徴で、着色原料のコバルト鉱石の特徴と考えられる。 $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系のソーダ石灰ガラスは、西アジアやエジプトなど地中海周辺地域でみられ「西方のガラス」と呼ばれる (肥塚, 2003 など)。さらに、 $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系のソーダ石灰ガラスには、ナトリウム源にナトロンと呼ばれる天然ソーダを使用したと推定されるマグネシウム ( $\text{MgO}$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) の少ないタイプと、ナトリウム源に植物灰を使用したと推定されるマグネシウム ( $\text{MgO}$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) の多いタイプに分類されており (加藤ほか, 2005 など)、日本の  $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系のソーダ石灰ガラスにおいても両者の存在が明らかとなっている (田村ほか, 2011)。今回分析した  $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系のソーダ石灰ガラスである分析 No.17 については、マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) がやや少なめであるが、引き伸ばし法で製作されており、田村ら (2011) によるところのナトロン主体タイプにあたると考えられる。

#### ・淡青色ガラス玉 ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$ 系) (分析 No. 9)

分析 No. 9 は、ルビジウム ( $\text{Rb}_2\text{O}$ ) とジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ ) が少なく、ストロンチウム ( $\text{SrO}$ ) が比較的多いなどの特徴により、基礎ガラスはアルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) が比較的少なくカルシウム ( $\text{CaO}$ ) の量が多いタイプである、ソーダ石灰ガラス ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系) に属すると考えられる。

$\text{Na}_2\text{O}\text{-CaO-SiO}_2$  系のソーダ石灰ガラスは、基本的には紺色系であり、コバルトイオンが含まれている場合が多い。しかし、分析 No. 9 からは、コバルト ( $\text{CoO}$ ) が全く検出されなかった。銅 ( $\text{CuO}$ ) の含有量も少なく、淡い青色の発色には鉄イオンが主に影響していると推定される。コバルト ( $\text{CoO}$ ) や銅 ( $\text{CuO}$ ) 以外に、マンガン ( $\text{MnO}$ )、スズ ( $\text{SnO}_2$ )、バリウム ( $\text{BaO}$ )、鉛 ( $\text{PbO}$ ) の含有量も少ない。鉄分は含まれるもの、着色原料が入っていない基礎ガラスのみのような化学組成であった。

分析 No. 9 も、上述の分析 No.17 と同様に、マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) がやや少なめであるが、引き伸ばし法で製作されており、田村ら (2011) によるところのナトロン主体タイプにあたると考えられる。

・青緑色ガラス玉 ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系) (分析 No.23)

分析 No.23 は、ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) とアルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の量が多く、カルシウム ( $\text{CaO}$ ) をある程度含有し、ルビジウム ( $\text{Rb}_2\text{O}$ ) が少なく、ストロンチウム ( $\text{SrO}$ ) とジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ ) が比較的多いなどの特徴により、基礎ガラスはアルミナソーダ石灰ガラス ( $\text{Na}_2\text{O}\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系) に属すると考えられる。

発色には、銅イオンと鉄イオンが主に影響していると推定される。

・青緑色ガラス勾玉 ( $\text{PbO-BaO-SiO}_2$  系) (分析 No.24)

分析 No.24 は、鉛 ( $\text{PbO}$ ) とバリウム ( $\text{BaO}$ ) が多く検出され、基礎ガラスは鉛バリウムガラス ( $\text{PbO-BaO-SiO}_2$  系) と考えられる。

青緑色とみられる色の発色には、銅や鉄が主に影響していると推定される。鉛バリウムガラスの着色については、人工の青色顔料である、漢青 ( $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) の使用が報告されているが(肥塚・田村・大賀, 2010)、今回の試料については、顔料の有無については不明である。

・青緑色ガラス勾玉 ( $\text{K}_2\text{O-PbO-SiO}_2$  系) (分析 No.25)

分析 No.25 は、ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) と鉛 ( $\text{PbO}$ ) が主に検出された。また、表面の風化の影響を考慮する必要があるものの、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ ) も比較的多く検出されており、基礎ガラスはカリウム鉛ガラス ( $\text{K}_2\text{O-PbO-SiO}_2$  系) に属する可能性が高い。

銅 ( $\text{CuO}$ ) が特徴的に検出されており、鉄とともに、不透明な青緑色の色調に影響を与えると推定される。

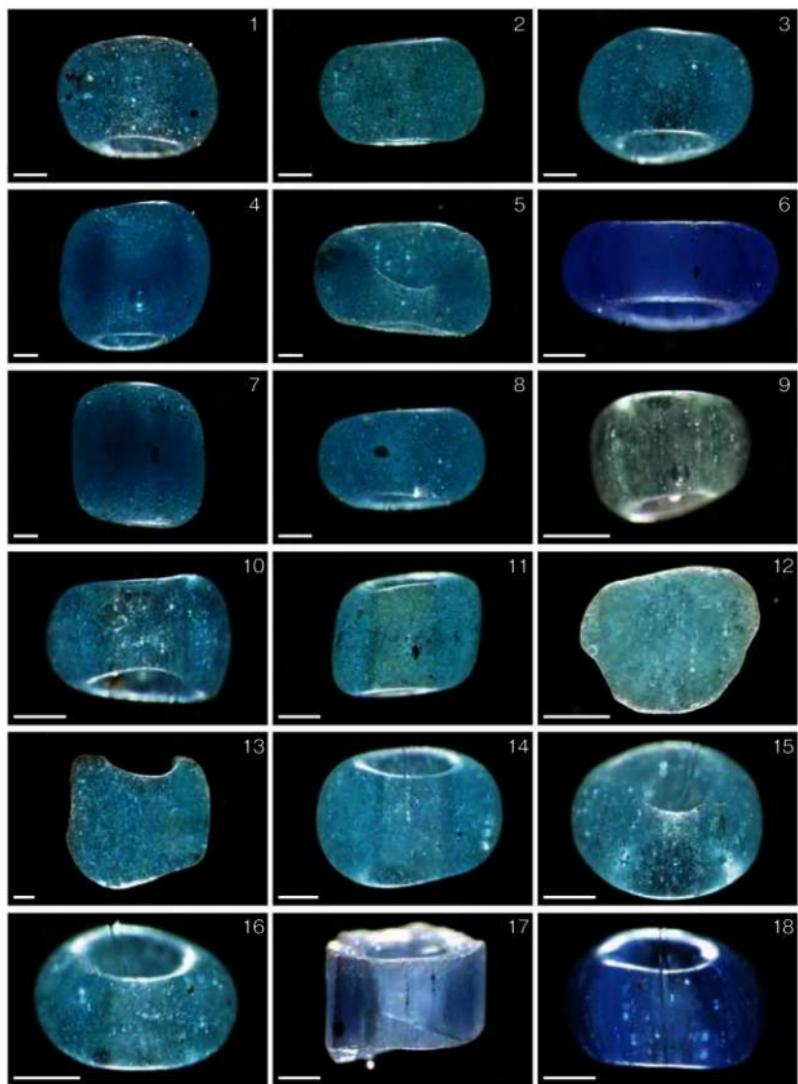
日本列島においてガラスは、弥生時代より出現する。弥生時代の主なガラスは鉛バリウムガラスとカリガラスであり、弥生時代後期頃からソーダ石灰ガラス、アルミナソーダ石灰ガラスが少量出現するようになる。古墳時代以降は、ソーダ石灰ガラス、アルミナソーダ石灰ガラスが多量に流通する一方、カリガラスは少量の流通となり、鉛バリウムガラスの流通は途絶える。

カリウム鉛ガラスは、日本では 10 世紀後半には中国から流入し始め、その後国内においても生産されていた可能性が高い(降旗ほか, 2014)。江戸時代のガラス製品も、基本的にはこのカリウム鉛ガラスに分類される。

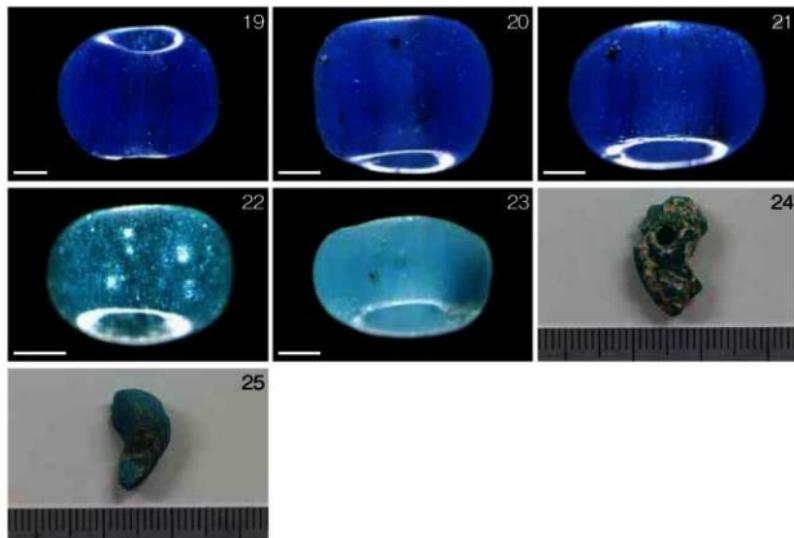
したがって、出土品でなく採集品である分析 No.24 と No.25 については、鉛バリウムガラスの分析 No.24 は小玉と同じ時期の遺物である可能性が高いが、カリウム鉛ガラスの分析 No.25 は古くとも 10 世紀後半以降の遺物である可能性が高い。分析 No.25 は勾玉とみられているが、完形ではないため、ほかの製品の破片である可能性も検討する必要があろう。

## 5. おわりに

遺跡より出土したガラス製品 25 点の蛍光 X 線分析を行った結果、23 点の小玉は、いずれもアルカリ珪酸塩ガラスと確認された。化学組成の特徴から、青緑色 5 点と青緑色 15 点はカリガラスに、青緑色 1 点と淡青色 1 点はソーダ石灰ガラスに、青緑色 1 点はアルミナソーダ石灰ガラスに属する可能性が高い。また、勾玉は 2 点とも鉛珪酸塩ガラスに属する。化学組成の特徴から、1 点は鉛バリウムガラスに、



第 428 図 ガラス玉の実体顕微鏡写真 (1) (透過光、数字は分析 No.、スケールは 1mm)



第429図 ガラス玉の実体顕微鏡写真（2）  
(透過光 (24、25のみ落射光)、数字は分析No.、スケールは1mm)

もう1点はカリウム鉛ガラスに属する可能性が高い。カリウム鉛ガラスとみられる製品は採集品であり、古くとも10世紀後半以降で、勾玉以外の製品の一部である可能性がある。

#### 引用・参考文献

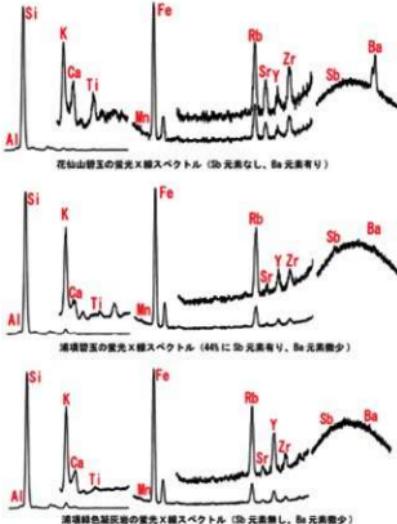
- 降旗順子・比佐陽一郎・斎藤 努（2014）中世におけるガラスの国产化の可能性—博多遺跡群のガラス生産遺物に関する分析結果から—、考古学と自然科学、66、25-44。
- 加藤慎啓・沢田貴史・保倉明子・中井 泉・真道洋子（2005）ポータブル蛍光X線分析装置によるエジプト・ラーヤ遺跡出土ガラスの考古化学的研究、日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集、250-251。
- 肥塚隆保（1997）日本で出土した古代ガラスの歴史的変遷に関する科学的研究、132p、東京藝術大学博士学位論文。
- 肥塚隆保（2003）日本出土ガラスから探る古代の交易—古代ガラス材質の歴史的変遷—、沢田正昭編「遺物の保存と調査」：145-158、クバプロ。
- 肥塚隆保・田村朋美・大賀克彦（2010）古代ガラスと考古科学 材質とその歴史的変遷、月刊文化財、566、13-25。
- 松崎真弓・白瀧祐子・池田朋生・中井 泉（2012）非破壊オントサイト分析による日本出土の古代ガラスの流通に関する考古化学的研究、日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集、374-375。
- 中井 泉編（2005）蛍光X線分析の実際、242p、朝倉書店。
- 作花清夫・境野照雄・高橋克明編（1975）ガラスハンブック、1072p、朝倉書店。
- 白瀧祐子・阿部善也・タンクルカーン・クリアンカモル・中井 泉・池田朋生・坂口圭太郎・後藤克博（2010）熊本県の古墳から出土したガラスピースの考古化学的研究、日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集、254-255。
- 白瀧祐子・阿部善也・K.タンクルカーン・中井 泉・池田朋生・坂口圭太郎・後藤克博・荒木隆宏（2012）熊本県出土の古代ガラスの考古化学的研究、考古学と自然科学、63、29-52。
- 田村朋美・高妻洋成・肥塚隆保（2011）日本出土ソーダ石灰ガラス製玉の種類とその変遷、日本文化財科学会第28回大会研究発表要旨集、120-121。
- 田村朋美・高妻洋成（2012）弥生・古墳時代のナトロンガラス製玉類の考古化学的研究、日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集、24-25。
- 山根正之（1989）はじめてガラスを作る人のために、196p、内田老舗。

## 第 5 項 旧練兵場遺跡出土管玉の産地、遺物群同定

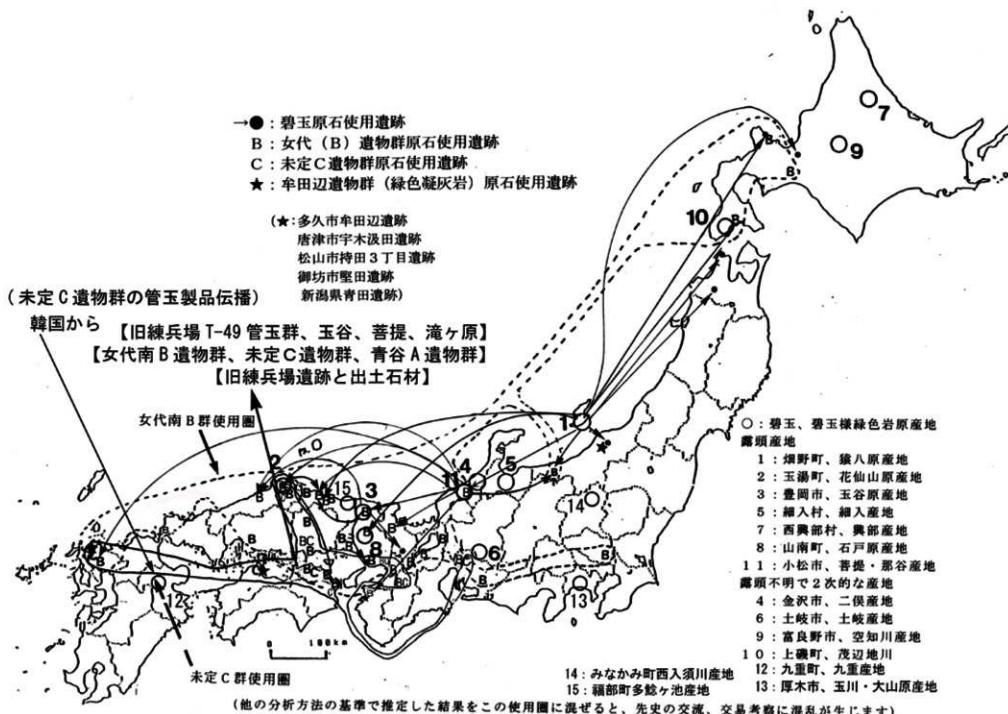
薬科哲男

## (1) はじめに

ヒスイ、碧玉製勾玉、大珠、玉などは、国宝、重要文化財級のものが多く、非破壊で産地分析が行なえる方法でなければ発展しない。よって石器の原材産地分析で成功している<sup>4)</sup> 非破壊で分析を行なう蛍光 X 線分析法を用いて玉類に含有されている元素を分析する。蛍光 X 線分析のみで鉱物名を求めるることは出来ない。本報告書で使用する鉱物名は考古学で使用する通称名で遺跡から出土した大珠、勾玉、管玉などを水洗いして、試料ホルダーに置くだけの、完全な非破壊で産地分析を行なった。玉類は蛍光 X 線分析法で元素の種類と含有量を求める、試料の形や大きさの違いの影響を打ち消すために分析された元素同士で含有量の比をとり、この遺物成分の元素比の値と同じ成分を持つ遺物を各遺跡から探し、同じ石材を使用しているとして、その使用範囲を石材採取遺跡も含めて求める。同じ成分の遺物は同じ石材を使用しているとする根拠は、石製品の製作行為の石材分割、成形過程の石材面の元素成分を接合していくことで石製品作りに関連づけられ、考古学の研究となり、石製品作りのために古代人が最初に原石を手にした玉材産地を、地質学的産地から先史人の痕跡を見つけて決定します。また、石製品の石材産地が不明のときは、同じ石材を使用した遺跡として、同じ石製品を作る遺跡から供給された消費遺跡と考えられます。遺物成分群の作成理由は、蛇紋岩、滑石、緑泥石片岩の露頭の各原石が均一か? 否か? 不明で、成分組成のバラツキの大きいもので原石群を作ると、原産地間(原石採取地点間)の区別ができる状態になり、産地同定結果を誤判定する可能性が非常に高くなり信頼性のない結果になります。この誤判定を避けるために、玉類の成分組成で遺物群を作り、露頭の各原石 1 個、1 個と遺物群と比較し一致するか同定して地質学的産地を求めて、この地質学的産地が古代人が最初に原石を採取した地点か否か、考古学者による加工片の散布など証拠を求めて、考古学的産地を同定し、産地分析は終了する。地質学的産地が不明でも特定の地域で同じ成分の遺物が多数出土する地域が考古学的産地に近いとする考えは、様式学の同形遺物形式が多数見られる地域が様式の発生地とした考察に匹敵すると考えられる。また、1 cm Φ の分析管の中に入る玉類は ESR 法を併用するが試料を全く破壊することなく、玉に含有されている常磁性種を分析し、蛍光 X 線スペクトルを用いて鉱物名を求める。



第 430 図 浦項碧玉、浦項緑色凝灰岩、花仙山碧玉の蛍光 X 線スペクトル



第 431 図 弥生時代（続編文）時代の碧玉製、綠色凝灰岩製玉類原材の使用分布圏及び碧玉・碧玉様岩の原産地

光X線分析で求めた結果をさらに詳細に石材、遺物群を区別するために産地、遺物群同定に利用する。今回分析を行った遺物は、香川県善通寺市仙遊町に位置する旧練兵場遺跡出土の碧玉の産地・遺物群同定結果が得られたので報告する。

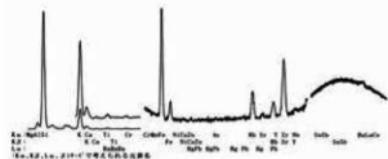
## (2) 碧玉原石の蛍光X線分析

第430図に韓国、浦項碧玉、浦項緑色凝灰岩、花仙山碧玉の蛍光X線スペクトルの例を示した。碧玉の蛍光X線分析で求めた含有元素の中で、石材、遺物成分群の産地同定に用いる元素比組成は、Al/Si、K/Si、Ca/K、Ti/K、K/Fe、Rb/Fe、Fe/Zr、Rb/Zr、Sr/Zr、Y/Zrである。Mn/Fe、Ti/Fe、Nb/Zrの元素比は非常に小さく、小さい試料の場合測定誤差が大きくなるので定量的な判定の指標とはせず、判定のときに、Sb、Ba、La、Ceのピーク高さとともに、定性的に原材産地を判定する指標として用いる。

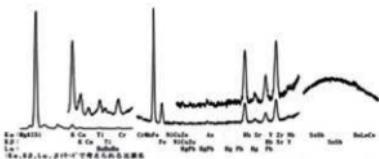
## (3) 碧玉の原産地と原石の分析結果

分析した碧玉の原石の原産地を第431図に示す。佐渡猿八原産地は、①新潟県佐渡郡畠野町猿八地区で、産出する原石は地元で青玉と呼ばれている緑色系の石で、良質なものは割れ面がガラス光沢を示し、質の良くないものは光沢の少ないグリーンタフ的なものである。産出量は豊富であったらしく採石跡が何ヶ所か見られる。今回分析した原石は猿八の各地点、小倉川河床から表探したもの、および地元で提供された原石などであり、また提供されたものの中には露頭から得られたものがあり、それはグリーンタフ層の間に約7cm幅の良質の碧玉層が挟まれた原石であった。分析した原石の比重は、2.6～2.1の間で大半は2.6～2.48で、この中には、茶色系碧玉も含まれ、原石の比重が2.6～2.3の範囲で違っても、碧玉の色が茶色、緑色、また、茶系色と緑系色の縞があるなど、多少色の違いがあっても分析した元素組成上には大きな差はみられなかった。出雲の花仙山は近世まで採掘が行われた原産地で、所在地は②島根県八束郡玉湯町玉造温泉地域である。横屋堀地区から産出する原石は、濃緑色から緑色の緻密で剥離面が光沢をもつ良質の碧玉から淡緑色から淡白色などいろいろで、他に硬度が低そうなグリーンタフの様な原石も見られる。良質な原石の比重は2.5以上あり、質が悪くなるにしたがって比重は連続的に2.2まで低くなる。分析した原石は、比重が2.619～2.600の間のものは10個、2.599～2.500は18個、2.499～2.400は7個、2.399～2.300は11個、2.299～2.200は11個、2.199～2.104は3個の合計60個である。比重から考えると碧玉からグリーンタフまでの領域のものが分析されているのがわかる。これら花仙山周辺の面白谷、瑪瑙公園、くらさこ地区などから原石を採取し元素組成の似た原石で、くらさこ群、面白谷瑪瑙群、花仙山凝灰岩群などを作った。玉谷原産地は、③兵庫県豊岡市辻、八代谷、日高町玉谷地域で産出する碧玉の色、石質などは肉眼では花仙山産の原石と全く区別がつかない。また、原石の中には緑系色に茶系色が混じるものもみられ、これは佐渡猿八原石の同質のものに非常によく似ている。比重も2.6以上あり、質は花仙山産、佐渡猿八原石より緻密で優れた感じのものもみられる。この様な良質の碧玉の採取は、産出量も少ないとから長時間をかけて注意深く行う必要がある。分析した玉谷産原石は、比重が2.644～2.600が多く、2.599～2.589の碧玉も少数採取できた。玉谷産原石は色の違いによる元素組成の差はみられなかった。また、玉谷原石と一致する元素組成の原石は日高町八代谷、石井、アンラクなどで採取できる。二俣原産地は、④石川県金沢市二俣町地域で、原石は二俣川の河原で採取できる。二俣川の源流は医王山であることから露頭は医王山に存在する可能性がある。この河原で見られる碧玉原石は、大部分がグリーンタフ中に層状、レンズ状に非常に緻密な部分として見られ

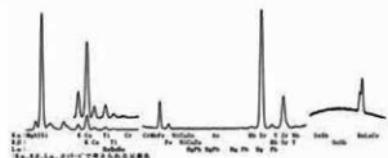
る。分析した 4 個の原石の中で、3 個は同一塊から 3 分割したもので、1 個は別の塊からのもので、前者の 3 個の比重は 2.42 で後者は 2.34 である。また元素組成は他の産地のものと異なっており区別できる。しかし、この 4 個が二俣原産地から産出する碧玉原石の特徴を代表しているかどうか検証するため、さらに分析個数を増やす必要がある。細入村の産地は、⑤富山県婦負郡細入村割山定座岩地区にあり、そのグリーンタフの岩脈に団塊として緻密な濃緑の碧玉質の部分が見られる。それは肉眼では他の産地の碧玉と区別できず、また、出土する碧玉製の玉類とも非常に似た石質である。しかし、比重を分析した 8 個は 2.25 ~ 2.12 と非常に軽く、この比重の値で他の原産地と区別できる場合が多い。土岐原産地は、⑥愛知県土岐市地域であり、そこでは赤色、黄色、緑色などが混じり合った原石が産出している。このうち緻密な光沢のよい濃緑色で比重が 2.62 ~ 2.60 の原石を碧玉として 11 個分析を行った。ここの原石は鉄の含有量が非常に大きく、カリウム含有量が小さいという特徴を持ち、この元素比の値で他の原産地と区別できる。興部産地は、⑦北海道紋別郡西興部村にあり、その碧玉原石は鉄の含有量が非常に高く、他の原産地と区別する指標になっている。また、比重が 2.6 以下のものはなく遺物の産地を特定する指標として重要である。石戸の産地は、⑧兵庫県氷上郡山南町地区にあり、その安山岩に脈岩として採取されるが産出量は非常に少なく淡い緑色で、比重も 2.6 以上で一部の碧玉の組成は玉谷産碧玉に似る。また大部分の原石は元素組成から他の産地の碧玉と区別できる。⑨北海道富良野市の空知川流域から採取される碧玉は濃い緑色で比重が 2.6 以上が 4 個、2.6 ~ 2.5 が 5 個、2.5 ~ 2.4 が 5 個である。その碧玉の露頭は不明で河原の疊から採取するため、短時間で良質のもの碧玉を多数収集することは困難である。また元素組成から他の産地の碧玉と区別できる。⑩北海道上磯郡上磯町の茂辺地川の川原で採取される碧玉は不均一な色の物が多く、管玉に使用できる色の均一な部分を大きく取り出せる原石は少ない。⑪石川県小松市菩提、那谷、滝ヶ原に緑色凝灰岩の露頭があり、その中に緻密な碧玉が含まれている。また、産出量は少ないが良質の碧玉が菩提川、宇田川から採取される。この地域から採取された碧玉の中に、女代南 B 遺物群に一致する元素組成の碧玉が含まれる。⑫大分県九重町・九重町歴史民族資料館付近から緻密で比重が 2.1 ~ 2.2 の淡緑色~緑色系、茶褐色系などの凝灰岩が採取され、玉材の可能性も推測される。最近、韓国、浦項地域から良質の碧玉及び緑色凝灰岩が見つかり、浦項碧玉 A 群、浦項碧玉 B 群及び浦項緑色凝灰岩 A 群を作った。これら原石を原産地ごとに統計処理を行い、元素比の平均値と標準偏差値をもとめて母集団を作り合計 62 個を表 1-1 に示す。各母集団に原産地名を付けてその産地の原石群として、例えば原産地名が花仙山の場合、花仙山群と呼ぶことにする。花仙山群は比重によって 2 個の群に分けて表に示したが比重は異なっても元素組成に大きな違いはみられない。したがって、統計処理は一緒ににして行い、花仙山群として取り扱った。原石群とは異なるが、例えば、豊岡市女代南遺跡で主体的に使用されている原石産地不明の碧玉製玉類の原材料で、玉作り行程途中の遺物が多数出土している。当初、原石産地を探索すると言う目的で、これら玉、玉材遺物で作った女代南 B (女代 B) 群であるが、同質の材料で作られた可能性がある玉類は最近の分析結果で日本全土に分布していることが明らかになってきた。宇木汲田遺跡で採取された産地不明の管玉の中で相互に似た元素組成のものを集めて未定 C (未定 (C)) 群を作った。また、岐阜県可児市の中塙古墳出土の管玉で作った長塚 (1)、(2) 遺物群、多摩ニュータウン遺跡、梅田古墳群、上ノ段遺跡、梅田東古墳群、新方遺跡、青谷 A、B 遺物群その他の遺跡などから出土した玉類および玉材剥片でそれぞれ遺物群を作り他の遺跡、墳墓から出土する玉類に組成が一致するか定量的に判定できるようにし、現在原石・遺物群は合計 508 個になり、これら原石・遺物群を第 33・34 表に示した。この他、鳥取県の福部村多鯨池、鳥取



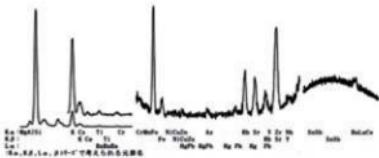
第432図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.1 の蛍光X線スペクトル



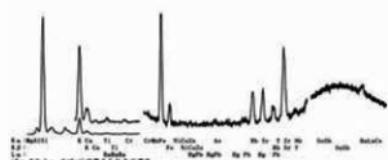
第433図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.2 の蛍光X線スペクトル



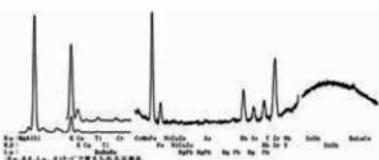
第434図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.3 の蛍光X線スペクトル



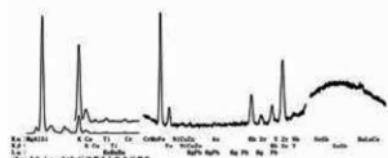
第435図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.4 の蛍光X線スペクトル



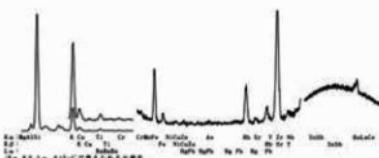
第436図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.5 の蛍光X線スペクトル



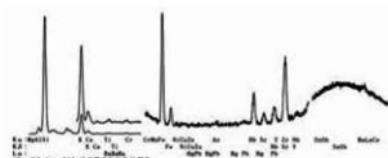
第437図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.6 の蛍光X線スペクトル



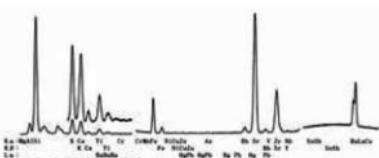
第438図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.7 の蛍光X線スペクトル



第439図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.8 の蛍光X線スペクトル



第440図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.9 の蛍光X線スペクトル



第441図 旧練兵場遺跡出土管玉 N0.10 の蛍光X線スペクトル

市防己尾岬などの自然露頭からの原石を 4 個分析した。比重は 2.6 以上あり元素比組成は、興部、玉谷、土岐石に似るが、他の原産地の原石とは組成で区別される。また、緑系の原石ではない。兵庫県香住町の海岸から採取された親指大 1 個の碧玉様の玉材は貝殻状剥離がみられる緻密な石質で少し青っぽい緑の石材で玉の原材料になると思われる。この玉材の蛍光 X 線分析の結果では、興部産碧玉に似ているが、ESR 信号および比重 (2.35) が異なっているため、興部産碧玉と区別ができる。

#### (4) 蛍光 X 線分析法および電子スピン共鳴法による碧玉原材との比較

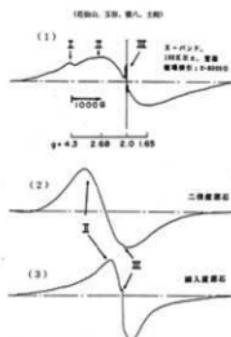
遺跡から出土した玉類の汚染の少ない部分を探して完全な非破壊分析を行っている。遺物の原材产地の同定をするために、(1) 蛍光 X 線法で求めた原石群と碧玉製造物の分析結果を数理統計の手法を用いて比較をする定量的な判定法で行なう。(2) また、10 mm 以下の遺物については、ESR 分析法により各産地の原石の信号と遺物のそれを比較して、似た信号の原石の産地の原材であると推測する。

#### (5) 蛍光 X 線法による産地、遺物群分析

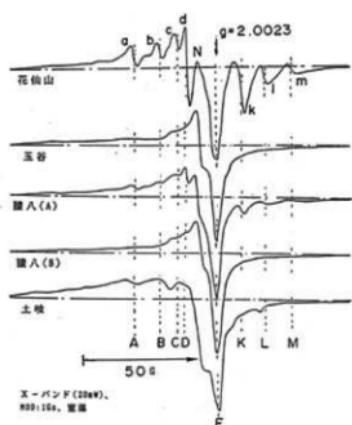
これら産地同定結果は蛍光 X 線分析装置はセイコの SEA100L L型を使用し、管玉の蛍光 X 線分析のスペクトルを第 432 ~ 441 図に示し、管玉 No. 1、No. 2、No. 4 ~ No. 9 は比重をアルキメデス法で測定し、比重が約 2.5 以上で良質の碧玉と思われ、No. 3 (T-49)、No. 11 は比重が 2.235、2.331 で緑色凝灰岩に分類した。また、同定のために元素成分比を求めて、比重とともに結果を第 35 表に示した。遺物の石材産地を特定するために、分類された原石・遺物群の 508 個の各元素比と分析した管玉、勾玉の元素比結果と比較する。このとき、原石遺物群の元素比には分散 (10 個)、共分散 (元素間相関を考慮した散布図の個数でみると 45 個の元素比散布図になる) が求められている。各原石・遺物群の元素比の平均値と標準偏差のみを第 33・34 表に示している。この原石・遺物群と遺物の分析値を比較することになるが、元素比間の散布図は 1 原石群あたり 55 個になり、508 個の原石・遺物群であることから、1 個の管玉、勾玉の判定に 508X (45 + 10) = 27940 個の散布図を描いての判定になる。散布図を描いて、客観的に判定することは不可能であり、散布図で人間が判定するには 27940 個の中から主観的に推測している原産地に一致した散布図の数個を選んで判定し、一致した産地以外の原石・遺物群との比較は行

わない (508 個も数が多く行えない)。従って、遺物 1 個について、27940 個の散布図から客観的に判定を行うために数理統計のマハラノビスの距離を求め、それらの結果を用いてホテリング  $T^2$  乗検定を元素比を 8 元素として近似計算により同定を行っているため、確率は小さめに算出されている。また定量的信頼限界を 5% 以上に、定性的信頼限界を 0.1% に設定して、0.1% 以上で同定された原石・遺物群を記入し、0.09% 以下で同定された原石・遺物群については記入を省略し検定結果を第 36 表に示した。

例えば分析番号 131006 の管玉 No. 6 の同定結果は元素比組成の似た各群と同時に、女代南 B 遺物群 (58%)、滝ヶ原 (25%)、菩提-1 (17%) の複数の群に同定されて 1 地点に決められない、一致する 1 地点に決められない (一つの遺物の石材を 2 地点から採取できなく矛盾が生じる)。自然界の中に同じ元素比を持つ



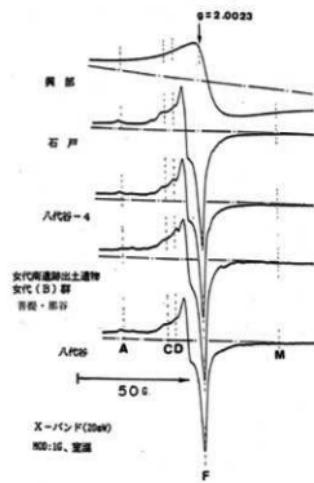
第 442 図 碧玉原石 ESR スペクトル



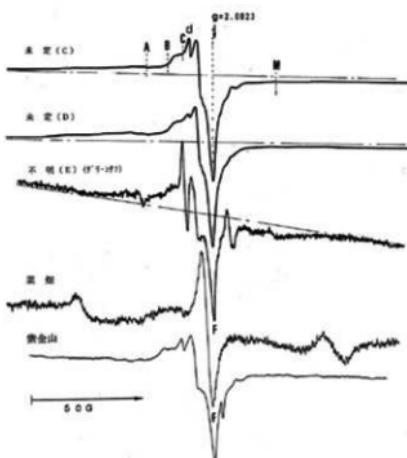
第443図 碧玉原石の信号（III）のESRスペクトル



第445図 碧玉原石の信号（III）のESRスペクトル



第444図 碧玉原石の信号（III）のESRスペクトル



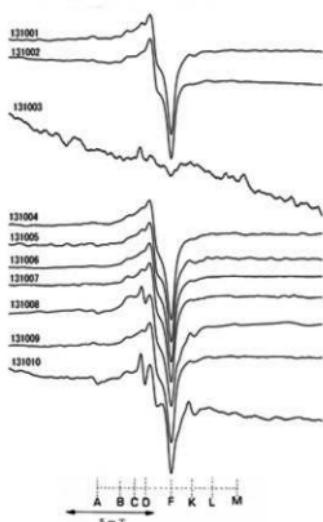
第446図 碧玉原石の信号（III）のESRスペクトル

石材が存在しないことが証明されない限り、一致法と言う判定方法は成立しない。一つの地域内の異なる地点で採取した原石は比較的相互に似た組成の群になる。また、一つの地域内の原産地遺跡で採取された原石は加工され、未定 C 群の様に東アジアの広い地域に伝播する。女代南 B 遺物群（例えば群を土器様式の一つの様に考え分布図を求める）が小松市地域の滝ヶ原地点、菩提地点に存在するとと思われる原産地遺跡の遺物と考えると一つの地域内を遠く離れた遺跡の遺物と同じ元素組成示し、管玉 No. 6 が複数の群に一致すること（元素接合）が推測できる。また、見逃してしまう結果は元素接合しなかつた石材産地および遺物群の遺跡の石材が使用されていないことが確率（0.09% から約 0% の定量的な数値）で証明されていること。遺物の産地分析結果が考古学の参考資料として意味を持つのは、第 36 表の産地同定結果に記されていない。第 33・34 表の原石・遺物群を作った産地・遺跡と関係がなかったと言い切れる重要な考古学的意味が示されていることである。碧玉の地質学的産地の小松市滝ヶ原、菩提地区の玉材と元素組成が一致したが、遺跡は発見されていない。最も近い遺跡は八日市地方遺跡でこれら滝ヶ原、菩提の碧玉が使用されていることを分析で確認しているので、滝ヶ原、菩提が考古学的産地の可能性が非常に高が、考古学と関連さすには、考古学者により原産地遺跡の証明が待たれ、また、黒曜石、安山岩、ヒスイ、滑石など全ての地質学的産地についても考古学と関連さすには原産地遺跡の証明が必要と思われる。原産地遺跡の証明はないが、女代南 B 遺物群を使用する遺跡（例えば土器様式の分布図と同じように考える）考古学の参考資料として重要な結果で、また、見逃してしまう結果は第 36 表の産地同定結果に記されていない第 33・34 表の原石・遺物群を作った産地・遺跡との同定確率を計算していく紙面の都合上省略したが、これら産地・遺跡と関係がなかったと言い切れる重要な考古学的意味が示されていることである。管玉 No. 3 は何処の原石・遺物群にも信頼限界の確率以上で同定

できなかつたために、管玉の分析場所を変えながら統計処理が可能な 40 回以上分析し、出土遺跡名と遺物番号をつけた、旧練兵場 T-49 管玉群の遺物群を作った。この遺物群を第 34 表に登録し、将来、他の遺跡で同じ組成の遺物が使用されていたか、また新たに見つかった原石産地の原石に一致するか判定出来るようにした。より産地を正確に特定するために、蛍光 X 線分析法で同定された遺物の結果が ESR 分析の結果と一致するか ESR 分析を行つた。

#### (6) ESR 法による産地分析

ESR 分析は碧玉原石に含有されているイオンとか、碧玉が自然界からの放射線を受けてできた色中心などの常磁性種を分析し、その信号から碧玉産地間を区別する指標を見つけて、産地分析に利用した。ESR の測定は完全な非破壊分析であり、直徑が 11mm 以下の管玉なら分析は可能で、小さい物は胡麻粒大のものでも分析ができる場合がある。第 447 図の ESR のスペクトルは、幅広く磁場掃引したときに得られた信号スペク



第 447 図 管玉の ESR 信号 (III) のスペクトル

トルで、 $g$  値が 4.3 の小さな信号（I）は鉄イオンによる信号で、 $g$  値が 2 付近の幅の広い信号（II）と何本かの幅の狭いピーク群からなる信号（III）で構成されている。第 442 図（1）では、信号（II）より信号（III）の信号の高さが高く、第 442 図（2）、第 442 図（3）の二俣、細入原石ではこの高さが逆になっているため、原石産地の判定の指標に利用できる。各原産地の原石の信号（III）の信号の形は産地ごとに違いがあり産地分析の指標となる第 443 図には花仙山、猿八、玉谷、土岐を示し、第 444 図には興部、石戸、八代谷-4、女代 B 遺物群、八代谷を示し、そして第 445 図には富良野市空知川の空知（A）、（B）、北海道今金町花石および茂辺地川の各原石の代表的な信号（III）のスペクトルを示した。また、第 446 図には宇木渓田遺跡の管玉で作った未定 C 形と未定 D 形およびグリーンタフ製管玉によく見られる不明 E 形、菜畑形、紫金山形を示した。ESR 分析では碧玉の ESR 信号の形が、あらかじめ ESR 分析している原石、および産地不明遺物群の ESR 信号形と一致した場合、そこの産地の可能性が大きいことを示唆している。今回分析した旧練兵場所遺跡出土の管玉の ESR 信号を第 447 図に示す。分析番号 131001、131002、131004～131007、131009 番の管玉の ESR 信号（III）の形は菩提、滝ヶ原産原石、および女代南 B 形を、131008 番は未定 C 形、131010 番は青谷寺地 A 遺物群に同定された遺物が示す不明 E 形であった。また、131003 番の緑色凝灰岩製の管玉の ESR 信号（III）は検出限界以下で不明であった。より正確な原石産地を推測するために蛍光 X 線分析の結果と組み合わせ総合判定として、両方法とともに同じ原産地に特定された場合は、蛍光 X 線の元素分析のみで判定した原石・遺物群産地よりも正確に、そこの原石・遺物群と同じものが使用されているとして総合判定原石産地の欄に結果（第 36 表）を記した。

## （7）結論

今回分析した旧練兵場遺跡出土の管玉の産地同定判定（第 36 表）は蛍光 X 線分析法による結果を重視し、ESR 分析法の両結果が一致したとき、より精度高く判定されているとした。女代南 B 遺物群に一致した遺物の多くは同時に小松市菩提-那谷・滝ヶ原地域の碧玉原石に同定されることから、無理矢理、小松市菩提-那谷・滝ヶ原地域に未発見の原産地遺跡（最初に古代人が原石を取った地点）が存在すると仮定して考古学に関連させた。菩提-1 群、滝ヶ原群と女代南 B 遺物群と同時に同定された遺物について、小松市菩提-那谷・滝ヶ原地域の原石が使用されているとの同定には異論は少ないと思われる。女代南 B 遺物群のみに同定された遺物も菩提-那谷・滝ヶ原地域の原石とする理由は、調査した菩提-那谷・滝ヶ原地域の調査した原石の中に女代南 B 遺物群のみの組成の原石脈が先史人の採取時には存在したが、現在は消失、または未発見になっていると推測した。管玉 No. 2（分析番号 131002 番）は豊岡市女代南遺跡で碧玉剥片の 40% が、近くの玉谷産地碧玉が使用されていて、管玉 No. 8（分析番号 131008 番）は未定 C 遺物群に一致し、樋築墳丘墓出土管玉には女代南 B 遺物群の管玉はみられないが、玉谷碧玉管玉と未定 C 遺物群の管玉が多数使用されている。管玉 No.11（分析番号 131010 番）は青谷上寺地遺跡で多用されている青谷上寺地 A 遺物群に蛍光 X 線分析、ESR 両結果が一致している。旧練兵場遺跡では、山陰地域で使用されている管玉に元素接合する石材の種類が多く見られた。緑色凝灰岩製と思われる管玉 No. 3（131003 番）は何処の原石・遺物群にも信頼限界の確率以上で同定できなかったために、管玉の分析場所を変えながら統計処理が可能な 40 回以上分析し、旧練兵場 T-49 管玉群作り、この遺物群を表 1 に登録し、将来、他の遺跡で同じ組成の遺物が使用されていたか、また新たに見つかった原石産地の原石に一致するか判定出来るようにした。旧練兵場 T-49 管玉群は一個の管玉

で作った群で、組成のバラツキ（標準偏差）幅の小さい群になり、一致した他の遺跡の管玉石材は同じ母岩で作られた兄弟玉として同定されると思われる。調査された遺跡で使用されている玉材などの分析結果を紹介する。蛍光 X 線分析法で韓国から管玉製品が輸入された未定 C 遺物群に一致する管玉は、青谷上寺地遺跡、弥生時代草創期の菜畑遺跡、弥生時代初期の兵庫県・本山遺跡にみられる菜畑形 ESR 信号、そして宇木汲田遺跡、持田三丁目遺跡にみられる未定 (C) 形 ESR 信号、古墳時代前期の紫金山形 ESR 信号に大別できそうである。女代南 B 群は弥生時代を中心に使用された原石で、豊岡市の女代南遺跡の中期の玉作り過程の石片、滋賀県の筑摩垣、立花遺跡出土の管玉、神戸市の玉津田中遺跡の中期の石片、管玉には玉谷産と共に使用されていた。京都府の日吉ヶ丘遺跡で使用され、余部遺跡で剥片には玉谷産原石が使用されている。関東地方では埼玉県蓮田市宿下遺跡、東海地方では、清洲町朝日遺跡、新城市大宮の大ノ木遺跡の弥生時代の管玉に、畿内地域では東大阪市の、鬼虎川、巨摩、亀井、久宝寺北、久宝寺南遺跡で、また中国地方では、作用町の長尾・沖田遺跡の中期末の管玉、総社市の南溝手遺跡出土の弥生前期末～中期初頭の玉材、岡山市の百間川原尾島遺跡出土の管玉、岡山県川上村下郷原和田遺跡の管玉、鳥取県羽合町の長瀬高浜遺跡の中期中葉の管玉、米子市の御建山遺跡尾高 19 号墳第 2 主体部出土の管玉、東広島市の西本 6 号遺跡の管玉に使用されている。四国地方では徳島県板野町の蓮華谷古墳群 II、2 号墳、3 世紀末の管玉、香川県善通寺市の彼ノ宗遺跡の末期の管玉に使用され、九州地方では、多久市牟田辺遺跡の中期の管玉、また宇木汲田遺跡の管玉に使用されていた。また、続縄文時代には北海道の上磯町茂別遺跡、余市大川遺跡、千歳市キウス遺跡にまで伝播し、女代南 B 群の原石は糸魚川産ヒスイに匹敵する広い分布圏を示している。南溝手遺跡の中期前葉の管玉片には、唐津市の宇木汲田遺跡の管玉で作った未定 C 群の原石が使用され、この未定 C 群は坂出市の龍川・五条遺跡の管玉、今治市の持田町 3 丁目遺跡の前期の管玉、大和町の尼寺一本松遺跡の管玉、多久市牟田辺遺跡の中期の管玉、吉野ヶ里遺跡の南西サブトレ出土の管玉に使用され、土井ヶ浜遺跡でも使用されている。また、吹上遺跡でも使用されている猿八産原石は弥生時代に主に使用され、北海道余市町の大川遺跡および茂別遺跡の続縄文時代では女代南 B 群原石の管玉と共に使用され、江別市の大麻 22 遺跡出土の続縄文（後北 C 1 式）の管玉に、七飯町の大中山 13 遺跡（続縄文）出土の管玉に使用され、佐渡島以北で主に使用されていることが明らかになっている。西日本では、鳥取県の高瀬長浜遺跡では女代南 B 群と同時に猿八産碧玉が使用されているにすぎない。これら佐渡産碧玉、那谷・菩提産碧玉、女代南 B 群の原石は、これら玉類の使用圏からみて、日本海を交易ルートとし遠距離に伝播したと推測され、伝播には遺跡をリレー式に伝わる場合、また、產地から遠距離の遺跡に直接到達する場合などが考えられる。未定 C 群の管玉が韓国で作られ、西北九州地方および瀬戸内海ルートを通って伊予、備前、讃岐へ流入し現在の東進の限界は朝日遺跡で播磨、揖津、大和、近江を飛び越え、尾張の朝日遺跡に伝播したことが明らかになり東進の限界が一気に 300 Km 延びる可能性がでている（第 431 図）。花仙山産原石は弥生後期に笠見第 3 遺跡で使用されているが、大半は、北陸産と推測している女代南 B 遺物群が搬入されている。これは遺跡から近い產地が多用されるとはかぎらないことを示し、先史の交易を推測する貴重な例と思われる。玉類の產地分析の困難さは原石の入手で、產地同定を定量的に行う場合、統計処理の母集団（原石群）を作り、原石群の組成の変動を評価するため多数の原石が必要で、女代南 B 遺物群を作る遺物の一部は菩提・那谷産地に一致するが、全ての組成の遺物を菩提・那谷地区に存在するか調査を深めていく必要がある。また、未定 C 群、不明の管玉などの原石産地を明らかにし、これら不明遺物群の原石群を作ること、また、玉類に使用されている產地の原石が多い方が、その產地地方との文化交

流が強いと推測できることから、日本各地の遺跡から出土する貴重な管玉を数多く分析することが重要で、是非とも各地の遺跡の詳細な碧玉製造物の科学的調査が必要であるが現在調査が殆ど進んでいないのが現状で、国庫補助での発掘調査には必ず科学的調査も加えるべきだと思う。今回行った産地分析は完全な非破壊で、玉類、碧玉産地に関する小さな情報であっても御提供頂ければ発掘遺跡の古代人の活動がさらに明らかになると思われます。

## 参考文献

- 1) 稲原一也 (1964)、長者が原遺跡産のヒスイ（翡翠）について（概報）。長者ヶ原、新潟県糸魚川市教育委員会 63-73
- 2) 薩科哲男・東村武信 (1987)、ヒスイの産地分析。富山市考古資料館紀要 61-18
- 3) 薩科哲男・東村武信 (1990)、奈良県内遺跡出土のヒスイ製玉類の産地分析。櫻原考古学研究所紀要「考古学論叢」.1495-109
- 4) 薩科哲男・東村武信 (1983)、石器原材料の産地分析。考古学と自然科学.16:59-89
- 5) Tetsuo Warashina (1992), Allocation of Jasper Archeological Implements By Means of ESR and XRF. Journal of Archaeological Science 19:357-373
- 6) 東村武信 (1976)、産地推定における統計的手法。考古学と自然科学.9:77-90

第 33 表 碧玉原石群

原石番号	分析	Al/Si	K/Si	Ca/K	Ti/K	K/Fe	Rb/Fe	Eu/Fe	Rb/Zr	Sr/Zr	V/Zr	Ba/Zr	Mn/Fe	Ti/Fe	Nd/Fe	比重	
	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	Xav ± σ	
花崗岩 1 + 2	63 [0.021 ± 0.003]	1.289 ± 0.172	0.052 ± 0.020	0.189 ± 0.059	0.060 ± 0.006	0.251 ± 0.022	0.004 ± 0.004	0.241 ± 0.003	0.219 ± 0.008	0.140 ± 0.007	2.057 ± 0.025	0.446 ± 0.135	0.127 ± 0.084	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	2.288 ± 294.1	
花崗岩 1	33 [0.023 ± 0.002]	1.003 ± 0.172	0.060 ± 0.021	0.155 ± 0.031	0.027 ± 0.008	0.053 ± 0.001	0.029 ± 0.001	0.021 ± 0.001	0.020 ± 0.008	0.009 ± 0.007	1.932 ± 0.052	0.483 ± 0.132	0.129 ± 0.085	0.004 ± 0.004	0.004 ± 0.004	2.270 ± 0.044	
花崗岩 2	30 [0.019 ± 0.003]	1.038 ± 0.227	0.066 ± 0.022	0.155 ± 0.031	0.027 ± 0.008	0.053 ± 0.001	0.029 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.008	0.009 ± 0.007	1.932 ± 0.052	0.483 ± 0.132	0.129 ± 0.085	0.004 ± 0.004	0.004 ± 0.004	2.288 ± 0.044	
花崗岩 3	46 [0.020 ± 0.003]	1.286 ± 0.170	0.052 ± 0.020	0.144 ± 0.044	0.064 ± 0.010	0.216 ± 0.026	0.006 ± 0.006	0.022 ± 0.002	0.020 ± 0.007	17.048 ± 2.050	2.039 ± 0.023	0.446 ± 0.135	0.181 ± 0.134	0.028 ± 0.028	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	2.428 ± 2.000
黑雲母	35 [0.011 ± 0.003]	0.586 ± 0.230	0.123 ± 0.027	0.155 ± 0.031	0.061 ± 0.040	0.022 ± 0.006	0.020 ± 0.006	0.025 ± 0.005	0.010 ± 0.019	2.043 ± 0.075	0.668 ± 0.035	0.135 ± 0.068	0.034 ± 0.039	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	2.2 ± 0.000
黑雲母 - 1	48 [0.048 ± 0.006]	0.606 ± 0.238	0.126 ± 0.028	0.155 ± 0.031	0.061 ± 0.040	0.028 ± 0.009	0.025 ± 0.008	0.025 ± 0.007	0.017 ± 0.019	2.043 ± 0.075	0.668 ± 0.035	0.135 ± 0.068	0.034 ± 0.039	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	2.2 ± 0.000
石榴子 - 1	26 [0.048 ± 0.004]	0.010 ± 0.132	1.192 ± 0.051	0.159 ± 0.058	0.002 ± 0.008	0.020 ± 0.017	0.235 ± 0.148	0.067 ± 0.016	1.662 ± 0.096	0.002 ± 0.030	12.046 ± 3.006	0.002 ± 0.005	0.002 ± 0.005	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	2.1 ± 0.000	
碧玉 A 1	42 [0.026 ± 0.006]	1.036 ± 0.285	0.278 ± 0.047	0.547 ± 0.119	0.062 ± 0.013	0.134 ± 0.008	0.056 ± 0.009	0.029 ± 0.009	0.020 ± 0.010	12.046 ± 3.006	0.002 ± 0.005	0.002 ± 0.005	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	2.2 ± 0.000		
碧玉 A 2	46 [0.021 ± 0.006]	0.869 ± 0.454	0.252 ± 0.065	0.547 ± 0.119	0.062 ± 0.013	0.134 ± 0.008	0.056 ± 0.009	0.029 ± 0.009	0.020 ± 0.010	12.046 ± 3.006	0.002 ± 0.005	0.002 ± 0.005	0.008 ± 0.008	0.008 ± 0.008	2.2 ± 0.000		
碧玉 B	17 [0.044 ± 0.004]	0.609 ± 0.258	0.189 ± 0.048	0.101 ± 0.039	0.020 ± 0.012	0.037 ± 0.007	0.049 ± 0.007	0.021 ± 0.007	0.017 ± 0.011	0.914 ± 0.110	0.100 ± 0.062	0.137 ± 0.062	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	2.267 ± 0.001	
碧玉 C	46 [0.042 ± 0.005]	0.773 ± 0.349	0.189 ± 0.062	0.174 ± 0.031	0.025 ± 0.013	0.036 ± 0.007	0.026 ± 0.007	0.025 ± 0.007	0.015 ± 0.013	0.564 ± 0.133	0.117 ± 0.134	0.128 ± 0.134	0.003 ± 0.003	0.003 ± 0.003	0.003 ± 0.003	2.267 ± 0.001	
碧玉 D	49 [0.048 ± 0.003]	0.363 ± 0.251	0.016 ± 0.033	0.063 ± 0.013	0.013 ± 0.003	0.013 ± 0.003	0.007 ± 0.006	0.003 ± 0.003	0.003 ± 0.003	0.003 ± 0.003	0.002 ± 0.002	0.015 ± 0.012	0.007 ± 0.007	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	2.241 ± 0.002	
碧玉 E	38 [0.2]	0.304 ± 0.002	0.307 ± 0.033	0.002 ± 0.003	0.007 ± 0.011	0.007 ± 0.007	0.004 ± 0.004	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	2.256 ± 0.007	
碧玉 F	56 [0.046 ± 0.001]	0.306 ± 0.144	0.006 ± 0.044	0.002 ± 0.002	0.006 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	0.005 ± 0.005	2.246 ± 0.007	
碧玉 G	56 [0.071 ± 0.005]	0.383 ± 0.141	0.125 ± 0.021	0.485 ± 0.033	0.010 ± 0.008	0.211 ± 0.011	0.009 ± 0.009	0.053 ± 0.054	0.058 ± 0.058	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	
高鐵 - 1	56 [0.045 ± 0.001]	0.383 ± 0.141	0.125 ± 0.021	0.485 ± 0.033	0.010 ± 0.008	0.211 ± 0.011	0.009 ± 0.009	0.053 ± 0.054	0.058 ± 0.058	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002		
高鐵 - 2	50 [0.049 ± 0.004]	0.368 ± 0.122	0.020 ± 0.006	0.115 ± 0.010	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.263 ± 0.008	
高鐵灰岩 1	46 [0.046 ± 0.003]	0.367 ± 0.136	0.020 ± 0.006	0.115 ± 0.010	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.270 ± 0.012	
高鐵灰岩 2	46 [0.048 ± 0.000]	0.389 ± 0.045	0.025 ± 0.006	0.060 ± 0.003	0.012 ± 0.003	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	2.21 ± 0.005	
绿泥石 H17	46 [0.045 ± 0.005]	0.304 ± 0.136	0.020 ± 0.006	0.106 ± 0.012	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.246 ± 0.006	
小食川 1 - 12	45 [0.045 ± 0.003]	0.312 ± 0.136	0.020 ± 0.006	0.115 ± 0.012	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.248 ± 0.005	
小食川 1 - 24	37 [0.022 ± 0.007]	0.252 ± 0.032	0.028 ± 0.007	0.075 ± 0.005	0.126 ± 0.006	0.027 ± 0.007	0.126 ± 0.126	0.005 ± 0.005	0.027 ± 0.027	0.005 ± 0.005	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.243 ± 0.005	
小食川 1 - 37	46 [0.046 ± 0.003]	0.368 ± 0.122	0.020 ± 0.006	0.115 ± 0.010	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.288 ± 0.005	
小食川 1 - 38	46 [0.046 ± 0.003]	0.368 ± 0.122	0.020 ± 0.006	0.115 ± 0.010	0.030 ± 0.008	0.026 ± 0.007	0.082 ± 0.082	0.008 ± 0.008	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.288 ± 0.005	
小食川 1 - 39	46 [0.047 ± 0.002]	0.364 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.107 ± 0.014	0.030 ± 0.011	0.026 ± 0.009	0.085 ± 0.085	0.009 ± 0.009	0.026 ± 0.026	0.007 ± 0.007	0.145 ± 0.147	0.016 ± 0.017	0.016 ± 0.017	0.014 ± 0.014	0.014 ± 0.014	2.288 ± 0.005	
小食川 1 - 40	46 [0.040 ± 0.006]	0.365 ± 0.036	0.020 ± 0.006	0.040 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.296 ± 0.006	
会津深谷 1	42 [0.029 ± 0.002]	0.364 ± 0.049	0.020 ± 0.006	0.045 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 1	46 [0.041 ± 0.003]	0.354 ± 0.130	0.020 ± 0.007	0.040 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 2	46 [0.022 ± 0.002]	0.365 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.045 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 3	46 [0.047 ± 0.003]	0.363 ± 0.138	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 4	46 [0.047 ± 0.002]	0.356 ± 0.132	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 5	46 [0.040 ± 0.004]	0.360 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.048 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.048 ± 0.048	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 6	46 [0.045 ± 0.002]	0.365 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.045 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 7	46 [0.041 ± 0.003]	0.363 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 8	46 [0.042 ± 0.002]	0.364 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 9	46 [0.044 ± 0.002]	0.359 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.048 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.048 ± 0.048	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 10	46 [0.040 ± 0.006]	0.365 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.045 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.045 ± 0.045	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 11	46 [0.045 ± 0.002]	0.364 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 12	46 [0.042 ± 0.002]	0.365 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177 ± 0.177	0.019 ± 0.019	0.019 ± 0.019	0.017 ± 0.017	0.017 ± 0.017	2.298 ± 0.006	
会津深谷 1 - 13	46 [0.043 ± 0.002]	0.364 ± 0.130	0.020 ± 0.006	0.047 ± 0.012	0.010 ± 0.006	0.019 ± 0.005	0.047 ± 0.047	0.009 ± 0.009	0.027 ± 0.027	0.009 ± 0.009	0.177						

原石群名	分析 編號	Al/Si $\times \sigma$	K/Si $\times \sigma$	Ca/K $\times \sigma$	Ti/K $\times \sigma$	K/Fe $\times \sigma$	Rb/Fe $\times \sigma$	Fe/Zr $\times \sigma$	Rb/Zr $\times \sigma$	Sr/Zr $\times \sigma$	Y/Zr $\times \sigma$	Ba/Zr $\times \sigma$	Mn/Fe $\times \sigma$	Ti/Fe $\times \sigma$	Nb/Zr $\times \sigma$	Hg $\times \sigma$	
—	45	0.040 ± 0.003	0.220 ± 0.040	0.284 ± 0.015	0.028 ± 0.001	0.0175 ± 0.0001	0.0077 ± 0.0001	1.068 ± 0.0001	0.0099 ± 0.0001	0.0069 ± 0.0001	0.0068 ± 0.0001	0.0068 ± 0.0001	0.0046 ± 0.0001	0.0209 ± 0.0007	2.448 ± 0.0001	Xav ± σ	
Li	44	0.019 ± 0.002	0.179 ± 0.271	0.083 ± 0.040	0.165 ± 0.008	0.015 ± 0.006	0.234 ± 0.064	0.664 ± 1.729	1.183 ± 0.284	0.613 ± 0.123	0.462 ± 0.061	0.670 ± 0.017	0.017 ± 0.003	0.0487 ± 0.003	2.396 ± 0.008	Xav ± σ	
海綿狀矽卡岩	4	0.031 ± 0.002	0.147 ± 0.046	0.077 ± 0.021	0.165 ± 0.008	0.002 ± 0.001	0.190 ± 0.062	1.566 ± 1.549	0.990 ± 0.014	0.300 ± 0.022	0.277 ± 0.052	0.603 ± 0.008	0.016 ± 0.001	0.122 ± 0.009	2.536 ± 0.003	Xav ± σ	
Y7777-1	44	0.046 ± 0.007	0.242 ± 0.057	0.115 ± 0.020	0.166 ± 0.006	0.006 ± 0.001	0.250 ± 0.048	0.453 ± 0.013	0.869 ± 0.044	0.146 ± 0.044	0.146 ± 0.057	0.603 ± 0.011	0.025 ± 0.003	0.128 ± 0.018	2.497 ± 0.015	Xav ± σ	
花崗岩-矽卡岩	44	0.037 ± 0.002	0.172 ± 0.093	0.075 ± 0.022	0.155 ± 0.005	0.017 ± 0.001	0.259 ± 0.056	0.579 ± 0.063	0.579 ± 0.063	0.115 ± 0.034	0.117 ± 0.047	0.607 ± 0.012	0.023 ± 0.004	0.111 ± 0.009	2.525 ± 0.004	Xav ± σ	
小斜-半斜-矽卡岩	—	62	0.039 ± 0.010	0.150 ± 0.086	0.035 ± 0.029	0.129 ± 0.005	0.015 ± 0.001	0.323 ± 0.147	0.347 ± 0.025	0.781 ± 0.069	0.053 ± 0.093	0.053 ± 0.093	0.603 ± 0.011	0.026 ± 0.009	0.258 ± 0.012	2.536 ± 0.006	Xav ± σ
小斜-半斜-矽卡岩	62	0.040 ± 0.010	0.159 ± 0.086	0.035 ± 0.029	0.129 ± 0.005	0.015 ± 0.001	0.323 ± 0.147	0.347 ± 0.025	0.781 ± 0.069	0.053 ± 0.093	0.053 ± 0.093	0.603 ± 0.011	0.026 ± 0.009	0.258 ± 0.012	2.536 ± 0.006	Xav ± σ	
小斜-半斜-矽卡岩	62	0.042 ± 0.010	0.159 ± 0.086	0.035 ± 0.029	0.129 ± 0.005	0.015 ± 0.001	0.323 ± 0.147	0.347 ± 0.025	0.781 ± 0.069	0.053 ± 0.093	0.053 ± 0.093	0.603 ± 0.011	0.026 ± 0.009	0.258 ± 0.012	2.536 ± 0.006	Xav ± σ	
小斜-半斜-矽卡岩	62	0.042 ± 0.010	0.159 ± 0.086	0.035 ± 0.029	0.129 ± 0.005	0.015 ± 0.001	0.323 ± 0.147	0.347 ± 0.025	0.781 ± 0.069	0.053 ± 0.093	0.053 ± 0.093	0.603 ± 0.011	0.026 ± 0.009	0.258 ± 0.012	2.536 ± 0.006	Xav ± σ	
小斜-半斜-矽卡岩	63	0.061 ± 0.007	0.171 ± 0.024	0.067 ± 0.007	0.128 ± 0.045	0.0429 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.316 ± 0.073	0.371 ± 0.052	0.415 ± 0.051	0.638 ± 0.017	0.113 ± 0.038	0.016 ± 0.009	0.043 ± 0.008	0.018 ± 0.011	2.473 單樣本	
花崗岩 (花崗岩)	43	0.026 ± 0.004	0.197 ± 0.246	0.075 ± 0.018	0.261 ± 0.072	0.036 ± 0.006	0.125 ± 0.053	0.153 ± 0.257	0.241 ± 0.069	0.383 ± 0.126	0.184 ± 0.050	0.609 ± 0.015	0.008 ± 0.001	0.001 ± 0.006	2.290 ± 0.151	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	40	0.019 ± 0.006	1.080 ± 0.161	0.080 ± 0.012	0.128 ± 0.042	0.0077 ± 0.007	0.161 ± 0.027	0.129 ± 0.046	0.187 ± 0.060	0.390 ± 0.111	0.329 ± 0.041	0.609 ± 0.016	0.011 ± 0.006	0.011 ± 0.006	2.462 ± 0.247	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	40	0.027 ± 0.006	1.449 ± 0.075	0.037 ± 0.007	0.161 ± 0.027	0.0077 ± 0.007	0.129 ± 0.046	0.127 ± 0.046	0.187 ± 0.060	0.390 ± 0.111	0.329 ± 0.041	0.609 ± 0.016	0.011 ± 0.006	0.011 ± 0.006	2.428 ± 0.247	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	36-41	0.022 ± 0.001	1.449 ± 0.075	0.037 ± 0.007	0.161 ± 0.027	0.0077 ± 0.007	0.129 ± 0.046	0.127 ± 0.046	0.187 ± 0.060	0.390 ± 0.111	0.329 ± 0.041	0.609 ± 0.016	0.011 ± 0.006	0.011 ± 0.006	2.428 ± 0.247	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	40	0.027 ± 0.001	1.449 ± 0.075	0.037 ± 0.007	0.161 ± 0.027	0.0077 ± 0.007	0.129 ± 0.046	0.127 ± 0.046	0.187 ± 0.060	0.390 ± 0.111	0.329 ± 0.041	0.609 ± 0.016	0.011 ± 0.006	0.011 ± 0.006	2.428 ± 0.247	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	48	0.127 ± 0.029	0.127 ± 0.029	0.011 ± 0.118	0.162 ± 0.167	0.032 ± 0.032	0.268 ± 0.064	0.628 ± 0.764	0.869 ± 0.869	0.489 ± 1.110	0.324 ± 0.084	0.609 ± 0.016	0.017 ± 0.007	0.017 ± 0.007	2.513 ± 0.207	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	52	0.126 ± 0.044	0.126 ± 0.044	0.011 ± 0.118	0.162 ± 0.167	0.032 ± 0.032	0.268 ± 0.064	0.628 ± 0.764	0.869 ± 0.869	0.489 ± 1.110	0.324 ± 0.084	0.609 ± 0.016	0.017 ± 0.007	0.017 ± 0.007	2.513 ± 0.207	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	52	0.127 ± 0.044	0.126 ± 0.044	0.011 ± 0.118	0.162 ± 0.167	0.032 ± 0.032	0.268 ± 0.064	0.628 ± 0.764	0.869 ± 0.869	0.489 ± 1.110	0.324 ± 0.084	0.609 ± 0.016	0.017 ± 0.007	0.017 ± 0.007	2.513 ± 0.207	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	46	0.047 ± 0.004	0.285 ± 0.142	0.055 ± 0.012	0.170 ± 0.023	0.046 ± 0.007	0.111 ± 0.013	0.125 ± 0.055	0.133 ± 0.047	0.497 ± 0.157	0.166 ± 0.047	0.604 ± 0.016	0.015 ± 0.003	0.002 ± 0.004	2.419 單水	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	40	0.102 ± 0.015	2.080 ± 0.387	0.082 ± 0.054	0.249 ± 0.159	0.037 ± 0.017	0.139 ± 0.047	0.187 ± 0.069	0.190 ± 0.069	0.390 ± 0.111	0.329 ± 0.041	0.609 ± 0.016	0.011 ± 0.006	0.011 ± 0.006	2.462 ± 0.247	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	47	0.120 ± 0.015	0.857 ± 0.076	0.075 ± 0.025	0.175 ± 0.152	0.034 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.1525 ± 0.103	0.032 ± 0.012	0.131 ± 0.020	0.131 ± 0.020	0.609 ± 0.016	0.010 ± 0.004	0.022 ± 0.002	2.509 單水	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	44	0.120 ± 0.019	2.057 ± 0.205	0.096 ± 0.025	0.175 ± 0.162	0.035 ± 0.007	0.013 ± 0.002	0.1430 ± 0.092	0.0174 ± 0.016	0.109 ± 0.070	0.134 ± 0.030	0.610 ± 0.016	0.010 ± 0.004	0.022 ± 0.002	2.504 單水	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	44	0.014 ± 0.001	0.945 ± 0.079	0.089 ± 0.023	0.281 ± 0.073	0.018 ± 0.006	0.002 ± 0.016	0.018 ± 0.016	0.002 ± 0.016	0.2663 ± 0.1546	0.1643 ± 0.013	0.6021 ± 0.022	0.005 ± 0.004	0.012 ± 0.009	2.282	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	4	0.120 ± 0.010	0.955 ± 0.077	0.082 ± 0.022	0.248 ± 0.071	0.012 ± 0.007	0.002 ± 0.007	0.018 ± 0.016	0.002 ± 0.016	0.1454 ± 0.106	0.0923 ± 0.016	0.6021 ± 0.022	0.005 ± 0.004	0.009 ± 0.008	1.970 ± 0.003	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	49	0.019 ± 0.001	0.653 ± 0.060	0.065 ± 0.007	0.161 ± 0.127	0.012 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.1566 ± 0.066	0.128 ± 0.066	1.140 ± 0.072	1.578 ± 0.030	0.288 ± 0.023	0.012 ± 0.001	0.016 ± 0.001	2.470	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	50	0.017 ± 0.001	0.694 ± 0.067	0.072 ± 0.001	0.160 ± 0.123	0.013 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.1523 ± 0.063	0.129 ± 0.062	1.056 ± 0.061	1.129 ± 0.036	0.286 ± 0.022	0.012 ± 0.001	0.016 ± 0.001	2.469	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	48	0.016 ± 0.001	0.643 ± 0.067	0.072 ± 0.001	0.160 ± 0.123	0.013 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.1526 ± 0.063	0.129 ± 0.062	1.044 ± 0.061	1.144 ± 0.036	0.286 ± 0.022	0.012 ± 0.001	0.016 ± 0.001	2.469 ± 0.007	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	51	0.017 ± 0.002	0.744 ± 0.110	0.123 ± 0.075	0.185 ± 0.122	0.028 ± 0.009	0.004 ± 0.002	0.1795 ± 0.164	0.076 ± 0.061	0.122 ± 0.036	0.1526 ± 0.036	0.350 ± 0.028	0.641 ± 0.043	0.007 ± 0.007	0.007 ± 0.007	2.527 ± 0.047	Xav ± σ
花崗岩 (花崗岩)	48	0.019 ± 0.002	0.699 ± 0.084	0.096 ± 0.019	0.169 ± 0.123	0.014 ± 0.003	0.006 ± 0.002	0.1602 ± 0.068	0.120 ± 0.068	1.030 ± 0.067	1.120 ± 0.036	0.286 ± 0.027	0.007 ± 0.007	0.016 ± 0.007	2.469 ± 0.005	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	46	0.021 ± 0.004	1.261 ± 0.084	0.126 ± 0.076	0.194 ± 0.121	0.015 ± 0.005	0.006 ± 0.003	0.1368 ± 0.070	0.120 ± 0.070	1.040 ± 0.071	1.140 ± 0.036	0.286 ± 0.026	0.008 ± 0.006	0.016 ± 0.006	2.290 ± 0.009	Xav ± σ	
花崗岩 (花崗岩)	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
花崗岩 (花崗岩)	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

第34表 碧玉遺物群

物質群名	分析		Al/Si		Ca/K		K/Fe		Rb/Fe		Sr/Zr		Y/Er		Mn/Fe		Ti/Fe		Nb/Zr		Rb		
	名前	番号	K/Si	Si/K	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	Xe/F	F/Xe	
女性 B	68	0.045 ± 0.006	3.115 ± 0.045	0.0462 ± 0.024	0.0107 ± 0.026	0.285 ± 0.089	0.367 ± 0.063	0.274 ± 0.065	0.265 ± 0.065	0.214 ± 0.067	0.171 ± 0.067	0.031 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.034 ± 0.016	2.554 ± 0.019	0.034 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.001	0.026 ± 0.001	
未記 C	53	0.030 ± 0.003	3.375 ± 0.041	0.0413 ± 0.013	0.0207 ± 0.004	0.043 ± 0.031	0.248 ± 0.070	0.180 ± 0.053	0.183 ± 0.053	0.189 ± 0.053	0.185 ± 0.053	0.165 ± 0.053	0.061 ± 0.003	0.051 ± 0.002	0.060 ± 0.002	0.0101 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013	0.0133 ± 0.013
未記 D	45	0.030 ± 0.005	4.066 ± 0.018	0.0412 ± 0.004	0.0228 ± 0.005	0.544 ± 0.118	0.072 ± 0.112	0.540 ± 0.122	0.540 ± 0.122	0.540 ± 0.122	0.540 ± 0.122	0.540 ± 0.122	0.190 ± 0.090	0.200 ± 0.090	0.190 ± 0.090	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	
未記 E	58	0.082 ± 0.002	2.325 ± 0.050	0.0523 ± 0.018	0.0202 ± 0.003	0.152 ± 0.018	0.161 ± 0.018	0.152 ± 0.018	0.152 ± 0.018	0.152 ± 0.018	0.152 ± 0.018	0.152 ± 0.018	0.240 ± 0.142	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	0.064 ± 0.033	
未記 F	14	0.028 ± 0.004	3.431 ± 0.031	0.0473 ± 0.023	0.277 ± 0.013	0.123 ± 0.013	0.257 ± 0.011	0.289 ± 0.036	0.214 ± 0.037	0.268 ± 0.037	0.214 ± 0.037	0.268 ± 0.037	0.074 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	0.068 ± 0.021	
未記 G	40	0.027 ± 0.003	2.662 ± 0.025	0.0521 ± 0.003	0.238 ± 0.006	0.185 ± 0.001	0.229 ± 0.005	0.265 ± 0.044	0.199 ± 0.014	0.235 ± 0.009	0.199 ± 0.014	0.235 ± 0.009	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.067 ± 0.007		
未記 H	42	0.034 ± 0.004	3.572 ± 0.029	0.0492 ± 0.002	0.252 ± 0.009	0.177 ± 0.003	0.103 ± 0.040	0.267 ± 0.009	0.265 ± 0.006	0.072 ± 0.014	0.041 ± 0.014	0.026 ± 0.015	0.126 ± 0.006	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.025 ± 0.004			
未記 I	42	0.028 ± 0.003	2.650 ± 0.020	0.0513 ± 0.003	0.173 ± 0.007	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.167 ± 0.019	0.074 ± 0.016	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019	0.028 ± 0.019			
未記 J	47	0.026 ± 0.004	2.555 ± 0.027	0.0535 ± 0.005	0.139 ± 0.009	0.184 ± 0.037	0.161 ± 0.040	0.161 ± 0.040	0.161 ± 0.040	0.161 ± 0.040	0.161 ± 0.040	0.161 ± 0.040	0.088 ± 0.110	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083	0.172 ± 0.083			
未記 K	32	0.028 ± 0.007	2.669 ± 0.122	0.0508 ± 0.014	0.164 ± 0.013	0.179 ± 0.005	0.182 ± 0.014	0.151 ± 0.014	0.149 ± 0.014	0.149 ± 0.014	0.149 ± 0.014	0.149 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014			
未記 L	32	0.028 ± 0.004	2.588 ± 0.020	0.0536 ± 0.004	0.174 ± 0.004	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.169 ± 0.016	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014	0.065 ± 0.014			
未記 M	28	0.028 ± 0.004	2.584 ± 0.021	0.0539 ± 0.003	0.165 ± 0.007	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.165 ± 0.013	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014			
未記 N	34	0.028 ± 0.004	1.964 ± 0.030	0.0529 ± 0.003	0.164 ± 0.003	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.164 ± 0.013	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014	0.068 ± 0.014			
未記 O	27	0.035 ± 0.004	1.954 ± 0.029	0.0517 ± 0.003	0.164 ± 0.003	0.164 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.165 ± 0.014	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015	0.068 ± 0.015			
未記 P	32	0.027 ± 0.007	2.571 ± 0.077	0.0537 ± 0.021	0.128 ± 0.025	0.167 ± 0.037	0.118 ± 0.023	0.110 ± 0.129	0.130 ± 0.129	0.130 ± 0.129	0.130 ± 0.129	0.130 ± 0.129	0.068 ± 0.010	0.117 ± 0.025	0.068 ± 0.010	0.117 ± 0.025	0.068 ± 0.010	0.117 ± 0.025	0.068 ± 0.010	0.117 ± 0.025	0.068 ± 0.010		
未記 Q	32	0.028 ± 0.006	4.185 ± 0.025	0.0511 ± 0.006	0.163 ± 0.003	0.181 ± 0.033	0.162 ± 0.039	0.166 ± 0.039	0.167 ± 0.039	0.167 ± 0.039	0.167 ± 0.039	0.167 ± 0.039	0.070 ± 0.021	0.027 ± 0.025	0.026 ± 0.025	0.027 ± 0.025	0.026 ± 0.025	0.027 ± 0.025	0.026 ± 0.025	0.027 ± 0.025			
未記 R	30	0.028 ± 0.003	0.912 ± 0.022	0.0508 ± 0.003	0.1701 ± 0.010	0.1671 ± 0.012	0.1642 ± 0.012	0.1648 ± 0.012	0.1648 ± 0.012	0.1648 ± 0.012	0.1648 ± 0.012	0.1648 ± 0.012	0.061 ± 0.006	0.129 ± 0.006	0.061 ± 0.006	0.129 ± 0.006	0.061 ± 0.006	0.129 ± 0.006	0.061 ± 0.006	0.129 ± 0.006			
未記 S	34	0.028 ± 0.004	1.094 ± 0.030	0.0525 ± 0.003	0.1635 ± 0.007	0.1823 ± 0.007	0.1682 ± 0.007	0.1696 ± 0.007	0.1696 ± 0.007	0.1696 ± 0.007	0.1696 ± 0.007	0.1696 ± 0.007	0.068 ± 0.014	0.132 ± 0.006	0.068 ± 0.014	0.132 ± 0.006	0.068 ± 0.014	0.132 ± 0.006	0.068 ± 0.014	0.132 ± 0.006			
未記 T	32	0.025 ± 0.005	1.274 ± 0.089	0.1333 ± 0.146	0.0699 ± 0.096	0.0988 ± 0.093	0.175 ± 0.122	0.175 ± 0.122	0.175 ± 0.122	0.175 ± 0.122	0.175 ± 0.122	0.175 ± 0.122	0.299 ± 0.047	0.125 ± 0.047	0.299 ± 0.047	0.125 ± 0.047	0.299 ± 0.047	0.125 ± 0.047	0.299 ± 0.047	0.125 ± 0.047			
未記 U	30	0.025 ± 0.004	1.051 ± 0.029	0.1211 ± 0.011	0.0641 ± 0.011	0.145 ± 0.011	0.150 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.150 ± 0.010	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004	0.063 ± 0.004			
未記 V	30	0.026 ± 0.004	1.077 ± 0.025	0.1345 ± 0.013	0.1346 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.1348 ± 0.013	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.068 ± 0.004				
未記 W	36	0.028 ± 0.004	1.016 ± 0.006	0.1417 ± 0.006	0.1302 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.1305 ± 0.006	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004				
未記 X	36	0.028 ± 0.004	1.026 ± 0.006	0.1407 ± 0.006	0.1303 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004				
未記 Y	36	0.028 ± 0.004	1.026 ± 0.006	0.1407 ± 0.006	0.1303 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.1306 ± 0.006	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004	0.066 ± 0.004				
未記 Z	44	0.027 ± 0.003	2.394 ± 0.060	0.0525 ± 0.006	0.1620 ± 0.005	0.1796 ± 0.005	0.1692 ± 0.005	0.1702 ± 0.005	0.1702 ± 0.005	0.1702 ± 0.005	0.1702 ± 0.005	0.1702 ± 0.005	0.068 ± 0.013	0.121 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.121 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.121 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.121 ± 0.004			
未記 A	40	0.027 ± 0.003	1.914 ± 0.026	0.0520 ± 0.007	0.1618 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.1692 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.1701 ± 0.007	0.068 ± 0.013	0.117 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.117 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.117 ± 0.004	0.068 ± 0.013	0.117 ± 0.004			
未記 B	38	0.028 ± 0.008	2.149 ± 0.048	0.0523 ± 0.003	0.1602 ± 0.002	0.1785 ± 0.002	0.1656 ± 0.002	0.1737 ± 0.002	0.1737 ± 0.002	0.1737 ± 0.002	0.1737 ± 0.002	0.1737 ± 0.002	0.068 ± 0.016	0.121 ± 0.007	0.068 ± 0.016	0.121 ± 0.007	0.068 ± 0.016	0.121 ± 0.007	0.068 ± 0.016	0.121 ± 0.007			
未記 C	42	0.028 ± 0.002	1.063 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005			
未記 D	42	0.028 ± 0.002	1.043 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005			
未記 E	42	0.028 ± 0.002	1.047 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005			
未記 F	42	0.028 ± 0.002	1.068 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005			
未記 G	42	0.028 ± 0.002	1.068 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005	0.068 ± 0.004	0.121 ± 0.005			
未記 H	42	0.028 ± 0.002	1.068 ± 0.010	0.0504 ± 0.004	0.1606 ± 0.004	0.1705 ± 0.004	0.1683 ± 0.004	0.1705															





地层剖面名	分析	A/Si	K/Si	Ce/K	Tb/K	K/Fe	Rb/Fe	Xn $\pm$ σ	Xn $\pm$ σ	Fe/Tzr	Rb/Tzr	Sr/Tzr	Xn $\pm$ σ	Y/Tzr	Mn/Fe	Ti/Fe	Nb/Zr	比值	
	圆柱	Xn $\pm$ σ				Xn $\pm$ σ													
06-39 道班组	45	0.066 ± 0.001	1.266 ± 0.161	0.077 ± 0.004	0.125 ± 0.001	0.017 ± 0.001	0.127 ± 0.001	0.067 ± 0.020	0.029 ± 0.007	0.023 ± 0.007	0.020 ± 0.002	0.142 ± 0.017	0.142 ± 0.017	0.126 ± 0.004	0.065 ± 0.004	0.065 ± 0.002	0.017 ± 0.013	2.376	
06-39 道班组	42	0.047 ± 0.001	1.019 ± 0.085	0.054 ± 0.005	0.108 ± 0.006	0.024 ± 0.001	0.044 ± 0.007	0.148 ± 0.006	0.052 ± 0.006	0.052 ± 0.016	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.017	0.052 ± 0.014	0.059 ± 0.014	0.051 ± 0.014	0.051 ± 0.014	0.051 ± 0.014	0.017 ± 0.019	2.418
06-39 道班组	42	0.019 ± 0.000	1.254 ± 0.052	0.061 ± 0.001	0.065 ± 0.003	0.080 ± 0.002	0.061 ± 0.003	0.173 ± 0.018	0.142 ± 0.012	0.049 ± 0.007	0.040 ± 0.007	0.071 ± 0.007	0.056 ± 0.007	0.056 ± 0.007	0.055 ± 0.005	0.055 ± 0.005	0.051 ± 0.009	0.017 ± 0.009	2.553
06-39 道班组	42	0.024 ± 0.000	2.607 ± 0.009	0.078 ± 0.006	0.076 ± 0.006	0.046 ± 0.001	0.057 ± 0.001	0.074 ± 0.020	0.079 ± 0.009	0.057 ± 0.019	0.059 ± 0.011	0.066 ± 0.011	0.066 ± 0.011	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.013 ± 0.011	2.550	
06-39 道班组	42	0.041 ± 0.001	0.676 ± 0.122	0.021 ± 0.001	0.041 ± 0.005	0.048 ± 0.001	0.041 ± 0.007	0.484 ± 0.001	0.062 ± 0.006	0.105 ± 0.006	0.062 ± 0.016	0.062 ± 0.007	0.062 ± 0.007	0.062 ± 0.007	0.062 ± 0.007	0.062 ± 0.007	0.062 ± 0.007	0.015 ± 0.011	2.558
06-41 道班组	42	0.042 ± 0.001	2.580 ± 0.007	0.063 ± 0.003	0.063 ± 0.004	0.064 ± 0.001	0.064 ± 0.002	0.126 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.059 ± 0.010	0.015 ± 0.011	2.558	
06-42 道班组	42	0.034 ± 0.000	3.243 ± 0.069	0.003 ± 0.004	0.024 ± 0.004	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.043 ± 0.004	0.028 ± 0.004	0.043 ± 0.015	0.047 ± 0.009	0.043 ± 0.015	0.047 ± 0.015	0.047 ± 0.015	0.047 ± 0.015	0.047 ± 0.015	0.047 ± 0.015	0.015 ± 0.013	2.542
06-44 道班组	42	0.046 ± 0.001	4.250 ± 0.078	0.015 ± 0.004	0.028 ± 0.004	0.030 ± 0.001	0.030 ± 0.002	0.048 ± 0.004	0.034 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.048 ± 0.004	0.018 ± 0.014	2.499	
06-45 道班组	42	0.060 ± 0.001	1.582 ± 0.088	0.015 ± 0.005	0.027 ± 0.005	0.028 ± 0.002	0.028 ± 0.002	0.040 ± 0.004	0.032 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.040 ± 0.004	0.013 ± 0.014	2.572	
06-46 道班组	42	0.038 ± 0.000	2.144 ± 0.048	0.016 ± 0.005	0.026 ± 0.001	0.024 ± 0.001	0.024 ± 0.006	0.085 ± 0.006	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.015 ± 0.010	2.442	
06-2-12 道班组	42	0.029 ± 0.002	6.612 ± 0.617	0.016 ± 0.004	0.020 ± 0.004	0.020 ± 0.001	0.020 ± 0.001	0.065 ± 0.005	0.245 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.064 ± 0.005	0.015 ± 0.010	2.558	
06-2-12 道班组	42	0.067 ± 0.001	3.452 ± 0.059	0.038 ± 0.009	0.038 ± 0.009	0.035 ± 0.002	0.035 ± 0.002	0.069 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.065 ± 0.026	0.012 ± 0.004	2.553	
06-2-19 道班组	42	0.045 ± 0.000	0.645 ± 0.057	0.012 ± 0.002	0.041 ± 0.001	0.049 ± 0.002	0.049 ± 0.002	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.065 ± 0.006	0.015 ± 0.007	2.577	
06-2-21 道班组	42	0.023 ± 0.001	2.881 ± 0.188	0.018 ± 0.008	0.016 ± 0.008	0.024 ± 0.002	0.024 ± 0.002	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.066 ± 0.006	0.013 ± 0.006	2.470	
06-2-23 道班组	42	0.041 ± 0.001	2.239 ± 0.061	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.012 ± 0.002	0.012 ± 0.002	0.042 ± 0.008	0.038 ± 0.009	0.044 ± 0.008	0.048 ± 0.008	0.042 ± 0.008	0.042 ± 0.008	0.042 ± 0.008	0.042 ± 0.008	0.042 ± 0.008	0.013 ± 0.006	2.499	
06-2-25 道班组	36	0.044 ± 0.001	2.329 ± 0.059	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.002	0.016 ± 0.002	0.049 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.048 ± 0.007	0.013 ± 0.006	2.553	
06-2-28 道班组	42	0.045 ± 0.001	5.527 ± 0.796	0.016 ± 0.005	0.016 ± 0.005	0.016 ± 0.002	0.016 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.026 ± 0.002	0.015 ± 0.006	2.553	
06-2-30 道班组	42	0.045 ± 0.001	3.699 ± 0.503	0.010 ± 0.004	0.010 ± 0.004	0.010 ± 0.003	0.010 ± 0.003	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.022 ± 0.005	0.017 ± 0.007	2.554	
06-2-32 道班组	42	0.034 ± 0.000	5.681 ± 0.684	0.017 ± 0.003	0.017 ± 0.003	0.017 ± 0.003	0.017 ± 0.003	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.012 ± 0.004	2.553	
06-2-34 道班组	42	0.044 ± 0.000	3.719 ± 0.451	0.012 ± 0.003	0.012 ± 0.003	0.012 ± 0.002	0.012 ± 0.002	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.012 ± 0.006	2.553	
06-2-36 道班组	42	0.047 ± 0.000	3.753 ± 0.451	0.012 ± 0.003	0.012 ± 0.003	0.012 ± 0.002	0.012 ± 0.002	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.012 ± 0.006	2.553	
06-2-38 道班组	45	0.047 ± 0.000	3.003 ± 0.066	0.028 ± 0.009	0.028 ± 0.009	0.028 ± 0.007	0.028 ± 0.007	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.034 ± 0.009	0.015 ± 0.006	2.553	
06-2-39 道班组	47	0.038 ± 0.000	2.969 ± 0.157	0.009 ± 0.016	0.016 ± 0.001	0.024 ± 0.001	0.024 ± 0.001	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.031 ± 0.009	0.015 ± 0.005	2.553	
06-29 山顶山组	45	0.081 ± 0.000	2.555 ± 0.083	0.152 ± 0.021	0.117 ± 0.009	0.016 ± 0.003	0.026 ± 0.003	0.023 ± 0.005	0.0217 ± 0.013	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.155 ± 0.020	0.015 ± 0.015	2.553
06-29 山顶山组	46	0.026 ± 0.000	1.135 ± 0.049	0.019 ± 0.046	0.019 ± 0.046	0.019 ± 0.017	0.019 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.028 ± 0.017	0.012 ± 0.006	2.553	
06-29 山顶山组	46	0.036 ± 0.000	2.330 ± 0.205	0.016 ± 0.007	0.016 ± 0.007	0.016 ± 0.005	0.016 ± 0.005	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.012 ± 0.004	2.553	
06-29 山顶山组	46	0.029 ± 0.000	1.049 ± 0.148	0.006 ± 0.007	0.006 ± 0.007	0.006 ± 0.003	0.006 ± 0.003	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.016 ± 0.004	0.012 ± 0.006	2.553	
06-29 山顶山组	46	0.041 ± 0.001	2.669 ± 0.075	0.001 ± 0.002	0.001 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005	0.014 ± 0.007	2.553	
06-29 山顶山组	46	0.047 ± 0.002	1.916 ± 0.045	0.015 ± 0.006	0.015 ± 0.006	0.015 ± 0.003	0.015 ± 0.003	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.015 ± 0.006	2.553	
06-31 水源山组	53	0.036 ± 0.002	2.341 ± 0.153	0.009 ± 0.016	0.016 ± 0.016	0.016 ± 0.003	0.016 ± 0.003	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.015 ± 0.005	2.553	
06-31 水源山组	55	0.034 ± 0.002	3.223 ± 0.424	0.020 ± 0.027	0.027 ± 0.027	0.028 ± 0.027	0.028 ± 0.027	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.031 ± 0.008	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	59	0.049 ± 0.002	3.129 ± 0.250	0.020 ± 0.020	0.020 ± 0.020	0.020 ± 0.017	0.020 ± 0.017	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	59	0.049 ± 0.002	4.293 ± 0.250	0.020 ± 0.020	0.020 ± 0.020	0.020 ± 0.017	0.020 ± 0.017	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.030 ± 0.018	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	59	0.049 ± 0.002	3.441 ± 0.096	0.020 ± 0.007	0.020 ± 0.007	0.020 ± 0.007	0.020 ± 0.007	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	59	0.041 ± 0.001	3.934 ± 0.069	0.156 ± 0.009	0.020 ± 0.006	0.020 ± 0.006	0.020 ± 0.002	0.020 ± 0.002	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.030 ± 0.006	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	44	0.046 ± 0.002	2.869 ± 0.110	0.011 ± 0.005	0.011 ± 0.005	0.011 ± 0.003	0.011 ± 0.003	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.028 ± 0.008	0.015 ± 0.003	2.553	
06-31 水源山组	44	0.046 ± 0.002	2.867 ± 0.082	0.010 ± 0.004	0.010 ± 0.004	0.010 ± 0.003	0.010 ± 0.003	0.028 ± 0.008											







地层剖面名	分析	Al/Si X-ray ± σ	K/Si X-ray ± σ	Ce/K X-ray ± σ	Ti/K X-ray ± σ	K/Fe X-ray ± σ	Rb/Fe X-ray ± σ	Fe/Ti X-ray ± σ	Rb/Zr X-ray ± σ	Sc/Zr X-ray ± σ	V/Zr X-ray ± σ	Mn/Fe X-ray ± σ	Ti/Fe X-ray ± σ	Nb/Zr X-ray ± σ	比值		
松阳下山17号剖面	55	0.065 ± 0.001	1.006 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.042 ± 0.010	0.077 ± 0.007	1.610 ± 0.007	0.052 ± 0.007	0.019 ± 0.006	5.710 ± 0.006	0.001 ± 0.002	0.0218 ± 0.0004	2.496				
ES-01-017-17号剖面	49	0.043 ± 0.001	3.178 ± 0.038	0.057 ± 0.006	0.029 ± 0.009	0.125 ± 0.021	2.154 ± 0.082	0.159 ± 0.032	0.035 ± 0.030	0.019 ± 0.022	0.001 ± 0.001	0.022 ± 0.003	0.0172 ± 0.0015	2.284			
ES-01-017-18号剖面	50	0.053 ± 0.001	2.990 ± 0.035	0.062 ± 0.015	0.160 ± 0.013	0.133 ± 0.014	3.793 ± 0.074	0.077 ± 0.015	0.039 ± 0.016	0.016 ± 0.016	0.016 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.0116 ± 0.0101	2.56			
ES-01-017-19号剖面	50	0.034 ± 0.002	1.655 ± 0.037	0.103 ± 0.015	0.182 ± 0.012	0.044 ± 0.005	0.142 ± 0.010	0.586 ± 0.033	0.053 ± 0.027	0.069 ± 0.016	0.016 ± 0.003	0.016 ± 0.001	0.0116 ± 0.0106	2.533			
ES-01-018-17号剖面	50	0.061 ± 0.002	3.772 ± 0.040	0.026 ± 0.009	0.054 ± 0.004	0.122 ± 0.017	2.905 ± 0.027	0.257 ± 0.018	0.048 ± 0.004	0.018 ± 0.004	0.007 ± 0.002	0.007 ± 0.002	0.0119 ± 0.0006	2.145			
松阳下山22号剖面	49	0.040 ± 0.001	1.894 ± 0.051	0.027 ± 0.040	0.041 ± 0.033	0.050 ± 0.008	0.096 ± 0.004	3.258 ± 0.148	0.271 ± 0.015	0.801 ± 0.016	0.023 ± 0.010	0.021 ± 0.002	0.015 ± 0.001	0.0020 ± 0.0006	2.458		
松阳下山23号剖面	49	0.074 ± 0.001	3.096 ± 0.057	0.075 ± 0.007	0.021 ± 0.005	0.061 ± 0.015	0.065 ± 0.003	3.000 ± 0.100	0.237 ± 0.010	0.216 ± 0.008	0.0228 ± 0.0007	0.003 ± 0.002	0.020 ± 0.001	0.0020 ± 0.0006	1.952		
土层+3.3米剖面	49	0.038 ± 0.001	3.677 ± 0.059	0.021 ± 0.005	0.048 ± 0.005	0.067 ± 0.023	0.672 ± 0.028	0.060 ± 0.006	0.040 ± 0.002	0.021 ± 0.002	0.004 ± 0.001	0.042 ± 0.003	0.010 ± 0.011	2.558			
中+高3.1米剖面	47	0.027 ± 0.001	3.523 ± 0.084	0.002 ± 0.009	0.022 ± 0.008	0.043 ± 0.014	0.714 ± 0.048	0.130 ± 0.058	0.138 ± 0.034	0.283 ± 0.031	0.041 ± 0.011	0.0092 ± 0.0007	0.022 ± 0.012	0.145 ± 0.010	1.019 ± 0.006		
土层+1.1米剖面	44	0.028 ± 0.001	2.820 ± 0.033	0.002 ± 0.005	0.015 ± 0.004	0.039 ± 0.007	0.566 ± 0.020	0.131 ± 0.028	0.163 ± 0.014	0.027 ± 0.007	0.004 ± 0.001	0.024 ± 0.002	0.024 ± 0.015	2.56			
毛石山地层带	50	0.054 ± 0.001	1.246 ± 0.051	0.006 ± 0.007	0.169 ± 0.015	0.066 ± 0.003	0.041 ± 0.007	1.305 ± 0.064	0.064 ± 0.003	0.165 ± 0.005	0.016 ± 0.001	0.002 ± 0.000	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.009	2.581		
毛石山地层带	54	0.069 ± 0.001	3.179 ± 0.022	0.076 ± 0.005	0.062 ± 0.004	0.125 ± 0.015	0.581 ± 0.017	0.130 ± 0.018	0.171 ± 0.013	0.027 ± 0.005	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.009 ± 0.007	2.541 ± 0.007		
土层+3.3米剖面	46	0.029 ± 0.001	0.946 ± 0.046	0.034 ± 0.005	0.039 ± 0.005	0.061 ± 0.011	0.063 ± 0.004	0.133 ± 0.009	0.173 ± 0.012	0.021 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.007	2.587		
土层+1.1米剖面	46	0.032 ± 0.001	0.674 ± 0.047	0.029 ± 0.007	0.031 ± 0.007	0.065 ± 0.011	0.063 ± 0.004	0.129 ± 0.012	0.089 ± 0.014	0.132 ± 0.012	0.023 ± 0.005	0.003 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.534		
土层+2.2米剖面	46	0.039 ± 0.001	2.656 ± 0.038	0.034 ± 0.005	0.065 ± 0.005	0.061 ± 0.018	0.255 ± 0.012	0.091 ± 0.002	0.124 ± 0.012	0.042 ± 0.002	0.004 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.001 ± 0.009	0.006 ± 0.016	0.016 ± 0.010		
土层+2.4米剖面	46	0.045 ± 0.001	0.674 ± 0.045	0.029 ± 0.007	0.031 ± 0.006	0.065 ± 0.011	0.063 ± 0.004	0.128 ± 0.012	0.088 ± 0.014	0.130 ± 0.012	0.023 ± 0.005	0.003 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.506		
土层+2.7米剖面	46	0.034 ± 0.001	3.112 ± 0.084	0.021 ± 0.002	0.041 ± 0.002	0.077 ± 0.017	0.041 ± 0.001	0.161 ± 0.011	0.072 ± 0.005	0.101 ± 0.005	0.045 ± 0.001	0.009 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.008 ± 0.008	2.545		
土层+2.8米剖面	43	0.068 ± 0.001	2.569 ± 0.049	0.027 ± 0.010	0.089 ± 0.016	0.077 ± 0.020	0.253 ± 0.019	0.082 ± 0.016	0.131 ± 0.007	0.142 ± 0.008	0.177 ± 0.010	0.028 ± 0.017	0.006 ± 0.003	0.005 ± 0.003	0.005 ± 0.003	2.335	
黄泥含水层地层带	45	0.069 ± 0.001	2.889 ± 0.053	1.300 ± 0.039	0.321 ± 0.182	0.182 ± 0.158	0.066 ± 0.012	0.251 ± 0.015	1.306 ± 0.047	0.066 ± 0.004	0.234 ± 0.007	0.025 ± 0.003	0.007 ± 0.003	0.004 ± 0.004	0.042 ± 0.028		
含水层上部地层带	44	0.043 ± 0.001	2.887 ± 0.057	0.353 ± 0.026	0.148 ± 0.025	0.243 ± 0.008	0.027 ± 0.006	0.264 ± 0.012	0.054 ± 0.006	0.067 ± 0.007	0.013 ± 0.003	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.008 ± 0.008	2.506 ± 0.028		
含水层中层地层带	46	0.073 ± 0.001	0.915 ± 0.048	0.067 ± 0.007	0.065 ± 0.007	0.171 ± 0.011	0.063 ± 0.004	0.189 ± 0.014	0.088 ± 0.014	0.125 ± 0.012	0.027 ± 0.005	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.007	2.533		
含水层下层地层带	46	0.031 ± 0.001	0.981 ± 0.042	0.065 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.167 ± 0.011	0.061 ± 0.004	0.202 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.289		
含水层含水层地层带	46	0.031 ± 0.001	0.981 ± 0.042	0.065 ± 0.007	0.067 ± 0.007	0.167 ± 0.011	0.061 ± 0.004	0.202 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.281		
含水层含水层地层带	47	0.029 ± 0.001	1.259 ± 0.073	0.225 ± 0.097	0.075 ± 0.011	0.164 ± 0.011	0.060 ± 0.004	0.206 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.557		
含水层含水层地层带	47	0.026 ± 0.001	1.254 ± 0.078	0.225 ± 0.097	0.075 ± 0.011	0.164 ± 0.011	0.060 ± 0.004	0.206 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.569		
含水层含水层地层带	47	0.026 ± 0.001	1.259 ± 0.079	0.225 ± 0.097	0.075 ± 0.011	0.164 ± 0.011	0.060 ± 0.004	0.206 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.571		
含水层含水层地层带	46	0.038 ± 0.001	0.981 ± 0.040	0.076 ± 0.008	0.072 ± 0.012	0.169 ± 0.011	0.062 ± 0.004	0.206 ± 0.012	0.088 ± 0.012	0.130 ± 0.012	0.028 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.006	2.296		
含水层含水层地层带	45	0.065 ± 0.002	1.292 ± 0.056	0.256 ± 0.077	0.076 ± 0.013	0.188 ± 0.011	0.051 ± 0.005	0.227 ± 0.009	0.126 ± 0.008	0.138 ± 0.008	0.028 ± 0.007	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.288		
含水层含水层地层带	44	0.075 ± 0.003	1.269 ± 0.145	0.060 ± 0.113	0.548 ± 0.063	0.034 ± 0.003	0.037 ± 0.003	1.083 ± 0.008	1.083 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.004	2.491		
含水层含水层地层带	45	0.050 ± 0.003	1.263 ± 0.135	0.061 ± 0.106	0.547 ± 0.062	0.035 ± 0.003	0.038 ± 0.003	1.086 ± 0.008	1.086 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.281		
含水层含水层地层带	46	0.032 ± 0.003	1.361 ± 0.143	0.061 ± 0.105	0.541 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.085 ± 0.008	1.085 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.540 ± 0.064	0.034 ± 0.003	0.039 ± 0.003	1.084 ± 0.008	1.084 ± 0.008	0.038 ± 0.004	0.021 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.003	2.277		
含水层含水层地层带	46	0.030 ± 0.003	1.359 ± 0.145	0.061 ± 0.105	0.54												



造岩矿物名	分析 号	Al/Si $X \pm \sigma$	K/Si $X \pm \sigma$	Ce/K $X \pm \sigma$	Ti/K $X \pm \sigma$	K/Fe $X \pm \sigma$	Rb/Fe $X \pm \sigma$	Fe/Ti $X \pm \sigma$	Rb/Zr $X \pm \sigma$	Sc/Zr $X \pm \sigma$	Y/Zr $X \pm \sigma$	Mn/Fe $X \pm \sigma$	Ti/Fe $X \pm \sigma$	Nb/Zr $X \pm \sigma$	比值	
富Mg-129041富K长石	45	0.069 ± 0.001	0.069 ± 0.001	0.191 ± 0.006	0.286 ± 0.005	0.050 ± 0.001	0.114 ± 0.001	4.314 ± 0.060	0.049 ± 0.024	0.146 ± 0.007	0.030 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.001 ± 0.001	1.838		
富Mg-129070富K长石	55	0.067 ± 0.001	0.069 ± 0.023	0.177 ± 0.041	0.235 ± 0.042	0.062 ± 0.001	0.110 ± 0.004	4.056 ± 0.057	0.038 ± 0.024	0.124 ± 0.015	0.011 ± 0.002	0.011 ± 0.003	0.011 ± 0.003	2.036		
富Mg-129070富K长石	45	0.064 ± 0.003	0.069 ± 0.005	0.169 ± 0.022	0.227 ± 0.019	0.058 ± 0.004	0.108 ± 0.005	4.538 ± 0.158	0.057 ± 0.027	0.154 ± 0.022	0.018 ± 0.006	0.017 ± 0.002	0.017 ± 0.003	1.988		
6号岛-127011长石	49	0.038 ± 0.003	0.068 ± 0.009	0.096 ± 0.007	0.048 ± 0.005	0.030 ± 0.005	0.303 ± 0.014	2.538 ± 0.006	0.529 ± 0.040	0.027 ± 0.008	0.015 ± 0.006	0.015 ± 0.016	0.015 ± 0.016	2.999		
6号岛-127011长石	49	0.061 ± 0.003	0.068 ± 0.006	0.178 ± 0.007	0.205 ± 0.002	0.061 ± 0.002	0.260 ± 0.007	2.306 ± 0.009	0.355 ± 0.009	0.025 ± 0.006	0.015 ± 0.006	0.015 ± 0.006	0.015 ± 0.006	2.902		
6号岛-127011长石	49	0.014 ± 0.001	0.036 ± 0.006	0.214 ± 0.037	0.113 ± 0.068	0.025 ± 0.003	0.028 ± 0.007	44.000 ± 0.007	37.949 ± 0.004	2.231 ± 0.086	0.077 ± 0.119	0.003 ± 0.001	0.038 ± 0.001	2.132		
6号岛-127011长石	49	0.070 ± 0.006	0.081 ± 0.028	0.267 ± 0.207	0.264 ± 0.042	0.115 ± 0.006	0.067 ± 0.009	2.17 ± 0.054	0.203 ± 0.030	0.862 ± 0.026	0.066 ± 0.002	0.014 ± 0.006	0.014 ± 0.006	2.359		
6号岛-127011长石	49	0.072 ± 0.001	0.086 ± 0.002	0.264 ± 0.277	0.115 ± 0.006	0.055 ± 0.004	0.067 ± 0.009	2.049 ± 0.134	0.029 ± 0.018	0.868 ± 0.271	0.193 ± 0.013	0.006 ± 0.002	0.013 ± 0.003	2.203		
6号岛-127011长石	49	0.094 ± 0.003	0.164 ± 0.043	0.208 ± 0.002	0.085 ± 0.002	0.045 ± 0.001	0.080 ± 0.003	3.519 ± 0.447	0.292 ± 0.032	0.844 ± 0.022	0.088 ± 0.008	0.013 ± 0.003	0.013 ± 0.003	2.586	(98.4%)	
1号带长石钾长石	45	0.060 ± 0.002	0.234 ± 0.040	0.061 ± 0.001	0.050 ± 0.005	0.050 ± 0.004	0.206 ± 0.180	0.061 ± 0.061	0.065 ± 0.050	0.034 ± 0.024	0.019 ± 0.001	0.017 ± 0.011	0.017 ± 0.011	2.267	(98.4%)	
1号带长石钾长石	45	0.058 ± 0.001	0.260 ± 0.001	0.061 ± 0.001	0.050 ± 0.005	0.050 ± 0.004	0.206 ± 0.180	0.061 ± 0.061	0.065 ± 0.050	0.034 ± 0.024	0.019 ± 0.001	0.017 ± 0.010	0.017 ± 0.010	2.265	(98.4%)	
1号带长石钾长石	45	0.058 ± 0.001	0.260 ± 0.001	0.061 ± 0.001	0.050 ± 0.005	0.050 ± 0.004	0.206 ± 0.180	0.061 ± 0.061	0.065 ± 0.050	0.034 ± 0.024	0.019 ± 0.001	0.017 ± 0.010	0.017 ± 0.010	2.266	(98.4%)	
1号带长石钾长石	45	0.053 ± 0.001	0.261 ± 0.001	0.061 ± 0.001	0.050 ± 0.005	0.050 ± 0.004	0.206 ± 0.180	0.061 ± 0.061	0.065 ± 0.050	0.034 ± 0.024	0.019 ± 0.001	0.017 ± 0.010	0.017 ± 0.010	2.267	(98.4%)	
1号带长石钾长石	45	0.034 ± 0.003	0.254 ± 0.023	0.056 ± 0.028	0.020 ± 0.019	0.020 ± 0.019	0.241 ± 0.035	0.064 ± 0.038	0.063 ± 0.035	0.013 ± 0.014	0.003 ± 0.005	0.003 ± 0.016	0.003 ± 0.016	2.259		
千叶带长石钾长石	44	0.028 ± 0.003	0.256 ± 0.046	0.040 ± 0.041	0.215 ± 0.022	0.020 ± 0.006	0.230 ± 0.014	2.03 ± 0.140	0.965 ± 0.037	0.086 ± 0.012	0.225 ± 0.039	0.016 ± 0.007	0.011 ± 0.002	0.011 ± 0.002	2.424	
麻风点长石钾长石	48	0.020 ± 0.003	0.267 ± 0.038	0.048 ± 0.015	0.215 ± 0.029	0.023 ± 0.009	0.234 ± 0.017	1.790 ± 0.157	0.070 ± 0.070	0.105 ± 0.038	0.023 ± 0.008	0.010 ± 0.001	0.007 ± 0.007	0.019 ± 0.019	2.552	
浪底带-1号带长石	51	0.007 ± 0.002	0.088 ± 0.121	0.057 ± 0.019	0.117 ± 0.014	0.032 ± 0.009	0.454 ± 0.171	1.51 ± 0.171	0.061 ± 0.134	0.017 ± 0.022	0.017 ± 0.022	0.017 ± 0.021	0.010 ± 0.010	2.566		
浪底带-1号带长石	48	0.001 ± 0.001	0.065 ± 0.014	0.095 ± 0.006	0.118 ± 0.028	0.062 ± 0.001	0.063 ± 0.012	1.528 ± 0.067	0.096 ± 0.059	0.0810 ± 0.138	0.135 ± 0.008	0.005 ± 0.006	0.006 ± 0.006	0.001 ± 0.001	2.226	
无差别带	10	2	3	5	6	8	1	12	1	14	7	4	36			

第 35 表 旧練兵場遺跡出土管玉の元素分析結果

遺物番号	分析番号	元素比													重量(g)	比重	
		Al/Si	K/Si	Ca/K	Ti/K	K/Fe	Rb/Fe	Fe/Zr	Rb/Zr	Sr/Zr	Y/Zr	Ma/Fe	Ti/Fe	Nb/Zr	Ba/Zr		
No.1	131001	0.039	3.591	0.011	0.105	0.293	0.261	1.704	0.441	0.044	0.131	0.006	0.028	0.013	0.35	0.2764	2.506
No.2	131002	0.023	0.714	0.109	0.501	0.039	0.189	4.817	0.904	0.138	0.199	0.024	0.017	0	0.221	0.2362	2.607
No.3	131003	0.051	0.877	3.869	1.153	0.052	0.077	1.568	0.12	0.652	0.142	0.01	0.054	0	0.283	0.1171	2.235
No.4	131004	0.036	2.863	0.055	0.102	0.485	0.432	1.049	0.45	0.403	0.119	0.004	0.045	0.017	0.687	0.0711	2.53
No.5	131005	0.024	2.914	0.08	0.113	0.293	0.303	1.452	0.437	0.412	0.099	0.002	0.03	0.038	0.68	0.155	2.273
No.6	131006	0.035	2.928	0.029	0.096	0.305	0.3	1.622	0.483	0.199	0.139	0.026	0.026	0.009	0.316	0.1859	2.502
No.7	131007	0.038	3.252	0.036	0.084	0.288	0.3	1.586	0.472	0.143	0.134	0.012	0.022	0.011	0.45	0.096	2.567
No.8	131008	0.042	4.17	0.01	0.165	0.734	0.764	0.412	0.312	0.028	0.063	0.007	0.109	0.025	0.578	0.4144	2.58
No.10	131009	0.039	3.512	0.009	0.087	0.316	0.287	1.611	0.46	0.158	0.134	0.004	0.025	0.005	0.351	0.1581	2.588
No.11	131010	0.064	2.568	1.054	0.79	0.089	0.189	1.149	0.216	4.817	0.054	0.003	0.063	0.014	6.76	0.166	2.331
JG-1a)		0.081	3.205	0.0736	0.198	0.111	0.277	3.479	0.956	1.261	0.187	0.017	0.020	0.086	1.567		

a) :標準試料

Ando,A., Kurasawa,H., Ohmori,T., & Takeda,E. (1974) compilation of data on the GJS geochemical referencesamples JG-1 granodiorite and JB-1 basalt. Geochemical Journal, Vol.8 175-192.

第 36 表 旧練兵場遺跡出土管玉の産地同定結果

遺物番号	報告番号	遺物種	分析番号	ホーリング T 2 検定(確率)	ESR 号形	総合判定	比重	重量(g)
No.1	T16	管玉	131001	瀧ヶ原(55%)、新穂村 A 遺物群(4%)、瀧ヶ原-7(白色化)(3%)、女代南 B 遺物群(2%)、菩提-1(0.5%)	女代南 B 形	瀧ヶ原	2.506	0.2764
No.2	T47	管玉	131002	兵庫・玉谷(91%)	女代南 B 形	兵庫・玉谷	2.607	0.2362
No.3	T49	管玉	131003	旧練兵場 T-49 管玉群(56%)	信号(Ⅲ)	旧練兵場 T-49 管玉群	2.235	0.1171
No.4	T59	管玉	131004	菩提-1(48%)、女代南 B 遺物群(11%)、青谷上寺地 B 遺物群(2%)	女代南 B 形	菩提-1	2.53	0.0711
No.5	T8	管玉	131005	菩提-1(7%)、女代南 B 遺物群(4%)、青谷上寺地 B 遺物群(0.2%)、新穂村 B 遺物群(0.2%)	女代南 B 形	菩提-1	2.4897	0.1586
No.6	II-816	管玉	131006	女代南 B 遺物群(58%)、瀧ヶ原(25%)、菩提-1(17%)、新穂村 A 遺物群(4%)、新穂村 A 遺物群(2%)、青谷上寺地 B 遺物群(0.1%)	女代南 B 形	菩提-1	2.502	0.1879
No.7	III-221-27	管玉	131007	女代南 B 遺物群(14%)、新穂村 A 遺物群(11%)、菩提-1(1%)、菩提-1(0.2%)	女代南 B 形	菩提-1	2.567	0.096
No.8	V-1135	管玉	131008	未定 C 遺物群(18%)、坂塚 2 遺物群(0.2%)	未定 C 形	未定 C 遺物群	2.58	0.4144
No.9	V-1272	管玉	131009	瀧ヶ原(19%)、女代南 B 遺物群(16%)、郡谷・菩提(2%)、新穂村 A 遺物群(0.5%)、菩提-1(0.2%)、青谷上寺地 B 遺物群(0.1%)、坂八-1(0.1%)	女代南 B 形	瀧ヶ原、女代南 B 遺物群	2.588	0.1581
No.11	研-216	管玉	131010	青谷上寺地 A 遺物群(30%)	不明 E 形	青谷上寺地 B 遺物群	2.336	0.1668

※ No.10 はヒスイ様石材のためこの表から除外し、次節に掲載した。

遺物番号 No.1 ~ No.5 は本青梅載遺物。

No.6 は香川県埋蔵文化財センター「第20回「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告」第2回 旧練兵場遺跡 II」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院に掲載の遺物。

No.7 は香川県埋蔵文化財センター「第20回「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告」第3回 旧練兵場遺跡 III」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院に掲載の遺物。

No.8~9 は香川県埋蔵文化財センター「第20回「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告」第7回 旧練兵場遺跡 VI」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院に掲載の遺物。

No.11 は香川県教育委員会「第20回「旧練兵場遺跡 I - 平成7年度 国立普通寺病院内発掘調査報告」」香川県教育委員会に掲載の遺物。

## 第6項 旧練兵場遺跡出土ヒスイ様緑色透明剥片の石材分析

薬科哲男

今回分析を行った剥片は透明緑色剥片で、発掘現場ではヒスイ（硬玉、軟玉）と推測し、各地のヒスイ原石と定量的に比較し同定を行った。分析は試料ホルダーに置くだけの、完全な非破壊で分析を行った。使用する岩石名は肉眼観察で付けた便宜上の名で、岩石名は命名定義を証明されたものでなく、各地の報告書の岩石名でまとめても、無意味で考古学を混乱する。今回の分析も岩石名を厳密に求めるものではない。分析は蛍光X線分析法で元素の種類と含有量を求め、試料の形や大きさの違いの影響を打ち消すために分析された元素同士で含有量の比をとり、この元素比の値を原産地を区別する指紋とした。また、直径が11mm以下の遺物については、ESR法を併用するが試料を全く破壊することなく、遺物に含有されている常磁性種を分析し、その信号から産地間を区別する指標を見つけて、古代人が原石を最初に手にした産地（考古学的産地）または、遺物と同じ組成の原石を産出する産地（地質学的産地）および同じ成分の遺物を使用している遺跡の同定などに利用した<sup>5)</sup>。

### （1）ヒスイの原産地

分析したヒスイ原石は、日本国内産では（1）新潟県糸魚川市と、それに隣接する同県西頸城郡青海町から産出する糸魚川産、（2）軟玉ヒスイと言われる北海道沙流郡日高町千栄の日高産<sup>6)</sup>、（3）鳥取県八頭郡若桜町角谷の若桜産、（4）岡山県阿哲郡大佐町の大佐産、（5）長崎県長崎市三重町の長崎産であり、さらに（6）西黒田ヒスイと呼ばれている静岡県引佐郡引佐町の引佐産の原石、（7）兵庫県養父郡大屋町からの原石、（8）北海道旭川市神居町の神居コタン産、（9）岐阜県大野郡丹生川村の飛驒産原石、また、肉眼的にヒスイに類似した原石で玉類等の原材になったのではないかと考えられる（10）長崎県西彼杵郡大瀬戸町雪浦からの原石である。国内産のヒスイ原産地は、これでほぼ調査し尽くされていると思われる。これら原石の原産地を図1に示す。これに加えて外国産として、ミャンマー産の硬玉と台湾産軟玉および韓国、春川産軟玉などのヒスイの分析も行われている。

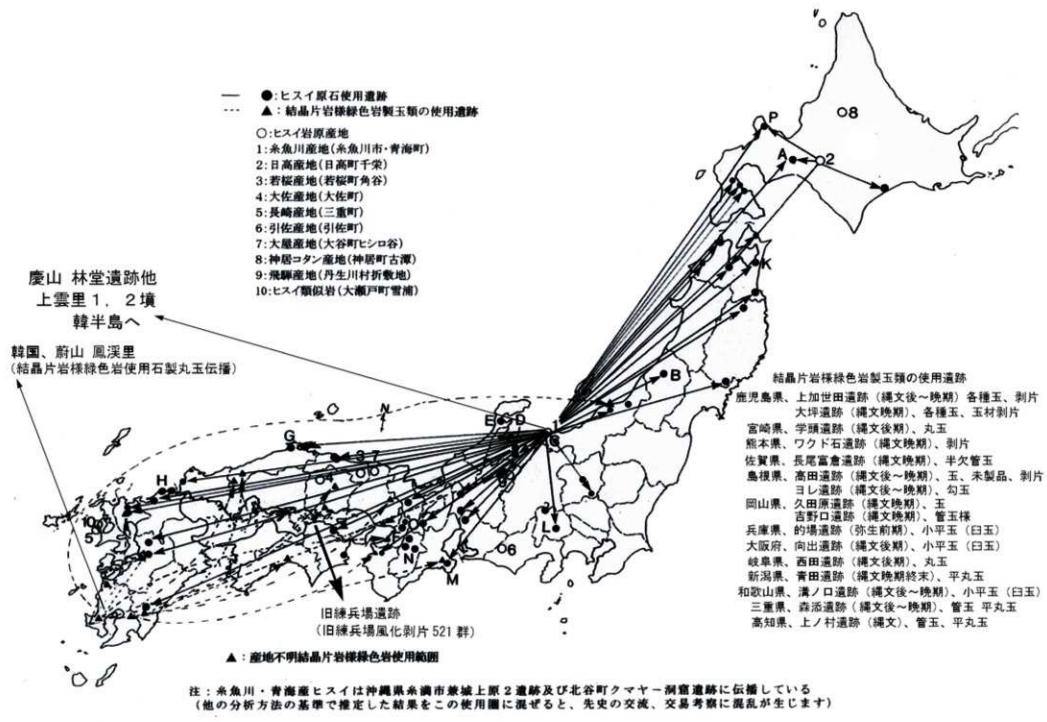
### （2）ヒスイ試料の蛍光X線分析

ヒスイの主成分元素はナトリウム（Na）、アルミニウム（Al）、珪素（Si）などの軽元素<sup>7)</sup>で、次いで比較的含有量の多いカルシウム（Ca）、鉄（Fe）、ストロンチウム（Sr）である。また、ヒスイに微量含有されている、カリウム（K）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、ルビジウム（Rb）、イットリウム（Y）、ジルコニウム（Zr）、ニオブ（Nb）、バリウム（Ba）、ランタン（La）、セリウム（Ce）の各元素を分析した。主成分の珪素など軽元素の分析を行わないときには、励起線源のX線が試料によって散乱されたピークを観測し、そのピークの大きさが主に試料の分析面積に比例することに注目し、そのピークを含有元素と同じく産地分析の指標として利用できる。Na元素はヒスイ岩を構成するヒスイ輝石に含有される重要な元素で、出土した遺物が硬玉か否かを判定するには直接ヒスイ輝石を観測すればよい、しかし、ヒスイ輝石を非破壊で検出する方法が確立されるまでは、蛍光X線分析でNa元素を分析し間接的にヒスイ輝石の存在を推測する方法にたよる他ないのでなかろうか。各原産地の原石のなかで、確実にNa元素の含有が確認されるヒスイ産地は糸魚川、大屋、若桜、大佐、神居コタ

ン、長崎の各原産地の原石でこれらは硬玉に属すると思われる。Na 元素の含有量が分析誤差範囲の産地は日高、引佐、飛騨の各産地の原石である。糸魚川産原石のうち緑色系の硬玉に、肉眼的に最も似た原石を産出する産地は、他の硬玉産地よりも後述した日高、飛騨、引佐の原石に見られる。各原産地の原石の他の特徴を以下に記述する。若桜産のヒスイ原石は Sr のピークが Fe のピークに比べて相当大きく、また Zr の隣に非常に小さな Nb のピークが見られ、Ba のピークも大きく、糸魚川産では見られない La、Ce のピークが観測されている。この Ce のピークは大佐産と長崎産ヒスイ原石のスペクトルにも見られ、これら Ce を含有する原石の産地は、糸魚川の産地と区別するときに有効な判定基準になる。長崎産ヒスイは、Ti の含有量が多く、Y のピークが見られるのが特徴的である。日高産、引佐産、飛騨産ヒスイ原石は、Ca ピークに比べて Ti とか K、また Fe ピークに比べて Sr などのピークが小さいのが特徴で糸魚川産のものと区別するときの判断基準になる。春川軟玉原石は、優白色の工芸加工性に優れた原石で、軟玉であるが、古代では勾玉などの原材料となつた可能性も考えられることから分析を行つた。この原石には、Sr、Zr のピークが全く見られないため、糸魚川産などの Sr、Zr を含有する原石と容易に区別できる。また、長崎県雪浦のヒスイ類似岩をヒスイの代替品として勾玉、大珠などの原材料に使用している可能性が考えられ、分析を行つた。この岩石は比重が 2.91 と小さく、比重でもって他の産地のものと区別できる。また 砒素 (As) のピークが見られる個体が多いのも特徴である。これら各原産地の原石は同じ産地の原石であつても、原石ごとに元素の含有量には異同がある。したがつて、一つの原産地について多数の原石を分析し、各元素の含有量の変動の範囲を求めて、その産地の原石の特徴としなければならない。糸魚川産のヒスイは、白色系が多いが、緑色系の半透明の良質のもの、青色系、コバルト系、およびこれらの色が白地に縞となって入っているものなど様々である。分析した糸魚川産原石の比重を調べると、硬玉の 3.2 ~ 3.4 の範囲のものと、3.2 に達しない軟玉に分類される原石もある。若桜産、大佐産の分析した原石には、半透明の緑色のものはないが、全体が淡青緑かかった乳白色のような原石、また大屋産は乳白色が多い。このうち大佐産、大屋産の原石では比重が 3.20 に達したものではなく、これらの原石は比重からは軟玉に分類される。しかし、ヒスイ輝石の含有量が少ない硬玉とも考えられる。長崎産のヒスイ原石は 3 個しか分析できなかつたが良質である。このうち 1 個は濃い緑色で、他の 2 個は淡い緑色で、少しガラス質である。日高産ヒスイの原石は肉眼観察では比較的糸魚川産のヒスイに似ている。ミャンマー産のヒスイ原石は、質、種類とも糸魚川産のヒスイ原石と同じものが見られ肉眼で両産地の原石を区別することは不可能と考えられる。分析した台湾産のヒスイは軟玉に属するもので、暗緑色のガラス質な原石である。これら各原産地の原石の分析結果から各産地を区別する判断基準を引き出し産地分析の指標とする。

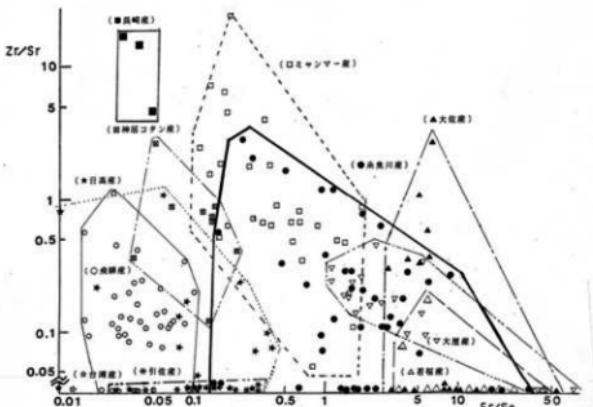
### (3) ヒスイ原産地の判別基準

原石産地の判定を行なうときの判断基準を原石の分析データから引き出すが、分析個数が少ないため、必ずしもその原産地の特徴を十分に反映したと言えない産地もある。第 37 表に各原産地ごとの原石の比重と元素比量をまとめた。元素比量の数値は、その原産地の分析した原石の中での最小値と最大値の範囲を示し、判定基準（1）とした。ヒスイで比重が 3.19 未満の軽い原石は、硬玉ヒスイではない可能性があるが、糸魚川産の原石で比重が 3.19 未満のものも分析を行つた。大佐産のヒスイは比重が 3.17 未満であった。したがつて、遺物の比重が 3.3 以上を示す場合は判定基準（1）により大佐産のヒスイでないと言える。日高産、引佐産の両ヒスイでは Sr/Fe の比の値が小さくて、糸魚川産と区別する判

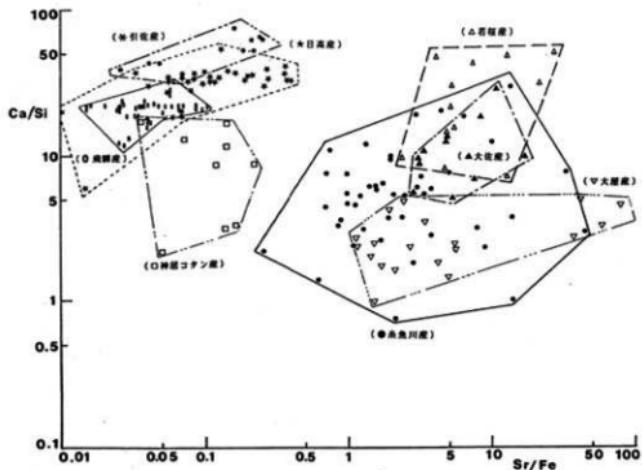


第448図 ヒスイ碧玉類使用遺跡分布図及びヒスイ产地・結晶片岩緑色（クロム雲母）岩玉類使用遺跡分布図

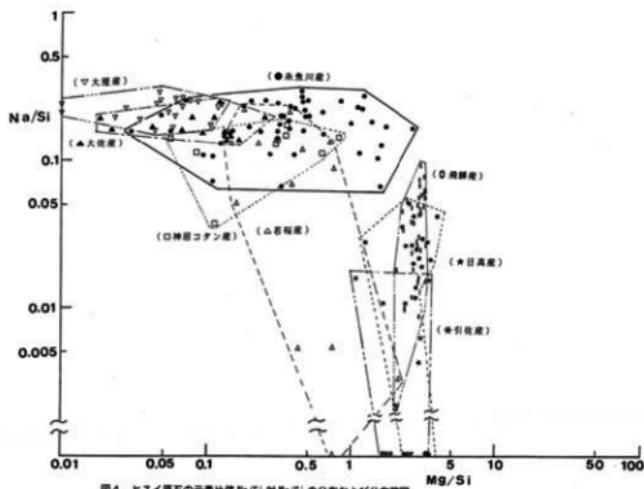
定基準（1）になる。第38表の判定基準（2）にはCr, Mn, Rb, Y, Nb, Ba, La, Ceの各元素の蛍光X線ピークが観測できた個体数を%で示した表である。例えば遺物を分析してBaのピークが観測されなかったとき、その遺物は、若桜、大佐、長崎産のヒスイでないといえる。図2はヒスイ原石のSr/Feの比の値とZr/Srの比の値の分布を各原産地ごとにまとめて分布範囲を示したものである。第449図は糸魚川産のヒスイで、分布の範囲を実線で囲み、この枠内に遺物の測定点が入れば糸魚川産の原石である可能性が高いと判断する。□はミャンマー産のヒスイの分布で、その範囲を短い破線で囲む。糸魚川の実線の範囲とミャンマーの破線の範囲の大部分は重なり両者は区別できないが、ミャンマーと糸魚川が区別される部分がSr/Feの値（横軸）25以上の範囲で見られる。この範囲の中に、遺物の測定点が入ればミャンマー産と考えるより、糸魚川産である可能性の方が高いと考えられる。▲は大佐産の、△は若桜産の、▽は大屋産のヒスイの分布を示している。糸魚川と大佐、若桜、大屋のヒスイが重なる部分に遺物の測定点が入った場合、これら複数の原産地を考えなければならない。しかし、この遺物にBaの蛍光X線スペクトルのピークが見られなかた場合、第38表の判定基準（2）に従えば糸魚川産または大屋産のヒスイであると判定でき、その遺物の比重が3.2以上あれば大屋産でなくて、糸魚川産と推定される。■は長崎産ヒスイの分布で、独立した分布の範囲を持って他の産地のヒスイと容易に区別できる。台湾産の軟玉はグラフの左下に外れる。★印の日高産および\*印の引佐産ヒスイの分布の一部分が、糸魚川産と重なり区別されない範囲がみられる。しかし、Ca/Si比とSr/Fe比を指標とすることにより（第450図）、糸魚川産ヒスイは日高産および引佐産の両ヒスイと区別することができる。Na/Si比とMg/Si比を各原産地の原石について分布を示すことにより（第451図）、遺物がどこの原産地の分布内に帰属するかにより、硬玉か軟玉かの判別の手段の一つになると考えられる。



第449図 ヒスイ原石の元素比値 Zr/Sr 対 Sr/Fe の分布及び分布範囲



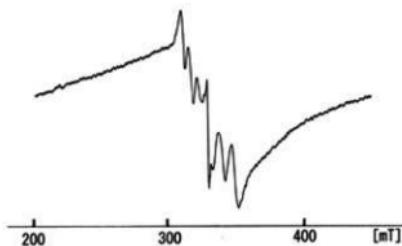
第450図 ヒスイ原石の元素比値  $\text{Ca}/\text{Si}$  対  $\text{Sr}/\text{Fe}$  の分布及び分布範囲



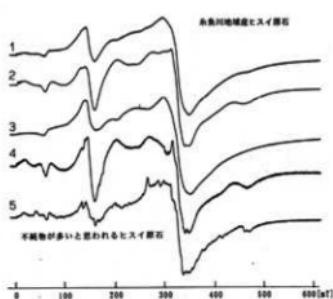
第451図 ヒスイ原石の元素比値  $\text{Na}/\text{Si}$ - $\text{Mg}/\text{Si}$  の分布及び分布範囲

## (4) 旧練兵場遺跡出土ヒスイ様緑色透明剥片の定量的同定結果

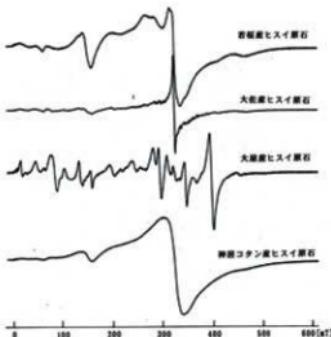
分析されたヒスイ様緑色透明剥片の元素比値および石材の含有鉱物に関係する比重を第39表に示した。比重が2.630で岩石学的には硬玉、軟玉ないと言える。ヒスイの判別に使用されている原石分布図の第449図に遺物分析値のSr/Fe=0.179とZr/Sr=0.498の比値は糸魚川、ミャンマー、神居コタン産の枠内に入る。第450図にはCa/Si=0.076比とSr/Fe=0.179比値は何処の産地の枠内にも入らない。第451図ではNa/Si=0比とMg/Si=0.068比は何処の産地の枠内にも入らなかった。この判定方法で判別に活躍した原石は原石分布範囲を決定した原石で、判定を行うとき分布範囲に入るか、外れるかで判別を行った。このとき枠内にある原石の枠内の位置および原石個数が反映されていないために、判別は定性的になる。遺物を分析し原石分布範囲の枠内、枠外の何処位置に遺物の分析値がプロットされるか、プロットされた位置の遺物は比較した原石群(第40表)毎に『原石産地の原石で無いと仮定』したとき、この仮定の誤判定の確率を定量的に求めて判定を行う。これを、多変量統計のマハラノビスの距離を求めて行う、ホテイリングのT<sub>2</sub>検定で行う。誤判定の信頼限界の確率を統計学で多用されている5%以上とし、5%~0.1%の範囲を定性的に似ていると同定した(第41表)。また、ESR分析法は遺物を10mmの試料管に入れて全く破壊することなく、遺物に含有されている常磁性種(イオン)を分析し(第452図)、ヒスイ原石のイオン(第453~456図)と比較し産地間を区別する。遺物の6本の信号はMnイオンと思われ、同じく第455図の日高産ヒスイ、飛騨産ヒスイも6本のイオンを示すが細かく分裂がみられ、遺物のESR信号と異なる。この緑色透明剥片遺物の蛍光X線分析スペクトル第452図は糸魚川産緑色透明ヒスイと大きく異なり遺物はSi元素が主成分で、微量元素としてRb、Sr、Y、Zrなどの元素が見られるが非常に少なく大きく拡大しないとノイズに隠れる様な含有量である。蛍光X線分析、ESR分析、比重などヒスイでないと同定した。この遺物は遺跡でよくヒスイと間違われる苔メノウの可能性が推測される。この剥片の分析場所を変えながら統計処理が可能な40回以上分析し、出土遺跡名と遺物番号をつけて、旧練兵場風化剥片521群の遺物群を作った。この遺物群を第40表に登録し、将来、他の遺跡でヒスイと間違えられる苔メノウが、同じ組成の遺物で使用されていたか、また新たに見つかった原石産地の原石に一致するか判定出来るようにした。



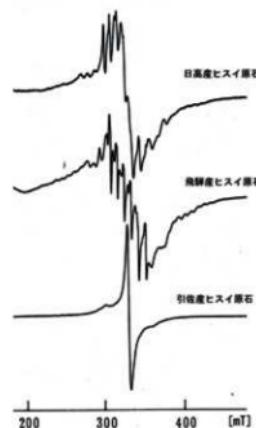
第452図 緑色透明破片のESRスペクトル



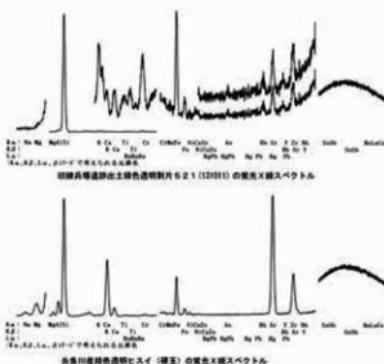
第 453 図 ヒスイ原石 ESR スペクトル



第 454 図 ヒスイ原石 ESR スペクトル



第 455 図 ヒスイ原石 ESR スペクトル



第 456 図 ヒスイ原石 ERS スペクトル

#### 参考文献

- 茅原一也 (1964)、長者が原遺跡産のヒスイ (翡翠) について (概報)。長者ヶ原、新潟県糸魚川市教育委員会 63-73
- 藤井哲男・東村武信 (1987)、ヒスイの产地分析。富山市考古資料館紀要 6.1-18
- 藤井哲男・東村武信 (1990)、奈良県内遺跡出土のヒスイ製玉類の产地分析。櫻原考古学研究所紀要「考古学論叢」, 1495-109
- 藤井哲男・東村武信 (1983)、石器原材の产地分析。考古学と自然科学, 16:59-89
- Tetsuo Warashina (1992), Allotment of Jasper Archeological Implements By Means of ESR and XRF. Journal of Archaeological Science 19:357-373
- 番場猛夫 (1967)、北海道日高産軟玉ヒスイ。調査研究報告会講演要旨録 No.18:11-15
- 河野義礼 (1939)、本邦における翡翠の新産出及び其化学的性質。岩石地質学雑誌 22:195-201

第37表 ヒスイ製造物の原石産地の判定基準（1）

原産地名	分析個数	蛍光X線法による元素比の範囲					
		比重	K/Ca	Ti/Ca	Sr/Fe	Zr/Sr	Ca/Si
糸魚川産	41	3.00 ~ 3.35	0.01 ~ 0.17	0.01 ~ 0.56	0.15 ~ 30	0.00 ~ 2.94	0.72 ~ 27.6
若狭産	12	3.12 ~ 3.29	0.01 ~ 0.91	0.03 ~ 0.59	3.45 ~ 47	0.00 ~ 0.25	4.33 ~ 48.4
大佐産	20	2.85 ~ 3.17	0.01 ~ 0.07	0.00 ~ 1.01	3.18 ~ 61	0.00 ~ 12.4	3.47 ~ 28.6
長崎産	3	3.16 ~ 3.23	0.01 ~ 0.14	0.17 ~ 0.33	0.02 ~ 0.06	4.30 ~ 160	
日高産	22	2.98 ~ 3.29	0.00 ~ 0.01	0.00 ~ 0.02	0.00 ~ 0.37	0.00 ~ 0.063	5.92 ~ 51.6
引佐産	8	3.15 ~ 3.36	0.04 ~ 0.04	0.00 ~ 0.03	0.03 ~ 0.33	0.00 ~ 0.018	36.3 ~ 65.9
大畠産	18	2.96 ~ 3.19	0.03 ~ 0.08	0.04 ~ 0.16	1.08 ~ 79	0.02 ~ 0.48	0.95 ~ 4.81
神居コタン産	9	2.95 ~ 3.19	0.02 ~ 0.49	0.09 ~ 0.17	0.04 ~ 0.22	0.12 ~ 0.85	2.22 ~ 17.3
飛脚産	40	2.85 ~ 3.15	0.01 ~ 0.04	0.00 ~ 0.00	0.02 ~ 0.10	0.00 ~ 1.24	12.7 ~ 28.5
ミヤンマ産	26	3.15 ~ 3.36	0.02 ~ 0.14	0.01 ~ 0.26	0.09 ~ 25	0.01 ~ 23	
台湾産	1	3.00	0.003	ND	ND	ND	

ND: 検出限界以下の濃度

第38表 ヒスイ製造物の原石産地の判定基準（2）

原産地名	蛍光X線法による分析元素 (各元素が確認できた個体数の百分率)							
	Cr	Mn	Rb	Y	Nb	Ba	La	Ce
糸魚川産	26%	6%	20%	ND	13%	33%	ND	ND
若狭産	ND	ND	16%	ND	100%	100%	67%	67%
大佐産	ND	ND	44%	ND	33%	100%	67%	67%
長崎産	ND	ND	ND	100%	100%	100%	100%	100%
日高産	tr	tr	ND	ND	ND	tr	ND	ND
引佐産	88%	75%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
大畠産	tr	ND	31%	ND	6%	90%	100%	100%
神居コタン産	ND	100%	22%	100%	ND	55%	ND	ND
飛脚産	100%	100%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ミヤンマ産	13%	4%	ND	ND	ND	35%	ND	ND
台湾産	tr	tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: 検出限界以下 tr: 検出確認

第39表 旧練兵場遺跡出土ヒスイ様緑色剥片の元素比値および比重

遺物 番号	分析 番号	元素分析値の比の値												試料 比重 (g)					
		Na/Si	Mg/Si	Al/Si	K/Ca	Ca/Si	Ti/Ca	Cr/Fe	Mn/Fe	Ni/Fe	Sr/Fe	Zr/Sr	Nb/Sr	Ba/Sr	Ce/Sr	Rb/Sr	Y/Sr		
S21	131011	0	0.068	0.002	2.836	0.076	2.287	0.011	0.048	0.045	0.179	0.498	0	0	0	0.097	0.038	2.63	0.167
JG-1 <sup>a</sup>		0.030	0.169	0.090	1.320	2.307	0.180	0.002	0.011	0.000	0.401	0.798	0.050	6.020	0.000	0.000	0.270	0.150	

a) 標準試料、Ando,A., Kurnasawa,J.L., Ohmori,T., & Takeda,E. (1974). 1974 compilation of data on the GJS geochemical reference samples JG-1 granodiorite and JB-1 basalt.

Geochemical Journal, Vol.8 175-192.

第 40 表 ヒスイ原石・遺物群の元素比の平均値と標準偏差値

各群別個々の同定 使用元素比番号	1	2	3	4	5	6	7	8	
輝石産地所在地 回数	分析 Xav ± σ	Na/Si Xav ± σ	Mg/Si Xav ± σ	Al/Si Xav ± σ	K/Ca Xav ± σ	Ca/Si Xav ± σ	Ti/Ca Xav ± σ	Cr/Fe Xav ± σ	Mn/Fe Xav ± σ
<b>硬玉系</b>									
糸魚川ヒスイ -1群	103	0.239 ± 0.041	0.553 ± 0.226	0.154 ± 0.024	0.065 ± 0.052	6.572 ± 6.493			
糸魚川ヒスイ -2群	54	0.203 ± 0.049	0.414 ± 0.145	0.153 ± 0.020	0.079 ± 0.092	11.666 ± 10.616			
若桜ヒスイ (鳥取県)	53	0.148 ± 0.077	0.605 ± 0.323	0.203 ± 0.034	0.077 ± 0.097	22.369 ± 15.777			
大佐ヒスイ (岡山県)	51	0.246 ± 0.025	0.353 ± 0.032	0.197 ± 0.013	0.056 ± 0.028	7.036 ± 3.725			
大庭ヒスイ (兵庫県)	52	0.254 ± 0.046	0.338 ± 0.044	0.192 ± 0.017	0.130 ± 0.053	2.352 ± 0.887			
長崎ヒスイ	52	0.211 ± 0.024	0.479 ± 0.045	0.146 ± 0.006	0.186 ± 0.052	5.083 ± 1.225	0.249 ± 0.119		
ミヤンマ	54	0.275 ± 0.023	0.392 ± 0.083	0.181 ± 0.007	0.124 ± 0.088	1.726 ± 0.576			
ロシア	52	0.245 ± 0.028	0.499 ± 0.051	0.158 ± 0.009		5.287 ± 1.377	0.111 ± 0.067	0.008 ± 0.002	
メキシコ	57	0.220 ± 0.041	0.562 ± 0.111	0.143 ± 0.019		7.498 ± 1.073		0.021 ± 0.006	
<b>軟玉系</b>									
日高ヒスイ (北海道)	52	0.086 ± 0.013	1.958 ± 0.416	0.025 ± 0.009		29.309 ± 6.098			
飛驒ヒスイ (岐阜県)	60	0.097 ± 0.021	2.384 ± 0.445	0.023 ± 0.003		18.481 ± 4.156			
引佐軟玉 (黒田ヒスイ)	52	0.085 ± 0.019	2.413 ± 0.784	0.148 ± 0.055	0.015 ± 0.001	51.137 ± 10.301			
長崎・雪浦ヒスイ	49		1.897 ± 1.998	0.024 ± 0.007	0.316 ± 0.664	28.268 ± 40.949		0.011 ± 0.017	0.023 ± 0.022
徳國・春川ヒスイ	56	0.098 ± 0.016	2.693 ± 0.192	0.022 ± 0.006	0.017 ± 0.002	17.941 ± 1.038			
中国・和田玉	51	0.075 ± 0.015	2.516 ± 0.236	0.022 ± 0.007	0.024 ± 0.016	19.112 ± 1.276			
<b>メノウ系</b>									
旧練兵場風化 剥片 521 群	45		0.057 ± 0.005	0.019 ± 0.001					0.047 ± 0.003

各群別個々の同定 使用元素比番号	9	10	11	12	14	15	16	17	
輝石産地所在地 回数	分析 Xav ± σ	Ni/Fe Xav ± σ	Sr/Fe Xav ± σ	Zr/Sr Xav ± σ	Nb/Fe Xav ± σ	As/Fe Xav ± σ	Zn/Fe Xav ± σ	Rb/Fe Xav ± σ	Y/Fe Xav ± σ
<b>硬玉系</b>									
糸魚川ヒスイ -1群	103	0.052 ± 0.038	3.080 ± 4.937	0.356 ± 0.530					
糸魚川ヒスイ -2群	54	0.055 ± 0.040	13.742 ± 18.301	0.254 ± 1.017					
若桜ヒスイ (鳥取県)	53		10.131 ± 10.643	0.059 ± 0.104	0.273 ± 0.428				
大佐ヒスイ (岡山県)	51		7.547 ± 9.753	0.148 ± 0.458				0.093 ± 0.062	
大庭ヒスイ (兵庫県)	52	0.060 ± 0.072	30.401 ± 54.569	0.094 ± 0.142					
長崎ヒスイ	52		0.036 ± 0.007	6.574 ± 3.728	0.080 ± 0.049				
ミヤンマ	54	0.064 ± 0.058	2.875 ± 12.805	4.141 ± 4.138					
ロシア	52		0.064 ± 0.112	1.101 ± 0.356					
メキシコ	57	0.046 ± 0.009	0.172 ± 0.027					0.033 ± 0.008	
<b>軟玉系</b>									
日高ヒスイ (北海道)	52	0.042 ± 0.017	0.108 ± 0.093	0.031 ± 0.028			0.088 ± 0.056		
飛驒ヒスイ (岐阜県)	60	0.053 ± 0.019	0.042 ± 0.023	0.072 ± 0.095			0.034 ± 0.025		
引佐軟玉 (黒田ヒスイ)	52	0.032 ± 0.014	0.134 ± 0.092	0.051 ± 0.056					
長崎・雪浦ヒスイ	49	0.081 ± 0.139	0.683 ± 0.839	0.090 ± 0.325		4.366 ± 8.637			
徳國・春川ヒスイ	56		0.064 ± 0.043	0.021 ± 0.043			0.384 ± 0.101		
中国・和田玉	51	0.065 ± 0.044	0.034 ± 0.026	12.633 ± 79.055			0.369 ± 0.164		
メノウ系								0.112 ± 0.019	0.032 ± 0.022
旧練兵場風化剥片 521 群	45		0.202 ± 0.019	0.557 ± 0.067					

旧練兵場風化剥片 521 群 (サイズ 1.0 × 0.5 × 0.27 重量 : 0.167gr 比重 : 2.630)

第41表 旧練兵場遺跡緑色透明剥片の石材产地分析結果

分析番号	報告番号	マハラノビスの距離を求めての ホテリングのT2検定結果	5%以上定量的判定結果
131011	II-521	旧練兵場風化剥片 521 粒 (48%) , 長崎・雪浦ヒスイ (0.1%)	旧練兵場風化剥片 521 粒

旧練兵場風化剥片 521 (サイズ 1.0 × 0.5 × 0.27 重量: 0.167gr 比重: 2.630)

分析対象遺物は香川県埋蔵文化財センター編 2011『独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第2巻 旧練兵場道路Ⅱ』香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院に掲載の遺物である。

## 第 5 節 金属器分析

### 第 1 項 金属器分析の概要

本遺跡出土の金属器には、青銅器と鉄器がある（今回報告する辰砂鉱石（報文番号 S88）は金属水銀の素材と成りうる鉱石だが、本書では石として取り扱った）。

ここでは、まず平成 20 年度調査時に委託して実施した銅鏡 2 点の鉛同位体比分析結果報告を掲載した。分析に当たっては、あらかじめ委託先である元興寺文化財研究所において蛍光 X 線分析を行い分析に必要な鉛成分を含有することを確認した。そして別府大学大学院文学研究科平尾良光教授と同科藤村里香氏（いずれも当時）により鉛同位体比測定が行われた。分析試料のうち 1 点は弥生時代後期後半古段階の竪穴建物 SH2075a の床面出土の連鉢式銅鏡（報文番号 M16）である。もう 1 点は終末期新段階の竪穴建物 SH2220a の下層出土の銅鏡片（報文番号 M116、写真図版 153）である。

次に、弥生時代終末期新段階の竪穴建物 SH4063a の中央土坑 SK4133a で出土した板状鉄斧 M57 について、平成 20 年度調査時における保存処理業務の事前調査として、委託先である吉田生物研究所が九州テクノリサーチ・TAC センター（当時）大澤正己氏に依頼して実施した切断断面の構造分析である。なお、大澤氏原稿の末尾にある「拙稿 2003 「旧練兵場出土微細遺物の予備調査」」は、旧練兵場遺跡 II 報告に掲載した大澤正己「4. 平成 14 年度予備調査試料」「旧練兵場遺跡 II 第 2 分冊 P315-317」を示す。

最後に銅製円環（報文番号 M112）の分析については、保存処理を実施するにあたって、委託先である文化財サービスがあらかじめ蛍光 X 線分析を実施した結果を保存処理成果品から抽出して掲載したものである。分析の結果、錫が検出されず鉛の強度も低いことから、素材は青銅ではないことが明らかとなった。

## 第2項 埋蔵文化財発掘調査業務（旧練兵場遺跡）に係る青銅器鉛同位体比分析

(財)元興寺文化財研究所

旧練兵場遺跡出土銅鏡の鉛同位体比分析について報告します。

## 1. 分析対象

香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土銅鏡分析試料2点（鉛101、鉛102）（第42表、第457図）。

第42表 分析試料一覧

分析試料	出土遺物	地区名	出土遺構	層位	鉛同位体比測定番号
鉛101	銅鏡101（篆文M16）	2A地区	SH2075a③	床面	BP6007
鉛102	銅鏡102（篆文M16）	2A地区	SH2220a①	下層	BP6008

## 2. 分析内容

香川県埋蔵文化財センターにて採取された銅鏡分析試料2点（鉛101、鉛102）の全量を、蛍光X線分析により鉛の含有を確認したうえで鉛同位体比測定を行った。ただし、鉛同位体比測定は別府大学大学院文学研究科 教授平尾良光、藤村里香により行われた。



(左: 鉛101、右: 鉛102)

第457図 分析試料

## 3. 蛍光X線分析

## 3.1. 使用機器および測定条件

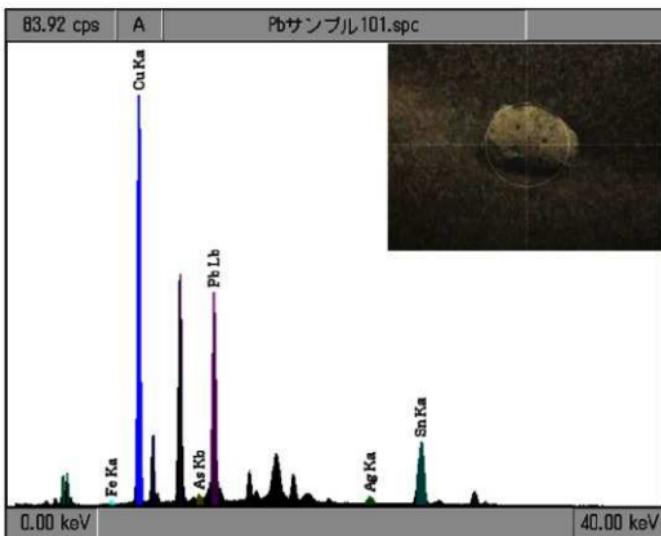
エネルギー分散型蛍光X線分析装置  
(XRF) 【SII ナノテクノロジー社製 SEA5230】

試料の微小領域にX線を照射し、そのさいに試料から放出される各元素に固有の蛍光X線を検出することにより元素を同定する。

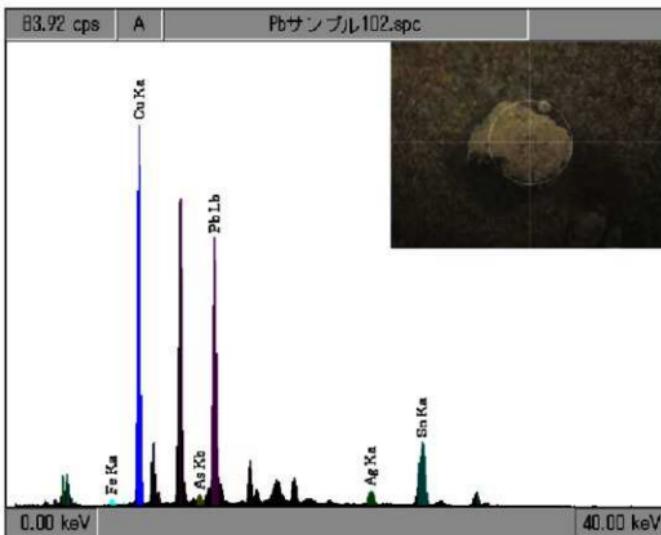
測定は大気圧でφ18mmのコリメータを用い、比較的重い元素の測定に適する45kVの管電圧で300秒間測定した。なお、X線管球はモリブデン(Mo)である。

## 3.2. 結果

旧練兵場遺跡出土銅鏡分析試料2点（鉛101、鉛102）のXRF分析結果を第458・459図、第43表に示した。



第 458 図 分析試料 鉛 101 (M16) の XRF スペクトル



第 459 図 分析試料 鉛 102 (M116) の XRF スペクトル

第43表 分析試料から検出された元素とその強度

Z	26	29	33	47	50	82
元素	Fe	Cu	As	Ag	Sn	Pb
元素名	鉄	銅	ヒ素	銀	スズ	鉛
ライン	K $\alpha$	K $\alpha$	K $\beta$	K $\alpha$	K $\alpha$	L $\beta$
鉛 101 (cps)	11.209	667490	31.315	29.724	216.699	427.180
鉛 102 (cps)	13.231	609968	30.016	47.800	221.248	543.093
ROI (keV)	623-657	786-822	11.52-11.93	21.84-22.36	24.92-25.47	12.42-12.84

### 3.3. 考察

旧練兵場遺跡出土銅鐵分析試料2点（鉛101、鉛102）から銅（Cu）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、銀（Ag）、ヒ素（As）を検出した。同時に検出した鉄（Fe）は土壤成分由来であると考えられる。したがって、銅鐵101、102は青銅製であり、鉛同位体比測定に必要な鉛を含んでいることが確認できた。

以上、文責 川本耕三

## 4. 鉛同位体比分析<sup>1)</sup>

### 4.1. 鉛同位体法の原理

地球が誕生したとされている45.6億年前に、すべての元素の同位体組成は地球上で元素毎に一定の値となっており、その値は地球上においては普遍的であった。ほとんどの元素の同位体組成はその後変化しなかつたが、例外的ないくつかの元素は変化した。鉛はその例外的な元素の一つである。

鉛（Pb）には<sup>204</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb、<sup>208</sup>Pbの4種の同位体があり、地球誕生時にはある一定の比率で存在していた。しかし、地球誕生時には鉛としては存在していないかったウラン（U）やトリウム（Th）といった元素が、放射能を出して原子内の陽子や中性子の数を変化させ、最終的に鉛となって安定する放射壊変と呼ばれる現象を起こす。このため鉛の同位体は増加していく。具体的には<sup>238</sup>Uは<sup>206</sup>Pbに、<sup>235</sup>Uは<sup>207</sup>Pbに、<sup>232</sup>Thは<sup>208</sup>Pbへと変化する。ウランとトリウムが減少した量だけ各鉛同位体の量は増えるのである。このことで鉛の3種の同位体比は徐々に変化していく。

地球誕生時に存在したある一塊の岩石中にウランやトリウムと鉛が共存していたと仮定し、このまま数億年あるいは数十億年といった時間が経過したとする。この岩石は地殻変動などを受けて鉛のみが抽出され、鉛鉱床や鉛鉱山を形成するため、一定時間の経過後にウラン・トリウムと鉛は分離されることになる。変化前の岩石中のウラン・トリウム・鉛の量比やウラン・トリウム・鉛が共存していた時間の長さによって<sup>204</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb、<sup>208</sup>Pbの鉛同位体の増加量が異なるため、その変化を鉛同位体比として表すことができる。この比は各鉱山ごとに固有の値を示すと推定されるため、世界の鉛鉱山の同位体比と文化財試料に含まれる鉛の同位体比を比較することで鉛の産地の違いを判別することができる。

### 4.2. 測定値の表し方<sup>2)</sup>

鉛同位体比測定の結果を理解するため、試料の同位体比を次のように示すこととした。鉛には<sup>204</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb、<sup>208</sup>Pbの独立した4種の同位体があるので、同位体比は<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb、<sup>204</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb、<sup>204</sup>Pb/<sup>208</sup>Pb、

$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$  という 12 の方法で表現される。この方法の中で最も整った図で表現でき、4 種類の同位体を含む  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (B 式図) と  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (A 式図) という 2 つの図を用いた表現方法を利用して測定結果の図化を行った。

今までの研究から、中国の前漢時代・後漢時代・三国時代の銅鏡を分析して、これらを第 460 図と第 461 図の中にプロットすると、前漢時代の銅鏡と後漢・三国時代の銅鏡の材料が、はっきり区分されて分布した。さらに前漢時代の銅鏡が分布した領域を、他の出土資料と比較することで、華北産材料の領域（華北領域、青色の囲み）と表し、後漢時代・三国時代の銅鏡が分布する領域を華南産材料の領域（華南領域、茶色の囲み）と表現することができた。弥生時代後期後半の突線錐銅鐸や広形銅矛などの青銅器資料は華北産材料の領域の中でも一定な範囲に集まって分布するため、この領域を特定領域 a, a' (紫色の囲み) と表した。このような狭い領域に値が集中するので、特定産地の鉛材料が利用されていたと示唆される。

日本産材料の領域を設定する場合、西暦 6 世紀頃までの遺物で日本産の材料を用いたと断定できる資料は今のところ確認できていないので、8 世紀以降に作られた錢貨と現代の鉛鉱山が示す分布を日本産材料の領域（日本領域、橙色の囲み）とした。

朝鮮半島産材料の領域には、朝鮮半島で製作されたと考えられる多錐細文鏡を用い、それらが示す分布領域を朝鮮半島産材料の範囲（朝鮮半島領域、緑色の直線）とした。

鉛材料の産地は本来ならば鉛鉱山が示す値から設定すべきであるが、文化財資料が製作された当時に利用された鉱山を探すことにはかなり無理があり、現実的に限界がある。そのため、製作された時代がほぼ確実に推定されている文化財資料から鉛を採取し、それを基準に領域を仮定することで鉛材料産地を設定した。この仮定から測定値がある領域に位置した場合、それぞれの領域が示す産地の材料である可能性を示すのである。

#### 4.3. 分析方法<sup>3)</sup>

採取試料の全量を石英製ビーカーに入れ、濃硝酸（多摩化学工業社製 分析用超高純度試薬 TAMAPURE-AA-100）を 0.1ml 加えて溶解し、蒸留水で 5ml に希釈した。この溶液を直流 2V, 12 ~ 2.4mA で電気分解し、陽極側に析出した二酸化鉛 ( $\text{PbO}_2$ ) を濃硝酸（同上）0.1ml と 35% 過酸化水素水（多摩化学工業社製 分析用超高純度試薬 TAMAPURE-AA-10）0.1ml で還元して溶解した。

溶液の鉛濃度を炭素炉原子吸光光度法で測定し、この試料溶液から 0.2 $\mu\text{g}$  の鉛を分取し、1 M リン酸 4  $\mu\text{l}$  とシリカゲル 5  $\mu\text{l}$  を加えた。これをレニウムシングルフィラメント上に塗布し、徐々に電流を上げて蒸発乾固させて、質量分析測定用試料とした。

質量分析測定用試料が付着したフィラメントを質量分析計（別府大学に設置されているサーモフィッシュ サーベイエンティフィック社製表面電離型質量分析計 MAT262）に装填し、分析計の諸条件を整え、フィラメント温度を 1200°C に設定して鉛同位体比を測定した。併せて同一条件で標準鉛試料 NBS-SRM981 を測定し、前述の各測定結果を規格化して測定値とした。

#### 4.4. 測定結果と考察

得られた鉛同位体比値を第 44 表にまとめた。4.2 で述べた A 式図を第 460 図として、B 式図を第 461 図として図化した。

A式図、B式図どちらにおいても、両試料とも特定領域a、a'内にほぼ収まる形で分布していることが読み取れる。日本国内で出土する青銅器の場合、弥生時代後期には材料として中国華北産材料が利用されることが多く、後期後半には特定領域a、a'の材料が使用されたことがわかっている<sup>4)</sup>。この結果から、本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡から出土した2点の銅鑼は弥生時代後半の典型的な金属材料を利用している可能性が高いと考えられる。

さらに、第462～465図にはこれまでに測定された国内で出土した弥生時代の資料である銅鑼・三棱鏡（第45・46表）<sup>5)</sup>と本調査資料の鉛同位体比を比較した結果を示した。ほとんどの資料が特定領域a、a'付近に分布していることがわかった。これは本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡から出土した2点の銅鑼が、弥生時代後期の代表的な銅鑼であり、当時の典型的な金属材料を利用して製造された可能性を示唆する。

#### ※参考・引用文献

- 1) 平尾良光. 鉛同位体比法. 青銅鏡・銅鑼・鉄劍を探る. 平尾良光. 山岸良二編. 国土社. 1998. p.13-19. (文化財を探る科学の眼. 3)
- 2) 平尾良光. 横木淳子. 第I章 古代日本青銅器の鉛同位体比 2 鉛同位体比法 2.5 測定値の表し方古代青銅の流通と鑄造. 平尾良光編. 鶴山堂. 1999. p.35-39
- 3) 松本哲一. 平尾良光. 富樫茂子. 地質調査所岩石標準試料の鉛同位体比測定. 地質調査所月報. 1993. vol.44. no.11. p.649-657.
- 4) 平尾良光. 鈴木浩子. 第II章 弥生時代青銅器と鉛同位体比. 古代青銅の流通と鑄造. 平尾良光編. 鶴山堂. 1999. p.163-208
- 5) 平尾良光. 第6章 鉛同位体比の測定と分析. 弥生・古墳時代 青銅・ガラス製品. 森田稔・井上洋一編. 小学館. 2003. p.345-368. (考古資料大観. 6)

**第44表 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料の鉛同位体比**

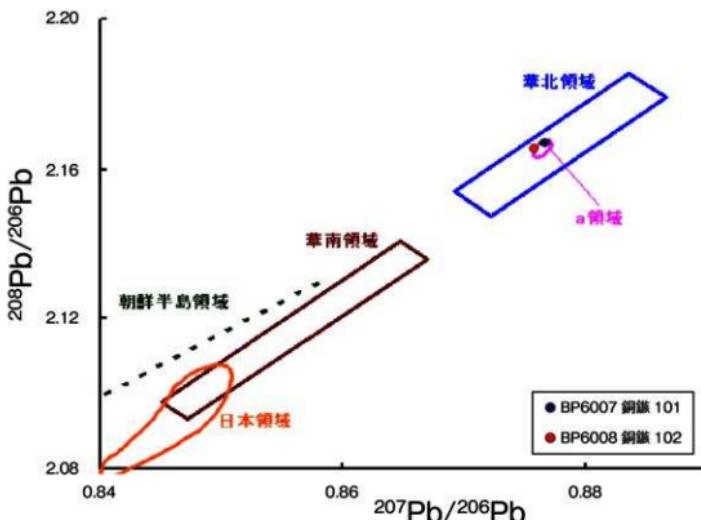
試料番号(報告番号)	資料名	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	測定番号
鈴101 (M116)	銅鑼	17.732	15.546	38.423	0.8767	2.1668	BP6007
鈴102 (M116)	銅鑼	17.750	15.546	38.435	0.8758	2.1653	BP6008
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

第 45 表 これまでに測定された弥生時代の銅鏡・三稜鏡の鉛同位体比 1

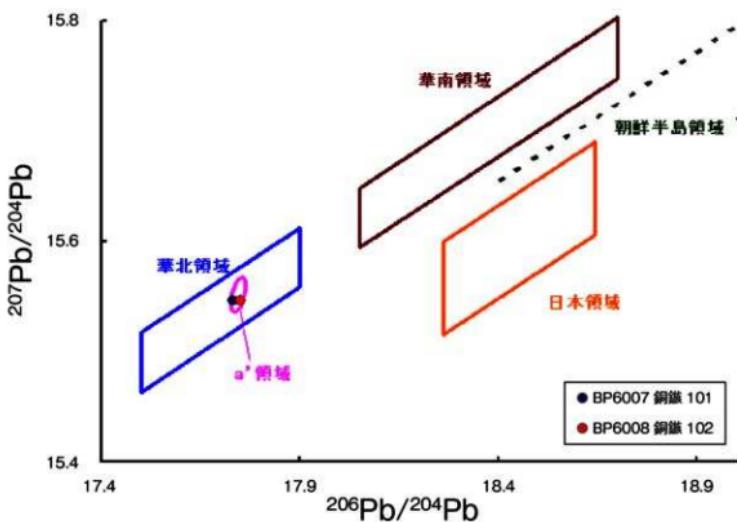
番号	資料名	出土地	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	銅鏡	群馬県渋川市有馬遺跡 7 号墓	17.758	15.552	38.423	0.8758	2.1637	
2	銅鏡	東京都北区砧山不動坂遺跡	17.746	15.547	38.413	0.8761	2.1646	
3	銅鏡	新潟県上越市大河内町字巻	18.001	15.616	38.596	0.8675	2.1441	
4	銅鏡	山梨県東八代郡中道町東山北遺跡	17.743	15.548	38.405	0.8763	2.1645	
5	銅鏡	山梨県東八代郡中道町東山北遺跡	17.741	15.548	38.408	0.8764	2.1649	
6	銅鏡	岐阜県大垣市荒尾南遺跡	17.736	15.546	38.404	0.8765	2.1653	
		F-33 包含層						
7	銅鏡	岐阜県大垣市荒尾南遺跡	17.774	15.563	38.472	0.8756	2.1645	
		I-35 包含層						
8	銅鏡	岐阜県大垣市荒尾南遺跡 E-30 潟 SD-05 流路	17.746	15.549	38.415	0.8762	2.1647	
9	銅鏡	岐阜県大垣市荒尾南遺跡 E-30 潟 SD-05 流路	17.745	15.553	38.430	0.8765	2.1657	
10	銅鏡	岐阜県大垣市荒尾南遺跡 G-33 包含層	17.762	15.552	38.432	0.8756	2.1637	
11	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.734	15.535	38.407	0.8760	2.1657	
12	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.737	15.539	38.418	0.8761	2.1660	
13	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.732	15.542	38.409	0.8765	2.1661	
14	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.737	15.548	38.441	0.8766	2.1673	
15	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.753	15.548	38.400	0.8758	2.1630	
16	銅鏡	静岡県浜松市都田町椿野遺跡	17.763	15.583	38.548	0.8773	2.1701	
17	銅鏡	静岡県袋井市愛野山北遺跡	17.793	15.574	38.479	0.8753	2.1626	
18	銅鏡	静岡県駿東郡清水町伏見字根岸	17.749	15.557	38.444	0.8765	2.1660	
19	銅鏡	愛知県名古屋市區鶴舞町山王山遺跡	17.758	15.560	38.467	0.8762	2.1662	
20	銅鏡 (No.1)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.753	15.557	38.444	0.8763	2.1655	
21	銅鏡 (No.2)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.737	15.548	38.408	0.8766	2.1654	
22	銅鏡 (No.3)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.743	15.552	38.424	0.8765	2.1656	
23	銅鏡 (No.4)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.739	15.545	38.403	0.8763	2.1649	
24	銅鏡 (No.5)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.748	15.549	38.414	0.8761	2.1644	
25	銅鏡 (No.6)	愛知県一宮市八王子遺跡	17.742	15.547	38.408	0.8763	2.1648	
26	銅鏡	愛知県一宮市佐竹寺野田遺跡	17.997	15.625	38.629	0.8682	2.1464	
27	銅鏡	愛知県一宮市田所町西遺跡	17.939	15.589	38.531	0.8690	2.1479	
28	銅鏡 (破片)	愛知県豊川市三谷原町郷中遺跡	17.754	15.563	38.464	0.8766	2.1665	
29	銅鏡 (完形)	愛知県豊川市三谷原町郷中遺跡	17.744	15.544	38.418	0.8760	2.1651	
30	銅鏡 (破片)	愛知県豊川市三谷原町郷中遺跡	17.727	15.529	38.365	0.8760	2.1642	
31	銅鏡	愛知県安城市桜井町宮下遺跡	17.791	15.548	38.441	0.8739	2.1607	
32	銅鏡	愛知県安城市下墨遺跡	17.738	15.544	38.397	0.8763	2.1647	
33	銅鏡	愛知県尾西市西上免遺跡	17.742	15.546	38.408	0.8762	2.1648	
34	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.752	15.551	38.444	0.8760	2.1656	
35	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.733	15.543	38.401	0.8765	2.1655	
36	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.751	15.557	38.458	0.8764	2.1665	
37	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.722	15.549	38.402	0.8774	2.1669	
38	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.913	15.581	38.583	0.8698	2.1539	
39	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.669	15.547	38.356	0.8799	2.1708	
40	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.675	15.533	38.330	0.8788	2.1686	
41	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.751	15.561	38.463	0.8766	2.1668	
42	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.762	15.561	38.481	0.8761	2.1665	
43	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.754	15.567	38.480	0.8768	2.1674	
44	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.739	15.543	38.398	0.8762	2.1646	
45	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日遺跡	17.736	15.542	38.393	0.8763	2.1647	
	調査		$\pm 0.010$	$\pm 0.010$	$\pm 0.030$	$\pm 0.0003$	$\pm 0.0006$	

第46表 これまでに測定された弥生時代の銅鏡・三稟鏡の鉛同位体比2

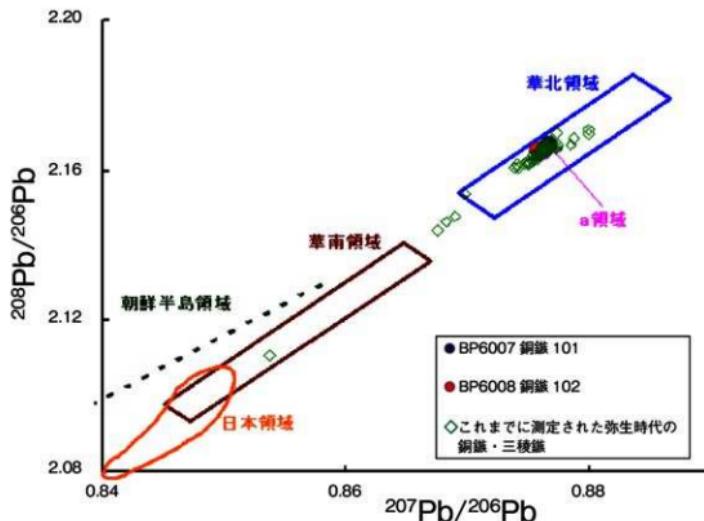
番号	資料名	出土地	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
46	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.725	15540	38.376	0.8767	2.1651
47	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.741	15548	38.413	0.8764	2.1652
48	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.733	15547	38.404	0.8767	2.1657
49	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.649	15529	38.291	0.8799	2.1696
50	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.747	15550	38.415	0.8762	2.1646
51	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.750	15549	38.422	0.8760	2.1646
52	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.745	15545	38.406	0.8760	2.1643
53	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.746	15546	38.409	0.8760	2.1644
53	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.746	15546	38.409	0.8760	2.1644
54	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.748	15546	38.405	0.8759	2.1639
55	銅鏡	愛知県西春日井郡清洲町朝日道路	17.753	15552	38.428	0.8760	2.1646
56	銅鏡	愛知県宝飯郡小坂井町久石第三貝塚	17.764	15565	38.486	0.8762	2.1665
57	銅鏡	愛知県渥美郡田原町大久保	17.738	15542	38.397	0.8762	2.1647
58	銅鏡	愛知県渥美郡渥美町大本貝塚	17.714	15533	38.361	0.8769	2.1656
59	銅鏡(完形)	愛知県渥美郡渥美町大本貝塚	17.734	15530	38.369	0.8757	2.1636
60	銅鏡(連続 形鏡製品)	滋賀県伊香郡・滋賀県	17.719	15545	38.383	0.8773	2.1662
61	銅鏡(連続 形鏡製品)	滋賀県伊香郡・滋賀県	17.715	15540	38.364	0.8772	2.1656
62	銅鏡	兵庫県神戸市垂水区舞子台大歳山遺跡	17.755	15555	38.422	0.8761	2.1640
63	銅鏡	兵庫県龍野市揖西町清水道跡	17.761	15575	38.504	0.8769	2.1679
64	銅鏡	鳥取県鳥取市浜坂	17.780	15558	38.451	0.8750	2.1626
65	三棱鏡	鳥取県出雲市古市町吉古本郷遺跡	17.702	15523	38.362	0.8769	2.1671
66	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.781	15544	38.421	0.8742	2.1608
67	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.690	15541	38.329	0.8785	2.1667
68	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.746	15547	38.425	0.8761	2.1653
69	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.768	15549	38.418	0.8751	2.1622
70	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.740	15549	38.425	0.8765	2.1660
71	銅鏡	鳥取県江津市後地波来浜	17.754	15540	38.416	0.8753	2.1638
72	銅鏡	鳥取県東来市来出雲町大敷木道跡	17.787	15558	38.452	0.8747	2.1618
73	銅鏡	岡山県岡山市足守川加茂A道跡	17.740	15544	38.404	0.8762	2.1648
74	銅鏡	岡山県岡山市足守川加茂B道跡	17.749	15548	38.467	0.8760	2.1639
75	銅鏡	岡山県岡山市足守川矢部南向遺跡	17.740	15558	38.430	0.8770	2.1663
76	銅鏡	岡山県岡山市足守川矢部南向遺跡	17.752	15554	38.435	0.8762	2.1651
77	銅鏡	岡山県岡山市足守川矢部南向遺跡	17.745	15546	38.400	0.8761	2.1640
78	銅鏡	岡山県岡山市足守川矢部南向遺跡	17.762	15572	38.492	0.8767	2.1671
79	銅鏡	岡山県岡山市足守川矢部南向遺跡	17.751	15553	38.429	0.8762	2.1649
80	銅鏡(SC-33)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.762	15536	38.401	0.8747	2.1620
81	銅鏡(SC-38-1)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.770	15547	38.422	0.8749	2.1622
82	銅鏡(SC-38-2)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.745	15545	38.406	0.8760	2.1643
83	銅鏡(SC-38-3)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.750	15547	38.411	0.8759	2.1640
84	銅鏡(SC-39-1)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.747	15546	38.406	0.8760	2.1641
85	銅鏡(SC-39-2)	福岡県福岡市野方柳原古住居址	17.773	15551	38.420	0.8750	2.1617
86	銅鏡	福岡県宗像郡津屋崎町今川遺跡	18.296	15619	38.621	0.8537	2.1109
87	銅鏡	福岡県糸島郡前原町志登遺跡	17.757	15521	38.384	0.8741	2.1616
M-I 北側			誤 差		$\pm 0.010$	$\pm 0.010$	$\pm 0.0003$
88	銅鏡	佐賀県鳥栖市植比町平原遺跡	17.743	15554	38.433	0.8766	2.1661
89	銅鏡	佐賀県神埼郡三田川町吉野ヶ里遺跡 SD265溝跡	17.760	15567	38.479	0.8765	2.1666



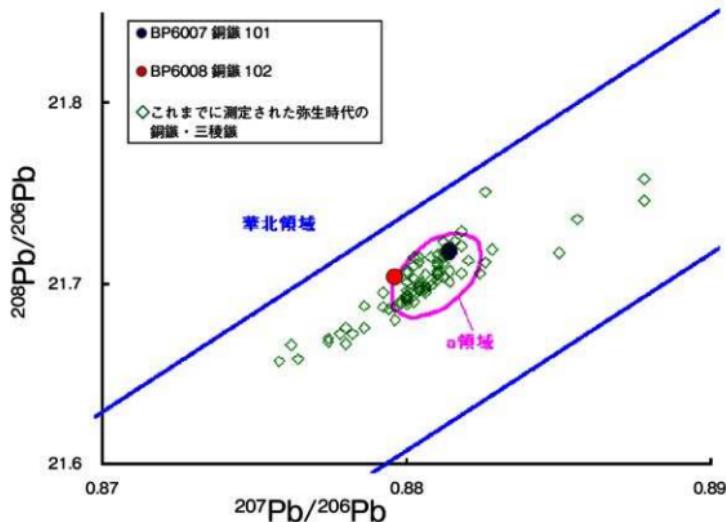
第 460 図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料の鉛同位体比 (A式図)



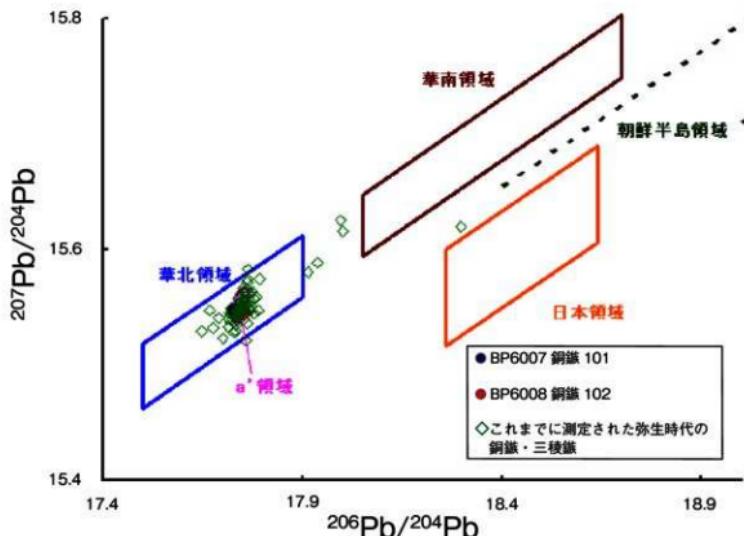
第 461 図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料の鉛同位体比 (B式図)



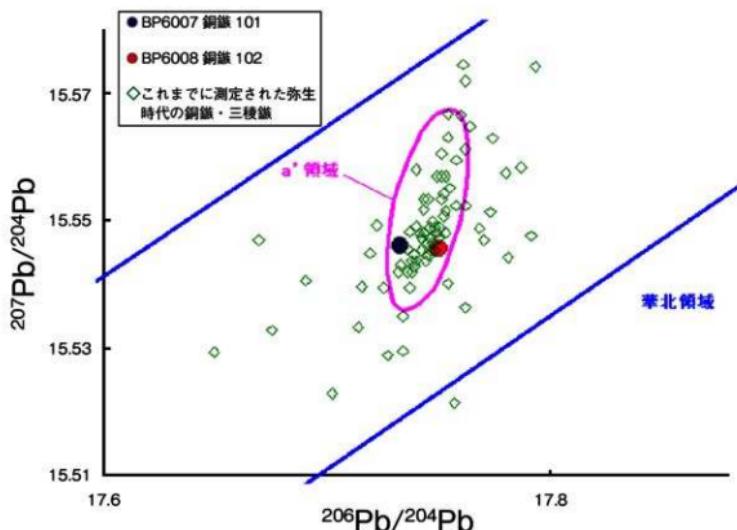
第462図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比(A式図)



第463図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比(第462図の拡大-A式図)



第 464 図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (B 式図)



第 465 図 本調査における香川県善通寺市旧練兵場遺跡出土資料と比較資料が示す鉛同位体比 (第 464 図の拡大－B 式図)

### 第3項 旧練兵場遺跡出土鉄製品の構造分析調査

株式会社 吉田生物研究所

#### はじめに

香川県所在の旧練兵場遺跡より出土した板状鉄斧について香川県教育委員会より委託を受けて構造分析を行った。以下に諸調査の結果を報告する。報告は株式会社九州テクノリサーチ・TACセンターの大澤正己氏より玉稿を賜った。

#### 旧練兵場遺跡出土鉄関連遺物の分析調査

九州テクノリサーチ・TACセンター

大澤正己

#### 1. 調査方法

##### 1-1. 供試材

Table1 に示す。鉄製品1点の調査を実施した。

##### 1-2. 調査項目

###### (1) マクロ組織

本来は肉眼またはルーペで観察した組織であるが、本稿では顕微鏡埋込み試料の断面全体像を低倍率で撮影したもの指す。当調査は、顕微鏡検査によるよりも広い範囲にわたって、組織の分布状態、形状、大きさなどの観察ができる利点がある。

###### (2) 顕微鏡組織

鉱滓の鉱物組成、金属部の組織観察や非金属介在物調査などを目的とする。

試料観察面を設定・切り出し後、試験片は樹脂に埋込み、エメリー研磨紙の#150、#240、#320、#600、#1000、及びダイヤモンド粒子の $3\text{ }\mu$ と $1\text{ }\mu$ で鏡面研磨した。

観察には金属反射顕微鏡を用い、特徴的・代表的な視野を選択して、写真撮影を行った。また金属鉄の組織観察では、腐食液に3%ナイタル（硝酸アルコール液）を用いた。

#### 2. 調査概要

##### (1) 弥生時代の後半から終末期の鉄器を調査して、次の点が明らかになった。

鉄器は既に全体が錆化しているが、金属組織の痕跡から、亜共析鋼（<0.77% C）の充当と推定される。それも極軟鋼（<0.15% C）クラスであるが、フェライト結晶の粗大化傾向ではなく、焼なましの施された端正な造りが想定された。舶載品の可能性が高い。

鉄素材は炭素量（C）からは低温還元直接製鉄法由来の塊鍛鉄を候補に挙げたいが、これを発言する大型介在物のウスタイト（Wustite : FeO）やファヤライト（Fayalite : 2FeO · SiO<sub>2</sub>）が剥落したのか見当らず、高温還元間接製鉄法にもとづく鍛鉄（下げ脱炭材）の使用が看過できない状況にある。いずれにしろ、錆化した鉄器からの出自を解明するのは困難をきわめる。

また断面形状観察の結果、表面の黄褐色部は銹化に伴う土砂であり、鉄製品は 3.5 mm 程の厚みで、横断面が長方形状の板状鉄斧であることが明らかとなった。

拙稿 2003 「旧練兵場出土微細遺物の予備調査」参照されたし。

#### 旧練兵場遺跡 板状鉄斧の構造分析サンプリング箇所について(破壊分析)

##### <事前の確認>

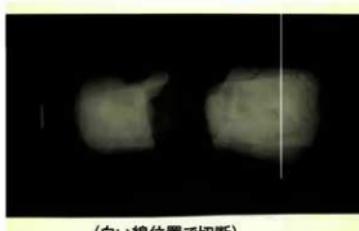
サンプリングに先立ちメタルチェッカーで確認したところ、ほとんど反応がなく、僅かに刃先に近い箇所で反応があったものの、その反応も頗りないレベルであった。構造分析が可能な箇所が限定されるため、下記のような箇所・大きさでサンプリングを行うこととした。



線位置で切断。(表および裏からの画像)



\*参考(断面割れ口の画像)



(白い線位置で切断)

##### <サンプリング>

サンプリングには、先端工具(ダイヤモンドカッター)を使用した。サンプリング箇所は、保存処理後に図面および処理前画像を元に復元を行うこととした。

サンプリング試料：長さ 7 mm × (中心まで) 幅 10 mm × 厚 14 mm



表面



裏面

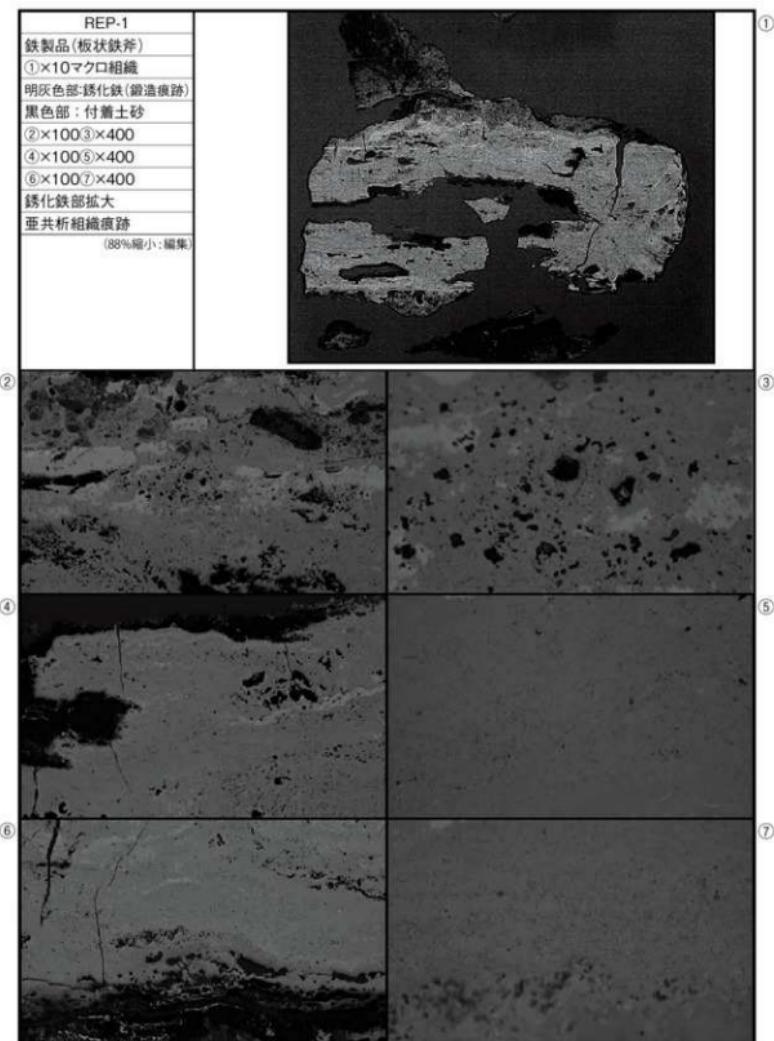


断面1



断面2

第 466 図 板状鉄斧の構造分析サンプリング箇所について



第467図 鉄製品(板状鉄斧)の顕微鏡組織

## 第 4 項 環状銅製品（報文 M112）の成分分析

(株) 文化財サービス

## 1 分析方法

M112（環状土製品）は金あるいは銀による鍍金が行われている可能性が考えられたため蛍光X線分析（XRS）を行った。分析にあたっては、保存処理を行う前の状態で行い、地が多く露出する部分（No.1）と、地が被覆されている部分（No.2）の 2 箇所の分析を行った（第 468 図）。

分析に使用した装置等は以下のとおりである。

- ・分析装置：セイコーインスルメンツ株式会社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置（SEA 2120 L）
- ・X 線管球：Rh（ロジウム）
- ・コリメーターサイズ：10 mm  $\phi$
- ・電圧：50 kV・管電流：13 mA
- ・測定時間：5 分
- ・分析条件：真空

## 2 結果および考察

測定箇所 No.1、2 ともに検出された元素は、Mg（マグネシウム）、Al（アルミニウム）、Si（ケイ素）、K（カリウム）、Ca（カルシウム）、Ti（チタン）、Mn（マンガン）、Fe（鉄）、Cu（銅）、As（ヒ素）、Pb（鉛）である（第 469 図・第 470 図）。

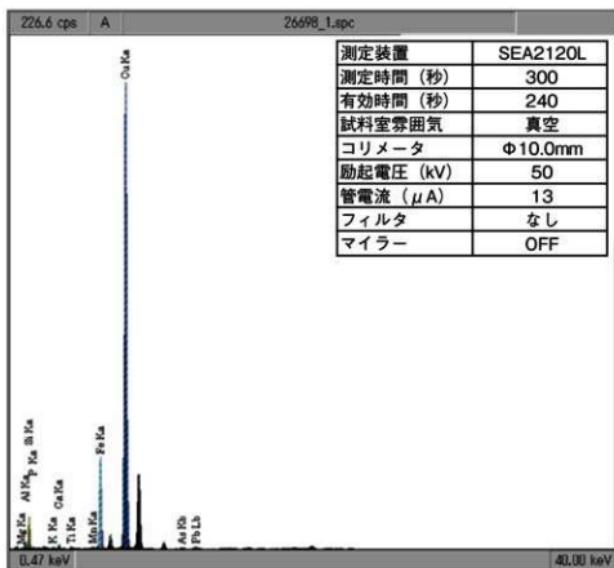
わずかに As、Pb を伴うが Cu が主成分と考えられる。Sn（錫）が検出されていないことから Cu と Sn の合金である青銅ではなく純銅製であることが推測される。また、Au（金）や Ag（銀）、Hg（水銀）が検出されていないことから鍍金等は行われていないと推測される。

※保存処理業務報告書から編集担当が抜粋した。



第 468 図 分析箇所（赤丸印が分析範囲）

## [スペクトル]

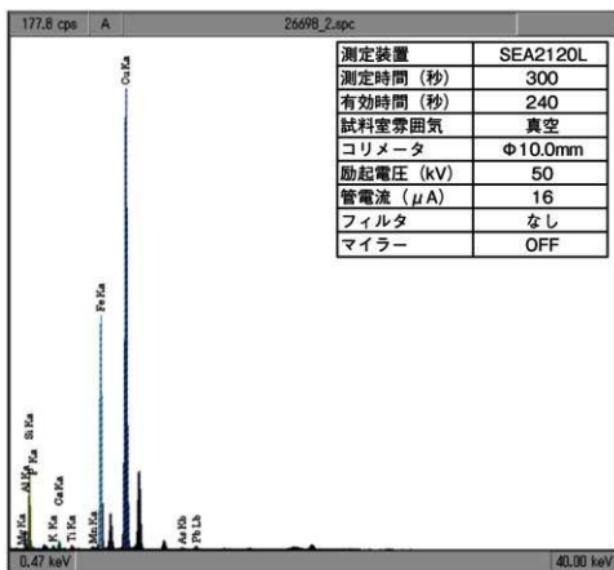


## [結果]

Z	元素	元素名	ライン	積分強度 (cps)	ROI (keV)
12	Mg	マグネシウム	K $\alpha$	2.019	1.15–1.36
13	Al	アルミニウム	K $\alpha$	16.230	1.38–1.59
14	Si	ケイ素	K $\alpha$	79.691	1.63–1.85
15	P	リン	K $\alpha$	4.560	1.90–2.13
19	K	カリウム	K $\alpha$	5.189	3.19–3.44
20	Ca	カルシウム	K $\alpha$	11.750	3.56–3.82
22	Ti	チタン	K $\alpha$	5.619	4.37–4.65
25	Mn	マンガン	K $\alpha$	7.250	5.75–6.05
26	Fe	鉄	K $\alpha$	324.048	6.25–6.55
29	Cu	銅	K $\alpha$	1787.333	7.87–8.21
33	As	ヒ素	K $\beta$	5.882	11.53–11.92
82	Pb	鉛	L $\beta$	10.109	12.43–12.82

第469図 測定No.1 蛍光X線定性スペクトル

## [スペクトル]



## [結果]

Z	元素	元素名	ライン	積分強度 (cps)	ROI (keV)
12	Mg	マグネシウム	K $\alpha$	3.093	1.15-1.36
13	Al	アルミニウム	K $\alpha$	31.447	1.38-1.59
14	Si	ケイ素	K $\alpha$	144.014	1.63-1.85
15	P	リン	K $\alpha$	6.629	1.90-2.13
19	K	カリウム	K $\alpha$	10.159	3.19-3.44
20	Ca	カルシウム	K $\alpha$	20.027	3.56-3.82
22	Ti	チタン	K $\alpha$	11.560	4.37-4.65
25	Mn	マンガン	K $\alpha$	10.789	5.75-6.05
26	Fe	鉄	K $\alpha$	644.670	6.25-6.55
29	Cu	銅	K $\alpha$	1373.248	7.87-8.21
33	As	ヒ素	K $\beta$	8.254	11.53-11.92
82	Pb	鉛	L $\beta$	12.665	12.43-12.82

第 470 図 測定 No.2 の蛍光X線定性スペクトル

## 第6節 赤色顔料分析

### 第1項 赤色顔料分析の概要

#### 1. はじめに

本調査（第26次調査）で出土した赤色顔料及びその関連遺物は、土器に付着したもの19点（付着しない専用容器を含む）、石杵・磨石に付着したもの5点、ガラス小玉に付着したもの1点の合計25点を確認した。加えて、赤色顔料の原材料の一つである辰砂鉱石（結晶片）が1点出土した。これを含め26点を第3章で報告した。そのうち小形の磨石（S22）と1B区包含層出土の直口鉢（2443）内の2点がベンガラ顔料で、そのほかの付着顔料はすべて辰砂を原料とした朱であることを後節の分析で確認している。内訳一覧を第47表に示した。

また、これまでの病院統合事業等に係る旧練兵場遺跡発掘調査で出土した土器（堅穴建物出土品を中心とする）を再点検した結果、報告遺物以外にも多くの赤色顔料付着土器を確認した。これは今回報告する赤色顔料を評価する上で重要な情報であるため、今回の分析の対象とした。

なお、本県には辰砂の産出は知られていない。遺跡で出土する辰砂・朱は外部から本県域に持ち込まれた物資である。本県に近い辰砂産地は徳島県阿南市の水井水銀鉱山周辺にある（徳島県教委2019）。近年辰砂採掘坑等が史跡に指定されるなど、弥生時代における辰砂採掘及びその流通状況に注目が集まっている。また、本県高松市に所在する上天神遺跡では合計千点を超える赤色顔料付着土器が出土した。その多くは辰砂を原料とする朱と推定され、弥生時代後期の付着土器一括資料が県指定有形文化財に指定されている。本遺跡の赤色顔料、ことに辰砂や朱を評価する上では、県下の赤色顔料資料との比較が欠かせない。また、弥生時代の墳墓遺構は本県の場合非常に少ないが、それでも埋葬に伴う赤色顔料が数か所で確認されている。さらに、本遺跡出土の銅鏡や銅鏡片に赤色顔料が付着したように、顔料の生産（精製）に係る資料以外にも、顔料の使用に係る資料も集落で確認されはじめた。それらも今回の分析の対象に加え、本遺跡や周辺遺跡における赤色顔料の生産・使用の実態を明らかにするための材料を得ることとした。第3章で報告した第47表に示した赤色顔料に加え、本遺跡内出土及び県内出土の赤色顔料関係資料を可能な限り分析対象として集成し、次の分析を実施した。

#### 【遺物に付着した赤色顔料の種別や付着状況を明らかにするための分析】

土器付着顔料及び遺跡出土土壤の蛍光X線分析	第2・3項
-----------------------	-------

青銅器付着顔料の蛍光X線分析及びマッピング分析	第4項
-------------------------	-----

青銅器付着顔料のSEM観察／EDSスペクトル分析	第5項
--------------------------	-----

石英円礫付着顔料の蛍光X線分析	第6項
-----------------	-----

ガラス小玉（T40）付着顔料のSEM/EDS分析及びマッピング分析	第7項
-----------------------------------	-----

#### 【遺物に付着した赤色顔料の粒度に関する分析】

旧練兵場遺跡他出土赤色顔料の顕微鏡観察・元素分析・粒度分析	第8項
-------------------------------	-----

#### 【朱原料である辰砂の産地を推定するための観察・分析】

辰砂粒子断面研磨試料の観察と分析	第9項
------------------	-----

辰砂鉱石に随伴する鉱物の調査	第10項
----------------	------

旧練兵場遺跡他出土赤色顔料（朱）の硫黄同位体比分析	第11項
---------------------------	------

第 47 表 本書収録の第 26 次調査出土赤色顔料資料一覧表

報告番号	拠出番号	調査区	遺構名	時期	器種	付着部位	X 線分析	硫酸同位体比分析	顔料区分	赤色顔料分析番号
439	57	1B 区	SH1078b	後期後半	壺 or 壺底部	内面	○	○	朱	43
443	57	1B 区	SH1078b	後期後半	破片	内面	○	○	朱	44
525	67	1B 区	SH1160b	終末期	破片	内面	○	○	朱	45
634	81	2A 区	SH2010n	後期前半	高杯	内面	○	○	朱	47
713	88	2A 区	SH2075a	後期後半	高杯	内面	○	○	朱	48
787	99	2A 区	SH2149a (SK2104a)	後期前半	鉢	内面	○		朱	75
796	103	2A 区	SH2153a	後期前半	壺	内面	○	○	朱	49
1415	178	4A 区	SH4124a	終末期	鉢	内面	○	○	朱	50
1542	191	4A 区	SH4254a	後期後半	破片	内面	○		朱	52
1591	196	4A 区	SH4289a	後期後半	鉢	内面	○	○	朱	51
1738	225	2A 区	SB2392a (SP2336a)	後期後半	破片	内面	○		朱	62
1852	241	4A 区	SB4566a (SP4554a)	後期前半	破片	内面	○		朱	64
1929	255	2B 区	SK2089	終末期	鉢	内面	○		朱	70
2115	311	4B 区	SX4083b	終末期	破片	内面	○		朱	65
2207	334	4B 区	SP4137b	終末期	鉢	内面	○		朱	72
2387	375	4A 区	SD4002a	後期前半	把手付広口壺	内面	○		朱	66
2456	386	4A 区	上面精査	不明	破片	内面	○		朱	63
2443	386	1B 区	包含層	終末期	鉢	内面	電鏡		ベンガラ	55
655	82	2A 区	SH2010n	後期前半	把手付広口壺	付着なし			-	-

## (石件・磨石)

S207	278	4A 区	SK4490a	終末期	石件(砂岩)	先端・側面	○	○	朱	53
S390	394	2A 区	搬乱 (SH1087a)	後期後半か	石件(砂岩)	磨面・側面	○		朱	59
S23	27	1A 区	SH1030a (SK1245a)	後期前半	磨石(砂岩)	磨面	○	○	朱	61
S94	123	3B 区	SH3100b	終末期	磨石(石英)	磨面	○		朱	71
S22	26	1A 区	SH1030a (SK1245a)	後期前半	磨石(安山岩)	側面	○		ベンガラ	67
玉										
T40	168	4A 区	SH4100a	後期後半	ガラス小玉	孔内	○	○	朱・ベンガラ	58
鉛石 (大形結晶片)										
S88	103	2A 区	SH2153	後期前半	辰砂結晶片		○	○	朱	54

## 2. 分析対象とした香川県下の弥生時代赤色顔料関係資料

赤色顔料は土器、石器、青銅器、玉類等に付着するものと、その原料とがある。本報告に示した辰砂鉱石（第 103 図 S88）は稀な顔料原料の出土例で、県下では辰砂鉱石はこの一例のみで、他はすべて付着した顔料である。赤色顔料は、辰砂 ( $HgS$ ) を原料とする朱、酸化鉄 ( $FeO$ ) や酸化第二鉄 ( $Fe_2O_3$ ) を原料とするベンガラ、四酸化三鉛 ( $Pb_3O_4$ ) を原料とする鉛丹の三種が知られているが、弥生時代では朱とベンガラが主に使用される（本田 1998）。このうち、ベンガラは土器製作に使用する粘土中に含まれる鉄分との区分が若干難しいが、明らかに意図的にベンガラを土器の器面に塗布したものは顕微鏡等で拡大観察すると抽出可能である。ただ、これらは土器の焼成前に塗布したものが多く、焼成によってベンガラ顔料は胎土に固着（定着）する。いわゆる「丹塗」土器であり、土器焼成後に器面に付着した粉状の顔料と区別されるべきものである（例外もあるうが、ここでは深く立ち入らない）。

余談だが、顔料を塗布せざとも粘土中の鉄分が影響し土器表面が焼成により赤味を帯びることがある。また、石の表面が被熱で赤化することもある。病院統合事業に伴う本遺跡出土の赤色顔料をまとめた旧練 V 報告では凹石（V の 1841）や壺底部（V の 853）に顔料が付着すると見立てて、ベンガラの粉碎具やその容器と評価する。しかし実物を実体顕微鏡で観察すると、石の表面は被熱等による赤色への色調

変化、土器底部は胎土中の鉄分が器面に顕著に露出したものであり、両遺物とも顔料が付着したものではないことが判る。一方で、同時に例示された弘田川西岸遺跡（旧練兵場遺跡第11次調査）出土の石皿2点は明らかにベンガラ粒子が付着し顔料調整に使用したものである（分析番号107・108）。顔料の肉眼判別には限界が伴うと考えるべきで、顕微鏡等を使用して丁寧に確認することが肝要である。認認されたものや、焼成前に塗布された丹塗土器を除外すると、当遺跡において顔料としてのベンガラの遺存は稀である。

今回県下の弥生土器のうち当センターが収蔵する土器等について可能な限り顔料付着状況の再点検を行った。その結果、報告の有無に関わらず多くの顔料の付着を確認した。なかでも林坊城遺跡の円形周溝墓SX03の周溝に供献された土器（香川県埋文調セ1993・香川県教委2004）の外面に付着した赤色顔料は重要である。同様に墳墓供獻の可能性がある土器を点検すると、平池南遺跡（香川県埋文セ2018）や龍川五条遺跡（香川県埋文セ1996）において祭祀性の強い弥生時代中期後半の供獻用土器に付着する赤色顔料を確認した。詳細は第5章に譲るが、ほかの集落遺跡出土の付着土器とは異なる状況で付着した赤色顔料と考える。

県下すべての土器を点検した訳ではなく遺漏も多くあろうが、第48表に県下の赤色顔料関係資料の概要をまとめた。現時点で確認できる県下の赤色顔料の多くは辰砂を原料とする朱である。

これらの赤色顔料関連資料は第8項の粒度分析等において、可能な限り多くの遺物を対象とした。本遺跡出土試料、上天神遺跡試料、上天神遺跡を除く本県下の試料に分け、各分析試料一覧を第49～51表に提示した。これらの表では、主に分析した順に赤色顔料分析番号を付した。その番号のうち、頭文字のないものは本遺跡試料、K-の文字を付したものは上天神遺跡の試料、B-の文字を付したものは上天神遺跡を除く本県下他遺跡の試料である。次項以後の分析報告においては、各試料にこの赤色顔料分析番号を付している。

第471図に対象試料が出土した遺跡の分布図を提示した。試料は中讃地域から高松地域を経て東讃地域に及び、中讃地域より西侧（三豊市・觀音寺市域）の西讃地域では今のところ青銅鏡付着の試料を除き、赤色顔料資料は検出していない。



第471図 香川県内赤色顔料試料分布図

第48表 香川県内弥生時代遺跡出土の赤色顔料関連遺物集計表

○転用

第49表 旧城兵渴遭遇赤色颜料分析试料一览表

赤色颜料 分析序号	通称名 (俗言俗名)	编号	出土遗物	件数	时期	器皿	特征部位	颜料类别	磁质颜料体 其分层 分析			粒度分析		新旧料 鉴别	编号
									含量 百分比	分析 编号	最大粒子径 微米	中颗粒子径 微米	四分位 偏差		
1	旧城Ⅲ (手绘图)	151	SK512	土器	长期前半段灰陶	钵	内圈	未	18.039	14.36	E	62.14	3.16	0.80	○
2	旧城Ⅰ	560	SH118	土器	长期后半段灰陶	钵	内圈	未	18.040	20.05	C	12.78	2.27	0.54	
3	旧城Ⅰ	7221	III(1)-2-K第3解	土器	陶器	陶器	内圈	未	D	14.43	2.45	0.59			
4	旧城Ⅰ	7358	III(1)-2-K第3解	石器	长期	石片(砾石)	磨片	未	C	16.98	3.11	0.62			
5	旧城Ⅱ	3635	E IX SR02 上罐	土器	长期	不明	内圈	未	C	40.12	3.24	0.80			
6	旧城Ⅱ	3693	E IX SR02 上罐	土器	长期	不明	内圈	未	C	2.96	4.67	0.76			
7	旧城Ⅱ	3755	E IX SR02 上罐	土器	长期	陶器	内圈	未	C	30.96	4.38	1.05			
8	旧城Ⅱ	3754	E IX SR02 上罐	土器	长期	钵	内圈	未	B	10.41	1.94	0.47			
9	旧城Ⅱ	3842	E IX SR02 上罐	土器	长期	不明	内圈	未	B	8.36	1.76	0.34			
10	旧城Ⅱ	3843	E IX SR02 上罐	土器	长期	不明	内圈	未	B	1.77	1.93	0.45			
11	旧城Ⅱ	3844	E IX SR02 上罐	土器	长期	不明	内圈	未	D	10.55	2.17	0.48			
12	旧城Ⅱ	3841	E IX SR02 上罐	土器	长期	把手有缺口陶	把手	未	F	20.02	5.24	1.56			
13	旧城Ⅱ	3287	B IX SR02 上罐	土器	长期	陶器	内圈	未	E	10.32	2.98	0.63			
14	旧城Ⅱ	3082	E IX SR02 上罐	土器	长期	钵	内圈	未	C	1.45	2.53	0.61			
15	旧城Ⅱ	4033	E IX SR02 上罐	土器	长期	钵	内圈	未	E	25.10	3.93	1.06			
16	旧城Ⅱ	5456	E IX SR02 上罐	土器	长期	把手无缺口陶	把手	未	D	68.60	5.06	1.35	○		
17	旧城Ⅱ	2566	E IX SR02	土器	长期	把手无缺口陶	把手	未	F	21.34	5.75	1.92			
18	旧城Ⅱ	2318	F IX SR01	土器	长期	把手无缺口陶	把手	未	E	2.98	3.14	0.77			
19	旧城Ⅱ	224	A IX SH115	土器	粹末磨古阶段	钵	内圈	未	E	18.041	1.981	A	9.25	1.43	
20.1									E	18.042	7.98	C	7.85	2.49	0.60
20.2.1	旧城Ⅱ	356	B IX SH33	土器	长期前半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	E	19.002	40.59	C	23.46	3.57	0.87
20.3	旧城Ⅲ	281-16	U IX SH5001	土器	长期前半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	C	18.38	3.03	0.75			
21	旧城Ⅲ	172-32	N IX SH7003	土器	长期前半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	E	19.003	-0.34	C	1.14	3.66	1.05
22	旧城Ⅲ	365-12	1-4 IX SH4002	土器	长期前半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	E	18.043	5.53	C	32.98	2.44	0.64
23	旧城Ⅲ	365-13	1-4 IX SH4002 SK4007	土器	长期前半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	E	18.044	1.985	F	10.95	2.55	0.56
26	旧城Ⅲ	367-12	1-4 IX SH4003	土器	长期后半段灰陶	钵	内圈	未	F	19.040	5.62	1.47	○		
27	旧城Ⅲ	564-19	II-1 IX SH004 瓶底	土器	长期后半段灰陶	臺?	内圈	未	C	30.98	2.29	0.47			
28	旧城Ⅲ	310-12	1-4 IX SH4004	土器	长期后半段灰陶	把手无缺口陶	内圈	未	A	2.91	1.12	0.16			
29	旧城Ⅲ	418-10	I IX SH5013	土器	长期	大钵	内圈	未	E	25.32	3.73	1.08			
31	旧城Ⅲ	444-12	M IX SH6000	土器	长期	钵	内圈	未	B	9.37	1.68	0.30			
32	旧城Ⅲ	490-12	S IX SH007	土器	长期	大钵	内圈	未	D	45.54	3.69	0.96			
33	旧城Ⅲ	501-22	T IX SH009	土器	长期	把手无缺口陶	内圈	未	F	69.33	6.06	1.67			
34	旧城Ⅲ	539-3	1-2 IX SH2003	土器	长期	把手无缺口陶	内圈	未	E	1.02	3.15	0.81			
35	旧城Ⅲ	559-13	1-4 IX SH4001	土器	长期	把手无缺口陶	内圈	未	F	1.78	7.90	1.20			
36	旧城Ⅲ	691-7	L IX SH5008	土器	长期	把手无缺口陶	内圈	未	F	29.14	5.93	1.71			
37	旧城Ⅲ	701-15	G IX SH009A SP036	土器	长期	钵	内圈	未	E	33.41	2.76	0.66			
38	旧城Ⅲ	846-6	M IX SH5008	土器	长期	把手无缺口陶	内圈	未	F	36.61	7.18	1.90			

赤色顔料 分析番号	遺物名	報告	出土層	種類	時期	時間	性別	性齢部位	頭骨種別	種質回復度 分析			粒度分析			新規試料 新規試料	参考
										分析 比率	分析 結果	最大粒子径 中明粒子径	四分位 範囲	四分位 範囲	四分位 範囲		
39	日輪IV	1198	73区SH08	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)(侈口)	内面	未	18.04	14.94	F	25.74	4.56	1.18		
41	日輪V	1848	SU06	石器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)(侈口)	内面	未	18.05	8.07	F	65.77	4.86	1.29		
42	日輪VI	1416	5区SH002	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)(侈口)	内面	未	18.06	6.51	E	11.97	3.02	0.63		
43	本曹Ⅳ	439	1B区SH10780	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)(侈口)	内面	未	18.06	6.51	E	7.41	3.25	1.00		
44	本曹Ⅴ	443	1B区SH10780	土器	後期後半	鉢?	(鉢)?	内面	未	C	8.96	F	2.14	0.46			
45	本曹Ⅵ	525	1B区SH11006	土器	終末期	鉢?	(鉢)?	内面	未	A	2.88	A	1.38	0.18			
46	本曹Ⅶ	655	2A区SH2010a	土器	後期前半古墳期	把手付鉢口直	(把手付鉢口直)	内面	未	18.07	8.26	D	133.34	3.47	0.81	付着合L	
47	本曹Ⅷ	634	2A区SH2010a	土器	後期前半古墳期	高杯	(高杯)	内面	未	B	5.72	B	1.82	0.32			
48	本曹Ⅸ	713	2A区SH2010a	土器	後期	鉢	(鉢)	内面	未	18.08	8.20	A	9.78	2.14	0.45		
49	本曹Ⅹ	796	2A区SH2153a	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	18.09	6.97	C	8.63	2.14	0.45		
50	本曹Ⅺ	1415	4A区SH4124a	土器	終末期古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	19.01	15.18						
51	本曹Ⅻ	1591	4A区SH4289a	土器	後期後半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	18.00	4.62	C	26.21	2.55	0.52		
52	本曹Ⅼ	1542	4A区SH4254a	土器	後期	鉢?	(鉢)?	内面	未	F	18.07	F	5.75	1.66			
53	本曹Ⅽ	S207	4A区SH4489(2)	石器	終末期古墳期	石杵(侈口)	(石杵(侈口))	先端・側面	未	18.03	14.79	D	17.69	2.81	0.69		
54	本曹Ⅾ	5888	2A区SH12153(鉢)	石器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	18.02	18.02	F	18.02	7.34	0.26		
55	本曹Ⅿ	2443	1B区K12不含輪	土器	終末期古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	18.03	n.d.						
56	日輪III	343.3	II-4区SH0003	青銅鏡	後期前半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	18.03	18.03						
57	日輪IV	149	72区SH16	青銅鏡	後期後半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	19.02	4.92	B	7.15	1.86	0.39		
58	本曹Ⅰ	T40	4A区SH1100a	玉	後期後半古墳期	ガラス小玉	(ガラス小玉)	側面・側面	孔内	未	19.03	8.31	C	23.32	3.68	0.91	
59	本曹Ⅱ	S300	2A区K12不含	石器	後期前半古墳期	石杵(侈口)	(石杵(侈口))	側面・側面	孔内	未	19.02	4.92	B	7.15	1.86	0.39	
60	豊田川	3071	II区K12不含輪	土器	後期	鉢	(鉢)	内面	未	19.02	8.31	C	17.78	3.49	0.58		
61	本曹Ⅲ	S23	1A区SH1020a	石器	後期前半古墳期	岩石(侈口)	(岩石(侈口))	側面	未	19.02	8.31	C	31.6	3.62	0.96		
62	本曹Ⅳ	1738	2A区SH2292a (SP-Z203Ba)	土器	後期後半	鉢?	(鉢)?	内面	未	E	21.99	E	4.28	1.16			
63	本曹Ⅴ	2456	4A区K12不含輪	玉	後期	鉢?	(鉢)?	内面	未	C	20.77	C	3.65	1.04			
64	本曹Ⅵ	1852	4A区SH1566a	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未	F	9.93	F	11.72	1.47	○		
65	本曹Ⅶ	2115	4B区SH4489(2)	土器	終末期	把手付鉢口直	(把手付鉢口直)	内面	未	E	49.99	E	3.90	0.99			
66	本曹Ⅷ	2387	4c区SH4092a (SK1215a)	土器	後期前半古墳期	岩石(安山岩)	(岩石(安山岩))	側面	未	C	26.48	C	3.81	1.03	○		
67	本曹Ⅸ	S22	1A区SH1020a	玉	後期	ガラス小玉	(ガラス小玉)	孔内(内)	未	B	12.41	B	1.88	0.33			
68	日輪Ⅲ	848-12	M区トレス +600(2)	玉	内面	把手付	(把手付)	内面	未	18.03	18.03						
69	日輪Ⅳ	817-4	L区K12不含	青銅鏡	後期	鉢	(鉢)	内面	未	18.03	18.03						
70	本曹Ⅹ	1929	3B区SK2089	土器	後期	鉢	(鉢)	内面	未	C	22.34	C	2.97	0.72			
71	本曹Ⅺ	594	3B区SK1005b	石器	終末期	岩石(石英)	(岩石(石英))	側面	未	E	19.35	E	3.73	0.95			
72	本曹Ⅻ	2207	4B区SH4370P24	土器	後期前半古墳期	鉢	(鉢)	内面	未								
73	本曹Ⅼ	787	2A区SH2149a (SK1215a)	土器	後期前半古墳期	把手付鉢口直	(把手付鉢口直)	内面	未								
77	日輪Ⅰ	819	SP45	玉	後期	ガラス小玉	(ガラス小玉)	孔内(内)	未								
78	日輪Ⅰ	3443	SL56	土器	後期後半	鉢	(鉢)	内面	未								

地层剖面 分析编号	地层特征名(新古晋名)	剖面号	出土土壤	地层	时期	器皿	伴生部位	断面级别	颗粒粒度 粒度分析			新旧料 新旧料 偏差
									分析 百分比 含量	分析 百分比 含量	分幅	
79	(田地Ⅲ)	3640	SII56	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
80	(田地Ⅲ)	4743	SIII1	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
81	(田地Ⅲ)	4898	SIII1	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
82	(田地Ⅲ)	5049	SIII1	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
83	(田地Ⅲ)	6702	V区瓦含量	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
84	(田地Ⅲ)	不揭取	6-1区 SH22	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
85	(田地Ⅲ)	不揭取	72-1区 SH13 (黑)	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
86	(田地Ⅲ)	不揭取	72-2区 SH17	土器	後期前半	高杯	内面	尖				
87	(田地Ⅲ)	不揭取	7-6区 SH02	土器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
88	(田地Ⅲ)	不揭取	7-6区 SH02	土器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
89	(田地Ⅲ)	不揭取	7-10区 SH02	土器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
90	(田地Ⅲ)	不揭取	7-10区 SH01	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
91	(田地Ⅲ)	不揭取	7-12区 SH01	土器	後期前半	把手付	内面	尖				
92	(田地Ⅲ)	不揭取	7-12区 SH09	土器	後期前半	把手付	内面	尖				
93	(庄稼Ⅰ)	不揭取	7-7区第2面 SSK01	土器	後期前半	把手付	内面	尖				
94	(田地Ⅲ)	不揭取	II-4区 SH001	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
95.1	(田地Ⅲ)	不揭取	II-4区 SH001	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
95.2	(田地Ⅲ)	不揭取	II-4区 SH007	土器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
96	(田地Ⅲ)	不揭取	II-1区 SH1007	土器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
97	(田地Ⅲ)	不揭取	A-1区 SH09	土器	後期前半	把手付	内面	尖				
98	(田地Ⅲ)	不揭取	A-1区 SH04 (SP183)	土器	後期前半	把手付	内面	尖				
99	(田地Ⅲ)	不揭取	B-1区 SH27	土器	後期前半	高杯	内面	尖				
100	(田地Ⅲ)	不揭取	B-1区 SH24	土器	後期前半	甕	内面	尖				
101.1	(田地Ⅲ)	不揭取	H区 SH1001	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
101.2	(田地Ⅲ)	不揭取	H区 SH1007	土器	後期前半	鉢	内面	尖				
102	(田地Ⅲ)	不揭取	H区 SH1012	土器	後期前半	高杯	内面	尖				
103	(田地Ⅲ)	不揭取	M-1区 SH0608	土器	後期前半	把手付延	内面	尖				
104	(田地Ⅲ)	不揭取	N-1区 SH1706	土器	後期前半	把手付延	内面	尖				
106	(田地Ⅲ)	不揭取	S区(S) SH1006	石器	後期前半	把手付延口直	内面	尖				
107	弘田川	962	1-1区 SP297	石器	後期前半	石皿(砂岩)	内面	尖				
108	弘田川	1193	包含物	石器	後期前半	石皿(砂岩)	内面	尖				

なお、上天神遺跡試料は指定文化財に指定されていることから、現状変更許可の手続きを経て試料を採取した。そのほか、本県所蔵以外の出土資料は各収蔵機関に許可を得て試料採取を行った。

### 3. 各分析の目的と結果概要

各分析報告における目的と結果概要についてあらかじめ説明しておく。

まず第 2・3 項は病院統合事業で出土した赤色顔料付着遺物の蛍光 X 線分析のうち、分析報告が報告書に掲載できていなかったものをここで提示したものである。分析の結果、朱とベンガラが検出された。朱と判定された遺物は第 8 項の観察・分析の対象とした。ベンガラはそのほとんどが土器表面に焼成前に塗布された丹塗土器で、吉備系の丹塗土器が多く分析されている。そのうち旧練Ⅲ報告第 226 図 23 の吉備系器台外面のベンガラはパイプ状粒子を含んでいた。パイプ状粒子を含むベンガラは分析報告にもあるとおり、鉄バケテリア起源の粒子で鉄分を加熱等によって人工的に加工・精製した可能性がある顔料で、土器の焼成前の器面に明らかに顔料としてのベンガラが塗布されたことを示すものである。パイプ状ベンガラは本遺跡ではこれまで下記の例が報告されているが、パイプを含むものと含まないものとの間に、器種や塗布範囲に違いは見いだせない。なお、報告者であるパレオ・ラボの竹原一展氏から、今回の整理業務において、光学顕微鏡の技術的手法等についてご教示をいただいた。

#### – 焼成前の土器に塗布されたパイプ状ベンガラ –

旧練Ⅱ報告 - 449 (壺外面)、5497 (高杯外面)

旧練Ⅲ報告 - 226 図 23 (器台外面)

旧練Ⅴ報告 - 514 (壺外面)、881 (壺 or 高杯内外面)

第 4 項の青銅器付着赤色顔料の分析は、使用された赤色顔料の種別判定と付着状況を把握する目的で実施した分析である。第 3 章で報告した舶載鏡片（本書第 287 図 M83）は、肉眼観察で赤色顔料の残存は認められなかったものの、本遺跡で出土している舶載鏡 2 点（旧練Ⅲ 343 図 3、同 847 図 4）に微量の赤色顔料が付着することを今回の類例調査中に確認し、さらに県内出土の弥生時代青銅鏡片を点検した結果、舶載鏡には赤色顔料が付着するものが多いことが判明したことから、今回報告する舶載鏡片（M83）も肉眼あるいは実体顕微鏡下の観察では把握が困難なほど微細な顔料付着が認められる可能性も否定できないものと考え、M83 の舶載鏡片とともに本遺跡出土資料及び県内弥生遺跡出土鏡資料の顔料の種別と付着状況を蛍光 X 線マッピング分析により点検することとした。さらに、本遺跡では赤色顔料が付着する銅鏡が 1 点（旧練Ⅴ 149）出土しており、あわせて分析対象とした。しかし、青銅器は樹脂を真空含浸し、さらに表面をコーティングして保存処理を完了したものが多いため、金属器表面に付着する微量の顔料は、樹脂膜が邪魔して十分な有効元素の抽出ができなかった。これは付着する赤色顔料が使用機器の分析限界に近い微量な残存状況であったことも関係し、金属を構成する元素の圧倒的反応に対して、微量で原子番号の小さな鉄(Fe)などの元素の反応は捉えにくかったものと推察する。一方で、銅鏡に付着した赤色顔料はエネルギー強度が強い辰砂で構成する朱を容易に抽出し判定できた。さらに、マッピング分析で籠被（のかづき）以先にのみ朱が塗布されたことが明確となったのは大きな成果である。

第 5 項では第 4 項の分析結果を受け、鏡付着顔料種別の決着を目的として分析対象遺物のうち保存処理を行っていない青銅鏡片に付着した顔料を極微量採取し、電子顕微鏡（SEM）による観察と X 線マイクロアナライザーによる元素分析（EDS）を行うことにより、種別の判定を試みた。その結果、ベン

ガラの成分と推察される Fe 成分を多く検出した。青銅器の器面には銅の錆化により発生する酸化第一銅 ( $Cu_2O$ ) が赤色を呈することから、ベンガラ等の赤色顔料と見間違えることがある。しかし当該赤色物質はスペクトルで銅 (Cu) を検出しないことから、肉眼あるいは光学顕微鏡で赤色を発色する要因は鉄 (Fe) によるものと絞られ、付着物はベンガラとして認定した。同様の付着状況にある他の鏡もまた、水銀 (Hg) 反応は認められないことから、消去法的ではあるが、すべてベンガラであると推定した。

第6項では直径 10cm ほどに復元できる石英塊片の表面に付着する赤色顔料の蛍光X線分析である。令和元年8月9日に福岡市埋蔵文化財センターを訪れた際、持参した本資料について、同センター比佐陽一郎氏によってその場で分析が行われ朱であることが判明した。分析結果を同氏に承認いただき掲載した。本分析は、今回の整理業務において適宜簡易的な元素分析を実施できる調査環境の必要性を考えるに至るきっかけとなった分析であり、その後本県産業技術センターの分析機器を借用し、整理業務に従事する職員が自ら試料の分析を実施するに至ることになった点で、業務上重要な分析であった。

第7項ではガラス小玉に付着した赤色顔料について、微小部位の元素分析と、元素マッピング分析を実施した。その結果、玉の孔内から器面片側にかけて辰砂由来の水銀 (Hg) の分布が認められたほか、ガラス小玉の器面の窪みでベンガラ由来の鉄(Fe)が検出された。これは複数の赤色顔料が時間差をもって別々に装身具に付着した経緯があったことを示すもので、集落内における装身具及び赤色顔料を使用した行為とそのバリエーションを示す材料として重要である。

第8項は第2～7項の分析を踏まえ、主に土器や石器に付着した朱に関して光学顕微鏡観察、電子顕微鏡観察、X線マイクロアナライザーによる元素分析、写真撮影法による粒径測定及び粒度分析を行った。粒度分析とは、対象試料中の顔料粒子の大きさと数量を定量化し、顔料粒子の粒度特性（分級度合）を明らかにする分析方法である。これを比較し顔料の精製過程や製品粒度を類型化することにより、人々と顔料の関り方を推定する。本田光子氏が出土朱にこの分析手法を取り入れ（本田 1978）、主に墳墓出土試料の類型化が行われた（本田 1988）。今回は、集落出土資料を主対象とし、さらに原産地やそれに近い遺跡、あるいは墳丘墓や古墳出土品における分析に引き継ぐことを期して実施したものである。分析に当たっては、本田光子氏から顕微鏡観察や粒度分析の手法、また報告のあり方まで多くのご教示をいただいた。

対象試料は本遺跡出土資料、県指定有形文化財に指定されている上天神遺跡辰砂資料、そのほか県内の縄文・弥生時代遺跡出土資料について対象とした。

分析の結果、朱は弥生時代後期前半の把手付広口皿に粒子径の大きなものが多く、後半以後は一部高杯にその役割が移行しており、それ以外の器種は鉢に小粒子のものが多い傾向にあって、前者の専用容器及び高杯との使い分けが推察されること、集落における段階的な精製（分級）作業が行われたこと等が示された。また、専用容器や高杯に残る辰砂の最大径は  $20 \sim 130 \mu m$  となるなど、後期から終末期まで一貫して  $100 \mu m$  程度の辰砂粒子が他所から搬入されていたことを推察した。

一方で、墳墓（確定はしていないがその可能性が高いものを含む）出土の供獻器外面等に付着する朱は、ほぼ一様に  $2 \sim 3 \mu m$  の粒子が最も多く、 $2 \mu m$  未満の粒子は少ない状態が認められた。これについては、辰砂精製の場から何らかの形で移動されたことによる微粉末の欠落と推察し、精製後の完成品（製品）が使用された状態と推定した。本田氏の朱の分類における朱Ⅲ類はこれに該当する。

さらに、県下の朱関連遺物の出土状況から辰砂原産地である阿波と距離的に近いほど遺物量が多い訳

ではなく、また朱の粒度が大きくなるといったこともない、いわゆる物資流通における流通量の地理勾配の関係は認められないことから、朱の入手については国内原産地を中心とする一元的同心円状の供給は想定できないことが示された。

第 9 項では辰砂原料の原産地を推定する手掛かりを抽出することを目的として、顕微鏡下で比較的大きい辰砂結晶が含まれるものについて試料を樹脂に包埋し SEM 観察とスペクトル (EDS) 分析を行った。さらに、本調査で出土した辰砂鉱石（結晶片）に随伴する微量鉱物について、実物試料や樹脂包埋断面研磨試料の EDS 分析、X 線回折分析を踏まえて鉱物同定を行った。その結果、辰砂鉱石（結晶片）に随伴する鉱物はアロフェンであることが判明した。また、断面研磨試料では一部に黒辰砂の可能性がある漆黒色の辰砂（以下、「黒色辰砂」とする）を見出した。これらは直ちに原産地推定に結び付くものではないが、今後の出土辰砂の産地別の特性抽出や類型化に寄与する成果が得られた。観察手法については九州国立博物館の志賀智史氏から多くのご教示をいただいた。

第 10 項では今回報告した辰砂鉱石 (S88) について、その外形観察を踏まえ、随伴鉱物に関する化学分析を実施した。白色鉱物が本辰砂鉱石の一部に囲み込む状況は志賀智史氏により見いだされたもので、その部分について走査電子顕微鏡による観察、EDS 分析、マッピング分析を行った。その結果を基に、倉敷市立自然史博物館武智泰史氏に助言をいただき、本県産業技術センターの微小・薄膜対応型 X 線回折分析装置を借用して X 線回折分析を実施したものである。随伴鉱物は「アロフェン」と推察され、それ自体で産地を推定することはできないが、辰砂の原産地を推定するための方法的提示や集落における辰砂鉱石や朱の取り扱いについて今後検討するための材料を得られたことなど、意義のある分析を実施することができた。

第 11 項は辰砂試料を対象とした硫黄同位体比分析である。奈良大学今津節生氏の助言を得て、近畿大学南武志氏、元工業技術院地質調査所の豊遙秋氏の指導を得て、本遺跡及び県下資料から多くの赤色顔料試料を採取した。試料は南氏の科学研究の一環として、理化学研究所高橋和也氏が開発した 5 µg の微量サンプル計測が可能な硫黄同位体比分析手法により分析が行われた。

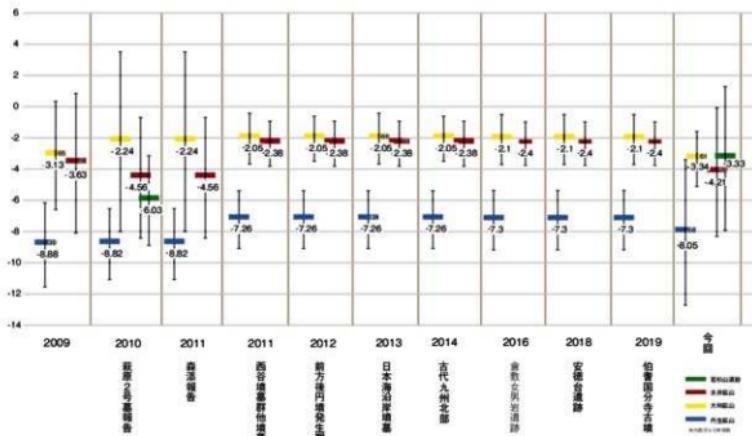
試料は 3 回に分けて採取した。試料採取方法については報告に詳しいが、硫黄を含まない粘着テープを使用して採取する。しかしテープに付着した顔料粒子のすべてが同じ産地の粒子とは限らず、複数の産地の粒子が混和する状況も想定する必要がある。今回の分析試料の大部分はテープに付着させる試料採取法で進んだが、検鏡下で単独の結晶粒を抽出し、その単独の結晶を分析試料とする試みも行った。単独結晶粒の分析は、複数産地の粒子の混和による計測値の変動を回避できる点で、方法的に重要である。今回、検鏡下で抽出した太田下須川遺跡試料の結晶 1 粒 (80 µm 長) を分析したところ、高橋氏開発による超微量分析法により分析が可能であることが判明した。今後の分析手法の進展に関する材料を得ることができたものと考える。

分析の結果を概説すると、旧練兵場遺跡出土試料は分析した 19 サンプル中、7 点が国産、12 点が中国産と判定できること、それ以外の遺跡は国産であったこと、上天神遺跡試料は明確にグループ分けができ、-5 と -8 の 2 つの主たるグループが抽出できることなどが明らかとなった。

なお、分析者の南氏は国産辰砂を丹生鉱山（伊勢鉱床）、大和鉱山（大和鉱床）、水井鉱山（阿波鉱床）に区分する。また、2010 年刊行の徳島県萩原 2 号墓報告書では、若杉山遺跡（阿波鉱床）試料の分析値も公表している。それ以後も、辰砂産地分析例を増しながら、原産地推定の基礎となる産地分析値は少しづつ変動しているのが現状である。第 472 図に 2009 年以後の国産辰砂の分析値の変遷を、南氏の

第50表 上天神遺跡赤色顔料分析試料一覧表

赤色顔料分析番号	調査区	報文号	器種	本田光氏分析	文化財預定番号	採取位置	硫黄同位体比分析		粒度分析(μm)				断面研試料	備考
							分析番号	分析結果	分類	最大粒子径	中間粒子径	四分位偏差		
K_1_1	3区	252	鉢		3	外面	19-177	-8.38	C	24.59	2.50	0.68		
K_1_2						内面	19-178	-8.59	F	21.78	5.76	1.70		
K_2	3区	445	甕		8	内面	19-179	-5.45	A	4.56	1.41	0.21		胎土中に粘晶片岩(透輝石産)
K_3	3区	483	鉢底部		11	内面	19-180	-5.83	E	10.09	3.43	0.89		
K_4	3区	486	鉢底部		14	内面	19-181	-9.82	C	19.88	2.28	0.51	○	黒色辰砂
K_5	4区	458	鉢		34	内面	19-182	-9.62	D	16.57	2.89	0.75		
K_6	4区	460	鉢		36	内面	19-183	-5.48	E	7.20	2.33	0.50		
K_7_1	4区	462	大形鉢	水銀 砒素?	37	内面	19-184	-9.25	E	10.19	3.04	0.88		
K_7_2						内面	19-185	-5.10	E	9.50	3.28	0.89		
K_8	4区	483	把手付広片口皿		47	内面	19-186	-5.93	C	70.71	2.94	0.77	○	
K_11	4区	491	把手付広片口皿	水銀	55	内面	19-187	-8.52	D	51.30	2.91	0.74	○	
K_12	4区	493	把手付広片口皿	水銀	57	内面	19-188	-8.99	F	70.49	5.44	1.41	○	
K_13	4区	931	大形鉢	水銀	78	内面	19-189	-8.08	B	8.71	1.34	0.28		
K_14	4区	934	大形鉢	水銀 砒素?	81	内面	19-190	-8.71	C	7.11	1.68	0.40		
K_15	4区	944	把手付広片口皿	水銀	90	内面	19-191	-8.76	C	43.68	3.64	0.88	○	
K_17_1	4区	948	把手付広片口皿		94	内面	19-192	-8.56	F	34.01	6.56	1.62	○	黒色辰砂
K_17_2						外側	19-193	-8.32	F	14.49	3.73	1.06		
K_18	4区	949	把手付広片口皿	水銀 砒素?	95	内面	19-194	-8.36	F	88.17	4.74	1.21	○	
K_19	4区	980	大形鉢底部	水銀 砒素?	106	内面	19-195	-8.20	D	14.50	2.56	0.67		
K_20	4区	1180	大形鉢底部		120	内面	19-196	-8.30	A	65.09	1.48	0.25		
K_21_1	4区	1246	把手付広片口皿	水銀	121	内面	19-197	-8.80	D	15.68	2.40	0.62		
K_21_2						外側	19-198	-9.39	D	22.26	3.28	0.96		
K_22_1	4区	1315	大形鉢		127	内面	19-199	-9.28	A	4.17	1.48	0.23		
K_22_2						外側	19-200	-9.32	D	10.14	2.41	0.66		
K_23	4区	1434	鉢	水銀 砒素?	138	断面	19-201	-11.80	A	4.71	1.11	0.17		



第472図 国産辰砂を対象とした硫黄同位体比分析値の変遷

第51表 香川県内（旧練兵場・上天神を除く）赤色顔料試料一覧表

赤色顔料分析番号	地城	遺跡名	通称名	重ね・崩位等	面番号	位置	所属時期	顔料種別		化成機関		施設同位体比分析結果	断面研磨費試料分析結果	断面研磨費試料分析結果	四分位子孫	偏差	
								分析	鑑定	分析	鑑定						
B-01	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡I	2 4.0 SBR2	437	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		E	1685	391	1.15	片口	
B-02	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡I	2 4.0 SDR08	769	鉢	内面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文		E	1653	296	0.52		
B-03	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡I	2 4.0 SDR02	1299	高杯	内面	後期後半 新没落	未	銀理文	19/019	831	E	2728	266	0.52	
B-04	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SDH6	191	鉢	内面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文	19/016	506	B	1023	164	0.32	片口
B-05	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SH117	620	鉢	内面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文		E	732	228	0.48		
B-06	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	B1区包含層	1608	鉢	内面	終末期古 新没落	未	銀理文		E	1381	292	0.63		
B-07	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SD01	453	小形甌	外面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文		C	671	222	0.59		
B-08	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SD030	530	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		B	1832	193	0.34		
B-09	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SD030	511	高杯	内面	後期後半 新没落	未	銀理文	19/020	-10/08	E	2955	489	1.25	(下川津B) 細颗粒
B-10	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SD030	522	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		D	535	207	0.37		
B-11	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	SD030	528	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		F	1888	410	1.09		
B-12	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	B1区包含層	1563	鉢	内面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文		B	594	176	0.31		
B-13	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	B1区包含層	1580	鉢	内面	終末期古墳後 新没落	未	銀理文		E	1897	421	1.09	片口	
B-14	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	E1区包含層	1682	壺	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		E	419	242	0.26		
B-15	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	F1区包含層	1812	壺	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		D	1027	218	0.40		
B-16	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	F1区包含層	1818	高杯	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		B	1427	187	0.40	(下川津B) 細颗粒	
B-17	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	F1区包含層	1825	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		D	1233	237	0.51		
B-18	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	1827	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		E	1952	356	1.08			
B-19	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津一ノ又遺跡II	路河川之跡	1871	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文	19/015	-495	B	774	175	0.33	
B-20	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津東山田遺跡I	SR03	1018	把手付 口直	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		B	134.00	228	0.31	○	
B-21	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津東山田遺跡I	SR03	1421	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		C	44.06	213	0.43		
B-22	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津東山田遺跡I	SR03	1434	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文	19/018	-541	B	750	167	0.33	
B-23	丸亀平野 川津地域	集落跡	川津東山田遺跡I	SR03	1620	鉢	内面	後期後半 新没落	未	銀理文		C	1075	225	0.58		

地层剖面号	地层	测点代号	测点名	测点位等	岩性	含油层位	所属时期	碳氢化合物分析		碳氢化合物分析		断面图 剖面特征	编者
								颜色及 层位	厚度 mm	颜色及 层位	厚度 mm		
B-24	鬼脸平野 川津坳陵	集洛砾	川津东山田道路	1	S803	1705 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	深灰带 古溶洞	深灰带 古溶洞	19.116 0.28	C	2772 3.34 0.77
B-25	鬼脸平野 川津坳陵	集洛砾	川津二代道路	2	S805下层	229 砾石层 口盖	内面	深灰带 古溶洞	深灰带 古溶洞	深灰带 古溶洞	19.117 0.72	D	1644 3.45 0.94
B-26	橘川流域	集洛砾	橘川河床道路	3	采集品	内面 砾石层 口盖	内面	砾末带	砾末带	砾末带	19.118 0.65	E	1750 1.71 0.28
B-26.3	橘川平野	集洛砾	太田下原山道路	4	S802	271 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.118 0.65	F	1235 2.59 0.66
B-27	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	5	S802	278 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.118 0.65	G	1235 2.59 0.66
B-28	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	6	S802	281 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.118 0.65	H	1235 2.59 0.66
B-29	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	7	A-地区SE2 第2层上层	31 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.004 0.38	I	1235 2.59 0.66
B-29.1	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	8	A-地区SE2 第2层中层	45 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.202 8.40	J	1235 2.59 0.66
B-29.2	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	9	A-地区SE2 第2层下层	100 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.203 12.77	K	1235 2.59 0.66
B-29.3	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	10	A-地区SE2 第2层上层	119- 120 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.005 3.26	L	1235 2.59 0.66
B-30	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	11	A-地区SE2 第2层中层	154 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	M	1235 2.59 0.66
B-31	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	12	A-地区SE2 第2层下层	155 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	N	1235 2.59 0.66
B-32	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	13	A-地区SE2 第2层上层	100 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	O	1235 2.59 0.66
B-33	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	14	A-地区SE2 第2层中层	154 大形砾 内面	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	P	1235 2.59 0.66
B-34	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	15	A-地区SE2 第2层下层	155 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	Q	1235 2.59 0.66
B-35	橘川平野 中央部	集洛砾	太田下原山道路	16	A-地区SE2 第2层上层	1239 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	R	1235 2.59 0.66
B-36	橘川平野 中央部	集洛砾	天演宫西道路	17	S801下层	155 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	S	1235 2.59 0.66
B-37	橘川平野 中央部	集洛砾	天演宫西道路	18	S802	3029 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.006 3.48	T	1235 2.59 0.66
B-38	橘川平野 中央部	集洛砾	天演宫西道路	19	S801上层	409 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.003 4.66	U	1235 2.59 0.66
B-40	橘川平野 中央部	集洛砾	原中村道路	20	S801	411 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.003 4.66	V	1235 2.59 0.66
B-41	橘川平野 中央部	集洛砾	原中村道路	21	S801	574 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.003 4.66	W	1235 2.59 0.66
B-42	橘川平野 中央部	集洛砾	原中村道路	22	S802	574 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.003 4.66	X	1235 2.59 0.66
B-43	橘川平野 中央部	集洛砾	原中村道路	23	S801	574 砾石层 口盖	内面	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	浅灰带 古溶洞	19.003 4.66	Y	1235 2.59 0.66

測定箇所番号	地城	遺跡種別	遺跡名	遺跡・層位等	付番	監査	報告書番号	所風時期	縦横面積割合分析			断面分析 (μm)	断面測量	備考		
									分析	断面	結果					
B-44	高松平野 北東部	集落跡	原中村道路	石垣裏 石垣裏	砾片	内面	終末期古墳時代	未	県理文	E	18.19	345	0.90	断面測量 鉄器		
B-45	高松平野 北東部	集落跡	原中村道路	石垣裏 石垣裏	砾片	内面	終末期古墳時代	未	県理文	B	16.97	164	0.59			
B-46	高松平野 中央部	墳墓	御詔神社壇丘墓	土壠坡	大形埴 口跡	内外面	終末期	未	高松山 斎堂							
B-47	高松平野 中央部	墳墓 (軸用)	轟丘	3号・5号 1号・2号用	508	大形埴 口跡	内面	後期後半	未	市教委 市教委	19.021	-9.89				
B-48	高松平野	墳墓	轟丘南丘墓	主体部分裏	瓦面	後期後半	未	後期後半	未	市教委 市教委	19.022	-10.23	E	8.94	246	0.53
B-49	大内平野	墳墓	轟丘南丘墓	壁塗	石伴	瓦面	中後期 不可知	未	轟丘南丘 新合併	未						
B-51	高松平野 中央部	集落跡	空堀跡地跡 I	SH-39	751	幹	内面	終末期新石器	未	県理文	19.017	-2.73	B	6.15	170	0.31
B-52	高松平野 中央部	墳墓	平池南跡	轟丘 (K) 護 ISD W-2	1088	台形埴	外面	中期後半 新石器	未	県理文	19.009	-10.29	C	8.50	246	0.62
B-53	高松平野 中央部	墳墓	林坊城跡	周溝墓 (SX03)	1055	器台	外面	後期後半 古墳時代	未	県理文	19.008	-6.29	E	12.45	298	0.72
B-54	高松平野 中央部	墳墓	林坊城跡	周溝墓 (SX03)	981	細頭錐	外面	後期後半 古墳時代	未	県理文	E	11.65	456	1.19		
B-55	高松平野 中央部	墳墓	林坊城跡	周溝墓 (SX03)	1027	高杯	内面	後期後半 古墳時代	未	県理文	E	9.52	277	0.69		
B-56	高松平野 中央部	墳墓	林坊城跡	周溝墓 (SX03)	1054	器台	外面	後期後半 古墳時代	未	県理文	E	8.50	267	0.61		
B-58	丸龜平野 西北地域	墳墓	龍川五条跡 I	周溝墓 (SX04)	1661	井	内面	後期後半 古墳時代	未	県理文	19.007	-6.40	E	8.92	297	0.75
B-59	大内平野	墳墓	轟塙道路	轟塙 (柱穴)	257-2	輪輪 輪輪 輪輪	内区 内区 内区	終末期 新石器	未	県理文	19.007	-6.40	E	8.92	297	0.75
B-60	大内平野	墳墓	金足郡山遺跡	轟塙内	PL444	輪輪 輪輪 輪輪	内区 内区 内区	終末期 新石器	未	県理文	19.007	-6.40	E	8.92	297	0.75
B-61	丸龜平野	集落跡	植木遺跡	集落内包含層	717	輪輪 輪輪 輪輪	内区 内区 内区	後期後半 新石器	未	県理文	C	7.46	238	0.58		
B-62	三豊平野	集落跡	一の谷遺跡	集落内柱穴	PL444	輪輪 輪輪 輪輪	内区 内区 内区	後期後半 新石器	未	県理文	E	14.08	349	0.70		
B-63	丸龜平野	集落跡	川津中原遺跡	堅穴建物	717	輪輪 輪輪 輪輪	内区 内区 内区	後期後半 新石器	未	県理文	E	12.04	290	0.85		
B-64	丸龜平野	集落跡	中之北遺跡	河川路	2375	浅井	内面	岡文治前後	未	県理文	E	238	0.57			
B-65	丸龜平野	集落跡	水井遺跡	水井遺跡	3035	浅井	内面	岡文治前後	未	県理文	E	238	0.57			
B-66.1	丸龜平野	集落跡	水井遺跡	水井遺跡	3034	浅井	内面	岡文治前後	未	県理文	19.011	-11.86	A	238	177	0.23
B-66.2	丸龜平野	集落跡	水井遺跡	水井遺跡	3034	浅井	内面	岡文治前後	未	県理文	D	9.24	238	0.57		
B-67	丸龜平野	集落跡	水井遺跡	水井遺跡	3034	浅井	内面	岡文治前後	未	県理文						

地层剖面编号	地层	地层特征	地层名	地层厚度	地层位置	岩性	含油性	所赋时期	微量元素分析			地层年龄	中颗粒	粗颗粒	颗粒度 百分比 值差	参考
									含量	分带号	含量					
B-68	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	3900	浅钻	内油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-69	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	3929	浅钻	内油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-70	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	3978	浅钻	内油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-71	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	4114	浅钻	内部	属文后期中期	未	吕遵文						
B-72	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	4196	浅钻	外油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-73	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	4566	浅钻	内油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-74	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	5265	浅钻	外油	属文后期中期	19(0)	吕遵文	13.00	E	8.58	2.78	0.61	
B-75	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	5390	浅钻	外油	属文后期中期	未	吕遵文						
B-76	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	石1103	岩石	内油	属文后期中期	未	吕遵文	19(0)	E	40.39	16.63	0.77	○
B-77	九龟平野	集落路	水井道路	河山层	石1103	岩石	内油	属生时代较晚	未	吕遵文						
B-78	高松平野	集落路	加藤道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0463	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-79	高松平野	集落路	加藤道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0502	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-80	高松平野	集落路	加藤道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0065	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-81	高松平野	集落路	加藤道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0544	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文	19(0)4	C	28.74	2.39	0.56	
B-82	高松平野	古植	高松茶臼山古植	第1.1余部	28	粗砾砂	内油	古植时代	未	吕遵文	19(0)5	-				
B-84	高松平野	古植	高松茶臼山古植	第1.1余部	30	黑	内油	古植时代	未	吕遵文	19(0)5	-				
B-85	高松平野	古植	高松茶臼山古植	第1.1余部	26	粗砾砂	内油	古植时代	未	吕遵文	19(0)7	-				
B-86	高松平野	古植	高岡山1号植	桂原层1.1Tr	104	小砾	内油	古植时代	未	吕遵文	19(0)8	B	8.29	1.75	0.40	(高松平野古植)
B-87	高松平野	集落路	寺田家苔石层	桂原层第3层	564	高砾	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-88	高松平野	集落路	加藤道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0467	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-89	高松平野	集落路	田中道路	包含层(黑色砂质土)	RSKL-1.0395	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-90	大内平野	集落路	平池村道路	II段上1脚	46	钻孔	内油	生时代较晚	未	吕遵文						
B-91	九龟平野	集落路	葛谷道路	包含层	178	岩石	内油	生时代较早	未	吕遵文						
B-92	高松平野	野猪尾	葛谷道路	包含层	177	砾石	内油	生时代较早	未	吕遵文						
B-93	大内平野	集落路	原间道路	河山层	1875	砾石	内油	生代较晚	未	吕遵文						
B-94	九龟平野	集落路	中石造道路	SD1412	79	砾石(绿岩)	内油	生代较晚	未	市教委						
B-95	高松平野	集落路	高松城道路	包含层	29-145	钻孔	内油	生代较晚	未	市教委						
B-96	高松平野	中央区	集中站道路2次	河山层	1457	浅钻	外油	砾带时代较早	未	市教委						

考古剖面分析番号	施城	遺跡種別	遺跡名	遺構・層位等	層位	付着	器形	所屬時期	鐵質回位体化分析		粒度分析 [μm]	断面測量
									顕微鏡別	分析結果		
B-97	高松平野 中央部	集落遺跡	東中筋遺跡 2 次	河川帯	14-58	浅沫	外圓	顯文時代 施明後半	朱	市教委		内縫: 12.8 外縫: 9.2
B-98	高松平野 東 A 領	集落遺跡	東中筋遺跡 2 次	河川帯	14-47	浅沫	内圓	顯文時代 施明後半	朱	市教委		
B-99	高松平野 東 A 領	集落遺跡	東中筋遺跡 2 次	河川帯	14-48	浅沫	内圓	顯文時代 施明後半	朱	市教委		
B-100	高松平野 中央部	集落遺跡	東中筋遺跡 2 次	河川帯	15-67	浅沫	内圓	顯文時代 施明後半	朱	市教委		
B-101	丸龜平野 境島	集落	福永遺跡	C 地区 第 2 号東石室	115-105		内圓	強生時代後期	朱	原雅文		
B-103	高松平野 吉泉部	集落遺跡	鹿伏・中所遺跡	吉区桂穴 SH07-SR93	738	高 H?	内圓	強生時代後期	ペンガラ	原雅文		
B-104	高松平野 野菜部	集落遺跡	鹿伏・中所遺跡	免含層 (吉区 免含層合層)	814	變 or 輪	内圓	強生時代後期	朱	原雅文		
B-105	高松平野 野菜部	集落遺跡	鹿伏・中所遺跡	免含層 (1 · 2 面開)	815	大形鉢	内圓	強生時代後期	朱	原雅文		
B-106	高松平野 野菜部	集落遺跡	矢ノ木遺跡	S06N01 (上 部)	1092	全圓形	外圓	強生時代中期	ペンガラ	原雅文		

※ B-50 - 57, 82 - 102 灰塗

協力を得て図化した。色付部が測定値で、上下に細線で標準偏差を示した。大まかな変遷をたどると、2011年の森添遺跡報告までは数値のばらつきが大きく、国産辰砂の産地推定は難しい印象であったが、その後丹生鉱山と大和・水井鉱山の数値が区分され始め、国産辰砂の峻別が可能となり始めた。しかし、近年、特に今回の分析前に水銀鉱床の分布調査等により水井鉱山の分析点数が増え、再び数値のばらつきが目立ってきた状況だが、丹生鉱山のデータは.7～.8付近で安定している。一方で、大和鉱山の分析個数が若干減少しているのは、統計的検定を補強したことによるらしい。

いずれにしても原産地試料分析例、特に阿波鉱床の分析数は未だ多くない状況もあり、現時点では原産地間の数値の明確な区分には至っていない。上天神遺跡試料分析値は丹生鉱山の平均値である.7～.8付近に一つのグループがあり、また単独粒子を分析した太田下須川遺跡試料の値が上天神遺跡試料の-.8付近のグループの中心値付近に一致するのは偶然とは考えにくい。

阿波鉱床を中心とした原産地分析例の充実と消費地試料における単独粒子分析例等が増加することで、今後の原産地特定も可能となるものと思われる。

以上の赤色顔料の分析に供した試料は、硫黄同位体比分析に供した超微量試料を除き、試料サンプルをファイリングして香川県埋蔵文化財センターで保存しており（一部、SEM観察のために白金蒸着したものも含む）、今後の検証や再分析に供することが可能である。積極的な活用を期待する。

## 第 2 項 旧練兵場遺跡出土土器付着赤色顔料の蛍光 X 線分析 (平成 22 年度)

竹原弘展 (パレオ・ラボ)

### 1. はじめに

旧練兵場遺跡より出土した土器に付着する赤色顔料について蛍光 X 線分析を行い、顔料の種類を検討した。

### 2. 試料と方法

分析対象は、土器 20 点に付着する赤色顔料で、No.10 が土師器、その他 19 点は弥生土器である。セロハンテープに赤色部分を極少量採取して分析試料とした。

分析装置はエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置である（株）堀場製作所製分析顕微鏡 XGT-5000Type II を使用した。装置の仕様は、X 線管が最大 50kV・1mA のロジウムターゲット、X 線ビーム径が 100 μm または 10 μm、検出器は高純度 Si 検出器 (Xerophy) である。検出可能元素はナトリウム～ウランであるが、ナトリウム、マグネシウムといった軽元素は蛍光 X 線分析装置の性質上、検出感度が悪いため、試料中に少量含む程度ではビーグルを検出し難く、検出できてもその定量値はかなり誤差が大きい。

本分析での測定条件は、50kV、0.16 ~ 1.00mA (自動設定による)、ビーム径 100 μm、測定時間 500s に設定した。定量分析は、標準試料を用いないファンダメンタル・パラメータ法 (FP 法) による半定量分析を装置付属ソフトで行った。定量値の誤差は大きい。

また、蛍光 X 線分析で作製した試料を観察試料として、生物顕微鏡で赤色顔料の粒子形状を確認した。

### 3. 結果

分析により得られたスペクトルおよび FP 法による半定量分析結果を第 473 図、第 474 図に示す。No.2、No.3、No.5 ~ No.13、No.15、No.16、No.18 ~ No.20 からは、鉄 (Fe)、ケイ素 (Si)、アルミニウム (Al) が主に検出された。

No.1、No.4、No.14、No.17 からは、水銀 (Hg) と硫黄 (S) が高く検出された。

また、生物顕微鏡観察により得られた画像を第 475 図、第 476 図に示す。No.5 では、赤色パイプ状の粒子が観察された。

### 4. 考察

弥生時代、古墳時代に使用されていた赤色顔料としては、朱 (水銀朱) とベンガラが挙げられる。水銀朱は硫化水銀 (HgS) で、鉱物としては辰砂と呼ばれ、産出地はある程度限定される。ベンガラは狭義には三酸化二鉄 ( $Fe_2O_3$ 、鉱物名は赤鉄鉱) を指すが、広義には鉄 (III) の発色に伴う赤色顔料全般を指し (成瀬、2004)、広範な地域で採取可能である。また、ベンガラは直徑約 1 μm のパイプ状の粒子形状からなるものが多く報告されている。このパイプ状の粒子形状は鉄バクテリアを起源とすることが判明しており (岡田、1997)、含水水酸化鉄を焼いて得た赤鉄鉱がこのような形状を示す (成瀬、1998)。

No 2、No 3、No 5～No 13、No 15、No 16、No 18～No 20の16点からは、ケイ素など土中成分に由来すると考えられる元素は検出されたものの、水銀は検出されなかった。鉄が多く検出されていることから、赤い発色は鉄によるものであると推定できる。すなわち、顔料としてはベンガラにあたる。さらに、No 5についてはパイプ状の粒子が検出されたことから、鉄バクテリアを起源とする、いわゆるパイプ状ベンガラであったといえる。

No 1、No 4、No 14、No 17の4点からは水銀と硫黄が高く検出されたことから、この赤色顔料は水銀朱であったといえる。

第52表に、分析結果の一覧を示す。多くの土器はベンガラで、一部水銀朱という結果であった。水銀朱が付着していた土器の器種をみると、把手付片口皿、大形鉢、壺2点で、いずれも内面のみに付着していた。

第52表 分析結果一覧 (H22)

分析No	図版番号	報文番号	注記番号	分析箇所	備考	種類	器種	顔料種類
1	501	22	H1031 NZR3 T 区 SH1009 (アリア4) 下層	内面	内面に赤色顔料付着	弦生土器	把手付片口皿	水銀朱
2	264	7	H0232 NZR3 T 区 SH1023 イ	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	黃高杯	ベンガラ
3	703	12	H1076 NZR3 S 区 SH1039 床面直上	外側	外面に赤色顔料付着 地城(瓶中)	弦生土器	長颈壺	ベンガラ
4	490	12	H0868 NZR3 S 区 SH1037 ア 上層	内面	内面に赤色顔料付着	弦生土器	大形鉢	水銀朱
5	226	23	H1773 NZR3 S 区 SH1057 ヲ 北西壁落とし	外面	内外面に赤色顔料付着	弦生土器	器台	(ベンガラ) (パイプ状)
6	232	10	H1740 NZR3 R 区 SH1060 オ 下段部	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	器台	ベンガラ
7	240	12	H2086 NZR3 S 区 SH1065 理土	外面	外面に赤色顔料付着 地城(吉備)	弦生土器	高杯	ベンガラ
8	245	17	H2078 NZR3 S 区 SH1068 中層(燒土面直上)	内面	内外面に赤色顔料付着 地城(吉備)	弦生土器	鉢	ベンガラ
9	855	67	H1968 NZR3 R 区 SH1060 貼り床層	口縁上端	地城・口縁上端部に 赤色顔料付着	弦生土器	高杯	ベンガラ
10	212	6	H1920 NZR3 R 区 SH13012 東西壁は「す」理土	外面	外面に赤色顔料付着	土師器	杯	ベンガラ
11	273	1	H3126 NZR3 U 区 SH5002 トレンチ5021 東西壁 第1層	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	長颈壺	ベンガラ
12	273	10	H3126 NZR3 U 区 SH5002 トレンチ5021 東西壁 第1層	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	分脚型土製品	ベンガラ
13	279	7	H3117 NZR3 U 区 SH5011 東西壁 第1層 焼土より北	内面	内外面に赤色顔料付着	弦生土器	短頸広口壺	ベンガラ
14	172	32	H1534 NZR2 N 区 SH7003 土器群第1次検出 S 北北東	内面	内面に赤色顔料付着	弦生土器	壺	水銀朱
15	181	24	H2090 NZR2 N 区 SH7005 東西壁より北 貼床理土	外面	内外面に赤色顔料	弦生土器	広口壺	ベンガラ
16	184	26	H2239 NZR2 N 区 SH7305 土器No.1	外面	地城(瓶中)・内外 面に赤色顔料	弦生土器	長颈壺	ベンガラ
17	740	15	P0280 NZR2 G 区 SP0136	内面	内面に赤色顔料付着	弦生土器	壺	水銀朱
18	120	7	K0016 NZR2 G 区 SK0006	外面	外面に赤色顔料付着 地城(瓶中)	弦生土器	短颈壺	ベンガラ
19	92	10	K0159 NZR2 O 区 SK8001 半裁ア	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	壺	ベンガラ
20	741	19	X0124 NZR2 G 区 SX0001	外面	外面に赤色顔料付着	弦生土器	黄高杯	ベンガラ

\* 採集番号・報文番号は旧録表報告による

## 5. おわりに

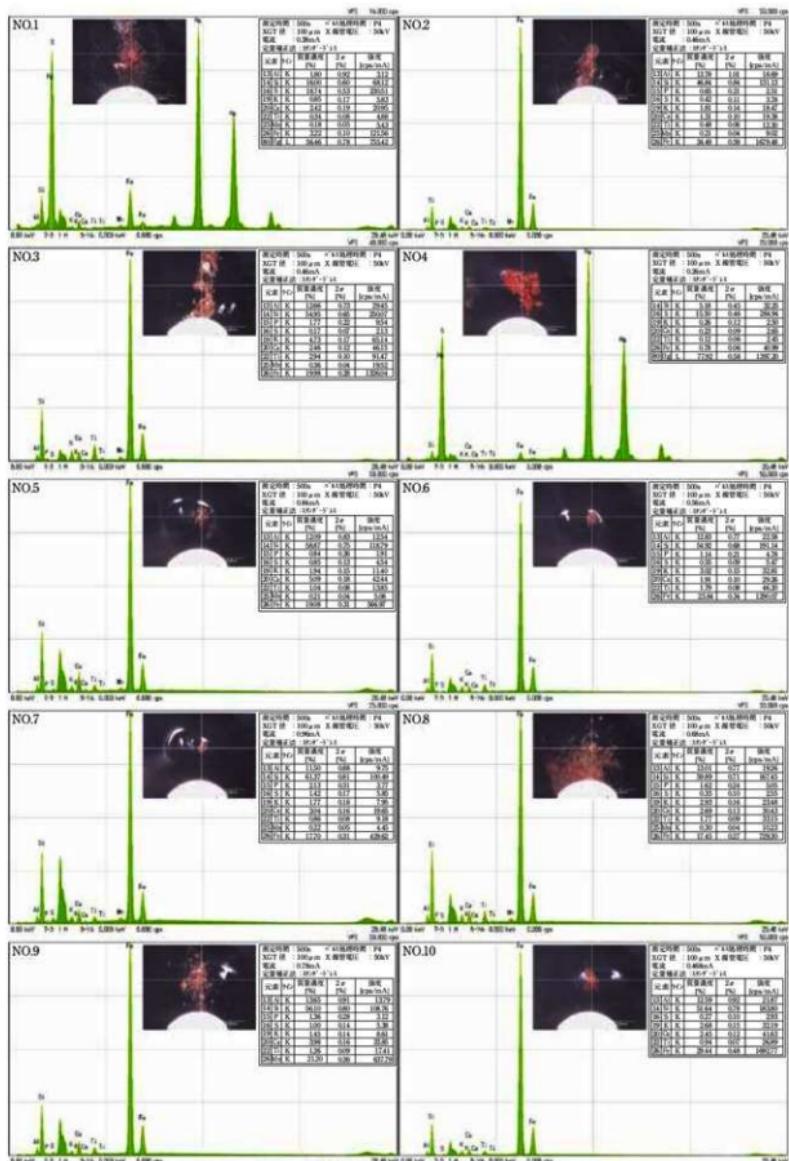
土器20点に付着する赤色顔料について分析した結果、16点からは鉄が多く検出され、鉄(Ⅲ)による発色と推定された。顔料としてはベンガラにあたる。これらのうち、1点はパイプ状の粒子が確認されており、いわゆるパイプ状ベンガラであると考えられる。残り4点からは水銀と硫黄が検出され、使用顔料は水銀朱であることが判明した。

引用文献

- 成瀬正和 (1998) 繩文時代の赤色顔料 I—赤彩土器—、考古学ジャーナル、438、10-14、ニューサイエンス社。  
成瀬正和 (2004) 正倉院宝物に用いられた無機顔料、正倉院紀要、26、13-61、宮内庁正倉院事務所。  
岡田文男 (1997) バイブ状ベンガラ粒子の復元、日本文化財科学会第 14 回大会研究発表要旨集、38-39。

編者注：

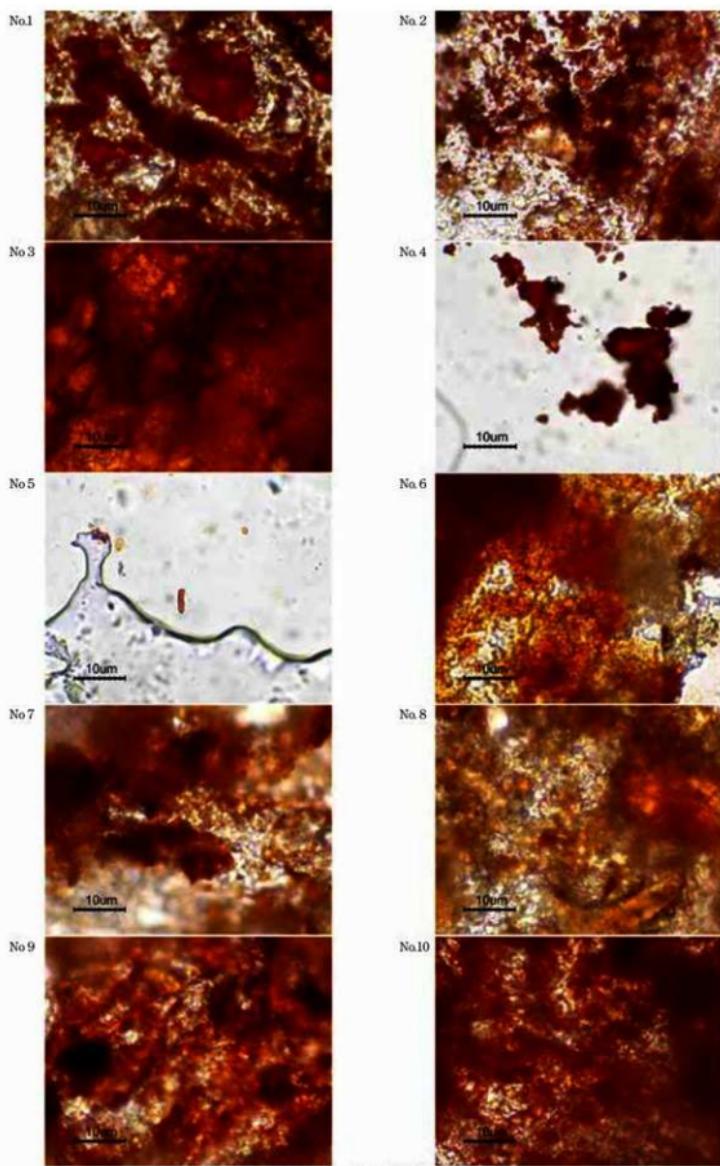
この報告は、病院統合事業に伴い実施した分析の成果であるが、旧練Ⅲ報告において掲載すべきところ、諸事情により掲載できなかった分析報告である。この分析成果は、今回の発掘調査報告で提示した赤色顔料関連遺物の評価において必要な情報であるため、分析を実施した機関の許可を得て、ここに掲載するものである。なお、本書では辰砂 (HgS) を原料とする赤色顔料を「朱」という表現に統一したが、本項では元原稿の記載を尊重し「水銀朱」と記載した。



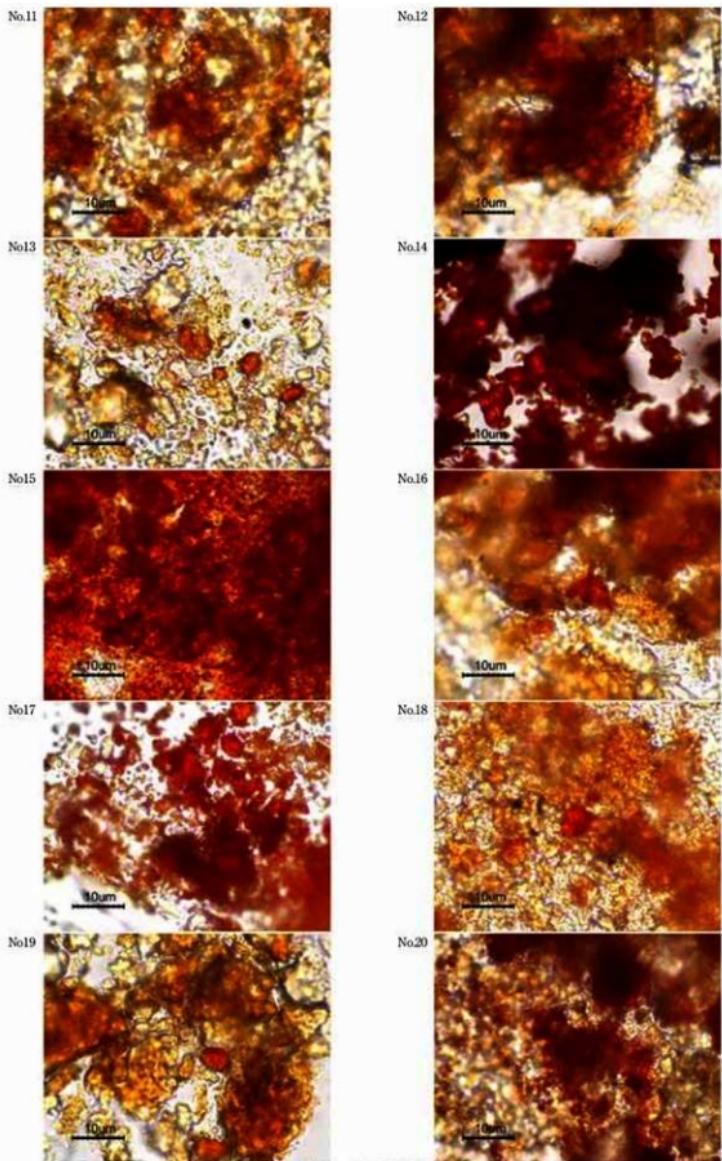
第473図 赤色顔料の蛍光X線分析結果（1）



第 474 図 赤色顔料の蛍光 X 線分析結果 (2)



第475図 赤色顔料の生物顕微鏡写真1



第 476 図 赤色顔料の生物顕微鏡写真 2

### 第3項 旧練兵場遺跡出土土器付着赤色顔料の蛍光X線分析（平成23年度）

竹原弘展（パレオ・ラボ）

#### 1.はじめに

旧練兵場遺跡より出土した土壤および土器に付着する赤色顔料について蛍光X線分析を行い、顔料の種類および有無を検討した。

#### 2. 試料と方法

分析対象は、土壤1点（No.1）および土器9点（No.2～No.6、No.8～No.11）に付着する赤色顔料である。実体顕微鏡下で赤色部分を極少量セロハンテープに採取して分析試料とした。また、土器の形態から内面に水銀朱付着の可能性が考えられるが、肉眼では赤色部分が確認できない試料（No.7）が1点あり、元素マッピング分析を行って水銀朱の有無を調べた。

分析装置はエネルギー分散型蛍光X線分析装置である（株）堀場製作所製分析顕微鏡XGT-5000Type IIを使用した。装置の仕様は、X線管が最大50kV・1mAのロジウムターゲット、X線ビーム径が100 μmまたは10 μm、検出器は高純度Si検出器（Xerophy）である。検出可能元素はナトリウム～ウランであるが、ナトリウム、マグネシウムといった軽元素は蛍光X線分析装置の性質上、検出感度が悪い。また、この分析装置では試料ステージを走査させながら測定することにより元素の二次元的な分布画像を得る、元素マッピング分析も可能である。

本分析での測定条件は、ポイント分析では50kV、0.54～1.00mA（自動設定による）、ビーム径100 μm、測定時間500sに、元素マッピング分析では50kV、1.00mA、ビーム径100 μm、測定時間2000sを5回走査に設定した。定量分析は、標準試料を用いないファンダメンタル・パラメータ法（FP法）による半定量分析を装置付属ソフトで行った。定量値の誤差は大きい。

さらに、蛍光X線分析用に採取した試料を観察試料として、生物顕微鏡で赤色顔料の粒子形状を確認した。

#### 3. 結果

分析により得られたスペクトルおよびFP法による半定量分析結果を第477図に示す。

No.1、No.5、No.10からは、鉄(Fe)、ケイ素(Si)、アルミニウム(Al)が主に検出された。No.2～No.4、No.6、No.8、No.9、No.11からは、水銀(Hg)と硫黄(S)が高く検出された。また、生物顕微鏡観察により得られた画像を第479図に示す。いずれの試料も、特にパイプ状粒子は認められなかった。

No.7の水銀マッピング図および輝度の高かったa、bの2ヶ所のポイント分析スペクトルを第478図に示す。No.7の土器は、水銀マッピング図で比較的輝度の高い箇所についてポイント分析を行ったものの、水銀は検出されなかった。

#### 4. 考察

赤色顔料の代表的なものとして、朱（水銀朱）とベンガラが挙げられる。水銀朱は硫化水銀(HgS)で、鉱物としては辰砂と呼ばれ、産出地はある程度限定される。ベンガラは狭義には三酸化二鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、

鉱物名は赤鉄鉱を指すが、広義には鉄(Ⅲ)の発色に伴う赤色顔料全般を指し(成瀬, 2004)、広範な地域で採取可能である。また、ベンガラは直径約1μmのパイプ状の粒子形状からなるものが多く報告されている。このパイプ状の粒子形状は鉄バクテリアを起源とすることが判明しており(岡田, 1997)、含水水酸化鉄を焼いて得た赤鉄鉱がこのような形状を示す(成瀬, 1998)。

No.1、No.5、No.10の3点からは、ケイ素など土中成分に由来すると考えられる元素は検出されたものの、水銀は検出されなかった。鉄が高く検出されていることから、赤い発色は鉄によるものであると推定できる。すなわち、顔料としてはベンガラにあたる。なお、パイプ状粒子はいずれも検出されなかつたことから、いわゆるパイプ状ベンガラではない。

No.2～No.4、No.6、No.8、No.9、No.11の7点については水銀と硫黄が高く検出されたことから、この赤色顔料は水銀朱であったといえる。

No.7からは、元素マッピング分析においても水銀は検出されなかったことから、水銀朱の付着は認められない。なお、No.7の土器を実体顕微鏡下で観察すると、赤色物の粒状の塊が点在するが、土器の破断面にも観察されることから、土器胎土に由来するもので赤色顔料の付着とは異なると考えられる。

第53表に、分析結果の一覧を示す。

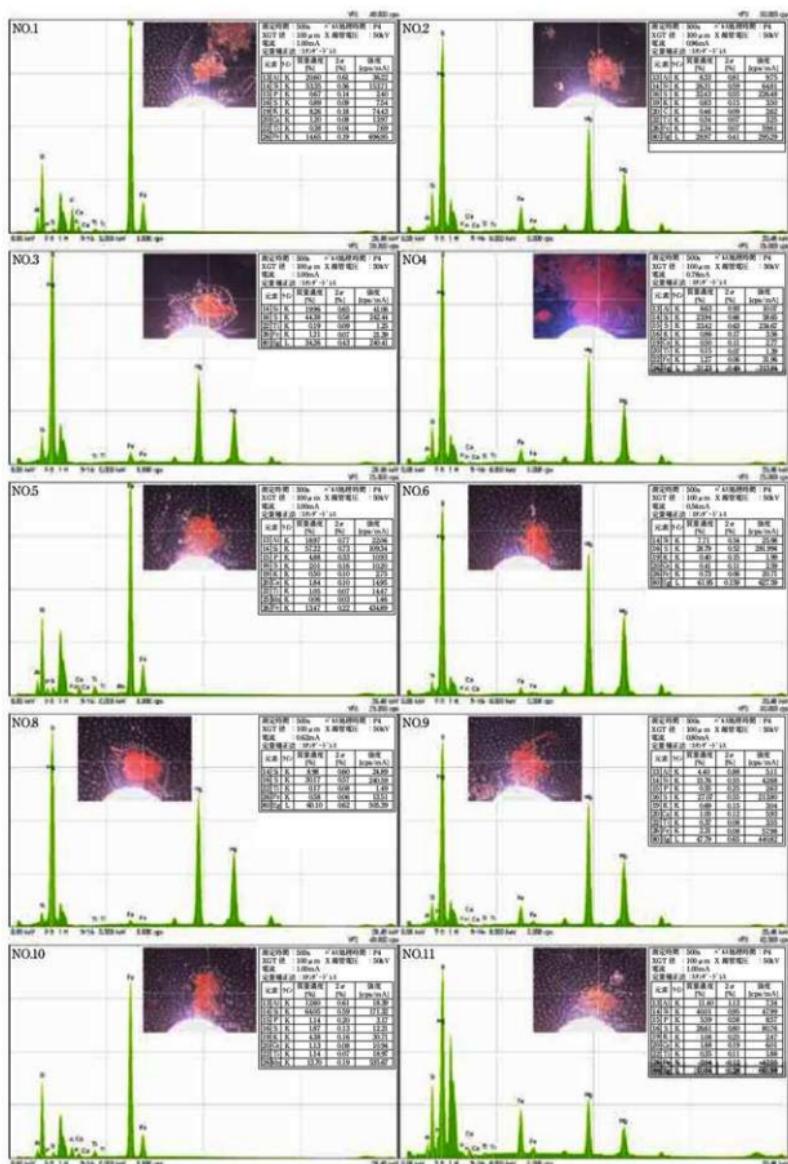
第53表 分析結果一覧 (H23)

分析No	図版番号	報文番号	注記番号	調査区	遺構名	種類	器種	採取位置	顔料種類
1	188		NZR2 H1386	O区	SH8005	堅穴建物床面土壌	—	ベンガラ	
2	310	12	NZR4 H0384	I-4区	SH4004 北側埋溝	弥生土器	把手付広片口瓶	内面	水銀朱
3	559	13	NZR4 H0229	I-4区	SH4001 土.31	弥生土器	鉢	内面	水銀朱
4	307	12	NZR4 H0096	I-4区	SH4003 A 床面や上位	弥生土器	把手付広片口瓶	内面	水銀朱
5	307	13	NZR4 H0249	I-4区	SH4003	弥生土器	壺	内面	ベンガラ
6	305	13	NZR4 H0894	I-4区	SH4002 (SK4007)	弥生土器	鉢	内面	水銀朱
7	305	7	NZR4 H0017	I-4区	SH4002 上面精査	弥生土器	把手付広片口瓶	内面	—
8	305	12	NZR4 H0518	I-4区	SH4002 C	弥生土器	把手付広片口瓶	内面	水銀朱
9	539	3	NZR4 H1086	I-2区	SH2003 西側埋溝	弥生土器	把手付広片口瓶	内面	水銀朱
10	725	11	NZR4 H4843	II-1区	SH1016 (SP1331)	弥生土器	鉢	外面	ベンガラ
11	564	19	NZR4 H3188	II-1区	SH1004 A 床底	弥生土器	壺	内面	水銀朱

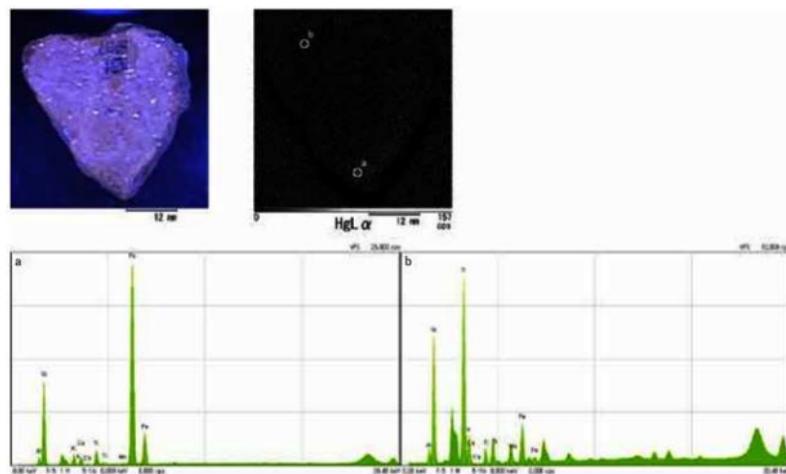
\* 摂取番号・報文番号は田舎兵場遺跡報告による

## 5. おわりに

土壌および土器に付着する赤色顔料について分析した結果、3点からは鉄が多く検出され、鉄(Ⅲ)による発色と推定された。顔料としてはベンガラにあたる。7点からは水銀と硫黄が検出され、使用顔料は水銀朱であることが判明した。土器の形態から水銀朱の付着が予想されたNo.7については、元素マッピング分析を行ったものの、構成元素である水銀は検出されなかった。



第477図 赤色顔料の蛍光X線分析結果（3）



第 478 図 No.7 の水銀マッピング図およびポイント分析スペクトル

引用文献

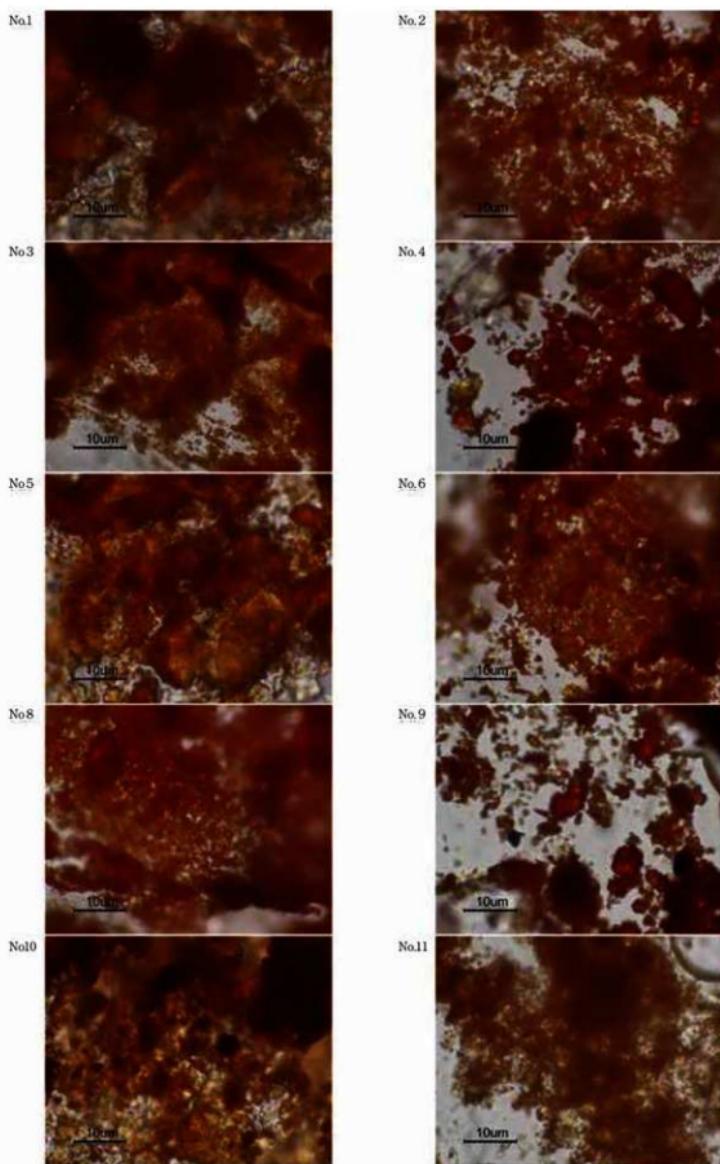
成瀬正和 (1998) 繩文時代の赤色顔料 I—赤彩土器—、考古学ジャーナル、438、10-14、ニューサイエンス社。

成瀬正和 (2004) 正倉院宝物に用いられた無機顔料、正倉院紀要、26、13-61、宮内庁正倉院事務所。

岡田文男 (1997) バイプ状ベンガラ粒子の復元、日本文化財科学会第 14 回大会研究発表要集、38-39。

編者注：

この報告は、病院統合事業に伴い実施した分析の成果であるが、旧練Ⅲ報告において掲載すべきところ、諸事情により掲載できなかった分析報告である。この分析結果は、今回の発掘調査報告で提示した赤色顔料関連遺物の評価において必要な情報であるため、分析を実施した機関の許可を得て、ここに掲載するものである。なお、本書では辰砂 (HgS) を原料とする赤色顔料を「朱」という表現に統一したが、本項では元原稿の記載を尊重し「水銀朱」と記載した。



第479図 赤色顔料の生物顕微鏡写真3

## 第 4 項 旧練兵場遺跡出土青銅器付着赤色物質の自然科学分析

株式会社 九州文化財研究所

富田 克敏

松下 由香里

## 1. はじめに

旧練兵場遺跡（香川県普通寺市）およびその他 7 遺跡より出土した青銅器について、赤色顔料塗布の有無と、残存している場合はその赤色顔料が朱かベンガラかを検討するため、蛍光 X 線分析（定性元素マッピング分析・点分析及び FP 法による半定量分析）を行った。

## 2. 試料と方法

分析対象の青銅器 14 点を第 54 表に示す。肉眼観察欄で、○印の試料は肉眼観察で赤色部がみられる試料、△印の試料は肉眼では赤色部がみられないが、双眼実体顕微鏡を用いた際に微細な赤色部がみられる試料である。

第 54 表 分析対象一覧

試料番号	遺跡名	組文番号	長さ × 幅 × 厚さ (mm)	型式	保存処理	肉眼観察	元素マッピング	点分析	元素マッピング(拡大)	赤色顔料分析番号	参考文献
1	旧練兵場遺跡（要護）	M83	22 × 15 × 17	舶載方格規矩鏡	清	○	○	○			本書
2	旧練兵場遺跡Ⅲ	144 国-26	52 × 26 × 17	倭製小形内行花文鏡	清	○	○	○			
3	旧練兵場遺跡Ⅲ	887 国-4	27 × 12 × 2	舶載雲雷文内行花文鏡	清	△	○	○	069	1	
4	旧練兵場遺跡Ⅲ	343 国-3	36 × 18 × 2	舶載雲雷文内行花文鏡	清	△	○	○	056		
5	旧練兵場遺跡IV	1316	φ 67 × 3.5	倭製小形内行花文鏡	清	○	○	○			2
6	寺田産官道遺跡（さぬき市）	540	φ 78 × 4	倭製小形内行花文鏡	清	○	○	○			3
7	鶴嘴遺跡（東かがわ市）	120	109 × 36 × 3.8	舶載雲雷文内行花文鏡	清	△	○	○	B-59	4	
8	金見羅山道跡（東かがわ市）	7	78 × 50 × 5.5	舶載四孔鏡か	清	△	○	○	B-60	5	
9	下川津道跡（坂出市）	580 国-7	φ 72 × 2.5	倭製小形内行花文鏡	未	○	○	○			6
10	川津中塚道跡（坂出市）	717	30 × 22 × 2	舶載雲雷文内行花文鏡	未	△	○	○	B-63	7	
11	楠木道跡（普通寺市）	257 国-1	53 × 25 × 5.5	舶載方格規矩鏡	未	○	○	○			8
12	楠木道跡（普通寺市）	257 国-2	24.5 × 20 × 4	舶載雲雷文内行花文鏡	未	△	○	○	B-61		
13	一の谷道跡（綾音寺市）	444	70 × 23 × 1.5	舶載雲雷文内行花文鏡	未	△	○	○	○	B-62	9
14	旧練兵場遺跡V	149	5 × 13 × 4	鋼撫	清	○	○	○	057	10	

※赤色顔料分析番号は、第 6 節 赤色顔料分析第 1 項 赤色顔料分析の概要における第 49 表及び第 51 表に同じ

## &lt;参考文献&gt;

- 香川県埋蔵文化財センター 2013 「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第 3 集 旧練兵場遺跡Ⅲ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院
- 香川県埋蔵文化財センター 2014 「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第 4 集 旧練兵場遺跡Ⅲ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院
- 財团法人香川県埋蔵文化財調査センター 2003a 「県道宮田西志度線道路改良事業に伴う道高松尾大内線道路改良事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 田代・南大株道跡」香川県教育委員会・財团法人香川県埋蔵文化財調査センター
- 香川県埋蔵文化財調査センター 2002 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 43 例 楠嘴遺跡」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団・香川県土木部
- 財团法人香川県埋蔵文化財調査センター 2003b 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 46 集 池の奥道跡・金見羅山道跡Ⅱ」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団
- 財团法人香川県埋蔵文化財調査センター 1990 「瀬戸大橋建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 7 集 下川津道跡」香川県教育委員会・財团法人香川県埋蔵文化財調査センター・本州四国連絡会公団
- 香川県埋蔵文化財調査センター 1994 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 14 集川津中塚道跡」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団
- 香川県埋蔵文化財調査センター 1989 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 6 集 楠木道跡」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団
- 香川県埋蔵文化財調査センター 1989 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 7 集 一の谷道跡群」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団
- 香川県埋蔵文化財センター 2015 「独立行政法人国立病院機構普通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第 5 集 旧練兵場遺跡V」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通寺病院

## &lt; 分析装置 &gt;

エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（株式会社 堀場製作所製分析顕微鏡 XGT-5000Type I）を使用した。装置の仕様は、X 線管（ロジウム（Rh）ターゲット、最大出力 50kV、1.00mA）、X 線ビーム径：100 $\mu\text{m}$  および 10 $\mu\text{m}$ 、検出器（高純度 Si 検出器）、検出可能元素（ナトリウム（Na）からウラン（U）まで）である。

## &lt; 分析方法 &gt;

各試料の全体を対象に元素マッピング分析を行った。試料 8 と試料 13 に関しては、顕微鏡で観察された微細な赤色部について、該当部分を可能な限り拡大して元素マッピング分析を行った。また、肉眼・顕微鏡観察とマッピング図を基に特徴的な箇所を選び、点分析を行った。元素マッピングの測定条件は、50kV、1.00mA、ビーム径 100 $\mu\text{m}$ 、測定時間 1250s を 8 回（計 10000s）で、点分析の測定条件は、50kV、1.00mA、ビーム径 100 $\mu\text{m}$ 、測定時間 500s とした。定量計算は、標準試料を用いない FP（ファンダメンタルパラメーター）法で半定量分析を装置付属ソフトで行った。また、複数の小片に分かれている試料については、植物性でんぶん糊を用いて仮接合した。

試料表面は保存処理をされているが、そのままの表面に X 線を照射して分析した。保存処理剤は不明であるため有機物質で構成元素は炭素、水素、酸素、窒素が重量比として総計 95% 以上であり、保存薄膜の厚さは一定であると仮定して、照射 X 線の吸収及び試料から発生した蛍光 X 線の吸収は均質である、として測定した。従って、今回の分析ではエネルギーの低い蛍光 X 線及び微量な含有量の金属元素の測定は信頼性に乏しい。

今回の分析目的が硫黄を除いて蛍光 X 線エネルギー値の高い金属元素であるため上記の仮定で定性及び半定量分析は可能であると判断した。ただし、分析試料の表面が平滑でないことと、照射 X 線のビーム径が 100 $\mu\text{m}$  であることで分析の確かさにおいて形状効果が極めて高くなる。従って極小部分、とくに凹部の分析には信頼性が落ちる（系統誤差）。さらに分析の目的元素が微量な場合は計測値が小さくなり、より信頼性の低下が顕著となる。それは、光子エネルギー検出法に起因する測定値にかかる系統誤差（計測カウント数の平方根の逆数に比例）があるからである。今回は 100s の計測時間であるから変動誤差の積分で平滑化されるが、それでも計測値の変動誤差は計測値（cps 値）が小さいと誤差が大きくなり有意の値として評価できない。従って本報告では以上の条件を勘案して定性分析を基本とし、点分析を行った部分の構成元素の大まかな存在度を知る目的として FP 法による半定量分析を行った。

一般に系統誤差が顕著でないとして、測定値のばらつきが正規分布であると仮定したときの FP 法による補正計算を施した質量分析値の誤差は測定値がパーセントオーダーで 10% ~ 20%、ppm のオーダーで 20% 以上である。定量分析値の信頼度をあらわす標準偏差  $\sigma$  の 2 倍値  $2\sigma$ （1 回、1 回の測定値の 95.45% が（質量濃度）と示した値を中心に  $\pm 2\sigma$  の範囲内にある）は形状効果と保存処理被膜等による系統誤差を考慮しないときの値として求めたものである。また、検出元素の質量濃度は全検出元素の濃度の総計が 100% となるように標準化した値である。原子数濃度は、質量濃度の総計が 100% としたときの検出元素の原子数比を表す。

総合して、今回の定性分析においては、ある特定元素の測定値の誤差が 30% あるとしたとき、その誤差が  $\pm 2\sigma$  の範囲内であると確認されたものについてのみ検出元素とした。

第 55 表 点分析 質量濃度・強度

試料番号	分析位置	質量濃度 (%)							強度 (cps/mA)								
		S	Fe	Cu	As	Sn	Hg	Pb	total	S	Fe	Cu	As	Sn	Hg	Pb	
1	1	0.00	0.09	65.08	0.22	31.29	0.00	3.33	100.00	0.00	1227	915.14	19.28	436.06	0.00	91.64	
	2	0.00	0.09	65.08	0.22	31.29	0.00	3.33	100.00	0.00	1227	915.14	19.28	436.06	0.00	91.64	
2	1	0.00	1.63	11.39	0.06	5.03	0.00	81.89	100.00	0.18	174.34	1732.38	9.03	46.56	0.00	3162.01	
	1	0.02	6.36	51.53	0.13	37.23	0.01	4.72	100.00	0.86	880.38	7415.62	14.62	581.79	0.30	157.76	
	2	0.00	3.99	53.82	0.12	38.02	0.01	4.03	100.00	0.00	509.56	7239.79	11.63	543.94	0.25	122.62	
3	3	0.00	1.88	52.18	0.37	41.60	0.01	3.96	100.00	0.00	219.43	6712.26	35.57	560.26	0.13	116.90	
	1	0.00	4.42	24.90	0.21	60.78	0.13	9.56	100.00	0.00	557.49	4090.50	34.31	1083.02	6.07	480.20	
	2	0.00	2.63	40.66	0.12	49.81	0.14	6.65	100.00	0.00	242.70	4480.24	10.76	581.70	3.57	190.11	
4	3	0.00	0.82	52.62	0.15	42.00	0.00	4.41	100.00	0.00	81.60	5833.88	12.27	480.73	0.00	111.23	
	1	0.00	0.45	1.88	0.07	1.39	0.00	9.62	100.00	0.00	31.75	199.76	8.00	84.2	0.00	2682.15	
	2	0.00	4.38	21.32	0.34	47.37	0.00	26.59	100.00	0.00	341.00	2201.08	347.3	451.22	0.00	803.35	
5	6	1.08	23.31	15.41	0.01	49.02	0.00	12.06	100.00	0.00	322	753.28	569.70	0.43	222.89	0.01	148.84
	1	0.02	1.56	16.32	0.04	75.01	0.00	7.05	100.00	0.05	68.84	1016.13	2.77	520.86	0.02	149.20	
	2	0.00	2.73	16.35	0.27	16.35	0.03	7.40	100.00	0.00	117.13	979.17	17.77	490.46	0.59	150.33	
8	1	0.00	0.15	45.81	0.86	46.34	0.01	6.82	100.00	0.00	13.98	5061.20	75.14	518.59	0.35	182.57	
	2	0.00	0.73	21.75	1.18	63.89	0.00	12.45	100.00	0.00	47.32	1938.45	107.59	582.42	0.00	342.94	
	3	0.01	2.86	26.10	0.21	60.17	0.00	10.65	100.00	0.54	186.43	2234.53	17.91	544.58	0.02	273.27	
9	4	0.02	0.23	55.80	0.88	36.47	0.04	6.57	100.00	0.81	26.15	687.73	758.4	441.17	0.88	174.34	
	1	0.05	8.42	58.21	0.19	20.53	0.00	12.58	100.00	0.53	1252.67	8111.55	18.44	281.88	0.03	364.72	
	2	0.01	0.22	53.07	1.69	24.53	0.00	20.48	100.00	0.41	20.44	5517.74	122.59	215.23	0.01	442.65	
10	1	0.01	10.89	35.31	0.09	48.39	0.01	5.30	100.00	0.83	1290.14	4714.35	10.73	757.82	0.22	198.23	
	2	0.00	4.78	22.90	0.05	62.12	0.00	10.15	100.00	0.00	422.42	2658.15	6.03	785.14	0.04	367.95	
	3	0.02	1.44	20.92	0.05	65.58	0.00	12.00	100.00	0.73	108.89	2180.22	5.01	714.59	0.12	393.86	
11	1	0.00	0.60	8.09	0.75	81.44	0.00	9.12	100.00	0.00	41.98	837.00	92.87	923.10	0.00	345.74	
	2	0.03	3.08	29.94	1.04	56.53	0.00	9.38	100.00	1.53	351.06	4360.34	143.16	868.38	0.00	392.50	
	1	0.00	0.88	22.62	0.37	66.45	0.00	9.68	100.00	0.00	70.29	2478.86	41.38	771.60	0.00	331.15	
12	2	0.00	1.57	26.19	0.87	63.68	0.06	7.62	100.00	0.00	125.53	2786.10	91.78	727.34	1.87	244.96	
	1	0.00	11.60	7.25	0.25	74.77	0.00	6.12	100.00	0.00	539.46	452.50	195.4	576.18	0.01	144.82	
	2	0.00	11.15	4.53	0.28	77.83	0.00	6.22	100.00	0.00	650.36	361.05	28.05	766.63	0.06	193.44	
13	1	0.00	3.35	27.60	0.19	20.48	0.00	48.38	100.00	0.00	580.77	6129.04	37.91	338.73	0.10	2666.90	
	2	1.44	2.66	11.08	0.82	12.43	58.86	12.73	100.00	95.28	422.27	2466.78	158.85	181.79	3207.97	747.76	
	3	1.93	1.65	11.17	0.21	15.10	57.82	12.13	100.00	78.74	157.80	1515.60	24.96	135.88	0.03	1933.15	
14(1)	2	1.44	2.66	11.08	0.82	12.43	58.86	12.73	100.00	95.28	422.27	2466.78	158.85	181.79	3207.97	747.76	
	3	1.93	1.65	11.17	0.21	15.10	57.82	12.13	100.00	78.74	157.80	1515.60	24.96	135.88	0.03	1933.15	
	4	1.93	1.65	11.17	0.21	15.10	57.82	12.13	100.00	78.74	157.80	1515.60	24.96	135.88	0.03	1933.15	

### 3. 結果および考察

元素マッピング分析によって得られた蛍光 X 線強度分布図（マッピング図）を、赤色顔料の元素組成 S（硫黄）、Fe（鉄）、As（砒素）、Hg（水銀）、青銅器の元素組成 Cu（銅）、Sn（錫）、Pb（鉛）として各試料ごとに示す（第 484 ~ 492 図写真 1 ~ 34）。また、赤色付着実測図や各点分析位置を示したマッピング図・光学画像を試料ごとに示す（第 480 ~ 483 図）。点分析より得られた半定量値を第 55 表、スペクトル図を第 493 ~ 496 図に示す。

（マッピング図のなかで元素記号の後の K、L、M は、それぞれ蛍光 X 線の中の特性 X 線 K  $\alpha$  線、L  $\alpha$  線、M  $\alpha$  線を表す。）

#### 試料 1 （旧練兵場遺跡：普通寺市）

<肉眼・顕微鏡観察>

赤色部が確認できない。

<元素マッピング分析>

S、Hg のマッピング図では分析範囲内全体に低い cps 値が分布している。

鏡内部が露出した破損部に Cu の高い cps 値が見られ、また凹部に比較的高い cps 値がみられる。（おそらく、形状効果と保存有機物質の存在による）

## &lt;点分析&gt;

- 1-1 マッピング画像 (Hg) 真ん中付近を測定。  
1-2 水銀 (Hg) の反応が低い部分を測定。

朱:SとHgのマッピング図をみると、顕著なcps値が表れていない。また、点分析でもSとHgに関して有意な数値を得られていないため、朱の存在は確認できない。

ベンガラ:Feのマッピング図をみると、凹部に沿って他の部分と比較して若干高いcps値を示すが(形状効果か)、点分析ではFeの有意な数値を得られていないため、ベンガラの存在は確認できない。(青銅鏡の分析値で鉄の存在がこれまで多く報告されている。また、青銅鏡の表面が風化されて、含まれていた鉄が酸化鉄として存在している報告もあるので、微小部分で微量の酸化鉄があってもそれがベンガラ塗布によるものかどうか判断するのは、蛍光X線分析では、特に形状効果と保存処理された試料において、一般的には困難である。) SnとPb:マッピング図をみると、Snの方が強いcps値を示しており、点分析でもSnが31.29、Pbが3.33とSnの方が高い値を検出している。

## 試料2 (旧練兵場遺跡:普通寺市)

## &lt;肉眼・顕微鏡観察&gt;

赤色部が確認できない。

## &lt;元素マッピング分析&gt;

S, Hg, Feのマッピング図では分析範囲内全体に低いcps値が分布している。

## &lt;点分析&gt;

- 2-1 マッピング画像 (Sn) で反応の低い部分を測定。

朱:SとHgのマッピング図をみると、顕著なcps値を示していない。また、点分析でもSとHgに関して有意な数値を得られていないため、朱の存在は確認できない。

ベンガラ:Feのマッピング図をみると、僅かに高いcps値がみられ、点分析でもFeが僅かに検出されている。点分析位置を顕微鏡で観察すると、赤色部を明確には確認できない。従ってベンガラを明確に塗布したと認定することは今回の蛍光X線分析からは困難である。

SnとPb:マッピング図をみると、Pbの方が強いcps値を示しており、点分析でもSnが5.03、Pbが81.89とPbの方が高い値を検出している。

## 試料3 (旧練兵場遺跡:普通寺市)

## &lt;肉眼・顕微鏡観察&gt;

肉眼観察では赤色部が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色部が確認できる。観察された赤色部は主に凹部に集中している。

## &lt;元素マッピング分析&gt;

S, Hgのマッピング図は全体に低いcps値が得られている。他に破損部では僅かに高いcps値がみられる。

凹部には他の部分に比較してわずかに高いFeのcps値が得られているが、反対に凸部には極めて小

さい cps 値が現れている。この結果と顕微鏡観察の赤色部の位置とは一致する。

<点分析>

3-1 マッピング図 (Fe) で cps 値の高い部分を測定。

3-2 マッピング図 (Fe) で cps 値のある部分を測定。

3-3 マッピング図 (Fe) で cps 値の見られない部分を測定。

朱:S と Hg のマッピング図をみると、顕微鏡観察による赤色部では顕著な cps 値は得られていない。点分析でも S と Hg に関して有意な数値が得られていないため、赤色部は朱ではないと判断する。

ベンガラ：顕微鏡観察による赤色部は Fe のマッピング図で cps 値が有意な値の部分であり、青銅器の組成元素である Pb・Cu・Sn のマッピング図では反対に他の部分の cps 値より低くなっている。また、点分析 3-1・3-2 でも同様な傾向がみられる。この結果は形状効果を考慮しても凹部の点分析点 3-1・3-2 にベンガラと同じ鉄酸化物が多く表面に存在すると推定できる。従って、この鉄酸化物が塗布されたベンガラと断定する根拠は乏しいが、顕微鏡観察で観察された赤色部はベンガラを塗布した部分の残存部とみることもできる。

Sn と Pb：マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 41.60、Pb が最大 4.72 と Sn の方が高い値を検出している。

試料 4 (旧練兵場遺跡：普通寺市)

<肉眼・顕微鏡観察>

肉眼観察では赤色部が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色部が確認できる。観察された赤色部は主に凹部に集中している。

<元素マッピング分析>

S, Hg のマッピング図は全体に低い cps 値が得られている。

凹部には他の部分に比較してわずかに高い Fe の cps 値が得られているが、反対に凸部には極めて小さい cps 値が現れている。この凹部は顕微鏡によって観察された赤色部と一致する。一方、青銅器の主成分 Cu, Sn, Pb の cps 値において、試料 3 に見られた現象は、傾向が異なるが見られる。

また、穿孔を開けようとした痕に Pb の相対的に高い cps 値がみられる。原因はよくわからない。

<点分析>

4-1 マッピング画像 (Fe) で cps 値の高い部分を測定。

4-2 顕微鏡観察で赤色部を測定。

4-3 顕微鏡観察で赤色が見られなかった任意の 1 点を測定。

朱:S と Hg のマッピング図をみると、赤色部の位置に顕著な cps 値は得られていない。点分析では、S と Hg の cps 値が試料 1, 2, 3 に比べて高い値を示す。しかし、この値では信頼値に達していない。従って、これらのデータで朱を塗布したと推定することは困難である。より精密な分析法による分析が求められる。

ベンガラ：顕微鏡観察により赤色部がみられ、Fe のマッピング図で相対的に若干高い cps 値を得た部分は、青銅器の組成元素である Pb・Cu・Sn のマッピング図では反対に若干低い cps 値が得られている。また、点分析 4-1・4-2 で Fe の有意な分析値があり、4-3 よりも高い分析値が検出されている。このこ

とより、観察された赤色部は鉄酸化物が相対的に多いといえる。従って、この鉄酸化物が塗布されたベンガラとする根拠に乏しいが、顕微鏡観察で観察された赤色部はベンガラを塗布した部分の残存部とも言えることができる。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 60.78, Pb が最大 9.56 と Sn の方が高い値を検出している。

#### 試料 5 (旧練兵場遺跡：善通寺市)

<肉眼・顕微鏡観察>

赤色部が確認できない。

<元素マッピング分析>

S と Hg のマッピング図に cps 値はみられない。

Fe のマッピング図に広い範囲に弱い Fe の cps 値がみられるがバックグラウンドから若干高いという程度で Fe を検出できたとはいがたい。しかし、微量の Fe がある可能性は否定できない。

<点分析>

5-1 マッピング画像 (Pb) で cps 値の高い部分で Hg のマッピングで若干 cps 値の高い部分を測定。

5-2 マッピング画像 (Pb) で cps 値の相対的に低い部分で、かつ Hg のマッピング図で若干 cps 値の高い部分を測定。

朱：点分析では S, Hg に関して有意な数値が得られていないため、朱の存在は確認できない。

ベンガラ：点分析の位置では肉眼・顕微鏡観察で赤色部が確認できない。また点分析でも存在を確認できる cps 値は得られていないため、酸化鉄の存在を確認できない。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Pb は中央部、Sn は縁部を中心にはピークがみられる。

点分析では、5-1 では Pb の値が高く、5-2 では Sn の値が高い。5-1 で Sn と Cu の値が極端に低下していることから、Pb 成分を多く含むものが表面に付着していると思われる。

#### 試料 6 (寺田産宮通遺跡：さぬき市)

<肉眼・顕微鏡観察>

赤色部が確認できない。

<元素マッピング分析>

S, Hg, Fe のマッピング図の一部に弱い cps 値がみられる。Hg, Fe の検出には至らない値である。

<点分析>

6-1 マッピング画像 (Fe) で比較的高い cps 値の部分を測定。

朱：S と Hg のマッピング図からして、Hg と S に検出はできなかった。

ベンガラ：Fe のマッピング図をみると一部に相対的に高い cps 値がある。青銅器の組成元素である Pb・Cu・Sn のマッピング図では逆に相対的に低い cps 値となっている。点分析でも Fe の有意な分析値がある。しかし、顕微鏡観察では赤色部が観察されていないので、青銅器中の Fe の濃縮部かもしれない。今回の分析からベンガラを塗布したとは言い難い。

Sn と Pb : マッピング図ではほとんど同様の位置に cps 値がみられるが、Sn の方が少し範囲が広い

ようにみえる。点分析では、Sn が 49.02、Pb が 12.06 と Sn の方が高い値を検出している。

試料 7 (桶端遺跡：東かがわ市)

<肉眼・顕微鏡観察>

肉眼観察では赤色部が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色が確認できる。

<元素マッピング>

S、Hg のマッピング図は全体に低い cps 値が得られた。

破損部に Fe の高い cps 値が得られた。

<点分析>

7-1 顕微鏡観察で赤色部を測定。

7-2 顕微鏡観察で赤色が見られなかった任意の 1 点を測定。

朱：S と Hg のマッピング図をみると、赤色部に顕著な cps 値はみられない。点分析でも S と Hg に関する有意な数値が得られていないため、赤色部には朱は存在しない。

ベンガラ：Fe のマッピング図をみると、実測図の赤色部に顕著な Fe の cps 値は得られなかった。しかし点分析では Fe に関して有意な cps 値を得ている。赤色部が酸化鉄であり、赤色部を測定した 7-1 の方がそれ以外の部分を測定した 7-2 よりも Fe が高くなると思われるが、分析結果は逆に少ない Fe 値が得られた。以上より、今回の分析では赤色部は酸化鉄の可能性があり、赤色部でない位置で高い Fe 値が得られたのは、この位置に青銅器中の酸化されていない金属鉄があることを示しているかもしれない。いずれにしても赤色部がベンガラを塗布したとするには、根拠が不十分である。

Sn と Pb：マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 75.01、Pb が最大 7.40 と Sn の方が高い値を検出している。

試料 8 (金毘羅山遺跡：東かがわ市)

<肉眼・顕微鏡観察>

肉眼観察では赤色部が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色が確認できる。

<元素マッピング>

S、Hg のマッピング図では全体に低い cps 値が得られた。

Fe のマッピング図は一部に相対的に高い cps 値がある。

<点分析>

8-1 顕微鏡観察で赤色部を測定。

8-2 顕微鏡観察で赤色部を測定。

8-3 顕微鏡観察で赤色が見られなかった任意の 1 点を測定。

8-4 8-1 を拡大して角の 1 点を測定。

朱：S、Hg のマッピング図をみると、実測図の赤色部が相対的に顕著な cps 値は得られなかった。

点分析でも S、Hg に関して有意な分析値を得られていないため、赤色部は朱であるとはいえない。

ベンガラ : Fe のマッピング図をみると、実測図の赤色部に顕著な cps 値は得られなかった。点分析では、Fe に関して、赤色部の測定値が赤色部以外の測定値より小さい値であった。これらの分析結果から、赤色部は青銅器中の鉄析出部が風化して酸化した部分で、赤色部でない鉄の高い分析値を得た部分は青銅器中の鉄析出部で風化されていない部分かもしれない。いずれにしても、ベンガラを青銅器の上に塗布したとするには無理があるようと思われる。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 63.89、Pb が最大 12.45 と Sn の方が高い値を検出している。

#### 試料 9 (下川津遺跡：坂出市)

<肉眼・顕微鏡観察>

赤色部は確認できていない。

<元素マッピング分析>

S と Hg のマッピング図の全体に小さい値の cps 値が得られた。

Fe のマッピング図は広い範囲で Fe が検出された。

<点分析>

9.1 マッピング図 (Fe) で cps 値の高い部分を測定。

9.2 マッピング図 (Fe) で cps 値の低い部分を測定。

朱 : S と Hg のマッピング図をみると、顕著な cps 値の部分は得られなかった。点分析でも S と Hg に関して有意な数値が得られていない。また、顕微鏡でも赤色部の存在は確認できないので、朱の塗布は確認できない。

ベンガラ : Fe の有意な分析値があるが、Fe のマッピング図において比較的高い cps 値部は Cu のマッピング図の高い cps 値部と重なっている。顕微鏡による赤色部の存在を確認できていないので青銅器中に含まれる微量・微細な析出部としての Fe の存在と推測できるのではないかと思われる。いずれにしてもベンガラを塗布したことには無理がある。以上より、ベンガラの存在は確認できない。(未処理の遺物なので、付着物の可能性もあるが、Fe の高い cps 値部分と、表面が風化している部分・破損部分がほぼ一致するので、さらに詳細な分析が求められる)

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 24.53、Pb が最大 20.48 と僅差であるが Sn の方が高い値を検出している。

#### 試料 10 (川津中塚遺跡：坂出市)

<肉眼・顕微鏡観察>

赤色部が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色部が確認できる。

<元素マッピング分析>

S と Hg のマッピング図の全体に低い cps 値が得られた。

Fe のマッピング図は部分的に相対的に高い cps 値の部分が得られた。

<点分析>

- 10-1 顕微鏡観察で赤色部が見られ、かつ、マッピング図 (Fe) で比較的高い cps 値の部分を測定。
- 10-2 顕微鏡観察で赤色部が見られ、かつマッピング図 (Fe) で比較的高い cps 値の部分を測定。
- 10-3 マッピング画像 (Fe) で比較的低い cps 値の部分を測定。

朱 : S と Hg のマッピング図において、実測図の赤色部にあたる部分に S、Hg 存在を示す顕著な分析値は得られなかった。点分析でも Hg に関して有意な数値が得られていないため、赤色部は朱ではないといえる。

ベンガラ : Fe のマッピング図で相対的に高い cps 値の部分が、実測図の赤色部を含んでいる。また、青銅器の組成元素である Pb・Cu・Sn のマッピング図では Fe の多い部分は逆に低い cps 値を示す。点分析では Fe の分析値が 10-1 では高い有意な値を、10-3 では 10-1 より低い有意な値を検出している。以上より、この赤色部はベンガラを塗布した部分の残存とも推定されるが、青銅器の風化によって形成した酸化鉄である可能性もある。今後の詳細な分析が望まれる。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 65.58、Pb が最大 12.00 と Sn の方が高い値を検出している。

#### 試料 11 (稻木遺跡 : 善通寺市)

< 肉眼・顕微鏡観察 >

赤色部が確認できない。

< 元素マッピング分析 >

S と Hg のマッピング図の全体に低い cps 値がえられた。

Fe のマッピング図では広い範囲に比較的高い cps 値が得られ、特に凹部の端に高い値が得られている。

< 点分析 >

11-1 遺物の中央付近を測定。

11-2 破損部を測定。

朱 : S と Hg のマッピング図をみると、顕著な cps 値は得られていない。点分析でも S と Hg に関して有意な数値が得られていないため、朱の存在は確認できない。

ベンガラ : 点分析 11-2 で Fe の有意な分析値が得られた。Fe のマッピング図と Cu のマッピング図は逆の cps 値の値を示しており、Sn のマッピング図では Fe と同じ位置で高い cps 値が得られている。顕微鏡観察で赤色部が観察されていないので、ベンガラを塗布したとするには無理がある。更に青銅鏡表面の精密な分析が待たれる。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強い cps 値を示しており、点分析でも Sn が最大 81.44、Pb が最大 9.38 と Sn の方が高い値を検出している。

#### 試料 12 (稻木遺跡 : 善通寺市)

< 肉眼・顕微鏡観察 >

肉眼観察では赤色顔料の付着が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると微細な赤色が確認できる。

<元素マッピング>

S と Hg のマッピング図の全体に低い cps 値が得られた。

Fe のマッピング図では一部に相対的に高い cps 値の部分がある。

<点分析>

12-1 顕微鏡観察で赤色が見られた部分を測定。

12-2 顕微鏡観察で赤色が見られなかつた部分を測定。

朱:S と Hg のマッピング図をみると、実測図の赤色部にあたる部分に顕著な cps 値は得られなかつた。点分析でも Hg に関して有意な分析値は得られていないため、赤色部分が朱であるとはいえない。

ベンガラ: Fe のマッピング図をみると、実測図の赤色部を含んだ部分が相対的に高い cps 値が得られた。点分析では、赤色部分がベンガラを塗布した部分であれば、赤色部分を測定した 7-1 の方がそれ以外の部分を測定した 7-2 よりも Fe が高くなるはずだが、分析結果は逆に少ない値が得られた。以上より、今回の分析ではこの赤色部はベンガラを塗布した部分とは確定できない。むしろ青銅器中の鉄が風化で酸化鉄を形成したと考えるのが妥当かもしれない。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強いピークを示しており、点分析でも Sn が最大 66.45、Pb が最大 9.68 と Sn の方が高い値を検出している。

試料 13 (一の谷遺跡: 觀音寺市)

<肉眼・顕微鏡観察>

肉眼観察では赤色顔料の付着が確認できないが、双眼実体顕微鏡で観察すると一部に微細な赤色が確認できる。

<元素マッピング分析>

S と Hg のマッピング図の全体に低い cps 値が得られた。

Fe のマッピング図では一部（側面の付着物）に高い cps 値が集中している。

実測図の赤色部あたる部分に顕著な水銀存在の反応はみられなかつた。

<点分析>

13-1 顕微鏡観察で赤色が見られた部分を測定。

13-2 顕微鏡観察で赤色が見られなかつた部分を測定。

朱:S と Hg のマッピング図をみると、実測図の赤色部あたる部分に顕著な cps 値は得られなかつた。点分析でも Hg に関して有意な数値が得られていないため、赤色部分が朱であるとはいえない。

ベンガラ: Fe のマッピング図をみると、実測図の赤色部にあたる部分に顕著な cps 値は得られなかつた。点分析では、Fe に関して有意な数値を得ているが、13-1 と 13-2 ともにはば同様の分析値がえられた。しかし、下地の青銅の中に含まれる微量成分の Fe の風化物としての酸化鉄と塗布されたベンガラの Fe との区別はできないので、いずれとも確定できない。

Sn と Pb : マッピング図をみると、Sn の方が強い cps 値を示しており、点分析でも Sn が最大 77.83、

Pb が最大 6.22 と Sn の方が高い値を検出している。

試料 14(1)・(2) (旧練兵場遺跡：善通寺市)

< 肉眼・顕微鏡観察 >

肉眼観察で赤色部が確認できる。

< 元素マッピング分析 >

Hg のマッピング図に有意な cps 値が得られた。実測図の赤色部と照らし合わせると、Hg の有意な cps 値の部分とよく一致した。

< 点分析 >

14(1)-1 マッピング画像 (Pb) で顕著な cps 値示さなかった部分を測定。

14(1)-2 肉眼観察での赤色部で、かつ Hg のマッピング図で cps 値の高い部分を測定。

14(1)-3 肉眼観察での赤色部で、かつ Hg のマッピング図で cps 値の高い部分を測定。

朱:Hg のマッピング図で明確な cps 値を示さなかった 14(1)-1 では、点分析でも Hg は検出されなかつた。また、14(1)-2・14(1)-3 では Hg と S の有意な分析値を得た。以上のことより、この赤色部は朱を塗布した部分である可能性が極めて高いといえる。また、Hg のマッピング画像をみると、柄の部分で途切れしており、これは銅鑓が着柄の状態で朱が塗布されたことを示していると思われる。

ベンガラ : Fe も有意値を検出している。しかし、青銅器の製造過程で混入する可能性の少ない Hg の存在は朱の塗布の可能性が高いが、ベンガラを塗布したとするには今回の蛍光 X 線分析では確固たる証拠は見いだせない。微細部分の精密な分析法での挑戦が望まれる。

#### 4. 青銅器に含まれる錫と鉛の相互関係について

青銅鏡は中国大陆で製作され日本列島に持ち込まれた「舶載鏡」と、中国製の鏡を模倣して日本国内でつくられた「倭製鏡（仿製鏡）」の大きく二つのグループに分けられる。舶載鏡に属する試料は倭製鏡と比較して錫の含有量が高く、逆に鉛の含有量は舶載鏡と比較して倭製鏡の方が高いとされている<sup>3)</sup>。今回の試料の中で舶載鏡である試料 1、3～4、7～8、10～13 は錫の含有量が高く、鉛の含有量が低いという結果を示しており、これまでの通説と同傾向であるといえる。一方で倭製鏡である試料 2、5～6、9 のうち、錫よりも鉛の含有量が高いといえるのは試料 2 のみであった。倭製鏡に関しては、通説とは異なる傾向を示す結果となった。

< 参考・引用文献 >

- 1) 中井泉編「蛍光 X 線分析の実際」朝倉書店 2005 年
- 2) 新井宏「金属を通して歴史を観る 30. 青銅器の中の微量成分」2001 年
- 3) 沢田正昭「凍結及び乾燥研究会会誌 Vol.35 「文化財における保存科学的研究」」1989 年

謝辞

本分析には、九州大学中央分析センターの XGT5000 を使用しました。ご協力頂きました渡辺美登里氏に感謝致します。



試料 1 の写真



図 1 試料 1 の実測図



試料 1 の顕微鏡観察写真



図 2 試料 1 の点分析位置 (Hg)

【試料 1】



試料 2 の写真



図 3 試料 2 の実測図



試料 2 の顕微鏡観察写真

図 4 試料 2 の点分析位置 (Sn)

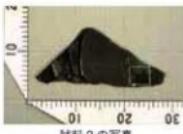
【試料 2】



試料 10 の写真



図 20 試料 10 の実測図



試料 3 の写真



図 5 試料 3 の実測図



試料 3 の顕微鏡観察写真



図 6 試料 3 の点分析位置 (Fe)

【試料 3】



試料 4 の写真

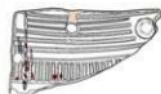


図 7 試料 4 の実測図



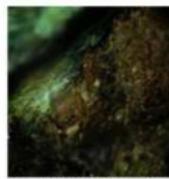
試料 4 の顕微鏡観察写真 a



試料 4 の顕微鏡観察写真 b

図 8 試料 4 の点分析位置 (Fe)

【試料 4】



試料 10 の顕微鏡観察写真 a



試料 10 の顕微鏡観察写真 b

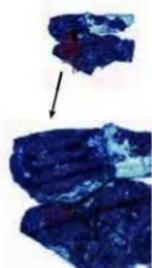
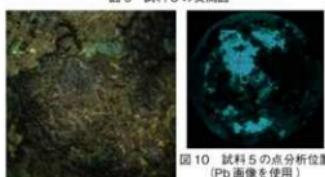


図 21 試料 10 の点分析位置 (光学画像を使用)

【試料 10】

第 480 図 試料 1 ~ 4 • 10



試料 5 の顕微鏡観察写真

【試料 5】

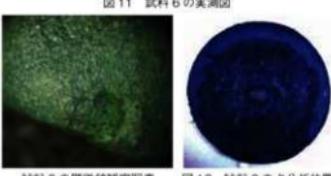
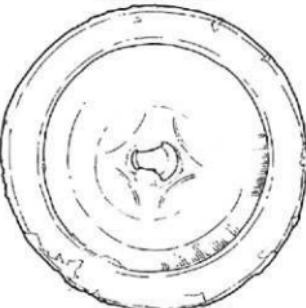
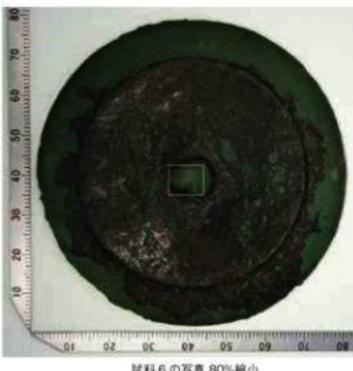


図 12 試料 6 の点分析位置  
(光学画像を使用)

【試料 6】

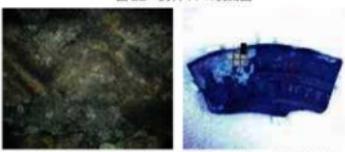
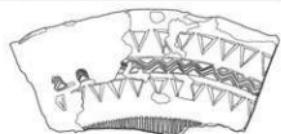
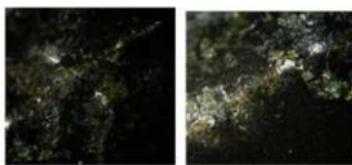
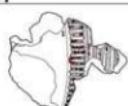
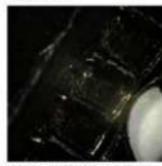


図 23 試料 11 の点分析位置  
(光学画像を使用)



【試料 11】

第 481 図 試料 5・6\_80% 縮小・11\_原寸



第 482 図 試料 7・8\_80%・12\_原寸



【試料 9】



試料 13 の写真

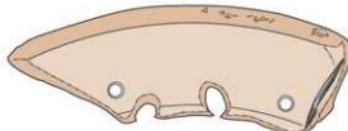


図 26 試料 13 の実測図



図 26 試料 9 の実測図



試料 9 の顕微鏡観察写真

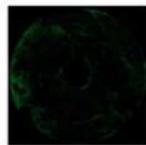


図 19 試料 9 の点分析位置  
(Fe 画像を使用)



試料 13 の顕微鏡観察写真

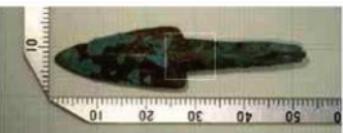


図 27 試料 13 の点分析位置  
(光学画像を使用)

【試料 13】



試料 14(1) の写真



試料 14(2) の写真



図 28 14(1) の実測図



図 29 14(2) の実測図



試料 14(1) の顕微鏡観察写真



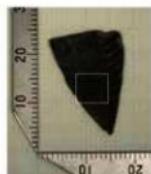
試料 14(2) の顕微鏡観察写真



図 30 試料 14(1) の点分析位置 (Hg 画像を使用)

【試料 14】

第 483 図 試料 9\_80%・13・14\_原寸



試料1の写真



図1 試料1の赤色付着実測図



試料1の顕微鏡観察写真

図2 試料1の点分析位置  
(Hg画像を使用)

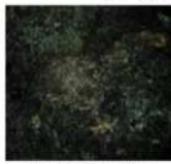
試料1



試料2の写真



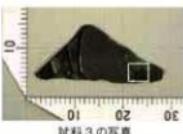
図3 試料2の赤色付着実測図



試料2の顕微鏡観察写真

図4 試料2の点分析位置  
(Sn画像を使用)

試料2



試料3の写真



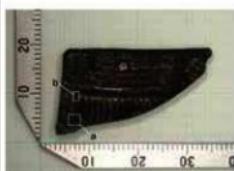
図5 試料3の赤色付着実測図



試料3の顕微鏡観察写真

図6 試料3の点分析位置  
(Fe画像を使用)

試料3



試料4の写真



図7 試料4の赤色付着実測図



試料4の顕微鏡観察写真a



試料4の顕微鏡観察写真b

図8 試料4の点分析位置  
(Fe画像を使用)

試料4

第484図 写真1～4試料1・2元素マッピング図

写真 5 試料 3

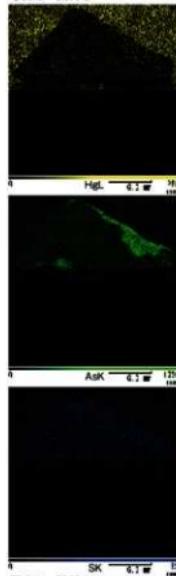


写真 6 試料 3



写真 7 試料 4

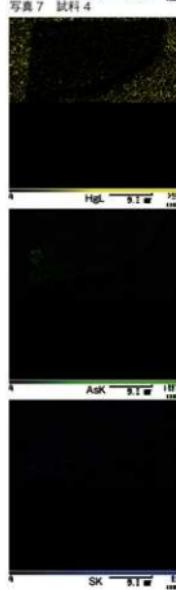


写真 8 試料 4



第 485 図 写真 5～8 試料 3・4 元素マッピング図

写真9 試料5

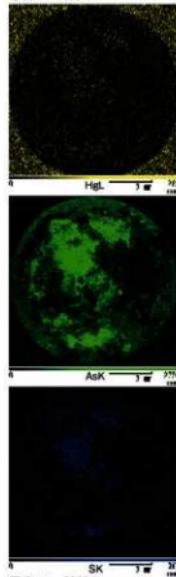


写真10 試料5

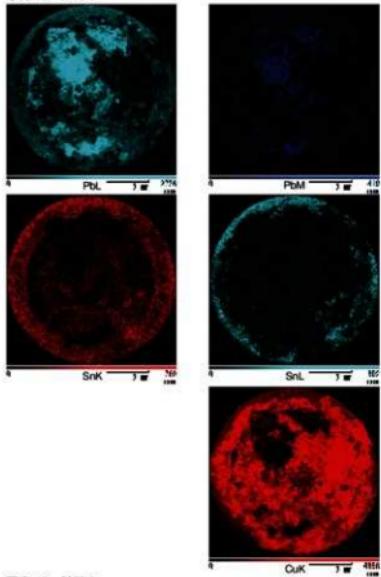
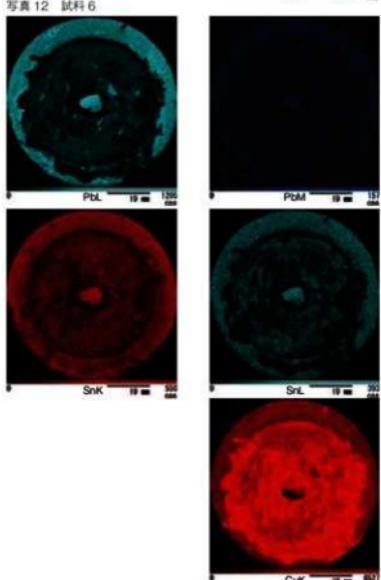


写真11 試料6



写真12 試料6



第486図 写真9～12 試料5・6元素マッピング図

写真 13 試料 7

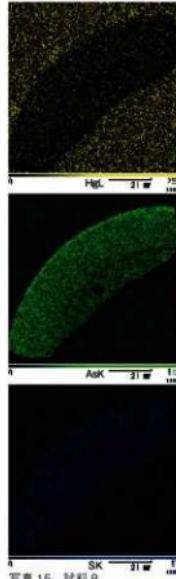


写真 14 試料 7

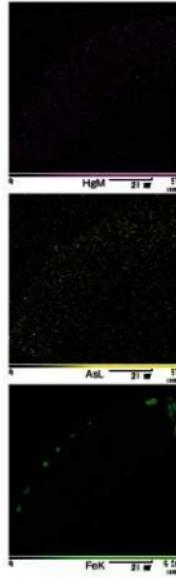


写真 15 試料 8

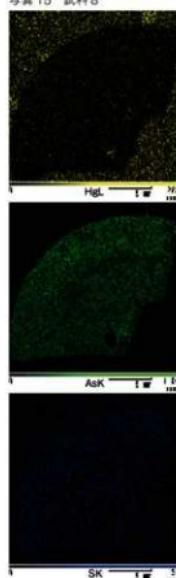


写真 16 試料 8



第 487 図 写真 13～16 試料 7・8 元素マッピング図

写真17 試料8

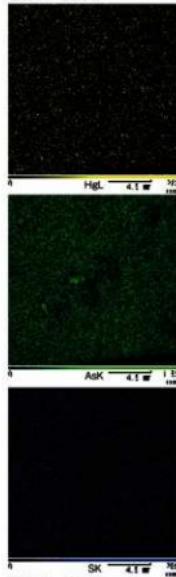


写真18 試料8

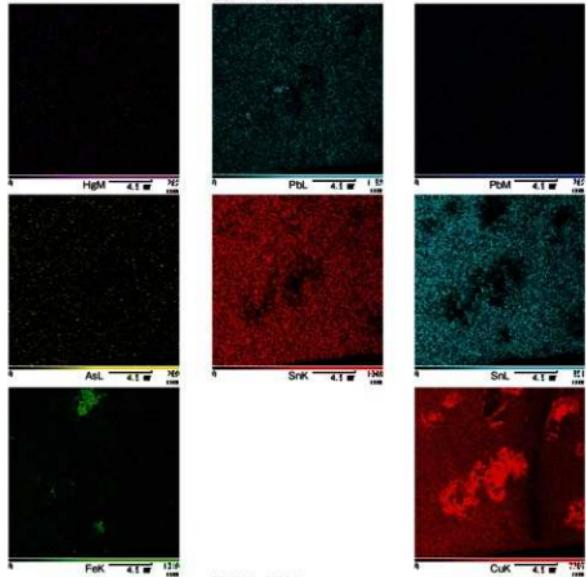


写真19 試料9

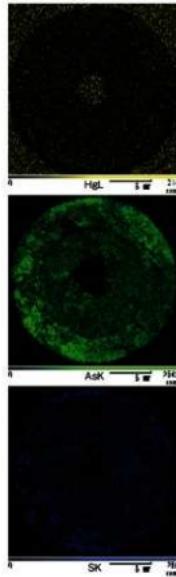
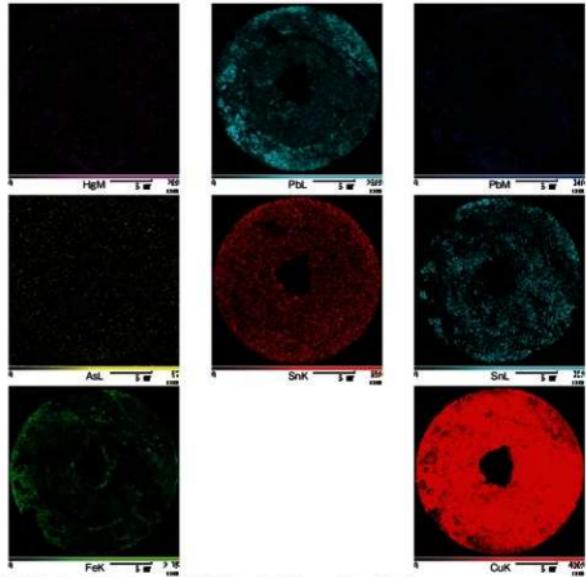


写真20 試料9



第488図 写真17～20 試料8・9元素マッピング図

写真 21 試料 10



写真 22 試料 10

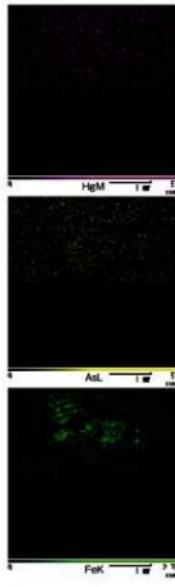


写真 23 試料 11

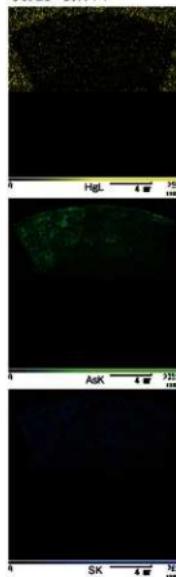


写真 24 試料 11



第 489 図 写真 21 ~ 24 試料 10・11 元素マッピング図

写真25 試料12



写真26 試料12



写真28 試料13



写真27 試料13



第490図 写真25～28 試料12・13元素マッピング図

写真 29 試料 13



写真 30 試料 13



写真 31 試料 14(1)

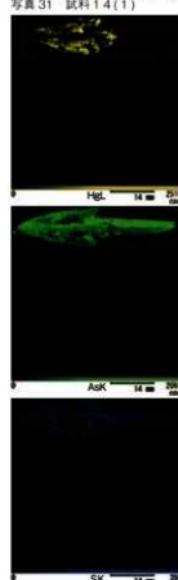


写真 32 試料 14(1)

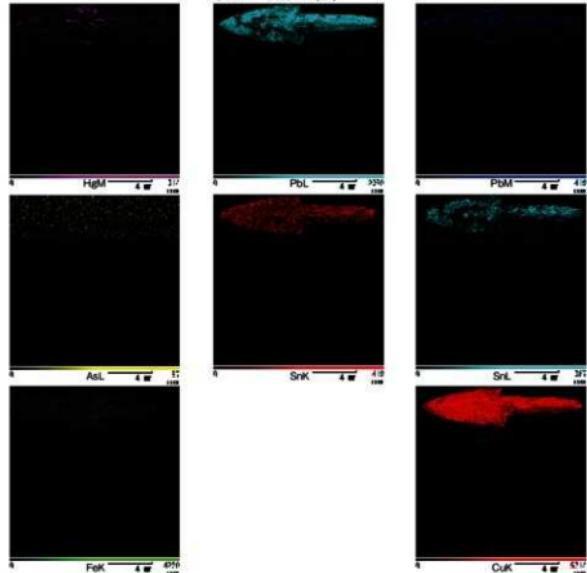


第 491 図 写真 29 ~ 32 試料 13・14 (1) 元素マッピング図

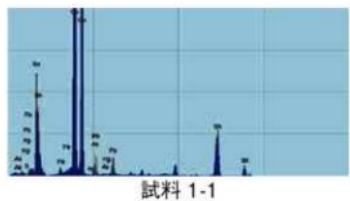
写真33 試料14(2)



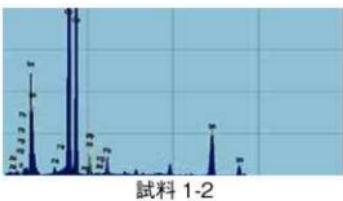
写真34 試料14(2)



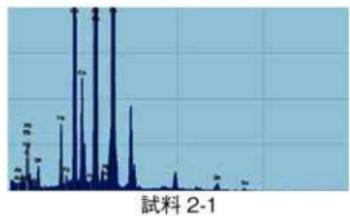
第492図 写真33・34 試料14(2) 元素マッピング図



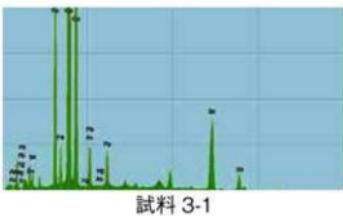
試料 1-1



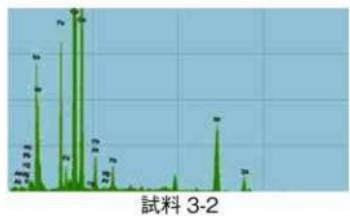
試料 1-2



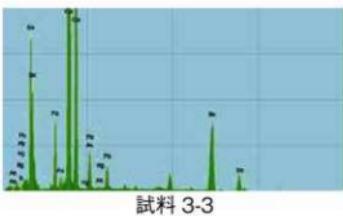
試料 2-1



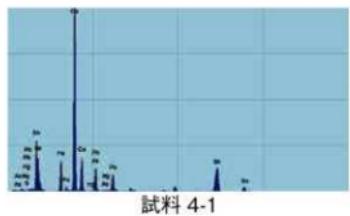
試料 3-1



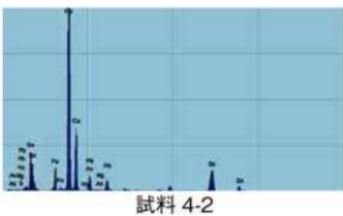
試料 3-2



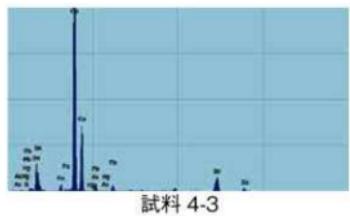
試料 3-3



試料 4-1

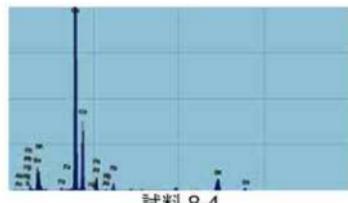
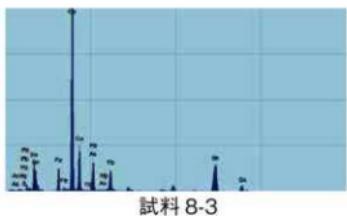
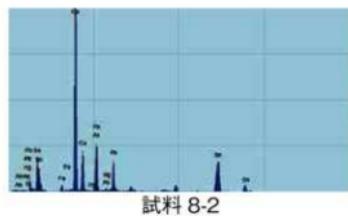
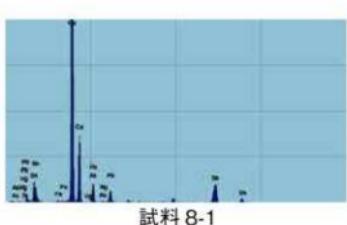
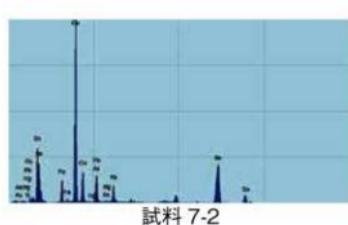
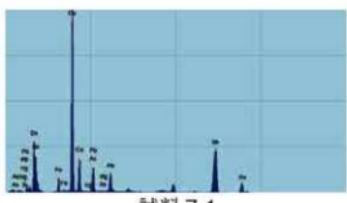
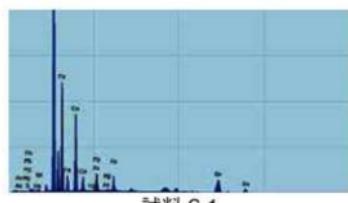
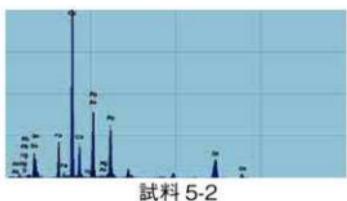
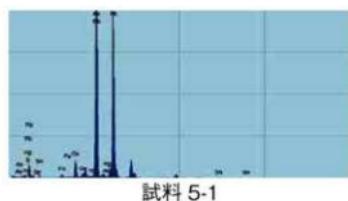


試料 4-2

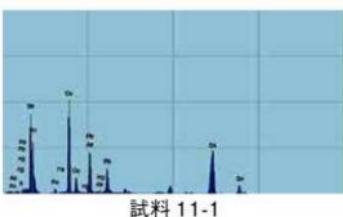
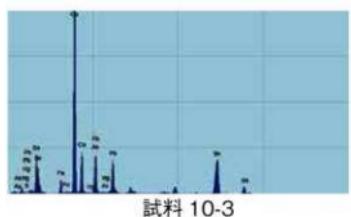
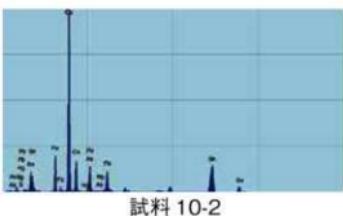
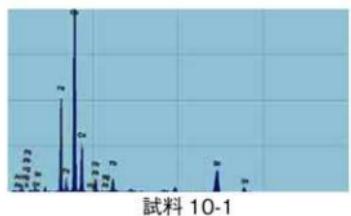
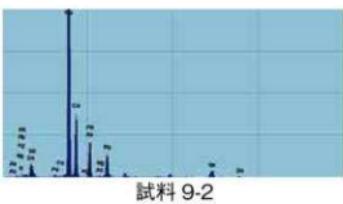
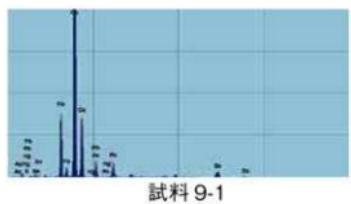


試料 4-3

第 493 図 点分析時のスペクトル 試料 1 ~ 4



第494図 点分析時のスペクトル 試料5～8



試料 11-2

Sample 11-2 shows a large initial peak and a series of peaks in the middle section, with a notable absence of peaks in the later part of the chromatogram.

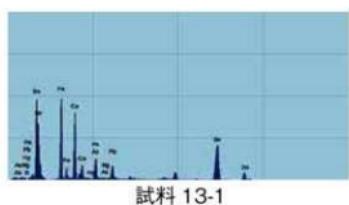
試料 12-1

Sample 12-1 features a large initial peak and a dense cluster of peaks in the middle section of the chromatogram.

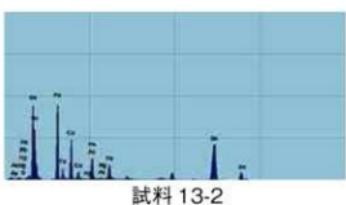
試料 12-2

Sample 12-2 displays a large initial peak and a series of peaks in the middle section, with a few additional peaks appearing near the end of the run.

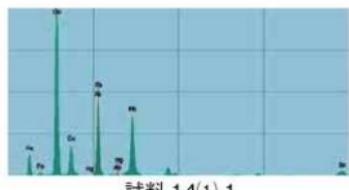
第 495 図 点分析時のスペクトル 試料 9～12



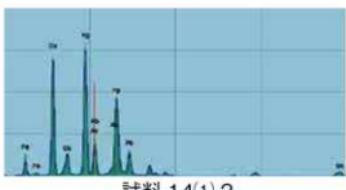
### 試料 13-1



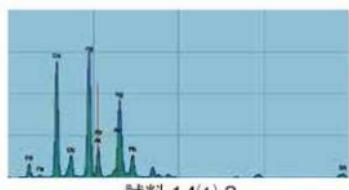
## 試料 13-2



試料 14(1)-1



試料 14(1)-2



試料 14(1)-3

第496図 点分析時のスペクトル 試料13・14

## 第 5 項 船載青銅鏡片の表面に付着する赤色物質の観察と分析

### 1. 分析経緯

当遺跡出土品を含め本県弥生時代遺跡で出土する青銅器片の表面には肉眼観察および実体顕微鏡下で赤色顔料（朱・ベンガラ）と考えられる物質が付着するものがある。化学的分析により表面物質を同定するため、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置を用いた定性分析および元素マッピング分析を委託業務で実施した。その結果は前節で報告したように、肉眼で明らかに赤色物質の付着が認められた銅鏡については、Hg の反応が強く、朱の塗布を確認できた一方で、青銅鏡片については顔料物質の存在は不明という結果となった。不明である要因は、表面に塗布された保存処理剤の合成樹脂塗膜により微量な元素計測値の信頼性が低下することが影響したとの見解が示されている。ただ、表面の樹脂塗布がなされていない未処理の三個体においても明確な結果は得られていない。顔料が微量過ぎて検出できないのか、あるいはそもそも顔料ではなく非塗布物なのか、重要な部分は不明のままとなった。

検鏡下では船載青銅鏡片の表面に微量ながら粒状の赤色物質が付着しているのは間違いない。そこで、針先に付く程度の微量の粒を検鏡下で採取し、走査型電子顕微鏡による粒子の観察と機器に付属するエネルギー分散型 X 線分析装置により主要粒の定性分析を行い、赤色物質が何に起因するものかを探すこととした。

なお、試料採取・調整は埋蔵文化財センターで行い、香川県産業技術センターに備えられた日本電子製 X 線分析装置付走査型電子顕微鏡 JSM-5600LV を使用して観察・分析を行った。

### 2. 試料

対象試料は樹脂塗布されていない船載鏡片のうち、検鏡下で赤色物質が明確に認められる 3 個体である。試料番号は前節と共にし、赤色顔料分析番号は、第 6 節赤色顔料分析の第 1 項赤色顔料分析の概要の第 49 表及び第 51 表の番号を付記した。

試料 4 (分析番号 056) 旧練兵場遺跡

試料 12 (分析番号 B-61) 稲木遺跡

試料 10 (分析番号 B-63) 川津中塚遺跡

試料採取は検鏡下で針先に採取した赤色物質を粘着テープ（朱分析と同様の「硫黄フリーテープ」を使用）に直接付着させ、周囲を  $200 \mu\text{m}$  厚のアクリル製リングで保護し直徑 6.5mm の試料を作成した。

観察・分析後はアクリルフォルダに収納し、赤色顔料分析番号に基づいてファイリングした。

### 3. 観察・分析

光学顕微鏡観察は生物顕微鏡を使用し 800 倍で観察し撮影した。

走査型電子顕微鏡は低真空中で加速電圧を 15kV に設定し、無蒸着で低倍率の 35 倍、50 倍と 1,000 倍の高倍率の反射電子像を観察した。反射電子像は原子番号が大きい物質ほど白く表示される。また付属するエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS) により部分拡大し、スペクトルを出力した。測定時間は 50 秒である（一部例外あり）。なお掲載画像は任意に縮小しているため、画像下部に表示された観察時の倍率とは異なる。

## a) 試料4 (赤色顔料分析番号 56)

&lt;観察&gt;

採取した主たる微粒は第497図に示した2粒である。このうち右側の粒子を1,000倍に拡大して観察したものが第498図の左である。50μm × 25μm の範囲に3~20μm の白色に反応する粒子（以下「白色反応粒子」という）が集積し、周間に3μm 前後のグレーに反応する小粒子（以下「グレー反応粒子」という）が取り巻く。粒子縁はいずれも鋭角で破断形状を呈す。

第497図の左側の粒子を1,000倍に拡大して観察したものが第499図である。白色反応粒子は5~10μm 大で少なく、グレー反応粒子は10~20μmと大粒が多い。

光学顕微鏡観察と比較すると、白色反応粒子は黒く、グレー反忉粒子が赤色を呈することがわかる。

&lt;分析&gt;

第498図・第499図の1~4の各ポイントで元素スペクトルを計測した。その結果を第500図~第503図に示す。まず、1の白色反応粒子部分で最大の反応を示した元素はSn（錫）であることから、白色反応粒子は錫を多く含む物質であることが分かる。そのほかSi（ケイ素）、S（硫黄）、Cu（銅）、Fe（鉄）の順に検出が多いがSn（錫）と比べると僅かな量である。

ポイント2~4はグレー反応粒子部分を計測した。光学顕微鏡観察では赤色を呈する部分である。第501図~第503図に示したスペクトルでは、第500図のポイント1のスペクトルと比べ、Fe（鉄）の元素が多いことが注目できる。光学顕微鏡の発色と合わせて考えると、赤い粒子については鉄が関係している可能性が高い。

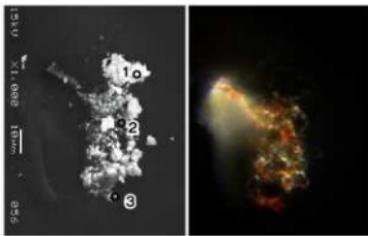
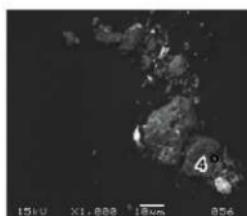
## b) 試料12 (赤色顔料分析番号 B-61 稲木遺跡)

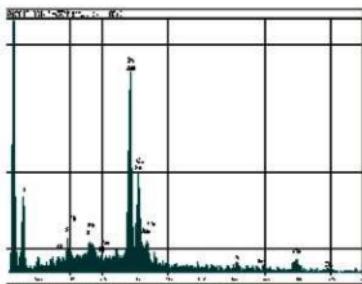
&lt;観察&gt;

採取した試料は第504図に示したように100~200μm 大の粒塊が3単位ある。そのうち右端の単位を500倍に拡大したものが第505図である。3~15μm の白色反応粒子が目立つが、それ以上に同サイズのグレー反応粒子が多い。白色反応粒子は角張る形状が主体だが、グレー反応粒子は丸みを帯びたものが多い。光学顕微鏡下では

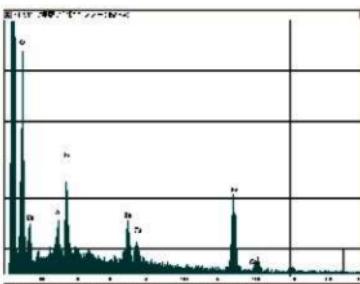


第497図 試料4の35倍画像

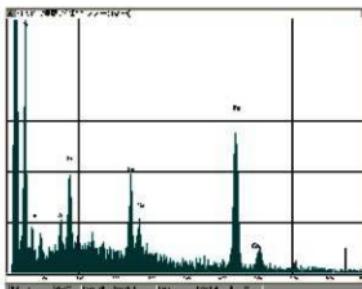
第498図 試料4右の500倍画像  
(左:電顕、右:光学)第499図 試料4左の1000倍画像  
(左:電顕、右:光学)



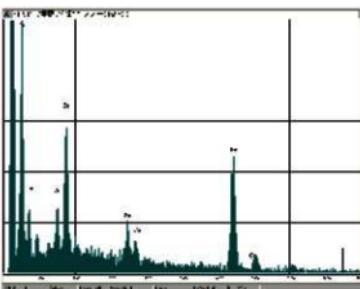
第 500 図 試料 4 ポイント 1 の元素スペクトル



第 501 図 試料 4 ポイント 2 の元素スペクトル



第 502 図 試料 4 ポイント 3 の元素スペクトル



第 503 図 試料 4 ポイント 4 の元素スペクトル

グレー反応粒子が赤色を呈す。

#### <分析>

第 505 図に示したポイント 2 点でスペクトルを出し第 506 図・第 507 図に示した。分析地点はグレー反応粒子表面で、光学顕微鏡観察では赤色を呈す部分である。1000 倍での全体平均スペクトルを第 508 図に示した。

ポイント 1・2 では Fe (鉄) が主体を占め、試料 4 に共通する。第 508 図の全体スペクトルでは圧倒的に Si (ケイ素) が多く、Sn (錫) がこれに次ぐ。白色反応粒子は Sn (錫) で、光学顕微鏡画像で透明に見えるものは石英等の粒子、それ以外のグレー反応粒子は Fe (鉄) を含む物質であることが示された。

#### c) 試料 10 (赤色顔料分析番号 B-63) 川津中塚遺跡

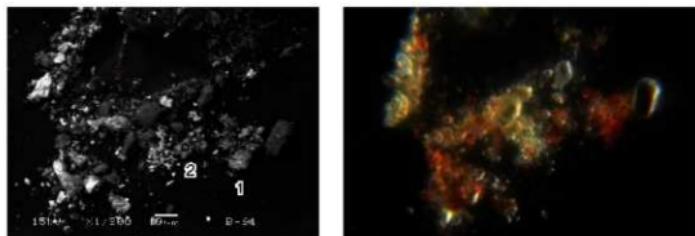
##### <観察>

採取した試料は径約 100 μm の粒塊である。3 ~ 10 μm 大きな白色反応粒子と、同サイズのグレー反応粒子が集塊する。

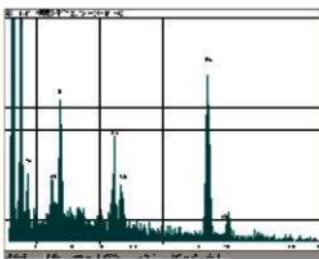
粒子形状は角張ったものが多く、グレー反応粒子に少量



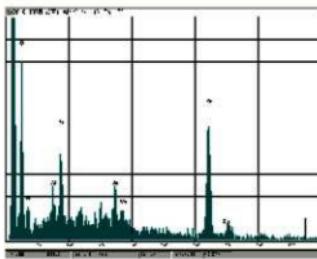
第 504 図 試料 12 の 50 倍画像



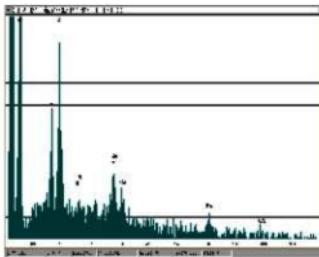
第505図 試料12の1000倍画像（左：電鏡、右光学）



第506図 試料12 ポイント1のスペクトル図



第507図 試料12 ポイント2のスペクトル図



第508図 試料12 全体スペクトル図

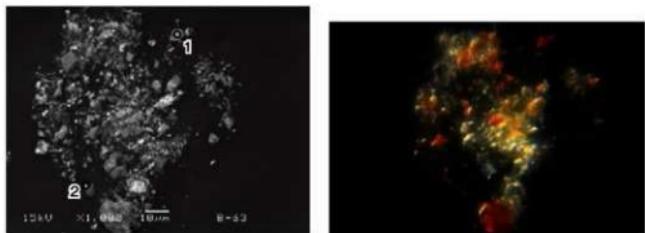
丸みを帯びたものが含まれる。

光学画像で赤色を有する粒子は立体的に厚みのある粒子と表面に薄く張り付いただけの粒子がある。画像下端に大形の赤色粒子があるように見えるが、これは石英等の粒子に赤色粒子が貼り付いたものようである。ポイント1とした部分は画像が立体的にみえることから、5μmほどの粒子やや大きめの粒子であることわかる。

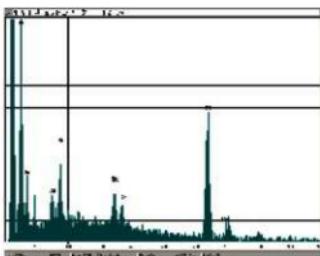
#### <分析>

光学画像で赤く発色する部分で第509図に示した2か所のポイントを測定した。いずれのポイントでもFe(鉄)が優勢でSi(ケイ素)、Sn(錫)がそれに次ぐ。Cu(銅)はむしろ少ない。

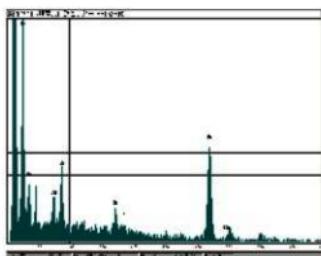
これらのことから、光学画像で赤色に発色する部分については、相対的にFe(鉄)が多いことが判明した。



第 509 図 試料 10 の 1000 倍画像 (左: 電顕、右: 光学)



第 510 図 試料 10 ポイント 1 のスペクトル図

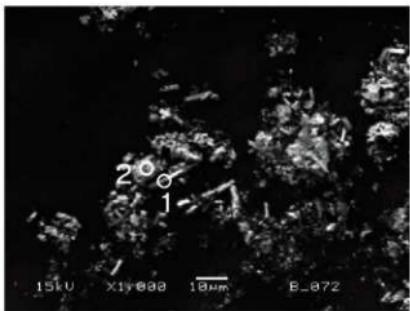


第 511 図 試料 10 ポイント 2 のスペクトル図

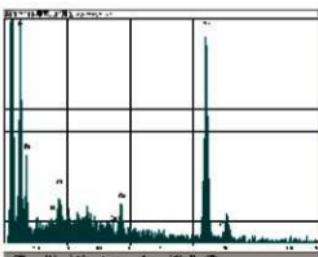
#### 4. 解析

舶載青銅鏡片 3 点の器面から採取した微細試料の観察と分析を行った。その結果、いずれの試料においても光学顕微鏡で観察される赤色部分については、Fe (鉄) が多い傾向にあることが判明した。電子顕微鏡では白色に強く反応する粒子については試料 4 のポイント 1 の結果から Sn (錫) であることが判明し、上記の Fe (鉄) については主にグレー反応を示す部分にある。ただ画像ごとにコントラストや明るさを調整して出力していることから、単純に別画像間を白黒強度で比較することはできない。Fe (鉄) と同様に Si (ケイ素) も多く検出しており、鏡表面に付着した細かな砂粒も同時にサンプルしたことを反映し、混在の石英等の粒子のグレー反応が目立つ。これらは光学顕微鏡において透明感のある粒子として出現していることから、光学顕微鏡と電子顕微鏡を合わせてみると、X 線分析による元素構成の意味が判明する。

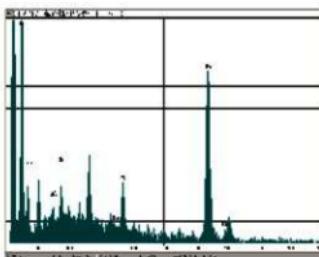
結論としては赤色の粒子は Fe (鉄) 元素を多く含む物質であることがわかるのだが、



第 512 図 永井遺跡ベンガラの 1000 倍画像



第513図 永井遺跡ポイント1のスペクトル図



第514図 永井遺跡ポイント2のスペクトル図

これだけでベンガラ顔料と断定できる訳ではない。鉄(Fe)のエネルギー強度は多くのサンプルでSi(ケイ素)を超える最大値を示すが、朱における水銀(Hg)のように圧倒的な強度を示すわけではない。比較試料として、永井遺跡出土絹文後期深鉢外面に装飾として塗布された赤色顔料(赤色顔料分析番号B-72)を同様な方法で分析した結果の一部を提示する。第512図の電子顕微鏡画像では、典型的なパイプ状粒子を含むベンガラ粒子で構成されていることが明らかである。パイプ部と塊状部それぞれのポイント分析(第513・514図)したところ、いずれもFe(鉄)のエネルギー強度を強く観察することができた。ただ、他にもSi(ケイ素)やPb(鉛)などにもピークが認められ、朱における水銀(Hg)のように、顔料を構成する主元素に圧倒的なエネルギー強度が認められる訳ではないことが分かる。

## 5.まとめ

ベンガラは本来X線回折分析を通じて、赤鉄鉱の結晶構造を検出して同定するのが適切であり、EDSのエネルギー強度や簡易定量分析で判断することは難しいが、現時点では肉眼で赤色粒子が認められるものについて、ここで分析した3点についてはFe(鉄)強度との相関が認められることから、器面に塗布等されたベンガラがわずかに残存した痕跡である可能性は高い。ただし、金属器素材中に含まれる鉄錆の反応である可能性も完全に排除できるわけではない。

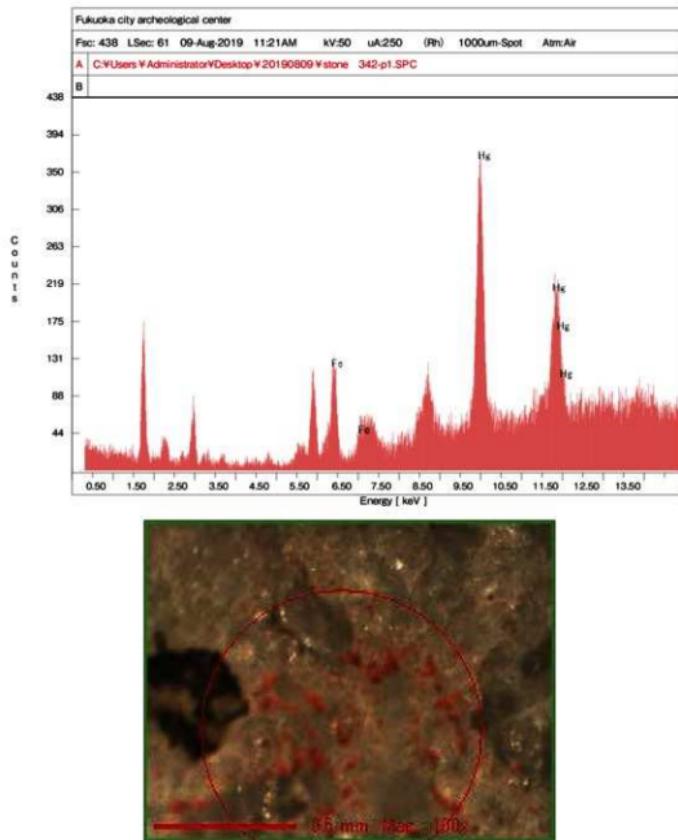
保存処理により樹脂膜に覆われた個体の顔料については、依然として不明であるものの、今回の分析の結果を援用すると、顔料塗布が行われた痕跡と考えるのが妥当であろう。それが朱であるのか、ベンガラであるのか、素材については樹脂膜を一旦除去して同様の分析を行うことによって推定ができるだろうが、銅鏡に塗布された朱の場合は樹脂塗膜があるにもかかわらず反応が強いのに対して、それ以外の赤色顔料についてはほとんど反応がないことから、現時点においてもこれらは、朱ではなく暫定的にベンガラ顔料であると考える。

## 第 6 項 石英製磨石（報告番号 S94）付着赤色顔料の蛍光 X 線分析

3B 区 SH3100b の②トレンチで出土した石英製磨石片の表面に付着した赤色顔料について、令和元年 8 月 9 日に類例調査のため福岡市埋蔵文化財センターに当該遺物を持参した際、福岡市埋蔵文化財センターの比佐陽一郎氏により蛍光 X 線による簡易的な定性分析が行われた。

分析はエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置で測定条件は管電圧が 50kV、管電流 250  $\mu$  A、分析時間約 60 秒、ロジウム (Rh) ターゲット、照射範囲 1000  $\mu$ m、雰囲気は大気である。

分析の結果、Hg が検出され、赤色顔料は朱と確認された。



第 515 図 蛍光 X 線元素スペクトル図及び分析範囲写真

## 第7項 ガラス小玉 (T40) 付着顔料の SEM/EDS 分析及びマッピング分析

### 1. はじめに

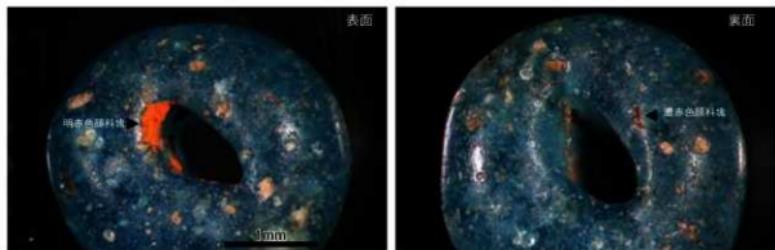
旧練兵場遺跡第26次調査4A区SH4100出土ガラス小玉（報文番号第168図T40）の孔内に肉眼で判別できる大きさの赤色顔料塊が付着していた。その顔料の粒度分析や硫黄同位体比分析に供するため、塊から少量のサンプリングを行った後、表面の微量な顔料粒子の遺存状態を把握するため、SEM/EDS分析を行い、さらにマッピング分析を実施した。

分析は香川県産業技術センターの株日立／アメテック株 SU3500/Octane Elect を借用し、香川県埋蔵文化財センター職員が実施した。

### 2. 外形観察（第516図）

分析対象遺物は淡青～青緑色(2.5B6/6 マンセル値)の色調を呈し、長径3.5mm、短径3.0mm、厚さ0.2mmの大きさで、中央に楕円形穿孔のあるガラス製の小玉である。ガラス素材の化学分析は実施していないが、色調や材質の特徴からみて、酸化カリウムを多く含み銅などで着色したK<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>系カリガラスと考えられる。実体顕微鏡で器面を観察すると、ガラスには異質鉱物や気泡を多く含み、器面は平滑ではない。

穿孔の内部に赤色顔料が付着する。穿孔内の器面に近い位置に幅約0.5mmの明赤色の顔料塊があり、孔の内部にも同じ顔料が筋状に遺存する。また、実体顕微鏡で観察すると反対面の器面の窪みには濃赤色粒が集中する箇所が確認できる。以下、赤色顔料が肉眼で観察できる面を「表面」、顕微鏡で濃赤色粒が認められる面を「裏面」として記載を進める。

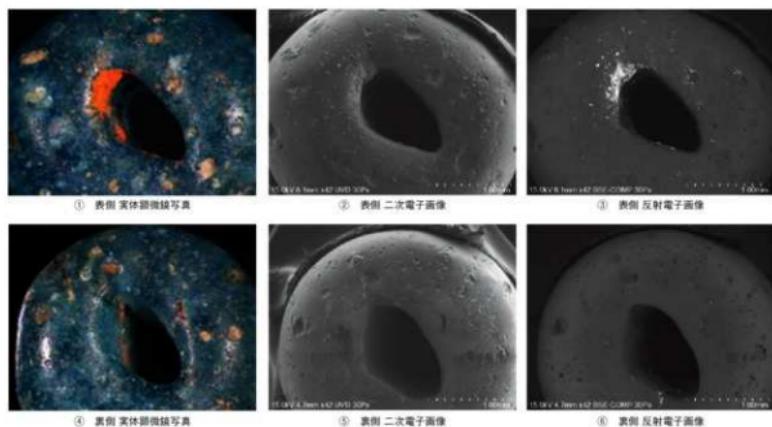


第516図 ガラス小玉 (T40) の外観

### 3. 走査型電子顕微鏡(SEM)観察（第517図）

赤色顔料が肉眼で観察できる箇所を中心42倍のスケールで撮影できる範囲を二次電子画像、反射電子画像の二種類の方法により画像を取得した。分析環境は低真空(30Pa)で加速電圧は15 kV、W.D.は4.7mm及び6.1mmである。二次電子画像は表面の凹凸などの細部形状を詳細に記録することができる。反射電子像は原子番号が大きい元素ほど輝度が高く（白く）、逆に原子番号が小さい元素は輝度が低く表示される。つまり元素組成の概要が記録される画像である。

表面側の二次電子画像では孔の内側に若干の赤色顔料の高まりが認められる程度で顔料の表面付着は



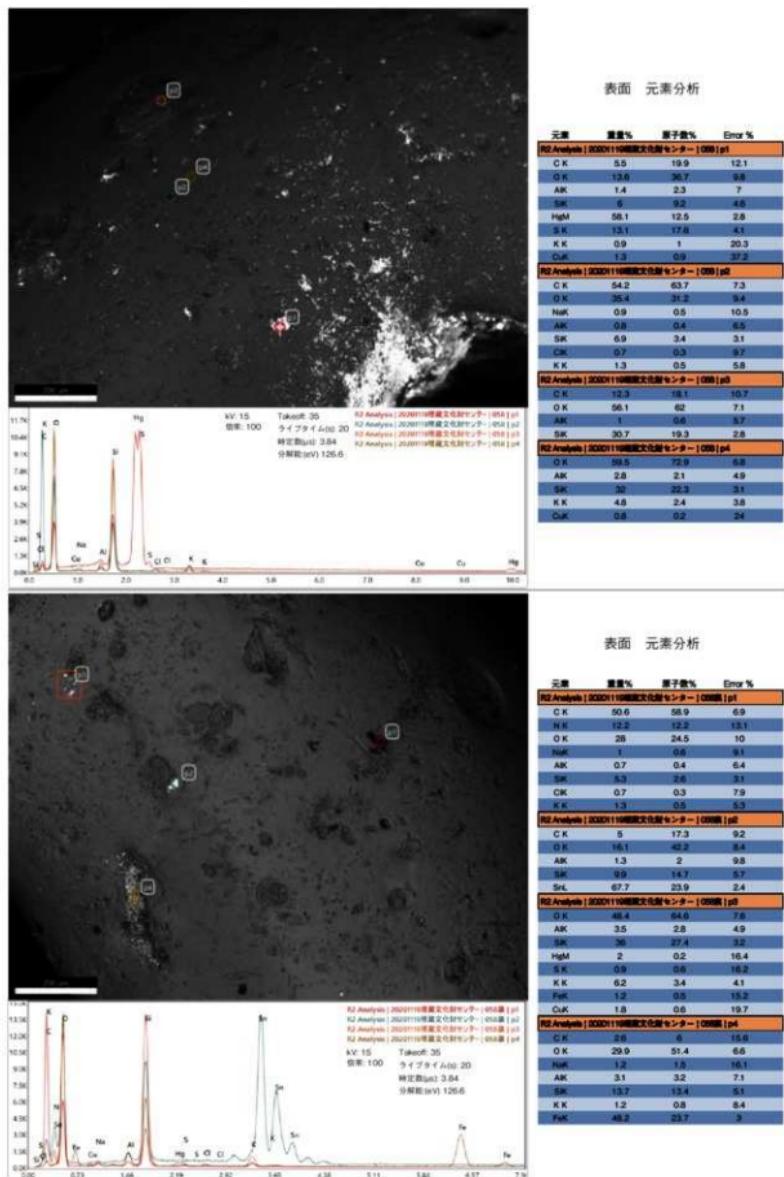
第 517 図 ガラス小玉 (T40) の電子顕微鏡画像 (二次電子像と反射電子像)

孔外では目立たない。裏側の二次電子像も特に何かが付着してこぶ状になる箇所は認められない。むしろ表面の細かな凹凸が肉眼で見る以上に顕著で、穿孔輪郭線は平坦面を形成せず。丸味を帯びたまま穿孔部に至ることが明瞭に観察できる。反射電子画像では表面の孔左上に白く反応する顔料の集中が確認できる。この反応は白色度合い（輝度の高さ）からみて辰砂であることが予想でき、孔外にも表面の窪部を中心に顔料が散在する様子がうかがえる。なお、孔の奥にある筋状に残る顔料塊は白く反応していないように見えるが、このような窪みの奥には電子線が到達する量が少ないため、十分な反応がみられない。裏面は表面と比べてほとんど白色の反応がみられない。ただ孔下部と右上部に少量の白く反応する箇所がある。

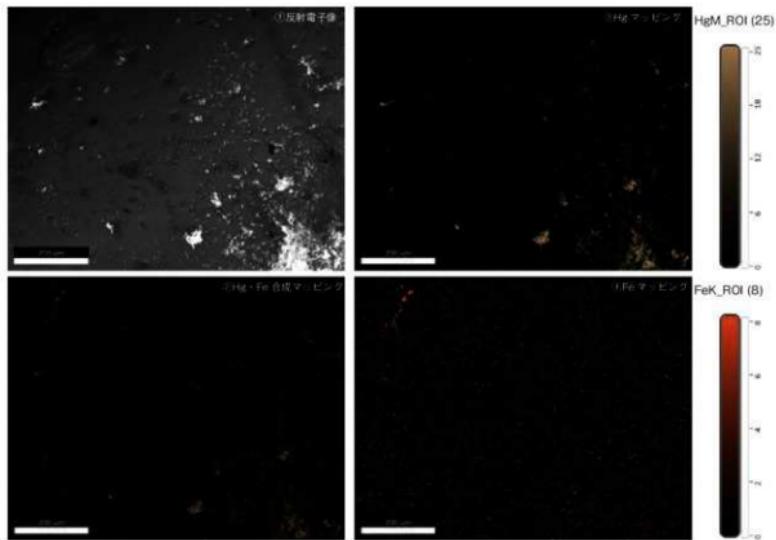
#### 4. 元素分析 (第 518 図)

表面、裏面をそれぞれ 100 倍に拡大した画像をもとに、元素ポイント分析を実施した。表面は p1 ~ p4 の 4 ポイントである。p1 では水銀 (Hg)、硫黄 (S) が強く反応し、朱であることが明確である。p2・p4 ではケイ素 (Si) の反応が強く、カリウム (K) や銅 (Cu) が認められるのはガラス基材や着色剤の影響による反応と考えられる。また、ケイ素 (Si) が大部分を示す p3 はガラスに混在した石英などのケイ酸塩鉱物であろう。

裏面は鉄 (Fe)、錫 (Sn)、ケイ素 (Si) を多く認めた。特に p2 の白く反応するものは錫 (Sn) の微粒子である。二次電子画像で点検すると、この部分は窪みの底ではなく、表面に付着あるいは埋め込まれた微粒子である。p3 は水銀 (Hg) の反応があることから辰砂と考えられる。細長い窪みの底で白く反応する粒子塊の p4 は鉄 (Fe) の反応が強い。このように、裏面は分析位置ごとに反応する元素にばらつきがみられた。



第518図 ガラス小玉表面に付着する物質の元素分析



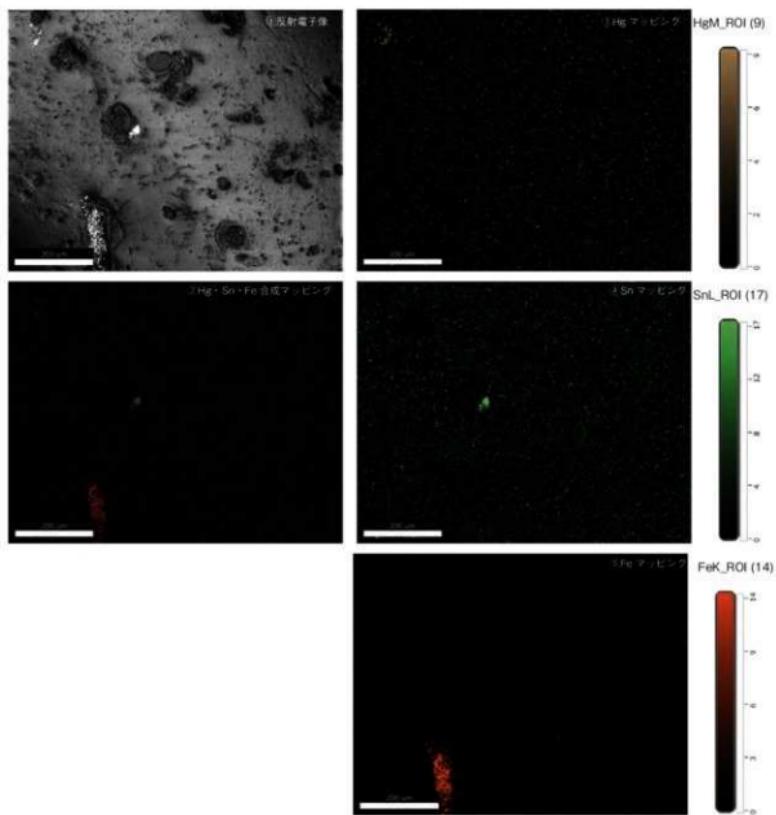
第 519 図 元素マッピング図 1

### 5. マッピング分析（第 519 ~ 521 図）

上記の微小ポイントの元素分析は分析対象範囲が狭小なため、元素反応の面的な広がりは捉えられない。反射電子像の輝度（白さ）の分布だけでは元素の判別ができないため、元素ごとの分布の評価には限界がある。また、顔料を混和して使用しているかどうか、つまり朱とベンガラを混ぜているかどうかは、元素ごとにその反応分布を見る必要がある。そのような際に、一定範囲における特定の元素反応の粗密分布を示すのがマッピング分析である。

表面側は朱と思われる顔料塊から左上方方向に分析範囲を設定し、水銀 (Hg) と鉄 (Fe) をターゲット元素としてマッピング分析を実施した。第 519 図①は分析対象範囲の反射電子画像、②は水銀 (Hg) と鉄 (Fe) の重複マッピング画像、③は水銀 (Hg) のマッピング画像、④は鉄 (Fe) のマッピング画像である。③の右下には水銀 (Hg) の強い集中部がある。これは①の反射電子像で白く反応していた場所であり、朱 (HgS) の分布を示しているものと判断できる。その部分を④の画像で確認すると、鉄 (Fe) の集中はまったく見られない。もし朱にベンガラを混和させていれば、同じ場所に鉄 (Fe) の反応が見られるはずである。しかし反応が見られないことから、付着した赤色顔料は朱とベンガラを混和したものではなく、朱が単独で用いられたと判断できる。一方で Fe のマッピング画像⑤では左上に細長い Fe の集中がみられる。この部分を①反射電子像でみると、石英粒縁辺の細長い埋込みに Fe が特に集中していることがわかる。

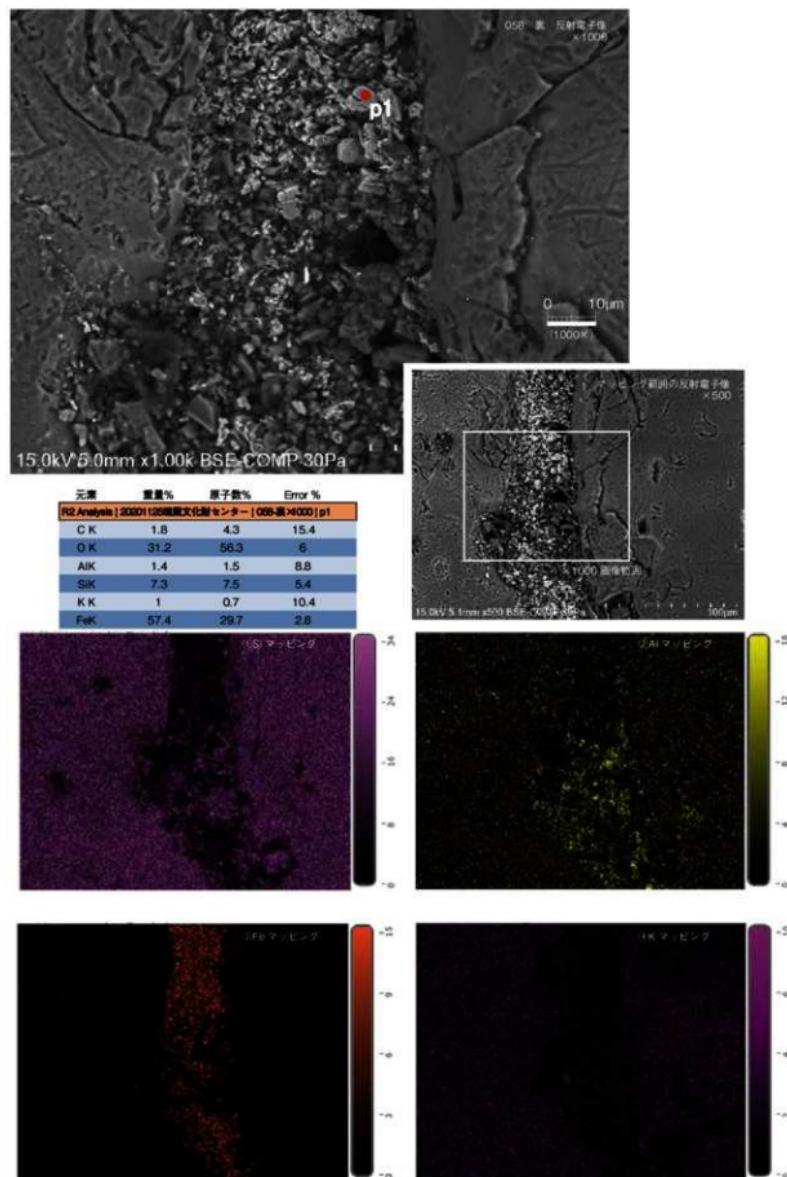
裏面側は水銀 (Hg)、錫 (Sn)、鉄 (Fe) をターゲット元素としてマッピング分析を実施した。第 520 図①は分析対象範囲の反射電子画像、②は Hg・Sn・Fe の重複マッピング画像、③は水銀 (Hg) のマッピング画像、④は錫 (Sn) のマッピング画像、⑤は鉄 (Fe) のマッピング画像である。表面と同じく、



第520図 元素マッピング図2

HgとFeは連動する関係ではなく、集中部が離反する。Fe集中部は細長い窪みに特に集中的に分布する。これが顔料に関するものかどうか、前節の元素分析に立ち戻り、化学組成を算出すると、Feの重量%は50%に及ぶ割合を占めることから、ベンガラである可能性は高いといえる。さらに当該箇所の拡大画像を第521図に示した。

このほか、錫についてはマッピングの結果、器面全体で少量反応しつつ、一か所に特に集中部がある状況である。これはガラス基材の着色剤である酸化錫(SnO<sub>2</sub>)の影響とガラス製作時の錫小塊がアルミなどと合金を構成し、溶融せずに残存した可能性が考えられる。いずれにしても、顔料に関わる元素ではない。



第 521 図 拡大マッピング分析及び元素分析

## 6.まとめ

旧練兵場遺跡第26次調査4A区SH4100出土ガラス小玉（報文番号T40）の孔内及び器面のSEM/EDS分析及びマッピング分析を実施した。その結果、ガラス小玉の孔内には水銀（Hg）反応が強く、鉄（Fe）の反応を伴わない顔料塊が存在した。当該部分の元素分析の結果も踏まえ、付着した顔料は鉄が混じらない辰砂（HgS）のみで構成する赤色顔料（朱）と判断した。一方、表面の細い窪みと裏面の細長い大きな窪みの奥に、鉄（Fe）元素の集中が認められた。この集中には水銀（Hg）の分布は運動しない。鉄の集中範囲をさらに詳細にSEM観察した結果、パイプ状粒子は認められないものの、0.5～5μmの微細な粒子で構成する顔料であった。よって、ベンガラ顔料と判定した。

以上により、ガラス小玉には朱とベンガラの二種類の赤色顔料が付着しており、両者は混和されたものではなかったことが判明した。朱は孔内に塊が残存し、器面では主に表面の細かな窪みに残る状態であった。ベンガラは器面にはほとんど認められず、大きな気泡等による窪みの奥に埋もれた状態での残存が確認できた。以上の事実から顔料が付着し残存した由来を推定すると、先にベンガラが器面に付着し、その後拭き取りなどが行われ器面の顔料が取り除かれた後、次に朱が付着し、その後の拭き取りなどが不十分で孔内や表面に少量の朱が遺存した状態で遺棄されたものと復元できる。

今回の分析は、集落出土装身具の使用局面を推定するにおいて多くの成果が得られた。つまり、ガラス小玉を連ねた首飾りを装着した状態で、入れ墨のように赤色顔料を首周囲に塗り込める化粧をする行為があり、その際の顔料は朱を使うときもあれば、ベンガラを使うときもあったと考えられる。さらに朱とベンガラの二顔料は混ぜて使うことはなく、あくまで別々に使用する。別々であることの意味は不明だが、同時期の墳墓では、埋葬主体部でベンガラと朱を使い分ける事例が多数知られている。集落における化粧にも、素材を使い分けるような、有意ないくつかのパターンがあった可能性を考えてよいであろう。

このような集落出土品には肉眼観察だけでは明確にできないミクロな属性に様々な過去の情報が隠れている。今回は玉類の実測作業に先立ち超音波洗浄機による洗浄作業を行ったが、事前に実体顕微鏡で全点を点検したことが功を奏して、微細な遺存品を見出すことができた。また、あわせて過去に出土した玉類の総点検も実施した結果、鉛バリウムガラスを素材とするガラス小玉の孔内にも辰砂が遺存する例（赤色顔料分析番号068）をあらためて確認し、当該資料が決して例外的ではないことも証することができた。さらに、マッピング分析は顔料使用の局面を復元する上で重要な情報を引き出した。このような出土品の点検と分析事例を重ねることで、文化財の情報価値はますます充実するものと考える。

分析機器の使用にあたっては香川県産業技術センター研究職員の皆様にご指導いただいた。記して感謝申し上げる。

## 第 8 項 旧練兵場遺跡等出土赤色顔料の顕微鏡観察・元素分析・粒度分析

### 1.はじめに

本稿は、今回報告する旧練兵場遺跡第 26 次調査出土の赤色顔料（第 4 章第 6 節 1 第 47 表）の種別や特性を解明することを目的として、これまで本遺跡で出土した資料（同第 49 表）、県指定有形文化財上天神遺跡出土辰砂関連資料（同第 50 表）の一部、そのほか本県の弥生時代遺跡出土の資料（同第 51 表）から、可能なものについて微量の分析用試料を採取し、光学顕微鏡観察及び走査型電子顕微鏡（SEM）観察を行い、さらに必要なものは電子顕微鏡に付属する X 線マイクロアナライザ（EDS）による元素分析を実施して顔料の種別を特定、そのうち「朱」と判明した合計 143 点（152 データ）を対象に顕微鏡写真を基にして顔料粒子の粒径計測及び粒度分析を行い、赤色顔料の粒子レベルの比較・検討を行った結果を報告するものである。

光学顕微鏡観察は当センターで実施し、SEM 観察及び EDS 分析は香川県産業技術センターの機器を借用して実施した。

分析対象試料の一覧と各分析の適用は第 49～51 表のとおりである。

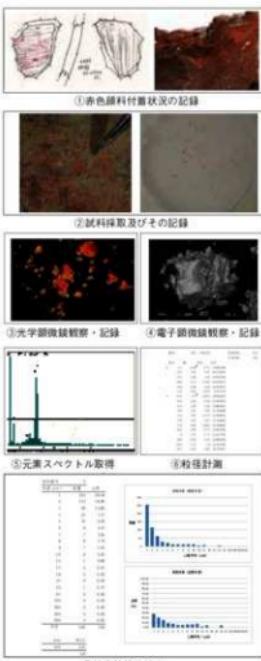
分析は第 522 図の手順を踏んだ。

なお、分析試料の調整は次項の硫黄同位体比分析にも流用・分析可能であることを条件として最も適切な方法を採用した。以下、試料調整方法・観察・分析の方法について説明し、その後各試料について観察・分析結果を詳説する。

### 2. 試料採取及び調整

顕微鏡観察による粒度分析や電子顕微鏡観察による微細形状の確認、断面観察・分析、そして硫黄同位体比分析等のため、土器等に付着した赤色顔料を微量採取し、分析用試料を以下の手順で調整した。調整方法は本田光子氏提示の方法（本田 2001 の IV）に準拠しつつ、調整後の試料から顔料粒子をピックアップして硫黄同位体比分析が行うことができるよう、観察用試料にも後述の硫黄成分を含まない粘着テープを使用して試料を作製した。

なお、県指定有形文化財に指定されている上天神遺跡出土辰砂関連資料からの試料採取については、本センター所長が令和元年 10 月 23 日付埋文第 8766 号で香川県教育委員会宛てに現状変更許可申請を行い、香川県教育委員会が令和元年 11 月 8 日付元教生第 8932 号で本センター所長宛てに現状変更許可通知を行うことで、香川県文化財保護条例に基づく現状変更の手続きを経て実施した。その際、許可条件として次の 2 項目が付された。



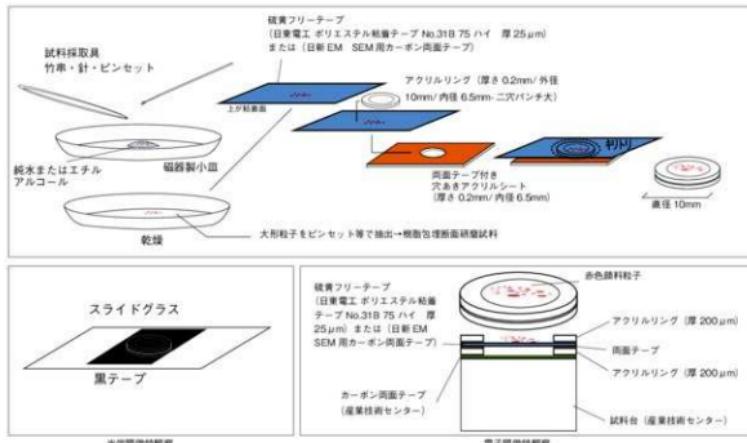
第 522 図 赤色顔料観察・分析の手順

- 1 現状変更等の実施に際し、文化財専門職員、学芸員等の立会いをもとめること。
- 2 当該現状変更等が終了したときは、香川県文化財保護条例施行規則第20条、県指定有形文化財（考古資料）の科学分析及び保存処理等の現状変更等の取り扱い基準に従い、遅滞なく報告すること。

この条件に基づき、当該報告のうち上天神遺跡分についてのみ令和2年3月24日付元埋文13369号で分析結果を香川県教育委員会あてに報告した。内容については今回の報告において一部変更等を施したものがある。本報告においてその内容を確定するものである。

#### a. 試料採取要領

- ①あらかじめ試料採取する土器を選定し、顔料の付着状況を実測・写真撮影しておく。
- ②実体顕微鏡により検鏡し、試料採取箇所を定める。
- ③採取前の試料採取位置の実体顕微鏡写真を撮影する。
- ④先端を湿らせた微細採取具（竹串・針・ピンセット等）で対象箇所に触れ、採取具先に微量の顔料粒子を付着させる。
- ⑤顔料粒子が付着した微細採取具先を少量の純水またはエタノールを張った白色磁器皿に浸し、軽く攪拌して分散させる。
- ⑥試料採取後の写真を撮影し、土器を収納する。
- ⑦⑧の試料を自然乾燥または40度以下で約1分恒温乾燥した後、必要なものはアセトン等の溶剤で再度分散を行い、完全に乾燥させる。
- ⑧採取箇所を実測図に記録する。
- ⑨採取用具（針・ピンセット等）は超音波洗浄機等で洗浄し、雑物の混在を回避、実体顕微鏡下で微細粒の付着がないか点検する。



第523図 光学・電子顕微鏡及び硫黄同位体比分析対応プレバラート作成手順

b. 試作作製要領

- ①白色磁器皿上に分散した顔料粒子の上に、硫黄フリーテープ（日東電工 ポリエステル粘着テープ No.31B 75 ハイ 25μm × 19mm × 50m）または SEM 用カーボンテープ（日新 EM 社製）を軽く押し当て、顔料粒子をテープ側に採り移す。
- ※ SEM 用カーボンテープは SEM 観察時に無蒸着で観察でき、高倍率の観察に対応するが、光学顕微鏡観察では側射光が試料に十分に届かず観察しづらい。長い W.D.（ワーキングディスタンス）を備えた対物レンズを使用すれば、その問題は解消する。
- ②テープ粘着面を上にして、貼り付いた粒子が中央にくるよう、あらかじめ準備した厚さ 0.2mm のアクリルリングを貼り付ける。
- ※アクリルリングは、厚さが明記されたクリアシートに二穴パンチで直径 6.5mm 大の円孔をあけ、直径 10mm となるよう周囲を切り取って作成した。
- ③テープの裏面にも②と同様のアクリルリングを両面テープで貼付ける（電子顕微鏡試料台に固定し分析した後、試料台のカーボンテープから剥がしやすくし、分析後の試料を保存するため）。
- ④はみ出たテープやリング縁をカットしてアクリルソケットに格納し、汎用ファイル等に整理する。

c. 試料採取に伴う廃棄物の処理

辰砂は水銀の硫化物である。常温の状態では安定だが、試料採取に使用した器具類を洗浄した廃棄水やキムワイプ等の洗浄具、手袋等には微粒な辰砂粒子が残っており、燃焼物として廃棄するには問題が生じる恐れがあるため、本県廃棄物対策課に相談の上、平成 29 年 6 月環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部策定「水銀廃棄物ガイドライン」に準じて産業廃棄物として処理した。

3. 観察・元素分析・粒度分析の方法

a. 光学顕微鏡観察と写真撮影

光学顕微鏡は、落射光による明暗視野観察が可能な金属顕微鏡（システム顕微鏡 例えば OLYMPUS BX53M や Nikon ECLIPSE LV-N など）を使用するのが望ましいが、今回は生物顕微鏡を使用し、次の仕様で観察した。括弧内に実際に使用した機種を示した。

- ・顕微鏡：XY ステージ付き三眼式生物顕微鏡（OLYMPUS BH-2 及び CX43）
- ・照明：フレキシブルアーム付 LED 照明で左右から側射（しおかぜ技研 PF-D）
- ・対物レンズ：100 倍 カバーガラス厚 0 のもの（OLYMPUS NCSPlan100 及び MPlan100）
- ・撮影用アダプター：デジタルカメラに接合（Micro Net NY-1S 及びレイマー SA20）
  - ※顕微鏡が三眼でない場合でも、上記アダプターは接眼レンズ径と互換性があり、一時的に接眼レンズを外して挿入すれば、特段の装置がなくとも撮影が可能である
- ・接眼レンズ：10 倍
- ・カメラ：センサーサイズの大きいデジタルカメラ。（NikonD7000 及び Canon6D）
  - ※各機種を試行した結果、35mm フルサイズ以上のセンサーカメラが適切と考える
- ・画像縮尺調整用ミクロメーター：0.01mm スケール印刷の顕微鏡対物ミクロメーター
  - ※カメラ機種や撮影サイズによって画像の大きさが変化する。設定ごとにこのスケールを写し込み、PC 上で縮小比率を算出する。

なお、100倍の対物レンズで写真を撮影すると、焦点深度が極端に浅い。電子顕微鏡画像と対比して掲載する光学顕微鏡写真については、視野を変えず、合焦位置をずらしながら撮影した複数の画像をパソコンに取り込んだ後、Adobe Photoshopで深度合成（ファイルからレイヤーとして読み込み（「ファイル・スクリプト」）→レイヤーの自動合成（編集））を施した。

#### b. 走査型電子顕微鏡（SEM）観察

SEM観察は主に令和元年度に実施した。その際は香川県産業技術センターに備えられた走査型電子顕微鏡（日本電子 JSM 5600LV）を借用し、試料蒸着は行わず低真空環境（30Pa）・加速電圧15kVで反射電子画像を観察・記録した。また、令和2年度に実施した観察・分析では同じく香川県産業技術センターに備えられた機器を借用したが、機種を変更し、日立ハイテク製 SU3500を借用し、試料に白金蒸着を施した上で観察・分析を行った。観察環境は低真空（30Pa）、加速電圧15kVである。

SEM画像は、二次電子像と反射電子像の二種類がある。二次電子像は表面の凹凸を細かく表示する画像、反射電子像は表面の元素組成をコントラストで表示する画像である。後者は元素によって輝度が異なり、原子番号が高い（原子番号80の水銀（Hg）のような）元素は輝度が強く（白く）反応し、原子番号が低い（原子番号26の鉄（Fe）のような）元素は低いほど輝度が弱く、グレーに反応する。事



第524図 走査型電子顕微鏡による観察・分析（令和元年度 香川県産業技術センター）



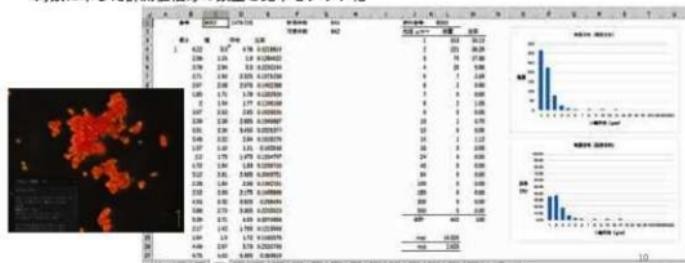
第 525 図 日立製 SU3500 による観察・分析風景(令和 2 年度) 機器には特性 X 線の検出器が付属する。これにより、元素スペクトル図を出力し、元素の定性を確認した。顔料種別の判定は Hg 元素の反応の有無で朱か否かを判断した。

なお、令和 2 年度に借用した日立製 SU3500 にはエネルギー分散型 X 線検出器（アメテック株式会社 Octane Elect）が付属し、スペクトル図とともに簡易定量分析や元素マッピングを行うことが可能である。前掲の各種分析に使用した。ただし、本機の簡易（スマート）定量分析にはオプションの酸化物補正表示機能 – OxideZAF が組み込まれておらず、酸素を含むケイ酸塩鉱物などの定量分析には限界（倉敷市立自然史博物館の武智氏にご教示いただいた）があるので、留意する必要がある。

#### d. 粒子径計測及び粒度分析

光学顕微鏡で撮影したデジタル写真画像をもとに、顔料粒子の粒子径を計測し、粒度分析を実施した。粒子径計測はパソコンに取り込んだ画像を Adobe Illustrator 上で顕微鏡対物ミクロメーターに基づいて 1,000 倍に統一し、画面上で各粒子の縦横二軸の計測線を描き、ドキュメント情報内のオブジェクト

生物顕微鏡使用 側射照明・ノーカバー 100×対物レンズで試料を撮影  
1000倍縮尺に統一し、PC上で縦横二軸を計測 (1μ未満は排除し、500点以上計測を目標)  
二軸平均値の全体合計を母数として各粒子の占有比を算出  
対数に準じた計測値幅毎の数量と比率をグラフ化



情報に表示される各計測線の長さを記録した。倍率が1000倍なので、表示されたmm単位の長さの数値はそのままμmに換算できる。

光学顕微鏡写真は焦点深度が極端に浅く合焦範囲が狭い。したがって同一視野でも合焦位置を変えて複数枚の写真を撮影することが多い。さらにXYステージを使って視野を移動しながら撮影するため、粒子径計測に使用する写真是20～30枚となる。その場合、同じ粒子を重複計測しないよう留意した。

このようにして、できるだけ多くの粒子（500点以上が望ましいが、最低でも100点以上）を対象に粒子の縦横二軸長を計測し、その平均値を粒径とした。なお粒径1μm未満の試料は微粉として除外した。

粒度分布のデータ作成方法は本田光子氏提示の方法（本田1978）をもとに一部を変更した。

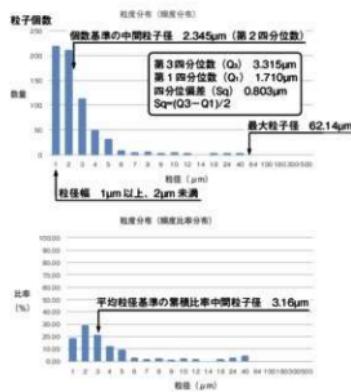
グラフは二種類を用意した。まず横軸に対数に基づく粒径値幅を設定し、縦軸に単純数量を示した個数基準の度数分布グラフを作成した（第527図上段）。その後、計測した粒径の合計値を母数として粒径幅ごとの小計数量（粒径基準）の比率を算出し、上記と同様式で頻度（比率）分布グラフを作成した（同図下段）。前者グラフは粒径値幅ごとの単純な数量変化を示し、後者グラフは全体の粒径合計値における粒径値幅ごとの占有比の分布を示す。

また、各試料の最大粒子径を表に提示したほか、各試料の粒径値を基準とした粒径累積比率における中間粒子径を算出し提示した。中間粒子径は粒径基準の累積比率において50%に近い上限値に相当する粒径と下限値に相当する粒径の平均を算出した値である。さらに、個数基準の四分位偏差を求め提示した。この数値は個数基準の第3四分位粒径値から第1四分位粒径値を引き、それを等分して算出したもので、分布中央の前後1/2に属する粒子粒径の集中度（均一性）を比較するための数値である。数値が低ければばらつきが少なく、大きければより広範囲に粒径がバラついていることを示す。

なお、1μm未満の粒子は微粉として計測から除外したことは前記したが、以下の説明では1μm以上3μm未満の粒子を微粒子、3μm以上10μm未満の粒子を小形粒子、10μm以上の粒子を大形粒子と表現した。この区分は微粉及び微粒子は凝集体を構成するのに対して、小形粒子及び大形粒子はその粒径だけでは凝集体を構成しないことによる。これは3μm以下の粒子の「付着力」が影響するものと考えられる。粉体工学の分野ではここでいう微粒子以下を粉体と定義しており（神保1985）、粉体の物理的性質について参考になる部分が多い。

#### 4. 観察・分析結果

分析結果は、第49～51表の分析試料一覧表に示した赤色顔料分析番号（旧練兵場遺跡試料は番号のみ、上天神遺跡試料はK-、そのほかの県内試料はB-として区分した）順に、次の内容を記載した個別シートを作成し、本節末に添付したほか、縮尺を2倍にしてPDF形式で出力した個別シートのデジタルデータ



タを本書添付のデジタルメディア (DVD-R) に格納した。

- ・赤色顔料付着状況及び試料採取位置を示した遺物実測図（土器 1/8・石器 1/4）・写真
- ・赤色顔料試料採取前後の実体顕微鏡写真（縮尺は任意）
- ・光学顕微鏡写真及び同じ位置の電子顕微鏡による反射電子像の対比（縮尺は原則 250 倍）
- ・エネルギー分散型 X 線分析 (EDS) による元素スペクトル図
- ・粒子径計測集計表及び度数分布・頻度（比率）分布グラフ
- ・光学顕微鏡写真（250 倍）

以下、旧練兵場遺跡試料、上天神遺跡試料、そのほかの県内試料に区分して観察・分析結果を報告する。

#### (1) 旧練兵場遺跡出土の赤色顔料

本書第 3 章で報告した遺物は第 47 表に掲載したが、それを含めて本遺跡で出土した赤色顔料は 102 点ある。そのうち 94 点が朱（辰砂鉱石含む）、である。以下、赤色顔料の付着状況について報告し、その後に粒度分析について報告する。

朱付着遺物のうち 61 点から採取した 63 試料（1 個体につき複数試料を作製したものもある）について顕微鏡観察及び粒度分析を実施した。の中には、分析番号 58・68 のガラス玉付着朱 2 点が含まれる。この 2 点は使用された状態で遺存した赤色顔料である。それ以外の 61 試料はいずれも土器内面に付着する赤色顔料で、うち 15 試料は辰砂から朱を精製・生産する際に使用する専用容器である把手付広片口皿から採取した試料である。

ベンガラ及びベンガラと推定される試料については、合計 8 点のうち青銅器付着資料 2 点は保存処理を終えていることから、試料採取は行っていない。土器 3 点、石器 3 点につき、試料採取し顕微鏡観察を実施した。

第 540 図～第 594 図に試料ごとの観察・分析結果を示す。

#### (2) 上天神遺跡出土の赤色顔料

上天神遺跡は高松平野中央部に立地する弥生時代後期初頭の遺跡（県埋調セ 1995b）で、赤色顔料付着の土器片が 1000 点以上出土した。隣接する太田下須川遺跡でも同様の土器片が出土（県埋調セ 1995c）し、両遺跡で出土した顔料付着土器の出土数は県内最多である。土器は大形鉢のほかに焼成前の甕型土器を半載して仕上げた「把手付広片口皿」が特徴的で、この器種は辰砂の産地である徳島県名東遺跡でも出土しており（徳島県教委 2017）、朱を精製するための専用容器と推定されている（大久保 1998）。器種組成を表に示す。

上天神遺跡の発掘調査報告書では本田光子氏による観察・分析で赤色顔料の大部分が朱であることが判明している（本田 1995b）。また一部には砒素が含まれる等の所見も示されている。

今回、20 点の土器から 25 点の試料を採取し、光学顕微鏡・電子顕微鏡観察、粒度分析、元素分析を行った。以下、第 595 図～第 611 図に試料ごとの観察・分析結果を示す。

#### (3) 香川県内（旧練兵場・上天神を除く）出土の弥生時代赤色顔料

香川県における赤色顔料資料の分布については第 4 章第 6 節第 1 項で述べたところである。ここでは各遺跡（遺跡群）ごとに資料を説明する。

### a) 川津遺跡群 (B-1 ~ B-25)

坂出市川津町 丸亀平野東北部の大東川水系下流域の遺跡群。弥生時代後期の瀬戸内海臨海部に立地し大規模な集落を形成した下川津遺跡から南に約1kmの飯野山（標高421m）北麓までの範囲に広がる後期～終末期の遺跡群である。遺跡分布範囲の南北距離は旧練兵場遺跡の東西距離には等しい。分布範囲南側の遺跡（一ノ又・東山田・二代取）で赤色顔料付着土器が出土するが、銅鏡・舶載鏡片・ガラス玉などの貴重品が出土する下川津遺跡や川津中塚遺跡といった分布範囲北側の遺跡では赤色顔料付着土器は出土していない。

- ・川津一ノ又遺跡 飯野山北側に営まれた弥生時代後期後半から終末期の集落遺跡である。数十棟の堅穴建物が検出されている。後期後半から終末期まで小形鉢を中心として内面に朱が付着する土器が多数出土した。今回19点の土器付着の赤色顔料を観察・分析したが、報告書によると全体で50点以上の顔料付着土器が存在するとされる（県埋調セ1997a・b、同1998a）。

- ・川津東山田遺跡 川津一ノ又遺跡の南、飯野山北麓斜面に立地する集落遺跡。後期前半新段階から後期後半中段階にかけて数棟の堅穴建物がある。内面に朱が付着する後期後半古段階の大形鉢が3点、ほぼ同時期の把手付広口皿が2点出土した（県埋調セ2001）。

- ・川津二代取遺跡 川津一ノ又遺跡の北方、蛇行する旧大東川低地を介してその北岸に位置する。この遺跡から川津中塚遺跡を通して下川津遺跡まで延びる弥生時代の大溝がある。後期前半の大形鉢底部内面に赤色顔料が付着する（県埋調セ1995a）。

### b) 綾川河床遺跡 (B-26)

坂出市加茂町 綾川中流域に立地し、弥生時代後期から終末期に所属する遺跡である。遺物包含層を現代の綾川河川水流が削剥し、現河床付近では断続的に遺物が露出する。平成18年に採集されたほぼ完形の土器である（坂出市史2017・2020）。終末期の小形片口鉢の内面には全面に濃密に朱が付着する。内外面とも磨滅は進行せず、器面の残りが良い。外面にはドーナツ状に黒煤が付着する。

### c) 太田下須川遺跡 (B-27 ~ B-35)

高松市太田下町 高松平野中央部、上天神遺跡に隣接する後期前半の集落遺跡。両遺跡間は旧河道で区切られるが、集落の変遷は連動することから、同一かまたは密接に関連する集落とみて差し支えない。当センターで収蔵する大形鉢2点、把手付広口皿3点（県埋調セ1995c）、高松市埋蔵文化財センターで収蔵する大形鉢3点、把手付広口皿2点、甕底部1点（高松市教委2009）の合計11点がある。

### d) 天満宮西遺跡 (B-36 ~ B-38)

高松市松飼町 高松平野中央部に所在する弥生時代前期及び後期、終末期の遺跡である。前期は環濠を備える。後期・終末期の集落は後期前半の他地域搬入土器や後期後半の吉備系特殊器台などが出土する。近年、器面に赤色顔料が付着する大形の近畿式銅鐸片が出土した。後期初頭の細頸壺、後期前半及び終末期の鉢内面に赤色顔料が付着する（高松市教委2002・同2004）。

### e) 原中村遺跡 (B-40 ~ B-45)

高松市牟礼町原 高松市北東部の播磨灘に面する緩傾斜面に立地。高松の中央部の平野と峰を介して隣接。後期後半から終末期の漆容器・転用溶き皿・漉し布などが出土する漆工品製作の集落である（県埋調セ2000）。

赤色顔料は高杯2点、鉢3点、破片1点の土器内面に付着する。なお、赤色顔料と漆が混合されたことを示す遺物は確認できない。今回は未報告遺物も対象に加えた。

f) 空港跡地遺跡 (B-51)・宗高坊城遺跡 (B-95)

高松市林町 高松平野中央部に立地する。いずれも後期～終末期の集落である。空港跡地遺跡では終末期新段階の鉢内面（県埋調セ 1996）に、宗高坊城遺跡では後期後半の台付鉢内面（高松市教委 2004）に赤色顔料が付着する。

g) 鹿伏中所遺跡 (B-103～B-105)

本田郡三木町 高松平野東部の新川が形成した沖積地に立地。後期～終末期の集落。内面にベンガラを塗刷した高杯 1 点、内面に朱が遺存する鉢 2 点が出土した（県埋セ 2010）。

h) 葛谷遺跡 (B-92)

高松市東植田町 高松平野南部の丘陵間低地に接する緩斜面地に立地する後期から終末期に続く集落である。遺跡の調査報告は未刊だが、出土遺物の一部が資料紹介されている（県教委 1984）。後期の鉢内面に赤色顔料が遺存する。同様の立地の同市香南町岡清水遺跡では、把手付広片口皿に酷似する土器片が出土している（県埋調セ 2001b）が、今般詳細に顔料の付着状況等を調べた結果、顔料の付着は認められなかった。

i) 森広遺跡群 (B-47・B-78～81・B-87～89)

さぬき市寒川町 高松平野東部の旧大川郡域に展開する後期から終末期の遺跡群である。直径 2km の範囲に多くの遺跡が分布する。

・森広遺跡 (B-47)・加藤遺跡 (B-78～B-81, B-87～89)

過去に平形銅劍、銅鐸、巴形銅器等の青銅器が出土している。多数の堅穴建物の分布が確認されており、そのような集落の一角に周溝墓 3 基が存在する。円形周溝墓の周溝内で検出された土器棺の棺蓋に用いた片口大形鉢の内側に赤色顔料が付着している（寒川町教委 1997）。今般、詳細に観察した結果、棺本体に顔料の残存はなく、完形の大形鉢内面の底面から片口にかけて器面の亀裂に染み込む状態で顔料が付着することから、集落で朱に使用した鉢が後に土器棺蓋に転用されたものと解せる。加藤遺跡は森広遺跡に隣接する遺跡で、扁平錐式銅鐸片等の貴重品が出土している。本報告は未刊だが、今般出土遺物を全点確認した結果、堅穴建物等の遺構が多く出土する調査区出土品のうち、5 点の鉢内面に赤色顔料が付着することを確認した。

・寺田産宮通遺跡 (B-87)

第 6 節第 4 項で分析対象とした小形倭鏡が出土した遺跡である。低地帯より出土した後期前半の高杯内面に朱が付着する（県埋調セ 2003）。

j) 原間遺跡 (B-93)

東かがわ市 大内平野における後期・終末期の大規模な集落遺跡。多量の土器資料のうち、後期後半の鉢 1 点の内面に赤色顔料が付着する（県埋調セ 2002）。

k) 田中遺跡 (B-90)

東かがわ市白鳥 湊川下流域に営まれた後期・終末期の集落（県教委 2017）。本資料は鉢内面に赤色顔料が付着する。中流域の成重遺跡では多数の遺物が出土しているが、赤色顔料資料は皆無である。

l) 稲木遺跡 (B-101)

善通寺市稻木町 本遺跡に近接する後期・終末期の集落である。報告された多数の土器を点検したが、赤色顔料を確認したのは低脚の台付鉢 1 点のみである（県埋調セ 1989）。出土遺構は「集石墓」として報告されているが、調査中の写真を確認すると、発掘調査時に、大量の礫が混じる堅穴建物の埋土を残

したまま、周りの基盤層を掘り下げることで盛土状の遺構として検出したものであって、この遺跡で集石墓として報告されたすべての遺構は墳墓ではなく、竪穴建物等の居住遺構と考える。

#### m) 墳墓遺構出土資料（墳墓の可能性があるものを含む）

- ・桶端墳丘墓（B-48・B-49） 東かがわ市 小独立丘頂部に立地し、板岡櫛をもつ箱型木棺を埋葬主体とする墳丘墓である（白鳥町教委 2002）。棺内の短辺部に朱の散布痕跡と朱付着石杵が出土。石杵は丸い川原石転用。ここでは床面散布の朱を分析した。
- ・諏訪神社墳丘墓（B-46） 高松市久米町 小独立丘頂部に立地し、木棺内の頭位に据えられた土器片転用の土器枕である。内面側、つまり枕表面に濃密な朱の付着、裏面にやや薄く朱が付着する（高松市教委 2007）。土器片のみで時期決定が困難だが、破片形状から壺胴部片と推定し、器壁が厚めであることと、肩がやや張り気味の器形を呈することから、後期後半新段階から終末期にかけてのものと推定する。
- ・林坊城遺跡（B-53～B-56） 高松市林町 河川沿いに低丘の円形周溝墓3基が構築される（県埋調セ1993・2003）。うち中央の1基（SX03）の周溝から出土した供獻土器中に外面に赤色顔料の付着するものの4点を今回確認した。細頸壺1点、高杯1点、器台2点である。どれも土器の外面の亀裂に染み込むように遺存する。
- ・龍川五条遺跡（B-58） 善通寺市原田町 前期の環壕集落と、その外に周溝墓や木棺墓が存在する。前期の周溝墓に近接して、中期後半の凹線文を施文する完形の鉢1点のみが出土する長さ7.5mの直線溝（SX04）がある（県埋調セ1996）。鉢の内面に赤色顔料が遺存していた。なお、SX04の西端から直角に南に延びる溝（SX03）が付属する。さらにSX04の東を流れる河川跡SR03の西肩にはSX04の東端から直角に曲がり南に延びる小段がある。この状況から東西10m、南北5m以上の方形の盛土区画が想定できる。方形周溝墓と認定できる直接の根拠はないが、完形鉢の出土と内面の赤色顔料は、その時期の居住遺構が周辺にないことから偶然の埋没とは考えにくく、出土状況の有意性を勘案すると、墳墓として位置付けるのが妥当と考える。なお、朱と判定された顔料の付着は、器面を粉状に覆うように遺存しており、集落で出土する顔料が土器の器面の亀裂や窪みに液体が染み込むように付着するとの異なっており、留意すべき特性である。
- ・平池南遺跡（B-52） 丸亀市金倉町 居住域を伴わず、中期後半の完形土器が多数出土する区画溝が群在する（県埋セ2007）。墳墓の確証はないが、多数出土した残りの良い土器は壺・高杯が多く甕が極端に少ない組成であることから、周溝墓への供獻土器の可能性が高い。大久保徹也氏の指摘（大久保1995）に基づき、出土土器を点検した結果、中期後半新段階の台付鉢1点のみ、その外面及び亀裂から染み込んだ断面に赤色顔料が遺存するのを確認した。

#### n) 繩文時代後期から弥生時代前期の参考資料

- ・永井遺跡（B-65～B-76） 善通寺市中村町 繩文後期・晩期の集落に近接する河川跡である。繩文時代後期中葉・後半の土器に付着する赤色顔料が多数出土した（県埋調セ1990）。12点中、外面付着が3点で、そのうち1点が朱、2点がベンガラである。そのほかはいずれも内面に朱が付着する。器種は浅鉢が多い。
- ・中又北遺跡（B-64） 仲多度郡多度津町 繩文晩期中葉の集落に近接する河川跡。波状口縁浅鉢の内面に朱が遺存する（県埋セ2020）。
- ・平池南遺跡（B-91） 丸亀市金倉町所在 弥生時代前期の集落。前期後半の土器に伴い、磨滅が進行

- した角柱状の砂岩磨石が出土（県埋セ 2007）。側縁の磨滅した稜線の一部に赤色顔料が付着する。
- ・中の池遺跡（B-94） 丸亀市金倉町 弥生時代前期の環壕集落。前期後半の土器に伴い、ラグビーボール状の閃綠岩製の磨石が出土。赤色顔料が付着する（丸亀市教委 / 元興寺 2005）。
  - ・東中筋遺跡（B-96 ~ B-100） 高松市桜町 繩文時代晩期後半の突帯文土器から弥生時代前期前半までの土器が出土する河川跡。5 点の浅鉢に朱が付着する。うち 2 点は外面、3 点は内面に付着する。外面付着の浅鉢はいずれも内面にベンガラ顔料が付着する（高松市教委 2004b）。

#### o) 古墳時代前期の参考資料

- ・高松茶臼山古墳（B-83 ~ B-85） 高松市前田西町、新田町、東山崎町 全長 75 m の前方後円墳。後円部中央に石室が 2 基あり、第一主体部から錐形石 2 個、画文帶重列式神獣鏡 1 面等の副葬品とともに赤色顔料が付着した短頭壺、皿が出土（県埋セ 2015）。
- ・船岡山 1 号墳（B-86） 高松市香川町 全長 45 m の前方後円墳。後円部の墳頂部の搅乱土より赤色顔料が付着した短頭壺が出土（徳島文理大・高松市教委 2019）。

## 5. 解析

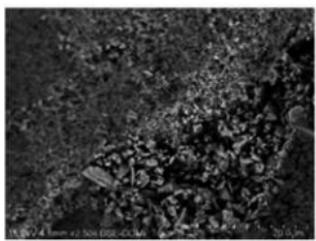
旧練兵場遺跡、上天神遺跡、県内の主に弥生時代遺跡出土の赤色顔料について、光学及び電子顕微鏡による粒子の微細観察と粒度分析を行った。ここでは、まず、粒子形状やその存在状態についての所見をまとめ、次に主に朱を構成する辰砂粒子に関して、最大粒子径及び累積比率中間粒子径のありかたと、頻度比率グラフに基づく粒度分布類型について解析する。

#### a) 粒子形状とその存在状態

各試料は光学顕微鏡により粒子の色調や質感を観察し、焦点深度が深い電子顕微鏡で細部形状の観察を行った。朱を構成する辰砂 ( $HgS$ ) 粒子とベンガラを構成する酸化第二鉄 ( $Fe_2O_3$ ) 粒子を区分して説明する。

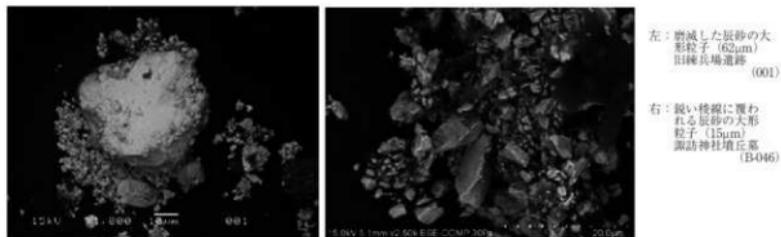
##### <辰砂粒子の形状と凝集>

朱を構成する辰砂粒子は赤い鮮やかな発色と側射光に反射した鮎様の光沢感、また  $10\mu m$  以下の小形粒子は半透明の質感が特徴的である。 $1\mu m$  以下の粒子を今回微粉として計測対象から外したが、主たる粒子が  $0.5 \sim 3\mu m$  に収まるものは、その多くが粒子自体の付着力により密着し、凝集体を構成する。凝集体の構成粒子には  $3\mu m$  を超える小形粒子を含むことがあるが、主に  $3\mu m$  以下の粒子の付着力により付着したものと推定され、小形粒子以上の粒子がそれだけで凝集体を構成することは本試料群を観察した限りでは見られなかつた。凝集体は試料調整の過程で水やアルコールなどの分散剤で分離した微粉や微粒子も、磁器皿状で乾燥する段階で自然に運動して凝集する。また、小形粒子・大形粒子には微粒子以下の粒子が多く付着する。付着から凝集状態になるものもある。また、石英などの鉱物粒に辰砂



粒径  $2 \sim 3\mu m$  の辰砂微粒子の凝集と、それを覆う粒径  $0.5\mu m$  以下の辰砂微粉の凝集状態  
(B-30 太田下原川遺跡大形鉢内面)

第 528 図 辰砂微粒子と微粉の凝集状態



第529図 辰砂粒子の形状

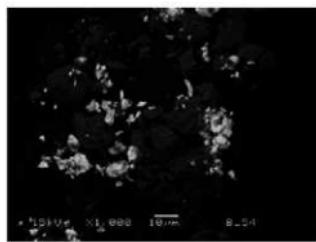
微粒子が付着することも多く、付着したものは電子顕微鏡で観察しても、その核にあるものが辰砂粒か鉱物粒か区分しにくい場合もある。光学顕微鏡で透明感を失い暗く見える凝集体は、その核に石英などの鉱物粒が存在する可能性が高い。単独の結晶か凝集体か判別が難しいものは、後掲の粒子径計測からは除外した。

#### <辰砂粒子の磨滅>

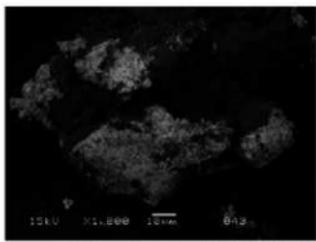
10μm 以上の大形粒子には結晶の劈開面や破碎面が観察できる。面端の棱線が新鮮で鋭いか、磨滅して丸味を帯びるか、これは電子顕微鏡で確認できる重要な情報である。光学顕微鏡では乱反射光の影響が大きく、対物レンズの性能によるかもしれないが、粒子の輪郭が丸味を帯びて結像するが多く、磨滅に関しての十分な観察は困難である。

#### <辰砂微粉を含むものと含まないもの>

そのほか、1μm 未満の微粉を含む試料と含まない試料があった。一般的に1μm 以下の微粉は自重より付着力が強く、気体中で物質に付着すると付着力が強いため遊離しがたい特性がある（神保 1985）。試料採取においても、試料の乾燥後そのまま試料テープに移し採るのではなく、一度薬包紙などに試料を移動させた後に、改めて試料をサンプルして顕微鏡観察すると、試料採取前に確認できていた微粉が試料の移動中に消失する現象を経験した。これは1μm 以下の微粉がもつ強い付着力のために、微粉が



第530図 微粉を含まない辰砂粒子群



第531図 微粉のみで構成する辰砂粒子群

磁器皿や薬包紙の表面に付着し、気体中ではそれを分離しがたいために生じた現象である。つまり試料中に元々微粉を含まない、あるいはわずかしか含まない試料は、辰砂の精製作業を行った場所から何等かの形で移動せられた粒子群と想定することができる。なお水面では水面の表面張力にこれらの粒子が付着し、たとえ比重の大きい辰砂であっても粒径が細かいほど付着力が勝るために浮遊する。

#### ＜辰砂微粉を主体とする粒子群＞

ほぼ 1μm 以下の微粉で構成する粒子群がある。分析番号 043 の壺か壺の胴部内面に貯蔵された朱は 0.5μm ~ 1μm の微粉が圧倒的に多い（第 531 図）。粒径が 1μm 未満なので今回の粒子分析に含めていないが、写真撮影範囲内で計測できた 1μm 以上の粒子は 43 点しかなかった。このように微粉のみが集められたものは、上記の微粉が水面に浮遊する性質を利用して回収したものと考えられる。

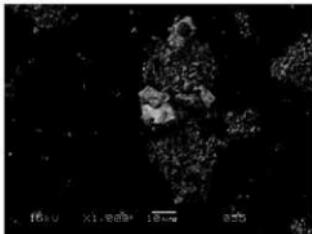
#### ＜ベンガラの種別＞

ベンガラは一般的に酸化第二鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) による赤鉄鉱粒子とされる。概して辰砂粒子より細かく、1μm 以下の微粉が多くことから、今回の観察環境で辰砂と同じように粒子径を計測して粒度分析を行うことはできなかった。しかし、電子顕微鏡を使用し、SEM 用カーボンテープを使用すると高倍率で粒子形状を観察できる。不等辺角礫状を呈するもの（第 532 図や、第 521 図のガラス玉気泡内）、正方形状を呈するもの、芋虫状を呈するもの（分析番号 86 第 533 図）、などパイプ状粒子（第 512 図）以外にも形状が多様である。また、分析試料 55 では朱と似た状態で小形鉢内面に付着したベンガラ微粒子に 20μm 大のベンガラ角礫が伴っている（第 532 図）。さらに、分析番号 86 第 533 図の芋虫状粒子のベンガラは、粒径が 10 ~ 30μm で発砲し変形した粒状滓のような形状の大形粒子で構成し、割れた粒子を観察すると粒子内部は空洞で結晶質ではなく、赤鉄鉱ではない可能がある。肉眼あるいは光学顕微鏡では鮮やかな赤色で鉛状の半透明感があり、辰砂と酷似する。

今回はベンガラ顔料については上記以外に十分な観察・分析に至っていない。今後、微細粒子の観察において、ベンガラ顔料が豊富な地域との比較・検討が必要である。

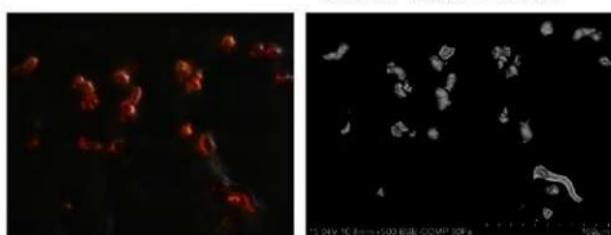
#### b) 辰砂粒子の計測値

粒子径は朱と判定できたものを抽出して試料ごとに最大粒子径、粒径基準の累積中間粒子径、四分位偏差を提示した。最大粒子径は旧練兵場遺跡では後期前半新段階の高杯（分析



ベンガラ微粉 (1μm 未満) と 10 ~ 20μm 大の角礫状ベンガラ粒子が混在 055 旧練兵場道路

第 532 図 角礫状ベンガラ粒子



第 533 図 芋虫状ベンガラ粒子

番号 47) の 133.2 $\mu\text{m}$  で、川津東山田遺跡の把手付広片口皿 (B-020-2) の 134.0 $\mu\text{m}$  と同等の大きな粒子である。

旧練兵場遺跡では上記の高杯付着の朱が突出しており、それに次ぐ大きな粒子は分析番号 24 の把手付広片口皿で 104.0 $\mu\text{m}$ 。さらに 64 の鉢が 100.0 $\mu\text{m}$ 。そして 20 の把手付広片口皿が 75 $\mu\text{m}$  で、そこから連続的に粒径数値が減少する。計測した 53 点における平均値は 29.8 $\mu\text{m}$  である。上天神遺跡の最大粒子径は平均値で 26.0 $\mu\text{m}$ 。20 $\mu\text{m}$  以上のものが、25 サンプル中 11 点 (44%) を占める。そのうち 7 サンプル (64%) が把手付広片口皿である。把手付広片口皿 9 点のうち最大粒子径が 20 $\mu\text{m}$  を超えないのは 2 点 (22%) のみである。旧練兵場遺跡では 53 点中 35 点 (66%) が 20 $\mu\text{m}$  以上の最大粒子径をもつ。20 $\mu\text{m}$  以下の把手付広片口皿は 12 点中 1 点 (8%) で、上天神遺跡と比べ数値は低い。

一方で、これ以外の県内の弥生時代遺跡出土の朱付着土器は最大粒子径は最大値が川津東山田遺跡出土の把手付広片口皿の 134.0 $\mu\text{m}$  が突出し、原中村遺跡の鉢 83.0 $\mu\text{m}$ 、太田下須川遺跡の把手付広片口皿の 64.0 $\mu\text{m}$  がこれに次ぎ、そこから連続して数値が減少する。平均値は 18.5 $\mu\text{m}$  で、20 $\mu\text{m}$  以上のものは 66 点中、6 点 (24%) と、上記二遺跡と比べて概して低い。ただし把手付広片口皿の 4 サンプルは

第 56 表 旧練兵場遺跡粒度分析による器種別計測値

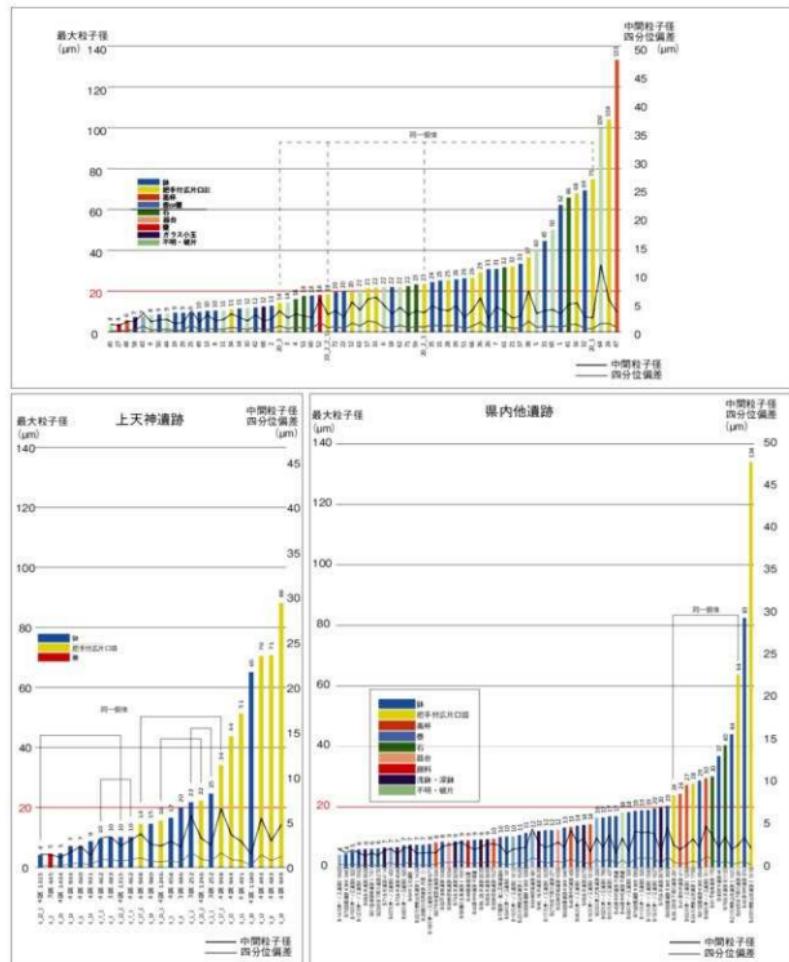
器種	個数	最大粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			中间粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			四分位偏差 ( $\mu\text{m}$ )		
		最大値	平均値	最小値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
把手付広片口皿	12	104.00	39.21	7.18	24.4	4.71	19.2	0.56	1.31	
大形鉢	2	69.33	39.35	2.60	1.68	2.14	0.57	0.30	0.44	
鉢	22	99.51	25.27	11.72	1.43	3.36	1.47	0.23	0.77	
高杯	2	133.24	69.48	3.47	1.82	2.65	0.81	0.32	0.57	
壺 or 鉢	1	103.2	10.32	2.98	2.98	2.98	0.63	0.63	0.63	
甌	1	18.07	18.07	5.75	5.75	5.75	1.66	1.66	1.66	
破片	5	49.99	22.21	4.28	1.38	3.17	1.16	0.18	0.79	
石杵 (砂岩)	4	65.77	30.71	4.86	2.81	3.62	1.29	0.69	0.93	
磨石 (砂岩)	1	31.60	31.60	3.62	3.62	3.62	0.96	0.96	0.96	
磨石 (石英)	1	22.34	22.34	2.97	2.97	2.97	0.72	0.72	0.72	
ガラス小玉	2	124.1	9.78	1.88	1.86	1.87	0.39	0.33	0.36	
总计	53	133.24	29.81	11.72	1.38	3.57	1.92	0.18	0.89	

第 57 表 上天神遺跡粒度分析による器種別計測値

器種	個数	最大粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			中间粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			四分位偏差 ( $\mu\text{m}$ )		
		最大値	平均値	最小値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
把手付広片口皿	9	88.17	45.64	6.56	24.0	3.96	16.2	0.62	1.03	
大形鉢	8	65.09	16.18	3.28	1.34	2.16	0.89	0.23	0.53	
鉢	7	24.59	14.97	5.76	1.11	2.90	1.70	0.17	0.74	
甌	1	4.56	4.56	1.41	1.41	1.41	0.21	0.21	0.21	
总计	25	88.17	25.98	6.56	1.11	2.98	1.70	0.17	0.76	

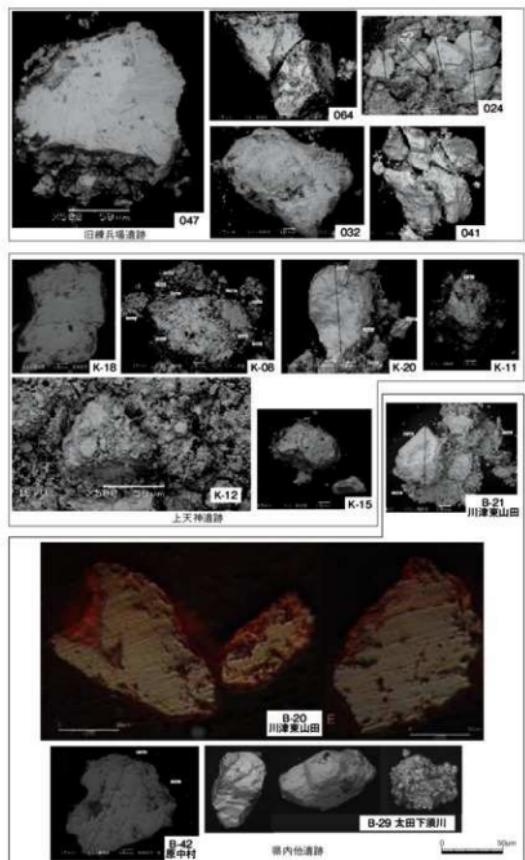
第 58 表 県内弥生時代遺跡（旧練兵場・上天神を除く）粒度分析による器種別計測値

器種	個数	最大粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			中间粒子径 ( $\mu\text{m}$ )			四分位偏差 ( $\mu\text{m}$ )		
		最大値	平均値	最小値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
把手付広片口皿	4	134.00	62.35	3.34	2.28	2.73	0.77	0.31	0.56	
大形鉢	2	12.35	9.30	2.59	1.42	2.01	0.66	0.22	0.44	
鉢	30	44.06	15.24	4.74	1.64	2.59	1.37	0.28	0.60	
高杯	7	29.55	18.10	4.89	1.75	2.92	1.35	0.40	0.69	
破片	1	18.19	18.19	3.45	3.45	3.45	0.90	0.90	0.90	
磨石	1	30.09	30.09	3.76	3.76	3.76	0.95	0.95	0.95	
甌	2	12.45	10.48	2.98	2.67	2.83	0.72	0.61	0.67	
壺	3	16.44	10.30	3.45	2.12	2.58	0.94	0.36	0.57	
細頭壺	1	11.65	11.65	4.56	4.56	4.56	1.19	1.19	1.19	
小形甌	1	6.71	6.71	2.22	2.22	2.22	0.59	0.59	0.59	
台付鉢	1	8.50	8.50	2.46	2.46	2.46	0.62	0.62	0.62	
总计	53	134.00	18.47	4.89	1.42	2.70	1.37	0.22	0.63	



第 534 図 粒子計測値グラフ

いずれも 20μm 以上に含まれる。つまり、旧練兵場遺跡と上天神遺跡は最大粒子径が全体的に大きいが、旧練兵場遺跡の把手付広口皿の最大粒子径は他と比べてやや小さい。裏返せば、旧練兵場遺跡では器種にあまり偏ることなく全体的に最大粒子径が大きいが、他では把手付広口皿に最大粒子が多く。また旧練兵場遺跡と上天神遺跡を除く他の遺跡では最大粒子径が 20μm を超える試料が少ないとから両遺跡以外では最大粒子径は小さい傾向があるといえる。



第535図 各試料の最大粒子画像

相関がグラフには表れていない。さらに四分位偏差は最大粒子径ではなく中間粒子径に連動する傾向がグラフから読み取れる。要するに中間粒子径や四分位偏差値とそれに連動する粒度類型が示す粒度の特性は土器内面に付着した粒子群全体の特性、つまり各試料が示す辰砂に対して行われた行為か、または粒子群全体の「朱」の特性を示すものであり、それに対して最大粒子径は偶発性が強く、辰砂の原料や精製作業における特性を示す可能性が高い。

旧練兵場遺跡は上天神遺跡と同様に最大粒子径が大きく、素材として入手した辰砂鉱石のサイズが大きいものであったことを示し、どちらも把手付広片口皿には最大粒子径が大きいものが多い点では共通する。特に上天神遺跡での最大粒子径の器種別分布は、把手付広片口皿とそれ以外の鉢などの器種との

この傾向は中間粒子径にも示される。旧練兵場遺跡の平均値が最も大きく  $3.6\mu\text{m}$ 、上天神遺跡の平均値が  $3.0\mu\text{m}$ 、そのほかの遺跡が  $2.7\mu\text{m}$  となる。ただし、中間粒子径と四分位偏差はグラフを見る限り、最大粒子径の数値との相関は認められない。後述するように粒度類型との相関が強い傾向がある。これは、最大粒子径のあり方が示す特性と中間粒子径や四分位偏差値とそれに連動する粒度類型が示す粒度の特性とでは、特性の種別が異なることを示している。

中間粒子径は、粒子全体を対象として粒径を累積し 50% 相当の粒径を示したものであり、1 点のみ抽出した最大粒子径とは数値が示す特性は必ずしも異なる。最大粒子径が大きければ、必ず中間粒子径も大きいというわけではない。上記のごとく最大粒子径が  $20\mu\text{m}$  以上を占める割合が大きいほど中間粒子径の平均値が大きいという遺跡間の大まかな傾向は認められるが、中間粒子径は最大粒子径との

間で明確な使い分けがあったことを示すと評価できる。一方で、旧練兵場遺跡ではそこまでの器種別の偏りがなく、中間粒子径の在り方からみて全体的に粒子径が大きく、土器底に取り残した粒子に粗い精製段階の大形粒子が残存したものと考えられる。

入手した辰砂鉱石あるいは一度精製（分級）された辰砂粒子群を推定すると、 $100\mu\text{m}$  以上の粒径が稀ではあるが含まれることから、 $130\mu\text{m}$  を最大とし、 $50 \sim 70\mu\text{m}$  を中心とする粒子群に粉碎されたものが持ち込まれた可能性が考えられる。その中には  $10\mu\text{m}$  以上の粒子に移動による摩耗、つまり稜線が摩耗した亜角礫、亜円礫状のものが含まれた。

第 535 図に各遺跡の最大粒子の形状を提示した。旧練兵場遺跡の最大径粒子は 032 のように周縁磨滅のものもあるが、047 やそのほかの個体のように縁辺稜線が鋭いものが目立つ。今回の調査で出土した辰砂鉱石（S88）は、土器に付着した粒径の大きさを踏まえると、その大きさが突出し例外的に見える。ただ、後掲の硫黄同位体比分析の結果、旧練兵場遺跡以外に県内遺跡で中国産辰砂を検出した例はなく、素材の搬入のありかた自体が旧練兵場遺跡の特性であることが示された。それを反映するように、最大粒子径は上天神遺跡例よりやや小さいものの、中間粒子径や四分位偏差からみて、ほかの遺跡より全般的に粒子が大きい個体が多いことと整合し、その形状も縁辺稜線が鋭い点で矛盾しない。把手付広片口皿に付着する粒子サイズにはばらつきがあり、県内の他の遺跡ほど明確に土器の使い分けが徹底されているように見えないことや、精製作業に使う石杵が存在することなど他にない特徴を備えている。これも、原材料が多方面から豊富入手可能で、さらに精製法や使用法にも流儀の混在が想定できるなど、県内他遺跡とは違う入手・精製・再配布の在り方を評価する必要があるだろう。

### c) 粒度分布類型について

粒径基準の頻度分布グラフの形状でその類型化を試みた。これは、遺跡内で行われた精製作業の具体的な在り方を探る重要な材料である。

- A 類  $1 \sim 2\mu\text{m}$  の範囲に 70% 以上の粒子が分布するもの
- B 類  $1 \sim 2\mu\text{m}$  の範囲に 50% 以上の粒子が分布するもの
- C 類  $1 \sim 2\mu\text{m}$  の範囲の粒子分布が 50% 以下だが、スムーズな傾斜で比率が減少するもの
- D 類  $1 \sim 2\mu\text{m}$  の粒径分布と  $2 \sim 3\mu\text{m}$  の粒径分布が拮抗するもの
- E 類  $1 \sim 2\mu\text{m}$  の粒径分布より  $2 \sim 3\mu\text{m}$  以上の粒径分布のほうが多いもの
- F 類 どの粒径範囲も比率分布に大きな違いがなく、フラットなグラフ形状を示すもの

これらの分類の基礎となる材料を先に提示しておくこととする。

今回分析対象とした試料には、付着対象遺物の種別や付着遺物の出土状況から、特定の目的のために使用した状態で遺棄された遺物がある。本遺跡においては、2 点のガラス玉付着の朱がある。これらはいずれも円孔部内に極少量が残り、集落における活動において装身具を使用する際に身体、それも首回りへの顔料塗布が行われたことを示す資料と評価できる。特に分析番号 58（本書 T40）のガラス玉には今回の SEM/EDS マッピング分析により、器面の大きな気泡の奥深くにベンガラ粒子もまとまって遺存し、円孔内の朱とは混在しないことが明らかとなった。これは顔料塗布が複数回行われ、ベンガラを塗布する場合もあれば、朱を塗布する場合もあったことを示すものである。このように、ガラス玉に付着した 2 点の試料は、集落における使用された顔料として明確に位置付けられるものである。

また、平池南遺跡（B-52）、龍川五条遺跡（B-58）、林坊城遺跡（B-53～56）、桶端墳丘墓（B-48）は

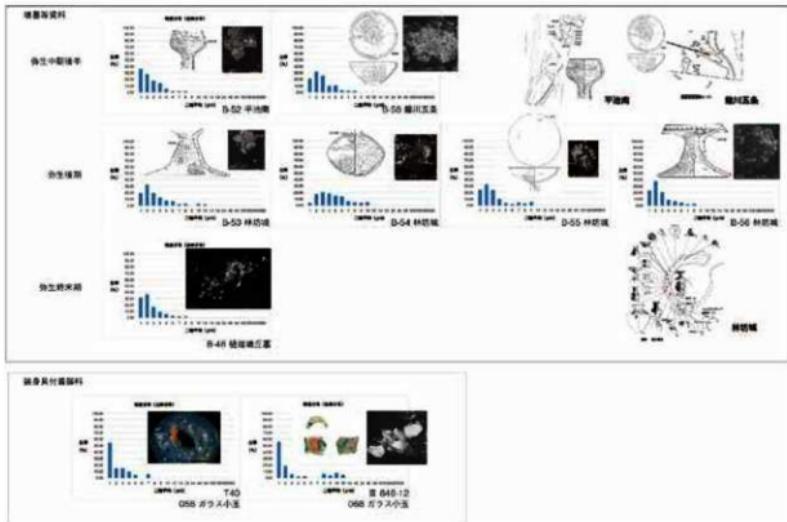
出土状況から墳墓に伴う供獻土器に塗布されたか、あるいは主体部床面に散布された朱である（一部、墳墓未確定のものを含む）。

以上の使用されたことが明確な朱についての粒度のありかたが粒度分布の各類型の意味合いを考える上で基礎となる。以下、使われた朱の粒度を点検する。

#### <墳墓に使われた朱>

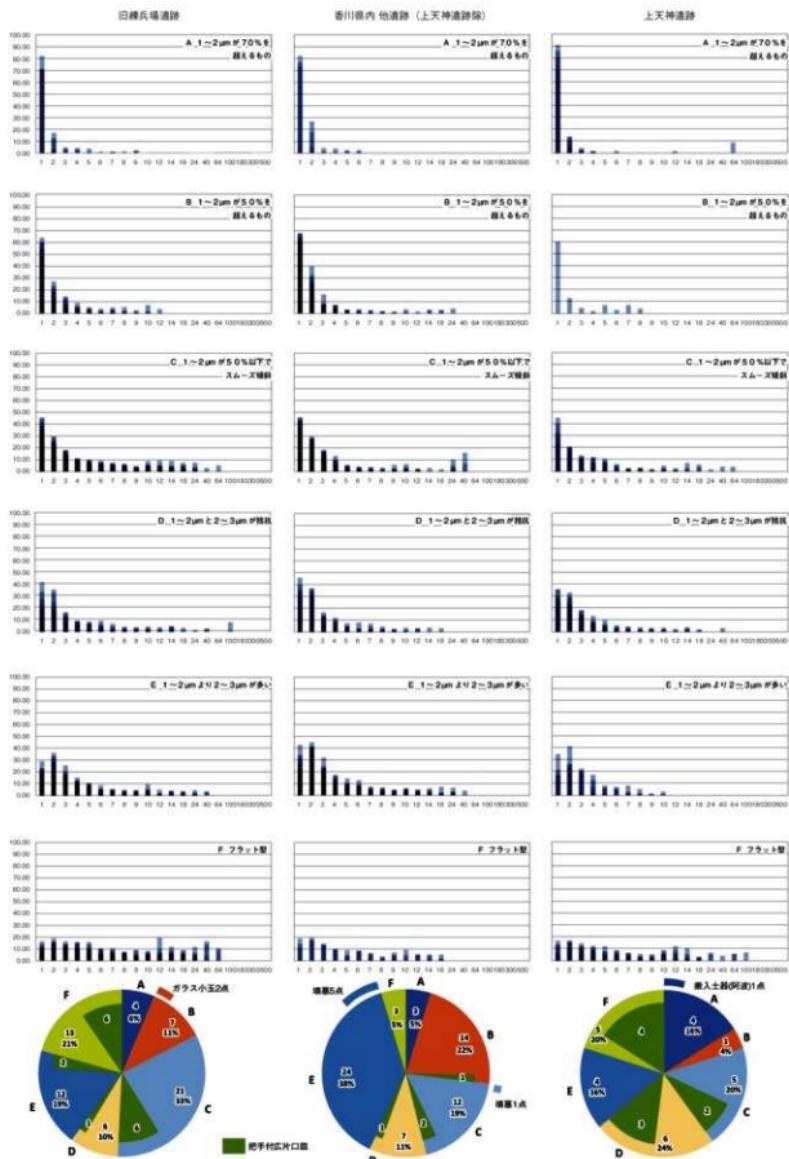
上記の墳墓出土資料の頻度分布グラフを示した（第536図上段）。7試料中6点が最大頻度粒径が2~3μmの領域にある。ここには土器の外面に塗布されたもの、土器内面に固体状態で入れられたもの、埋葬施設に散布されたものが含まれる。使用状況は異なるが最多頻度が等しいことから、墳墓祭祀に使用する粒径の特性がここに示されているものとみられる。本田氏分類の朱II類（本田 1988）に相当するものであろう。一方で3μm以下の微粒子は前掲のように自重より付着力が大きいため気体中では接触物に付着する環境下で自然に淘汰されるか、または空中に浮遊する性質をもつ。つまり、入手した朱は墳墓で使用するため気体中でなんらかの移動を介する経緯があった粒子群とも想定できる。

参考に出雲市西谷3号墳出土朱の電子顕微鏡写真（三浦ほか 1991）や鳥取県松原1号墓出土朱の光学顕微鏡写真（志賀 2012）をもとにして計測すると、サンプリング誤差を考慮したとしても、最大頻度粒径は3~7μmで1~2μmの粒径幅は極端に少ない。上記の粒子群とは粒径がひとまわり大きく、明らかに粒径を揃える分級を行っている。それとともに微粒子以下をほとんど含まない点では、気体中の移動を介しているという解釈も成り立つように思う。粒度としては本田氏分類の朱III類（本田 1988）に相当するものである。



第536図 使われた辰砂粒子の粒度分布

旧練兵場道路 26 次 (2022 年)



第 537 図 辰砂粒子の粒度分類とその構成

## &lt;装飾顔料として使われた朱&gt;

ガラス玉2点の頻度分布グラフを示した（第536図下段）。2点とも1～2μmの微粒子が50%を超える頻度を示す。上記の墳墓出土試料のグラフとは大きく異なる。

参考資料として古墳壁画（北田ほか 2015）や朱漆器の電子顕微鏡写真（岡田 2014）を計測した。いずれも元素分析が行われ辰砂であることが示されたもので、画像に反射電子像が使用され、正確なスケールが写し込まれているものを素材とした。これによると、ほぼすべて1～2μmの粒径幅が50%以上の頻度を有しており、上記分類ではB類で、本ガラス玉試料と類似する。岡田文男氏は縄文時代の漆器は着色顔料の粒子の大きさや密度を層ごとに変えており、弥生時代以降は赤漆を1層のみ施すものや漆以外の展色剤を使用するものが出現し、楽浪漢墓における布着せを施した格の高い漆器群において大粒の辰砂粒子が認められるのを除いて、多くは最大粒子径10μm以下に収まることを示している（岡田 1995）。これは上記の中世漆器においても同様と考えられる。

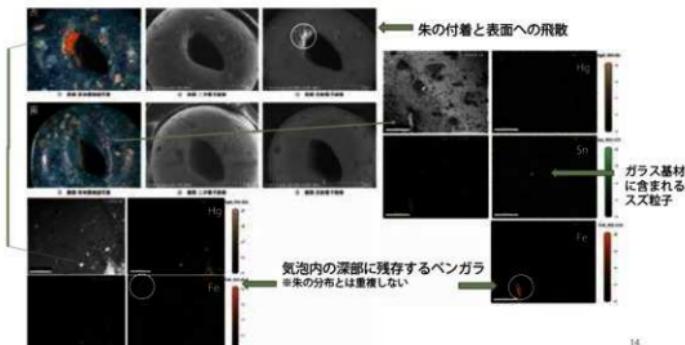
つまり、着色や装飾に使われる顔料は弥生時代以降は10μm以下に収まり、1～2μmの比率が最も高い粒子群と考えられる。微粒子や微粉が浮遊せず、あるいは移動による別物への付着などを介すことなく顔料として使用されていることから、液体中で10μm以上の粒子から最終の粉碎を行った可能性が考えられる。一方で、微粒子や微粉は水簇工程において付着力（水面の表面張力）により浮遊するサイズである。それを回収し土器の底に自然乾燥させるという、岩絵の具の水簇精製と同様の技法で分級したものかもしれない。

いずれにしても上記分類のA類、B類については水簇工程において初期の段階で分級された一群か、あるいは分級後に使用する目的で保管・使用された粒子群である可能性が考えられる。

以上を踏まえて、類型C等の在り方を検討する。

C類の特徴は10μm以上の大形粒子がA類やB類よりも多く認められることがある。旧練兵場遺跡も、それ以外の遺跡においても試料群中の最大粒子径あるいは次点の大きさを有する試料がこのC類に含まれる。これにより微粒子（3μm未満）の比率が相対的に低下する。

D類も大形粒子を多く含む傾向があるが、2～3μmの粒子が1～2μmの粒子と同様に高率で存在するものである。この現象は、基本的にC類から1～2μmサイズの微粒子が除去されたものである。次



第538図 ガラス玉付着の赤色顔料

の E 類に共通するが、微粒子は気体中で粒子群が移動する場合に、意図せずして除去される傾向があることを前記した。それ以外にも、水築工程を踏まえて初期段階に水中で浮遊する微粒子を別容器に除去した可能性もある。そのような微粒子の分級を経た類型と位置付けられる。

E 類は上記したように墳墓資料などに特徴的な、気体中で一度移動した経緯がある粒子群であるか、または意識して微粒子を除去し  $2 \sim 3\mu\text{m}$  付近に分級した粒子群であるかなどが考えられる。

F 類は  $10\mu\text{m}$  以上の大形粒子が他と比べて非常に多いことが特徴で、結果的にグラフではフラットな形状を呈す。個数基準の分布グラフでは  $3\mu\text{m}$  以下の微粒子が他と遜色ない程度検出されるが、それにも増して大形粒子の量が多いことがグラフ形状に変調をもたらしている。素材の粉碎後移動することなく土器底に残った粒子群と考えられる。

以上、A～F 類を精製（水築）工程を念頭に区分したが、A・B 類は意図して微粒子主体の粒径に分級されたもの、E 類は意図したか否かは不明だが  $2\mu\text{m}$  未満の微粒子を除去して  $2\mu\text{m}$  以上の粒子に分級されたもの、と判定でき、これらはそれぞれ前者が塗料等の装飾顔料として、後者が墳墓への供獻に伴う祭祀物の顔料として使用された個体との共通性が認められたのに対して、C・D・F 類はそれらの分級途上で土器底に残った粒子群である可能性が考えられた。

#### d) 器種と粒度類型の相関

粒度類型の A・B・E 類については水築等による精製（分級）が行われたもので、そのほかの類型は素材の粉碎後に基本的には移動を伴わず土器に付着した粒子群の可能性を考えた。ここでは、A・B・E 類を 1 群、それ以外の類型を 2 群とし、1 群 : 2 群の数量比を器種別に概観する。

まず把手付広口皿は、旧練兵場遺跡で 1 群 : 2 群が 2 点 : 10 点、上天神遺跡で 0 点 : 9 点、それ以外の県内遺跡で 1 点 : 3 点と、2 群に集中する。本器種が水築工程において最初から使用された専用容器と考えられることから、上記における粒径分布から推測した解釈と整合する。大形鉢は旧練兵場遺跡で 1 群 : 2 群が 1 点 : 1 点、上天神遺跡で 5 点 : 3 点、それ以外の県内遺跡で 1 点 : 1 点と、1 群と 2 群が伯仲する。これは水築過程で複数の用途に使われた器種といえよう。鉢は、旧練兵場遺跡で 1 群 : 2 群が 11 点 : 11 点、上天神遺跡で 3 点 : 4 点、それ以外の県内遺跡で 19 点 : 11 点と、1 群と 2 群が伯仲しつつ 1 群にやや多い傾向がある。これも水築過程で複数の用途に使われた器種であることと、微粉除去された E 類に多く認められるのは、墳墓等における祭祀物への移動容器として用いられた可能性を示すものであろう。

なお、参考に绳文時代（後期～晩期）の土器付着試料 11 点の粒度類型を分析した結果、類型の F 類は存在せず、そのうち 9 点は 1 群（A・B・E 類）に属すことが明らかとなった。水築後の赤色顔料が持ち込まれている可能性が考えられた。

## 6.まとめ

旧練兵場遺跡及び県内の他遺跡出土の赤色顔料について、土器に付着した顔料を中心として観察・分析を行った。以下、指摘した点をまとめておく。

- ・土器に付着した赤色顔料には朱とベンガラがある。
- ・両者混和したものは認められない。

第59表 旧練兵場遺跡粒度分析における粒度類型別粒子径

分類	個数	最大粒子径 (μm)			中間粒子径 (μm)			四分位偏差 (μm)		
		最大値	最小値	平均値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	
A	4	9.78	3.88	6.73	1.41	0.20	0.26	0.16	0.21	
B	7	12.41	5.72	9.31	1.84	0.09	0.47	0.30	0.37	
C	19	69.33	8.34	23.74	3.05	0.76	1.05	0.45	0.73	
D	7	133.24	9.41	38.76	3.31	0.85	1.34	0.48	0.87	
E	13	62.14	10.32	25.18	3.42	0.54	1.20	0.56	0.88	
F	10	99.51	18.07	38.65	6.24	1.95	1.92	1.18	1.58	
総計	60	133.24	3.88	25.47	3.44	1.70	1.92	0.16	0.84	

第60表 上天神遺跡粒度分析における粒度類型別粒子径

分類	個数	最大粒子径 (μm)			中間粒子径 (μm)			四分位偏差 (μm)		
		最大値	最小値	平均値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	
A	4	65.09	4.17	19.63	1.37	0.15	0.25	0.17	0.22	
B	1	8.71	8.71	8.71	1.34	0.00	0.28	0.28	0.28	
C	5	70.71	7.11	33.19	2.61	0.66	0.88	0.40	0.65	
D	6	51.30	10.14	21.74	2.74	0.32	0.96	0.62	0.73	
E	4	10.19	7.20	9.25	3.02	0.42	0.89	0.50	0.79	
F	5	88.17	14.49	45.79	5.25	0.96	1.70	1.06	1.40	
総計	25	88.17	4.17	25.98	2.98	1.38	1.70	0.17	0.76	

第61表 県内弥生時代遺跡（旧練兵場・上天神を除く）粒度分析における粒度類型別粒子径

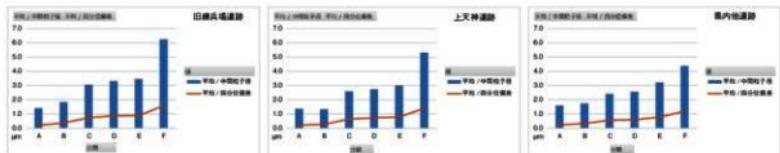
分類	個数	最大粒子径 (μm)			中間粒子径 (μm)			四分位偏差 (μm)		
		最大値	最小値	平均値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	
A	1	6.26	6.26	6.26	1.42	0.00	0.25	0.22	0.23	
B	12	134.00	4.46	20.11	1.79	0.17	0.40	0.24	0.33	
C	11	63.78	6.71	22.58	2.41	0.33	0.77	0.43	0.56	
D	6	23.89	5.35	13.44	2.55	0.45	0.94	0.37	0.60	
E	20	82.50	4.19	19.29	3.23	0.81	1.35	0.36	0.77	
F	3	20.38	18.75	19.34	4.37	0.27	1.37	1.09	1.19	
総計	53	134.00	4.19	19.25	2.70	0.90	1.37	0.22	0.61	

第62表 繩文時代遺跡粒度分析における粒度類型別粒子径

器種	個数	最大粒子径 (μm)			中間粒子径 (μm)			四分位偏差 (μm)		
		最大値	平均値	最小値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
深鉢	1	8.58	2.28	0.61	1.42	0.00	0.25	0.22	0.23	
浅鉢	9	19.81	9.45	3.49	1.38	0.24	0.85	0.23	0.47	
磨石	1	40.39	3.63	0.77	1.42	0.00	0.77	0.43	0.56	
総計	11	40.39	12.18	3.63	1.38	0.24	0.85	0.23	0.51	

器種	A	B	C	D	E	総計
深鉢						1
浅鉢	2	3	1	1	2	9
磨石						1
総計	2	3	1	1	4	11



第539図 粒度類型と粒子径の関係性

- 朱は粒子の形状や粒径の分布に試料ごとの特性が認められ、素材の辰砂から精製（水築）を経て顔料の粒度が生成されたものと推定した。
- ベンガラも粒子の形状は一定ではなく、従来のパイプ状ベンガラ以外にも芋虫状のベンガラ粒子があるなど多様である。
- 朱の粒子の最大粒子径は100μmを超えるものが稀にあり、おおむね70μm以下に収まり、10μm以

上の粒子に破碎稜線が磨滅するものが含まれることから、 $10 \sim 100\mu\text{m}$  の粒子 ( $50 \sim 70\mu\text{m}$  を主体とするか) で構成する粒子群が各集落に素材として搬入されたことを推定した。

- ・使われた顔料として、ガラス玉孔内に残存する朱の粒径は  $1 \sim 2\mu\text{m}$  を最多頻度として  $10\mu\text{m}$  以下の分布に収まる傾向があり、そのほかの古墳壁画や朱塗内の朱粒子の粒度分布に共通することから、装飾顔料として使用された類型として A・B 類を定義した。

- ・墳墓の供獻土器に付着する朱と主体部床面に散布された朱の粒度分布を点検した結果、最大頻度粒径が  $2 \sim 3\mu\text{m}$  かそれ以上の粒径に分布の中心があることが判明し、粉碎後に気体中で移動を介した経緯がある粒子群として E 類を設定した。

- ・A・B・E 類以外の類型は大形粒子を多く含むことによる粒度分布の変調、あるいは  $3\mu\text{m}$  以下の微粒子を除外することによる変調など、精製（水篩）工程の当初の粒子群が部分的に変調したものと解釈した。

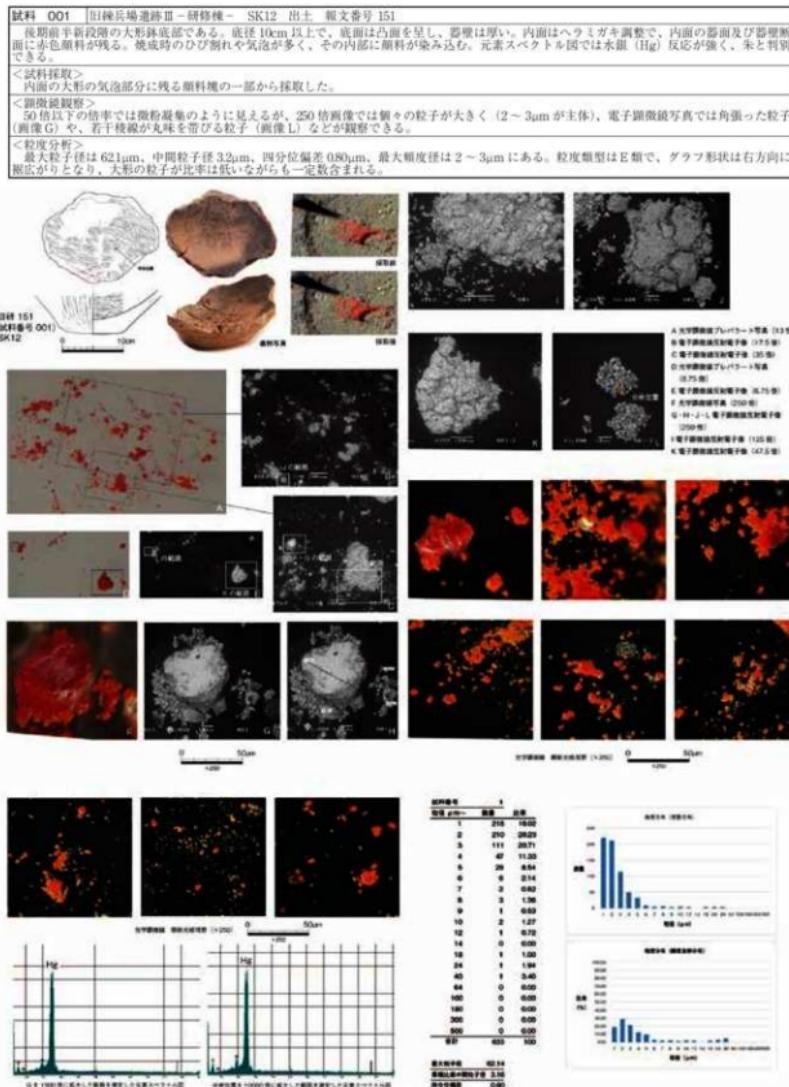
- ・A・B・E 類を 1 群、それ以外の 2 群とし器種別に検討すると、専用容器と目される把手付広片口皿は 2 群に偏り、大形鉢や鉢はは同率であることが判明し、水篩工程の諸段階を反映するものとの見通しが得られた。

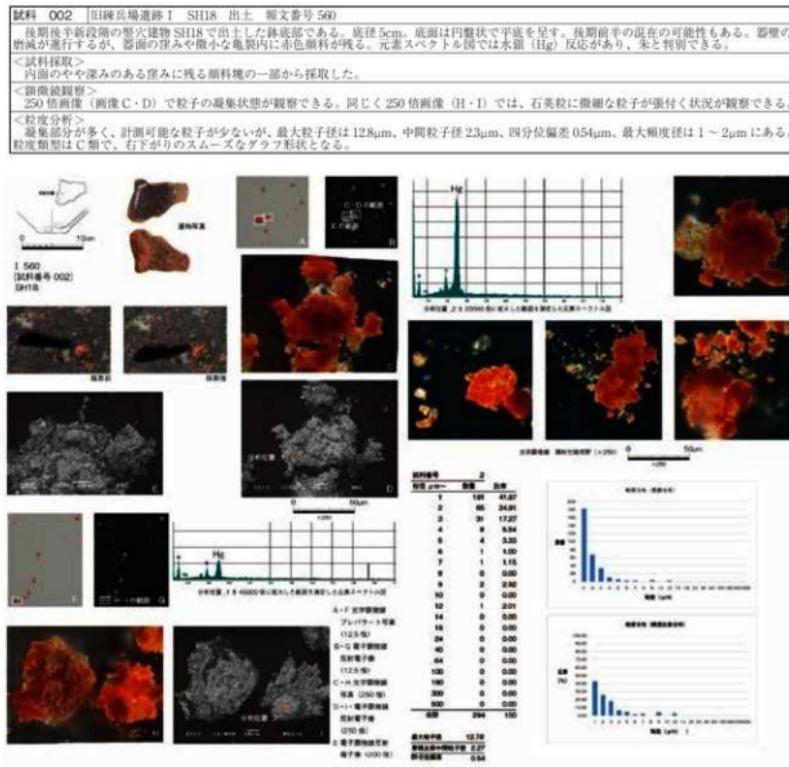
以上が今回の観察・分析により得られた事項だが、かなり多くの試料を対象としたつもりであったが、類型化し統計的に有意な材料を得るにはまだ十分な量ではない。とはいっても、県内の弥生時代集落において、他所から入手した辰砂鉱石や大形粒子を素材として、当時の人々がそれを如何にして加工し使用したのか、赤色顔料をめぐる人々の行為は、顔料の粒子レベルの観察・分析を踏まえて検討・復元されるべきであり、その端緒を示すことはできたものと考える。

また、旧練兵場遺跡の赤色顔料（朱）は後掲の硫黄同位体比分析によれば、県内で唯一中国産辰砂を多数入手しており、それを反映するように、この粒度分析の結果も県内の他の遺跡と比べ大形粒子が含まれる特徴があるなど、県内の他の遺跡との違いも明らかとなった。

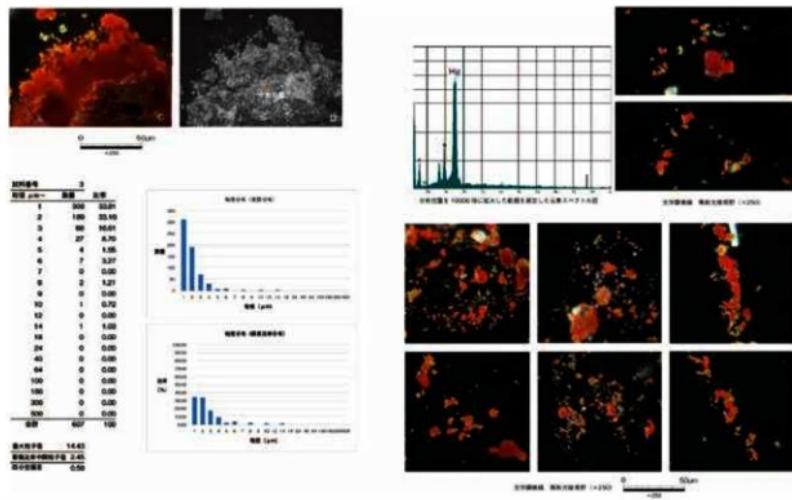
今回の赤色顔料の分析では、考古学的観点から個々の資料について顔料の付着状況、試料採取位置、光学顕微鏡と電子顕微鏡の画像比較、粒子の大きさとその分布について、可能な限り資料化することを心掛けた。具体的な提示の方法については課題も多く、より良い資料化の方法があろうと思うが、今後も出土した赤色顔料が資料化され分析・検討が行われることで、文化財としての価値が一層明らかとなり、多くの人々にとってわかりやすい形で保存・活用が行われる対象であり続けることを期待する次第である。

本分析にあたっては、本田光子氏、大久保徹也氏より多くの御教示をいただいた。また、令和 2 年 12 月 26 日には四国内と島根県の赤色顔料の研究者の方々に参集いただき、本遺跡出土赤色顔料を報告するにあたっての多くの御助言をいただいた。記して感謝申し上げる。なお、その際に朱付着土器の外面に煤が付着し加熱等を行った痕跡について問題提起がなされたが、今回の分析ではまったく触れることができなかったことをお詫びし、これから課題としておきたい。





第 541 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2



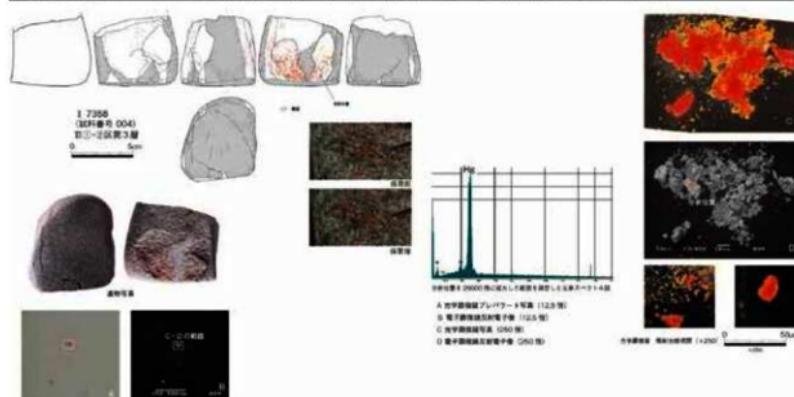
試料 004 [三]練兵場遺跡 I 混合層 出土 質文番号 7358

弥生時代後期佐賀層出土の鉱石製石片である。表面は完存し、基部側が大きく折損する。表面は  $5 \times 6\text{cm}$  の隅丸台形で長軸方向にわずかな擦痕を認める。赤色顔料は表面にはほとんど着付せず、側面の剥離面に多く付着する。背面にはいくつかの亀裂が認められ、亀裂内部には顔料が充填される。表面の平均粗さは  $0.2\mu\text{m}$ 、表面の凹凸度は  $R_a$  (算術平均粗さ)  $8.1\mu\text{m}$ 、最大深さ  $40.3\mu\text{m}$  を計測した(第4章第3節(4)参照)。粒度分布 # 4000 以上の流紋岩・安山岩製の鉄器用と目される砥石の品質と比較すると相違を残す。元素スペクトル図では水銀 (Hg) 反応があり、素と判別できる。

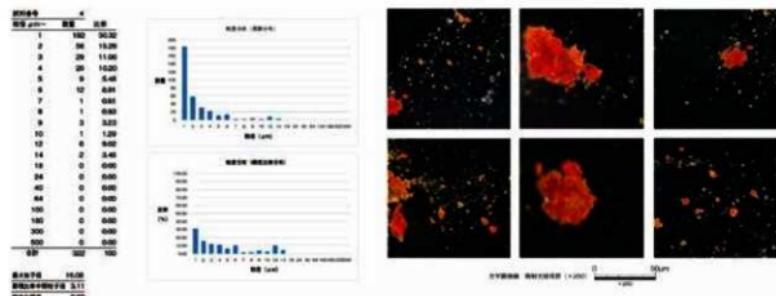
<試料採取> 箔面の剥離面に付着した顔料塊の一部から採取した。

<顔料顕微鏡像> 250 倍画像 (画像 C・D) で微小 ( $1\mu\text{m}$ ) の粒子も多く見えるが、長さ  $10\mu\text{m}$  前後の粒子も比較的多く含まれる。

<粒度分布> 粒子径  $0.161\mu\text{m}$ 、中間粒子径  $3.1\mu\text{m}$ 、四分位偏差  $0.82\mu\text{m}$ 、最大頻度径は  $1 \sim 2\mu\text{m}$  にあるが、 $2 \sim 3\mu\text{m}$  以上の粒子も多く、 $10\mu\text{m}$  を超える辺りにも若干のピークがある。粒度類型は C 型としたが、粒径  $5\mu\text{m}$  以上の比率が多い点で他の C 型とはやや異なる。



第 542 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3



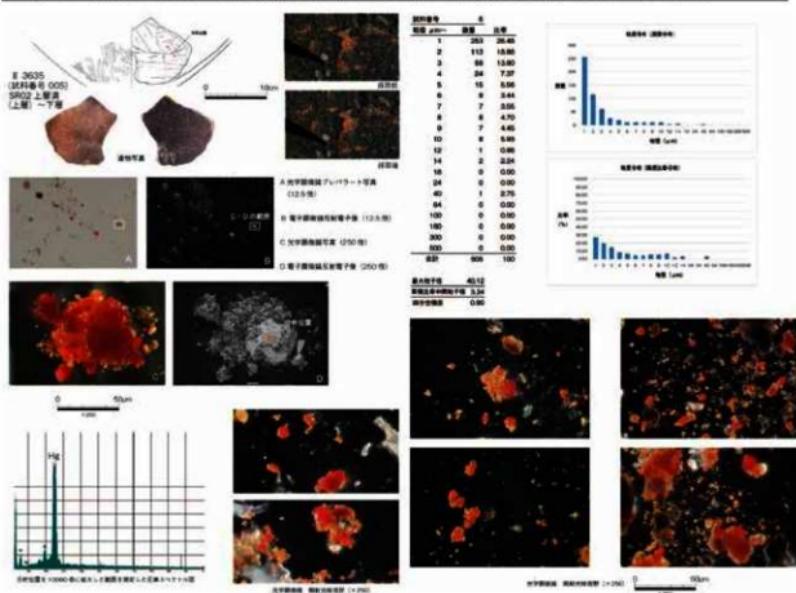
試料 005 田舎兵場遺跡Ⅱ SR02 上層溝下層出土 標文番号 3635

先秦時代後期前半から後半古墳階段で大量に土器投棄された低地帯の溝で出土した土器片である。胴部下半の土器片で外腹はハケ目調整、内腹はハラ削り調整をし、内面のケスリ込み面に赤色顔料が遺存する。器種は調整技法から見て壺または壺と推定する。元素スペクトル図では $\text{Mn} < \text{Fe}$ 、 $\text{Mn} < \text{Mg}$ 、 $\text{Mn} < \text{Ca}$ 、 $\text{Mn} < \text{K}$ である。

強い小頭（自慢）反応があり、木と特徴的である。

・**試料採取** 内面の器面の端みに付着した細胞塊の一部から採取した。

粒子は試料中の最大粒子である。DのSEM写真では結晶の横模様や収縮面が残ることから、サンプリング中に破壊した可能性が考えられ、実測にはもう少し大きな結晶が存在したとの考え方である。



第543図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート4

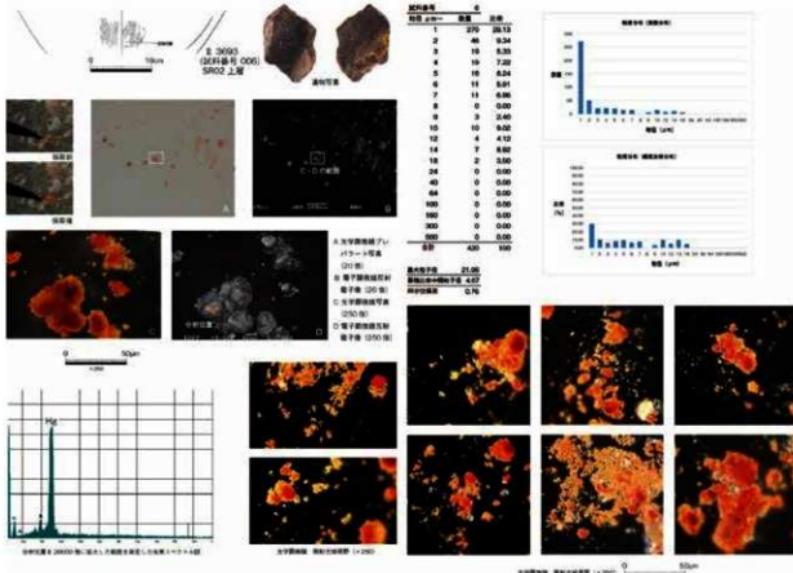
## 試料 006 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 報文番号 3693

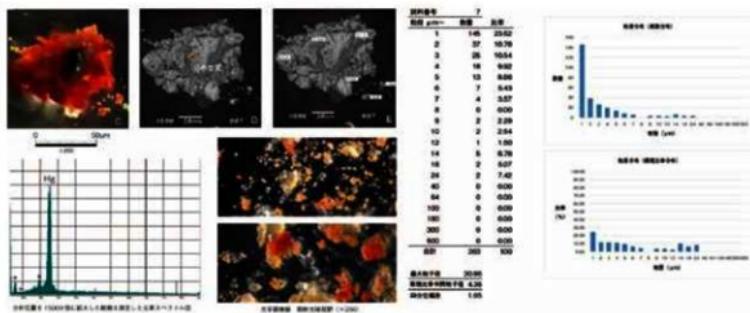
弥生時代終末期に大量に土器投棄された低地帯で出土した土器片である。胴部下半の土器片で内面ハケ日調整が施されたハケの痕跡が各所に残る。内面のケズり痕み面に赤色顔料が遺存する。器種は調整技法から見て要または壺と推定する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面の器皿の跡みに付着した顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
250倍画像（画像 C・D）では長さ 10μm 前後の大きな粒子と、1~2μm の微小な粒子の凝集が観察できる。ほかの光学顕微鏡写真でも大形粒子と微小粒子の組み合わせが見られ、微小粒子は特に 1~2μm の粒が偏う状況が観察できる。

<粒度分析>  
最大粒子径は 220μm、中間粒子径 47μm、四分位偏差 0.76μm、最大粒度径は 1~2μm にあるが、10~17μm にもビーグがある。粒度類型は C 種としたが、粒径 10~17μm 前後の比率が多い点で類型 F にも近い。試料 4・5 と同様に、他の C 種とはやや異なる。





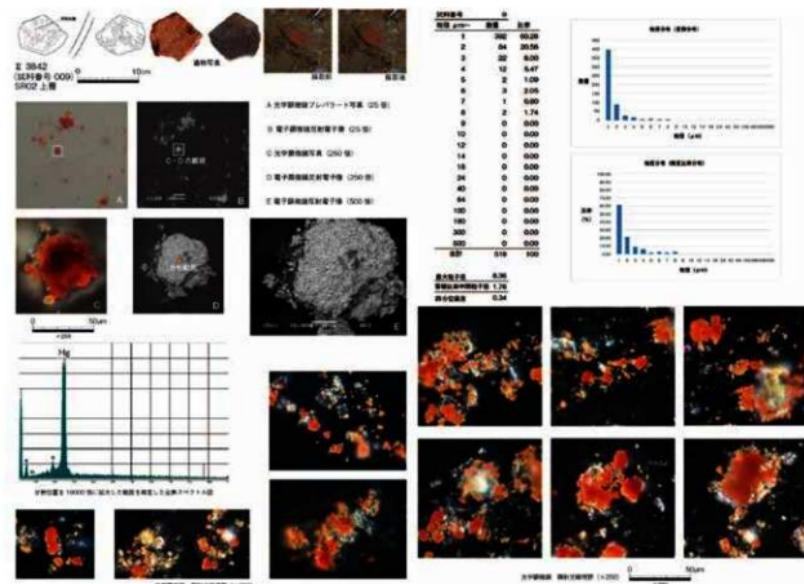
## 試料 005 旧練兵場跡 II SR02 上層出土 報文番号 3842

弥生時代終末期に大量に土器被乗された軋地帶に混在して出土した土器片である。外面タキ溝整、内面ハケ目溝整が施され、内面ハケ目の底みに赤色顔料が遺存する。調整技法からみて要の可能性がある。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面のハケ調整面の一部の大めの底みに付着した顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
250倍画像（画像C・D）で1~2μmの微小かわ粒径の纏った粒子が石英粒の周囲に凝集する状況が観察できる。500倍に拡大したのEのSEM画像はやや解像度が弱いものの、粒径が纏う様子が観察できる。

<粒度分析>  
最大粒子径は84μm、中間粒子径18μm。四分位偏差0.34μm、最大頻度径は1~2μmにあり全体の60%を超える。8μmに向けて急速にグラフラインが下降する。粒度型類はB類である。



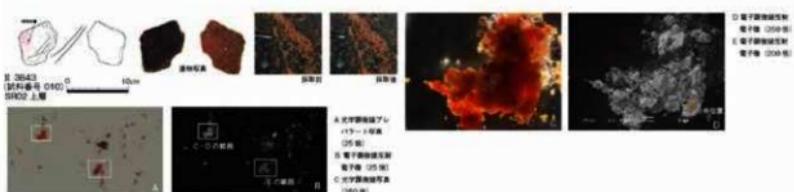
## 試料 010 旧練兵場跡 II SR02 上層出土 報文番号 3843

弥生時代終末期に大量に土器被乗された軋地帶に混在して出土した土器片である。外面マツツ、内面板ナゲ溝整が施され、内面の原体底窪の底みに赤色顔料が遺存する。種類は不明である。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

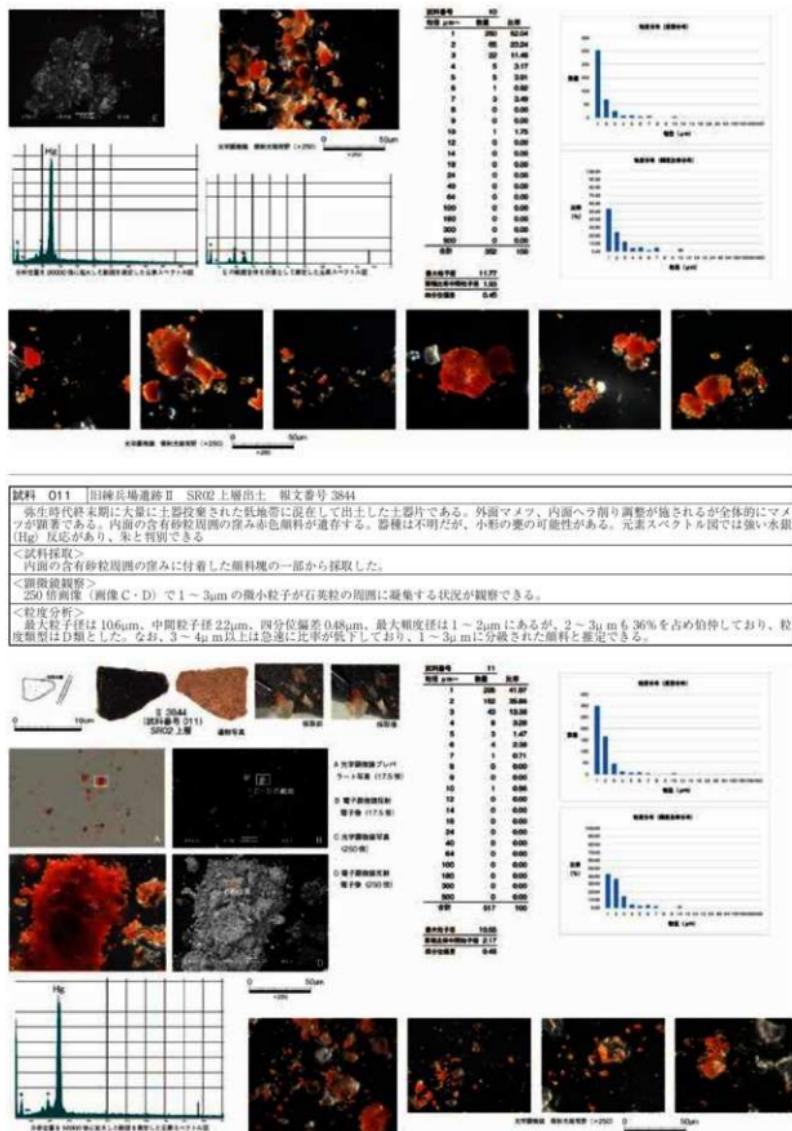
<試料採取>  
内面の調整面の一部の大めの底みに付着した顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
250倍画像（画像C・D）で1~2μmの粒径の纏った微小粒子が石英粒の周囲に凝集する状況が観察できる。

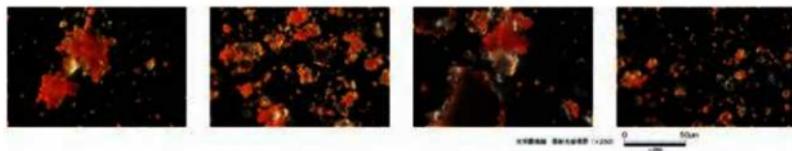
<粒度分析>  
最大粒子径は11.8μm、中間粒子径1.9μm、四分位偏差0.45μm、最大頻度径は1~2μmにあり全体の52%を超える。7μmに向けて急速にグラフラインが下降する。粒度型類はB類である。



第546図 旧練兵場跡赤色顔料分析シート 7



第 547 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 8



## 試料 012 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 報文番号 3841

弥生時代終末期に大量に土器投棄された低地帯に混在して出土した把手付広口壺の把手部である。把手付広口壺は後成前に一旦土器の形に成形して窓に手取し、底部側に柄を貼付して把手を成形し、口縁部側はそのままの形で成形して片口成形する。朱精製作用部は把手付広口壺の上部である。把手部の粘土膏貼付方法にバリエーションがある。本遺物は元の土器の底部が平地の底盤がそのまま残り、手取部に赤い色手が貼付されるものである。主に内面に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、未だ判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

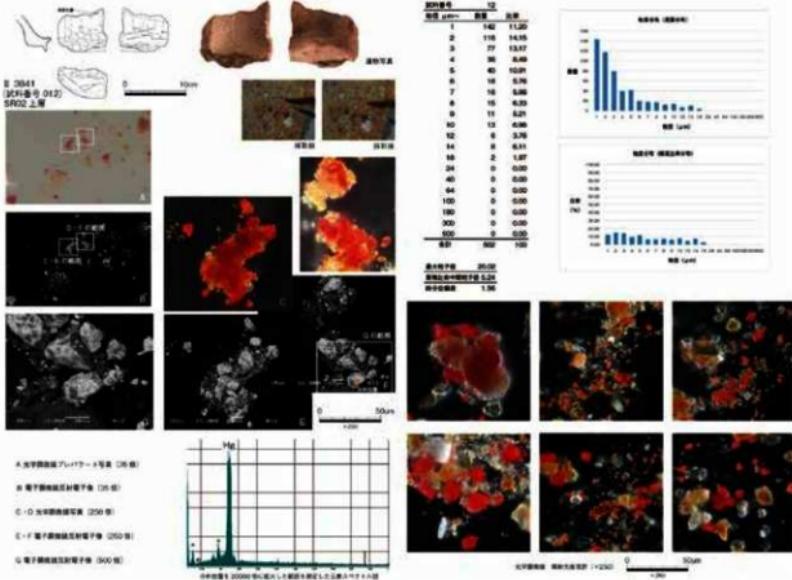
内部に付着した顔料塊の一部から採取した。

## &lt;顔料観察&gt;

×250倍画像（画像 C～F）で後継や断面剥離部に粒度が少ない10 μm以下の粒子（結晶片）が多数観察できる。500倍に拡大した画像 G では集塊が見られる。その周囲には1～3 μmの細小粒子や中間サイズの粒子が石英颗粒と混在する。ほかの光学顕微鏡写真には透明感のある結晶片が目立つ。見掛けや輪郭が崩滅しているように見えるが、これは対物レンズの解像力の限界であって、SEM 画像と対比することでより崩滅していない結晶片を見て良い。素材として用いられた辰砂鉛石の粉砕直後の粒子形状が器皿の底面に遺存したものと考える。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒度径は 200 μm、中間粒子径 5.2 μm、四分位偏差 156 μm、最大頻度径は 2～3 μm である。大小を通じて比率グラフの形状は平坦で、粒度類型は F 型。先述のように 5～18 μm の粒子が多數遺存することが特徴である。



## 試料 013 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 報文番号 3287

弥生時代終末期に大量に土器投棄された低地帯に混在して出土した陶器は底盤部である。底盤は平底で底縁部に棱線が残ることから、後期前の土器が混在したもので、厚みから見て大約の跡の中形以上の器と考えられる。外縁タキ調整及びハケ目調整、内面はハケ調整及びナゲ調整で仕上げるが全体的に崩滅が進行する。内面器底の鉢状凹溝内に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、未だ判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

内部に含有鉢粒混潤の底面に付着した顔料塊の一部から採取した。

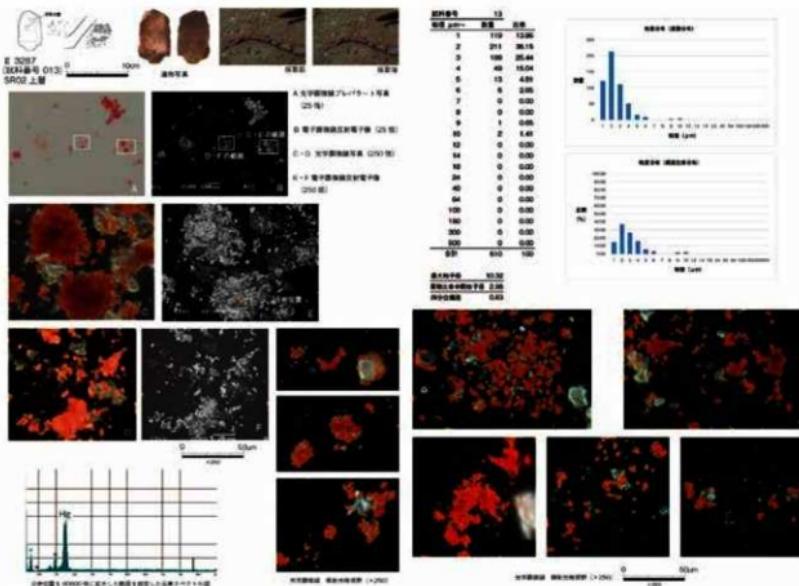
第 548 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 9

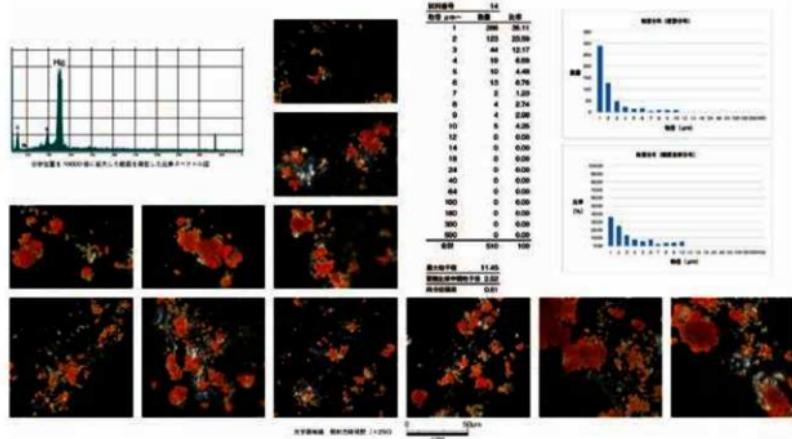
## &lt; 跳躍鏡観察 &gt;

250 倍画像 (画像 C ~ F) で 1 ~ 3μm の微小粒子が石英粒とともに凝集する状況が観察できる。1μm 以下の微粉をほとんど含んでいない。そのほかの光学跳躍鏡写真も粒子は 1 ~ 2μm よりやや粒の大きな 2 ~ 3μm の方が多い。粒子形状は角張ったものが多く、なかには透明度が高く扁平な薄片のような粒子もあり、粉碎後は運動・移動等の軽減を受けないでいる粒子と考える。

## &lt; 粒度分析 &gt;

最大粒径は 10.4μm、中間粒子径 3.0μm、四分位偏差 0.61μm、最大頻度径は 2 ~ 3μm にある。粒度類型は E 類である。なお、1 ~ 2μm の比率が少く、少ない。跳躍鏡観察では 1μm 以下の微粉をほとんど含まないことが判明しており、此石粉碎後に分級して微粉が取り除かれ、さらに 3μm 以上の粒子も分離された段階の燃料と考えられる。





試料 015 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 報文番号 4033

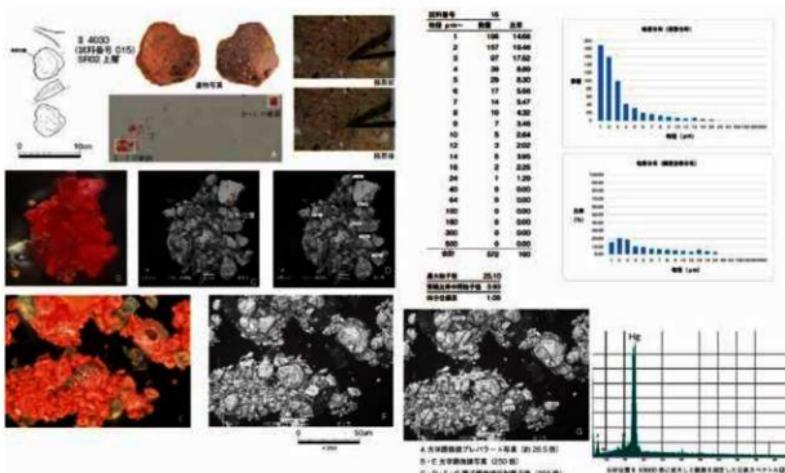
弥生時代終末期に大量に土被り棄された軋地盤に混在して出土した土器片である。残存範囲が僅かで、器形復元は困難。鉢としたが、把手付口部の可逆性もある。器面の磨滅が顕著だが、内面の甌裂や塗みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取場>  
内部の施設に付着した頬料塊の一部から採取した。

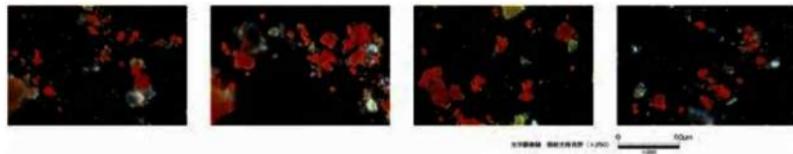
## &lt;顕微鏡観察&gt;

10~25μm 大の重角錐状の粒子（結晶片）が凝聚し、その間を10μm以下、特に2~4μmの細かな粒子が埋める。SEM画像でみると、10~15μmの粒子は棱鏡や崩壊形態が鋭く残るが、20μm以上の粒子には磨滅して丸味を帯びた部分が散在できる。また、SEM観察の落射暗視野で撮影したESEMでは、その削減面はやや崩壊形態を呈す。これは磨滅による表面の凹凸で乱反射が多くなり、反射率が低下したためと考えられる。末の資料となる脈移粒子（結晶）が持ち込まれた時の表面形状を留めるものであつた。ただし、1μm以下の微粉も留意すべきである。

<粒度分析>  
最大粒子径は25.1μm、中間粒子径3.9μm、四分位偏差1.06μm、最大頻度径は2~3μmにある。1~2μmは比率が低下し、上記のように1μm以下の微粉が少ないことと整合する。最大粒子25.1μm頂にはクラフが下する。粒度粗型はE型としたが、大形粒子の比率が目立つことから把手付広片口部に多い類型F型に該当。ただ、微粉が少ない点では水銀E型と同様である。



第550図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 11



## 試料 016 | 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 稿文番号 5456

弥生時代終末期に大量に上器投棄された低地帯に混在して出土した把手付広口瓶の把手部片である。元の土器のやや角味のある底線に細い粘土帯を貼付する。内面及び把手部外側に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

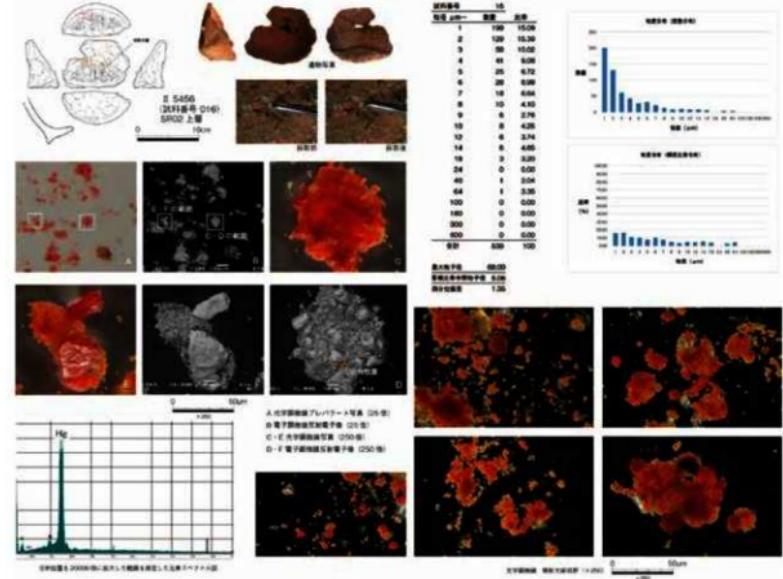
内部に着した顔料塊の一部から採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

画像 C-D は 10 ~ 20 μm 大の亜角錐状の粒子（結晶片）が凝聚し、その間を 3 μm 以下、特に 1 ~ 2 μm の微粒子が埋めている。画像 E-F は長さ 30 ~ 40 μm の大形粒子（結晶片）と 1 ~ 2 μm の微粒子が凝聚したものである。10 μm 以上の大形粒子（結晶片）は前掲同様棱錐が丸味を帯びた個体を含む。

## &lt;粒度分布&gt;

最大粒子径は 680 μm、中間粒子径 51 μm、四分位幅差 136 μm、最大頻度径は 2 ~ 3 μm と 1 ~ 2 μm が拮抗する。40 μm 過えの最大粒子を除くと、24 μm 附近までスムーズに移行するようみえる。粒度類型は D 型となる。1 ~ 2 μm の微粒子が多く認められるが、それ以上に 10 μm を超える粒子が多く、1 ~ 2 μm の相対比率が低下している。



## 試料 017 | 旧練兵場遺跡 II SR02 上層出土 稿文番号 2966

弥生時代終末期に大量に上器投棄された低地帯に混在して出土した把手付広口瓶の頸縫部片である。元土器の焼成前分割面に粘土を貼付し、箇所を施す。内面及び外側に赤色顔料が施され、底部の裏面、頸縫部等にヘラ・ザギ彫刻は後期前半段階のもので、後期後半段階のもので、建物由緒Ⅱ SH3B1 で出土した把手付広口瓶（分析番号 021）と先通りである。内面及び無縫端面、さらに外面にも器皿の底みや底裂内に染み込んで赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

内部に染みに付着した顔料塊の一部から採取した。

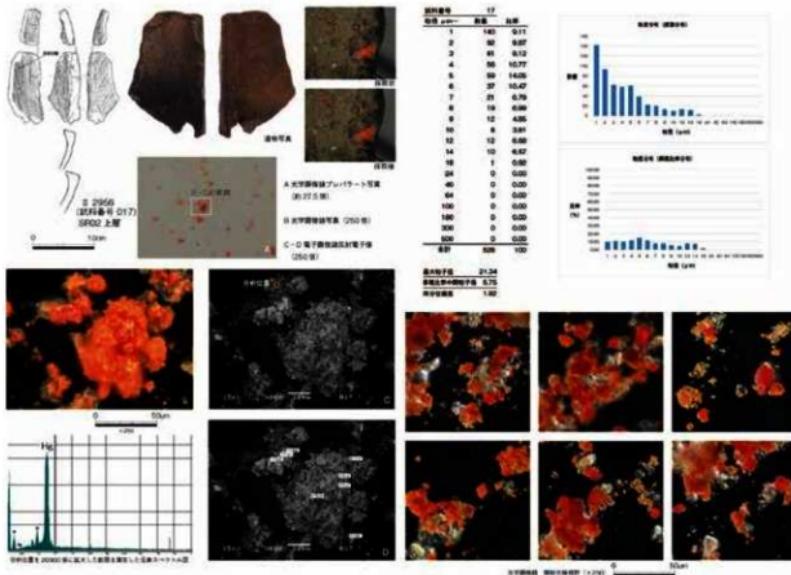
第 551 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 2

## &lt;顕微鏡観察&gt;

画像B・Cは10~20μm 大の角錐状の大形粒子（結晶片）と、1~5μm の大小粒子の凝聚が観察できる。1μm 未満の微粉も含まれる。角錐状の大形粒子は破断面が凹凸で、サンプリングの際に破断したと思われる。20μm を超える粒子は既存した可能性を示す。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は21.3μm、中間粒子径5.8μm、四分位偏差1.92μm、最大頻度径は5~6μm にあるが、グラフの波形は平坦である。粒度類型はF型となる。1~2μm やそれ以下の微粒子も多く認められることから、底石あるいは大形結晶片を破砕した直後の状態が遺存した可能性がある。



## 試料 018 旧練兵場遺跡 II SR01 級下層上位出土 報文番号 2318

弥生時代前期浸没河川の上位で出土した鉢底部である。同一層準出土土器はすべて前期土器だが、報告では唯一この土器のみ後期土器と解する。底径7cm のやや上げ放氣味の平底で、外縁はハケ目調整、内縁はナデ調整で器面の残存状態は良好である。内面広範囲に赤色顔料が遺存する。元素スペクトルでは強い水銀（Hg）反応があり、朱と判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

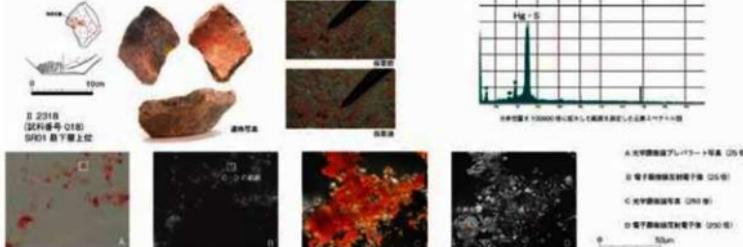
内面に付着した顔料塊の一部から採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

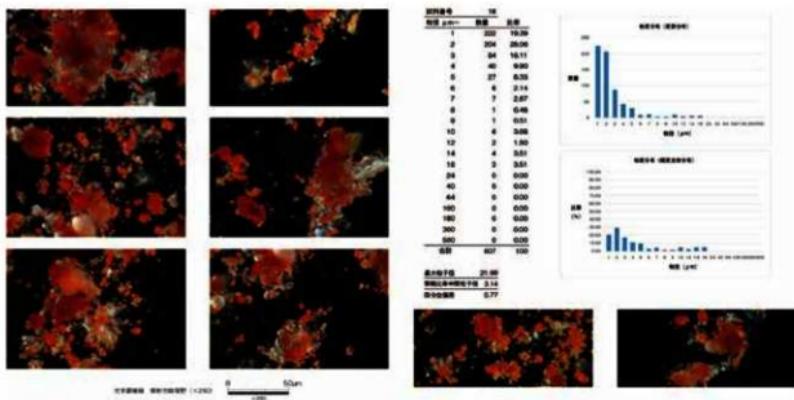
画像C・Dでは10~20μm 大の角錐状の粒子（結晶片）少量に、1μm 以下の微粉から5μmまでの粒子が透明な石英粒と混在する状態が認められる。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は22.0μm、中間粒子径3.1μm、四分位偏差0.77μm、最大頻度径は2~3μm で、20μm付近に向けてスムーズに下降するグラフラインを描く。粒度類型はE型である。



第552図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート1.3



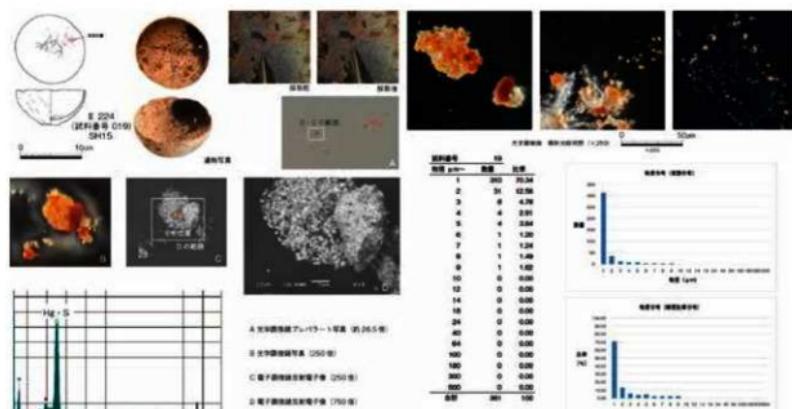
試料 019 [旧練兵場遺跡 II SH115 出土 報文番号 224]

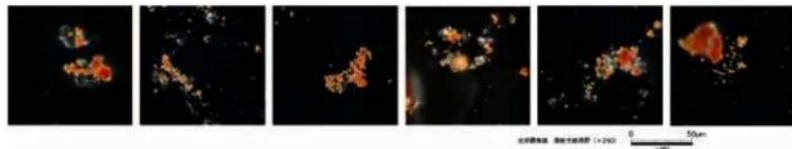
弥生時代終末古段階で堅穴埴物で同サイズの正方形鉢とともに床面壁面でまとまって出土した土器のうちの1点である。この土器だけ赤色顔料の付着がある。複数の小形鉢で底部は僅かに平底面を残すが、体部は半球形に近い。内面広範囲に薄く器面に貼り付いた状態で赤色顔料が堆存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内部に付着した顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
画像 B-C では 1 ~ 2 μm の微粒子が凝集し、やや大きめの結晶様物質に貼り付いた状態が観察できる。結晶様物質は、辰砂結晶のように見えるが、ほかの光学顕微鏡写真も参照して観察すると、辰砂結晶に特徴的な透明感のない赤い発色が認められず、いずれもくすんだ状態に見えることから、石英粒子に微粒子が密に付着したものと判断した。1 μm 以下の微粉も多い。

<粒度分析>  
最大粒子径は 9.4 μm、中間粒子径 1.4 μm、四分位偏差 0.23 μm、最大粒度径は 1 ~ 2 μm で、その比率は 70% を超える。2 μm 以上の粒子は極端に少なく、微粒子を意識して分級した顔料と考えられる。粒度類型は A 類である。





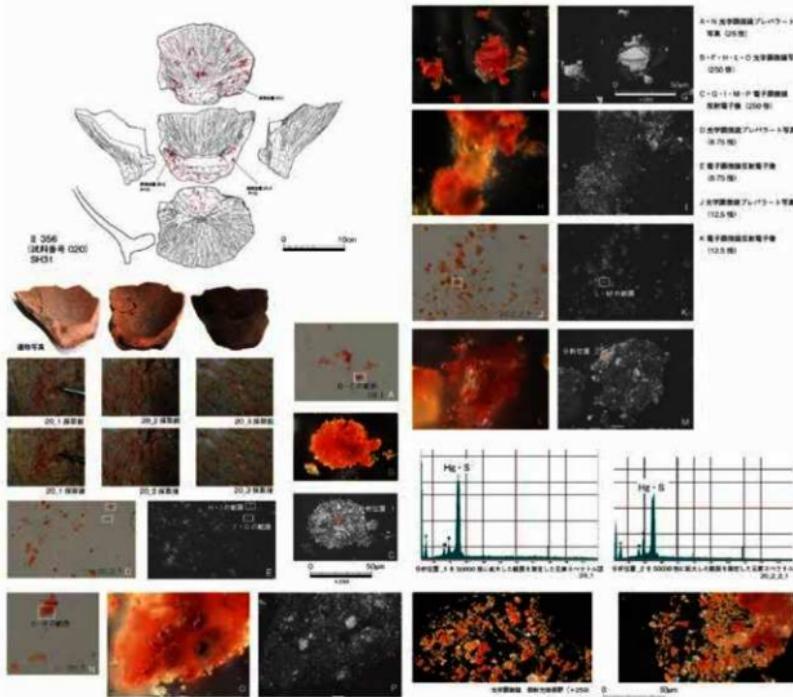
試料 020 [旧練兵場遺跡 II SH31 出土 質文番号 356]

弥生時代後期前半古段階の竪穴建物の中央土坑内に残棄された把手付広片口皿の把手部片である。元土器の底線に貼付した粘土帯は大きさはないが、元土器の底面に当たる把手立ち上がりの粘土板は約2cmの厚さを持ち、元土器の形状が想みのある安定した土器の要素として製作されたことを物語る。把手部の質（元土器の底径：約30cm）も10cmを越えるサイズで、皿部の底壁も1cmの厚みを残すことから、元土器のサイズは高さ30cm以上の大形の器と想定できる。把手立ち上がり部の豊富な厚さとともに、側面上端面も端部を平坦に拡張し、広い面を作出する。この技法は分析番号 016 [旧練II 2966] と共に、ほかの当該器種の多くの土器が側面上端面の拡張を行わない中にあって、中期後半の土器の口縁部の複性を顯示している可能性が考えられ、後期後半古段階でもより古い時期に開拓付けられるものといえる。内面全周及び把手部の外表面に赤色顔料が付着する。元土器スペクトルでは強い水銀 (Hg) 反応があり、未だ判別できず。

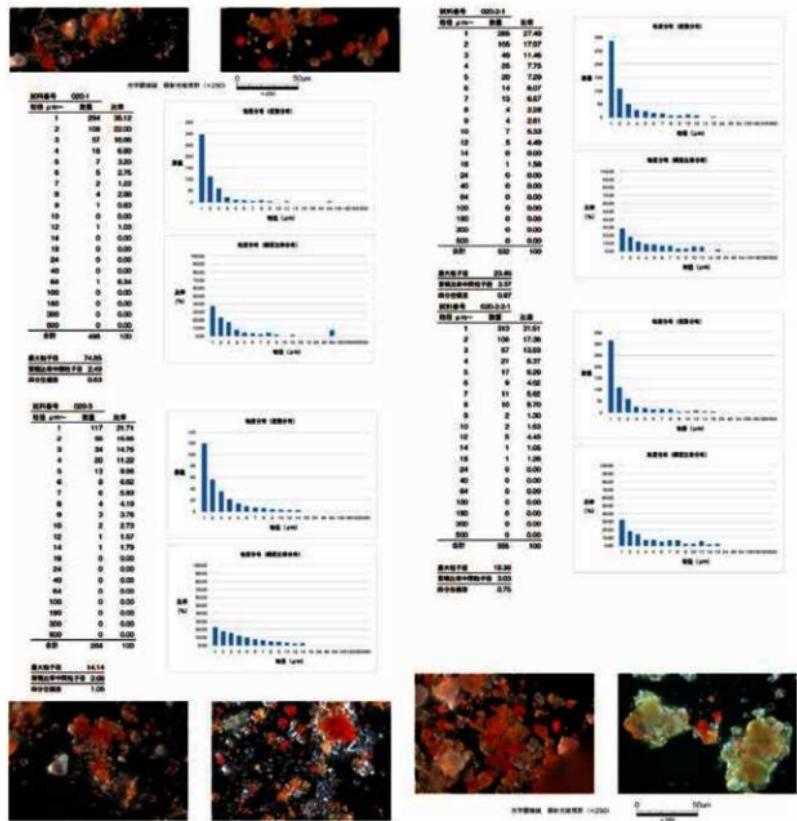
<試料採取>  
内面から 1 点（採取点 20\_1）、左右の側縁端面から 2 点（20\_2・20\_3）の 3箇所から試料採取した。そのうち採取点 20\_2 では採取した顎料からスムーズなパラットを作製し、そのうち 2 点（20\_2\_1・20\_2\_2\_1）を粒度分析の対象とした。なお、採取点 3 点からそれぞれ砕黄同位体比分析試料を採取している。

<顕微鏡観察>  
画像下 G では 20μm を超える粒子（結晶片）含むが、ほかの画像では 10μm を超える粒子は稀で、1~2μm やそれ以下の微粒子が目立つ。

<粒度分布>  
内面部分の 20\_1 は最大粒子径 749μm、中間粒子径 25μm、四分位偏差 0.60μm、最大頻度径は 1~2μm で、スムーズに右に下がるグラフ形状である。側縁の 20\_2\_1 は最大粒子径 235μm、中間粒子径 3.4μm、四分位偏差 0.87μm、最大頻度径は 1~2μm で、やはりスムーズに右に下がるグラフ形状を呈す。20\_2\_2\_1 は最大粒子径 18.4μm、中間粒子径 30μm、四分位偏差 0.75μm、最大頻度径は 1~2μm で、同じくややスムーズに右に下がるグラフ形状を呈す。20\_3 は最大粒子径 14.1μm、中間粒子径 37μm、四分位偏差 1.05μm、最大頻度径は 1~2μm で、ややフワット型に近いが、スムーズに右に下がるグラフ形状を呈す。以上 4 試料の粒度類型はいずれも C 型とした。



第 554 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 5



試料 O21 旧練兵場遺跡 III U 区 SH5011 出土 載文番号 281-16

弥生時代後期前手中段階の堅穴建物の壁面で出土した把手付片口皿である。一部欠損するものの、全形を知ることができる資料である。柄部最大径が胴中央附近にある頸部が元土器で、外側上半はタキ彫り、下半はヘラ削り後にヘラミガキを組みに施す。内面は特に頸部を含めヘラミガキが施される。口縁部は「く」の字に屈曲し端部は拡張せず丸く済める。底部は底径 10cm、平底の底面部が直線的に把手の立ち上がりとなる。内面に貼付された把手部は上面からみて弧状に突出する形態である。元土器から焼成前に切り離された頸部は周面膨張せずナメに上りなく取込まれる。試料は把手側内面に頸部をたが。把手部及び片口部（元土器の口縁部）の外側にも残る。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判定できる。

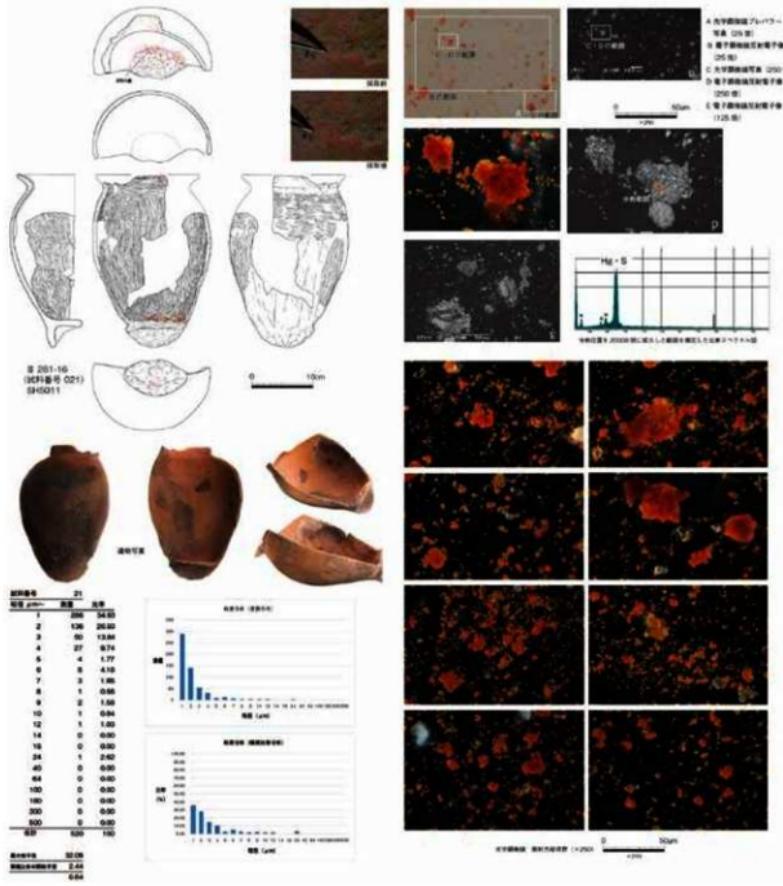
<試料採取>  
把手部内面から試料を採取した。

&lt;顕微鏡観察&gt;

C-D では 2μm 以下の微粒子の凝集が観察できる。それ以外の光学顕微鏡写真では、大きいものでも長さが 10μm を超えない粒子（結晶片）の少なめ分布が見える程度で、圧倒的に 3μm 以下の微粒子が多い。

<粒度分析>  
最大粒度径 32.0μm、中間粒度径 2.4μm、四分位偏差 0.64μm、最大頻度径は 1~2μm で、スムーズに右下に下がるグラフ形状を呈す。粒度類型は C 型である。当器種としては珍しく大形粒子を含まず、微粒子主体の分布を示す。

第 555 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 6



試料 022 [II練兵場遺跡Ⅲ N 区 SH7003 出土 雜文番号 172-32]

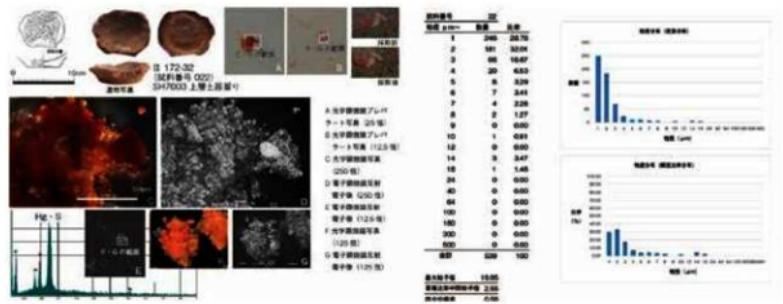
弥生時代終末期の堅穴建物で出土した鉢底部である。底径 5cm の安定した平底を呈し、後期前半の土器が混在したもので、赤色顔料は内面の亀裂や隙間に染み込んで遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
底面の隙間に溜まった顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
画像 C・D・F・G では石英粒に付着した 2 $\mu\text{m}$  以下の微粒子の凝集中に 10~20 $\mu\text{m}$  大の大形粒子が付着する様子が観察できる。2~3 $\mu\text{m}$  大の粒子がやや多いが、微粉も含む。

<粒度分析>  
最大粒子径 199 $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 2.6 $\mu\text{m}$ 、四分位偏差 0.56 $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 2~3 $\mu\text{m}$  で、スムーズに右に下がるグラフ形状を呈す。大形粒子 14~18 $\mu\text{m}$  に小ピークがある。粒度型態は E 類である。

第 556 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 1 7



## 試料 024 旧練兵場遺跡 III SH4002 下層出土 簿文番号 305-12

発生時代後期前半中段前に属する堅穴建物で出土した把手付広口壺の把手部及び足部側面上半の破片である。把手の共通性から同一個体と判断した。外側は粗いハサミ目調査、内面は丁寧なハラミガキ調査を施す。土器底面に貼付した粘土質は端面を取りし平面矩形を呈す。内面及び破片の外側に染み込みて赤色顔料が遺存する。元素スペクトルでは強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判別できる。

## &lt;試料採取&gt;

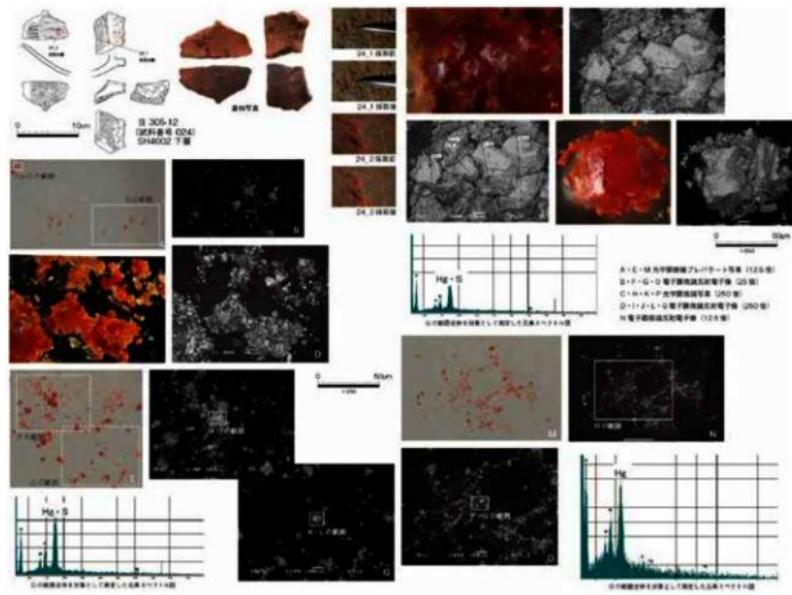
前面のみに付着した顔料の2箇所から試料を採取した。24\_1は把手無破片、24\_2は胴部上半側破片から採取した。なお、後者は同一試料を二つして24\_2と24\_3とした。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

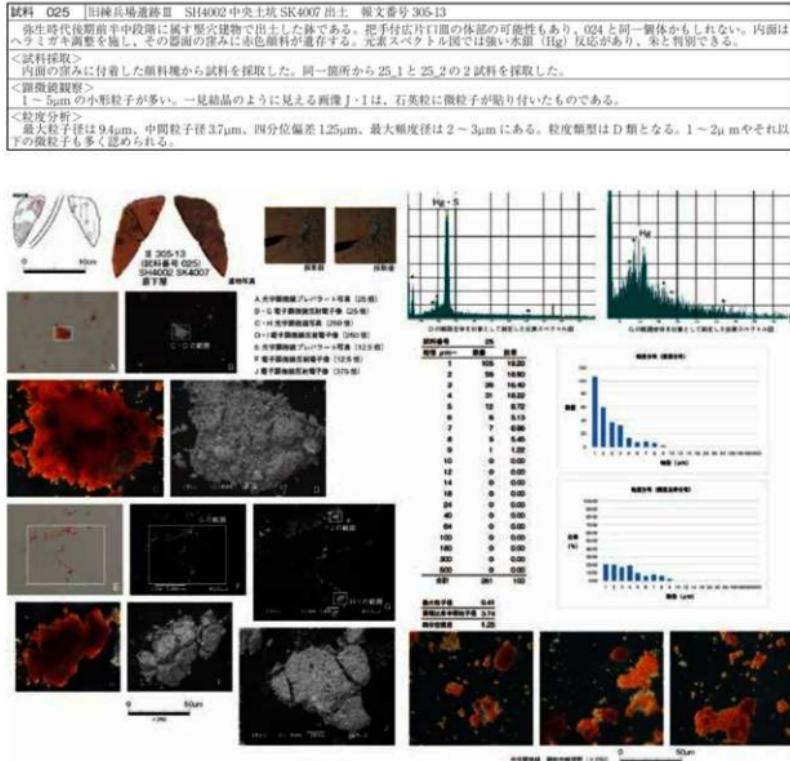
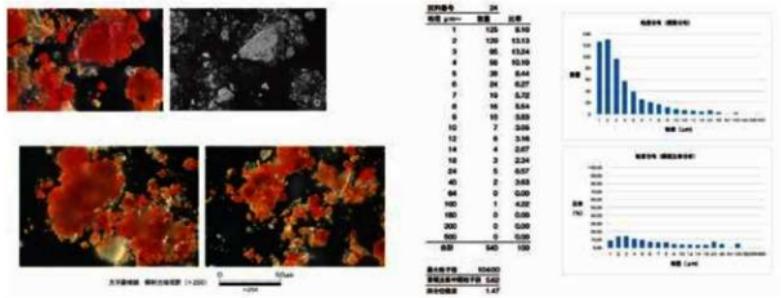
どの画面においても 50μm 程度の大形の粒子から 1μm サイズの微粒子まで様々なサイズが混在する。大形粒子は 24\_2 の画像 II へして新鮮な破断面をもつものや、24\_3 の画像 Q のように接線がやや脆減し丸みを帯びる切断面をもつ粒子などが混在する。画像 I の大形粒子の破断面は互いに接合する可能性が高く、試料採取時に採取用テープを押しつけた時に破断したものと考えられる。そこであれば、直径 100μm を超える粒子が本材として用いられたことになる。

## &lt;粒度分析&gt;

主に 24\_1 試料を元に計測した。ほかの2点の試料から一部の大形粒子の計測値を選択的に合算した。最大粒子径は 1040μm、中間粒子径 56.6μm、四分位偏差 1.47μm。最大粒度径は 2~4μm にあるが、グラフの波形は平坦である。粒度型態は F 型となる。1~2μm やそれ以下の微粒子も多く認められることから、底石あるいは大形粘土質を破碎した直後の状態が遺存したものと考える。



第 557 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 18



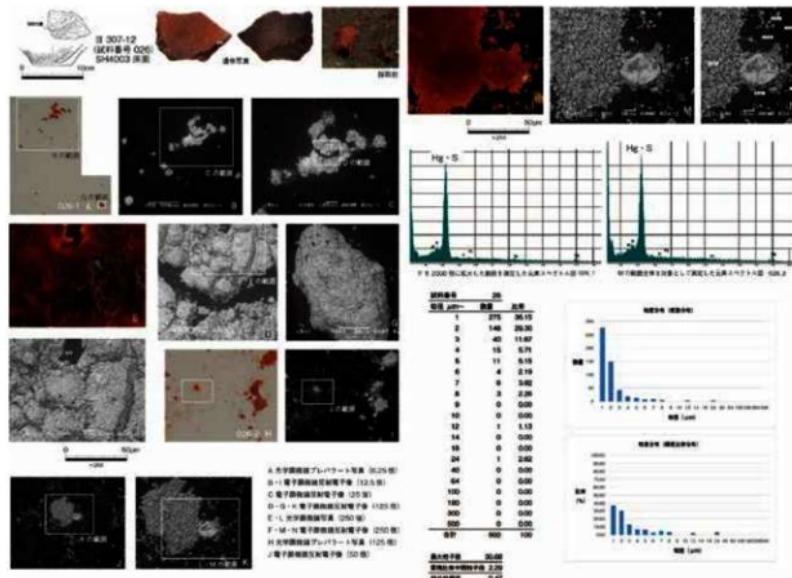
## 試料 026 旧練兵場遺跡Ⅲ SH4003 床面出土 紙文番号 307-12

弥生時代後半-古段階に属する堅穴建物床面で出土した鉢底部である。安定した平底から上に開きながら腹部に移行する形態を呈す。器形の特徴から後期前半の混在品と考える。内外面にヘマチオートマーカーを施し、内面器皿の表面に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内部の赤みに付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
石英粒に貼り付いて凝集した 1~2 μm の微粒子が多い。ただ 1 μm 以下の微粉はほとんど含まない。長さ 10 μm を超える大形粒子を少量含む。

<粒度分析>  
最大粒度径は 30.7 μm、中間粒子径 2.3 μm、四分位偏差 0.47 μm、最大頻度径は 1~2 μm にある。粒度類型は C 類となる。1 μm 以下の微粉を含まないことから、水鏡により微粉を取り除いた後に得られた微粒子群と考えられる。



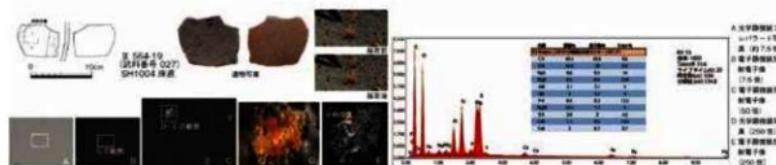
## 試料 027 旧練兵場遺跡Ⅲ SH1004 出土 紙文番号 564-19

古墳時代中期に混在して出土した壺の胴部片である。器形は多面形を呈す。内面にヘマチオートマーカーを施し、内面の器皿の表面に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図ではケイ素(Si)、酸素(O)、アルミニウム(Al)に次いで水銀(Hg)を計測した。そのほかカルシウム(Ca)、鉄(Fe)をわずかに検出した。水銀(Hg)反応は赤色顔料に朱を含むことを示す。

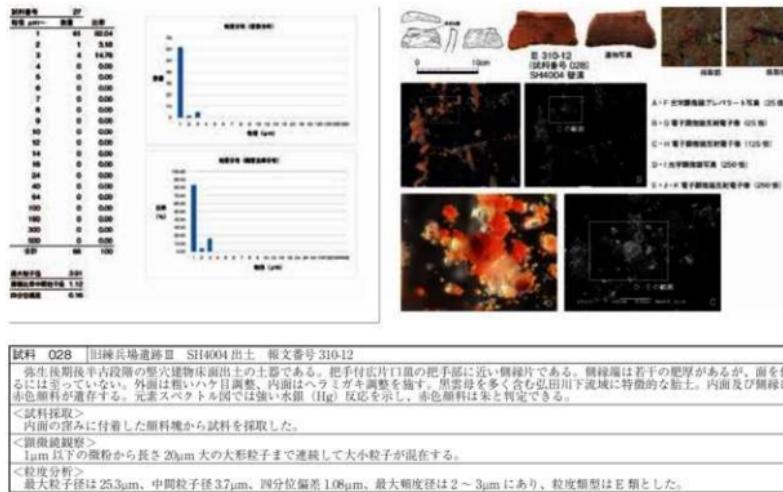
<試料採取>  
内部の赤みに付着した顔料塊から試料を採取した。

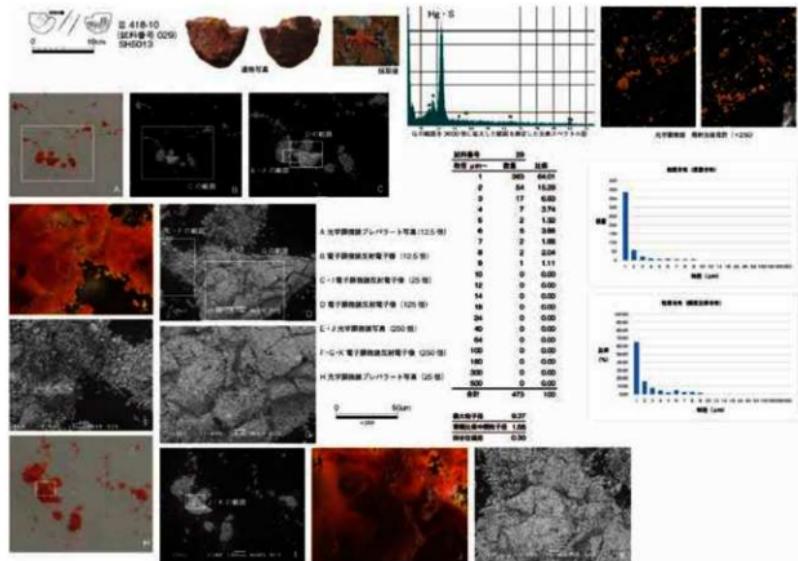
<顕微鏡観察>  
石英粒に 1 μm 以下の微粉が薄く貼り付く。粒子は 1 μm 以下の微粉が圧倒的に多く、水鏡工程の初期に分離されたものと考えられる。

<粒度分析>  
最大粒度径は 3.9 μm、中間粒子径 1.1 μm、四分位偏差 0.16 μm、最大頻度径は 1~2 μm あり、82% の比率を占める。粒度類型は A 類。



第 559 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 20





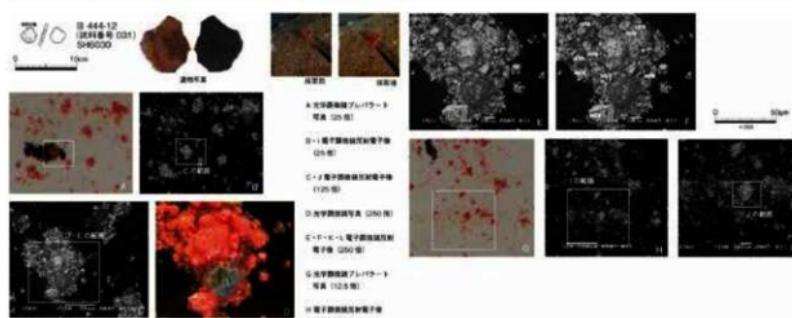
試料 031 旧練兵場遺跡Ⅲ SH6030 出土 簿文番号 444-12

古墳時代竪穴墓物に混在して出土した土器小片である。芯壁が薄く、小形鉢の可能性が高い。外表面は黒面により黒色を呈し、胎内中には黒雲母粒子を多く含む。内部の陶製及び塗みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

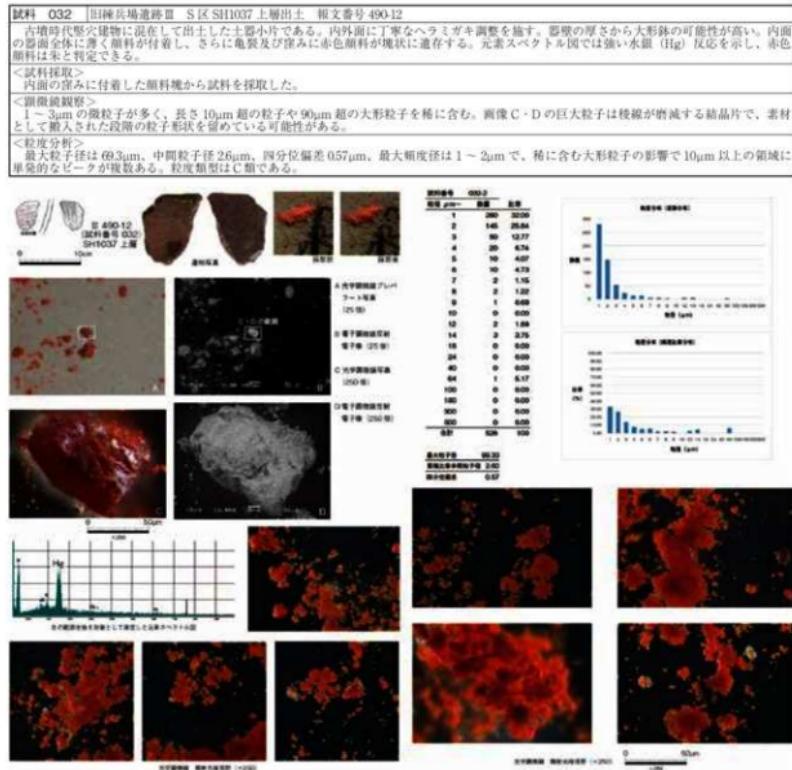
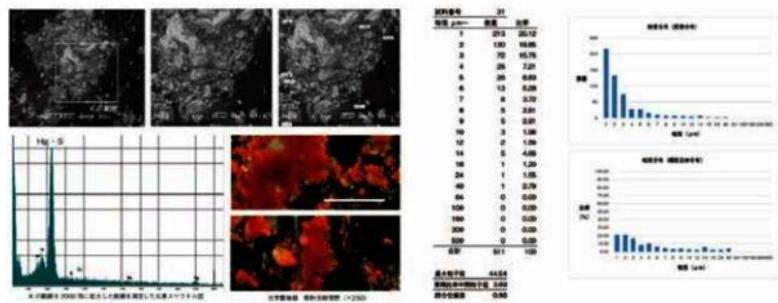
<試料採取法>  
内部の塗みに付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
50μm 程度の陶粉を含み、長さ50μm 大の大形粒子まで連続して大小粒子が混在する。画像 D ~ F は石英・黒雲母粒子に大小の円状粒子が貼り付けて凝聚する。画像 G ~ L は50μm 大の粒子の周囲に大小粒子が凝聚する。大形粒子の破断面が新鮮で、試料採取時に破断した可能性がある。そうであれば、50μm を大きく超える粒子を含んでいたことになる。

<粒度分析>  
最大粒度径は44.5μm、中間粒子径37.3μm、四分位幅差0.096μm、最小粒度径は1~2μm だが、大形粒子が多く、グラフの右端は40~64μm サイズまで長く伸びる。大形の粒子あるいは結晶片(鉱石)を破断後の粒度分級を行っていない状態か、あるいは一度分離したものを再度統合したものかもしれない。粒度型類は D 型としたが、F 型に類似する粒度構成を示す。

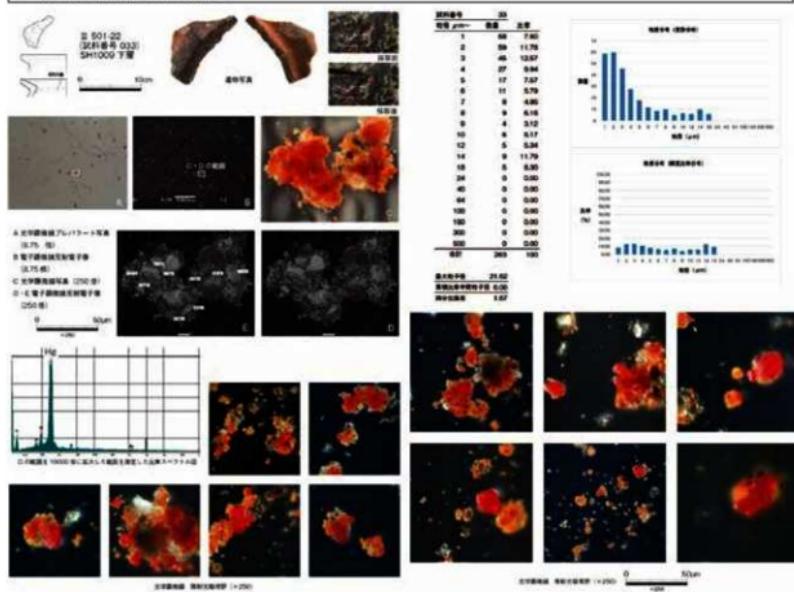


第 561 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 22



第562図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート2.3

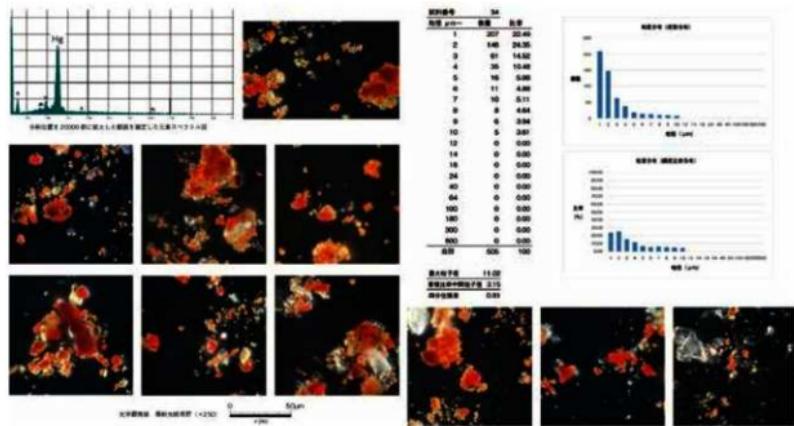
試料 033	旧練兵場遺跡Ⅲ T 区 SH1009 下層出土 報文番号 501-22
古墳時代堅穴建物に混在して出土した把手広片口皿の片口である。片口に相当する元土器の口縁部は「く」の字に屈曲し反転部内面の棱線が明顯である。口縁端部は拡張はないものの、丁寧に面取りを行っており、後期前半の特徴をもつ。内部の亀裂及び窪みに赤色顔料が染み込んで遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。	
<試料採取> 内部の窪みに付着した顔料塊から試料を採取した。	
<顕微鏡観察> 1μm 以下の微粉を含むが、3~4μm 大の比較的大きな粒子が目立つ。また 10~20μm の大形粒子も多い。画像 D ではこれらの大形粒子は角が削減した亜円錐状を呈しており、素材として嵌入された段砂の粒子形状を留めている可能性がある。	
<粒度分析> 最大粒子径は 21.6μm、中間粒子径 6.1μm、四分位偏差 1.67μm、最大頻度径は 3~4μm だが大形粒子の影響で 14~18μm の領域に単発的なピークがある。粒度類型は F 型である。	



試料 034	I-2 区 SH2003 裸壙出土 報文番号 539-3
古墳時代堅穴建物に混在して出土した把手広片口皿の片口である。片口に相当する元土器の口縁部は反転部に稜線をもたず、綺やかなカーブで接続し、端部は拡張せず丸く收めるなど、後期前半新段階以後の特徴をもつ。内部の亀裂及び窪みに赤色顔料が染み込んで遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。	
<試料採取> 内部の窪みに付着した顔料塊から試料を採取した。	
<顕微鏡観察> 1μm 以下の微粉を含み、1~3μm の微粒子が多い。これに長さ 10μm 前後の粒子が混在し、それ以上の大形粒子は認められない。10μm 前後の粒子は、SEM 写真では少ないので、画像 D では、角が削減した亜円錐状を呈す。このことから、素材として嵌入された段砂粒子はもともと小粒であったものと推察する。	
<粒度分析> 最大粒子径は 11.0μm、中間粒子径 3.2μm、四分位偏差 0.81μm、最大頻度径は 2~3μm。粒度類型は E 型である。	



第 563 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 4

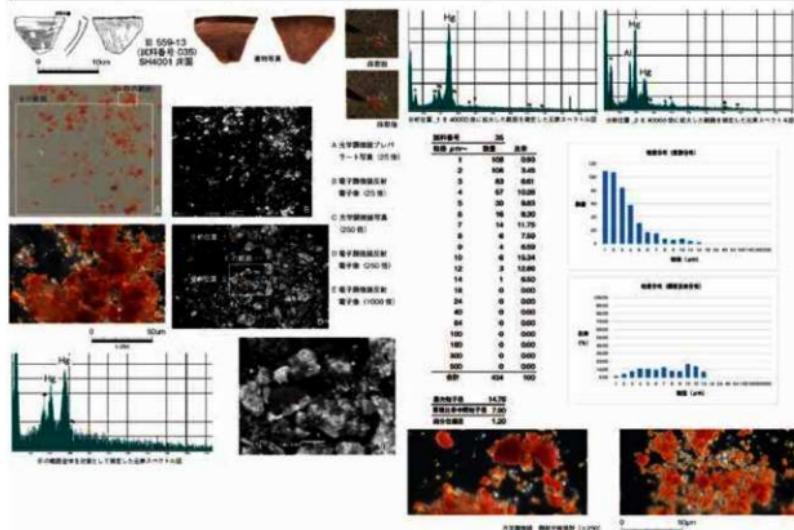


古墳時代大型穴住型が混在して出土した大形体の円錐層曲面部片である。残存範囲が少なく、正確な直径はわからないが、屈曲部のカーブから少なくとも40cm以上の大きさが想定できる。白線部が屈曲する部分の鉛筆の跡は当地域では稀で、形態的に多様性が生じる後期前半古段階の可能性がある。内部には赤色顔料が混在して外面にペラーカギ調整を施す。内部のハケ目での凸凹や溝には赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示す。赤色顔料は汞と判定できる。

<試料採取>  
内部の穴みに付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を多く含み、15μm 前後までの粒子が混在する。

<粒度分析>  
最大粒子径は 14.8μm、中间粒子径 7.9μm、四分位偏差 1.20μm、最大粒度径は 3 ~ 4μm。粒度類型は E 類である。



第 564 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 2 5



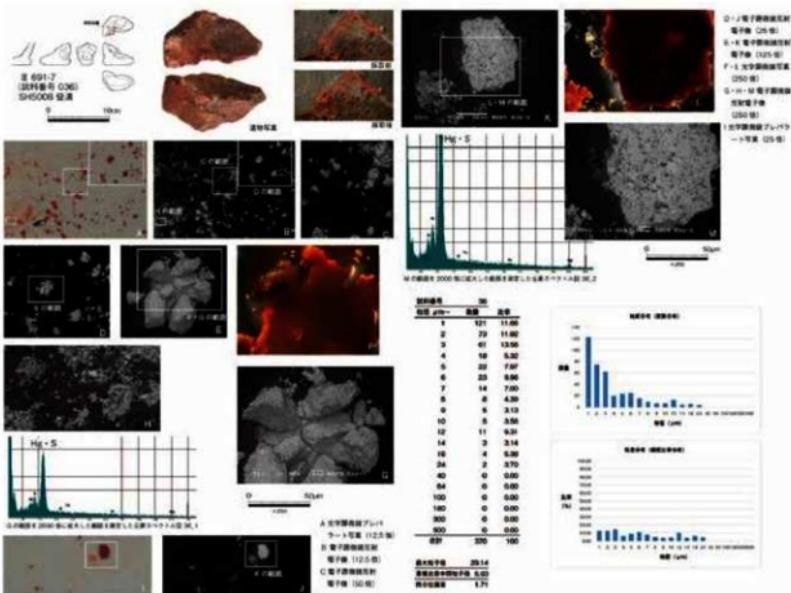
試料 036 旧鍵孔揭露跡Ⅲ 上区 SH5008 磁器出土 諸文番号 69-17

古墳時代堅穴建物に混在して出土した把手付広片口皿の把手部品である。内面の亀裂及び窪みに赤色顔料が塊状に遺存する。元素スペクトル鑑定では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

### ＜試料採取＞

内面の鋸みに付着した顔料塊から試料を採取した。

1μm以下の微粒で構成する礫集が多い。その中に、長さ20μm前後までの粒子が混在する。



號料 037 田嶺兵場遺跡Ⅲ G 区 SB0004 出土 鎏文鐵劍 74015

古墳時代堅穴建物に混在して出土した土器小片である。器壁が薄く、小形鉢の可能性が高い。外面は黒斑により黒色を呈し、胎土中には黒雲母を多く含む。内面の亀裂及び堆みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

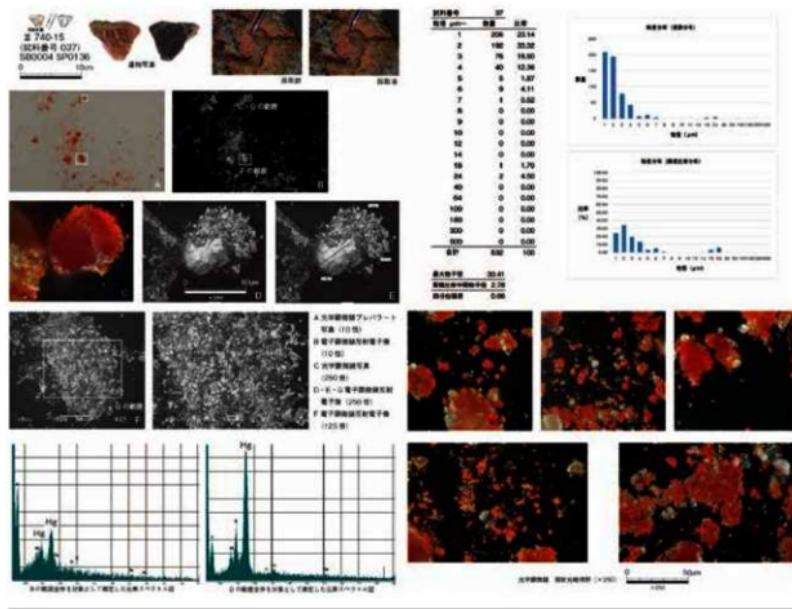
内面の窓みに付着した顔料塊から試料を採取した。

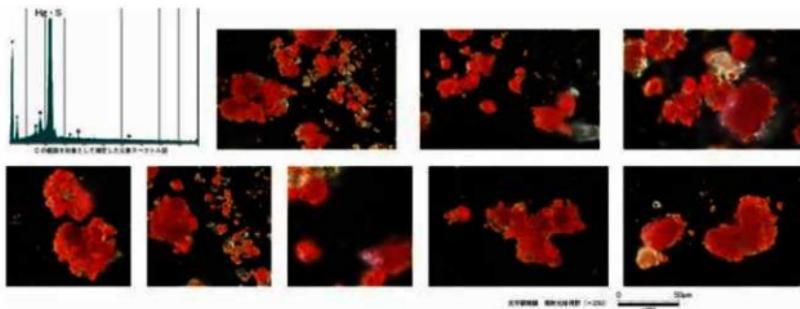
<跟衛生觀察>

1μm以下の微粉を含むが多くはない。2~3μmの粒子が目立つ。画像Dは長さ30μmを超える亜円錐状の結晶粒子に2~3μmの粒子が凝集したものである。

最大粒子径は 33.4 μm、中間粒子径 28.0 μm、四分位偏差 0.66 μm、最大頻度径は 2~3 μm。粒度類型は E 類である。

第 565 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 26





## 試料 039 | 旧練兵場遺跡 IV SH08 覆土出土 稲文番号 1198

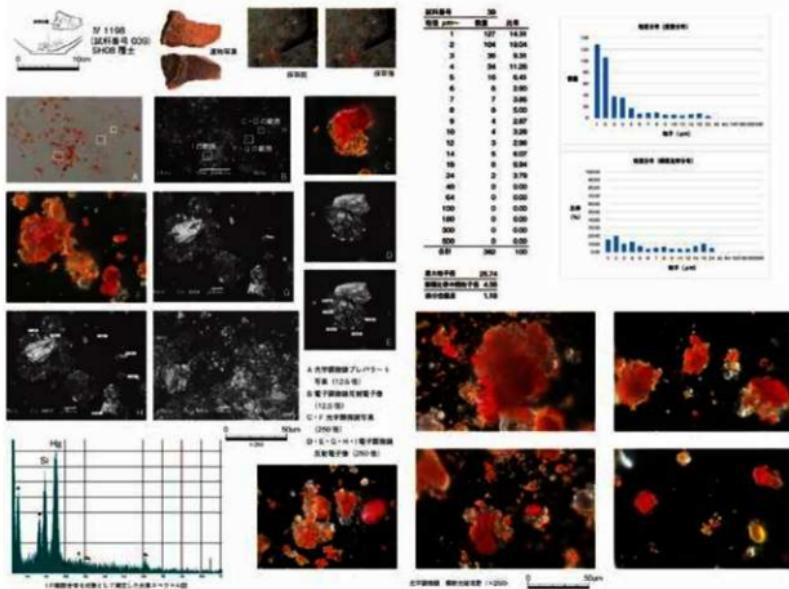
出生時代後期後半古段階の紀六建物で出土した鉢底部片である。底径は 5.5cm で円錐貼付け状の平底である。内面の僅みに赤色顔料が塊状に遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は未判定である。

<試料採取>

1mm 以下の微粉から 3μm までの微粒子が多く、少なからず長さ 7 ~ 30μm の大形粒子を含む。画像 C ~ I では大形粒子の表面が亜円錐状に磨滅するもの(画像 D の長さ 32.3μm 粒子)と、新鮮な破断面で覆われているもの(画像 G の長さ 27μm 粒子)がある。

<粒度分析>

最大粒子径は 25.7μm、中间粒子径 4.6μm、四分位偏差 1.18μm、最大頻度径は 2 ~ 3μm、粒度類型は F 型である。



第 567 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 28

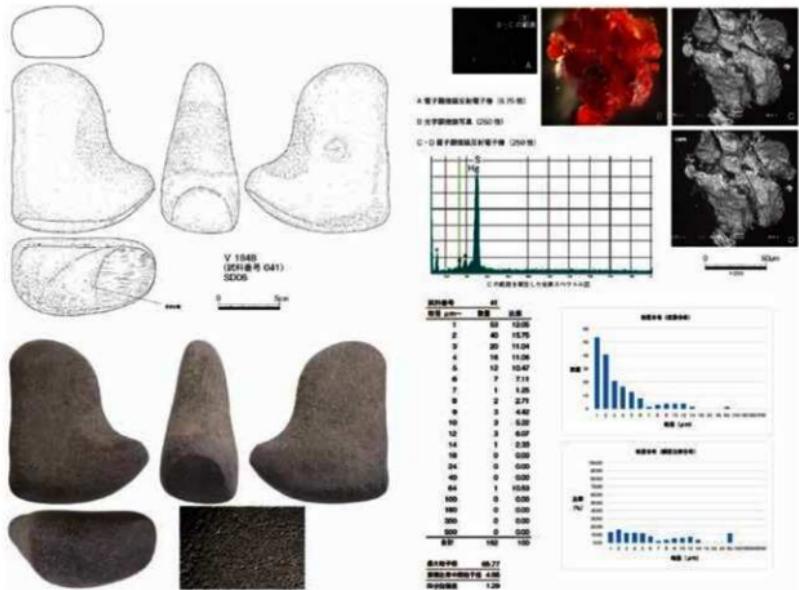
## 試料 041 旧練兵場遺跡V SD06出土 稲文番号 1848

古代遺物を含む土に混在して出土した完形の砂岩製石片である。柄部と作用部が分かれ、柄部は7×4cmの楕円形の断面で、作用部は先端に一方に伸び、靴底部の長さは11cmを超える。いわゆる「L字状石片」である。自然石の形状を利用したものだが、柄部の一部には鋸歯形や研磨痕を残す。下面の断面は大きく分けて3面で構成する。面の切り合いから最も古い断面は、本体を靴と見立てた場合の踵部、#800程度のやや弱い研磨を認める。中央の面は#1000程度の研磨、先端の面が#1500程度の研磨面となる。先端と中ほどの断面には複数の擦痕が観察できる。先端部の断面の特徴は柄部を握ってさらに器体を前に傾け、作業者の体重がかかるようにかなり強いて研磨作業を行ったことを示す。断面上に丸みを帯びた痕跡はない。断面には大粒の粘土質の泥が混在する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応がある。未だ判定できず。

<試料採取>  
断面中央の溝に残存に付着した顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
画像B、Cに接合すると長さ100μm弱に及ぶ大きな粒子が残る。周囲に1~3μmの粒子が貼り付く。大形粒子の破断面の枝縫は新鮮で、元は「丸粒」であった可能性が高い。10μm以上の大粒の粘土質の泥が混在する。

<粒度分布>  
最大粒径は658μm、中间粒子径49μm、四分位偏差129μm、最大頻度径は2~3μmにある。粒度類型はE型である。



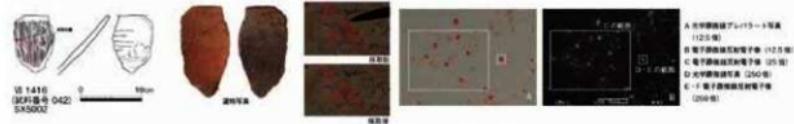
## 試料 042 旧練兵場遺跡Ⅷ SX5002出土 稲文番号 1416

既生時代後期前半新段階の土坑で出土した鉢形片である。器形は斜め上方に直線的に開き、口沿端部を丸く収める。外表面は板ナデ調整、内面は内側にヘラミガキ調整を施す。内面の広範囲に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

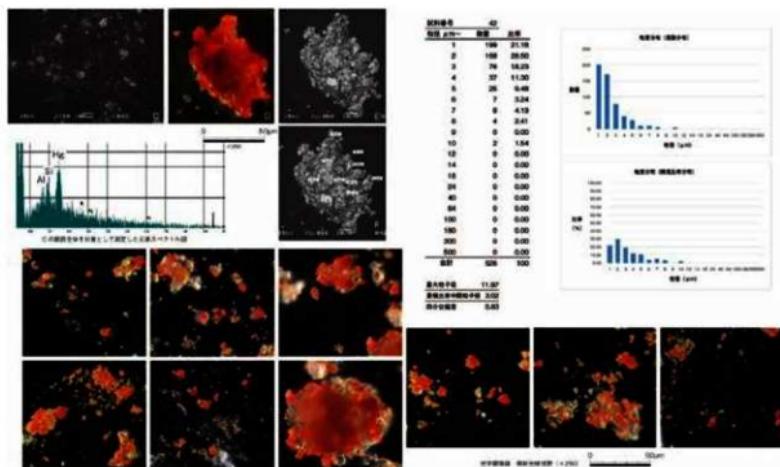
<試料採取>  
内部の器面に付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm以下の微粉から3μmまでの微粒子が多く、3~8μmの粒子がやや目立つ。10μmの大形粒子が稀に混じる。

<粒度分布>  
最大粒径は120μm、中间粒子径30μm、四分位偏差0.83μm、最大頻度径は2~3μm。粒度類型はE型である。



第568図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート29



試料 043 [本書 SH1078b 底面出土 載文番号 439]

弥生時代後期後半新段階の窓穴建物で出土した窓か塞の底部である。底部は丸底化が進行した形態で、外側はハケ目調査、内側はヘラ削り調査を行った。内面見込みに街頭埴倉が多く残る。内面の窪みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

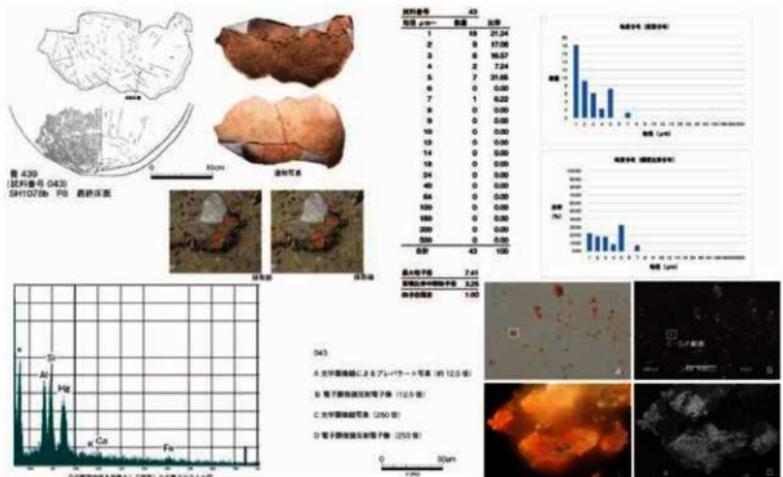
<試料採取>  
内面の窓面に付着した顔料塊から試料を採取した。

<顔料鏡観察>

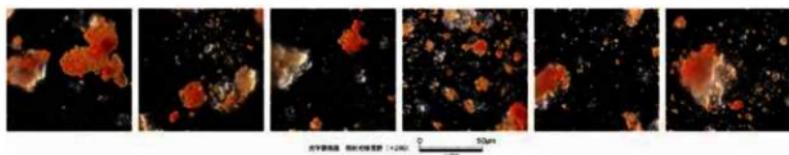
1μm 以下の微粉（特に 0.5μm 以下）が圧倒的に多い。1μm 以上の粒子は周囲に微粉が凝聚したものが多く、大形粒子に凝聚したものか、あるいは大きな粒子凝聚状態なのか、区別することが難しい。顔料鏡観察では結晶反射光と推察する纖細ハイライトを有するもののみ、粒子を計測した。結果的に、二軸平均値が 1μm を超えたものは 43 点に留まり、計測数が少ない状態であるが、これは 1μm 以下のものが圧倒的に多いことに起因する。

<粒度分析>

最大粒子径は 7.4μm、中間粒子径 3.3μm、四分位偏差 1.0μm、最大頻度径は 5 ~ 6μm となるが、微粉が圧倒的に多いことから、それをグラフに含めると実際は A 類に近いグラフ形態になるはずである。今度はこの試料の粒度頻度化は避けた（一覧表では A とした）。



第 569 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 0



## 試料 044 木賀 SH1078b 上層出土 輸文番号 443

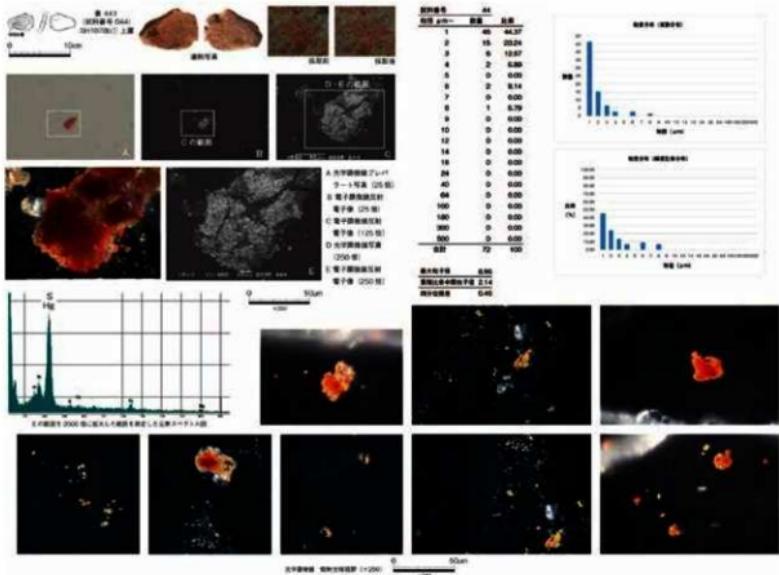
弥生時代後半新段階の堅穴建物の上層で出土した土器小片である。湾曲する体部内面のヘラ削り調整が残る。内面の窪みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

<試料採取> 内面の窪みに付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>

1μm以下の微粉を含み、ほとんど5μm以下の粒子で構成する。6~9μmの粒子を極少量含む。

<粒度分析> 最大粒子径は90μm、中間粒子径21μm 四分位偏差0.46μm、最大頻度径は1~2μm。粒度類型はC類である。



## 試料 045 木賀 SH1160b 上層出土 輸文番号 525

弥生時代終末期の堅穴建物の上層で出土した土器小片である。器形・器種は不明。内面の窪みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

<試料採取> 内面の窪みに付着した顔料塊から試料を採取した。

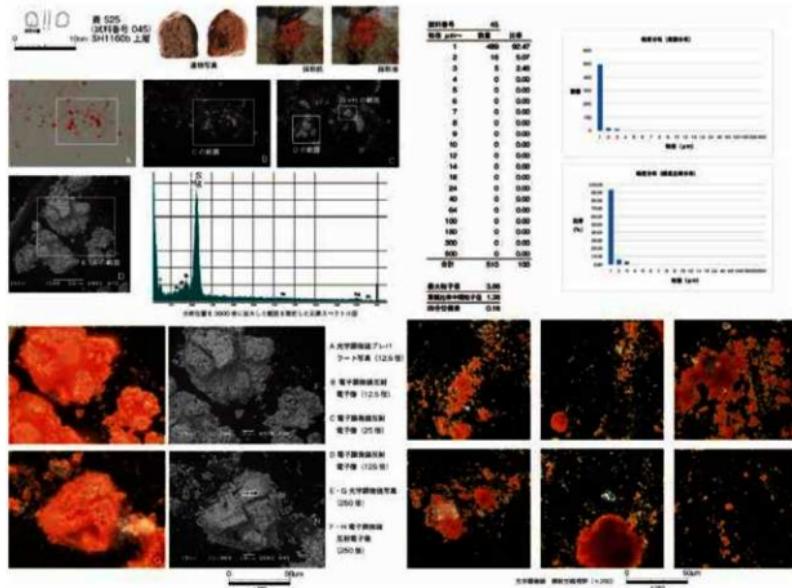
<顕微鏡観察>

1μm以下の微粉は比較的多いが、先の443の試料のような0.5μm以下の微細粒子はあまり含まず、0.5~1μm及び1~2μmの微粒子に分級された状態が観察できる（画像F・H）。水滴工程における最初の0.5μm以下の浮遊微粉を除去した後の選別粒子を推定する。

<粒度分析>

最大粒子径は39μm、中間粒子径14μm、四分位偏差0.8μm、最大頻度径は1~2μmで92%を占める。粒度類型はA類である。

第570図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート3 1



## 試料 047 本書 SH2010a 床面土 稲文番号 634

弥生時代後期前半新段階の竪穴建物の床面で出土した高杯である。胎土中に多量の角閃石を含む高松平野西南部産の土器である。杯部内面の塗みに塊状の赤色顔料が選行する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg) 反応を示し、赤色顔料は朱と判定できる。

## &lt;試料採取&gt;

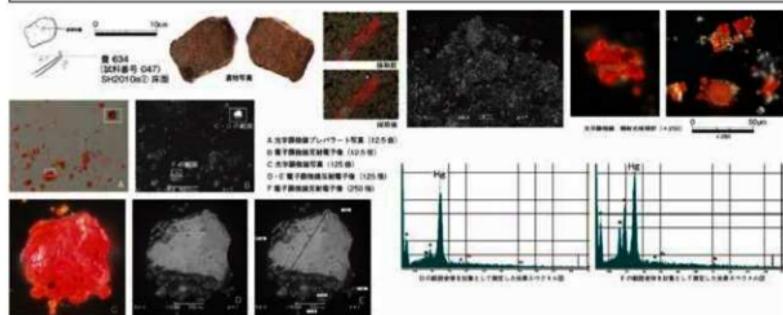
杯部内面の塗みに塊状に付着した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顔料観察&gt;

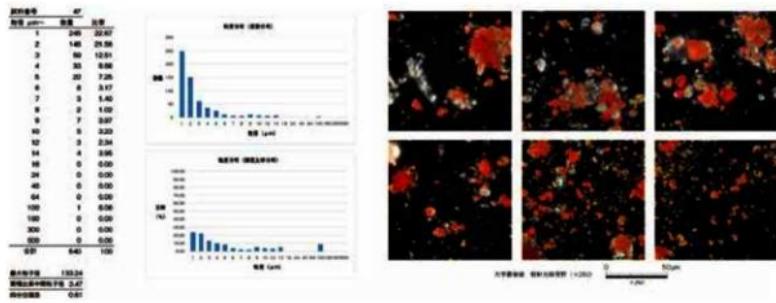
1μm 以下の微粉を含めて、3μm までの微粒子が多い。ただし、3μm ~ 18μm の粒子も比較的多く含まれる。画像 D のとおり、長さ 100μm を超える大形粒子（結晶片）が確認できた。大形粒子は接縫脱い破壊面に覆われる。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は 133.2 μm、中間粒子径 3.5 μm、四分位偏差 0.81 μm、最大頻度は 1 ~ 2 μm で 22.7%、2 ~ 3 μm で 21.6% と併存する。粒度類型は D 型である。



第 571 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 2



試料 048 | 本書 SH2075a 中央土坑出土 稲文番号 713

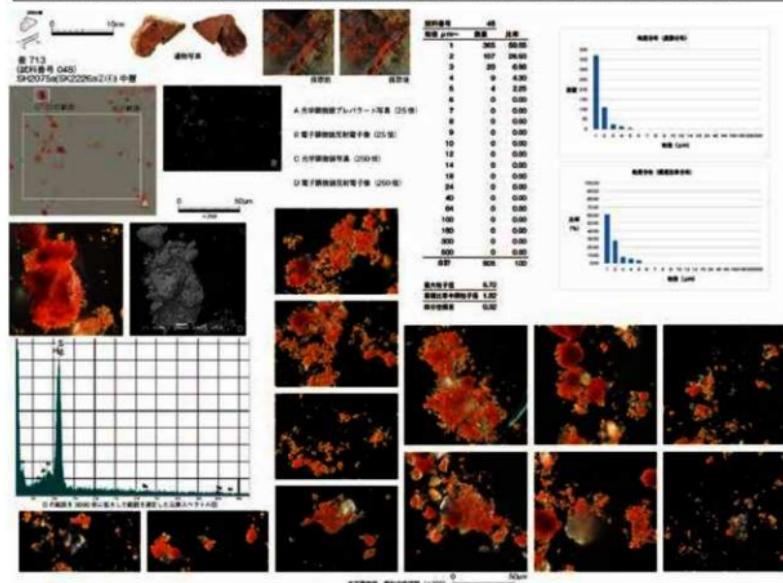
弥生時代後期後半古段階の堅火建物の中央土坑で出土した高杯である。杯部内面には焼成前に施されたベンガラが残り、その面には細い單位の「ラミ」(筋模様)が施される。いわゆる「丹波燒研」の土器である。胎土は有色粘土を含まないことから在来胎土と考える。杯部内面、丹波焼面の微細な突起や亀裂、あるいは鉢底粒子縁辺の僅みに塊状の赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応を示し、赤色顔料は朱と推定できる。

<試料採取>  
杯部内面の胎土内に遺存した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>

1μm以下の微粉を含めて、3μmまでの微粒子が多く、粒径が揃う。計測可能な粒子は6μm以下に収まる。分析番号45と同様、0.5μm以下の浮遊微粉を除去した後の選別粒子の可能性がある。

<粒度分析>  
最大粒子径は57μm、中間粒子径18μm、四分位偏差0.32μm、最大頻度径は1~2μmで60.0%を占める。粒度類型はB類である。



第 572 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 3

## 試料 049 [本書 SH2153a 柱穴出土 稽文番号 796]

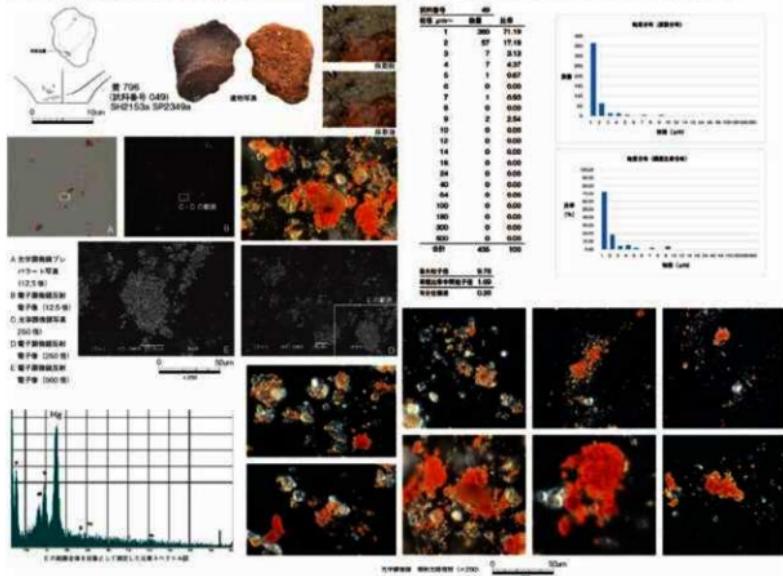
弥生時代後期前古段階の堅穴建物の主柱穴で出土した大形鉢底部である。底径約 9cm の安定した平底で内面は強く磨滅する。折損面において、器内に染み込んだ赤色顔料が僅かに残存している。硫黄同位体比分析では国産領域に判定されている。なお元素スペクトル図では当然ながら強い水銀 (Hg) 反応を示す。

<試料採取>  
折損部断面に遺存した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

1mm 以下の微粒子を含めて、2μm までの微粒子が多い。10μm を超える長さの粒子が僅かに含まれるが、それ以外は微粒子で粒径が纏う。分析番号 43 の 0.5μm 付近を主体とする粒度の状況と比べると、1~2μm の粒子が目立つが、0.5μm 以下の微粉を除去した状態には見えない。

<粒度分析>  
最大粒子径は 98μm、中間粒子径 17μm、四分位偏差 0.26μm、最大頻度径は 1~2μm で 71.2% を占める。粒度類型は A 類である。



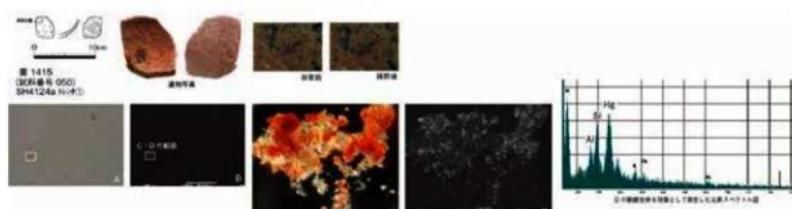
## 試料 050 [本書 SH4124a 出土 稽文番号 1415]

弥生時代終末期の堅穴建物で出土した小形鉢である。底部は丸底で器形が想定できる。外面ハミガキ調整、内面指押さえによるナデ調整、経年期に典型的な小形鉢である。内面の器壁及び亀裂内に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応を示す。

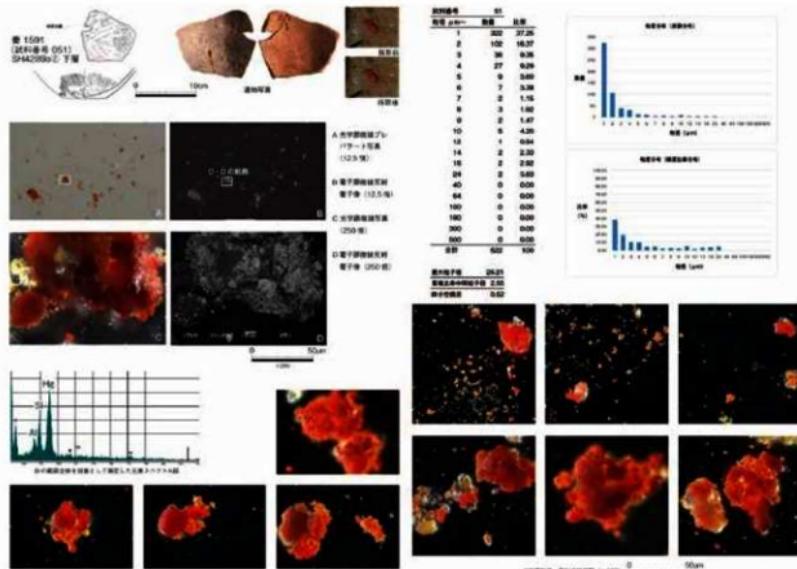
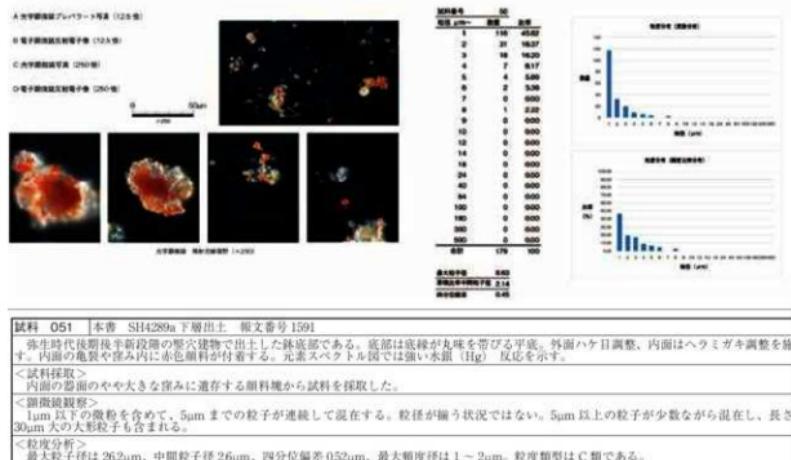
<試料採取>  
内面の器壁に模様に遺存する顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1mm 以下の微粒子を含めて、2μm までの微粒子が多く、7μm までの粒子が混じる。微粉が多く、粒径が纏った印象ではない。8μm 大の粒子を 1 点含む。

<粒度分析>  
最大粒子径は 86μm、中間粒子径 21μm、四分位偏差 0.45μm、最大頻度径は 1~2μm で 45.8%、粒度類型は C 類である。



第 573 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 4



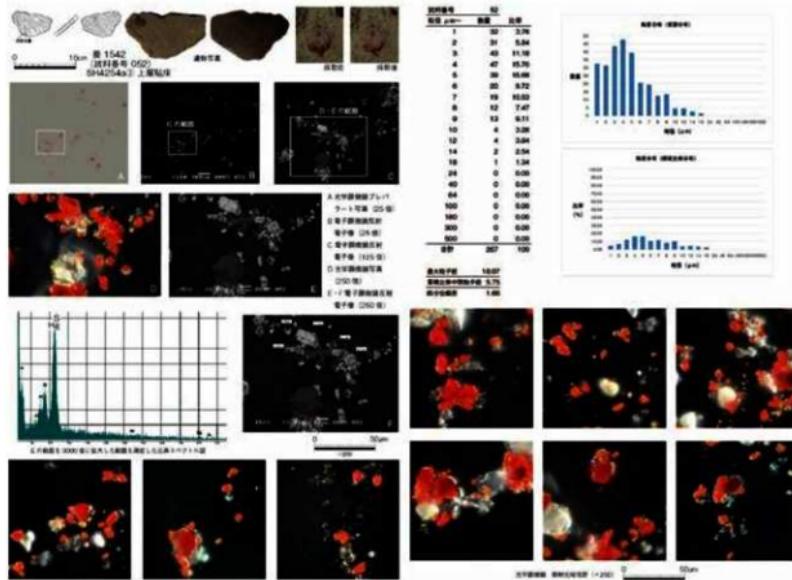
## 試料 052 [本質] SH4254a 上層出土 稲文番号 1542

弥生時代後半新設築の堅穴建物で出土した土器片である。外面ハケ目調整を施す。器種は不明だが、甕の可能性がある。内面の亀裂や産み内に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg) 反応を示す。

<試料採取>  
内部の裏面のやや大きな空みに遺存する顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1mm の範囲は少なく、4μm 前後のやや大粒の粒子が目立つ。画像 D・E では各サイズとも大形粒子の破断面幾級が鮮明で、粉粒径の感覚は認められない。大形の粒子は 20μm 以下に収まっている。水滴し運別された粒子群と考えられるが、分級幅が広く、あまり粒径が揃った印象は受けない。

<粒度分析>  
最大粒子径は 181μm、中間粒子径 58μm、四分位偏差 1.66μm、最大頻度径は 4~5μm。粒度類型は F 類としたが、E 類にも近い。



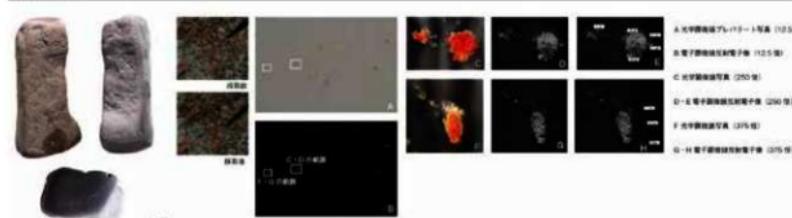
## 試料 053 [本質] SK4484a 出土 稲文番号 S207

弥生時代終末期の土坑で多くの土器とともに一括廻収された遺物群に含まれる石件である。角柱状の自然石の小口面を加工し磨面とする。磨面は中滑らみで、研削が進行する。#2000 (8μm 前後) での研磨を認める。小口部作出の際の打刃で生じたであろう亀裂が磨面や側縁に入る。側縁は一部が剥離し赤色顔料が付着する。亀裂を通じて英まで浸透した顔料である。磨面上にはほとんど赤色顔料は遺存しない。元素スペクトル図では広範囲で分析したため、強度は低いが水銀(Hg) の反応が見られるところから、朱と判定される。

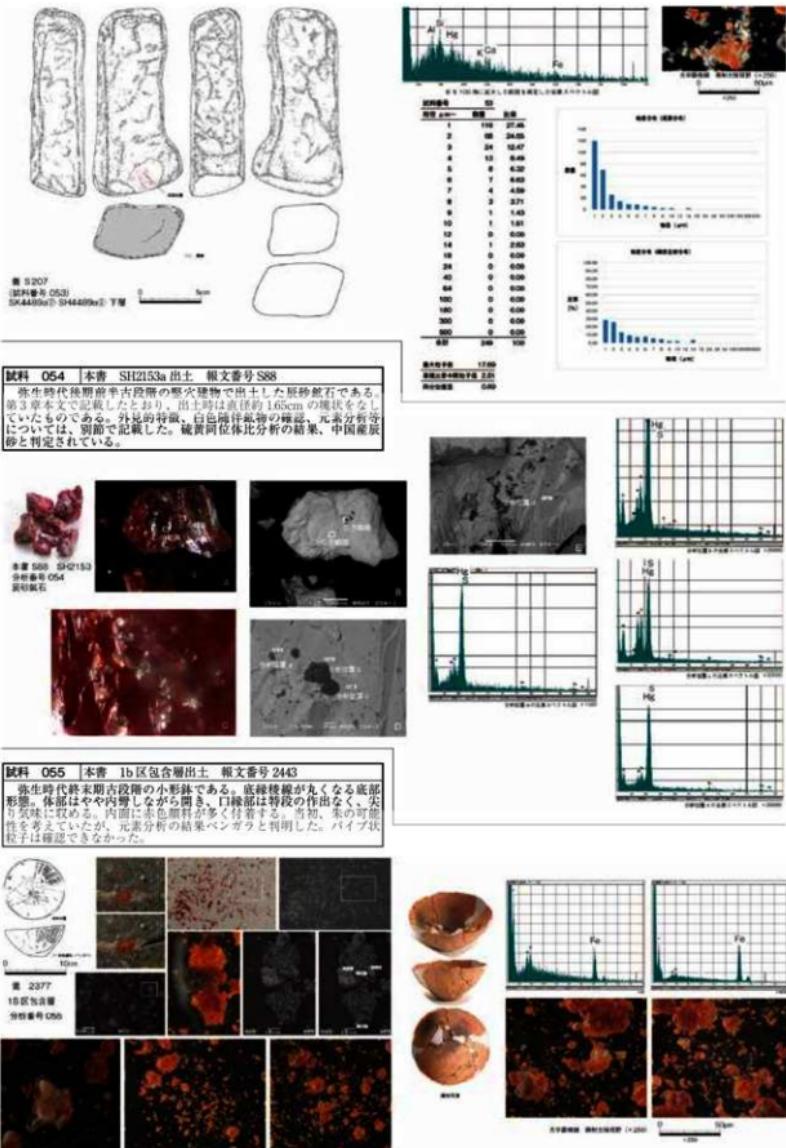
<試料採取>  
無焼成表面に付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1mm の範囲は多くの微粒子を多く含み、4~10μm の大粒の粒子も目立つ。粒径の揃った状態ではない。

<粒度分析>  
最大粒子径は 17.7μm、中間粒子径 28μm、四分位偏差 0.69μm、最大頻度径は 1~2μm で、比率的には 2~3μm もそれに近い。粒度類型は D 類である。



第 575 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 6



第 576 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3 7

## 試料 056 旧練兵場遺跡Ⅲ -4 区 SH4003 出土 報文番号 343-3

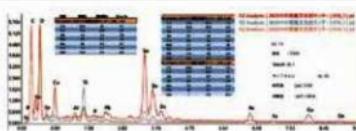
弥生時代終末期の堅穴建物で出土した青銅鏡片である。中国後漢代の鏡で形式は雲雷文帯連弧文鏡。(内建式花文鏡)。意图的に分割して破片とした破鏡で、長さ 305cm、幅 195cm の小片。外区側の飾文帶とその内側の雲雷文帶が残る。雲雷文帶の一部には岡村分類の満文ウがある。飾鏡のビザンは比較的繊細く、斜雷文の斜角轍は完全な平行轍ではないことから、斜角轍文 2 類にあたり、雲雷文 c となることから、型式は四葉形 III 式となる。類型から復元した面径は 194cm も大型のグループに入れる。

中央部分や右寄りに穿孔があり、右側縁側の複数な削減部によく螺旋状の筋が穿孔の右側に認められる。また残存部下端に円弧状の割り込みがある。付属する木製の箱蓋に「大正十二年秋月」と記載されている。鏡の表面には主として銀色の鉛を含む少額の鉛が付着している。

この鏡は、付属する木製の箱蓋に「大正十二年秋月」と記載されている。鏡の表面には主として銀色の鉛を含む少額の鉛が付着している。



田練兵場Ⅲ 343-3 E-区 SH4003 分析番号 056

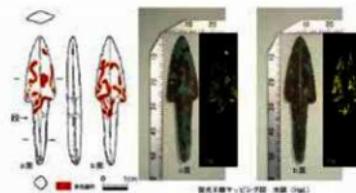


## 試料 057 旧練兵場遺跡 V -7.2 区 SH116 出土 報文番号 149

弥生時代後期後半古段階の堅穴建物で出土した銅鏡である。柳葉形有茎式銅鏡の完品で茎部にノカツギ状の段を有す。弥生時代中期末の長崎県佐世保市原の辻遺跡石川平尾地区出土銅鏡や、後期中葉とされる福岡県福岡市南区井尻 B 遺跡出土銅鏡類型に類似することから、石川類型により北九州で製作されたものが持ち込まれたものと推察する。茎部の段から上に赤色顔料が遺存する。蛍光 X 線分析の結果、水銀 (Hg) 反応が強く出たことから朱色(赤色)顔料されたものと判定した。原の辻遺跡に同様の例がある。



田練兵場Ⅴ 149 -7.2 区 SH116 分析番号 057



## 試料 058 本音 SH4100a 上層出土 報文番号 T40

弥生時代後期後半古段階の堅穴建物で出土したガラス小玉である。外径 35mm。穿孔部径 1.0mm の小形品で、穿孔部及び器皿の底面に赤色顔料が遺存する。SEM/EDS によるマッピング分析により穿孔部に遺存する顔料は朱、底面の一部に遺存する顔料はベンガラと判定した。詳細は本稿 1 本書 215 頁) 参照。

&lt;試料採取&gt;

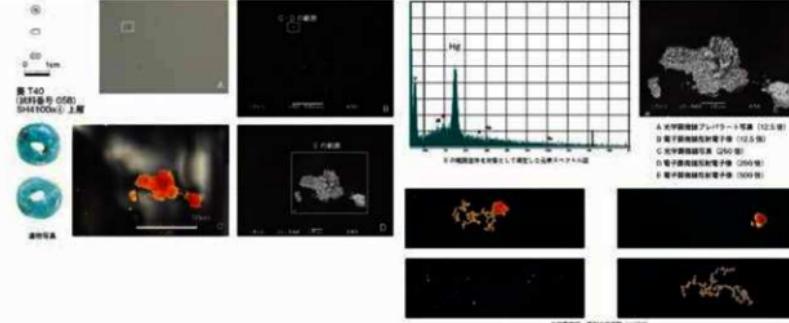
穿孔部に遺存した朱の顔料塊から試料を採取した。

&lt;顔料観察&gt;

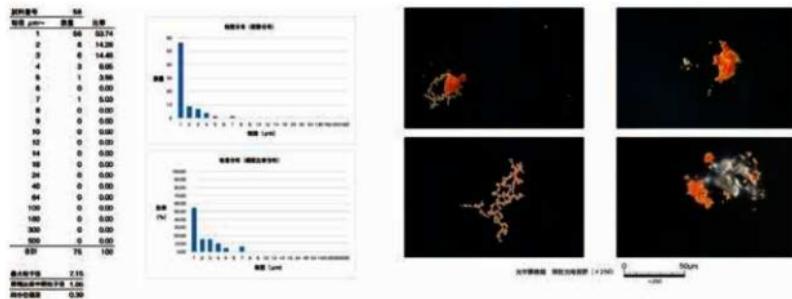
1μm 以下の微粉が極めて多く、画像 E で示した粒子の凝集は、0.5μm 以下の微粉で構成し 1 ~ 2μm の粒子が所々に混じる。3μm 以上の粒子は極めて稀で、7μm 大の粒子を 1 点のみ存在する。

&lt;粒度分布&gt;

最大粒子径は 7.2μm、中間粒子径 1.9μm、四分位偏差 0.39μm、最大頻度径は 1 ~ 2μm で比率は 53.7%。粒度類型は B 類としたが、真的ビークは 1μm 以下にある。



第 577 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 3-8



## 試料 059 | 本書 2A 区複葉出土、複葉番号 S300

弥生時代後期後半新段階の堅穴建物を切る複葉より出土した砂岩製石である。ややねじれた円柱状を呈し、下端に唇面が残る。研磨の程度はさして高く、2000で、側面の凸凹がやや目立つ。唇面深く内に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が強く見られるここから、朱と判定した。

## &lt;試料採取&gt;

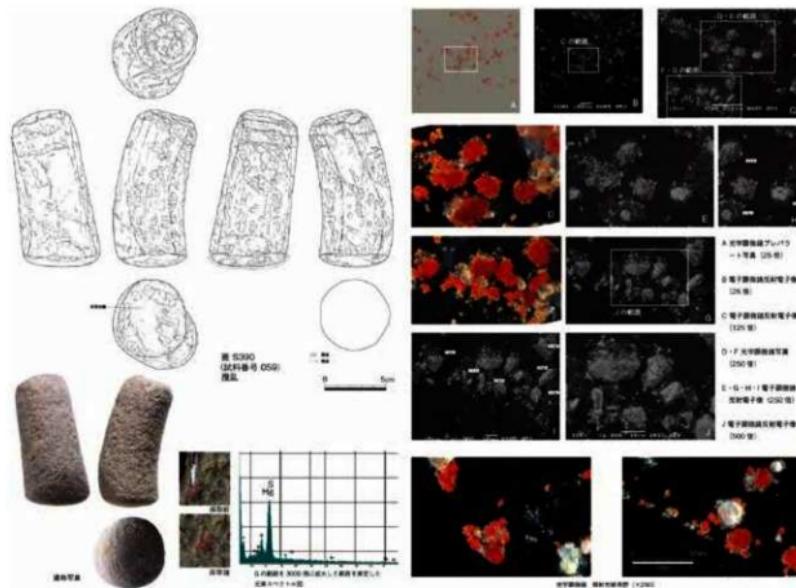
唇面の深くに付着した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顔料顕微鏡観察&gt;

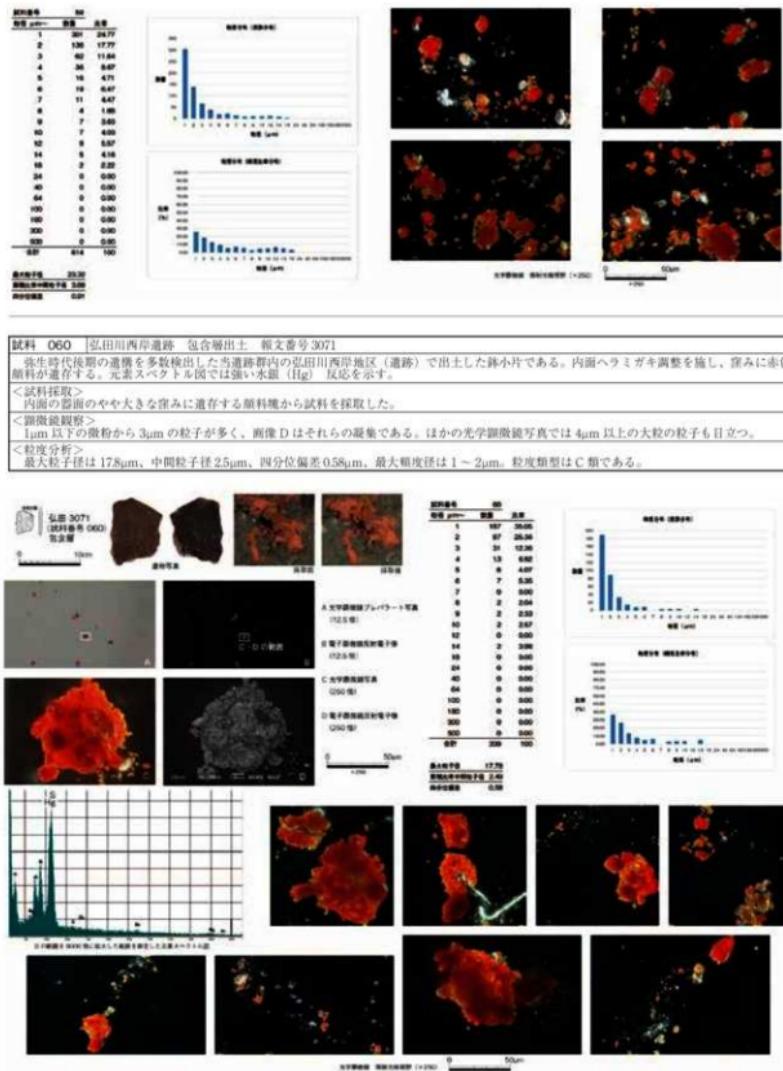
1μm以下の微粒子を含めて、1~2μmの微粒子を多く含むが、5μm以上の大形粒子が目立つ。大形粒子はどれも破断面後縁が鋭く、石件で辰砂を截鉢した直後の粒子状態を示す。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は23.3μm、中間粒子径37μm、四分位偏差0.91μm、最大頻度径は1~2μmで比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型はC類としたが、F類に似た形状でもある。



第578図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート39



## 試料 061 本書 SH1020a 細内防護穴出土 紙文番号 S23

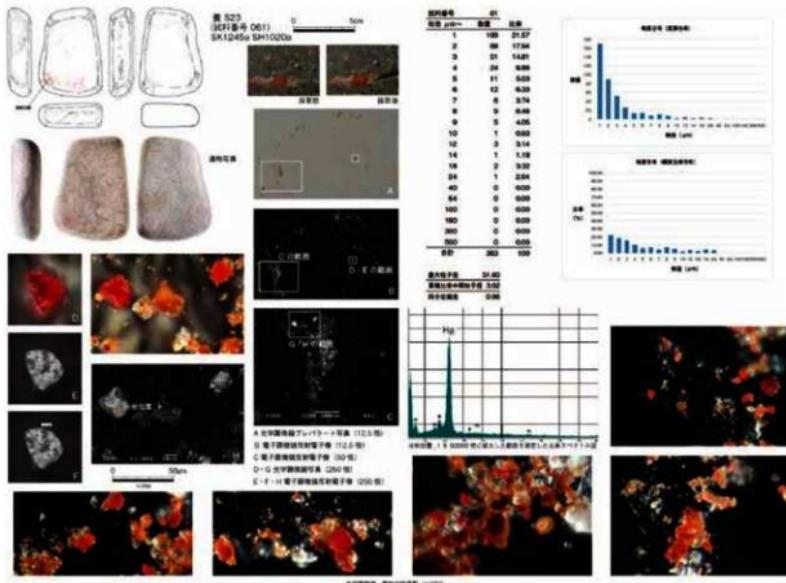
弥生時代後期前半古段階の堅火焼物壁面に設置された屋内貯蔵穴の覆い土より出土した。石鹼サイズの砂岩製磨石である。片面の下端に弱い磨痕があり、主にその反対面に赤色顔料が残る。研削の程度は #1000 ~ 1200 であまり強くない。元素スペクトル図では水銀 (Hg) の反応が強く見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
表面の覆いに付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>

1μm 以下の微粉を含めて 2μm 未満の微粒子が多く含み、4μm までの粒子がそれに次ぐ。5μm 以上の大形粒子も視覚的には目立っている。画像 D ~ E は長さ 34μm の大形粒子で、角が削減した様子がうかがえる。

<粒度分析>  
最大粒子径は 31.6μm、中間粒子径 3.6μm、四分位偏差 0.96μm、最大粒度係数は 1 ~ 2μm で比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型は C 類である。



## 試料 062 本書 SB2392a 出土 紙文番号 1738

弥生時代後期前半古段階の堅火焼物穴より出土した土器小片である。跡の小片と考えられるが、定かではない。内部の覆いに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀 (Hg) の反応が強く見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
内部の覆いに付着した顔料塊から試料を採取した。

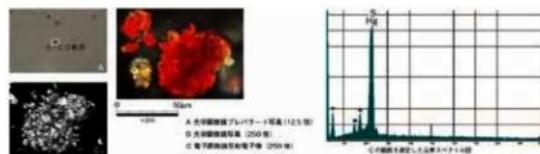
<顕微鏡観察>

1μm 以下の微粉はほとんど含まず、1μm ~ 5μm の粒子が混在する。画像 C はそれらの粒子が凝聚したものである。また、10μm 前後にビックがある。

<粒度分析>  
最大粒子径は 220μm、中間粒子径 4.3μm、四分位偏差 116μm、最大粒度係数は 1.2 ~ 3μm で比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型は E 類である。



第 580 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 1



## 試料 063 木青 4A 上面精査出土 報文番号 2456

弥生時代後期から終末期にかけての堅穴建物が分布する溝柵区で出土した土器小片である。内面産みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が強く見られることから、朱と判定した。

## &lt;試料採取&gt;

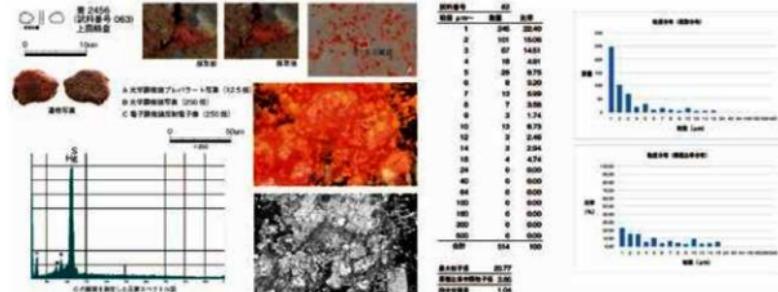
内面の産みに付着した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

1μm の範囲を含む 1μm ~ 4μm の粒子が混在する。画像 C はそれらの粒子が凝集したものである。また、10μm 前後にもピークがある。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は 208μm、中间粒子径 39.0μm、四分位偏差 104μm、最大頻度径は 1 ~ 2μm で比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型は C 類である。



## 試料 064 木青 SB4566 出土 報文番号 1852

弥生時代後期前半新段階の壇立柱建物から出土した土器である。内外面のヘラミガキ調整の状況から鉢の可能性が高いと考える。内面の産みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が強く見られることから、朱と判定した。

## &lt;試料採取&gt;

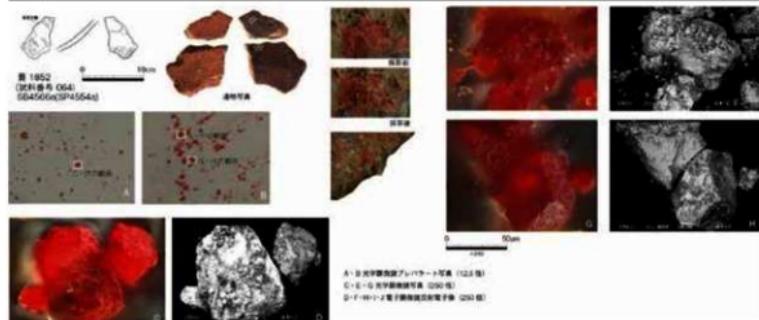
内面の産みに付着した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

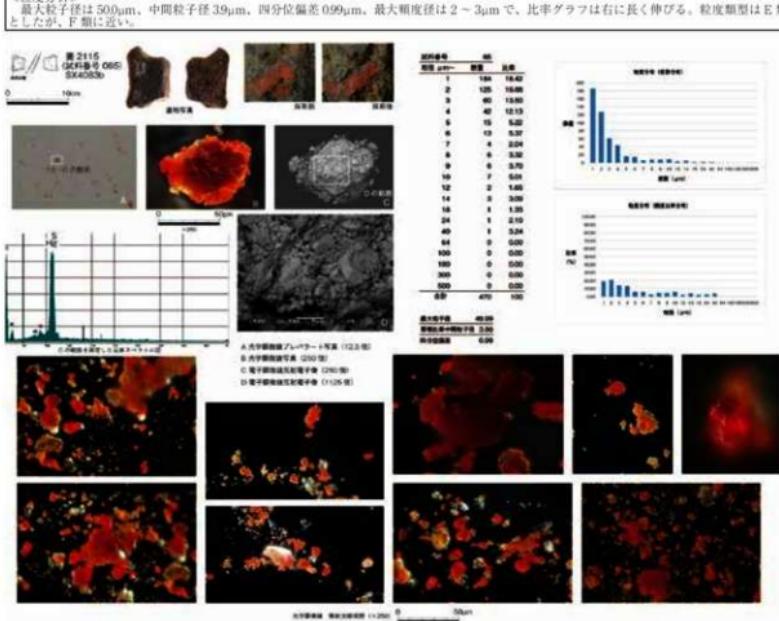
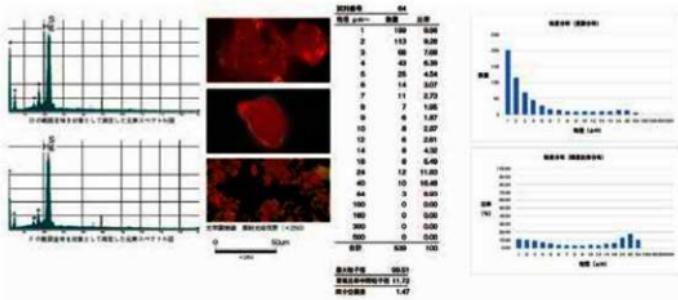
1μm 以下の微粉を含み、100μm 近くまで連続して大小の粒子が混在する。注目すべきは画像 C から H の大形粒子写真である。いずれも 100μm 以上の大きさがあり破断部棱縁が削減する粒子が多い。つまり、各粒子とも移動等による削減を経たことを示しており、本試料は辰砂素材の進路への搬入形態を示すものであろう。

## &lt;粒度分析&gt;

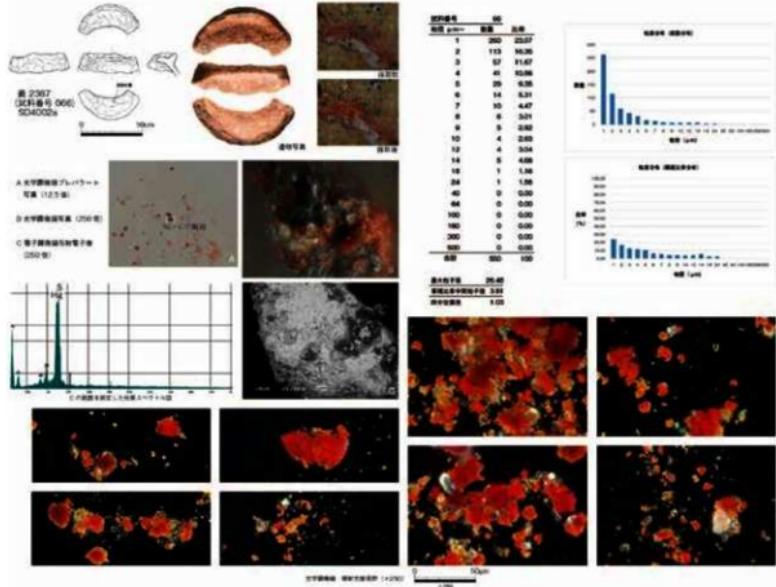
最大粒子径は 99.5μm、中间粒子径 11.7μm、四分位偏差 14.7μm、最大頻度径は 40 ~ 64μm で比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型は F 類である。



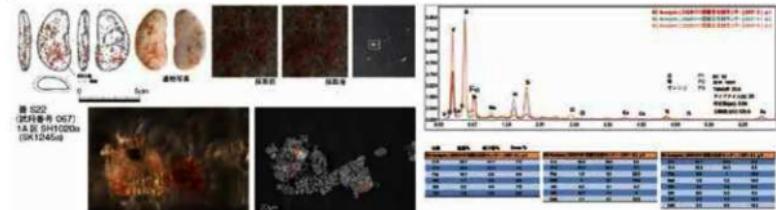
第 581 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 2



<b>試料 066</b>	本音 SD4002a 出土 報文番号 Z387
中世後期の堀里溝に混在して出土した弥生時代後期の把手付広片口盤の把手片である。元土器の底部に当たる把手立ち上がり部は直線的で、元土器の形態は平底として製作されたことが予想できる。各縫部も明確ではないが面取りを意識した作りであることから、後期前半でも中段階より古い傾向にあるとみて良い。把手内部外面に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀 (Hg) の反応が強く見られることから、朱と判定した。	
<試料採取>	
把手片面に付着した顔料塊から試料を採取した。	
<顕微鏡観察>	
1μm 以下の微粉を含み、40μm 近くまで連続して大小の粒子が混在する。1~2μm の粒子が最も多く、10μm 前後とそれ以上の大型粒子もある。画像 B・C は大形の黒色辰砂の可能性を示すが、詳細は不明である。	
<粒度分析>	
最大粒子径は 265μm、中間粒子径 3.8μm、四分位偏差 103μm、最大頻度径は 1~2μm で、比率グラフは右に長く伸びる。粒度類型は C 類である。	



<b>試料 067</b>	本音 SH1020a 屋内貯蔵穴出土 報文番号 S23
弥生時代後期前半古段階の堅い建物壇床面に設置された屋内貯蔵穴の埋め戻しより出土した。小判型の安山岩製磨石である。表面に削り跡があり、赤色顔料が付着する。元素分析の結果、鉄 (Fe) 反応が顕著で、赤色顔料はベンガラと判定した。	
<試料採取>	
表面に付着した顔料塊から試料を採取した。	
<顕微鏡観察>	
光学顕微鏡で左側の 10μm ほどの黒色を呈する粒子と右側の 1μm 以下の赤色の微粉が反射電子像で確認できる。0.5μm 以下の微粉粒子で構成される顔料である。	



第 583 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4-4

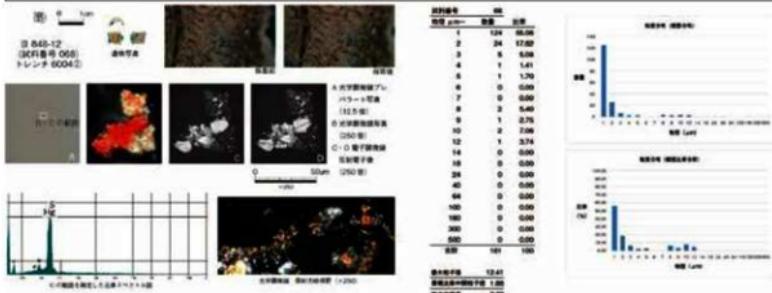
## 試料 068 旧練兵場道路Ⅲ M 区包含層出土 報文番号 848-12

弥生時代後期や終末期の堅穴建物が集中する辺りで出土した船ハリウムガラスを素材とする小玉である。表面は素材の鉛の風化により白黒化するが、穿孔部の器皿の器皿内に赤色顔料が遺存し、元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
穿孔部の面をみる顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む2μmまでの微細粒子が多いが、画像B・Cのように10μm前後の大形粒子も少量混じる。

<粒度分析>  
最大粒子径は12.4μm、中間粒子径19μm、四分位偏差0.33μm、最大頻度径は1~2μmで55.1%。グラフでは8~14μm間にもう一つのピークがある。粒度型はB型である。



## 試料 069 旧練兵場道路Ⅲ L 区遺構面出土 報文番号 847-4

弥生時代後期から終末期の堅穴建物が密集するエリアで出土した青銅鏡片である。中国後漢代の鏡で形式は雲雷文帯連弧文鏡(内行花文鏡)。長さ2.70cm、幅1.25cmの小片である。雲雷文帯、連弧文帯、その内側に鶴嘴文を伴う圓帶が残る。雲雷文の形状は不明だが、圓帶に鶴嘴文を伴うことは、鏡の内側に鶴嘴文を伴う鏡である。鏡式としては四葉鏡1~IV式に該当する。鏡径を後元すると13.8cmと小形であり、鏡柄から推定するとIIまたはIII式に該当する。

雲雷文及び圓帶内側の鶴嘴文は比較的ピッチが細かく、鏡目の上下端には細いネギタイプな圓環がある。破断面の研磨は明瞭ではない。すくなくとも破断部の稜線が丸くなるような崩壊は認められない。雲雷文帯に属する鶴嘴文内及び斜角鏡文内に赤色顔料が付着する。彌光X線分析を実施したが、残存量が僅少で、顔料の元素成分を抽出することはできなかったが、ほかの事例を参考にすると、「ベンガラ」の可能性が高い。



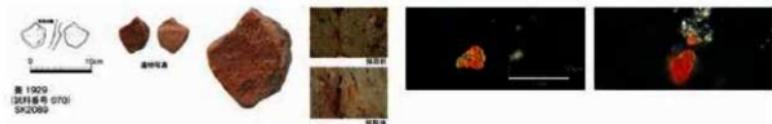
## 試料 070 本焼 SK2089b 出土 報文番号 1929

弥生時代終末期の堅穴建物SH2303aの外周に設けられた土坑に混在して出土した鉢である。口縁部が段を介して外反するタイプで、後期半に属する。内面の亀裂に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が見られることから、朱と判定した。

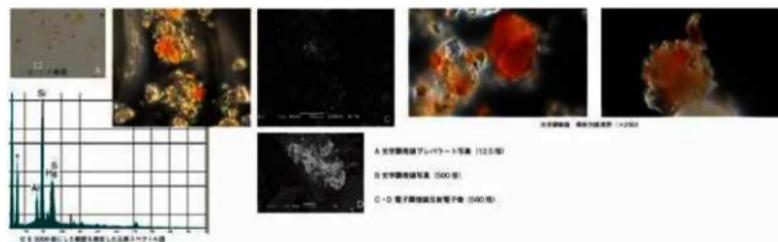
<試料採取>  
内面の器皿に付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
微粉から英粒に付着する。分析番号043と同様にはほ微粉のみで構成される粒子群である。

<粒度分析>  
1μm以上の粒子が確認できないことから、粒度計画を断念した。



第584図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート45



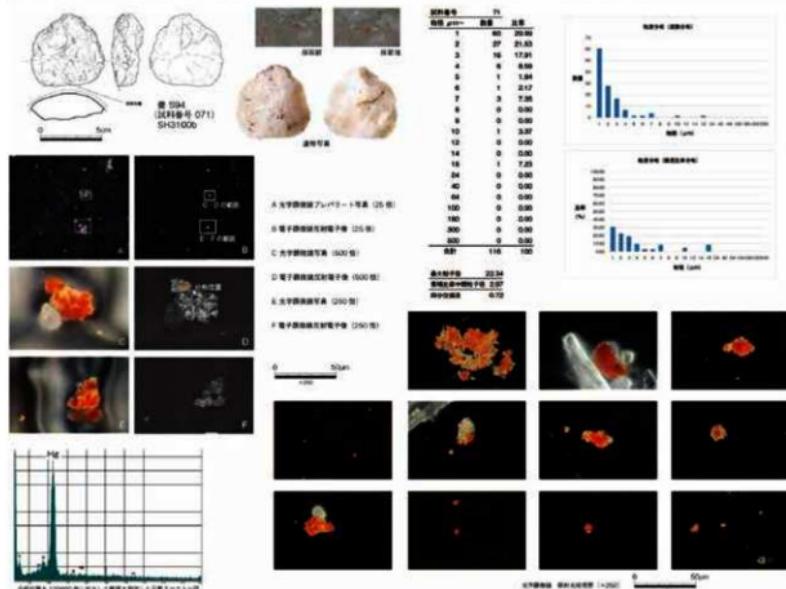
## 試料 071 本音 SH3100b 出土 記文番号 S94

弥生時代終末期後段の堅穴建物で出土した直径 7~8 cm に復元できる石垣円墻から剥離した剥片である。器面の一部に僅かに赤色顔料が付着する。付着量は微量で、当初は顔料付着に疑惑的であったが、本図 6 (本文書 214 図) のとおり福井県立歴史博物館による光吸收分光分析によると、本品の機器で適応分析が可能な環境を整えた実験となった結果、今の報告に当たる赤色顔料の可能性があるものを原則全点 X 線分析する方針で、本品の機器で適応分析が可能な環境を整えた実験となった実験となった結果である。本品産業技術センター所有の機器でも改めて EDS による X 線分析を行った結果、反応が見られた。

<試料採取>  
器面に付着した顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1 μm 以下の微粉を含む 2 μm までの微細粒子が多い。ただし、10 μm 前後の大型粒子も少量混じる。

<粒度分布>  
最大粒子径は 22.3 μm、中間粒子径 30 μm、四分位偏差 0.72 μm、最大頻度径は 1~2 μm で粒度類型は C 類である。



第 585 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4-6

## 試料 072 [本書 SP4137b 出土 報文番号 2207]

弥生時代終末期新段階の円筒形の遺構である。終末期の他の土器とともに一括して廃棄された遺物に含まれる大形の皿状鉢である。内面はヘラミガキで調整を施し、器底の窪みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)の反応が見られることがから、朱と判定した。

## &lt;試料採取&gt;

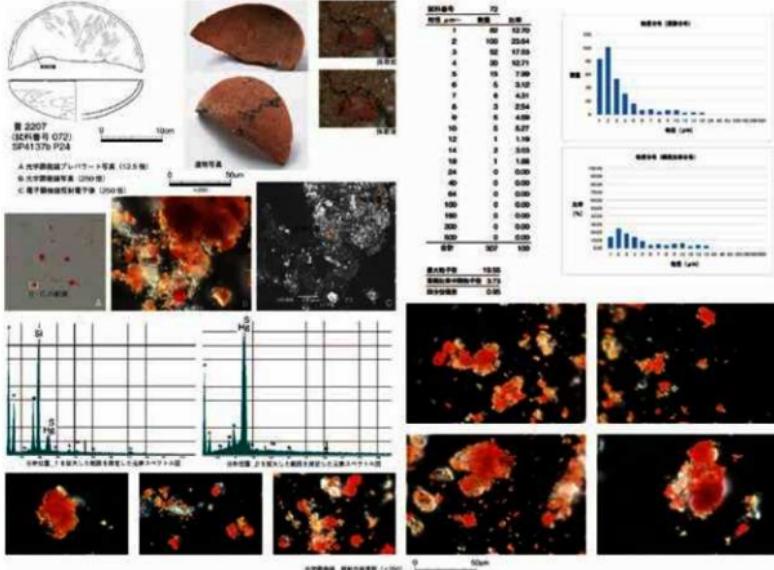
器面に付着した顔料塊から試料を採取した。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

1μm 以下の顔料を含む3μmまでの粒子が多く、20μm を上限とする大小粒子と混在する。

## &lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は19.6μm、中間粒子径37.3μm、四分位偏差9.6μm、最大頻度径は2~3μmで粒度類型はE類である。



## 試料 075 [本書 SH2149a 出土 報文番号 787]

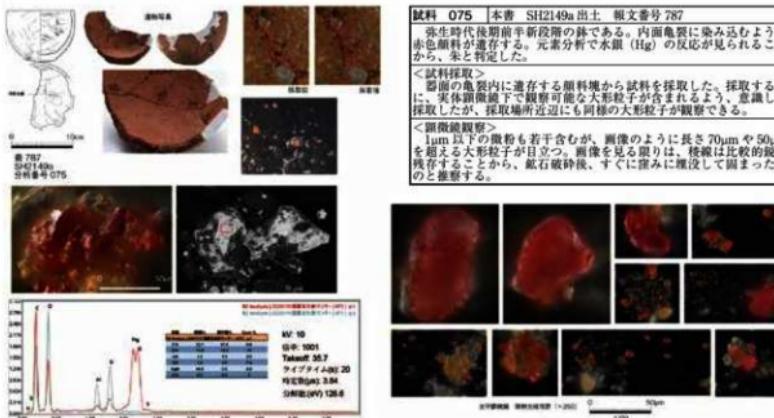
弥生時代後期前半新段階の鉢である。内面器底に染み込むように赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀(Hg)の反応が見られることがから、朱と判定した。

## &lt;試料採取&gt;

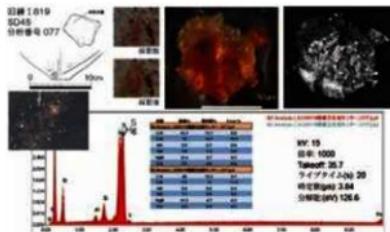
器面の亀裂内に遺存する顔料塊から試料を採取した。採取する際には、実体顕微鏡下で観察可能な大形粒子が含まれるよう、意識して採取したが、採取場所近辺にも同様の大形粒子が観察できる。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

1μm 以下の微粉も若干含むが、画像のように長さ70μm や50μm を超える大形粒子が目立つ。画像を見る限りは、接線は比較的緩く残存することから、鉱石破砕後、すぐに器内に埋没して固まつたものと推察する。



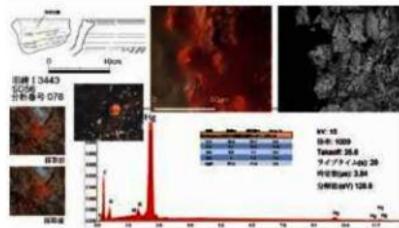
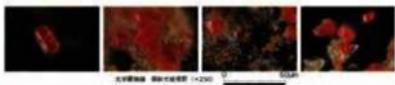
第 586 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 7



**試料 077 旧練兵場遺跡 I SD45 出土 報文番号 819**  
弥生時代後期前半の鉢である。平底底部の底径が小さいことから、接後半でも新規的位置づけられる。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀 (Hg) の反応が見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
器面の窪み内に遺存する顔料塊から試料を採取した。

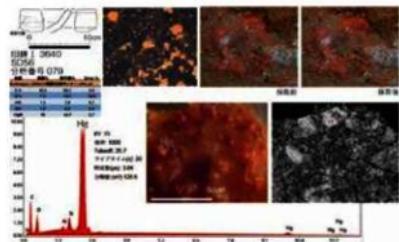
<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む微粒子が石英粒子に貼り付いて凝聚する。



**試料 078 旧練兵場遺跡 I SD56 出土 報文番号 3443**  
弥生時代後期前半の鉢または高杯である。口縁端部が押壺し上面に深い凹みがある。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀 (Hg) の反応が見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
器面の窪み内に遺存する顔料塊から試料を採取した。

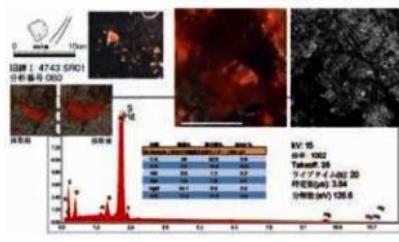
<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む微粒子が石英粒子に貼り付いて凝聚する。



**試料 079 旧練兵場遺跡 I SD56 出土 報文番号 3640**  
弥生時代後期前半の鉢または高杯である。口縁端部は拵張せず、胴部との境が屈曲する。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀 (Hg) の反応が見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
器面の窪み内に遺存する顔料塊から試料を採取した。

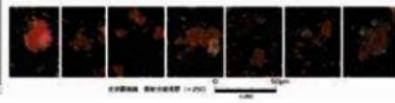
<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む微粒子が石英粒子に貼り付いて凝聚する。その中に 15 ~ 20 μm 大の大型粒子が混じる。



**試料 080 旧練兵場遺跡 I SR01 出土 報文番号 4743**  
弥生時代後期前半の鉢小片である。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀 (Hg) の反応が見られることから、朱と判定した。

<試料採取>  
器面の窪み内に遺存する顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む微粒子が石英粒子に貼り付いて凝聚する。

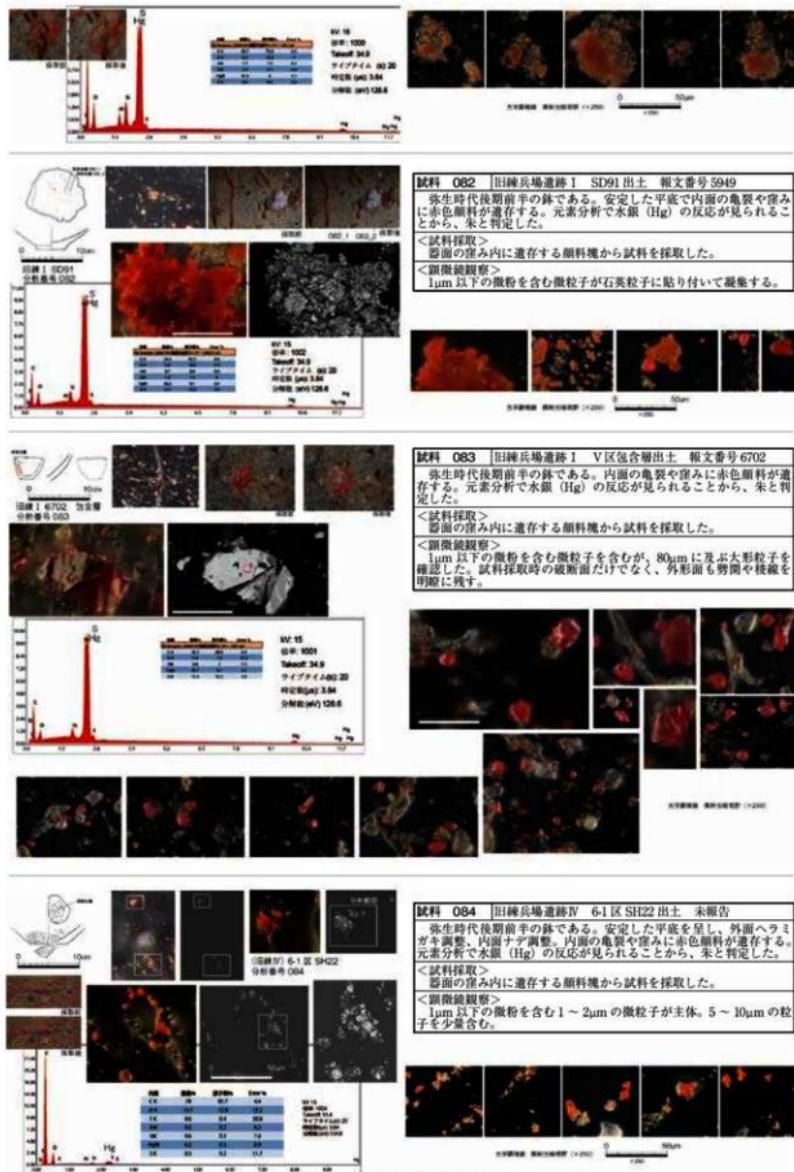


**試料 081 旧練兵場遺跡 I SR01 出土 報文番号 4898**  
弥生時代後期前半の鉢小片である。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が遺存する。元素分析で水銀 (Hg) の反応が見られることから、朱と判定した。

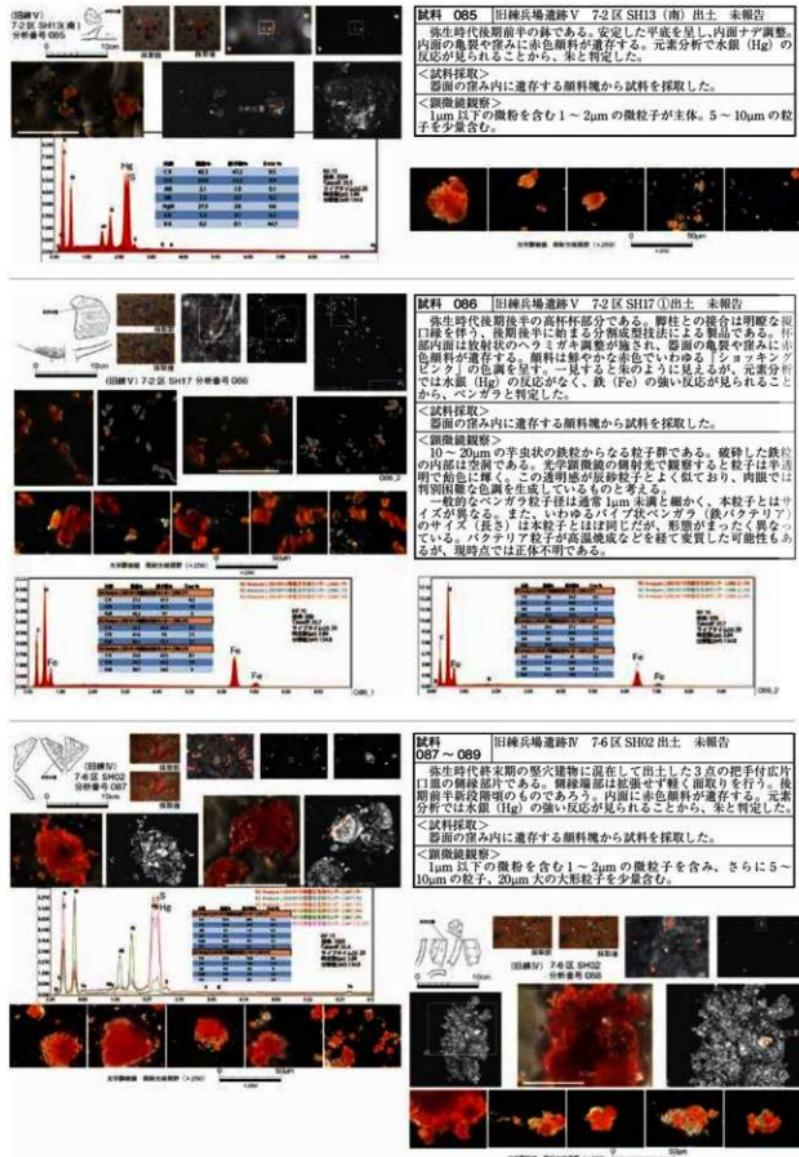
<試料採取>  
器面の窪み内に遺存する顔料塊から試料を採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm 以下の微粉を含む微粒子が石英粒子に貼り付いて凝聚する。

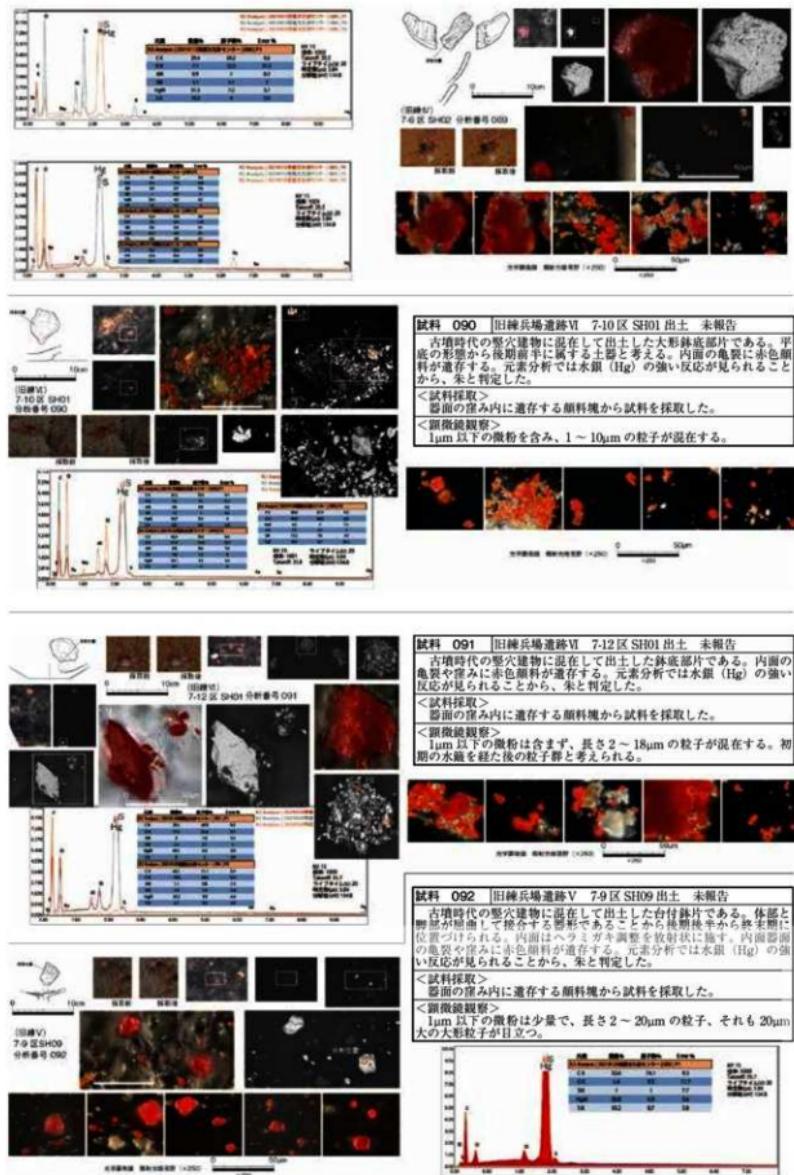
第 587 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 8



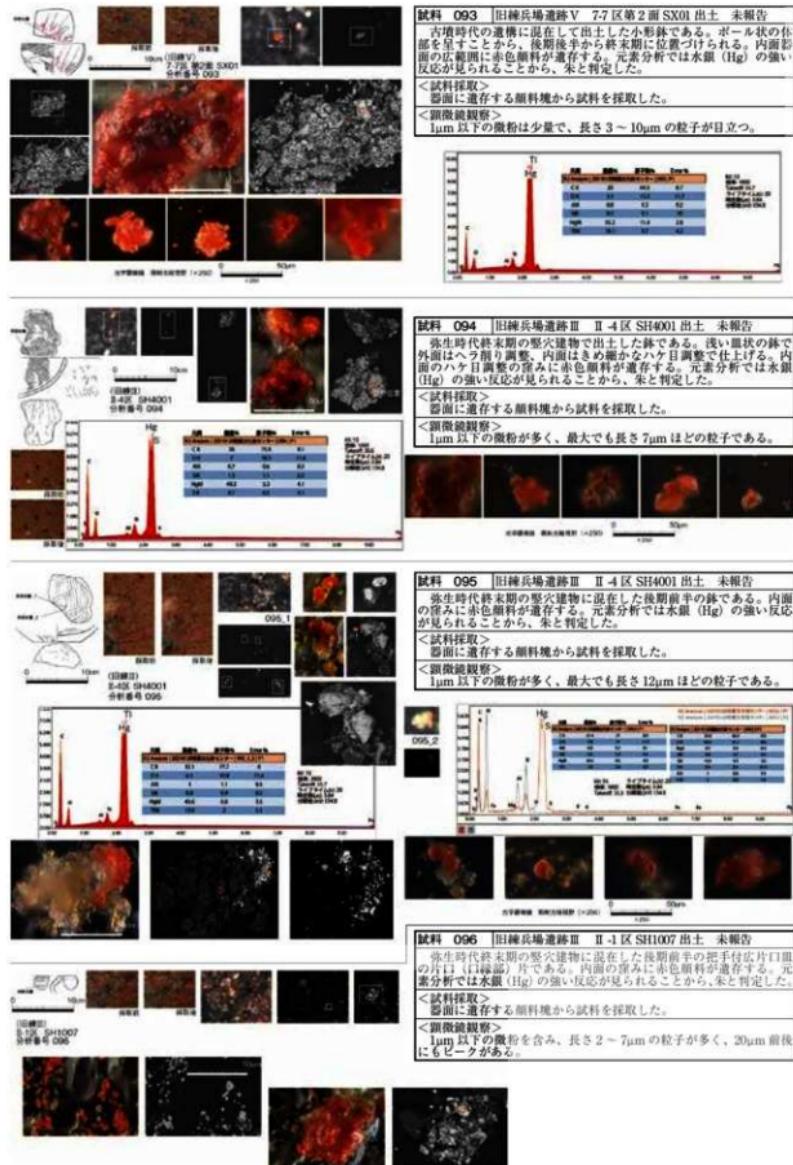
第588図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 4 9



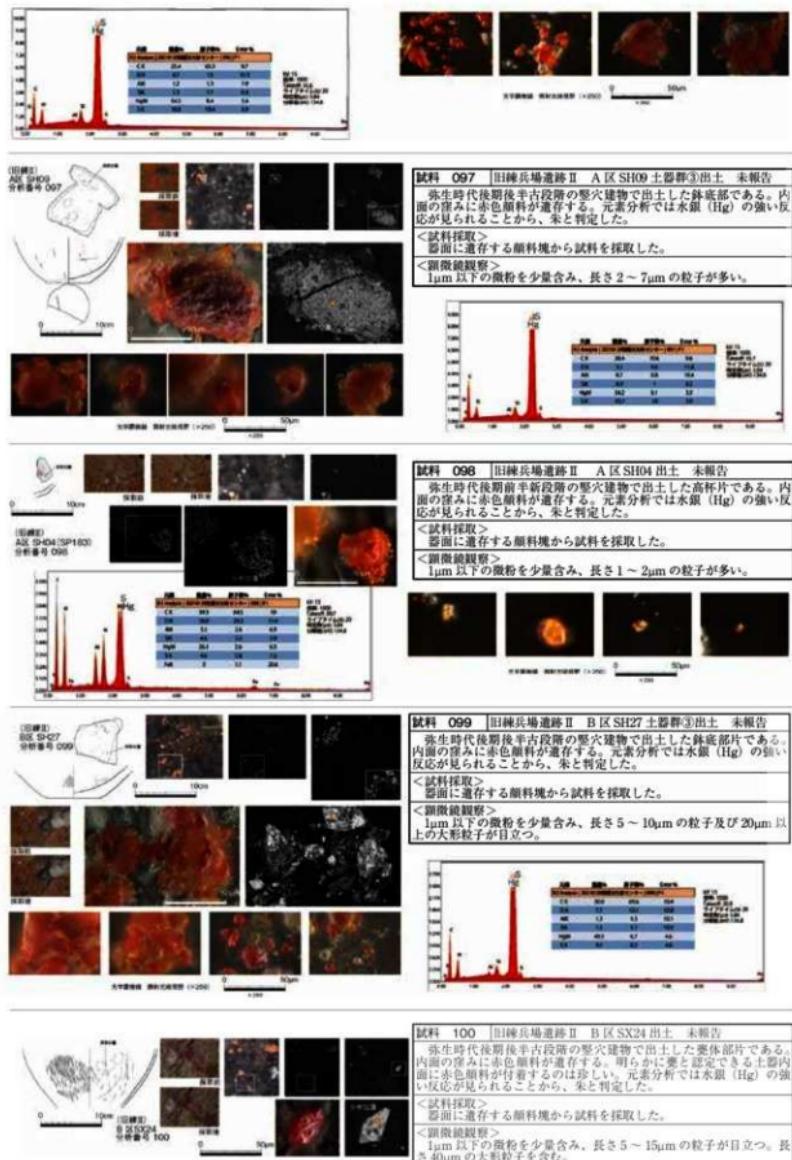
第 589 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 50



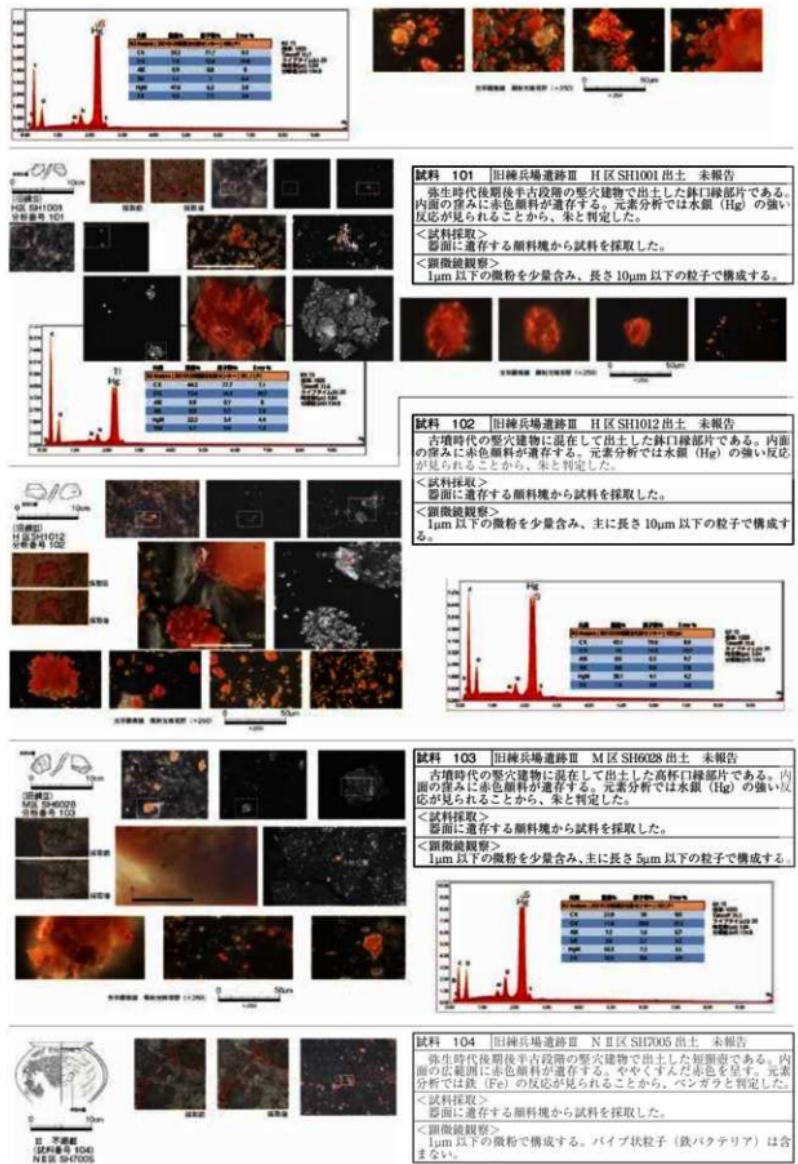
第590図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート51



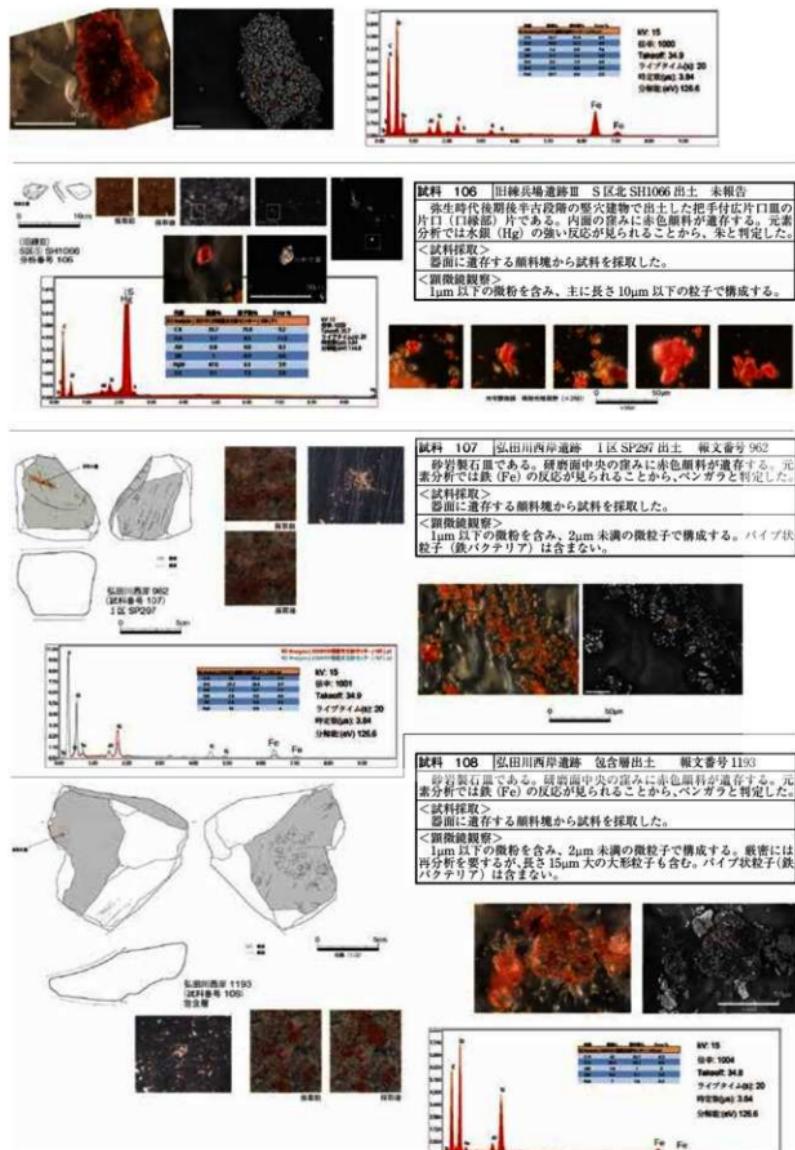
第 591 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 52



第 592 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 3

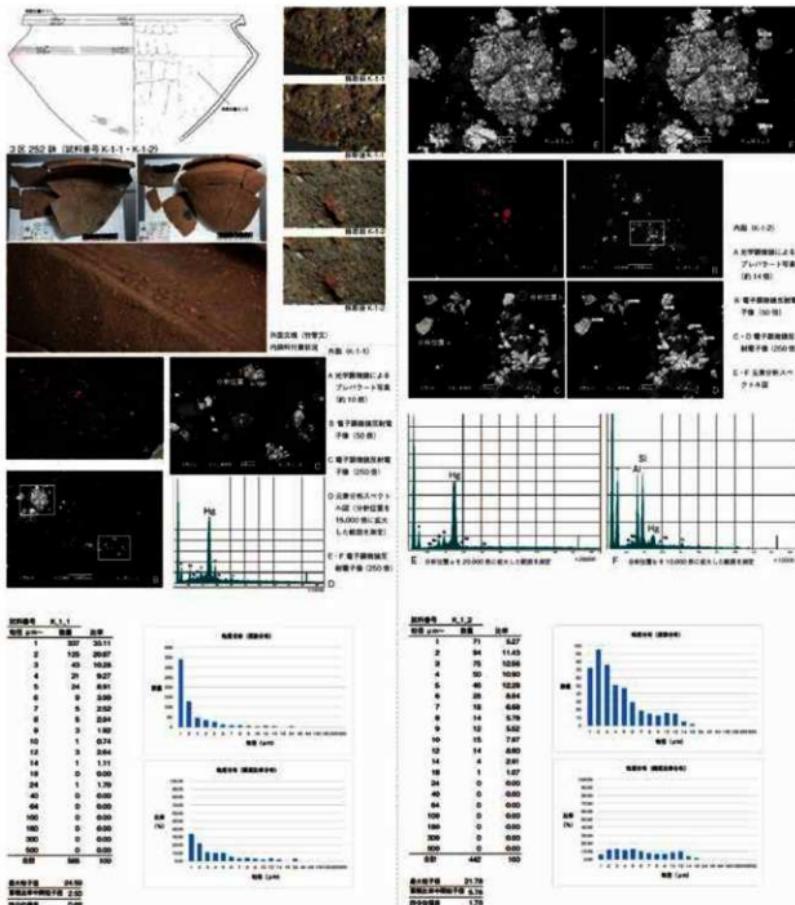


第 593 図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート 5 4



第594図 旧練兵場遺跡赤色顔料分析シート55

試料 K-1	上天神遺跡 稿文番号 3 区 252
後期初頭の大形跡である。口縁部を拡張し肩部が強く屈曲する形式。口縁部に浅い横線文を施し肩部に竹管文を施文する。その文様内の背景に赤色顔料が残る。内面にはほぼ全面に顔料が残る。外側の赤色顔料は文様として施されたものである。	
<試料採取>	
試料 K-1-1 は外側の文様背景内に残る顔料、K-1-2 は内面の肩部屈曲のすぐ下付近、体部上端に当たる位置から採取した。	
<顕微鏡観察>	
K-1-1 は 10μm を超える粒子も含むが、画像 E のように微細な粒子が石英などの砂粒に纏わりつく状態（凝聚）が観察できる。K-1-2 は画像 C のように 5μm 以上の粒子が多く、微細な粒子は目立たない。	
<粒度分析>	
K-1-1 は 1μm 未満の颗粒が多く頻度分布では急降下スロープを示す。比率分布においても 1μm 代が最も多く中間値は 2.5μm を示すが、2μm 代も比較的多い。大粒の粒子も少しあり最大値は 24.6μm 四分位偏差は 0.68μm。 K-1-2 は微粉は少なく、頻度分布では 2μm 代が最も多く、それより大きい粒子も多数ある。比率分布では 2μm から 14μm までの粒子が 10% 前後ではほぼ等しい。中間値は 5.8μm、最大値は 21.8μm 四分位偏差は 1.7μm である。	
<元素分析>	
K-1-1 と K-1-2 の分析位置 a は反射電子像が白く、水銀 (Hg) の反応が多い。K-1-2 の分析位置 b は反射電子像がグレーで、ケイ素 (Si)、アルミニウム (Al) を検出した。白く反応する物質は辰砂 (朱)、グレー部分は砂粒に伴う鉱物である。	



第 595 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 1

## 試料 K-2 上天神道路 報文番号 3 区 445

淡黄色を呈し胎土中に結晶片岩を含む頸入土器である。阿波地域からの輸入品である可能性が高い。小形の窓又は鉢の脚部下半から底部にかけて残存し、脚部の外側をヘラミガキ、内面をナデ調整する。脚部下端から底部が下方にかけて器形がやや突出する。底面は僅かに窪み、上げ氣味となる。赤色顔料は内面の底面に付着し、淡い色調を呈す。外面の一部には薄く煤と思われる黒色物質が附着する。

<試料採取>  
内面から試料を採取した。

<顯微鏡観察>

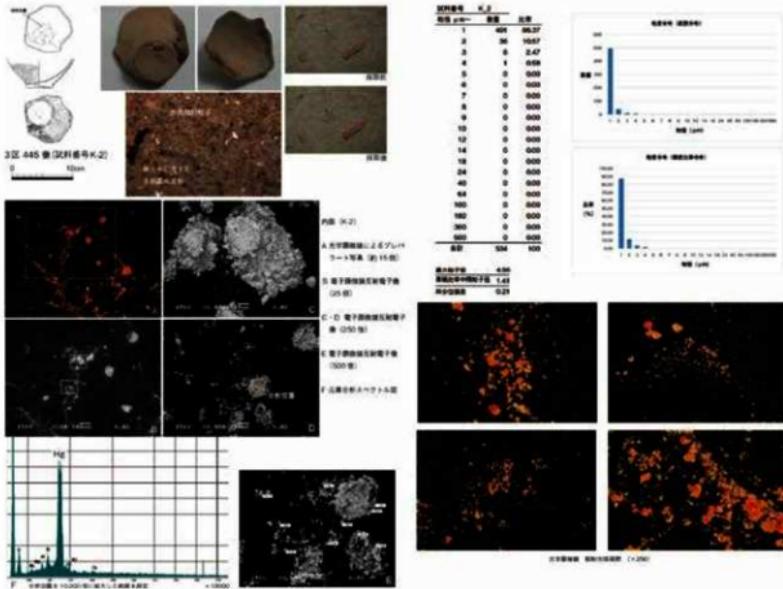
画像 A・B の 15~25 倍像をみると大小の粒子が混在するように見えるが、C・D の 250 倍像では大粒の「粒子」は微細な粒子の集塊（凝集）であることが判明する。さらに拡大し、E に示した 500 倍画像で微細粒子を拡長すると、ほぼ粒径が 1~2 μm にまとまることが判明する。

<粒度分析>

一見して微小な粒子が多く色調も濃度が薄く弱射光では淡褐色を呈す。圧倒的に 2 μm 未満が多く、5 μm 以上の粒子はない。ただし 1 μm 未満の微粉は少ない。中間値は 1.4 μm、最大値は 4.6 μm。比率分布グラフでは左端が突出する形状を呈す。他の土器に付着した赤色顔料と比較して粒径が特にまとまっている。

<元素分析>

微細粒子の集塊部を拡大して分析した結果をスペクトル図に示す。水銀 (Hg) の反応が強く、ほかにはケイ素 (Si)・アルミニウム (Al)・マグネシウム (Mg) の反応がある。鉄 (Fe)・鉛 (Pb) の反応はみられない。水銀反応が特に強いことから、赤色顔料は辰砂 (朱) と判断できる。



## 試料 K-3 上天神道路 報文番号 3 区 483

安定した平底の大形鉢底部片である。内外面は顯著なヘラミガキ調整が施され、赤色顔料は内面及び破断面に付着する。内面の表面には光沢がみられる。

<試料採取>  
内面の残存部上端付近で試料を採取した。

<顯微鏡観察>

試料採取段階から大粒の集塊固結が多く、アセトンで分散させたが、試料の搬持は最小限としたため、固結はほとんど解消しなかった。250 倍電子顕微鏡の反射電子像では微細な粒子の集塊が認められるが、1 μm 以下の微粉は少なく、1~3 μm 粒子の集塊に 5~11 μm の大粒の粒子が存在する。

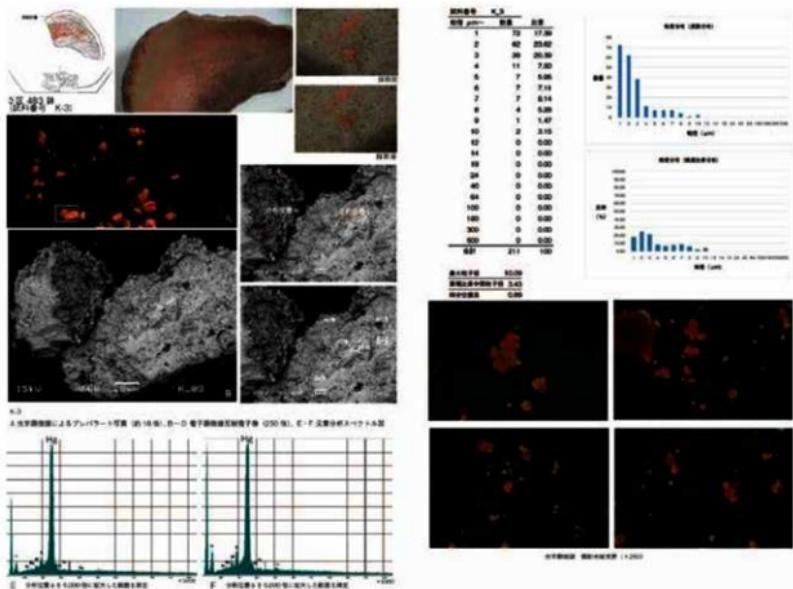
<粒度分析>

計測した粒子点数は 200 点強と少ないので、1~4 μm までの粒子で全体の半数以上を占め、4~9 μm の粒子が各大きさとも 10% 弱にまとまる等、比率分布において階段状の分布傾向を読み取ることができる。中間値は 3.4 μm、最大値は 10.1 μm。

<元素分析>

分析位置 a は集塊の破断面で、反射電子像でやや黒味を帯びる部分。分析位置 b は集塊表面に露出した大粒の結晶群の一部である。いずれも水銀 (Hg) 元素が圧倒的に多く反応し、鉄 (Fe)・鉛 (Pb) の反応はない。したがって赤色顔料は辰砂 (朱) と判断できる。

第 596 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 2



試料 K-4 上天神道跡 報文番号 3 区 486

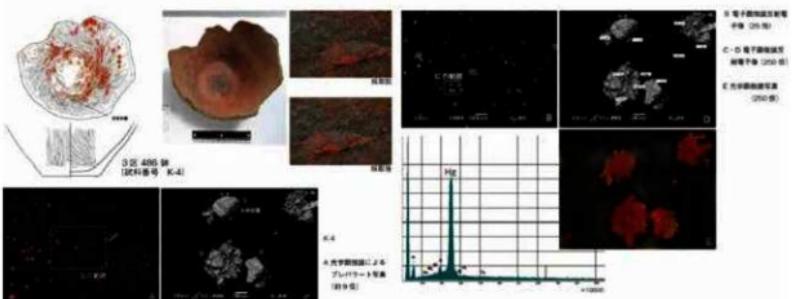
安定した平底の鉢底部である。内外面に艶豊かなヘラミガキが施し、赤色顔料が内面の底脚縁部から体部下半にかけて付着する。底面中央の見返部には付着がない。

〈試料採取〉  
試料は内面の底側縁の一部で採取した。顔料の色彩は濃い朱色である。土器表面の光沢は若干あるが顯著ではない。

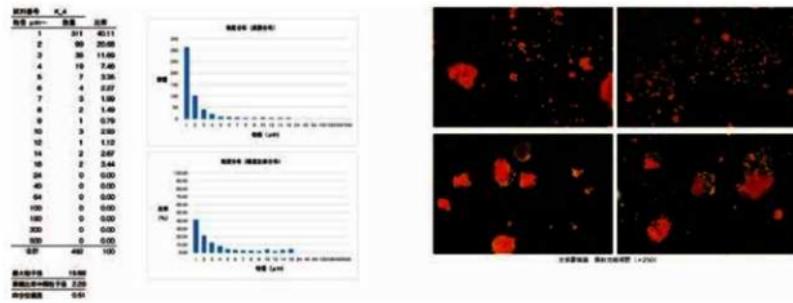
大粒と微細な粒子が混在する。そのうち大粒はものは250倍の反射電子像でみると、 $15\text{--}20\mu\text{m}$  サイズの大型粒子の周囲に  $5\mu\text{m}$  以下の粒子が付り付いた集塊である。ただし  $20\mu\text{m}$  サイズの粒子は稀。 $15\text{--}20\mu\text{m}$  の粒子は250倍の反射電子像で見ると粘膜面や断面の形状を観察することができる。C画角の粘膜片(2-4)は平坦な粘膜面をとでている。一方で粘膜片(3)は表面がゴワツキ、接觸部がやや丸味を帯びる。

全体の4割以上が1~3μmに収まるが、それ以上の大きさの粒子も急速に少なくなる傾向ではなく、比率分布では緩やかなスロープを示す。たゞ二輪車用の最高粒子径は14.190cmと20cm前後を境としてそれ以上の大きい粒子は存在しない。中間値は2.93cmである。

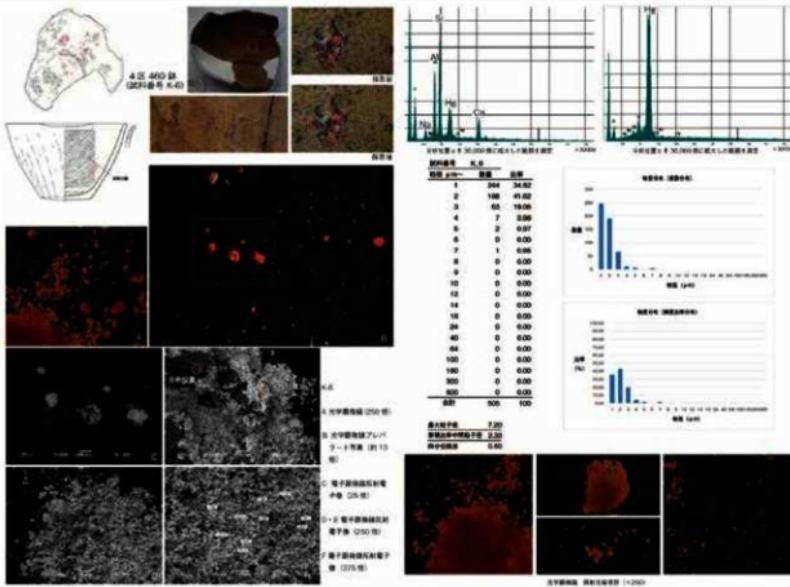
長鉱長 235mm の上記結晶片①の表面を分析した。圧延によって水銀(Hg)元素が多く、当該結晶は辰砂(朱)と判断できる。Hg以外の元素としては、ケイ素(Si)に若干のピークが認められる程度で、随伴鉱物等に關する元素は認められなかった。



第597図 上天神遺跡赤色顔料分析シート3

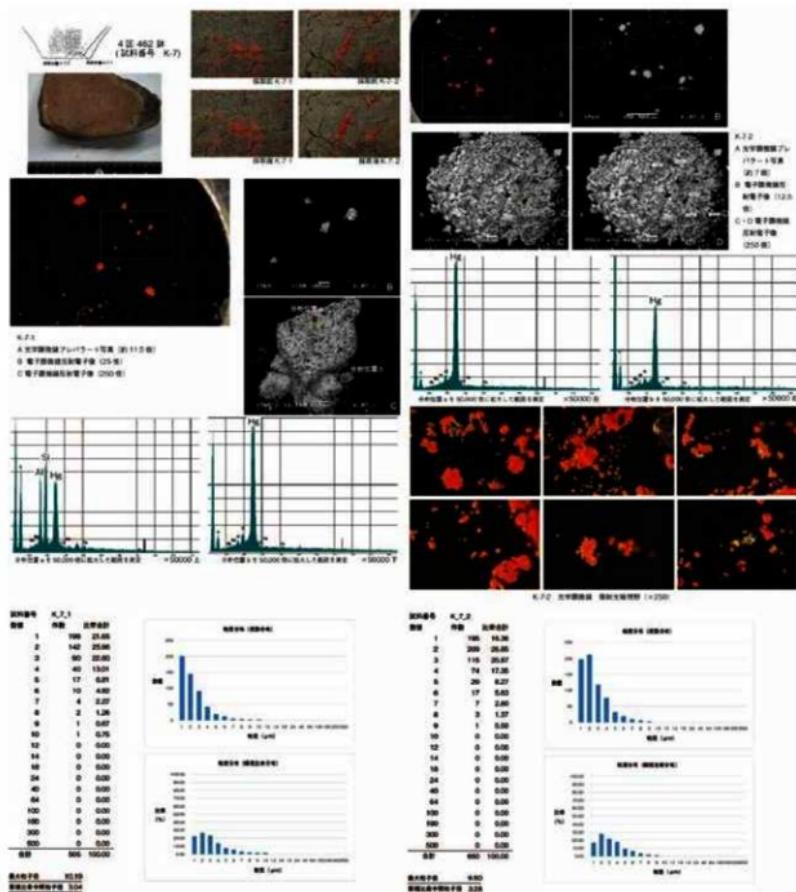


**試料 K-6** 上大神通鑑 番文番号4区460  
やや底面が下方に膨らんで平底で直角は直角の小型鉢である。外面はハラケヅリ、内面は斜め方向のヘラミガキで仕上げる。口縁部は片口形状をなす。内面下部を中心とし赤色顔料が付着する。付着量は少なめでクラックや隙間に残存する。色調はやや淡いピンクに近い。  
<試料採取>  
体部断面から試料を採取した。同形鉢の前試料（K-5）よりかなり上部の位置である。  
<顕微鏡観察>  
100μm 以上の大形の集塊が残る。これらは單独で集塊したものもあるが、石英等の砂粒に貼り付いて集塊状となるものが多い。250倍の反射電子顕微鏡像では1~3μmの粒子が粒状で集塊する状態が観察できる。Fはさらに拡大し、35倍で示し直長したもので、1~3μmの断面が観察される。観察した限界では大きな粒子がない。  
<粒度分析>  
試料の粒度は72μm、中間値は23μm、7μm代は1点のみではかく6μm以下に収まる。1~3μmへの集中が強く、K-2ほどではないが、4μm以上は急速に下に広がるグラフ形状を示す。  
<元素分析>  
元素分析結果の地名となる岩石の分析（分析位置 a）と集塊部の分析（分析位置 b）を行った。分析位置 a はケイ素（Si）・アルミニウム（Al）・水銀（Hg）・カルシウム（Ca）・ナトリウム（Na）によるピークがあり、岩石・氷晶石の構成元素を示す。分析位置 b は Hg のピークが左側の強い。したがって氷晶石類は辰屋（東）と判断できる。



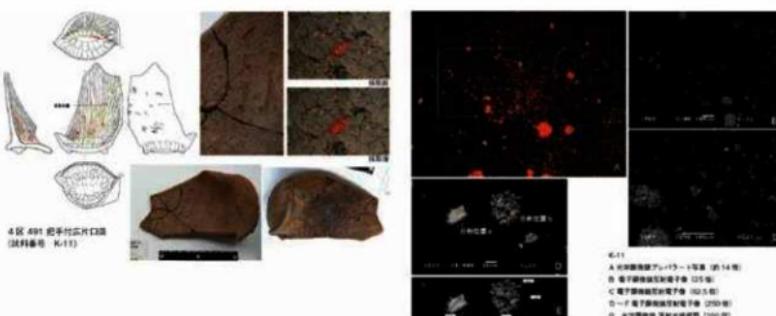
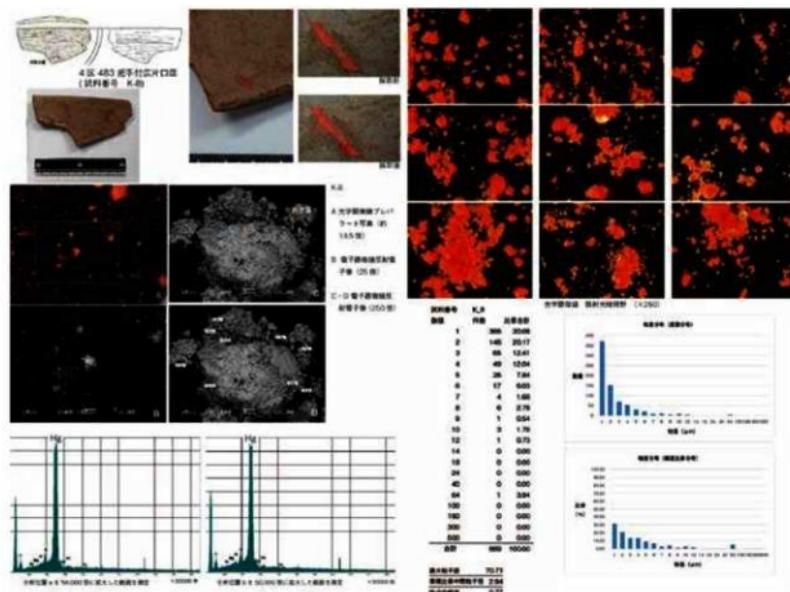
**試料 K-7** 上大神通路 磁番号4区462  
 安定した平底から体部が斜め上方に開きながら立ち上がる形状の太鉄鉢。外面は縱方向のヘラミガキ、内面は横方向のヘラミガキで調整する。  
 赤色調は底盤から中心に斜めに有り、色調はやや薄いピンクと濃い朱色の部分がある。  
**試料採取**  
 試料は底盤付近で色調が異なる2箇所で採取した。K-7-1は深いピンクの色調を呈し器皿にやや厚く残存する部分で採取した。K-7-2は濃い朱色の色調を呈しクラックに入った顔料から採取した。  
**顕微鏡観察**  
 K-7-1は底盤構成しておらず、250倍の反射電子像Cでは右葉等の砂粒に微粒子が貼り付いている。K-7-2も同様に集塊が認められるが、粒径はK-7-1ほど微細なのは少なく、C・Dに示した反射電子像画像では粒径に応じて自然にまとまつた集塊が捉えられた。集塊も多様であることがわかる。  
**粒度分析**  
 K-7-1は最大粒径 10.2 $\mu\text{m}$ 、中間値 3.0 $\mu\text{m}$ 、K-7-2は最大粒径 9.5 $\mu\text{m}$ 、中間値 3.3 $\mu\text{m}$  とはほぼ等しい状態であるが、前者は表面に現れない 1 $\mu\text{m}$ 以下の微粒子が多いこと、後者は 2~3 $\mu\text{m}$ の粒子の数量子が多い点で違いがある。微粉の有無が色調に反映している可能性が高い。  
**元素分析**  
 K-7-1は集塊界面の下地と悪化される黒色部で分析位置 a、固結部の枯槁集塊で分析位置 bを設定した。分析位置 aではケイ素(Si)・アルミニウム(Al)・マグネシウム(Mg)・カルシウム(Ca)等が主なピークが認められた。分析位置 bでは水銀(Hg)が圧倒的な強度でピーケを形成する。いずれも鉄(Fe)・鉛(Pb)は検出できなかった。  
 K-7-2は 5~10 $\mu\text{m}$  粒子の集塊部に分析位置 a、1~3 $\mu\text{m}$  粒子の集塊部に分析位置 bを設定した。分析位置 abともに水銀(Hg)が圧倒的な強度で反応を示す。  
 このことから、いずれの試料も辰(朱)とみられる。

第599図 上天神遺跡赤色顔料分析シート5

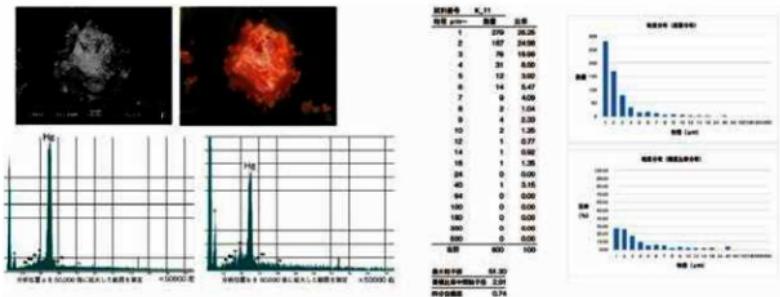


<b>試料 K-8</b>		上天神遺跡 報文番号 4区 483
手付広片口縁の無部口縁破片である。外面はヘラケズリで凹面を整え、内面は丁寧なハラミガキにより仕上げる。口縁端面はナデ調整である。		
<試料採取> 赤色顔料は内面及び口縁端面に付着し、内面の窪みにはまとまった量の顔料が残存する。色調は濃い朱色で、内面から採取した。		
<顯微鏡観察> アセトンにより粒子は分散するが、250倍反射電子像では長軸100μm弱の大形粒子（結晶片）に1~3μmの粒子が纏わりつく状況が観察できる。このような大形粒子は当該試料には稀である。1μm以下の微粒子は多く、1~3μmの粒子が纏っている。長軸100μm弱の大形粒子は颗粒が丸味を帯びた球形である。		
<粒度分析> 最大粒径(二軸平均)は70.7μm、中間値は29.9μmである。比率分布グラフでは前述の大形粒子を除くと緩やかなスロープのグラフ形状である。		
<元素分析> 2箇所分析したがいずれも水銀(Hg)が圧倒的なピークをもつ。辰砂(朱)と判断できる。		

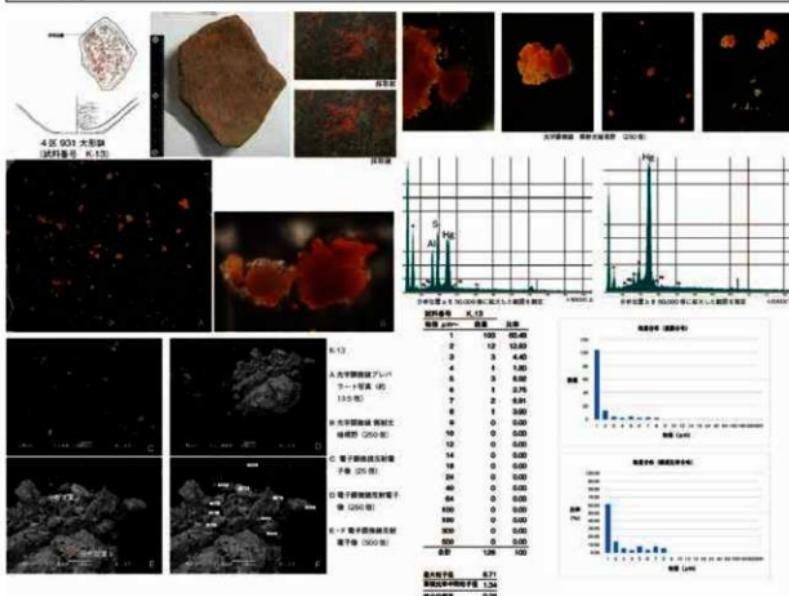
第600図 上天神遺跡赤色顔料分析シート6



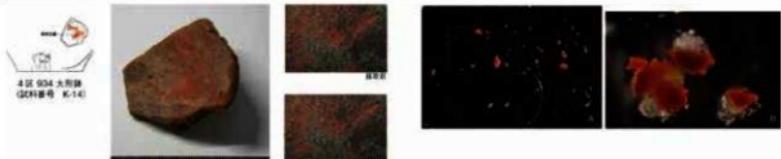
第 601 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 7



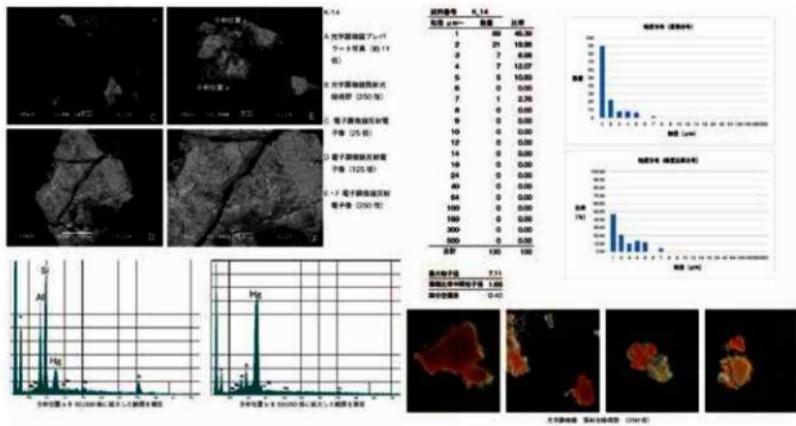
<b>試料 K-13</b>   上天神遺跡 報文番号 4 区 931
大形鉢底部片である。外面は表面の剥落が顕著だが、内面は横方向のヘラミガキが残る。
<試料採取>
器皿内面の広範囲に赤色顔料が付着し、色調はやや薄いピンクである。底縁付近で試料を採取した。
<顕微鏡観察>
集塊した粒子が多く、大形の結晶片はほとんど見られない。集塊は石英等の砂粒に貼り付いたもので、粒径は 1μm 未満の微粉が多く、1μm 超える粒度分析が多い。
<粒度分析>
圧倒的に 1μm 以上 2μm 未満の粒子が多く、微粉も多く含まれる。最大粒子は 87μm で中間値は 1.3μm となる。
<元素分析>
鉛が目立たない部分 (分析位置 a) と集塊部 (分析位置 b) の 2 餘所で計測した。a はケイ素 (Si) とアルミニウム (Al) が多く、b は圧倒的に水銀 (Hg) が多い。赤色顔料は辰砂 (朱) と判断できる。



<b>試料 K-14</b>   上天神遺跡 報文番号 4 区 943
安定した平底の大形鉢底部片である。
<試料採取>
内面裏面に赤色顔料が多量に付着する。色調は薄いピンクである。底縁より試料を採取した。
<顕微鏡観察>
集塊は多く、アゼトンを使用したが、分散が十分ではない。画像 C・D は 1μm 未満の微粉が多数集塊し、その固結強度が強いため集塊形状を維持したままクラックが生じたものである。
<粒度分析>
微粉が圧倒的に多く、それらが固結して集塊を形成するため計測可能な粒子が少なく、稀に含まれる 2 μm 以上の粒子の比率分布に占める割合が高くなり、あまり 1μm 代が突出しないグラフ形状となる。しかし、分布の中心は 1μm 未満にある。最大粒径 7.1 μm、中間値 1.7 μm である。
<元素分析>
赤色顔料は辰砂 (朱) である。粒子が少ない伴出鉱物部ではケイ素 (Si) やアルミニウム (Al) が多くみられた。



第 603 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 9



試料 K-15 上天神遺跡 報文番号 4 区 944

把手付広片口皿である。皿部内面及び把手部内外面に赤色顔料が付着する

<試料採取>

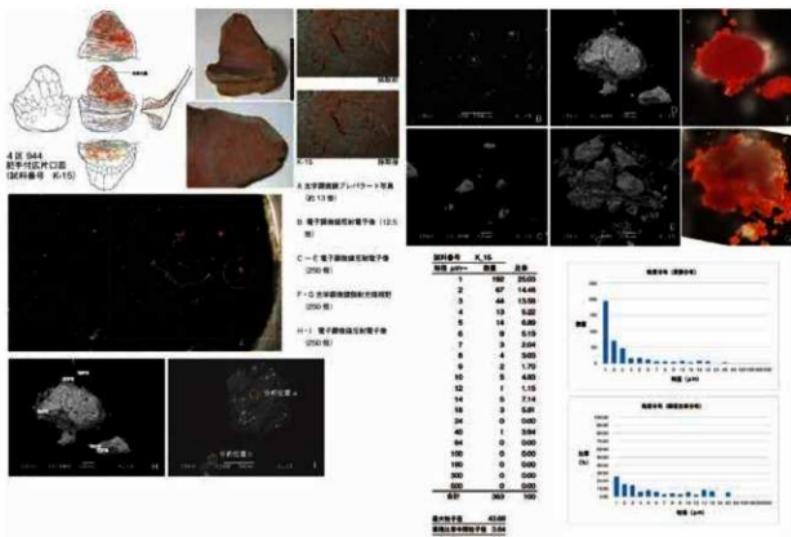
皿部内面の僅みに混じた赤色顔料から試料を採取した。

<顕微鏡観察> 粒径は多いが、10 ~ 50 μm の大形粒子が比較的目立つ。画像 D は長軸約 58 μm で断続で丸く崩壊した粒子で、下端の破断面の付根は鋭いが、隣に存在する 27 μm の粒子がその欠損部なので、元来は丸い崩壊面に覆われた粒子と推定する。一方で画像 E は微粉が固結した後破壊した集塊である。

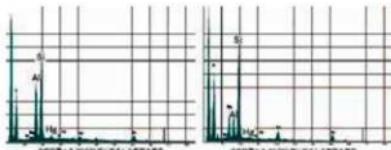
<粒度分析> 大形粒子が目立つことから、比率分布は比較的フラットなグラフ形状となる。

<元素分析>

赤色顔料の粒子部ではなくそれ以外の粒子部を 2箇所計測した。いずれもケイ素 (Si) が多いが、a はアルミニウム (Al) が多く、b はマグネシウム (Mg) とアルミニウム (Al) が併存する。白く反応した部分が辰砂 (朱) であることは間違いない。



第 604 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 10



## 試料 K-17 | 上天神遺跡 紙文番号 4 区 948

把手付広口皿の把手部付近の破片である。皿部内面及び把手部内外面に赤色顔料が附着する。

## &lt;試料採取&gt;

皿部内面で採取した試料を K-17-1 とし、把手部外面から採取した試料を K-17-2 とした。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

K-17-1 は微粉が多く、10 ~ 50 μm の破断した結晶片が多くみられる。画像 D ~ F の結晶の破断面は枝絆が鋭く、それに伴う微細片と思われるものが付随することから、これは 40 ~ 50 μm の大型の結晶片であったものと思われる。

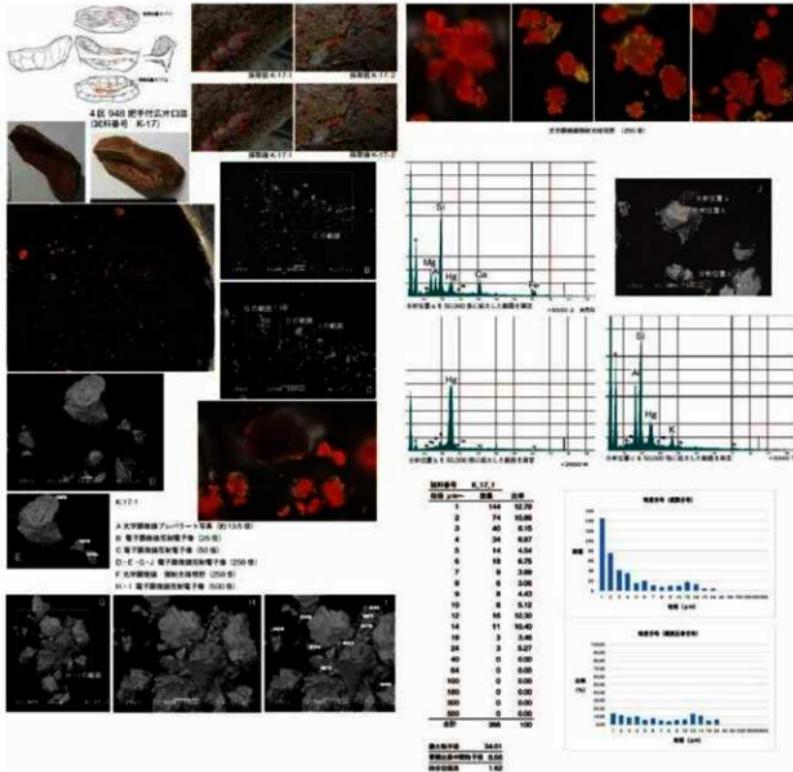
K-17-2 は微粉が多いが、大粒の結晶片が含まれる。

## &lt;粒度分析&gt;

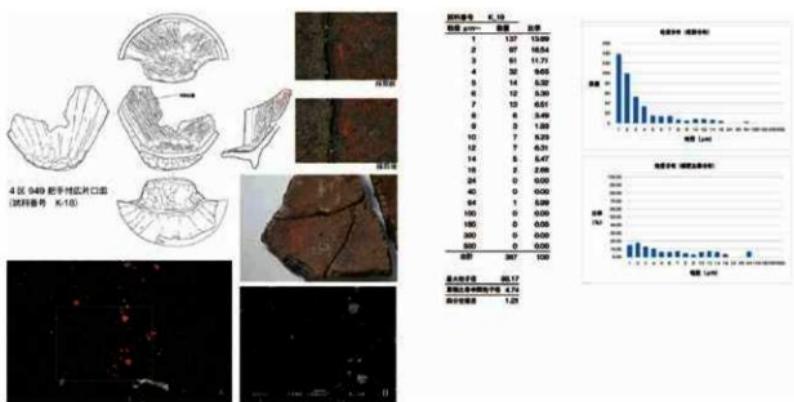
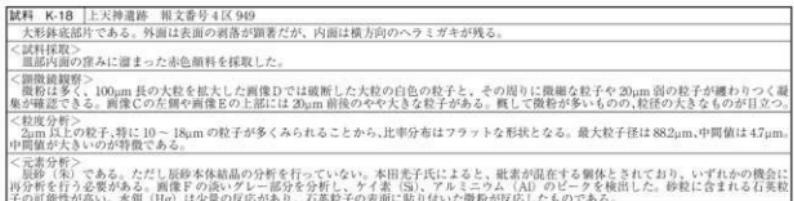
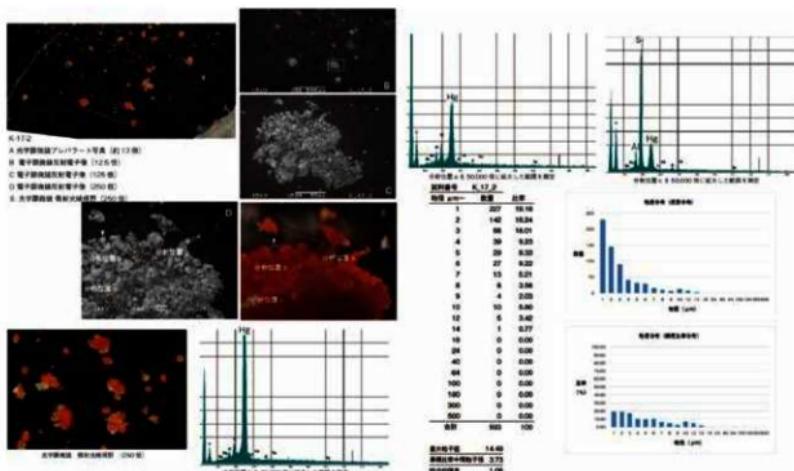
K-17-1 は大形粒子が目立つことから、比率分布は平均的なフラットなグラフ形状となる。最大粒子径は 34.0 μm、中間値は 66 μm。K-17-2 も大粒の結晶が影響して比的的フラットな形状である。最大粒子径は 14.5 μm、中間値は 3.7 μm。

## &lt;元素分析&gt;

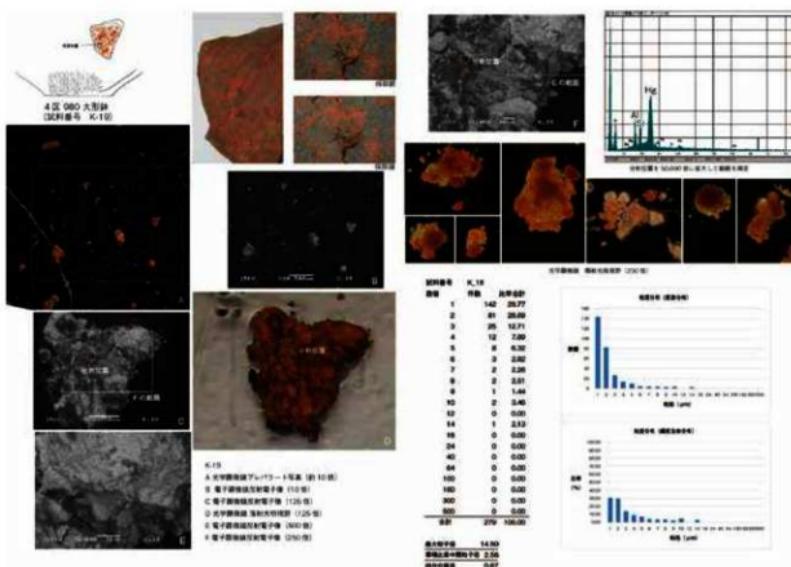
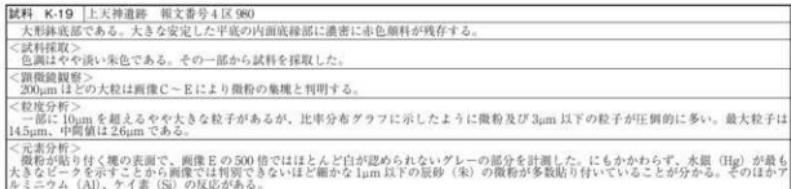
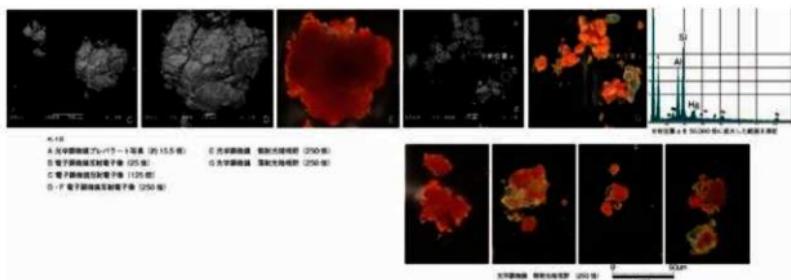
分析位置 b では水銀 (Hg) の反応が強く、辰砂（朱）と考えられる。周囲に散在するグレーに反応する物質も分析したが、ケイ素 (Si) 主体で鉛鉱片と考えられる。



第 605 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 11



第606図 上天神遺跡赤色顔料分析シート12



## 試料 K-20 上天神遺跡 報文番号 4 区 1180

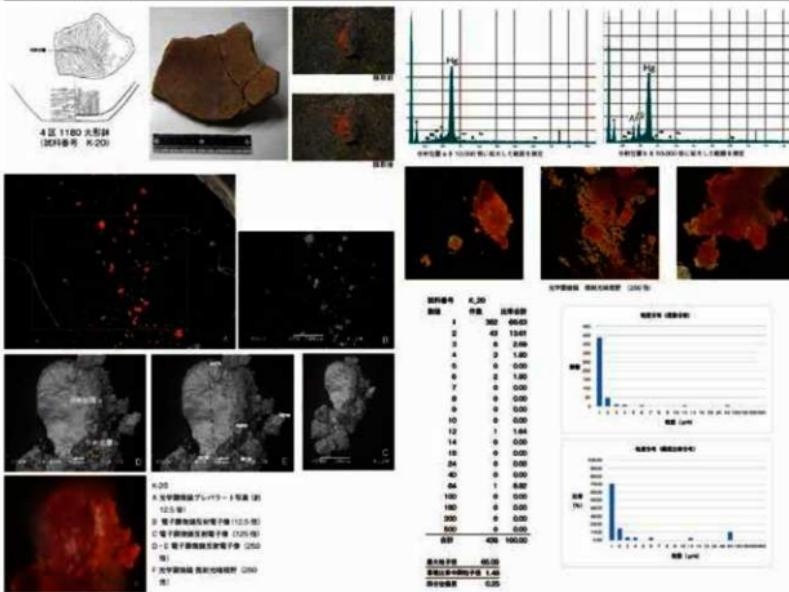
大形鉢の側面下端から底部にかけての断片である。側面下端はやや膨らみを持ちながら底面に移行し底部の下方への突出は認められない。内面には丁寧なハラミガキが施され、大形鉢の脱落痕と思われる跡みに赤色顔料が残る。

＜試料採取＞  
内底面の跡みに残存する赤色顔料を採取した。

## ＜顕微鏡観察＞

画像 A の大形粒子は多くが微粉の集団だが、画像 C ~ E に示した大形粒子も稀に含む。その大形粒子は縦軸が約 80μm、横軸が約 50μm の指円形で研削剤の断面がはっきりと観察できる。被断面は鋭いが、元の粒子の外縁は丸味く質感減ずる。

＜粒度分析＞  
被断面 A では大形粒子を破断面中央部、分析位置 b は近接する微粉塊中のグレー部分に設定した。a・b とともに水銀 (Hg) の反応が強く、a に対して b におけるケイ素 (Si)、アルミニウム (Al) の反応がやや強いものの、水銀 (Hg) の 1/4 にとどまる。いずれも鉄 (Fe) の反応は少なかった。赤色顔料は辰砂 (朱) である。



## 試料 K-21 上天神遺跡 報文番号 4 区 1246

把手付広口皿である。皿部内面及び把手部内外面に赤色顔料が付着する。

＜試料採取＞  
皿部内面のうち把手の付け根付近で K-21-1 の試料を採取し、把手外面で K-21-2 の試料を採取した。

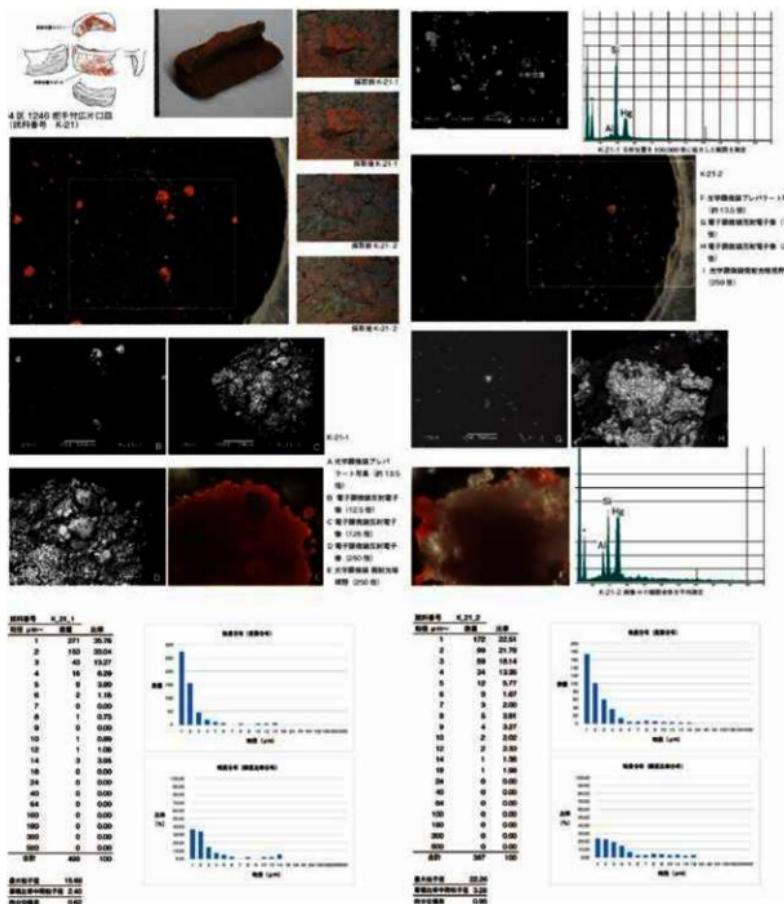
## ＜顕微鏡観察＞

K-21-1、K-21-2 ともに微粉が多いが、2~10μm の粒子がやや多く、2~4μm の粒子が目立つ。

＜粒度分析＞  
K-21-1 の比率分布では 1~2μm の比率と 2~3μm の比率は伯仲し、特に小形の粒子が飛びぬけて多いわけではない。最大粒子径 15.7μm、K-21-2 の比率分布ではより粒子径の大きなものが目立ち、最大粒子径は 22.3μm で比率分布グラフはフラットに近い分布となる。

＜元素分析＞  
水銀 (Hg)、ケイ素 (Si)、アルミニウム (Al) の反応があり、水銀の反応が特に強い。赤色顔料は辰砂 (朱) である。

第 608 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 4



## 試料 K-22 上天神遺跡 報文番号 4 区 1315

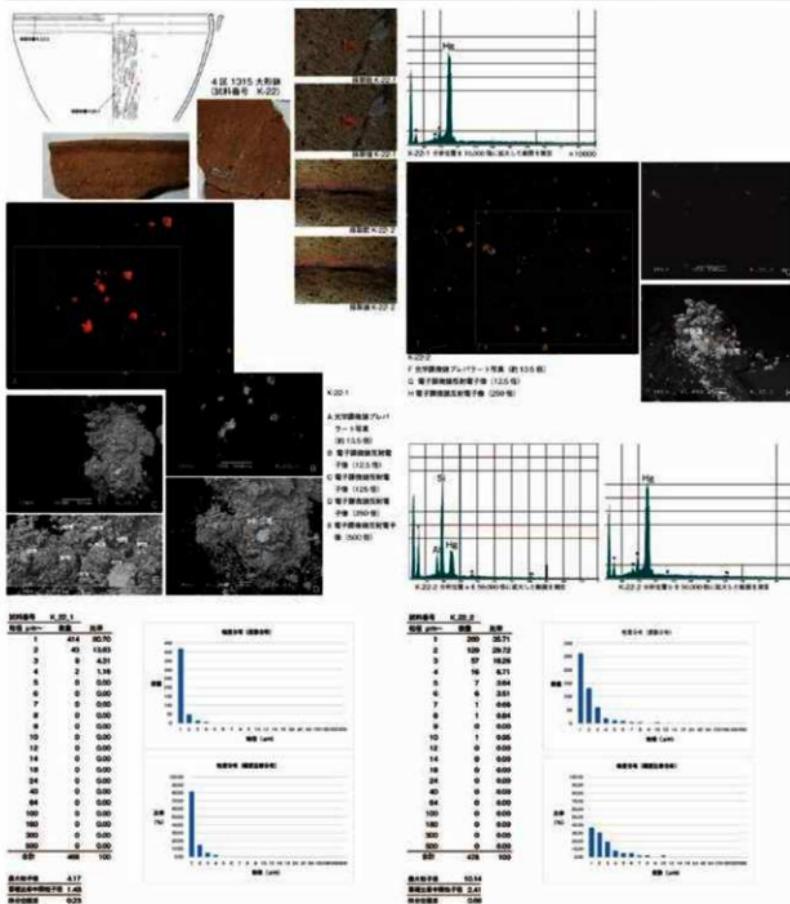
ボウル状の大形跡で口縁部外縁に凹線文を施し、口縁部の一部が片口となる。内面は上端近くまで赤色顔料が残存し、外縁の凹線文の施された部にも赤色顔料が残る。

＜試料採取＞  
大形跡の内面（K-22-1）と外縁（K-22-2）から採取した。外縁は口縁部下に施された凹線文内に残存する文様内に散布された赤色顔料。内面は全体中程の位置から採取した。

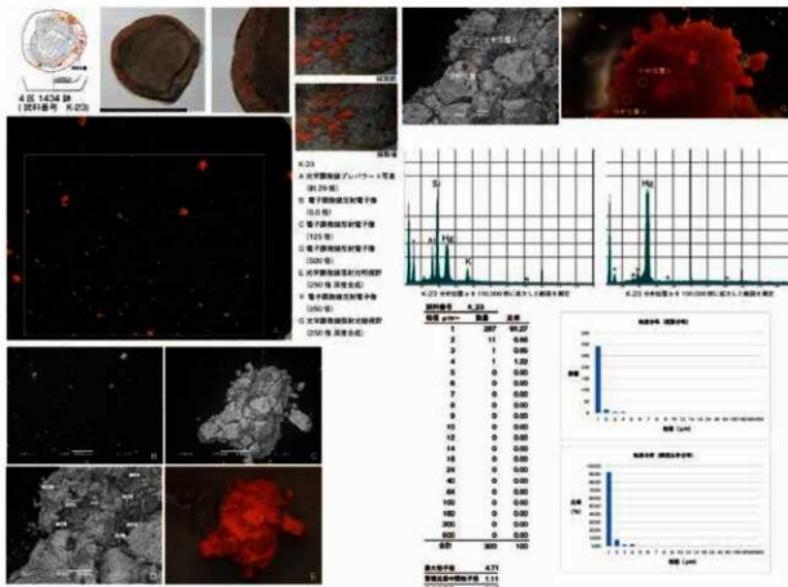
＜顕微鏡観察＞  
内面（K-21-1）は1μm以下の微粉がやや少なく、1~2μmの粒子が圧倒的に多く、5μm以上の粒子がほとんど含まれない。外縁（K-21-2）は2μm以上で8μmまでの粒子が比較的多い。

＜粒度分析＞  
内面は1~2μmの粒子の示す割合が80%を超える。最大粒子径は4.2μmと5μm以下にすべてが収まり、試料K-2の粒子構成に近い。外縁は1~2μmの粒子が突出するわけではなく、粒径が大きくなるにしたがってスムーズに比率が減少しあは10μm以下に収まる。最大粒子径は10.1μmである。

＜元素分析＞  
水銀（Hg）、ケイ素（Si）、アルミニウム（Al）の反応があり、水銀の反応が特に強い。赤色顔料は辰砂（朱）である。



<b>試料 K-23</b>   上天神遺跡 紙番号 4 区 1434
大型鉢底部片である。底縁部で破断し、破断面にも赤色顔料が付着する。
<試料採取>
破断面に付着した赤色顔料から採取した。色調は淡いピンクである。
<顕微鏡観察>
プレパラート写真では 100 ~ 150 μm の大粒塊が確認できる。拡大した反射電子像 C では微粉の集塊であることが分かる。さらに拡大した画像 D では大形の粒子がほとんど含まれていないことがある。
<粒度分析>
90%以上が 2 μm 以下である。最大粒子径 4.7 μm でそれ以上の粒子を全く含まないから土器亀裂に貯入し自然の分級がなされた顔料である可能性が高い。比率分布グラフでは試料 K-2 にグラフ形状は似る。
<元素分析>
水銀 (Hg)、ケイ素 (Si)、アルミニウム (Al) の反応があり、水銀の反応が特に強い。赤色顔料は辰砂 (朱) である。



第 611 図 上天神遺跡赤色顔料分析シート 1 7

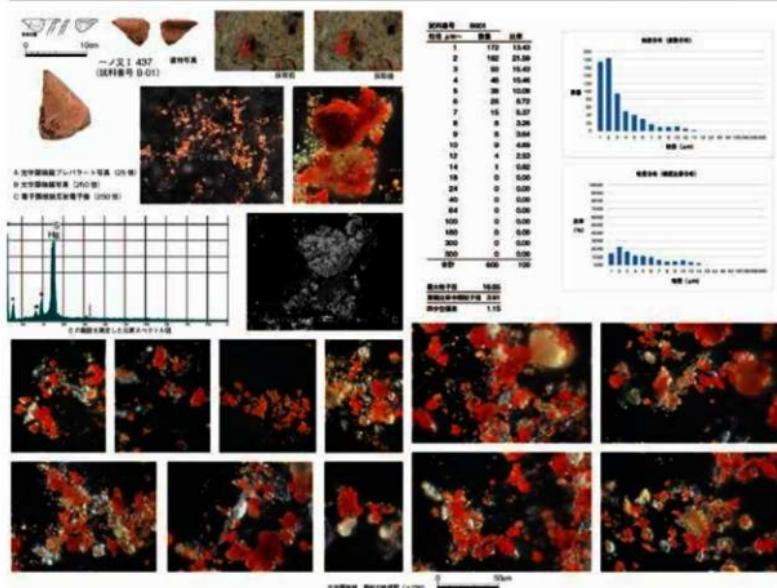
**試料 B-001** [川津一ノ又遺跡 1 2(4)5区 SH02 出土 紙文番号 437]

後期後半段階の鉢口縁部片である。口縁部は短く外反する形態。内面は丁寧なナデ調整が施される。内面に赤色顔料が残る。砂粒の縁辺や微細な空みに顔料が残存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応が強く、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面の空みに残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
10μm 未満の球形粒子に1~3μmの微粒子が付着して凝聚体を構成する。1μm 未満の微粉はあまり目立たない。

<粒度分析>  
最大粒子径は16.9μm、中間粒子径3.9μm、最大頻度径は2~3μmにある。四分位偏差は1.15μmである。粒度分類はE類である。

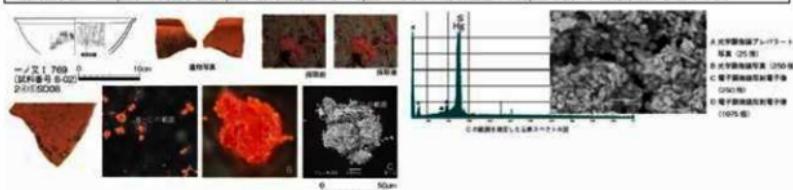
**試料 B-002** [川津一ノ又遺跡 1 2(4)5区 SD08 出土 紙文番号 769]

新末期古段階の鉢である。口縁部がくの字に外反する形態。体部上手はやや直線的に開く。内面は縱方向の丁寧なハラミガキ調整が施され、内面の空みに赤色顔料が残る。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応が強く、朱と判別できる。

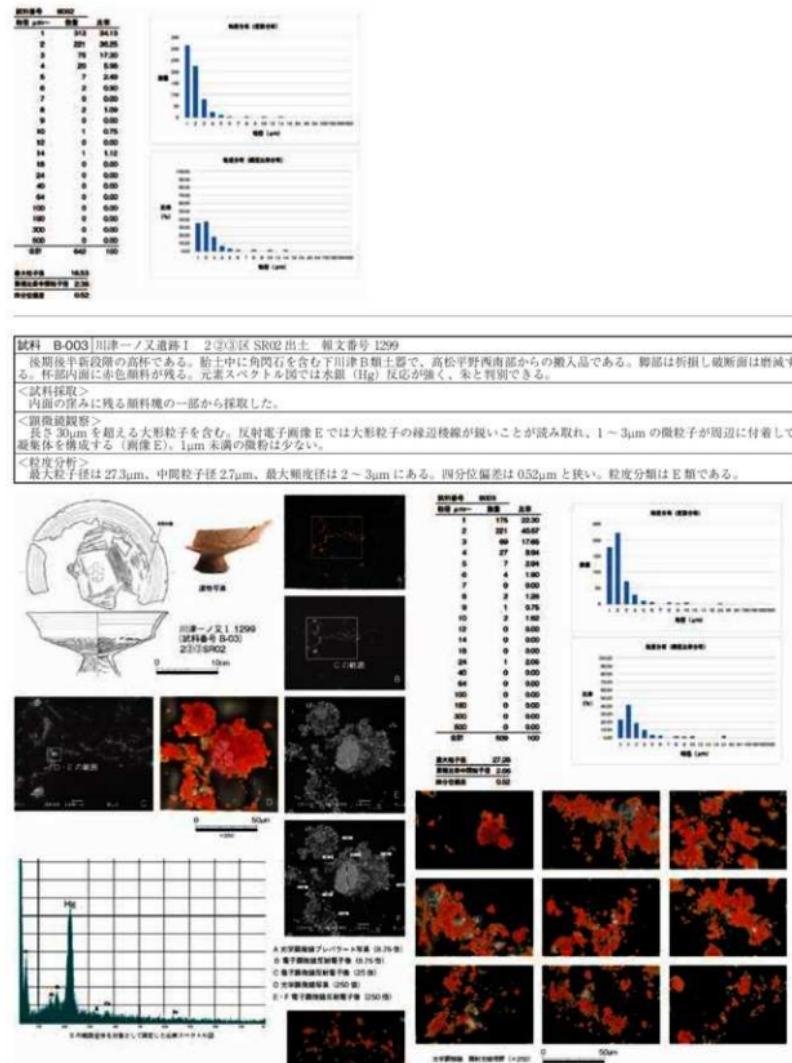
<試料採取>  
内面の空みに残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
1~3μmの微粒子が石英等の粒子に付着して凝聚体を構成する (画像C)。1μm 未満の微粉は凝聚体中には含まれない (画像D)。

<粒度分析>  
最大粒子径は16.5μm、中間粒子径2.4μm、最大頻度径は2~3μmにある。四分位偏差は0.52μmと狭い。粒度分類はE類である。



第612図 県内他遺跡赤色顔料分析シート1



## 試料 B-004 川津一ノ又遺跡Ⅱ SH05 出土 報文番号 191

終末期古段階の定形の口銘である。口縁部がくの字型に屈曲し、内面はナデ調整、外面はハケ調整で仕上げる。内面のはば全面、底面付近から口縁部まで連続して赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応が強く、朱と判別できる。

<試料採取>

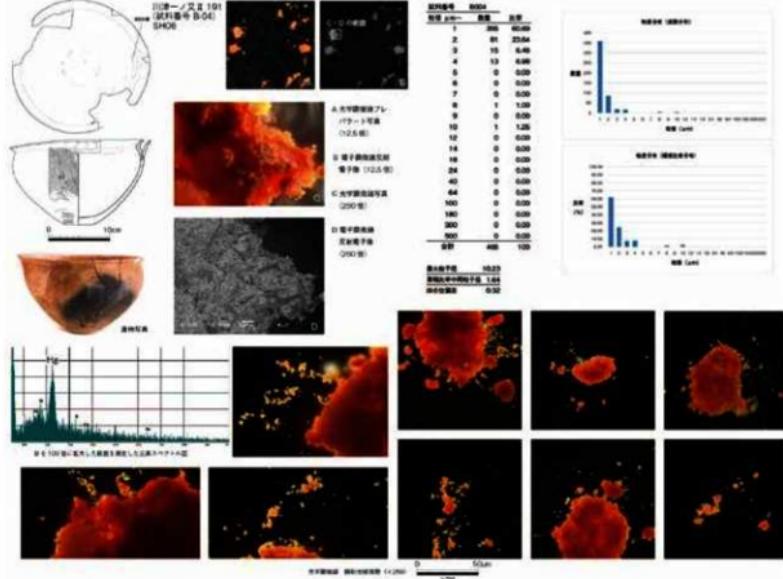
内面片口部付の僅みに残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>

顔料が圧倒的に多く、互いに付着して凝集する。凝集から離れた粒子を見る限り、1μm 未満の微粉は少なく、1~2μm が 60% を超える。

<粒度分析>

最大粒子径は 10.2μm、中間粒子径 1.6μm、最大頻度径は 1~2μm にある。四分位偏差は 0.32μm と狭い。粒度分類は B 類である。



## 試料 B-005 川津一ノ又遺跡Ⅱ SH17 出土 報文番号 620

終末期古段階の跡である。口縁部は直口で、内面はヘラミガキ調整。内面のはば全面と口縁端部に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応が強く、朱と判別できる。

<試料採取>

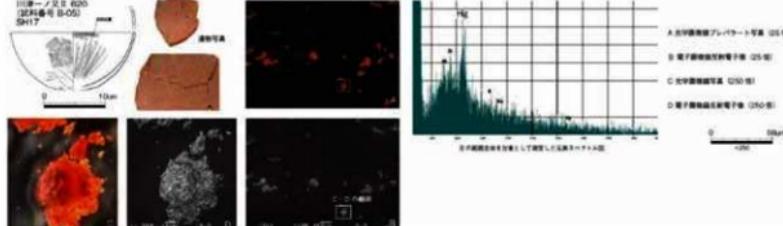
内面の僅みに残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>

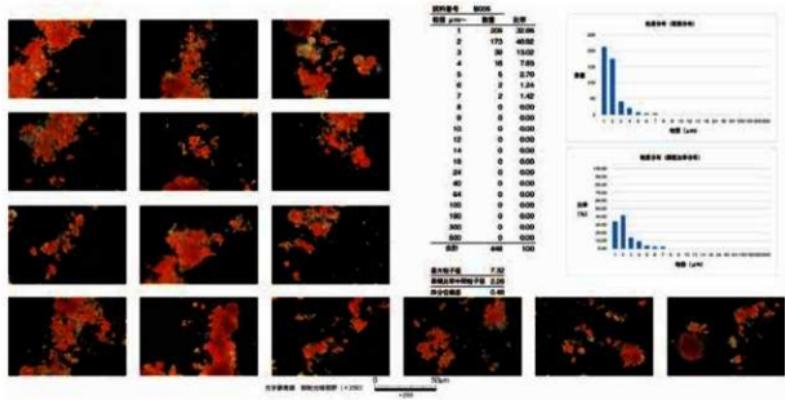
顔料が圧倒的に多く、反射電子像 D では石英粒に付着して凝集する。1μm 未満の微粉は少なく、2~3μm の粒子が目立つ。

<粒度分析>

最大粒子径は 7.3μm、中間粒子径 2.3μm、最大頻度径は 2~3μm にある。四分位偏差は 0.48μm と狭い。粒度分類は E 類である。



第 614 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 3

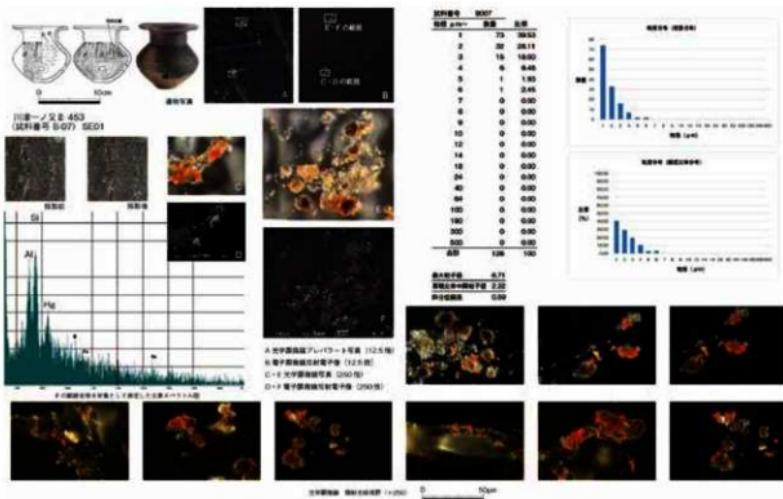


## 試料 B-007 川津一ノ又遺跡Ⅱ SE01 出土 稲文番号 453

終末古段階と推定できる完形の小形器である。体部下に穿孔がある。外面は丁寧なヘラミガキ調整が施され、外面の器面の一部に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では撮影領域全体を分析したため圧倒的ではないが水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

<試料採取>  
 <表面採取>  
 <顕微鏡観察>  
 >多くの微粒子が石英粒子に付着するが、互いにあまり凝集しない。反射電子像 D・F に見る 4~7μm の中形粒子は緑色顔料が疑い。

<粒度分析>  
 最大粒子径は 67μm、中間粒子径 22μm、最大頗度径は 1~2μm にある。四分位偏差は 0.59μm と狭い。粒度分類は C 型である。



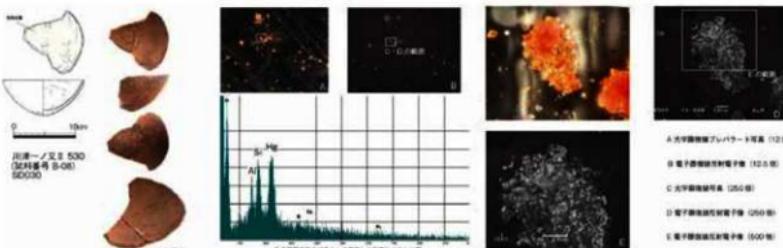
## 試料 B-008 川津一ノ又遺跡Ⅱ SD030 出土 稲文番号 530

後期後半新段階の跡である。口縁部は直口で底部は尖り底を呈す。内面は板ナデ調整。内面の器面の一部に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では撮影領域全体を分析したため圧倒的ではないが水銀(Hg)反応があるため、白色の粒子は朱と判別できる。

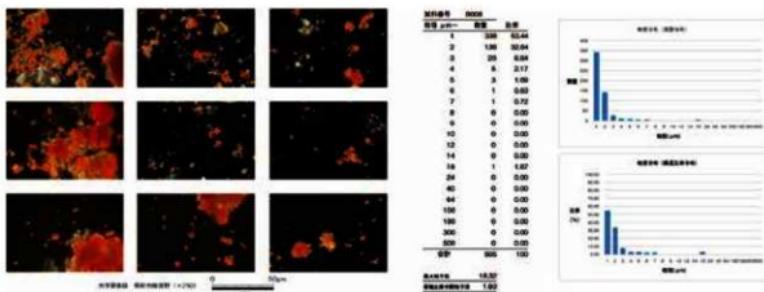
<試料採取>  
 内底付近に残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
 >多くの微粒子が石英粒子に付着するが、微粒子同志ではあまり凝集しない。1μm 未満の微粉は目立たない。

<粒度分析>  
 最大粒子径は 18.3μm、中間粒子径 19μm、最大頗度径は 1~2μm にある。四分位偏差は 0.34μm と狭い。粒度分類は B 型である。



第 616 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 5



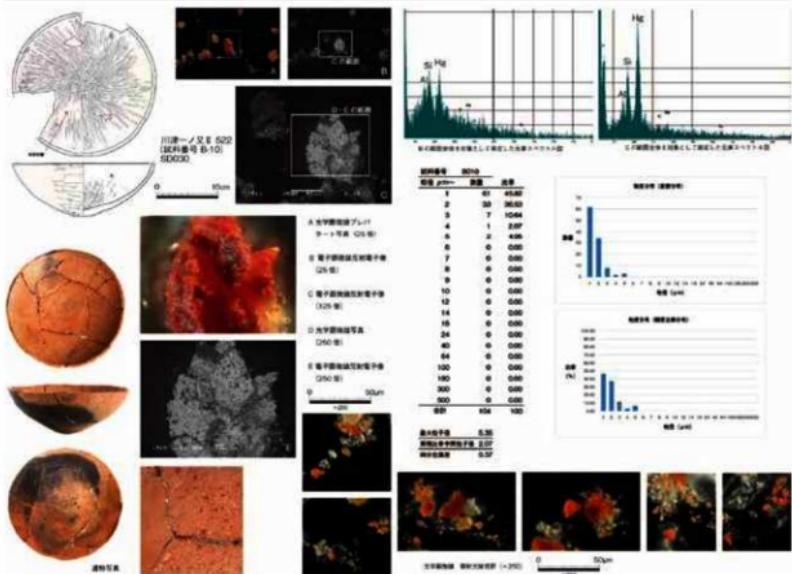
## 試料 B-010 川津一ノ又遺跡 II SD000 出土 試文番号 522

後期後半新段階の完形の鉢である。外面は黒色を呈し炭化物が付着する様子に見えるが、土器焼成時の黒焦である。内面はヘラミガキ調整。内面の突起と外縁口縁部付近に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があるため、朱と判別できる。

＜試料採取＞  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

＜顕微鏡観察＞  
Lam. 未満の微粉と 1~2μm の微粒子が圧倒的に多い。反射電子像 E は不明顯な微小粘土塊の表面に微粉・微粒子が付着した凝集体である。

＜粒度分析＞  
最大粒子径は 54μm、中間粒子径 21μm、最大顆度径は 1~2μm である。四分位偏差は 0.37μm と狭い。粒度分類は D 型である。



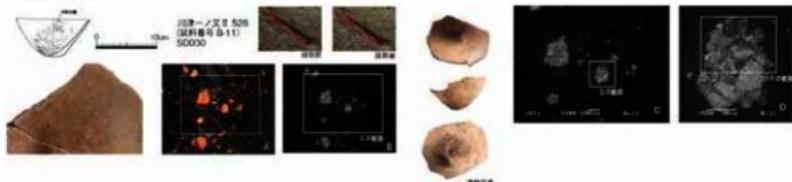
## 試料 B-011 川津一ノ又遺跡 II SD000 出土 試文番号 528

後期後半新段階の鉢である。口径約 10cm の小形品で外縁に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があるため、朱と判別できる。

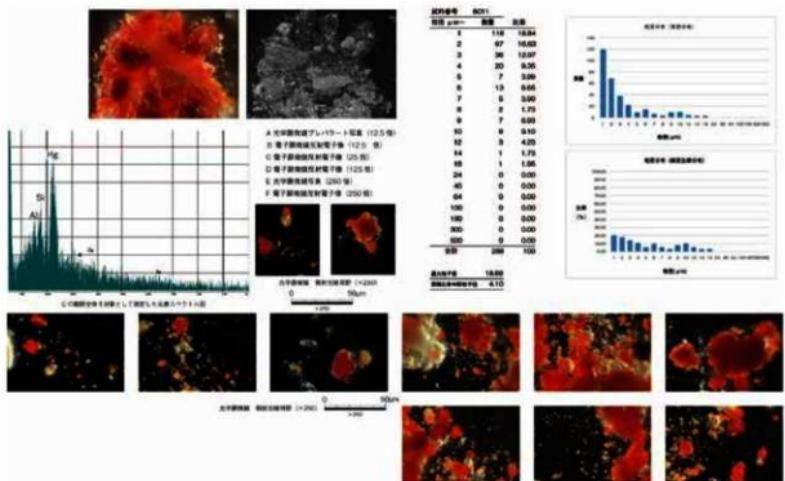
＜試料採取＞  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

＜顕微鏡観察＞  
反射電子像 F は 6~7μm、10~12μm の粒子が点在し 1μm 未満の微粉及び 1~2μm の微粒子が微小粘土塊の表面に付着し凝集する。

＜粒度分析＞  
最大粒子径は 189μm、中間粒子径 4.1μm、最大顆度径は 1~2μm にあるがグラフは右に広がる形状。四分位偏差は 1.09μm と幅広い。粒度分類は E 型である。



第 618 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 7



試料 B-012 川津一ノ又遺跡Ⅲ B区包含層出土 繪文番号 1563

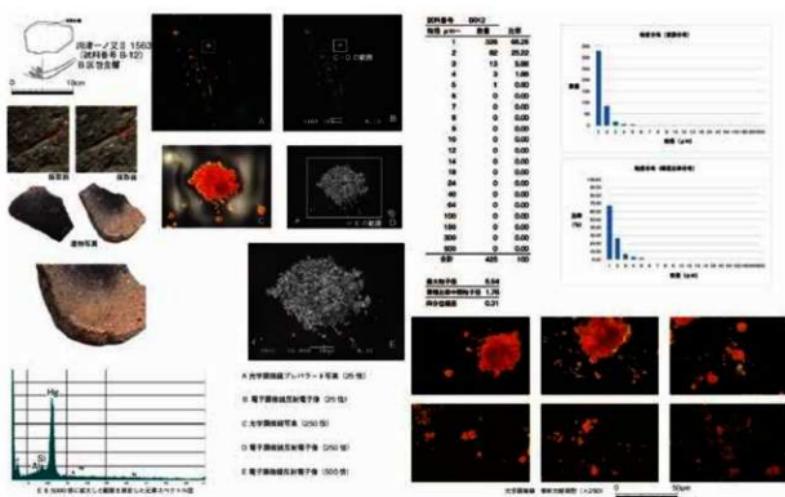
終末期古段階の鉢である。底部は美しく底で内面に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

#### ＜試料採取＞

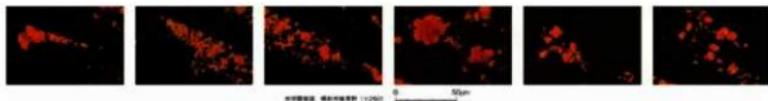
内面に残る頬骨塊の一部から採取した。

1~2μmの微粒子が中心である。反射電子像Eは3μm未満の粒子が凝集する。1μm未満の微粉は目立たない。

<粒度分析>



第619図 県内他遺跡赤色顔料分析シート8



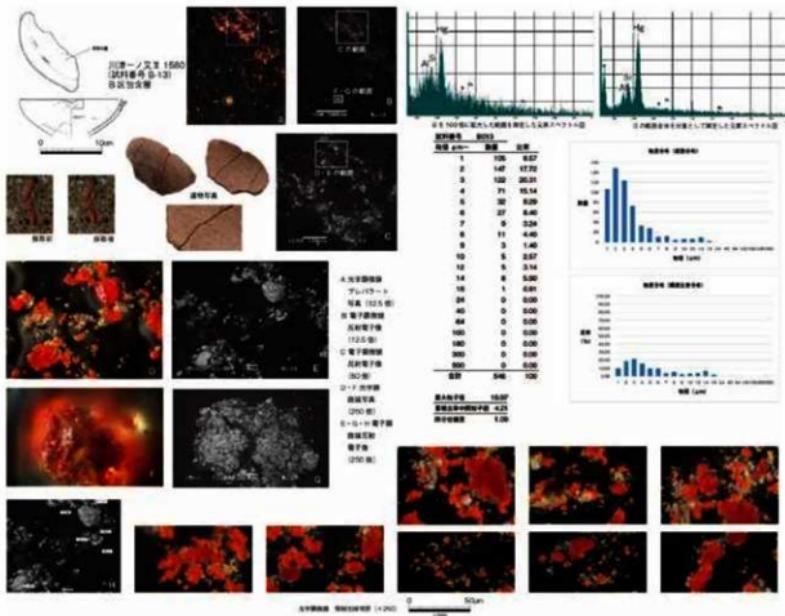
## 試料 B-013 | 川津一ノ又遺跡 II B 区包含層出土 報文番号 1580

終末期古段階の片口跡である。口縁部直白でボウル状の器形を呈す。内面に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があるため、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

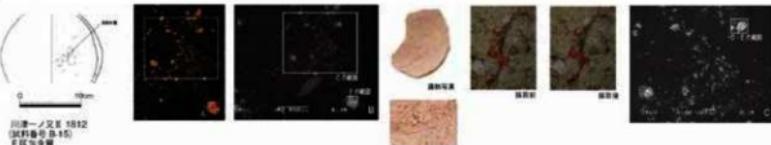
<顯微鏡観察>  
反射電子像 G は 1 ~ 2 μm の微粒子を中心に石英粒に付着して凝聚する状態が観察できる。一方で反射電子像 E では 3 ~ 20 μm 長の中大形粒子を中心には凝聚しない粒子群がある。

<粒度分析>  
最大粒子径は 19.0 μm、中間粒子径 4.2 μm、最大頻度径は 3 ~ 4 μm で、14 ~ 18 μm にも一つの小ビーグがあるが、基本的には 3 ~ 4 μm を中心とする正規分布グラフを形成する。四分位偏差は 1.09 μm ある。粒度分類は E 型とした。

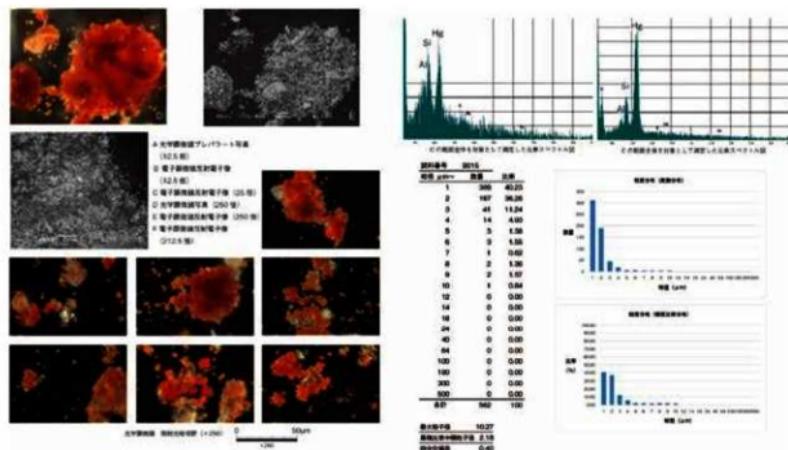


第 620 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 9

**試料 B-015** [川津一ノ又道場Ⅱ F 区包含層出土 稲文番号 1812]  
後期半新段階の盗掘部片である。内面ナデ調整を施し雍みに赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、土と判別できる。  
<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。  
<顕微鏡観察>  
反射光子像 E は 1μm 未満の微粒子及び 1~2μm の微粒子が石英粒に付着して凝聚する。そのほかの光学顕微鏡画像では 2μm 以上の粒子も目立つ。  
<粒度分析>  
集積物の中で粒子径を計測できる 1~2μm の微粒子は少ないと、最大粒子径は 10.3μm、中間粒子径 2.2μm、最大頻度径は 1~2μm で、3μm は 36% と高率で検出した。しかし、未計測の 1~2μm の粒径が仕証例に多いことから、本来の 2~3μm の粒子比率は相対的に低下するものと推測する。四分位偏差は 0.40μm と狭い。粒度分類は本来 A あるいは B 型に相当するが、2~3μm の頻度が相対的に上位にあることから D 型としている。B-015 とよく似た粒度分布である。



第621図 塙内他遺跡赤色顔料分析シート10



試料 B-016|川津一又遺跡Ⅱ F 区包含層出土 報文番号 1818

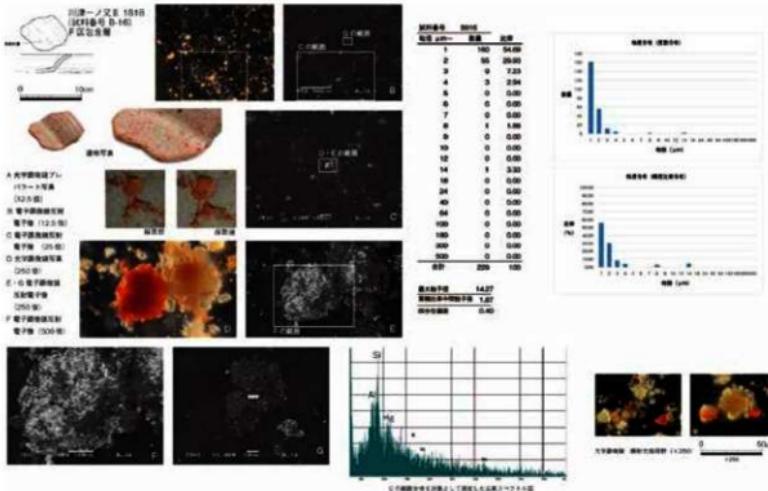
後ろ後半新段階の下川津B類模倣の高杯である。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応があるため、未だ判別できる。

<試料採取>

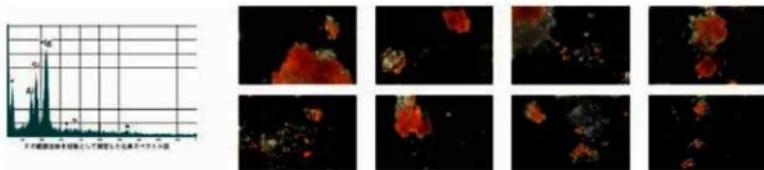
反射電子像Fは1μm未満の微粒及び1~2μmの微粒が石英等粒子に付着して凝聚する。そのほかの光学顕微鏡画像でも2μm未満の粒子が目立つ。10μm、15μmの長さの大形粒子が僅かに含まれる。

<粒度分析>

凝聚体の中で粒子径を計測できる1~2μmの微粒は少ない。最大粒子径は14.3μm、中間粒子径1.9μm、最大頻度径は1~2μmで50%を超える高率である。四分位偏差は0.40μmと狭い。粒度分類はB類である。



第622図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 11



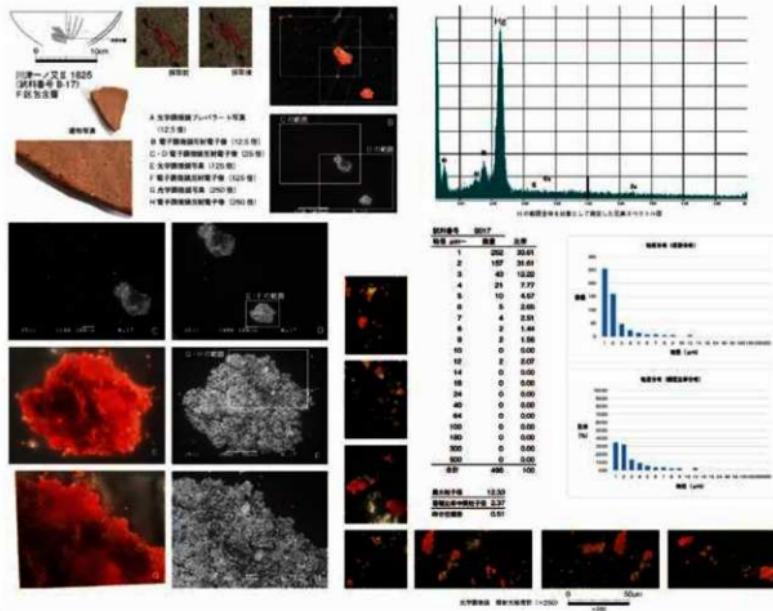
試料 B-017 川津一ノ又遺跡Ⅱ F区包含層出土 報文番号 1825

後期後半新段階の鉢である。口縁部は直口で内面はナデ調整及びヘラミガキ調整を施す。内面の亀裂や窪みに赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

#### ＜試料採取＞

反射電子像 E·H は 1~2 μm の微粒子が石墨炭粒子に付着。少量の 10 μm 長さの粒子を含めて観察する。1 μm 未満の微粒子は立たない。

<粒度分析> 粒子の粒度を評価するため、 $1\text{~mm} \times 1\text{~mm}$  の正方形内に、 $1\text{~mm}$  以上の粒径をもつ粒子を数え、その割合を算出し、 $\text{1mm}^2$ あたりの粒子数を算出する。この値を  $\text{1mm}^2$ あたりの粒子数と定義する。



試料 B-018 川津一ノ又遺跡Ⅱ F区包含層出土 碑文番号 1827

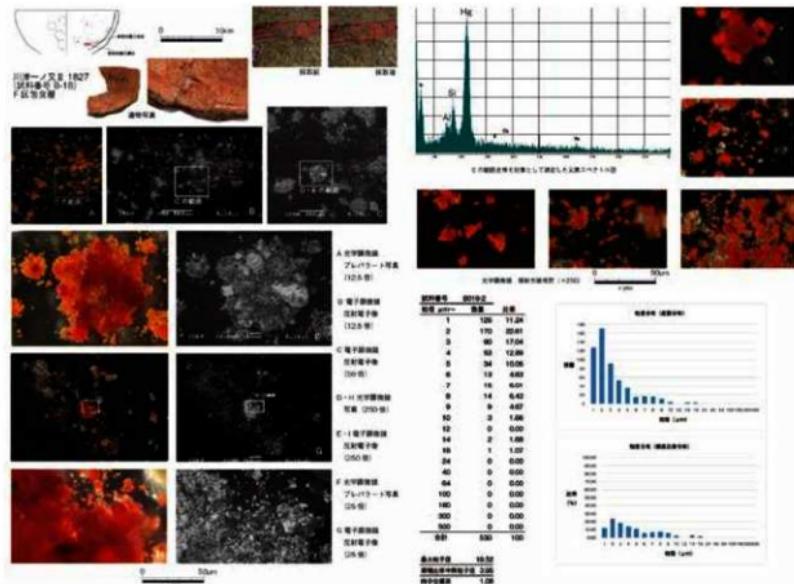
後期後半新段階の鉢である。口縁部は直口で器壁が厚く、ボウル状の器形を呈す。内面はナデ調整で、亀裂や窪みに赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

#### ＜試料採取＞

内面に残る頸糸繩の一部から採取した。

＜説明＞反応条件-E-Hは1-2μmの微粒子が石英等粒子に付着し、少量の10-30μm長さの粒子を含めて複雑である。1μm未満の微粒は目立たない。

第 623 図 嘴内他遺跡赤色顔料分析シート 1-2



#### 試料 B-019 | 川津一ノ又遺跡河川改修 南部自然河道出土 報文番号 1871

後期後半新段階の鉢である。口縁部は直口で底部は僅かに平底を残す。内面はハケ調整で、調整の凹凸に沿って赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

<試料採取>

内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<鏡微鏡観察>

反射電子像 F は 1~2μm の微粒子が石英等の粒子に付着し凝集する状態を示すが、粒子間の凝集はあまり顕著ではない。3μm 以上の粒子も少量あるが、圧倒的に 1~2μm の微粒子が多い。

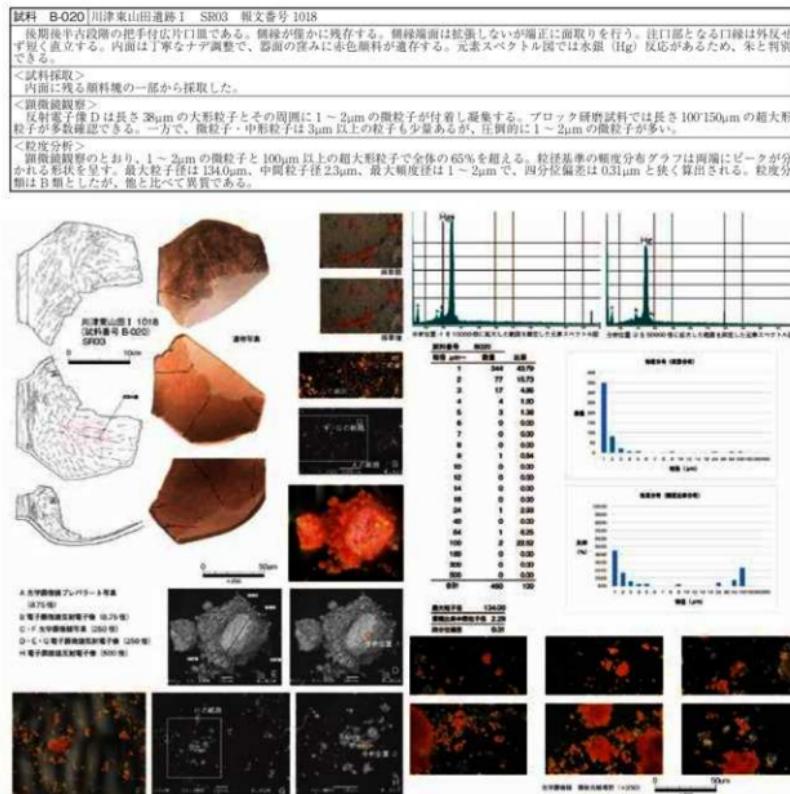
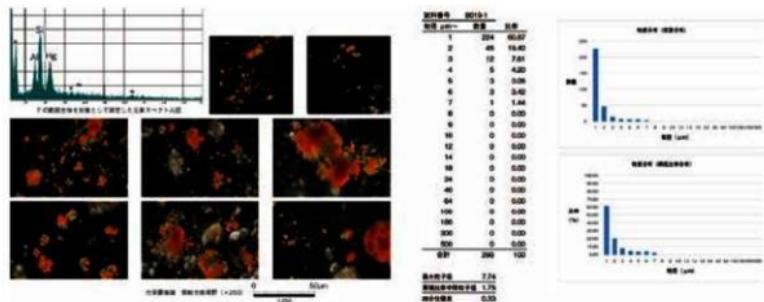
<粒度分析>

1~2μm の微粒子が 60% を超える。最大粒子径は 77μm、中間粒子径 18μm、最大頻度径は 1~2μm で、四分位偏差は 0.33μm と狭い。

粒度分布は B 領域である。



第 624 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 3



第 625 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 1 4

## 試料 B-021 | 川津東山田遺跡 I SR03 報文番号 1421

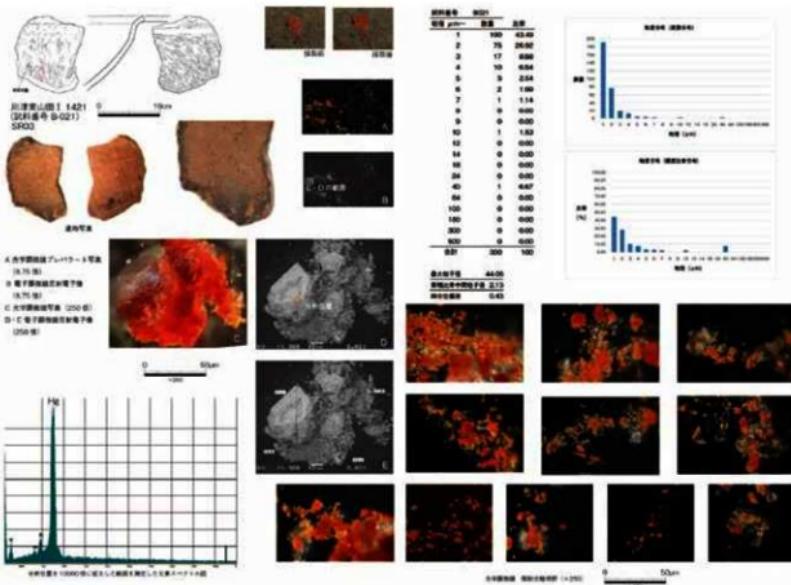
後期後半古段階の跡である。残存部の跡から大形跡と考えられる。口縁部が緩やかに外反し端部を僅かに拡張する。内外面ヘラミガキ調整を施す。内面の器面の裏みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<顔料観察>

反射電子像 E は長さ約 50μm の大形粒子とその周囲に 3μm 未満の微粒子が付着し凝集する。圧倒的に 1~2μm の微粒子が多い。

<粒度分析>  
1~2μm にピークがあり、10μm 以上の粒子は例外的である。最大粒子径は 44.1μm、中間粒子径 2.1μm、最大頻度径は 1~2μm で、四分位偏差は 0.43μm と狭い。粒度分類は C 型である。



## 試料 B-022 | 川津東山田遺跡 I SR03 報文番号 1434

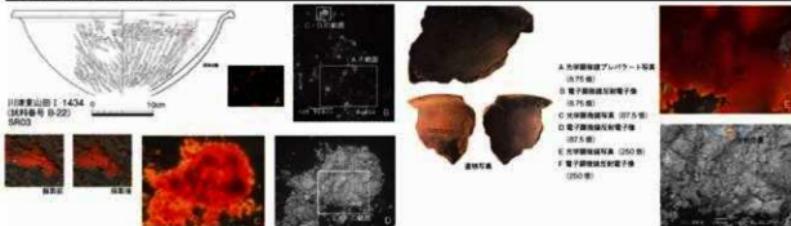
後期後半古段階の跡である。口径 35cm 以上の大型跡である。口縁部が緩やかに外反し端部を拡張する。内外面ヘラミガキ調整を施す。内面の裏みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

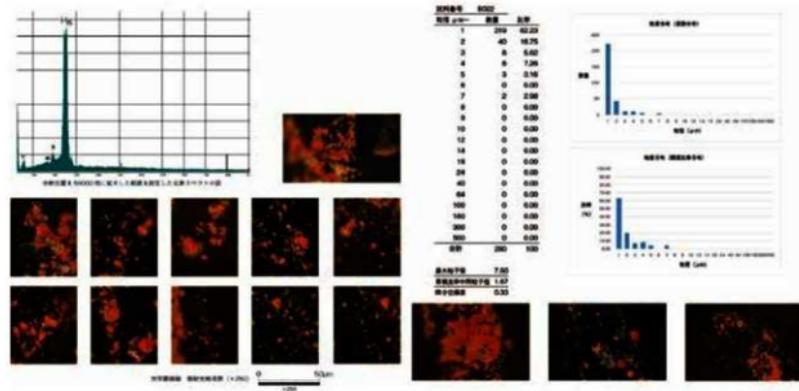
<顔料観察>

反射電子像 D は 3μm 未満の微粒子による凝集体である。稀に大きめの粒子が混じるが長さ 10μm 未満に収まる。

<粒度分析>  
1~2μm にピークがあり、全体の 60% を占める。最大粒子径 7.50μm、中間粒子径 1.67μm、最大頻度径は 1~2μm で、四分位偏差は 0.33μm と狭い。粒度分類は B 型である。



第 626 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 15



試料 B-023 川津東山田道路 I SR03 観察番号 1620

後期後半古段階の鉢である。口径 35cm 以上の大形鉢である。口縁部が硬やかに外反し縁部を外方へ被張する。内面ハケ目調整で黒垢が広範囲を占める。内面の凹面の底面に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では分析位置 4 において強い水銀 (Hg) 反応があるため、反射画像で白色に輝く粒子は朱と判別できる。一方、光学顕微鏡で黒色を呈し、反射画像 E で淡いグレーの反応を示す分析位置 1 は銅 (Cu)。ニッケル (Ni)、亜鉛 (Zn) にピークがあり、銅合金の黒色被膜と考えられる。発掘後に何らかの要因で土器に付着した現代物のコントミである。

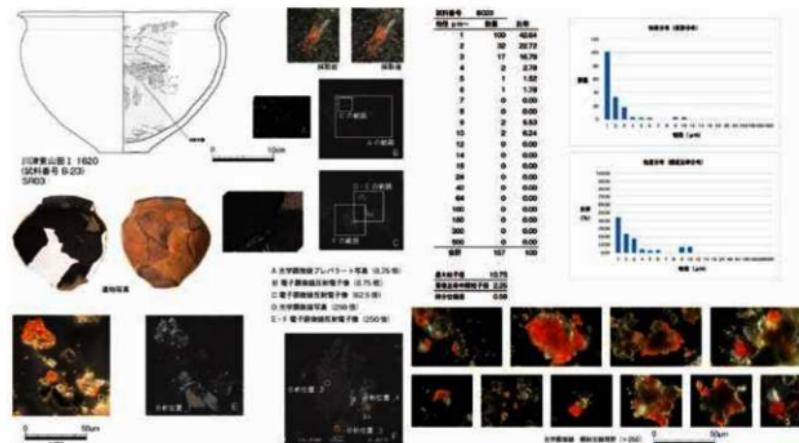
<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>

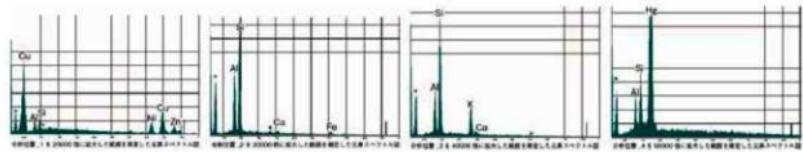
反射電子像 E-F は 3μm 未満の微粒子が石英等の粒子に付着するによる凝集体である。希に大きめの粒子が混じるが長さ 10μm 未満に収まる。

<粒度分析>

1~2μm にピークがあり、全体の 42% を占める。最大粒子径は 10.8μm、中間粒子径 23.0μm、最大頻度径は 1~2μm で、四分位偏差は 0.58μm、粒度分類は C 類である。



第 627 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 1.6



試料 B-024 用津東山田遺跡 I SR03 報文番号 1705

後期後半古断頭の把手付広片白口の把手部付近の破片である。本体の外面はタキ調整、内面はヘラミガキ調整を施す。把手の上面形は円弧状を呈し、本体の底面にあたる把手部の立ち上がりも上面形は緩やかな弧を描く。内面の器面の底みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があるため、朱と判別できる。

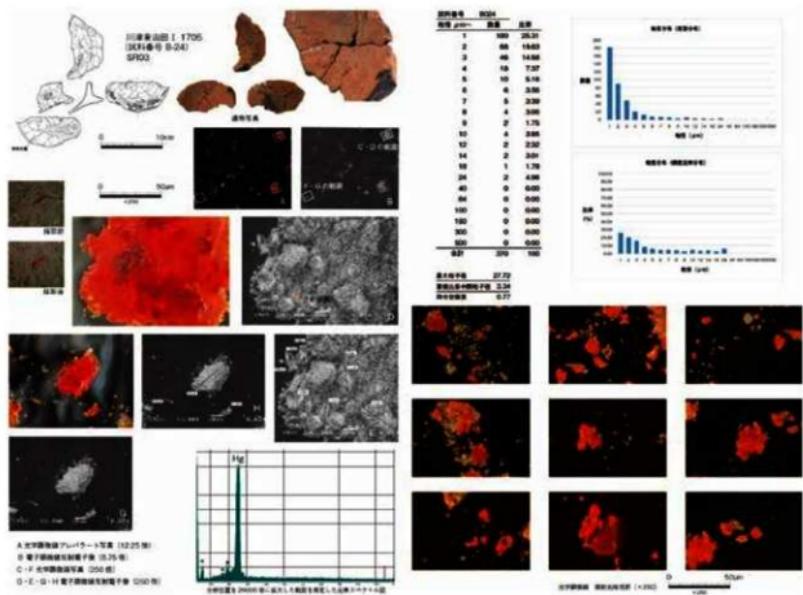
### 〈試料採取〉

内面に残る顔料塊の一部から採取した。

〈顯微鏡觀察〉

画像下、目に示した長さ35μmの粒子を最大として、中形・大形粒子がやや目立つ。反射電子像Dは3μm未満の微粒子が中・大形粒子に付着し複合粒子を形成したものである。

1 ~ 2  $\mu\text{m}$  にピークがあり、頻度グラフは緩やかに右下がりの形状となる。最大粒子径は 27.7  $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 3.3  $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  で、四分位偏差は 0.77  $\mu\text{m}$ 。粒度分類は C 類である。



試料 B-025 川津二代取遺跡 SD05 下層 報文番号 299

後期前半段階から後期後半古段階にかけての壺である。安定した平底から体部は斜め上方に直線的に開く形状。内面は粗いハケ目調整で、器腹の垂みや裏に赤土顔料が遺存する。さらに茶褐色の凹凸模様が一部の頸部を除く。漆の可能性もあるが、少なくとも顔料との混合は認められない。理後段に付着した汚物等の可能性が高い。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

#### ＜試料採取＞

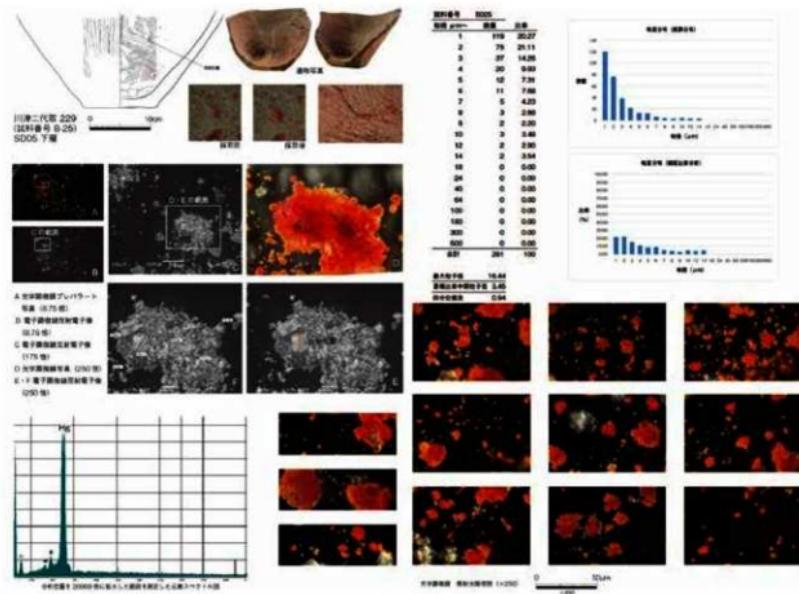
内面に残る想

顕微鏡観察より、被毛部は長さ 20-30 μm 未溝の大形粒子を含む。1 μm 未溝の微粒や 3 μm 未溝の微粒子の凝集体である。同様の凝集体が多数ある。

西側は既存の20m木調の八角柱を複数、10m木調の直柱や30m木調の直柱との複数体で構成。内側の複数体が多段のL型

1~2μmより2~3μmのピークが強い。頻度グラフは緩やかに右下がりの形状となる。最大粒子径は16.4μm、中間粒子径3.5μm、最大頻度径は2~3μmで、四分位偏差は0.94μm。粒度分類はD類である。

第628図 県内他遺跡赤色顔料分析シート17



試料 B-026 赤川河床遺跡 包含層

終末期の片岩である。外表面はタキモ整形後にハケ目調査を施し、内面は丁寧なヘラミガを調査を施す。内面及び外表面の口縁部付近に赤色顔料が堆積する。外表面は炭化物の付着が薄く、丸蒸しした底面中央には炭化物の付着がない。光電子スペクトル図では強い水銀(Hg)反射波があり、朱と判別できる。

<試料採取>

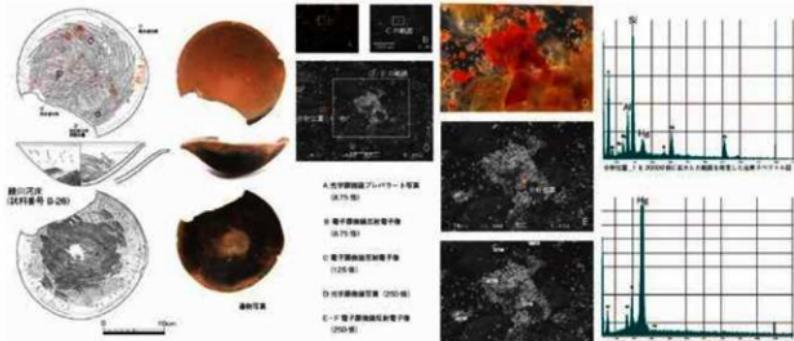
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>

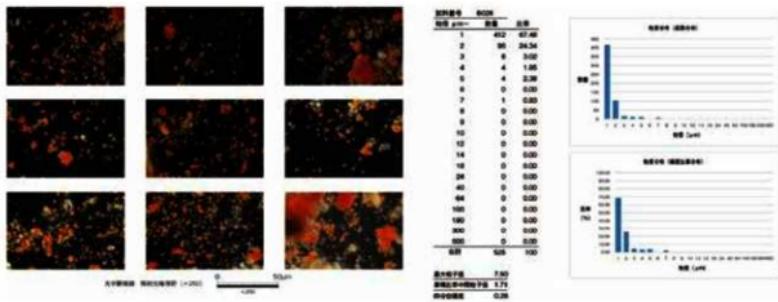
画像 E は長さ 8 μm 未満の中形粒子を含む、1 μm 未満の微粉や 3 μm 未満の微粒子の凝聚体である。同様の凝聚体が多数ある。

<粒度分析>

1 ~ 2 μm が最も多く、頻度グラフは急速に右下がりの形状となる。最大粒子径は 7.5 μm、中間粒子径 17 μm、最大頻度径は 1 ~ 2 μm で、四分位偏差は 0.28 μm と極端に狭い。粒度分類はも頗だが、A 類に近い。



第 629 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 18



試料 B-027|太田下須川遺跡 SR02 報文番号 271

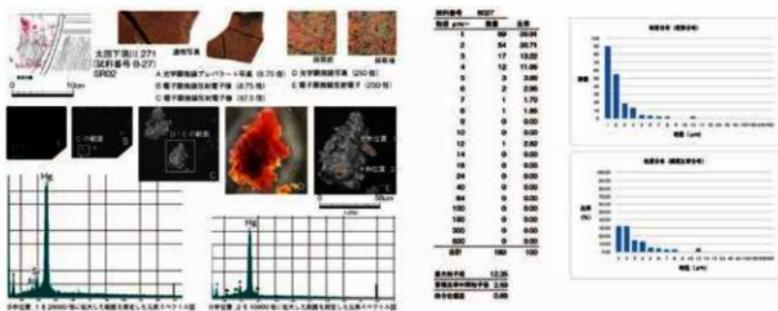
後期前半古段階の大形鉢である。直口の單口縁で、口縁部下に2条の凹線文からなる凹線文帯が2帯ある。内外面崩壊方向の丁寧なハラミガキ調整が施される。内面の広範囲に赤色顔料が遺存し、器面上粉状で滑らかに付着する。また、その一部を茶褐色系の内染土が覆う。

元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
1μm未満の微粉や3μm未満の微粒子の凝聚集体が多い。長さ10μm未満の粒子を希に含む。

<粒度分析>  
1~2μmの粒子が最も多く、2~3μmの比率と併せて。最大粒子径は124μm、中間粒子径は26μm、最大粒度径は1~2μmで、四分位偏差は0.65μm。粒度分類はD類である。



試料 B-028|太田下須川遺跡 SR02 報文番号 278

後期前半古段階の大形鉢である。底盤の平底で体部は斜め上面に直線的に開く。内面の広範囲に赤色顔料が遺存し、器面上粉状で滑らかに付着する。

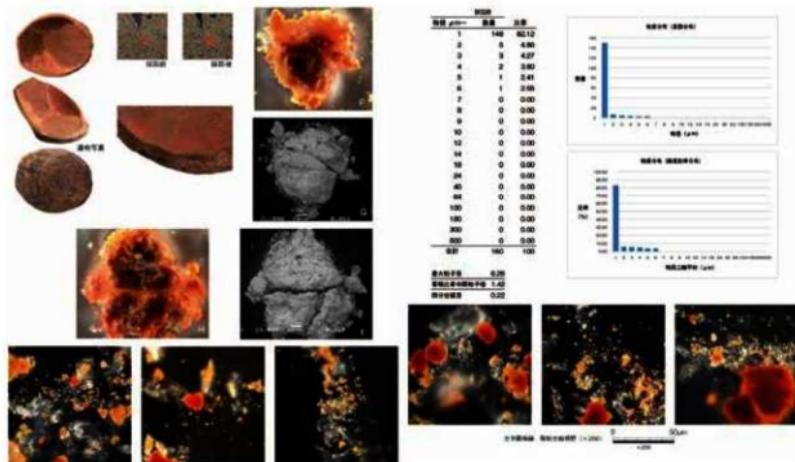
元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<試料採取>  
内面に残る顔料塊の一部から採取した。

<顕微鏡観察>  
画像F~Iは1μm未満の微粉や2μm未満の微粒子の粒子に付着して凝集したものである。

<粒度分析>  
1~2μmの粒子が最も多く82%を占め、1μm未満の微粉も多数存在する。2μm以上の粒子を分級・除外したものを推察する。最大粒子径は6.3μm、中間粒子径は1.4μm、最大粒度径は1~2μmで、四分位偏差は0.22μmと狭い。粒度分類はA類である。





## 試料 B-029 太田下須川遺跡 SR02 報文番号 281

後期前半古戦場の把手付広片口皿である。本体、把手ともに内外面丁寧なハラミガキ調整を施す。把手の上面形は帯状を呈し、本体の底部にある把手部立ち上がりの上面形は緩やかな弧を描く。側縁端部は肥厚した丁寧な面取りを施す。内面及び把手立上がり部範囲、また外側の一部には赤色顔料が遺存する。顔料は粉状で面的に付着する。

元素スペクトル図ではいずれも強い水銀 (Hg) 反応があり、朱と判別できる。

## &lt; 評価鏡観察 &gt;

内面及び把手部の 3 部位で分析用サンプルを採取した。そのうち採取位置 a では最初に硫黄同位体比サンプル 19-004 を採取し、その後粒度分布用試料サンプルを採取した。且々収集した試料は B-29-1 分析試料を構成した。検者は行動力の関係で微粒子・中形粒子が消失し、数  $\mu\text{m}$  以上の粒子に分離されたことになる。B-29-1 試料からはプレパラート作成後に、検鏡下で硫黄同位体分析の候補粒子試料 (硫黄同位体比分析番号 19-202) と複数粒子試料 (同 19-203) を採取した。採取位置 b では硫黄同位体比分析試料 19-005 を採取し、さらに粒度分析用サンプル B-29-2 を採取。把手部となる採取位置 c では硫黄同位体比分析 19-006 を採取した。

## &lt; 評価鏡観察 &gt;

画像 E では長さ 80  $\mu\text{m}$  大の単独結晶片 2 片と、10  $\mu\text{m}$  未満の中形粒子が微粒子の付着により凝集した粒子集塊が確認できる。単独結晶片のうち 1 点は硫黄同位体比分析に供出し、(画像 C) 良好的な分析結果を得た。画像 D は複数結晶品で構成する硫黄同位体分析試料 19-203 の写真で 5 粒子以上を含む。画像 F・G は上手く粒子が分散した試料で、無数の 3  $\mu\text{m}$  未満の微粒子が分布する。

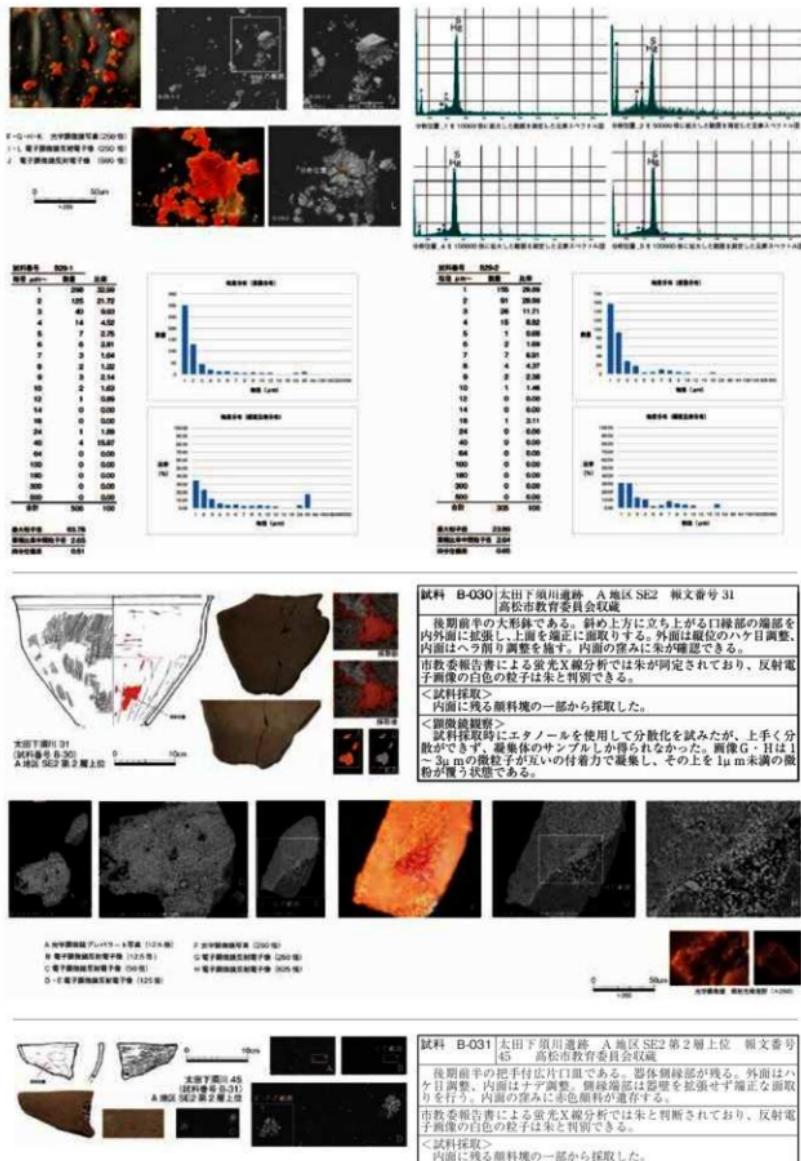
## &lt; 評価鏡観察 &gt;

2 サンプルとともにほぼ同じような粒度の分布傾向を示す。B-29-2 の 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  の粒子比率が少ないのは、サンプルの粒子凝集が顕著なため。の 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  の粒子を十分に計測できていないことによる。

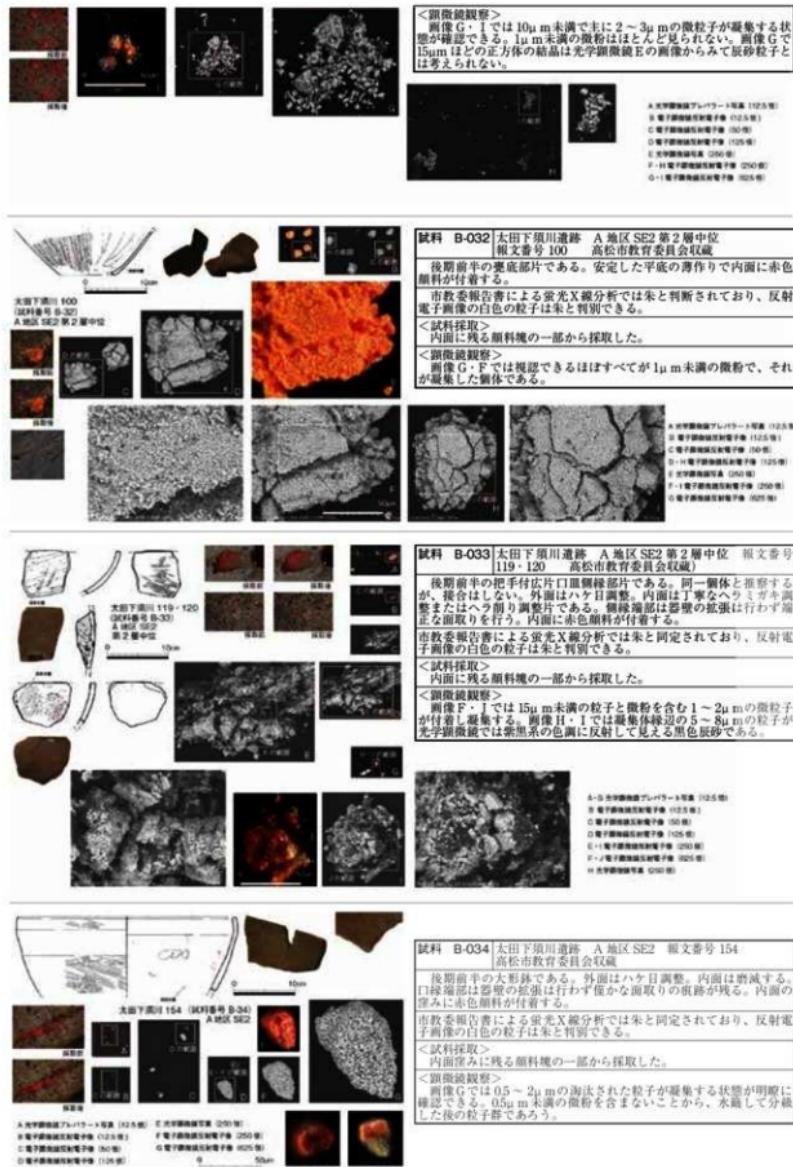
B-29-1 の最大粒子径は 63.8  $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 27.1  $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  で、四分位偏差は 0.51  $\mu\text{m}$ 。B-29-2 の最大粒子径は 23.9  $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 26  $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  で、四分位偏差は 0.60  $\mu\text{m}$ 。粒度分布は C 類である。



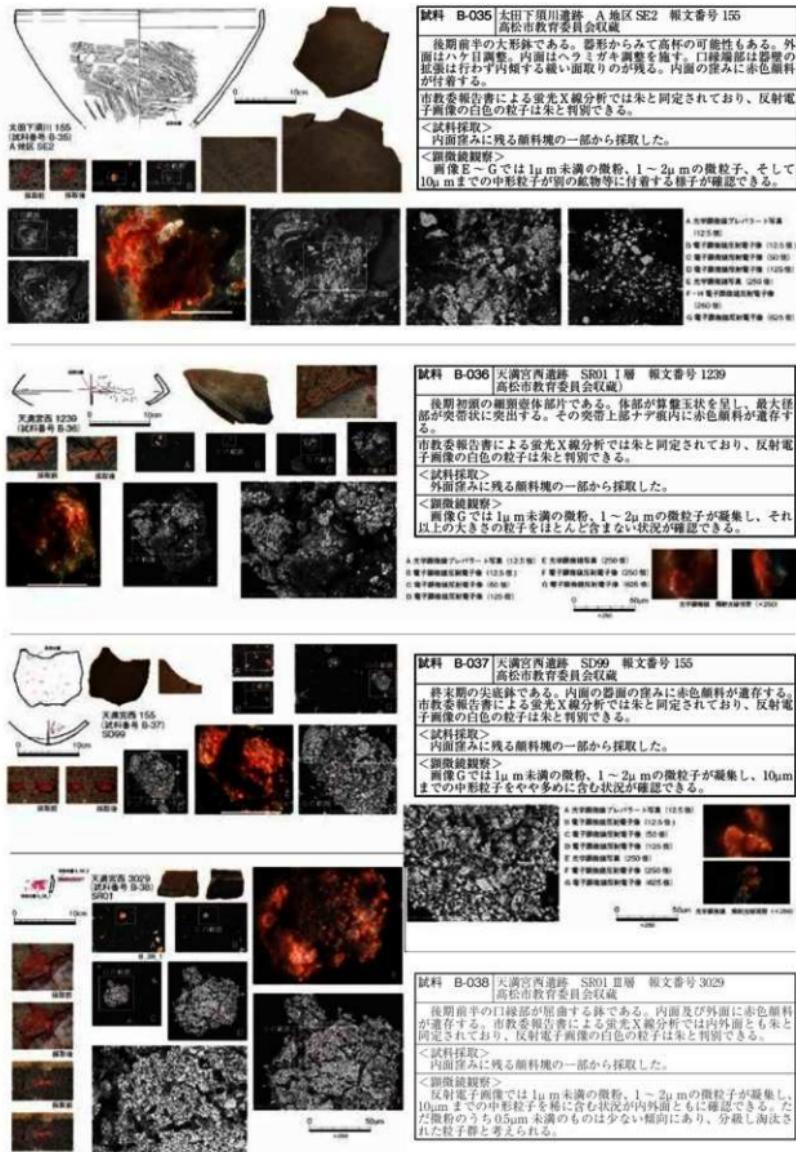
第 631 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 20



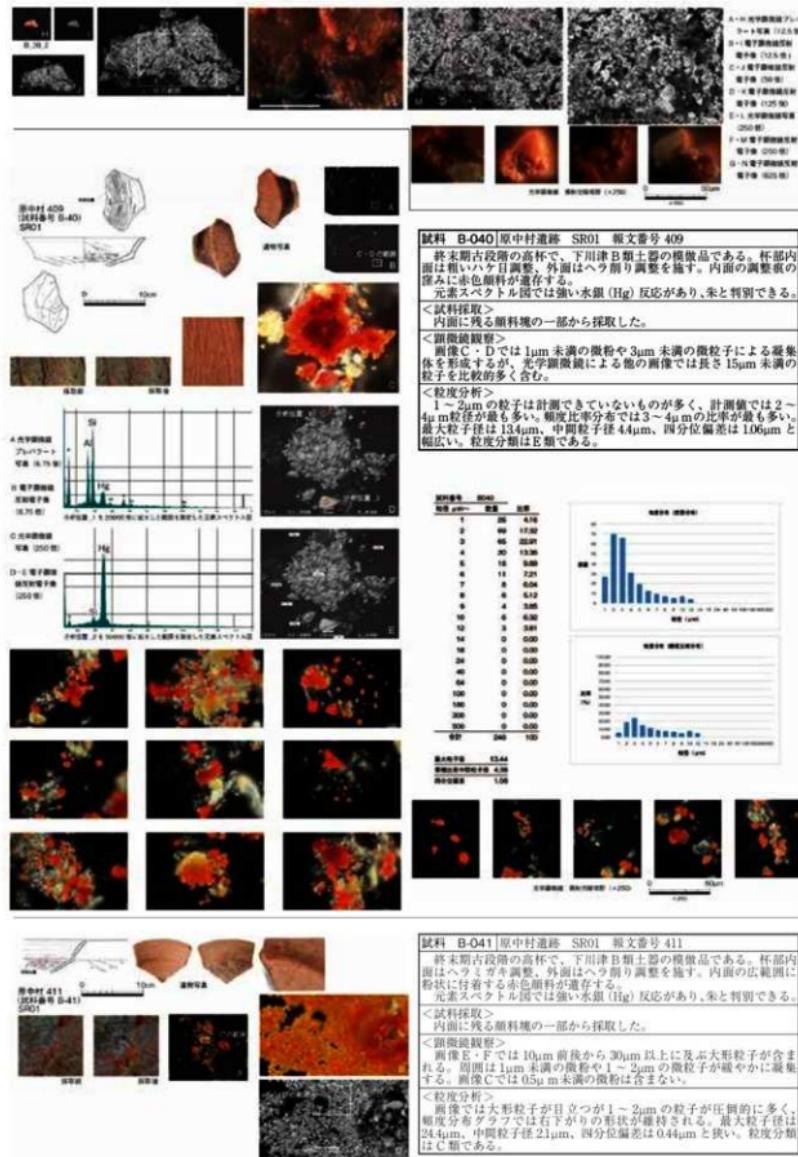
第632図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 1



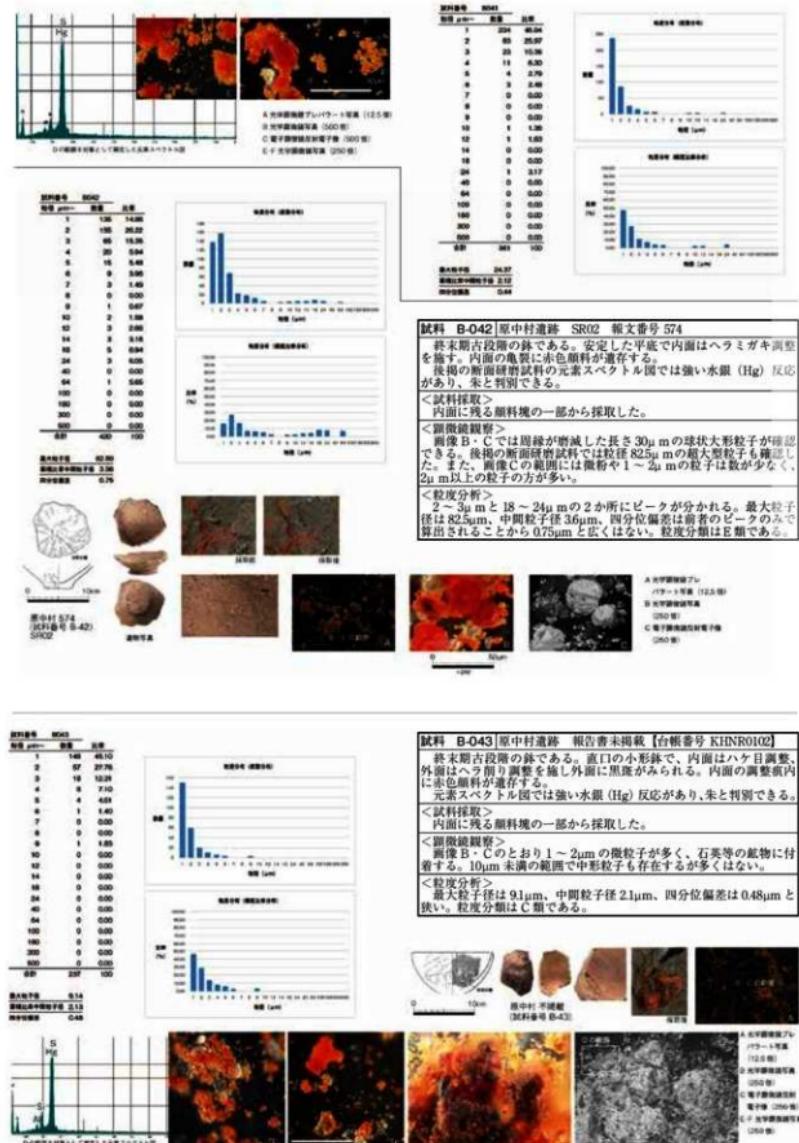
第 633 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 2



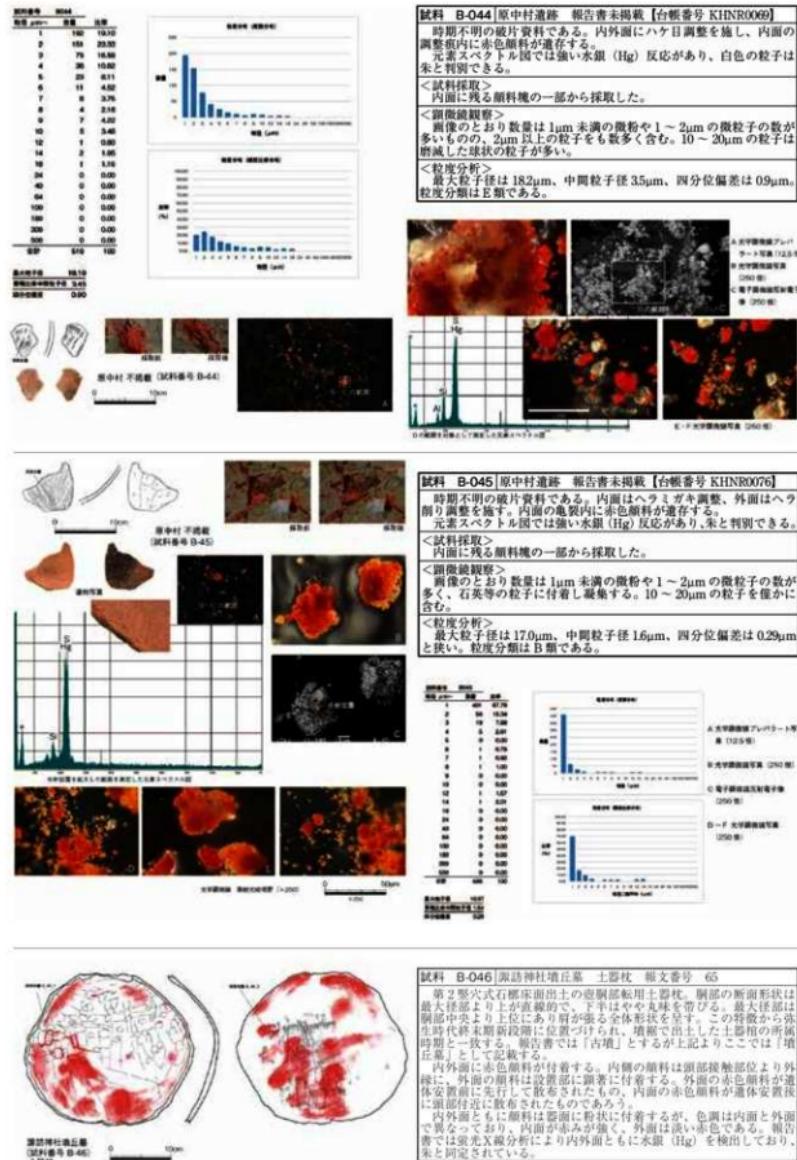
第634図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 3

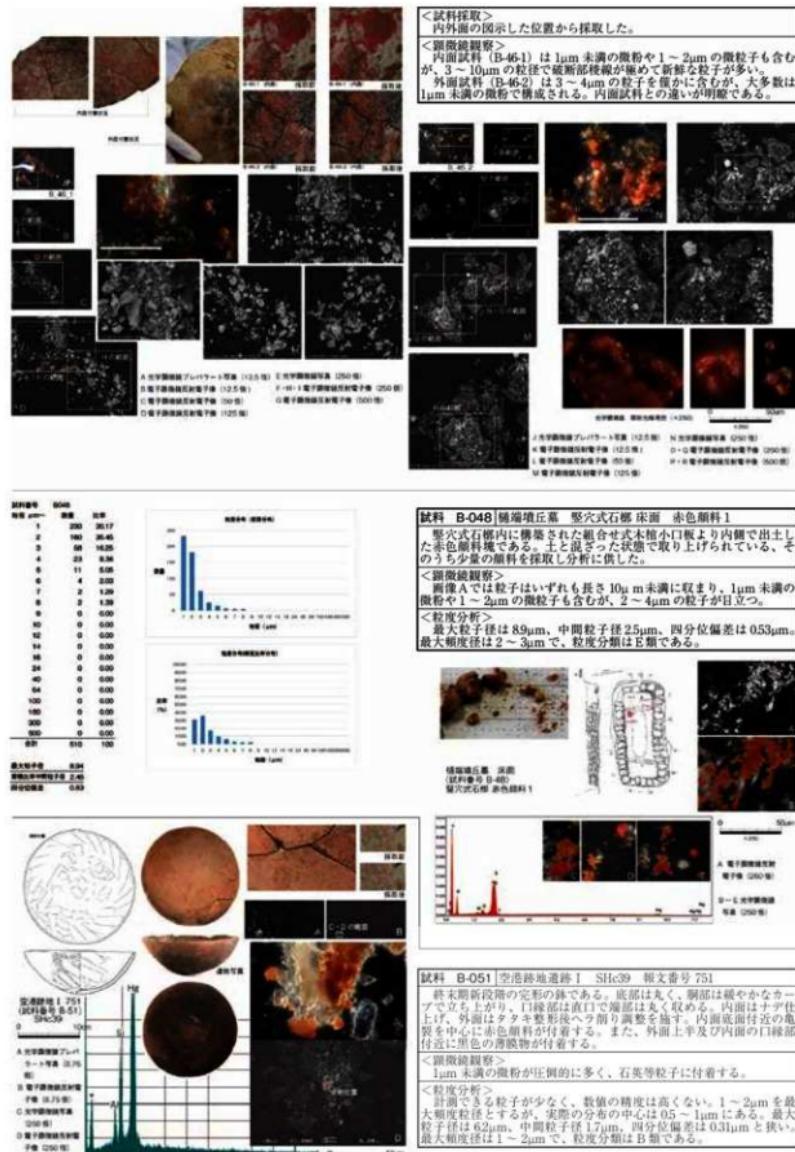


### 第635図 県内他遺跡赤色顔料分析シート24

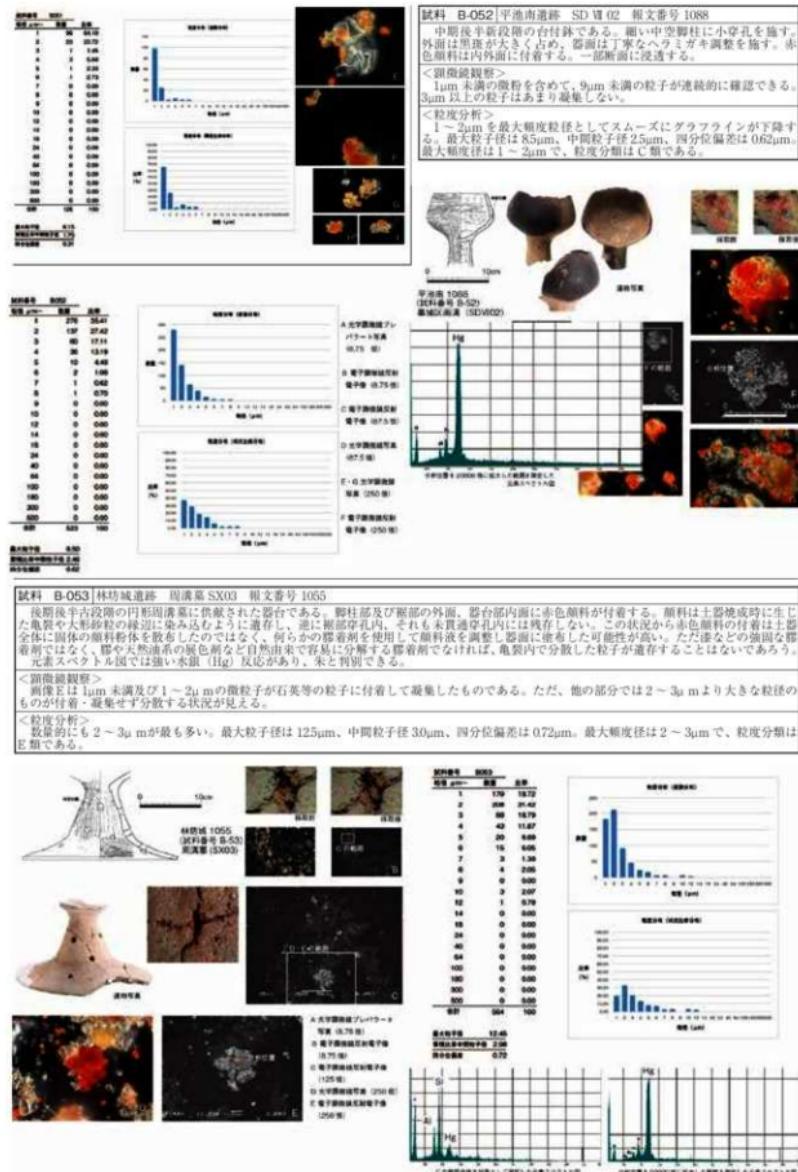


第636図 県内地跡赤色顔料分析シート25

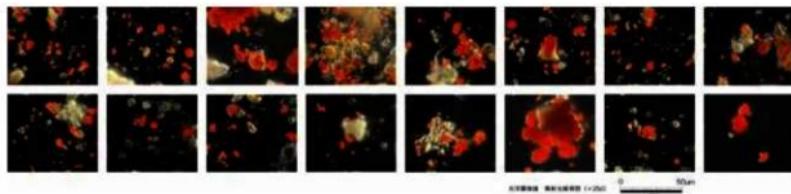




第638図 県内他遺跡赤色顔料分析シート27



第 639 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 28

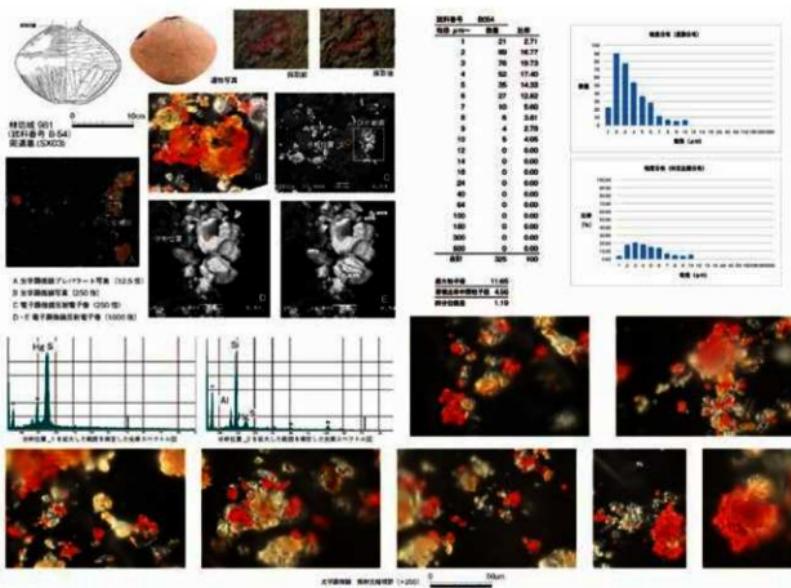


試料 B-054 林坊城遺跡 固着系 SX03 級文番号 981

後期後半古段階の円形固着系に供給された赤色顔料である。口縁部は欠損し、底部には焼成後の空孔が確認できる。頭部から最大径より下位までの全体外側面に赤色顔料が堆積する。底面及び空孔部には顔料は付着しない。また内面も肉眼観察では顔料は確認できない。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

＜顕微鏡観察＞ 各画像のとおり、 $3 \sim 10\mu\text{m}$ の中形粒子が多い。そのため直角分類し、計測は容易である。画像Cは $5 \sim 7\mu\text{m}$ の粒子が凝集するように見えるが、 $3\mu\text{m}$ 未満の微粒子が介在して付着する。なお、 $1\mu\text{m}$ 未満の微粉は基本的に含まない。

＜粒度分析＞ 量的的には $2 \sim 3\mu\text{m}$ が最も多く、 $7\mu\text{m}$ までビーグル界が伸びる。最大粒子径は $11.7\mu\text{m}$ 、中間粒子径 $4.6\mu\text{m}$ 、四分位偏差は $1.19\mu\text{m}$ と幅広い。最大頻度径は $3 \sim 4\mu\text{m}$ で、粒度分類はE類である。



試料 B-055 林坊城遺跡 固着系 SX03 級文番号 1027

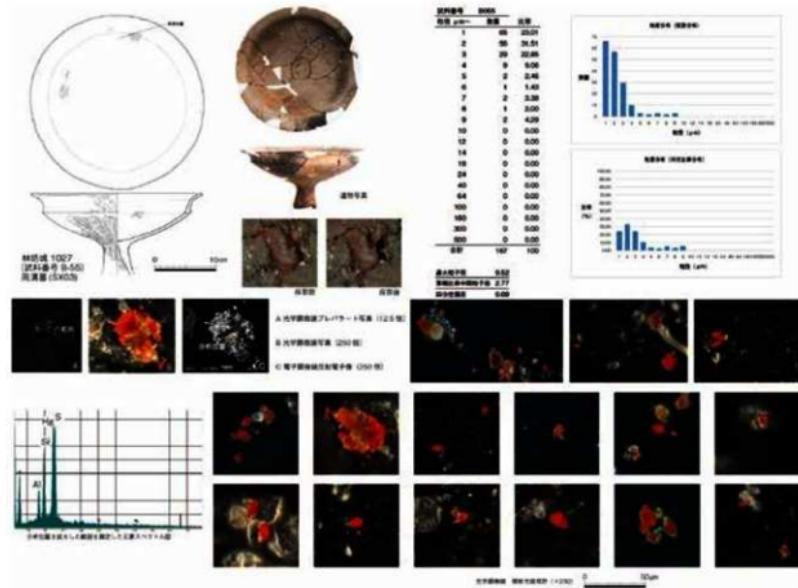
後期後半古段階の円形固着系に供給された赤色顔料である。脚下半は折損するが杯部はほぼ完存する。内面の口縁部から約 10mm の範囲に器間に残る柄状の傷の内部や大型砂粒の緑線などに赤色顔料が堆積する。外面や脚部、また杯部内面の中央部分には顔料は確認できなかった。

元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

＜顕微鏡観察＞ 各画像のとおり、 $1\mu\text{m}$ 未満の微粉と微粒子が量的には多いが、 $3 \sim 10\mu\text{m}$ の中形粒子も多数計測された。

＜粒度分析＞ 最大粒子径は $9.5\mu\text{m}$ 、中間粒子径 $2.8\mu\text{m}$ 、四分位偏差は $0.69\mu\text{m}$ 。最大頻度径は $2 \sim 3\mu\text{m}$ で、粒度分類はE類である。

第640図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 2 9



試料 B-056 [林坊城遺跡 周溝墓 SX03 報文番号 1054]

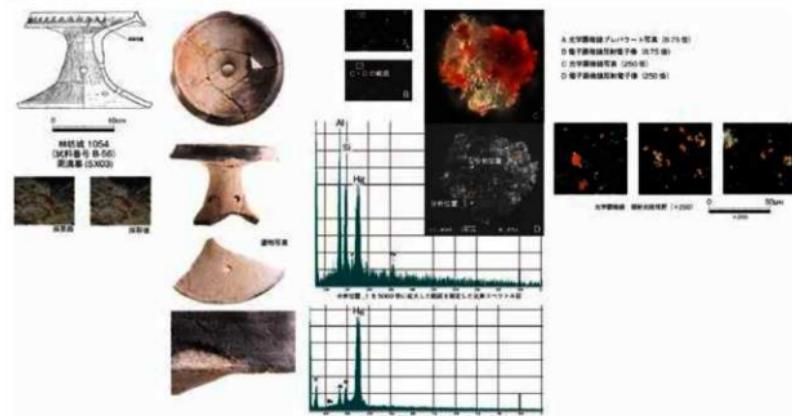
後期後半古段階の円形鋸溝墓に供給された器台である。脚部の一部を欠損するのみで、ほぼ完存する。口縁部は上下に大きく拡張し A2 類の鑿衝文を施す。口縁部及び器台部上面の器面の僅みに赤色顔料が遺存する。脚部や円孔内には顔料は認められなかった。

## &lt; 路微鏡観察 &gt;

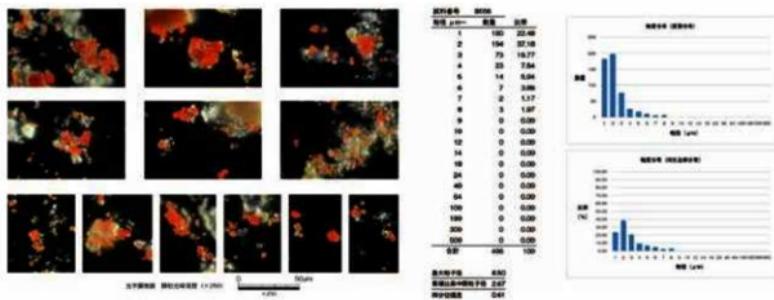
画像 C・D のは 1 μm 未満の微粉と微粒子が付着し凝集するが、そのほかの光学顕微鏡写真では 3 μm 以上の粒子がよく分散した状態で確認できる。

## &lt; 颗粒度分析 &gt;

最大粒子径は 8.5 μm、中間粒子径 2.7 μm、四分位偏差は 0.61 μm、最大頻度径は 2 ~ 3 μm で、粒度分類は E 類である。



第 641 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 30

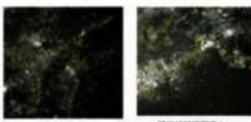




**試料 B-059** 植籠道跡 南丘陵墓域内土柱 SP III 06 報文番号 120  
後期後半から終末期にかけての土塼墓・土器埴輪からなる墳墓域の一角にある柱穴上位で出土した破鏡である。裏面に赤色物質が付着し、顔料と認められることがある。蛍光 X 線分析によると顔料に関わる元素の抽出を試みた。しかし、赤色物質は酸化鉄である可能性があるものの、金属性元素との鑑別が困難で、明確にベンガラ顔料の検出とは認識できなかった。



**試料 B-060** 金剛山遺跡 報文番号 120  
後期後半から終末期にかけての箱式石棺墓・土塼墓・土器埴輪からなる墳墓域の一角にある柱穴上位で出土した破鏡である。裏面に赤色物質が付着する。顔料を抽出する。しかし、赤色物質部分の Fe の反応が少ないとから、ベンガラ顔料の検出とは認識できなかった。  
なお、同遺跡箱式石棺出土赤色顔料はパイプ状粒子を微量含むベンガラと同定されている（志賀・本田 2003）。



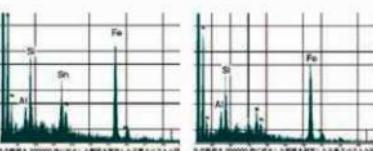
**試料 B-061** 植木道跡 集落内包含層 報文番号 257-2

後期後半から終末期にかけての堅穴建物からなる集落跡である。堅穴建物は柱穴上位であり、そのうちの 1 つは、箱式石棺墓内行花文鏡で雷文の繊維が平行となることから、漢鏡 V 期（岡村 1993）にあたる。

内壁部を区切る薦曲文帯を中心に赤色物質が付着する。

重光 X 線分析におけるマッピング図では赤色物質部分における Fe が少ないことから、青銅中の Fe が風化により酸化したものである可能性が示された。

一方で赤色物質の微細サンプリングにより SEM/EDS 分析による元素スペクトル図では、赤色物質部分で鉄 (Fe) の反応が強いことから、赤色物質はペニラガの可能性を示す。<sup>12</sup> いずれも明確な結果ではなく、顔料密度については証明されていない。

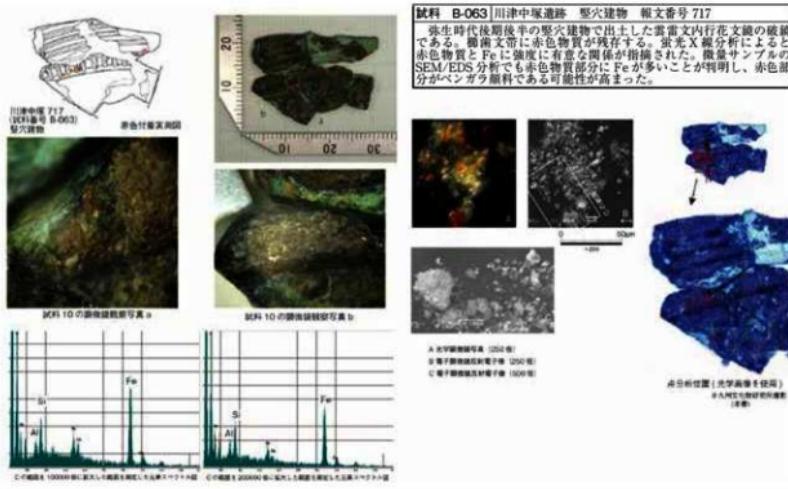


**試料 B-062** 一の谷道跡 集落内柱穴 報文番号 PL444

後生時代後半から終末期の堅穴建物からなる集落跡である。分割鏡の一部に赤色物質が残存する。蛍光 X 線分析によると赤色物質と Fe に関する関係性が希薄で、青銅中の Fe 成分との鑑別は困難とされる。



第 643 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 2

**試料 B-064 | 中又北道路 2区 SR01 最下層 報文番号 1**

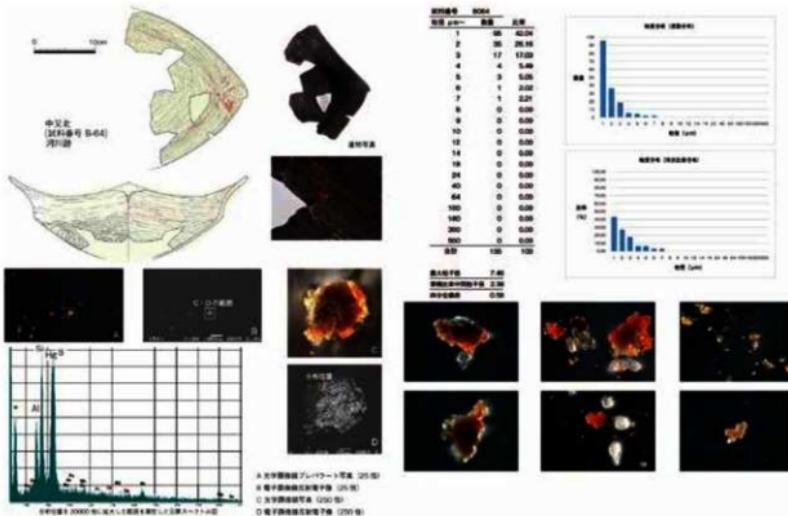
縄文晩期の自然河川出土の黒色磨研系波状口縁残鉢である。内面に赤色顔料が残存する。顔料は波頂部内面に多く付着し、波底部にはほとんど付着がない。

## &lt; 調査鏡観察 &gt;

1μm未満の微粉と微粒子が凝集する箇所が多く、8μm以上の粒子は見られない。

## &lt; 粒度分析 &gt;

最大粒子径は7.5μm、中間粒子径24μm、四分位偏差は0.58μm。最大頻度径は1~2μmで、粒度分類はC類である。



第 644 図 県内地遺跡赤色顔料分析シート 3 3



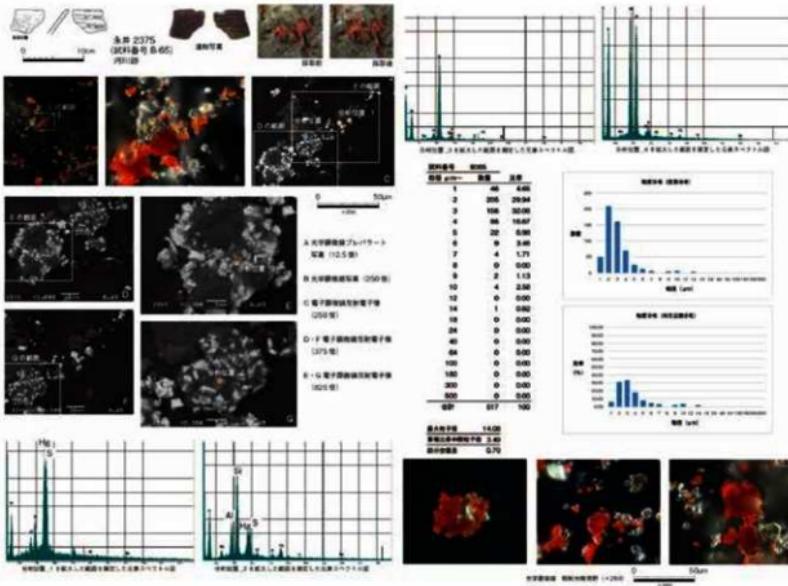
## 試料 B-065 水井遺跡 SR8604 D-14 区層 報文番号 2375

縄文後期後半の浅鉢である。外縁は磨削縄文、内縁は研削で仕上げる。内面に赤色顔料が遺存する。

元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<顕微鏡観察>  
2~5μm の粒子が主体で、画像 G では粒子が凝集物を介して膠着したような状態が観察できる。1μm 未満の微粉は含まない。分級が進んだ粒子群である。

<粒度分析>  
最大粒子径は 14.1μm、中間粒子径 3.5μm、四分位偏差は 0.7μm。最大頻度径は 3 ~ 4μm で、粒度分類は E 類である。

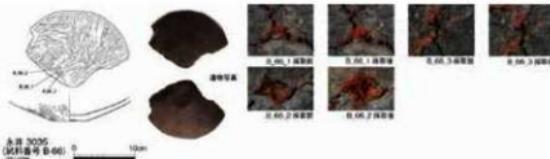


## 試料 B-066 水井遺跡 SR8601D-14 下層Ⅱ層 報文番号 3035

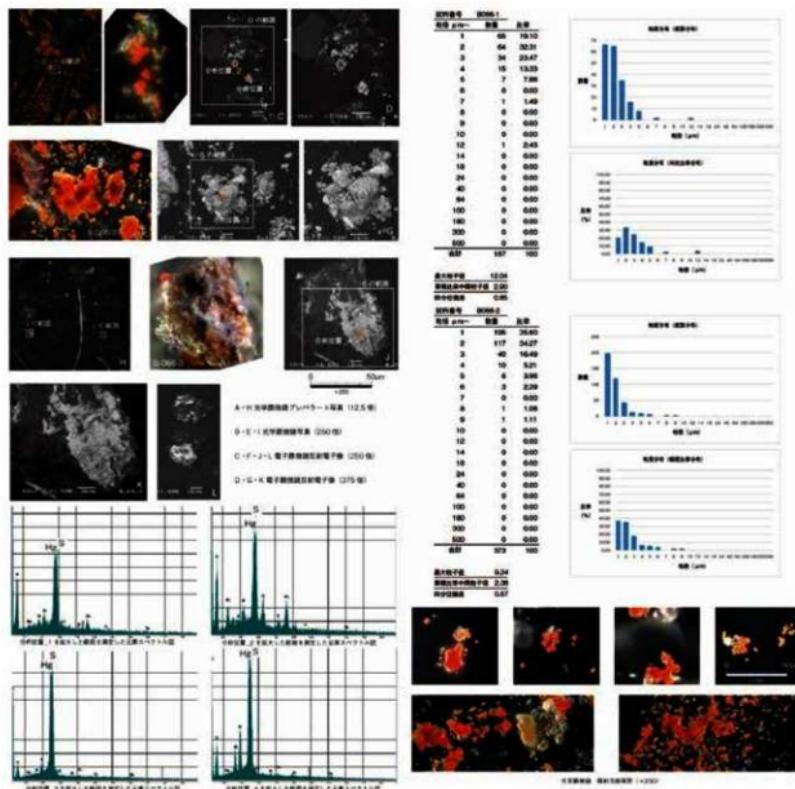
縄文後期前業(雪崎長 I 式)の浅鉢底部である。内外面を丁寧な研磨で仕上げる。内面の器面の研みや丸型に赤色顔料が遺存する。場所により色調が異なる。2か所で試料を探取した。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

<顕微鏡観察>  
B-66-1 は 2 ~ 5μm の粒子が主体で、あまり凝聚していない。B-66-2 は長さ 5 ~ 10μm の粒子に 1μm 未満の微粉や 1μm 以上の微粒子が多数付着し凝聚体を形成する。B-66-3 ではほぼすべて 1μm 未満の微粉で構成し他の物質に付着して存在する。

<粒度分析>  
B-66-1 は最大粒子径は 120μm、中間粒子径 29μm、四分位偏差は 0.85μm。最大頻度径は 2 ~ 3μm で、粒度分類は E 類である。B-66-2 は最大粒子径は 92μm、中間粒子径 24μm、四分位偏差は 0.57μm。最大頻度径は 1 ~ 2μm で、粒度分類は D 類である。



第 645 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 4



試料 B-067 水井遺跡 SR8601D-14 下層Ⅱ層 報文番号 3044

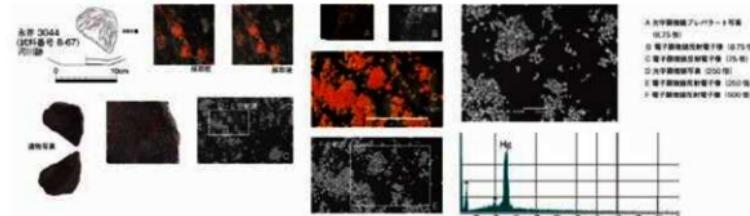
調査後期(彦崎 K-1式)の後跡底部である。内外面を丁寧な研磨で仕上げる。内面の器皿の底みや亀裂に赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、朱と判別できる。

## &lt;顕微鏡観察&gt;

長さ2μm前後、幅15μm前後で二輪平均では2μm未満の粒子が均質に構成された枝子群である。1μm未満の微粉もほとんど合はない。

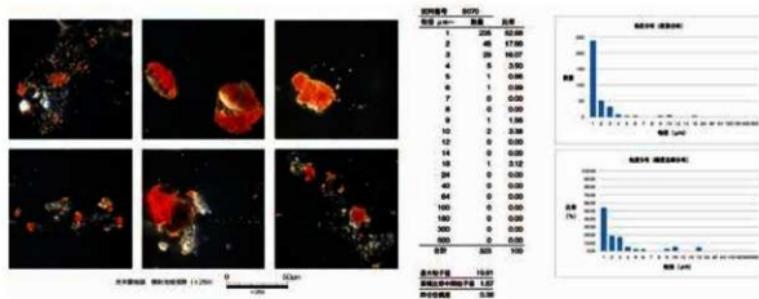
## &lt;粒度分析&gt;

1~2μmが73%を占め、極めて分級が進んだ粒子群である。最大粒子径は3.0μm、中間粒子径18μm、四分位偏差は0.23μmと極めて狭い。粒度分類はA類である。調査後期段階の分級技術の高さを示す。



第646図 県内他遺跡赤色顔料分析シート35



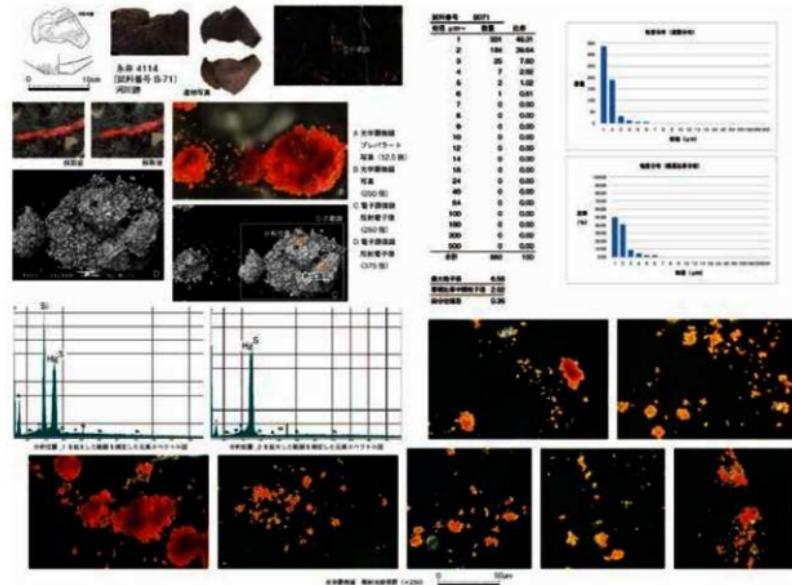


試料 B-071 水井道跡 SR8602 E・F.15・16 犬歯 領文番号 4114

標文後期前葉（彦崎 K-1式）の層位出土の浅鉢底部である。内外面を研磨で仕上げる。内面の器面の底みに赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では強い水銀(Hg) 反応があり、朱と判別できる。

<跟著道觀察> 二十一世紀的社會文化現象：從政治、經濟、社會、文化、宗教、教育、科技、傳媒等角度切入，探討其對社會的影響。

1μm未満の微粉は少なく、1~3μmの微粒子が石英等の粒子に付着し凝集する。



第648図 県内他遺跡赤色顔料分析シート37

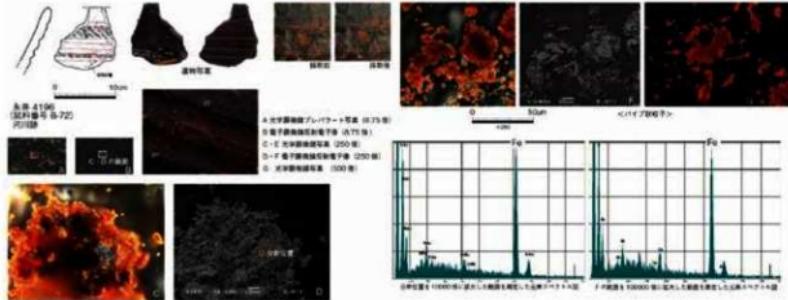
試料 B-072 水井遺跡 D-19 包含層 II 層 稽文番号 4196

調査後期前堀壁出土の浅鉢である。外面に磨削痕を施し文様を覆うように赤色顔料が付着する。外面装飾として布されたものと推察する。

元素スペクトル図では強い鉄 (Fe) 反応があり、光学顕微鏡における赤色粒子はベンガラと判別できる。

&lt;顕微鏡観察&gt;

長さ約 10 μm のパイプ状粒子を多數含む。それ以外の粒子は 1 μm 未満の微粉が多く、石英等の粒子に付着し凝集する。



試料 B-073 水井遺跡 D-20 包含層 III 層 稽文番号 4566

調査後期の丸鉢である。外面の沈継間に磨文を施す。内面は研磨し、研磨内外面を研磨仕上げる。内面の器面の亀裂に染み込むように赤色顔料が還存する。

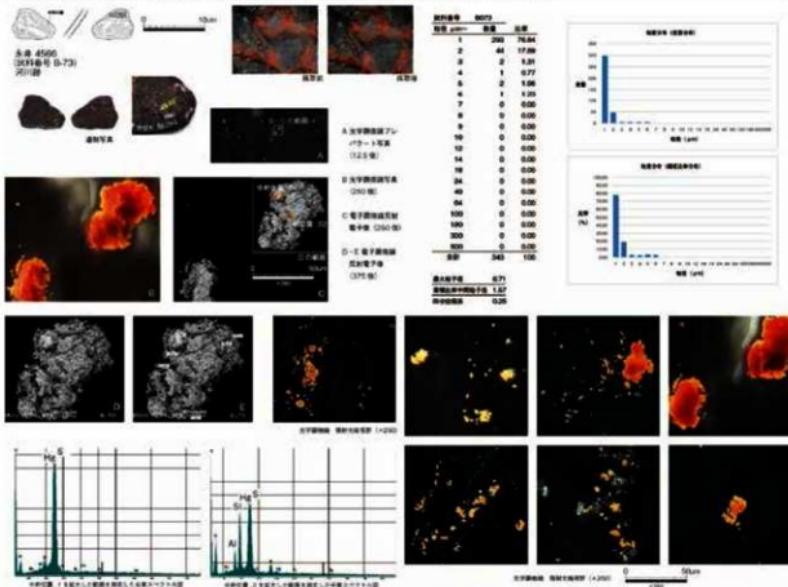
元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。

&lt;顕微鏡観察&gt;

1 μm 未満の微粉及び 1 ~ 2 μm の微粒子が石英等の粒子に付着し凝集する。8 μm 長の粒子も稀に含む。

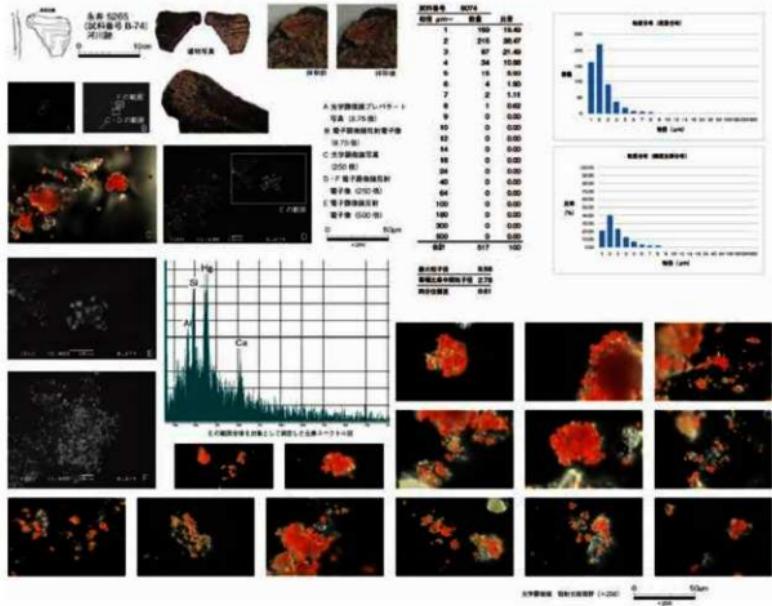
&lt;粒度分析&gt;

最大粒子径は 6.7 μm、中間粒子径 1.6 μm、四分位偏差は 0.25 μm と使い。粒度分類は A 類である。

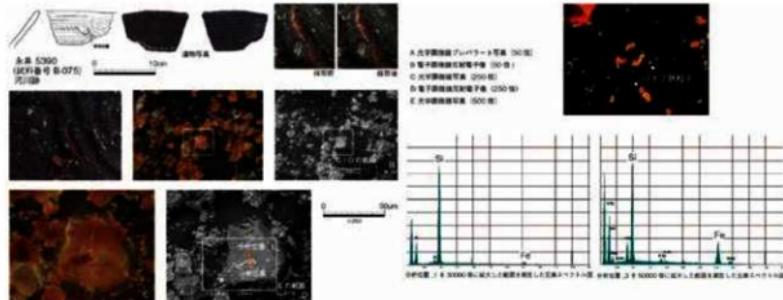


第 649 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 3 8

**試料: B-074** 木井道路 E-21W 包含層 直層 紙番号 5265  
鉱物後期の深部にある外筋の光暈間に網文を構成する。  
元素スペクトルによれば水銀(Hg) 反応があり、反射電子像の白色の粒子は木と判別できる。朱では頗る外見装饰である。  
**四面鏡観察**  
画像 E は  $2 - 3 \mu\text{m}$  の粒子が有機物を介して群むような状態が観察できる。分析番号 B-065 にも同様な物質がある。 $1\mu\text{m}$  未満の粉粒や  $1 - 2\mu\text{m}$  の微粒子も含むが、 $2 - 3\mu\text{m}$  の粒子が行われた群粒子といえる。  
**粒度分析**  
最大粒子径は  $8.6\mu\text{m}$ 、中間粒子径  $2.8\mu\text{m}$ 、四分位偏差は  $0.61\mu\text{m}$ 、粒度分類は E 類である。

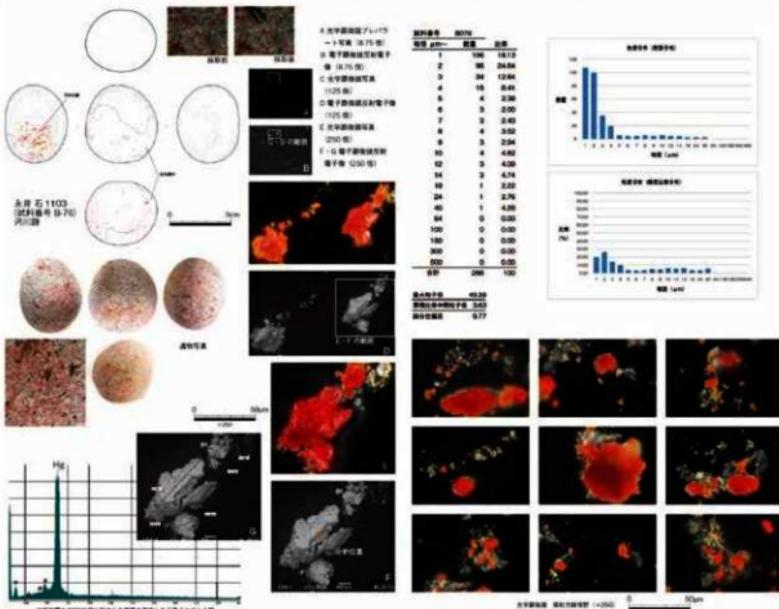


試料: B-075 (水井鉱業) D-21E 外回り層 I層 形番号 5390  
説文前面の斜面左側には赤色の鉛鉱脈に鋼鉄を施す。施文を覆て赤色顔料が遺存する。元素スペクトル図では鉄(Fe)反応があり、光画素像の赤色粒子はベンガラの可能性が高い。  
鏡面鏡観察  
石英粒には付着する1μm程度の黒色のムカゲガラである。画像Bは画像が不明瞭で分かれにくいつが、パイプ状の形態を呈す粒子が僅かに含まれ、分析番号B-072では主にパイプ状のムカゲガラと見られる。ただし、パイプ粒子の出現は少数でサイズも小さい。

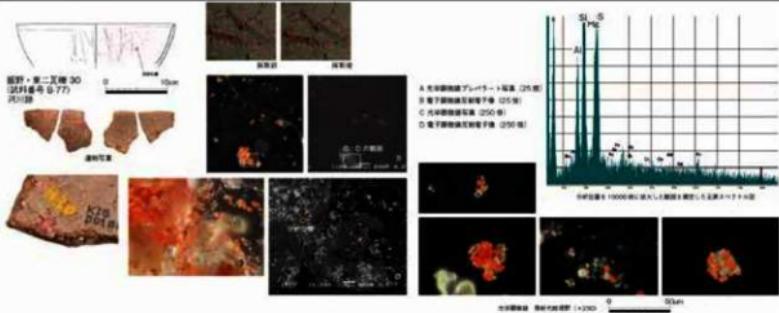


第650回 県内他遺跡赤色顔料分析シート39

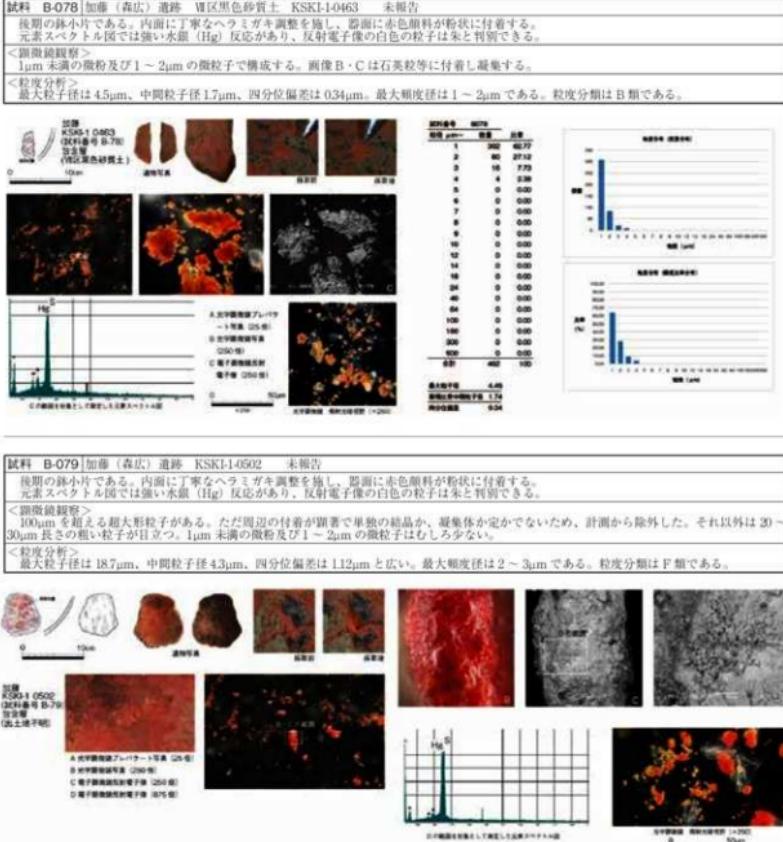
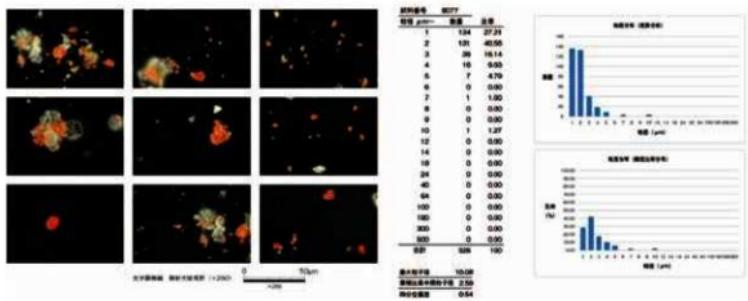
試料	B-076	水井遺跡 17~22 例包含層 II 層 報文番号 石 1103
岩質は灰色で丸味を帯びた石英の晶出や角閃石などの他の鉱物の晶出を含むもので、花崗斑岩を石材とする磨石である。表面には部分的に研磨が残る。研磨面を覆って鮮やかな赤色顔料が遺存する。		
元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり。反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。		
<顕微鏡観察> 画像 E~F は長さ 47 $\mu\text{m}$ の大形粒子で破断面が折れである。2~3 $\mu\text{m}$ の粒子がこれらを取り巻いて凝聚する。1 $\mu\text{m}$ 未満の微粉は少ない。		
<粒度分析> 最大粒子径は 40.4 $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 3.6 $\mu\text{m}$ 、四分位偏差は 0.77 $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 2~3 $\mu\text{m}$ である。粒度分類は E 類である。		



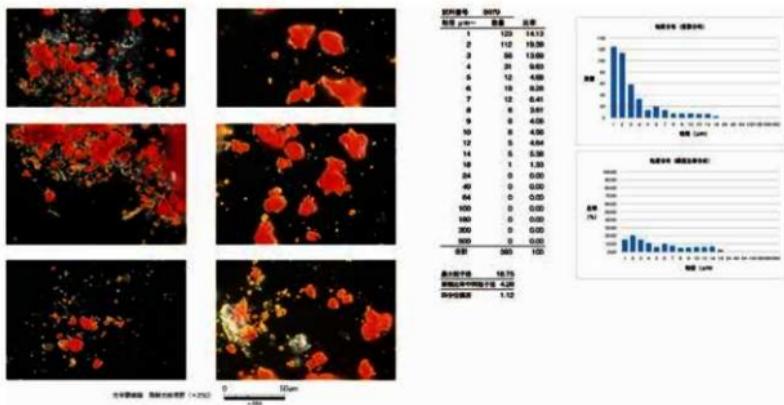
試料	B-077	飯野東二瓦礫道路 河川路 報文番号 30
後期の單口縁の跡である。内部に赤色顔料が付着する。元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり。反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。		
<顕微鏡観察> 2~3 $\mu\text{m}$ 、及びそれ以上粒径をもつ粒子が多く、あまり凝聚しない。1 $\mu\text{m}$ 未満の微粉は少ない。		
<粒度分析> 最大粒子径は 108 $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 26 $\mu\text{m}$ 、四分位偏差は 0.54 $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 2~3 $\mu\text{m}$ である。粒度分類は E 類である。		



第 651 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 0



第652図 県内他遺跡赤色顔料分析シート4 1

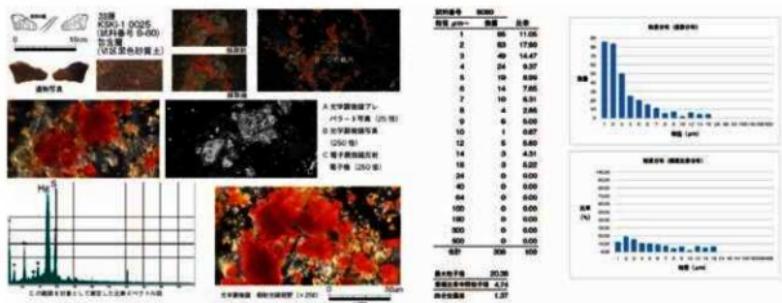


## 試料 B-080 | 加藤 (森庄) 遺跡 賀区黑色砂質土 KSKJ-1-0025 未報告

後期の鉢小片である。外側面に丁寧なヘラミガキ調整を施し、内面の器の底みに赤色顔料が遺存する。  
元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。

<顕微鏡観察> 10μm を超える大形粒子が含まれる。1μm 未満の微粉及び 1 ~ 2μm の微粒子も含むが、2 ~ 4μm の粒子の多さが目に付く。

<粒度分析> 最大粒子径は 20.38μm、中間粒子径 4.74μm、四分位偏差は 1.37μm と広い。最大頻度径は 2 ~ 3μm である。粒度分類は F 級である。

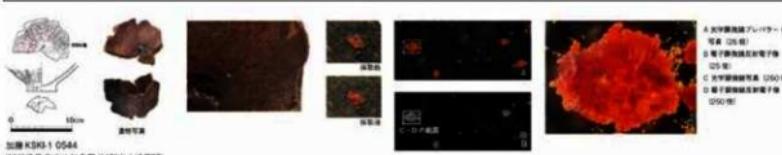


## 試料 B-081 | 加藤 (森庄) 遺跡 KSKJ-1-0544 未報告

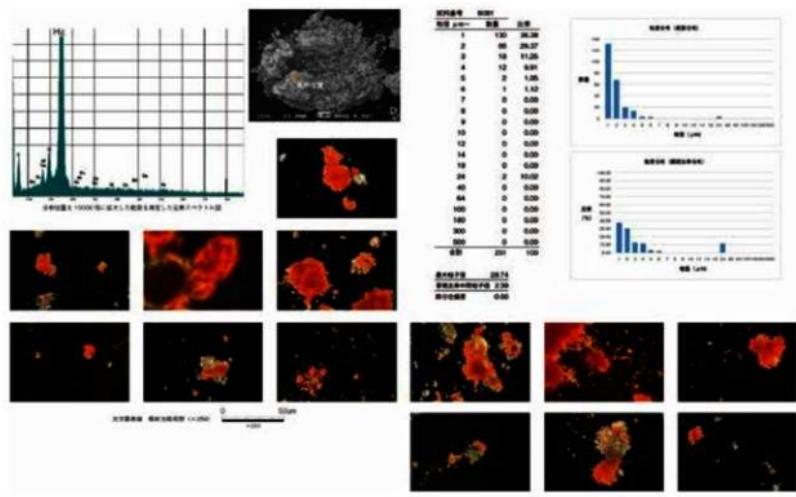
後期の鉢小片である。外側面に丁寧なヘラミガキ調整を施し、内面の器の底みに赤色顔料が遺存する。  
元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり、反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。

<顕微鏡観察> 10μm を超える大形粒子が含まれるが、むしろ少なく、大部分は 1μm 未満の微粉及び 1 ~ 2μm の微粒子も含むが、2 ~ 4μm の粒子の多さが目に付く。

<粒度分析> 最大粒子径は 28.7μm、中間粒子径 2.4μm、四分位偏差は 0.56μm と広い。最大頻度径は 1 ~ 2μm である。粒度分類は F 級である。



第 653 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 2



試料 B-087 寺田麻宮通道路 錦区第3低地帯 報文番号 564

後期前半中段階の高杯である。口縁を外に拡張し上面に退化した凹線を施す。内外面に丁寧なヘラミガキ調整を施し、内面の器皿の底みに赤色領料が遺存する。

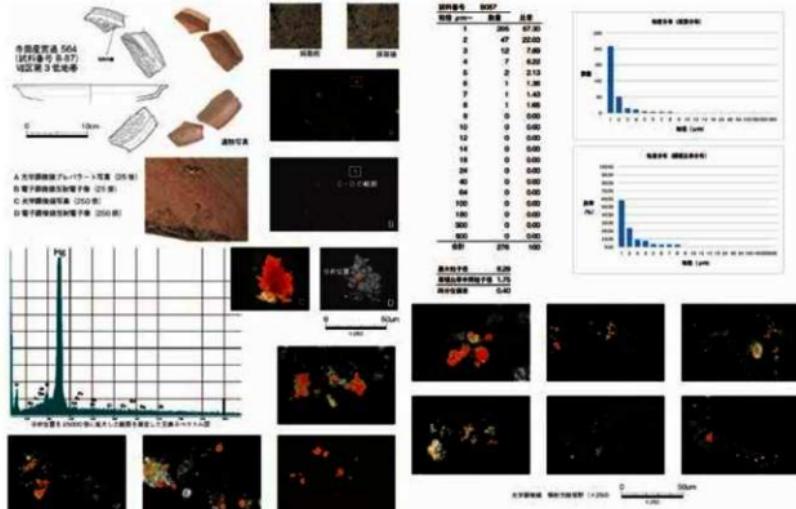
元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる

#### 〈顯微鏡觀察〉

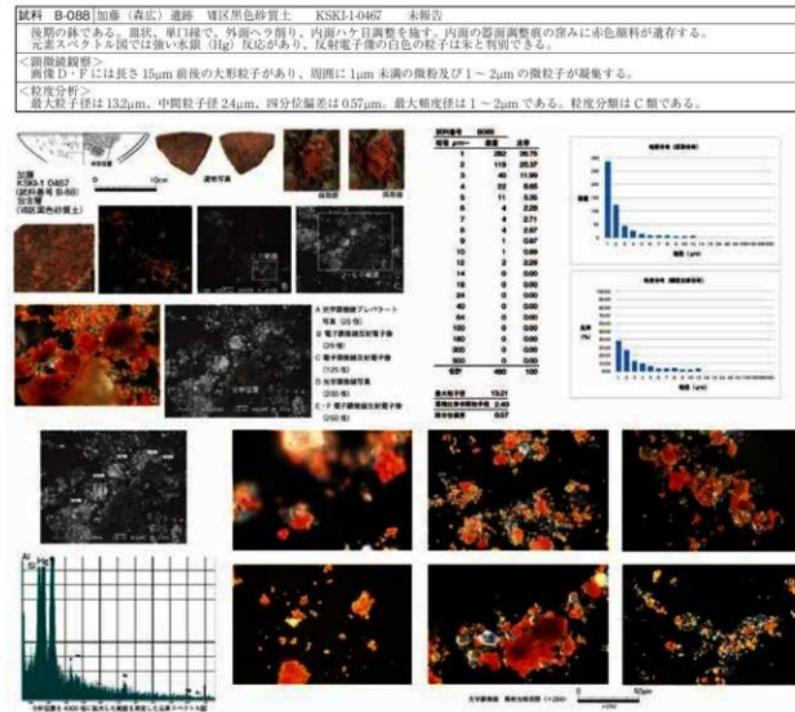
画像 C・D は  $1\mu\text{m}$  未満の微粉及び  $1\sim2\mu\text{m}$  の微粒子が凝集したものである。長さ  $10\mu\text{m}$  を超える大形粒子は含まれていない。

<粒度分析>———粗颗粒———细颗粒———极细颗粒———粉状物———液体———气体———胶体———分子———原子———质子———中微子

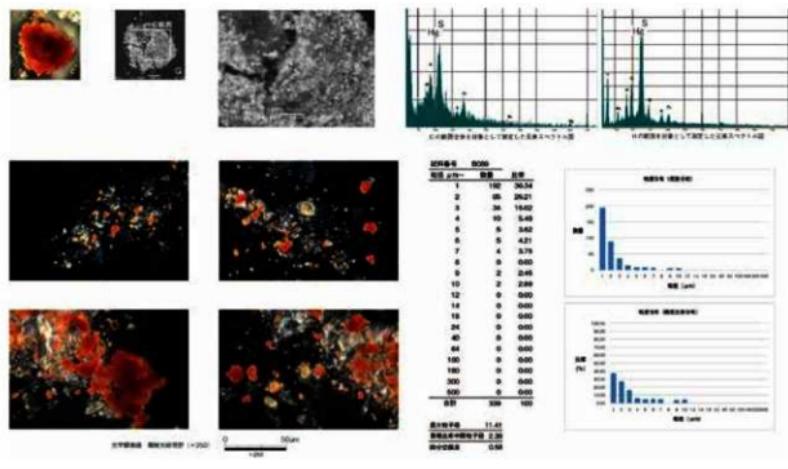
最大粒子径は  $8.3\mu\text{m}$ 、中间粒子径  $1.8\mu\text{m}$ 、四分位偏差は  $0.40\mu\text{m}$  と高い。最大頻度径は  $1 - 2\mu\text{m}$  である。粒度分類は B 類である。



第 654 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 43



第 655 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 4.4



試料 B-090|田中遺跡 SH06 |報文番号 46

終末古墳時代の單口鋤の跡で、ほぼ完形品である。内面ハケ目調整、外面ナデ調整で仕上げており、口縁端部は僅かに肥厚し丸く收める。内面のほぼ全面に赤色顔料が遺存する。鋤面に粉状に付着し遺存する。

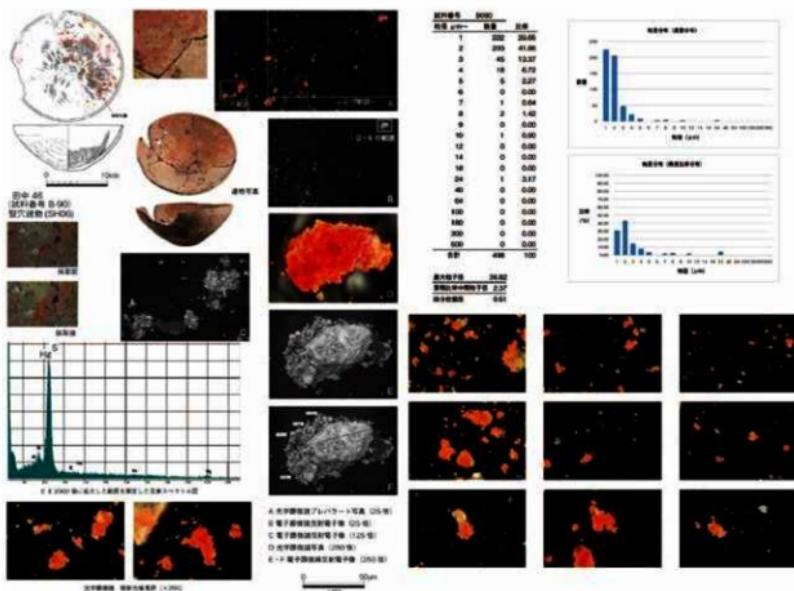
元素スペクトル図では強い水銀(Hg)反応があり、反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。

<顕微鏡観察>

画像 D・E は大きさ 54μm の超大粒粒子が微粒子の凝集に囲まれた状態を記録する。超大粒粒子は梢円形で周囲が丸く磨滅する。

<粒度分析>

最大粒子径は 368μm、中間粒子径 24.2μm、四分位偏差は 0.51μm。最大頻度径は 2 ~ 3μm である。粒度分類は E 類である。



第 656 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 5

## 試料 B-091 平池南道路 SR II 02 上層 報文番号 178

砂岩亜角礫の種石の種繩部に赤色顔料が付着する。研磨痕は不明瞭で、器面の凹凸が顔料な一部の棱縁部にのみ赤色顔料が遺存する。他の棱縁も付着の有無を確認したが、図示した種繩のみに付着する。

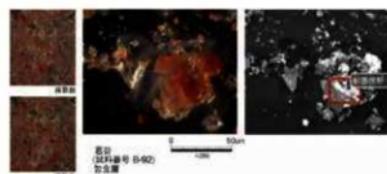
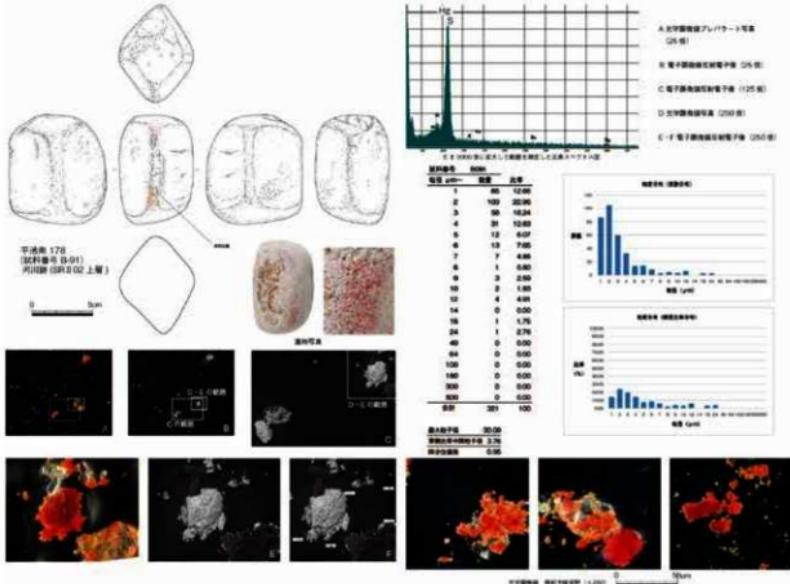
元素スペクトル図では強い水銀 (Hg) 反応があり。反射電子像の白色の粒子は朱と判別できる。

## &lt; 路面観察 &gt;

画像 E, F は長さ 36 $\mu\text{m}$  の周囲が磨滅した大形粒子が微粒子の凝集に包まれた状態を示す。そのほかの粒子は 2 ~ 3 $\mu\text{m}$  のものが多い。

## &lt; 粒度分析 &gt;

最大粒子径は 30.1 $\mu\text{m}$ 、中間粒子径 38 $\mu\text{m}$ 、四分位偏差は 0.95 $\mu\text{m}$ 、最大頻度径は 2 ~ 3 $\mu\text{m}$  である。粒度分類は E 類である。

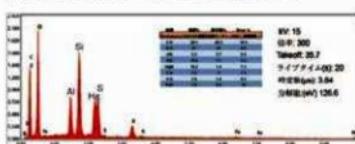


## 試料 B-092 谷筋道路 G7 茶褐色粗糲 PTK-0208 未報告

後期の道路で出土した鉢小片である。内面ハラミガキ調整、外面ハケ目調整を施し、内面は全面赤色顔料が付着し、器面の亀裂には濃度の高い赤色顔料が染み込むように付着する。

## &lt; 路面観察 &gt;

微粉や微粒子が多く、2 ~ 5 $\mu\text{m}$  の粒子を僅かに含む。



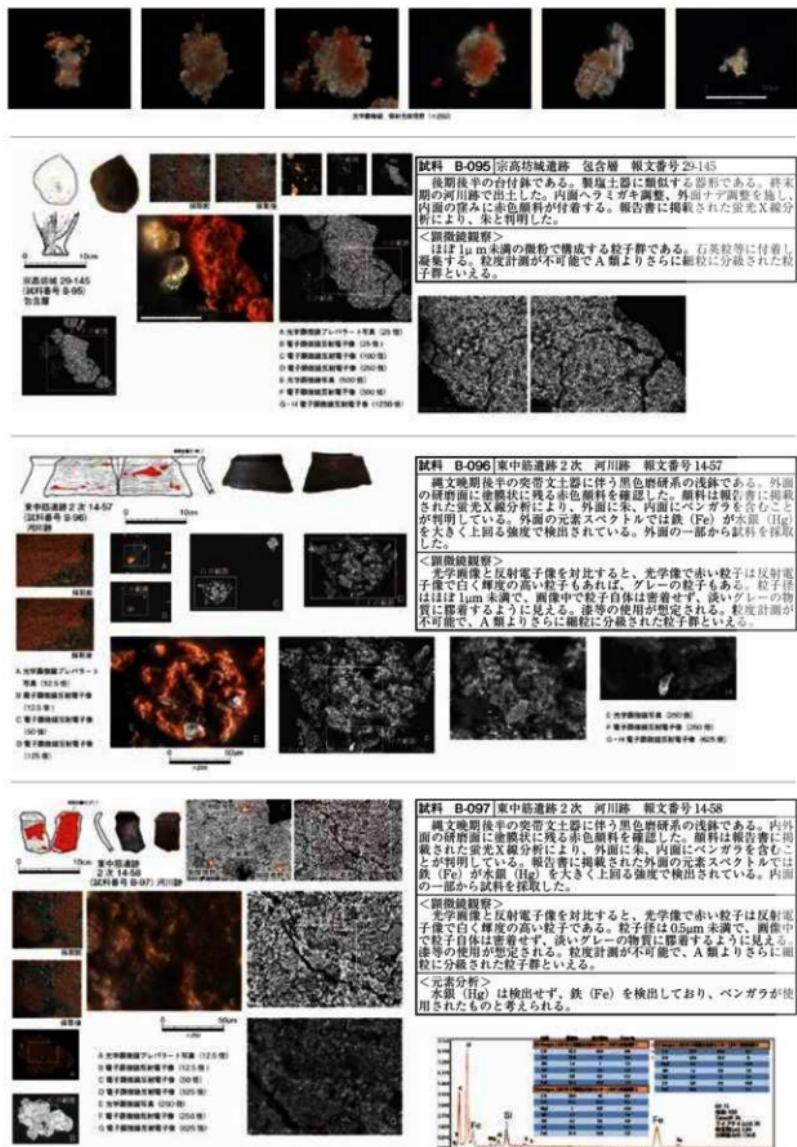
## 試料 B-093 原間道路 I 河川跡 SR IV 02 報文番号 1875

後期後半から終末期の河川跡で出土した鉢である。内面ハケ目調整、外面ナデ調整を施し、内面はほぼ全面赤色顔料が付着する。報告書に掲載された蛍光X線分析により、朱と判明している。

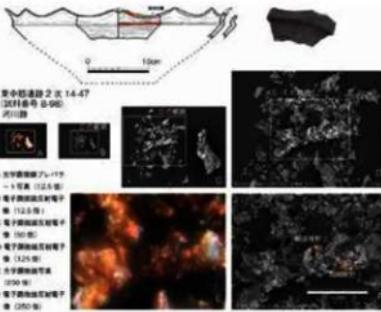
## &lt; 路面観察 &gt;

微粉や微粒子が多く、2 ~ 3 $\mu\text{m}$  の粒子を僅かに含む。粒子径分布は行っていないが、粒度分類は A 類になるであろう。

第 657 図 県内他遺跡赤色顔料分析シート 4 6



第658図 県内他遺跡赤色顔料分析シート47

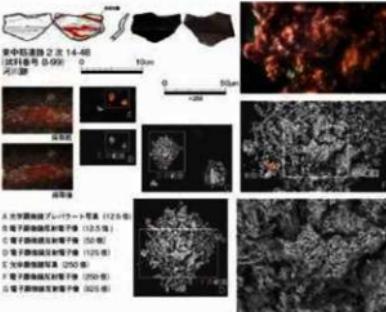
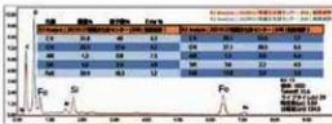


試料 B-09B 東中筋道路 2 次 河川路 暗文番号 14-47

縄文晩期後半の突帯文土器に伴う黒色陶筋系の波状口縁浅鉢である。内面の沈線内に残る赤色顔料を確認した。顔料は報告書に掲載された蛍光X線分析により朱を含むことが判明している。報告書に掲載された内面の元素スペクトルでは鉄(Fe)が水銀(Hg)を大きく上回る強度で検出され、僅かだが水銀(Hg)が検出されたことから、顔料は朱と判断されている。

#### 〈測定結果及び元素分析〉

光学顕微鏡による観察では、 $1\mu\text{m}$  前後の淡赤色微粒子が暗茶褐色の物質と混在する画像 E の部分と、明赤色の  $3\sim5\mu\text{m}$  の粒子が散在する部分がある。前者の粒子部分の元素分析では鉄(Fe)を多數検出したことから、ベンガラと推察した。後者の粒子は今回では分析対象にはならなかったが、粒子形状からみて辰砂粒子と考えられる。辰砂粒子には付着した凝聚せずに分散した單独粒子として存在する。

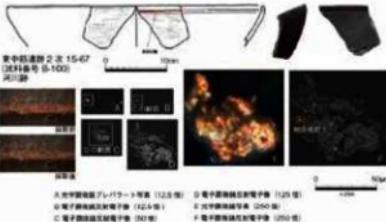


時程 B-099 東中筋道路 2 次 河川路 附文番号 14-48

説文後半の宍美文書上器に伴う黒色顔料の分析結果である。内面の沈殿中に残る赤色顔料を確認した。顔料は報告書に掲載された蛍光X線分析により朱を含むことが判明している。報告書に掲載された内面の元素スペクトルでは鉄(Fe)が水銀(Hg)を大きく上回る強度で検出され、僅かだが水銀(Hg)が検出されたことから、顔料は朱と報告されている。

### ＜顕微鏡観察及び元素分析＞

光子顕微鏡による観察では画像Eのとおり、1 $\mu$ m前後の淡赤色微粒が暗茶褐色の色の物質と混在する状況が確認できる。元素分析では鉄(Fe)を多数検出したことから、ベンガラと推察した。サンディング範囲では辰砂の有無は確認できなかつたが、B-098と同様、少し辰砂がベンガラやその集簇部とは別に存在するものと推察する。



試料 B-100 東中筋道跡 2 次 河川跡 報文番号 14-67

繩文晚期後半の突帯文土器に伴う黒色腐研系の浅鉢である。内面の沈化層内に残る赤色顔料を確認した。顔料は報告書に掲載された赤色顔料分析により朱を含むことが判明している。報告書に掲載された内面の元素スペクトルでは鉄(Fe)が水銀(Hg)を大きく上回る強度で検出され、僅かだが水銀(Hg)が検出されたことから、顔料は朱と報告されている。

### ＜顕微鏡観察及び元素分析＞

光学顕微鏡による観察では画像Eのとおり、1μm 前後の淡赤色微細な暗赤色の物質と混在する状況が確認できる。反射電子像ではその表面に僅かに白く輝く粒子が点在する。その元素分析では鉄(Fe)以上に水銀(Hg)を多數検出したことから、白く輝く粒子が辰砂粒子と推察した。



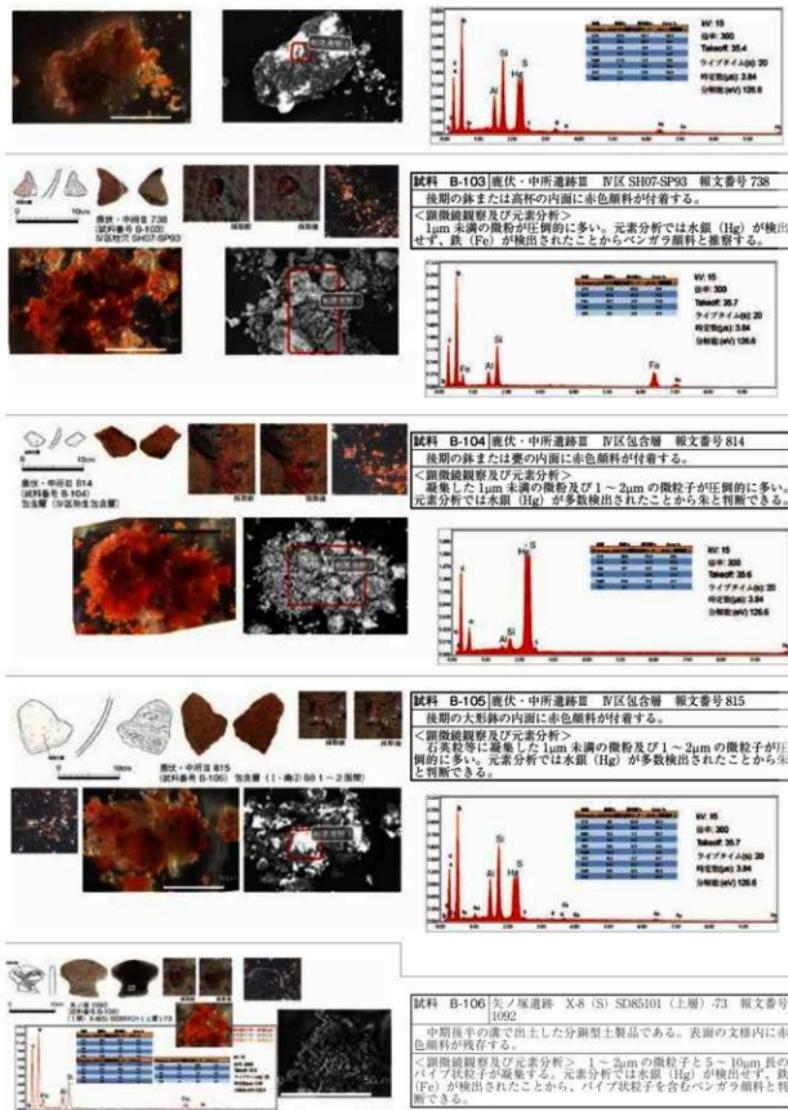
試験 B-101 桶木道路 C 地区 読文部数 115-105

終末期の土器浦まりに混在して出土した後期の台付鉢である。内外面へラミガキ装飾を施す。内面底に赤色顔料が残る。

—期循環經濟研究系分析—

石英粉等に付着した1μm未満の微粉が圧倒的に多い。元素分析では水銀(Hg)を多款検出したことから、朱と判断できる。粒径計測は行っていないが、A類よりさらに粒径が小さい部類である。

第659図 墓内他遺跡赤色顔料分析シート48



第660図 県内他遺跡赤色顔料分析シート49

## 第 9 項 辰砂鉱石及び辰砂粒子の断面観察と元素分析

## 1.はじめに

辰砂は熱水性鉱脈として、おもに火山岩の亀裂中に脈状に染み入る状態で産することが多い（青木 1970）。そのほかにも古期堆積岩に伴う塩基性溶岩や火碎岩あるいはその変成物に伴って産する場合や、変成層状マンガン鉱床、温泉沈殿物中、噴気性堆積型硫黄・黄鉄鉱鉱床に伴って産するなど、その産状は多様であることが指摘されている（加藤 2018）。辰砂粒子の断面観察では母岩や鉱脈中で同時に生成した共生鉱物（隨伴鉱物）が辰砂結晶と囲み合う形で確認できる場合があり（志賀 2011a）、その共生鉱物の種別等から辰砂の产出環境を推定できる情報が得られる可能性が指摘されている（志賀 2011b）。その情報は現時点で原産地が明らかになるような判定データが揃っている状態ではないが、情報の蓄積により将来的に原産地を推定する一つの手がかりになる可能性がある。

今回、香川県内の多数の辰砂関連資料を取り扱うにおいて、大形粒子が確認できた試料については、上記のような辰砂の产出環境に係る情報を得るために、結晶断面の観察・分析を実施し微細な異質鉱物の有無やその元素組成を確認することとした。対象とした試料は、顕微鏡観察の結果 10 μm 以上の辰砂結晶片が認められた試料である。これらを樹脂に包埋し研磨することにより断面観察用試料を作成した。

第 63 表 分析試料一覧表

分析番号	遺跡名	遺物名	器種	備考
001	旧練兵場遺跡	田舎壁Ⅲ (修復後) SK12 151	鉢	
016		田舎壁Ⅱ SR02 上層 5456	把手付広口皿	
024		田舎壁Ⅰ-4 区 SH4002 305-12	把手付広口皿	
047		本書 634 SH2010a	高環	
054		本書 S88 SH2153	鉢	辰砂結晶片
064		本書 1852 SB456a (SP4554a)	鉢	
066		本書 2887 SD4002a	把手付広口皿	
K-4	上天神遺跡	3区 486	鉢	
K-8		4区 483	把手付広口皿	
K-11		4区 491	把手付広口皿	
K-12		4区 493	把手付広口皿	
K-15		4区 944	把手付広口皿	
K-17-1		4区 948	把手付広口皿	
K-18		4区 949	把手付広口皿	
B-020	川津東山田遺跡	SR01 1018	把手付広口皿	
B-042	原中村遺跡	SR02 574	鉢	
B-076	水井遺跡	河川路 石 1103	磨石	奈良文時代後期
B-079	加藤遺跡	包装層 KSK1-14502	鉢	

## 2. 試料調整及び観察・分析方法

試料は第 661 図に示したように、次の手順で調整・作成した。

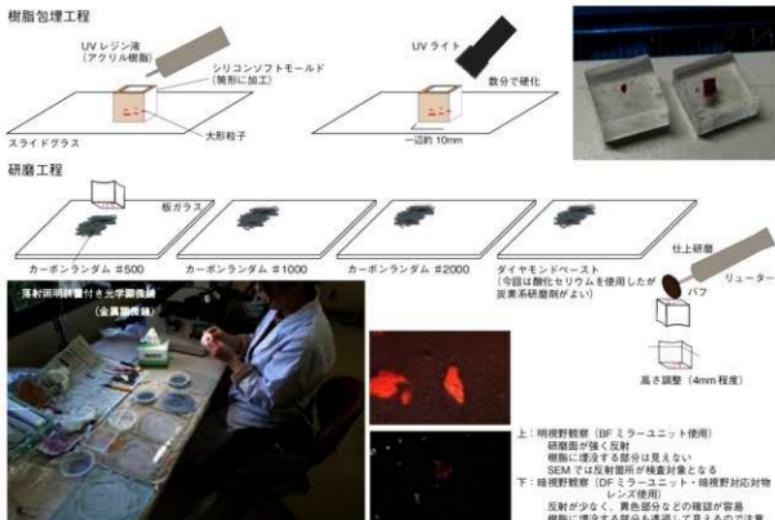
## &lt;試料採取&gt;

- ①磁器皿上に竹串等の微細採取具を使用して本節第 8 項の分析で採取したのと同じ位置から再度微量サンプルを探り、滴下した純水又はアセトン等溶剤内で攪拌し凝集・固着を分散する。
- ②実体顕微鏡下で数十 μm の粒子を振り分ける。
- ③振り分けた試料をピンセットや針等の微細具でスライドグラス中央付近に移す。

## &lt;断面研磨&gt;

- ④シリコン製の筒状の樹脂枠（モールド）を試料周りに設置し、上部から UV レジン液（アクリレート樹脂・アクセサリー用）をゆっくり注入する（できるだけ気泡を発生させない）。

そのうち明瞭な結晶断面が得られた旧練兵場遺跡出土試料 7 点、上天神遺跡 7 点、県内他遺跡出土試料 4 点の合計 18 点（第 63 表）について観察・分析を行った結果を報告する。なお、試料番号は本節第 1 項の第 49 ~ 51 表に示した分析番号と同じである。



第661図 樹脂包埋断面研磨試料作成手順

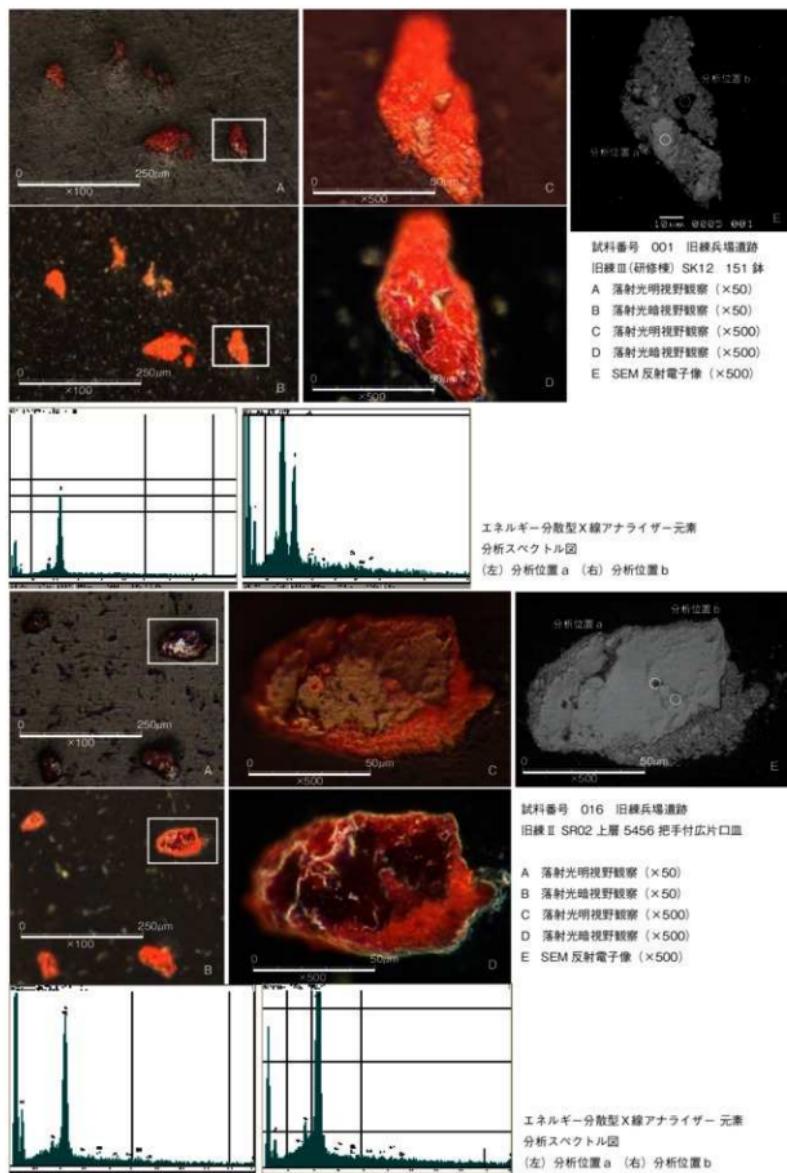
- ⑤UVライト（ネイル用など）を数分照射し硬化させる。
- ⑥樹脂枠を取り外し、試料面を下にして板ガラス上で研磨剤（マルトー製カーボランダムC #500 → 1000 → 2000 → ダイヤモンドベースト）を使用して、辰砂結晶断面が表出することを顕微鏡で確認しながら、段階的に研磨し、最終的にはパフリューターで鏡面仕上げとする。
- ⑦裏面を削って各試料の高さを揃えておく。

調整した試料は、まず光学顕微鏡で落射光による観察を行った上で、電子顕微鏡（SEM）観察し、さらにエネルギー分散型X線アナライザーにより元素分析を実施した。なお、断面の最終研磨工程において、便宜上研磨剤に酸化セリウム（CeO<sub>2</sub>）を使用した。元素分析結果にセリウムが出現しているのはそのためである（本来は、上記のカーボランダムなど、炭素起源の研磨剤を使用するべきである）。

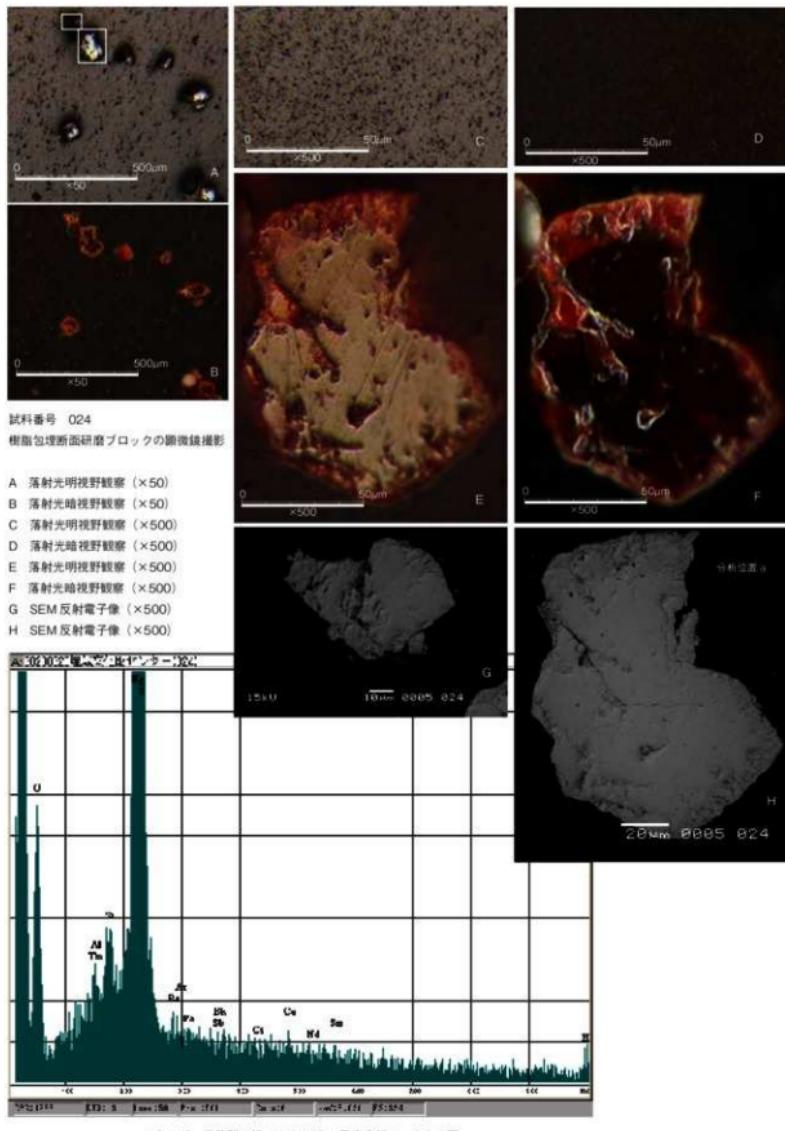
### 3. 観察・分析結果

試料番号 001 (旧練兵場遺跡 旧練Ⅲ (研修棟) SK12 151 鉢)

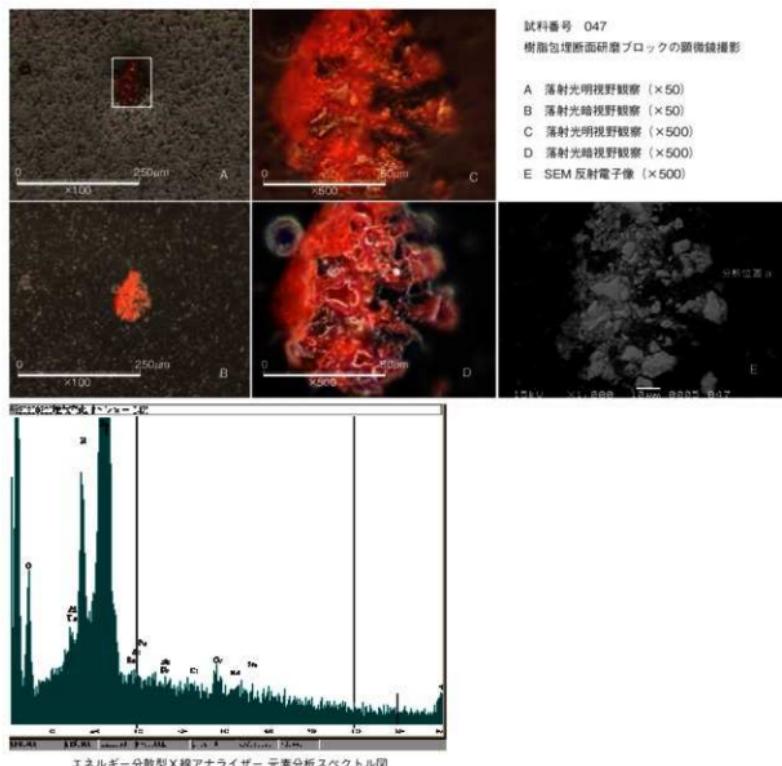
微細粒子の凝集塊である。凝集塊中に20 μm 大の結晶が1個体認められた（分析位置a）。また光学顕微鏡画像では結晶と同じように反射する部分（分析位置b）がある。SEMの反射電子像では黒く、スペクトル図では水銀（Hg）の反応もあったが、それ以上にケイ素（Si）の反応が顕著である。よって黒い部分は石英を示すものと判断した。しかし辰砂粒子と噛み合うものではなく単独の石英粒子である。よって辰砂に随伴する鉱物は認められなかった。



第 662 図 観察・分析結果 1 (試料番号 001・016)



第663図 観察・分析結果2 (試料番号 024)



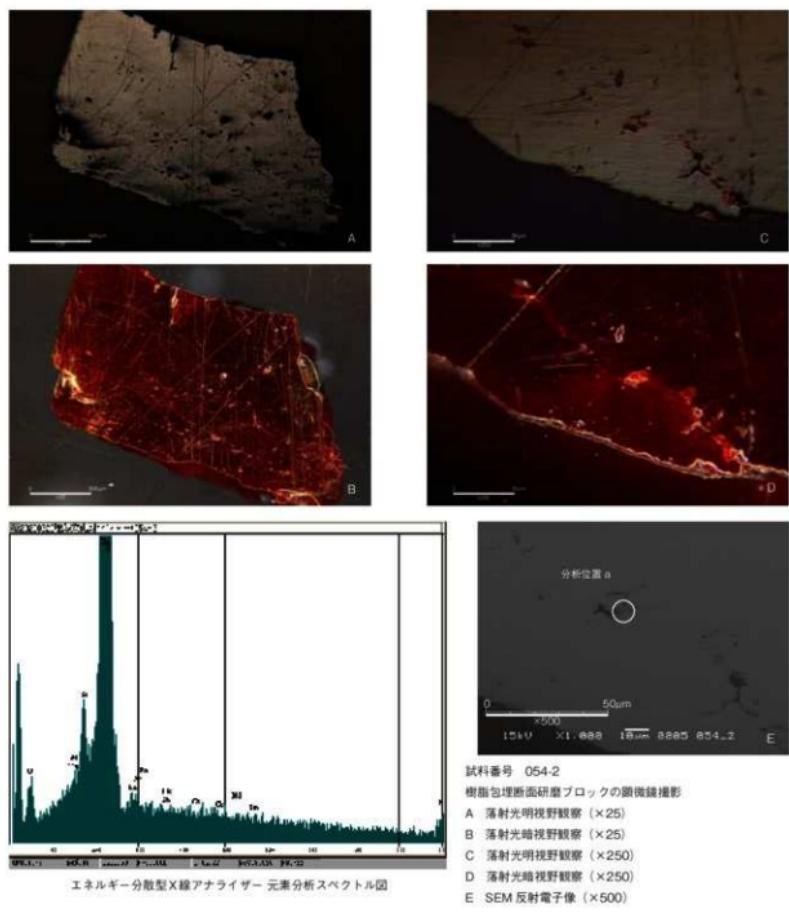
第 664 図 観察・分析結果 3 (試料番号 047)

試料番号 016 (旧練兵場遺跡 旧練 II SR02 上層 5456 把手付広片口皿)

長さ 70μm の大形辰砂結晶の周間に 3μm 以下の微粒子や微粉が付着・凝集する状況が認められた。結晶には多数の亀裂がある。断面中央の大きな亀裂の奥に分離しつつある 6μm 大の粒子がある。随伴鉱物の可能性もあるため、その部分を分析対象（分析位置 a）とした。結果は水銀 (Hg) と硫黄 (S) 以外にピークを認めることはできなかった。大小の亀裂が入る本粒子の断面は辰砂結晶が風化し亀裂が生じる過程を示す可能性がある。

試料番号 024 (旧練兵場遺跡 旧練 III I-4 区 SH4002 305-12 把手付広片口皿)

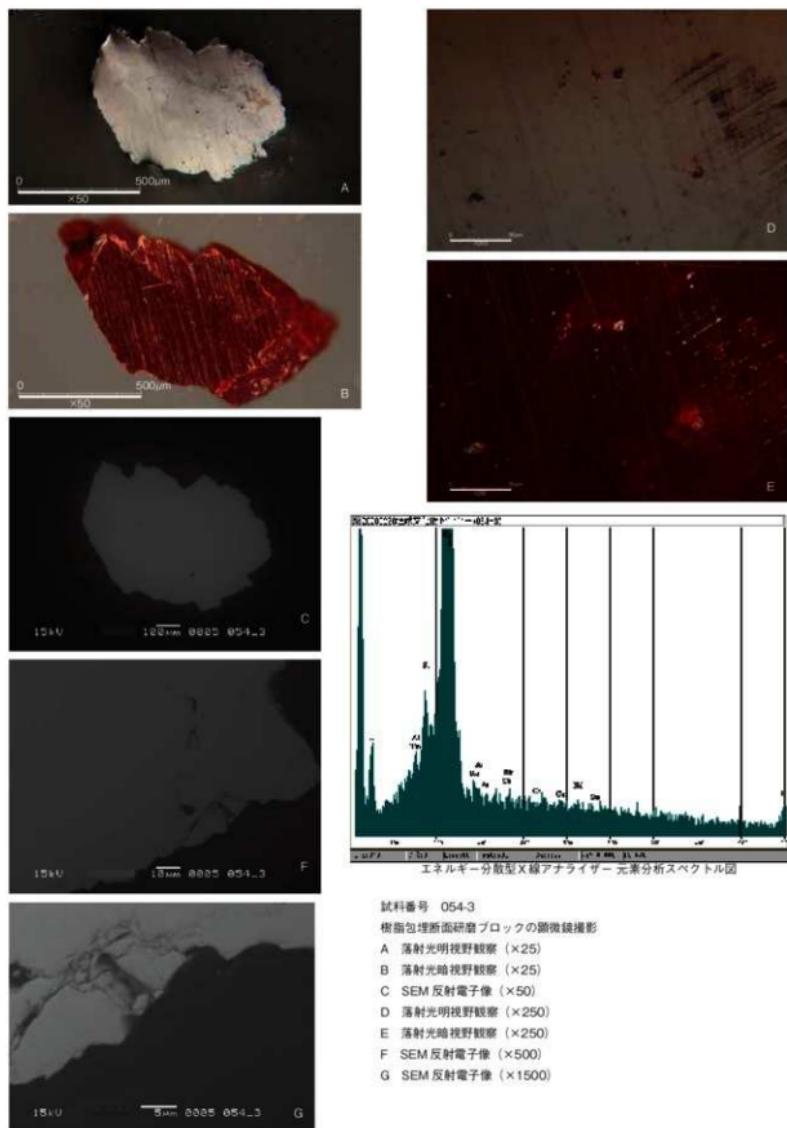
長さ約 100μm の大形辰砂結晶を認める。周間に微粒子や微粉は付着・凝集しないが、断面には多数の亀裂や窪みが認められた。特に結晶断面の縁辺 10 ~ 20μm 幅に亀裂が顕著で、縁辺が風化する状態を示している可能性が高い。結晶中央部付近を分析したが随伴鉱物は確認できなかった。



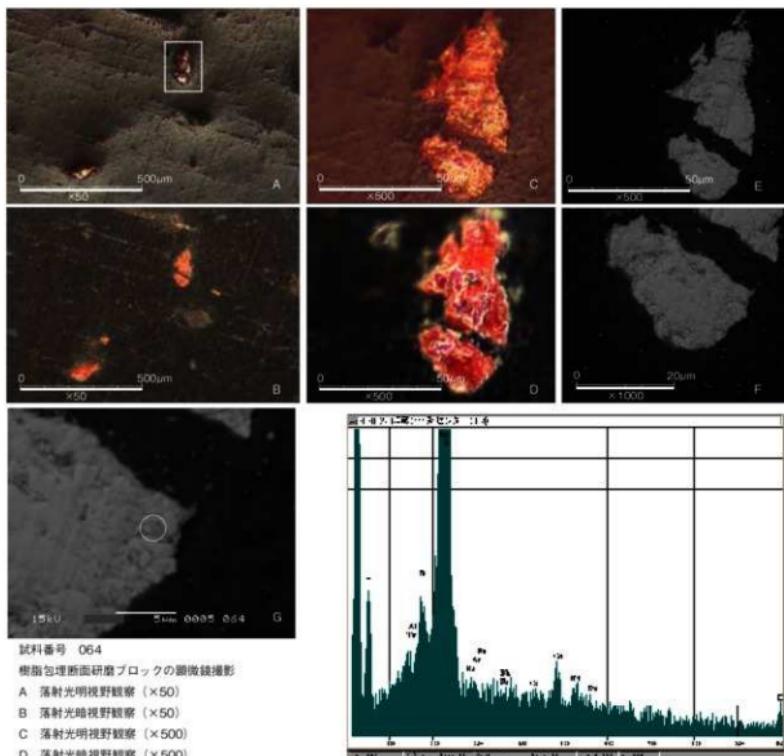
第665図 觀察・分析結果4 (試料番号 054-2)

試料番号 047 (旧練兵場遺跡 本書 634 SH2010a 高坏)

長さ10~15μmの辰砂結晶を含む凝集塊である。光学顕微鏡では光沢を有する黒色鉱物粒子が確認できるが、反射電子像では白い反応がない。よって黒色粒子は角閃石などの有色鉱物と判定した。白い部分では強い水銀(Hg)の反応が認められる。



第 666 図 観察・分析結果 5 (試料番号 054-3)



第667図 観察・分析結果6（試料番号 064）

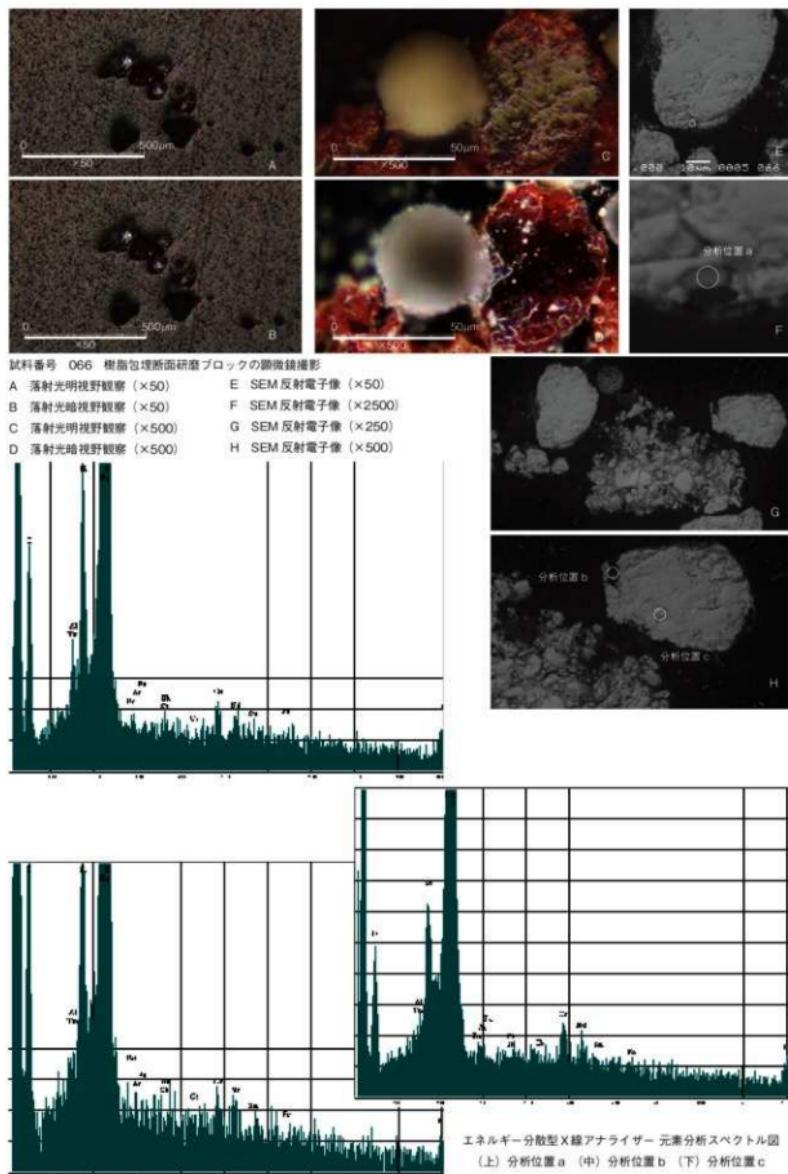
試料番号 054（旧練兵場遺跡 本書 S88 SH2153 辰砂鉱石）

大形辰砂鉱石から離脱した2個の結晶小片（54-2・54-3）を断面研磨した。

54-2は長さ2mmの結晶片である。画像右下に長さ70μmほどの亀裂が入るが断面全体から見るとごく僅かでほとんど目立たない。むしろ亀裂がほとんど見られない点で、磨滅や風化が認められた前掲の個体とは異なる。

54-3は長さ約700μmの大形結晶片である。輪郭も鋭く、磨滅・風化は見られない。

両者とも随伴鉱物は認められなかったが、54-2は光学暗視野画像の右側に、54-3は光学暗視野画像の左上に黒色部がある。断面研磨面にはかかっていなため光学明視野画像やSEMの反射電子像には表れていない。気になるが正体は不明である。



第 668 図 観察・分析結果 7 (試料番号 066)

試料番号 064 (旧練兵場遺跡 本書 1852 SB4566a (SP4554a) 鉢)

長さ約 10 ~ 15 $\mu\text{m}$  の複数の大形粒子に 3 $\mu\text{m}$  未満の微粒子が多数付着しそれが集まってできた凝集塊である。随伴鉱物は認められなかった。

試料番号 066 (旧練兵場遺跡 本書 2387 SD4002a 把手付広片口皿)

長さ約 60 $\mu\text{m}$  の大形粒子である。周縁に亀裂が多く風化した結晶片である。角も丸味を帯びるのは磨滅によるものと考えられる。亀裂部分を中心に分析を行い、セリウム (Ce) などのピークを検出したが、研磨剤として使用した酸化セリウムの反応と考えられ、随伴鉱物ではない。

試料番号 K-4 (上天神遺跡 3 区 486 鉢)

微細粒子の凝集塊である。一部 (画像 C・D) に 12 ~ 26 $\mu\text{m}$  の結晶断面が認められた。そのうち、黒色を呈する結晶片断面は辰砂の赤の発色とは異なり、光沢性を有する漆黒無透過の断面である。この 2 種類の結晶片は SEM の反射電子像ではいずれも白く、両者で輝度の違いは認められなかつた。また元素分析においても黒色部 (分析位置 a) と赤色部 (分析位置 b) で同形のスペクトルを示し、水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示す。よって、いずれの結晶も辰砂結晶と判定できる。黒色の結晶は「黒辰砂」の可能性が高いが、同定には晶系の確認を要する。ここでは「黒辰砂と推定される粒子」とする。

試料番号 K-8 (上天神遺跡 4 区 483 把手付広片口皿)

微細粒子の凝集塊である。一部に 10 ~ 20 $\mu\text{m}$  の結晶断面が認められた。中央の白い気泡の右上付近には黒色を呈する結晶も含まれる。SEM の反射電子像では、辰砂と考えられる白い部分のみが検出され、光学顕微鏡で観察された黒色粒子部分はほとんど反応がないことから、この黒色粒子は「黒辰砂」ではなく別の黒色鉱物と考えられる。ただし、辰砂と囁み合って存在するわけではなく、随伴鉱物との認定はできない。

試料番号 K-11 (上天神遺跡 4 区 491 把手付広片口皿)

微細粒子の凝集塊である。一部に 10 ~ 16 $\mu\text{m}$  の結晶断面が認められた。また黒色を呈する結晶も含まれる。分析位置 a は 16 $\mu\text{m}$  の赤色を呈する辰砂結晶である。分析位置 b は 10 $\mu\text{m}$  大の結晶の左縁近くで黒色を呈する結晶や 10 $\mu\text{m}$  以下の小形の結晶が集塊する部分である。その一部にも黒色を呈す結晶が含まれる。元素分析の結果、いずれも辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示した。K-4 と同様に「黒辰砂と推定される粒子」を含む辰砂と判定する。

試料番号 K-12 (上天神遺跡 4 区 493 把手付広片口皿)

63 $\mu\text{m}$  の大形結晶断面である。光学顕微鏡の明視野画像 (画像 C) における反射状態から、結晶内に多くのクラックが入ることがわかる。クラックは周縁から入るものと中央部分に空洞や反射状態が異なる物質として観察できるものもある。前者は風化や磨滅に伴うものだが、後者は石英などの付随鉱物の可能性も考えられる。中央付近の空洞部を元素分析したところ、異質な元素は認められず。辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示したことから、現時点では混在する鉱物のない辰砂結晶とした。

試料番号 K-15 (上天神遺跡 4 区 944 把手付広片口皿)

32 $\mu\text{m}$  の結晶断面が得られた。クラックの一部を分析したところ、辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示したことから、現時点では混在する鉱物のない辰砂結晶と考えられる。

試料番号 K-17-1 (上天神遺跡 4 区 948)

長さ 20 $\mu\text{m}$  大の粒子を含む大小粒子の凝集塊である。そこに取り込まれた綫長の大形結晶断面を得た。光学顕微鏡の画像 (D) の右側の○(分析位置 b) の結晶で長さは 21 $\mu\text{m}$  を測る。断面は漆黒色を呈し、SEM 反射電子像 (E・F) では白色に発色する。元素分析も辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示したことから、「黒辰砂と推定される粒子」と判定する。

一方、左側のやや暗褐色を呈する分析位置 a の粒子は反射電子像では暗灰色を示し、元素分析ではケイ素 (Si) アルミニウム (Al) が強く反応することから、混在した砂粒に含まれる鉱物である。

試料番号 K-18 (上天神遺跡 4 区 949 把手付広片口皿)

82 ~ 約 130 $\mu\text{m}$  の大形の結晶断面を得た。画像 C・D では上部に鉱物等の欠落による空洞とその周縁を赤色及び黒色の透明感のある結晶の断面が取巻く。空洞下部のグレーの微粒子は研磨剤のセリウムである。画像 F・G は 82 $\mu\text{m}$  大の結晶で縁辺に大小の亀裂が入る。

元素分析は両結晶とも辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示した。

前者の結晶は画像 D では赤色部と黒色部が混在しており、「黒辰砂と推定される粒子」の出現状況を示すものと考えられる。

なお、本試料の赤色顔料は本田光子氏により砒素 (As) が含まれていることが示されているが、今回の分析では明確にそれを抽出することはできなかった。

試料番号 B-020 (川津東山田遺跡 把手付広片口皿)

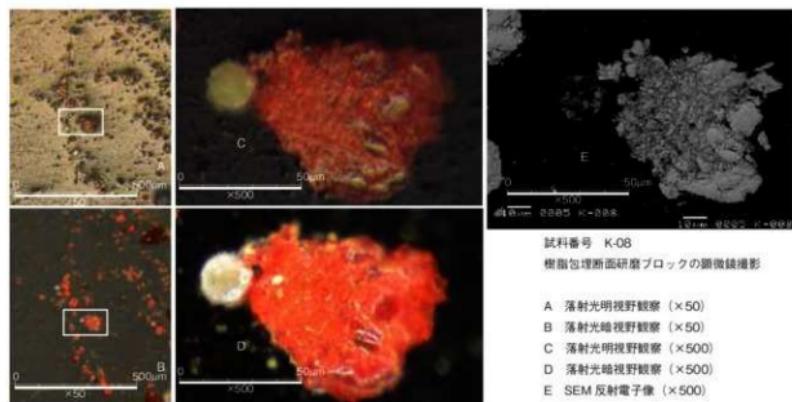
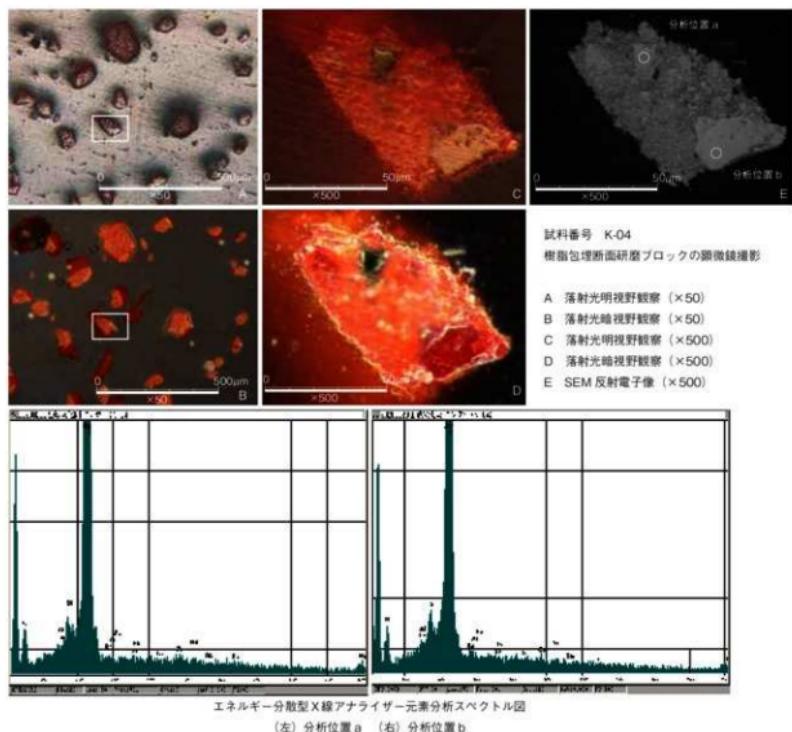
長さ 134 $\mu\text{m}$  の大形粒子の結晶断面を得た。結晶外縁の亀裂は少なく、器面の風化・磨滅は軽微である。画像左上に大きな窪みがある。そこを辰砂微粒子が埋める。結晶中央付近の窪みには、反射電子像で暗色を呈す別の元素の粒子が埋まる。これはスペクトル図にも表れているように、研磨剤のセリウムである。研磨作業中にこの部分が空洞であったために生じた現象である。あまり磨滅することなく、器面の凹凸が維持された状態で集落に搬入されたことを示す。

試料番号 B-042 (原中村遺跡 SR02 574 鉢)

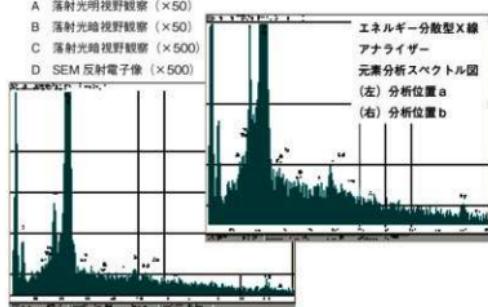
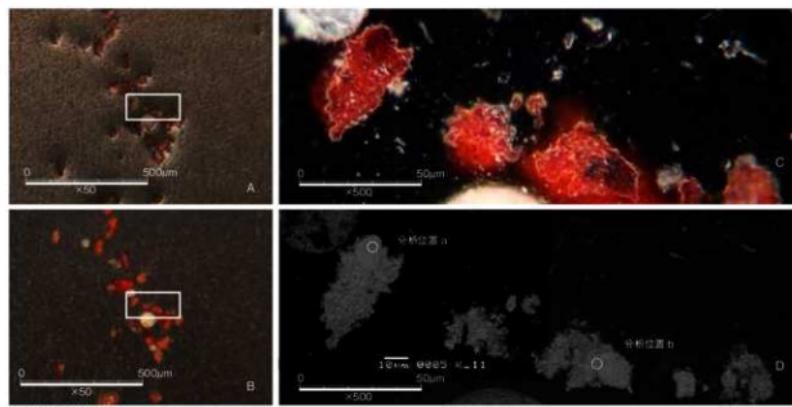
長さ 80 $\mu\text{m}$  以上の不整楕円形の大形粒子の結晶断面である。結晶外縁に亀裂・風化がみられ、角が取れて亜円錐状を呈す。元素分析は両結晶とも辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示し、そのほかの随伴鉱物を示す元素のピークは認められなかった。

試料番号 B-076 (永井遺跡 河川跡 磨石 石 1103 \*縄文時代後期)

長さ約 50 $\mu\text{m}$  の大形粒子の結晶断面である。結晶外縁には劈開面と考えられる平行する直線的な輪郭を認める。元素分析は両結晶とも辰砂を示す水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示し、そのほかの随伴鉱物を示す元素のピークは認められなかった。

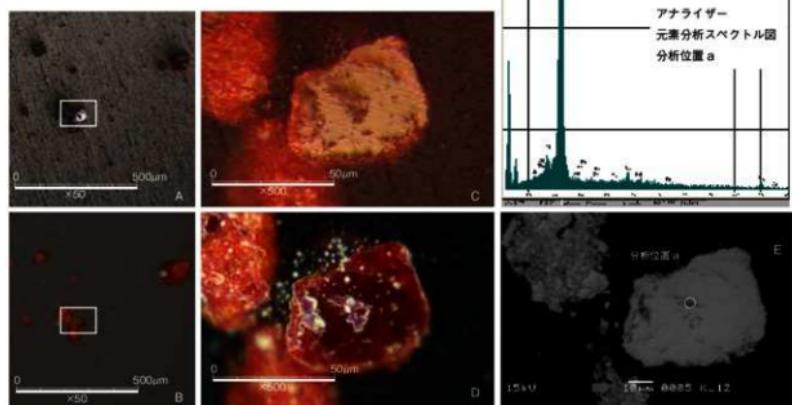


第669図 観察・分析結果8 (試料番号 K-04・K-08)

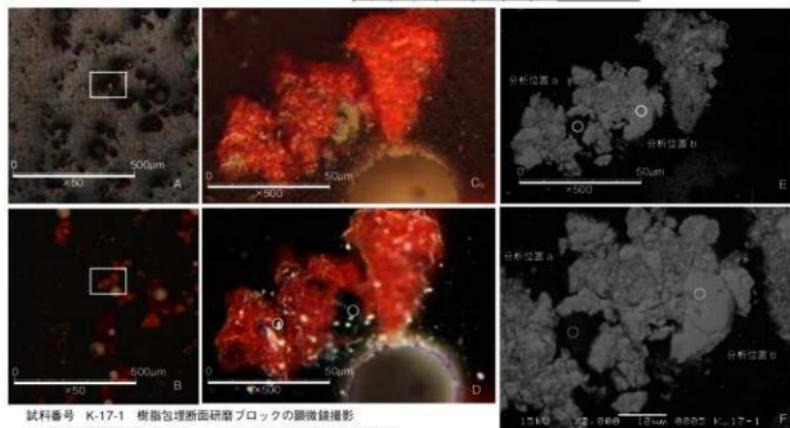
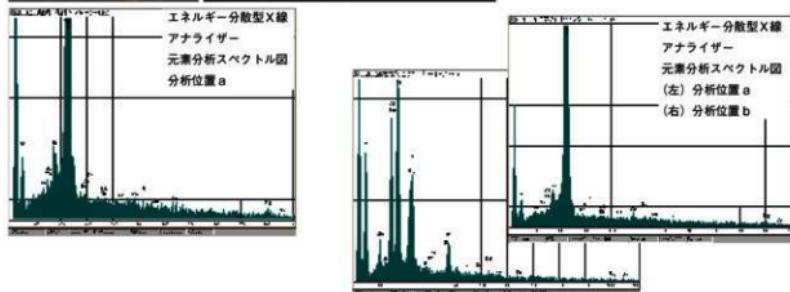
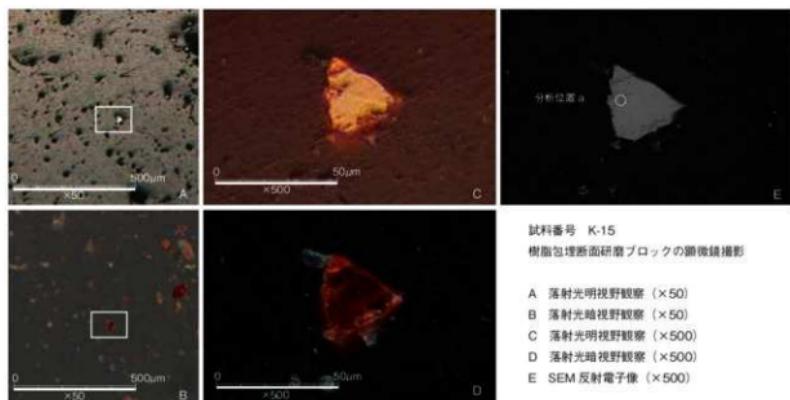


試料番号 K-12

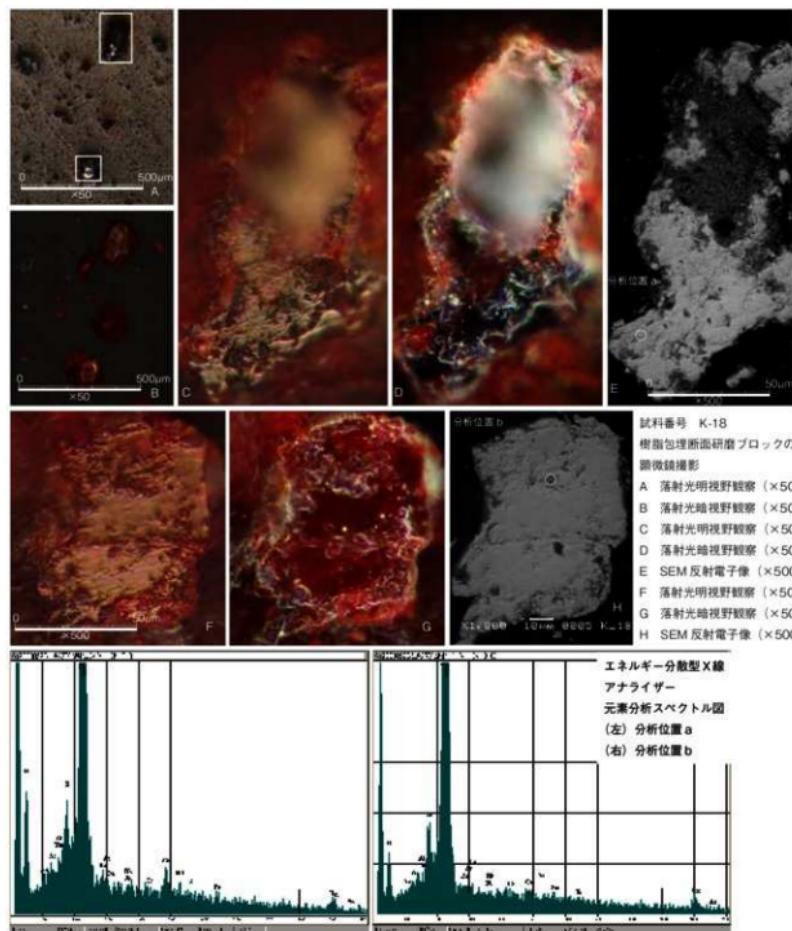
- 樹脂包埋断面研磨ブロックの顕微鏡撮影
- A 落射光明視野観察 ( $\times 50$ )  
 B 落射光暗視野観察 ( $\times 50$ )  
 C 落射光明視野観察 ( $\times 500$ )  
 D 落射光暗視野観察 ( $\times 500$ )  
 E SEM 反射電子像 ( $\times 500$ )



第 670 図 觀察・分析結果 9 (試料番号 K-11・K-12)



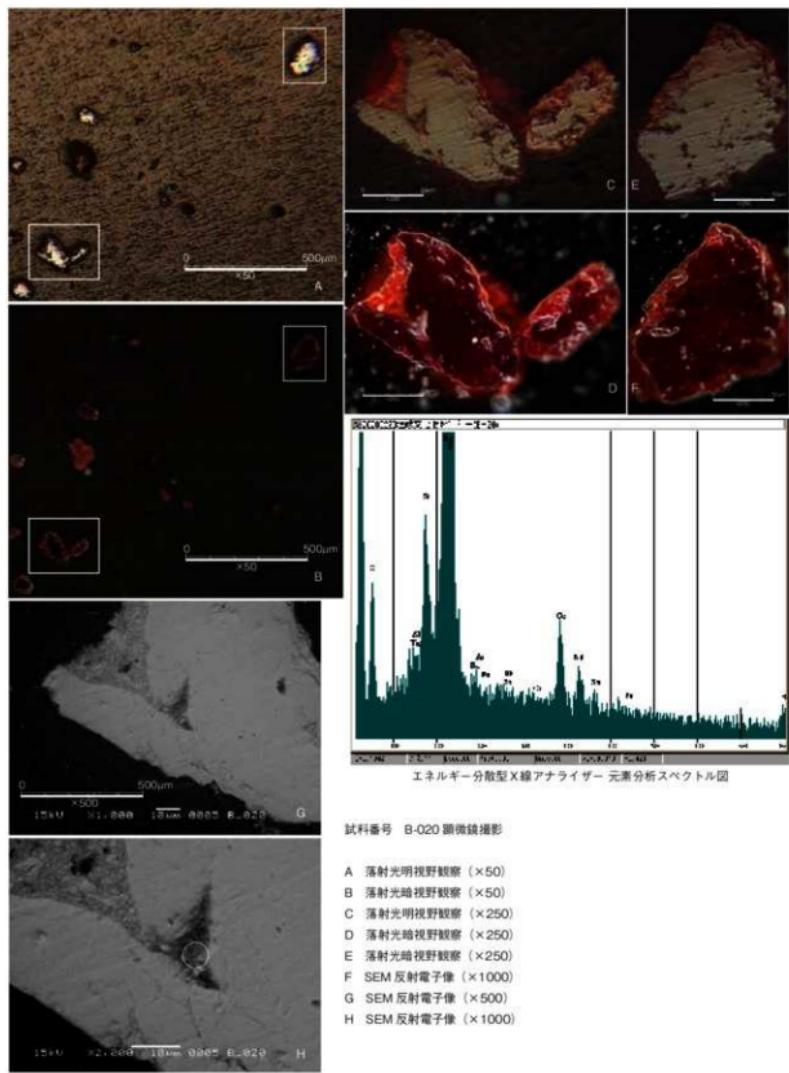
第671図 観察・分析結果10 (試料番号 K-15・K-17-1)



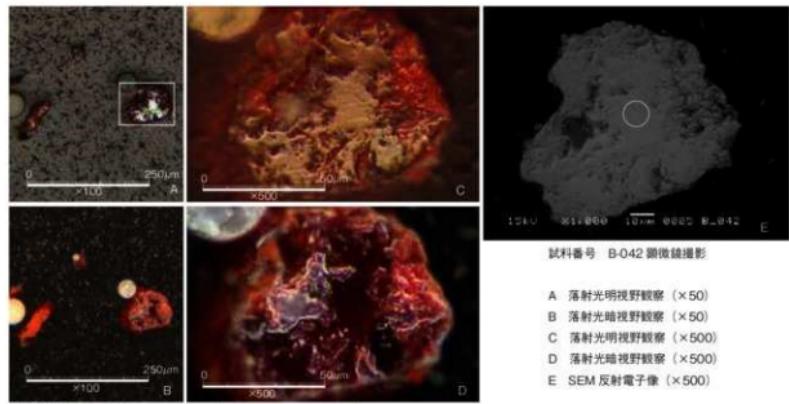
第 672 図 觀察・分析結果 11 (試料番号 K-18)

試料番号 B-079 (加藤遺跡 包含層 KSKI-1-0502)

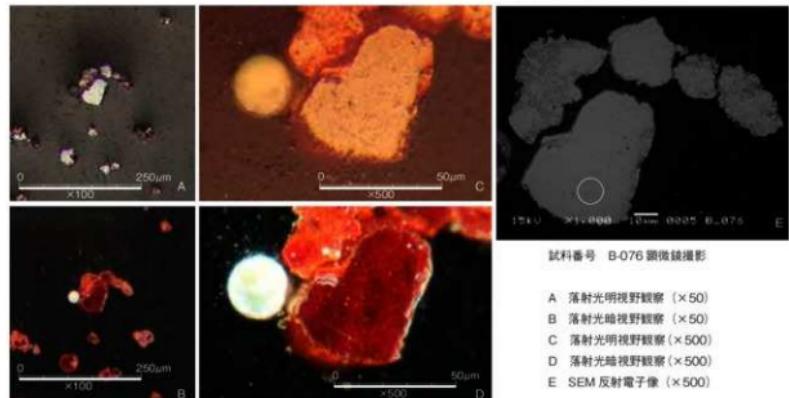
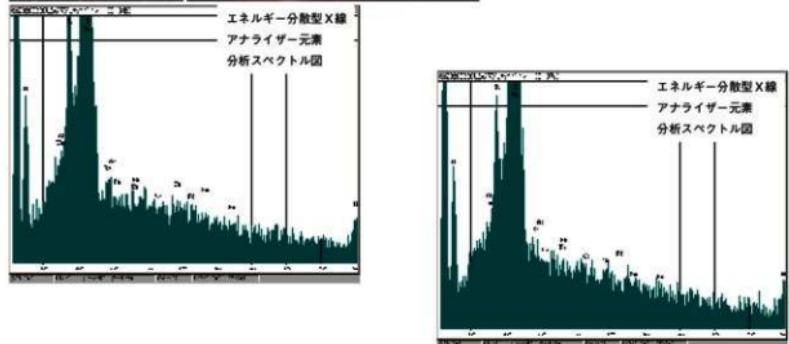
長さ 10 ~ 20  $\mu\text{m}$  の大形粒子に微粒子が付着する凝聚体である。大形粒子には分析位置 b のように赤い発色の結晶が多いが、分析位置 a・c のように黒色を呈す粒子が含まれる。反射電子像ではいずれの分析位置も白く強い反応を示し、スペクトル図でもいずれの分析位置も水銀 (Hg) と硫黄 (S) が圧倒的な強度を示すことから、どちらも辰砂と判断できる。このうち黒色を呈す粒子は「黒辰砂と推定される粒子」だが、詳細は結晶構造の分析により等軸晶系であることを確認する必要がある。



第 673 図 観察・分析結果 12 (試料番号 B-020)

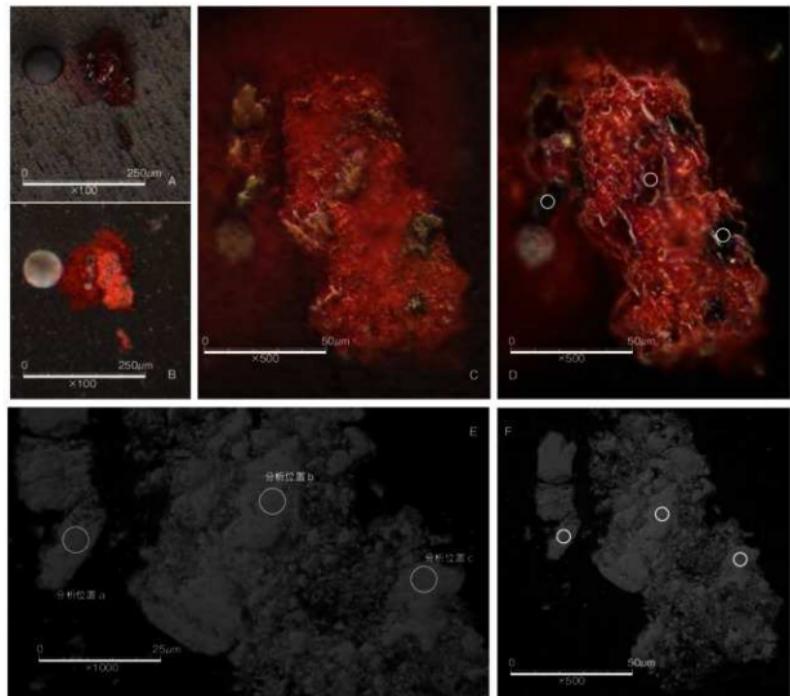


- A 落射光明視野観察 ( $\times 50$ )
- B 落射光暗視野観察 ( $\times 50$ )
- C 落射光明視野観察 ( $\times 500$ )
- D 落射光暗視野観察 ( $\times 500$ )
- E SEM 反射電子像 ( $\times 500$ )

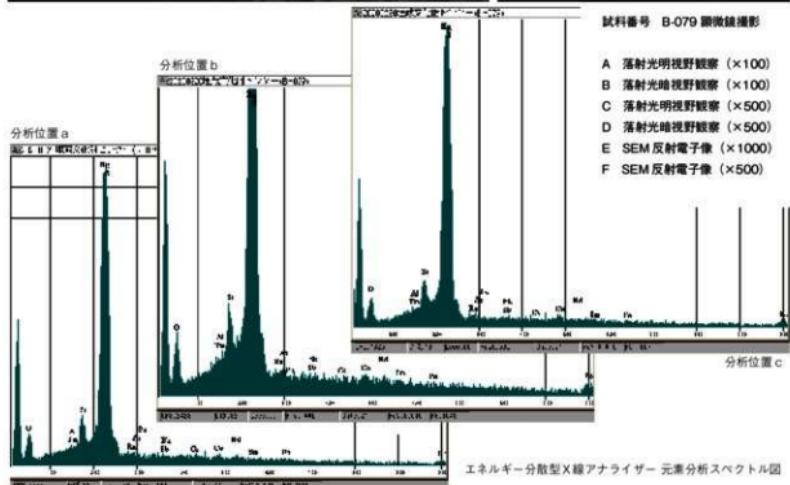


- A 落射光明視野観察 ( $\times 50$ )
- B 落射光暗視野観察 ( $\times 50$ )
- C 落射光明視野観察 ( $\times 500$ )
- D 落射光暗視野観察 ( $\times 500$ )
- E SEM 反射電子像 ( $\times 500$ )

第 674 図 観察・分析結果 13 (試料番号 B-042・B-076)



試料番号 B-079 腹微鏡撮影



第675図 觀察・分析結果14（試料番号B-079）

#### 4. 解析

当初の目的である辰砂の共生（伴隨）鉱物は検出できなかった。しかし、大形粒子の断面観察では、結晶外縁の風化を示す亀裂の痕跡や亞円礫状の磨滅などの詳細な形状を確認することができた。また、凝集体内部の断面構造の観察や、「黒辰砂と推定される」黒色の辰砂粒子が確認できた。

大形の結晶断面を得られたものは、旧練兵場遺跡で 4 点、上天神遺跡で 3 点、県内他遺跡で 3 点ある。その内訳と外縁の特徴から判断した風化・磨滅度の所見を第 64 表に示した。大形粒子の長さは 30 ~ 130 μm の範囲にあり、風化・磨滅度と長さには特に強い関係性は認められない。旧練兵場遺跡試料番号 054 の辰砂鉱石から離脱した小片は、当然ながら風化面は認められないが、径が約 1.6 cm に復元できる親の鉱石（分析番号 54 - 報告書番号本書の S88）外縁には風化・磨滅がある。今回の分析で最も大きな単独大形粒子である分析番号 B-20 川津東山田遺跡の試料は長さが 134 μm と大形でありながら外縁部は未風化である。したがって集落でさらに大きなサイズから分離した大形粒子といえる。

凝集体の断面では 20 μm 以下の辰砂大形粒子が微粒子の付着で凝集体に取り込まれる様子が窺えた。また、上天神遺跡の凝集試料 4 点のうち 3 点、さらに加藤遺跡試料 1 点に「黒辰砂と推定される粒子」が含まれていた。旧練兵場遺跡では本断面研磨試料には黒色の辰砂粒子は含まれていないが、粒度分析用プレパラート 2 点（分析番号 7 と 66）に「黒辰砂と推定される粒子」がある（第 545・583 図）。

等軸晶系の黒辰砂（metacinnabar）は六方晶系の辰砂（Cinnabar）の同質異像相で、345°C で辰砂から黒辰砂に転移する（加藤 2018）。热水鉱脈形成時に高温化した際に形成されたもので、伊勢水銀鉱床の丹生鉱山ではその産出が良く知られている。三重県森添遺跡における绳文時代後期の試料で確認された黒色の辰砂（志賀 2011c）はその可能性があるが、晶系の確認は取れていない。弥生時代前期末の拾六町ツイジ遺跡及び四箇遺跡で出土した漆塗木製腕輪の赤漆層中の辰砂粒子に黒色の辰砂の共存が報告され（岡田 1995）、また阿波水銀鉱床の若杉山遺跡でも 2 本の水銀鉱脈のうち 1 本に赤黒い辰砂が集中することなど、形成時の热水温度の違いによって生成した黑色化の可能性も指摘される（石田・安間 2019）など、国内原産地においても多くの産地に産出する可能性がある。本分析では上天神遺跡試料に黒色の辰砂粒子の検出が多い点は、後掲の硫黄同位体比分析の数値のまとめるとあわせて、上天神遺跡の辰砂が他試料と差別化できる属性の一つと考えた。今後の辰砂原産地における調査で、そのような「黒辰砂と推定される粒子」の在り方も産地推定の鍵となることが期待される。

第 64 表 観察・分析結果一覧表

分析番号	遺跡名	恐様	共生鉱物	断面状態（結晶長）	風化・磨滅	備考
001	旧練兵場遺跡	鉢		凝集	-	
016		把手付広片口皿		結晶 (70μm)	弱	
024		把手付広片口皿		結晶 (100μm)	強	
047		高杯		凝集	-	
054		鉱石		結晶	未風化	辰砂結晶片
064		鉢		凝集	-	
066		把手付広片口皿		結晶 (60μm)	強	
K-4	上天神遺跡	鉢		凝集	-	黒色の辰砂粒子
K-8		把手付広片口皿		凝集	-	
K-11		把手付広片口皿		凝集	-	黒色の辰砂粒子
K-12		把手付広片口皿		結晶 (63μm)	弱	
K-15		把手付広片口皿		結晶 (32μm)	未風化	
K-17-I		把手付広片口皿		凝集	-	黒色の辰砂粒子
K-18		把手付広片口皿		結晶 (100μm)	弱	黒色の辰砂粒子
B-020	川津東山田遺跡	把手付広片口皿		結晶 (134μm)	未風化	
B-042	原中村遺跡	鉢		結晶 (80μm)	弱	
B-076	水井遺跡	鷹石		結晶 (50μm)	弱	※複文後期
B-079	加藤遺跡	鉢		凝集	-	黒色の辰砂粒子

## 第10項 辰砂鉱石（結晶片）に随伴する鉱物の調査

森下英治（香川県埋蔵文化財センター）

武智泰史（倉敷市立自然史博物館）

## 1. はじめに

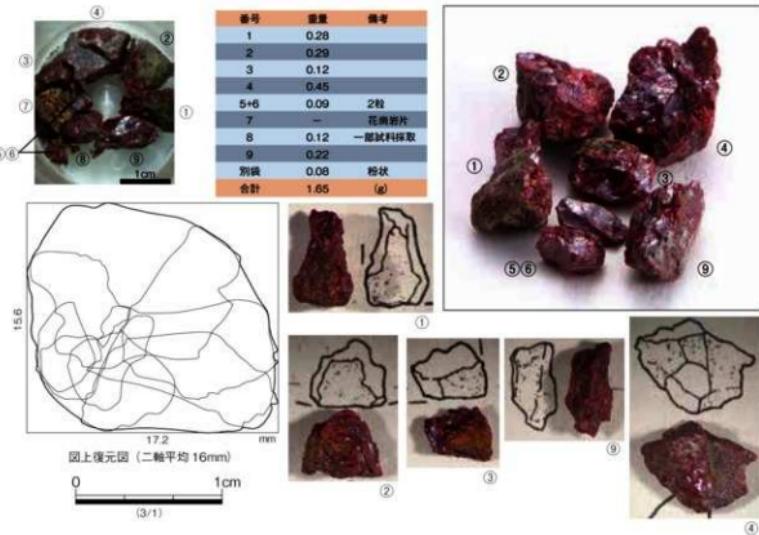
旧練兵場遺跡第26次調査2A区SH2153では、直径約1.6cmに復元できる大形辰砂鉱石（結晶片）が出土した（報文番号S88・分析番号054）。ここでは辰砂鉱石の外形観察の結果と、そこで確認した随伴鉱物についてのSEM/EDS（電子顕微鏡付属エネルギー分散型X線マイクロアナライザ）分析結果及び随伴鉱物部分のX線回折分析結果を報告する。

なお、分析機器はSEM/EDSについては香川県産業技術センターの低温低真空対応走査電子顕微鏡（元素分析付）（㈱日立製 SU3500/Octane Elect）を、X線回折については同センターの微小・薄膜対応型X線回折装置（㈱スペクトリス製 EMPYREAN）を借用した。

## 2. 外形観察

鉱石は、出土時は表面が風化面に覆われた1個体の鉱石であったが、整理時の初期の取り扱いの不手際により破断・分割し、現状では8片に分かれている。第676図左上の写真は分割直後にフィルムケースに収納して撮影したもので、接合箇所がある程度読み取れる。

各破片を図化し大まかな接合状態を図上で想定して法量を推定すると直径約1.6cmとなる。別袋で保管する粉状の粒子片を含めた総重量は1.65gである。



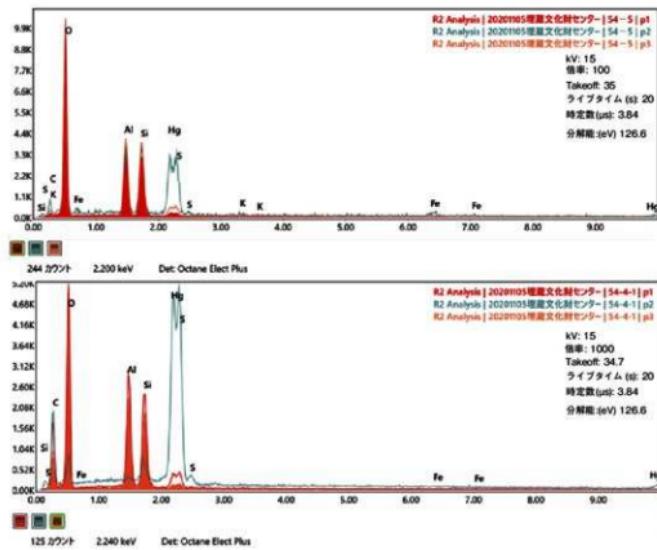
第676図 辰砂鉱石（結晶片）報文番号S88の外観

破断面は光沢をもつ劈開面や剥離面で、稜線は当然鉢に残るが、元の表面は明らかに稜線が磨滅し器面も不規則な凹凸がある。実測図では磨滅する元の器面を自然面風に表現した。①③はやや薄身の本体で、表裏磨滅面が残る。②は磨滅面がほぼ直角の角を残す。④は破片中央の磨滅面に大きな段があり、図の右は薄く左は厚みがある。⑨は薄身で側縁が特に磨滅する。これらの形状から、劈開に沿って一部が剥離した不定形で大形の辰砂鉱石と判断できる。

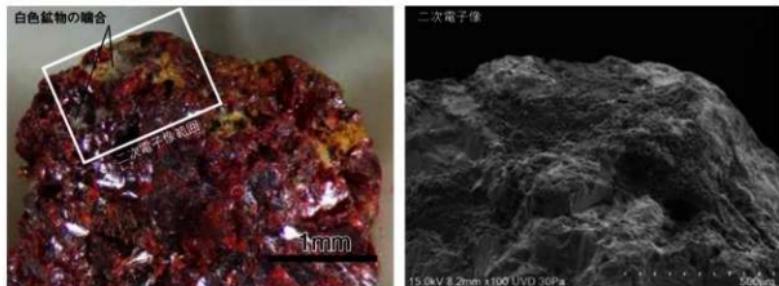
このうち破片①の一部に白色を呈する鉱物が噛合っていることが判明した。これは前項で説明した断面研磨試料の分析を試みるために九州国立博物館を訪れた際、同館の志賀智史氏により見いだされたものである。第 678 図左に示したように辰砂表面の凹凸に白色鉱物が噛合し、表面に付着した遺跡の土壤などとは容易に区別できる。同図右には電子顕微鏡による二次電子像を並べて示した。左の拡大写真で白色を呈す鉱物は、凹凸が良くわかる右の二次電子像では辰砂との間に大きな段差ではなく、辰砂と一緒に化した状態が示されている。このことから白色鉱物は辰砂の生成時に関与した鉱物、恐らく母岩の一部に存在していたか、辰砂とともに生成した随伴鉱物と推察した。

### 3. 辰砂の随伴鉱物の化学分析結果

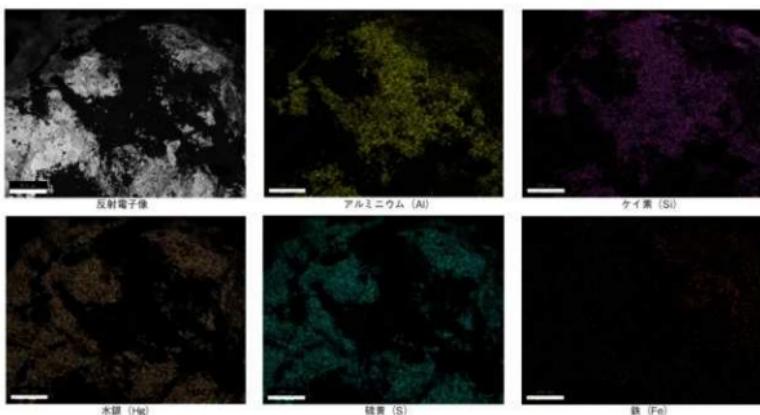
辰砂に伴う上記の白色鉱物につき、EDS で化学分析を行った。その結果、第 677 図のように、O・Al・Si を主成分とし、半定量分析値では、原子比で Al : Si = ほぼ等しいか、Al が Si よりもやや多く、これはアロフェンの組成と符合する(分析は 5 ポイント行い、いずれも同様の結果であった)。微量の K・Fe も検出されたがこれらは土壤物質の白雲母や褐鉄鉱の混入によるものと推定される。Hg・S は近接する辰砂によるもので、この辰砂は Seなどを含まない HgS の理想組成のものと思われる。C は分析試料の炭素蒸着膜等によるものである。



第 677 図 辰砂鉱石 (結晶片) 破片①の白色鉱物の EDS による定性分析結果



第678図 辰砂鉱石（結晶片）破片①の随伴鉱物部分拡大写真及び二次電子像

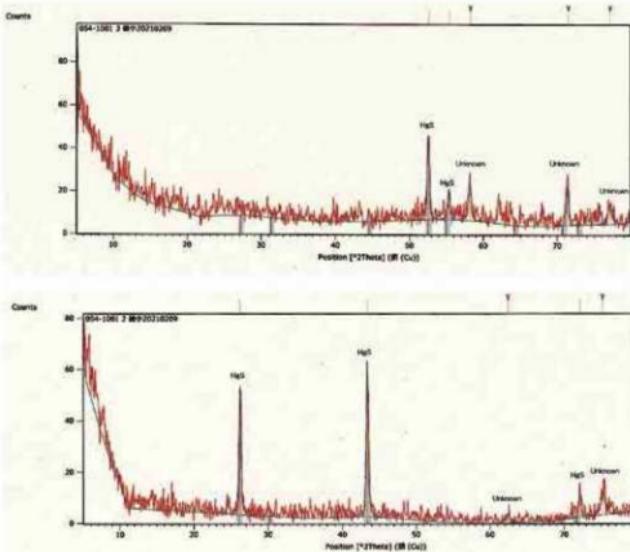


第679図 随伴鉱物部分の反射電子像と Al・Si・Hg・S・Fe のX線像

なお、白色鉱物を含む部分の試料の二次電子像を第678図右、反射電子像と Al・Si・Hg・S・Fe の X 線像を第679図に示した。二次電子像では白色鉱物は微粒子集合体で、個々の粒子は結晶外形を示さず不定形であった。また Fe の X 線像では Fe の分布はおおむね均一なので土壤の褐鐵鉄による試料の汚染があることが考えられる。

#### 4. 辰砂の随伴鉱物の X 線回折結果

辰砂に伴う上記の白色鉱物部分につき、CuK  $\alpha$  (= 1.5418 Å) による微小部 X 線回折を行った（第680図）。その結果、白色鉱物に隣接する辰砂の回折ビーク、及び同定不能の数本の回折ビークがみられたのみで、自然界の産出状態での辰砂にしばしば随伴する石英、ドロマイト、方解石、黄鉄鉄などの回折ビークは認められなかった。また、X 線の照射方向を 90° 変えた回折データ（同図下段）では辰砂



同じ場所で X 線の照射方向を  $90^{\circ}$  変えて回折したもの。  
HgS は辰砂、Unknown は同定不能のビーカ。

第 680 図 隨伴鉱物部分の微小部 X 線回折チャート ( $\text{CuK} \alpha = 1.5418 \text{ \AA}$ )

の回折ビーカは相対強度が著しく変化しており、この辰砂は肉眼観察どおり、かなり粗粒な結晶粒子であることがわかる。また、同定不能のビーカについても、ビーカの変化が著しく、これは何らかの粗粒物質による回折ビーカであると考えられ、二次電子像で観察した微粒子集合体である白色鉱物によるものではないと考えられる。したがって辰砂に随伴する白色鉱物は回折ビーカを示さない非晶質物質と考えられ、EDS での化学分析結果と考えあわせるとアロフェンと思われる。なお、アロフェンは  $2\theta = 20^{\circ} \sim 30^{\circ}$  付近にブロードなバックグラウンド様の盛り上がりの回折パターンを示すことがあるが、今回は試料が微量だったため観測されなかったものと考えられる。

このアロフェンと考えられる白色の隨伴鉱物は、外觀上はカオリン鉱物などの粘土鉱物に似ているが、今回の X 線回折では粘土鉱物特有の低角度側の回折ビーカは認められなかつた。

## 5.まとめ

旧練兵場遺跡第 26 次調査 2 A 区 SH2153 で出土した辰砂鉱石（結晶片）報文番号 S88 の表面に認められた白色の隨伴鉱物につき、外觀観察、EDS での化学分析、微小部 X 線回折を行ったところ、アロフェンと考えられた。

外觀観察では現状で 8 片に分かれる鉱石破片を図上で復元し、直径約 1.6cm、重量 1.65g で周縁が摩耗した大形の辰砂鉱石を推定した。ほかに同様の辰砂鉱石は福岡県三雲遺跡や比恵遺跡など旧伊都国、

旧奴国を中心域にある遺跡等5遺跡8例が知られ、大きさは長径4mmから10数mm、重量では0.13～3.8gの範囲にある。本例は今のところ国内でも大形の辰砂鉱石といえる。

西日本の主要辰砂産地のうち阿波水銀鉱床の若杉山遺跡「石灰岩露頭部」発掘土壌から回収された辰砂粒子は1mm未満の粒子（石田・安間2019）、伊勢水銀鉱床に近接する森添遺跡出土の辰砂粒子も最大で1.4mm（志賀2011c）である。このように近隣の国内鉱山の辰砂粒子と上記集落遺跡出土の辰砂鉱石との大きさの違いは顕著である<sup>(1)</sup>。

今回、EDSでの化学分析及び微小部X線回折により見いだされたアロフェンはごく低温の热水鉱床に出現する外、土壤生成物として生成する場合もあり、その生成過程の区別は容易ではない。一方、中国大陸では紀元前後より辰砂の合成が行われたことが知られており<sup>(2)</sup>、陶器等を使用する辰砂合成では陶器に含まれる各種物質が合成過程で辰砂に取り込まれることがあり得る。また、日本画顔料（岩絵具）では、焼辰砂といって辰砂を焼いて色調を暗色系（紫色）に調整したものがあり、被熱により色調に影響が生じる可能性もある。このように見ると、今回のアロフェンは辰砂合成あるいはその他の人工的な作業の過程で随伴した物質である可能性も考えておく必要があろう。

今回のように辰砂に隨伴する微小な物質を分析・調査する試みは、辰砂の产地推定、あるいは製造・使用過程を知る上で重要な材料である。

なお、辰砂の隨伴鉱物として方解石（石灰岩）などの炭酸塩鉱物が主である場合（例：徳島県阿南市水井鉱山など）は、それは地下水が循環するような土中では比較的短期間でも溶失するので、からずしも埋没時の辰砂の隨伴鉱物が出土時に残っているとは限らない。また、土中しているときに土の成分（Al, Siなど）が新たに辰砂の隙間にアロフェンやイモゴライトなどとして沈着し、それが辰砂の隨伴鉱物と間違われる可能性も多分にある。本例は摩滅する外形面にアロフェン付着がないことを確認しており、結晶内部に存在する隨伴鉱物としてのアロフェンと判断できる。また、辰砂鉱石と辰砂の隨伴鉱物による产地同定は、試料の肉眼観察や二次電子像の観察などを加えつつ慎重に行わなくてはならない。

本稿は試料の外形観察及び分析を森下が行った結果をもとに、1・2を森下が3・4を武智が執筆し、5は両者協議し成文したものである。

## 注

(1) 若杉山遺跡の坑道付近で採集された「石灰岩を母岩とする累被縞状構造を構成する辰砂热水脈鉱石（徳島県立博物館標本）」には長軸約4mmの辰砂巨晶が母岩に貼りついており（石田・安間2019）、同博物館においてX線撮影画像でそれを確認した。また、東京大学総合研究博物館鉱物データベースでは現在三菱マテリアル株式会社の所蔵である和田維四郎の収集した鉱物標本が紹介されており、水井鉱山で採取された母岩より分離した粗い結晶を伴う3.5cm大の辰砂塊を画面上で確認できる。このように、現在と過去では産出した辰砂の結晶粒度が異なる場合もあり、結晶粒度だけで辰砂の由来を評価することは慎重にしなければならない。

(2) 前漢末の帝王劉氏の一族である劉向（B.C.77～B.C.6）の晩年の著と推定される『列仙伝』や呉の葛洪（284～363）が317年に完成させた道教の教書『抱朴子』などがある。また、劉向が鍊金術に取り付かれたことが『漢書』劉向伝に記録されている（福永1987）。

### 謝辞

随伴鉱物の検出や分析方法は九州国立博物館志賀智史氏にご教示いただいた。辰砂鉱石の類例調査や文献収集においては、九州国立博物館名誉会員本田光子氏、福岡市埋蔵文化財センター比佐陽一郎氏、徳島県立博物館植地岳彦氏にご指導・ご協力いただいた。また、香川県産業技術センター研究職員には各種分析機器の操作を丁寧にご教示いただいた。皆様に謹んで感謝申し上げます。

## 第11項 旧練兵場遺跡他出土赤色顔料（朱）の硫黄同位体比分析

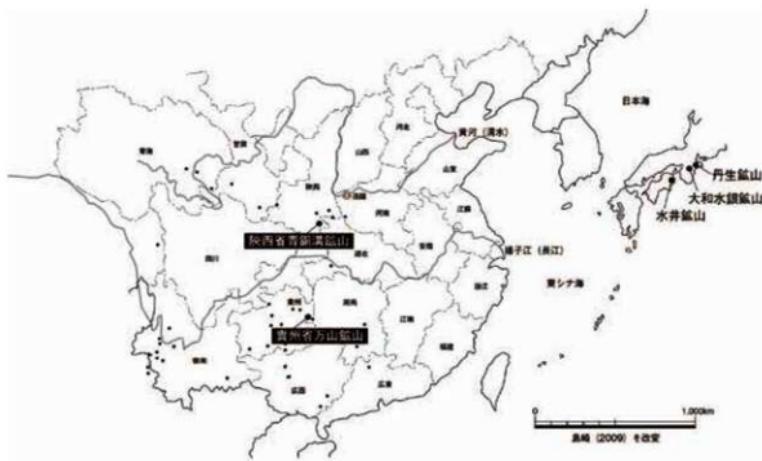
南 武志（近畿大学）、高橋和也（理化学研究所）

## (1) 緒言

赤色無機金属化合物には、朱（水銀朱：硫化水銀）、ベンガラ（酸化第二鉄）、および鉛丹（四三酸化鉛）が古来より知られ、このうち古墳時代以前の日本では朱とベンガラが主に用いられた。朱は、辰砂鉱山から採取した鉱石を細かく碎き、赤色部分を集めてさらに微粉末化したものであり、一方ベンガラは鉄を含む鉱石を粉碎し、あるいは焼成して得られる。ベンガラは旧石器時代の北海道ですでに使用されていた（長沼, 1998）。また、縄文時代に入っても土器の彩色に用いられていた。これに対し朱は、縄文時代中期以降から土器の彩色に用いられ（成瀬, 1998）、弥生時代になると西日本各地の多くの遺跡で朱彩色土器が観察される。さらに、弥生時代中期の主に北部九州地方で墳墓内に朱を散布あるいは塗布する風習が広まり、古墳時代になると日本各地の墳墓内に朱が用いられた。しかも、弥生時代後期から古墳時代黎明期にかけて、西日本各地の有力者の墳墓で多量の朱が用いられていた。朱を葬送儀式に用いるという風習は古代中国に由来するものであり、朱も風習とともに日本にもたらされたと思われる。しかし、多量の朱を1つの墳墓内に散布するという儀式は古代中国より伝來した儀式（方, 2015）に加え、葬送儀式の参加者に対する権力の誇示の意味合いがあると考える。さらに、墳墓での朱とベンガラの使い分けも観察され（本田, 1995）、黒塚古墳では遺体周辺部に朱が使用され、遺体より遠い部分はベンガラが用いられていた（奥山、今津, 2018）。のことから、当時の人はすでに朱はベンガラより高貴な赤色顔料として認識していたと推察できる。朱の産地について、縄文時代に辰砂鉱山が日本国内に存在することがすでに知られていたことから、弥生時代および古墳時代にも中国産だけでなく国産朱が使用された可能性が示唆され、遺跡より出土した朱の産地が推定できれば当時の朱の流通網が解明かされると考える。

日本国内には100箇所を超える辰砂鉱山が存在し（南他, 2008）、中国についても同様である。その中から古代に利用された鉱山を無条件で特定することは難しい。そこで、古墳時代以前に時代を特定し、その時代の人たちが朱を採取したであろう鉱山として次の条件にあてはまる鉱山を探した。すなわち、(1) 鉱山周辺に遺跡や発掘跡が存在する。(2) 古文書などに記録が存在する。(3) 多量の辰砂の埋蔵が確認されている。(4) 地表付近に辰砂鉱石が存在する。その結果、国内では三重県丹生鉱山、奈良県大和水銀鉱山、徳島県水井鉱山が、中国では貴州省万山鉱山と陝西省青銅溝鉱山がリストアップされた（第681図）。次に産地推定方法の開発である。蛍光X線やICPを用いた微量元素分析、走査電子顕微鏡を用いた粒子径の観察とEPMAを用いた元素分布解析などの方法を試したが、いずれも産地推定法として用いるには難しいと判断し、同位体比分析法を試みることにした。朱は硫黄と水銀の無機化合物であり、硫黄も水銀も安定同位元素を有する。水銀安定同位元素の測定について、本研究を開始したとき測定できる施設が見つからなかった（その後、国内で水銀同位体比分析を行える施設の存在が判明した）。一方、硫黄の同位体比分析はすでに報告があったことから、朱の硫黄同位体比分析を試みることにした。硫黄は、<sup>32</sup>S, <sup>33</sup>S, <sup>34</sup>S, <sup>36</sup>Sの4つの安定同位元素を自然界に有し、その存在割合は95.02%, 0.75%, 4.21%, 0.02%である。硫黄同位体比分析は、<sup>34</sup>Sに対する<sup>32</sup>Sの割合を標準物質であるキャニオン・ディアプロ隕石の同位体比と比較して $\delta^{34}\text{S}$ %値で表す方法である。自然界の硫黄同位体は、酸化還元作用や生物

への取り込みや代謝などの生物学的現象に加えて、蒸発や拡散などの物理学的現象によってその割合が変動する。これを同位体分別効果と呼ぶ。西日本各地の硫黄含有鉱物の硫黄同位体比を調べたところ、同位体比は鉱物ごとではなく地域ごとに異なる (Ishihara et al. 2000)。また、辰砂鉱石を探掘し、朱を生成するまでの段階で化学的処理を経ていたなら、同位体分別が生じている可能性がある。しかし、遺跡で用いられた朱は化学的処理を経ておらず、鉱石を粉碎して赤色部分を集め、再粉化を繰り返して得られたものを使用したと考えられることから、同位体分別は生じていないと考えられる。すなわち、遺跡出土朱の硫黄同位体比は元の辰砂鉱山鉱石の硫黄同位体比を反映すると推定した。そこで上記 5 箇所の鉱山鉱石の硫黄同位体比を測定したところ、中国産と日本産では明らかな  $\delta$  値の違いが認められ、日本産の中でも丹生鉱山産は大和水銀鉱山産および水井鉱山産と異なる  $\delta$  値を示した。このことから、遺跡出土朱の产地推定に硫黄同位体比分析が有効と判断した (Minami et al. 2005; 南他, 2009)。その結果、中国産朱は弥生時代後期の北部九州をはじめとする日本海沿岸の有力者の墳墓に用いられ、瀬戸内地域では徳島県にも中国産朱の使用が推定される墳墓が存在した。このように、硫黄同位体比分析が朱の产地推定に有益な手法であることから、今回縄文時代後期から古墳時代前期の香川県の遺跡から出土した遺物付着朱について硫黄同位体比分析を行い、朱の产地推定を試みた。特に、弥生時代後期前半古段階の上天神遺跡と、弥生時代後期初頭から終末期古段階までの遺物が発掘された旧練兵場遺跡は、多数の朱付着遺物が残っていた。これらの朱について中国産か日本産か、また日本産ならどこかなどを知ることは、朱の产地から考える香川県の遺跡の役割を解明する上で重要と考える。



第 681 図 東アジア水銀鉱脈分布図

## (2) 硫黄同位体比分析を行った遺跡と出土した遺物について

## 1) 地理的環境

香川県内で確認された17の遺跡から出土した遺物に付着する朱の硫黄同位体比分析を行った。その遺跡の所在地を第682図に示す。西から現在の市町所在地で分けると、旧練兵場遺跡(1)、永井遺跡おより瀧川五条遺跡(4)は善通寺市に、平池南遺跡(3)は丸亀市に、川津一ノ又遺跡(5)、川津東山田遺跡(6)および綾川河床遺跡(7)は坂出市に、上天神遺跡(8)、太田下須川遺跡(9)、林坊城遺跡(10)、空港跡地遺跡(11)、高松市茶臼山古墳(12)、船岡山1号墳(13)および原中村遺跡(14)は高松市に、森広遺跡(15)と加藤遺跡(16)はさぬき市に、桶端墳丘墓(17)は東かがわ市に位置する。注:( )内の数字は第682図の地図に記載の数字を示す。

地域で分けると、丸亀平野北西地域に旧練兵場遺跡(1)、永井遺跡(2)、平池南遺跡(3)および瀧川五条遺跡(4)が、丸亀平野川津地域に川津一ノ又遺跡(5)と川津東山田遺跡(6)が、丸亀平野綾川地域に綾川河床遺跡(7)が、高松平野中央部に上天神遺跡(8)、太田下須川遺跡(9)、林坊城遺跡(10)、空港跡地遺跡(11)、高松市茶臼山古墳(12)および船岡山1号墳(13)が、高松平野北東部に原中村遺跡(14)が、高松平野東部に森広遺跡(15)と加藤遺跡(16)が、大内平野に桶端墳丘墓(17)が位置する。注:( )内の数字は第682図の地図に記載の数字を示す。



第682図 硫黄同位体比分析対象辰砂試料分布図

## 2) 時代的環境

上記17遺跡を古い時代から順に並べると、永井遺跡(2)は縄文時代後期中葉、瀧川五条遺跡I(4)は弥生時代中期後半、平池南遺跡(3)は弥生時代中期後半新段階、加藤遺跡(16)は弥生時代後期、上天神遺跡(8)と太田下須川遺跡(9)は弥生時代後期前半古段階、川津一ノ又遺跡(15)は弥生時代後期後半、川津東山田遺跡I(6)は弥生時代後期後半古段階、林坊城遺跡(10)は弥生時代後期後半古相、川津一ノ又遺跡I(5)、川津一ノ又遺跡II(5)、川津一ノ又遺跡河川改修(5)、空港跡地遺跡I(11)および桶端墳丘墓(17)は弥生時代後期後半新段階、綾川河床遺跡(7)は弥生時代終末期、川津一ノ又遺

跡 II (5) と原中村遺跡 (14) は弥生時代終末期古段階、船岡山 1 号墳 (13) は古墳時代前期前葉、高松市茶臼山古墳 (12) は古墳時代前期中葉と推定される。また、旧練兵場遺跡 (1) は弥生時代後期初頭から終末期古段階に発掘された遺物を測定対象とした。注：( ) 内の数字は第 682 図の地図に記載の数字を示す。

### (3) 硫黄同位体比分析方法

#### 1) はじめに

朱は硫酸水銀 (II) と表される硫黄と水銀の無機化合物である。朱を構成する硫黄について  $^{34}\text{S}$  と  $^{32}\text{S}$  の存在割合を第 683 図に示す計算式から硫黄同位体比を算出する。標準物質に比べ測定試料に  $^{32}\text{S}$  含量が多い場合はマイナスの  $\delta$  値を示し、 $^{34}\text{S}$  含量が多い場合はプラスの  $\delta$  値を示す。

近畿地方周辺には三重県丹生鉱山、奈良県大和水銀鉱山、

大阪府千早鉱山、和歌山県和佐鉱山が存在する。中国地方には岡山県和気鉱山が、四国地方には徳島県水井鉱山、高知県穴内鉱山、愛媛県日吉鉱山・双葉鉱山・丸野鉱山が古くから知られ、九州では大分県大分水銀鉱山・別府鉱山、長崎県波佐見鉱山、鹿児島県大口鉱山が知られている (南他, 2008)。弥生時代と古墳時代に朱を採取したと思われる代表的な辰砂鉱山鉱石の硫黄同位体比を調べたところ、三重県丹生鉱山産鉱石で  $-7.3 \pm 1.9\%$ 、奈良県大和水銀鉱山鉱石で  $-2.1 \pm 1.6\%$ 、徳島県水井鉱山鉱石で  $4.2 \pm 4.1\%$  であった。さらに中国貴州省万山鉱山鉱石は  $+22.6 \pm 3.6\%$ 、陝西省青銅溝鉱山鉱石は  $+105 \pm 0.1\%$  であった。これらの結果を参考に、香川県の遺跡より出土した朱の硫黄同位体比を測定し、その产地推定を試みた。

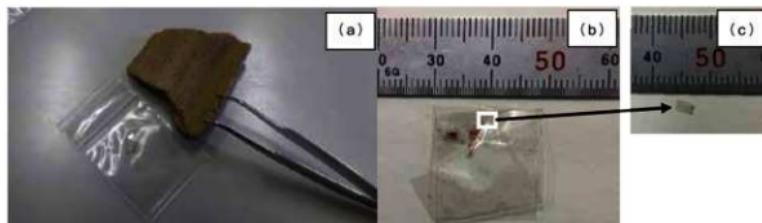
#### 2) 試料調整方法

貴重な出土遺物に付着している朱が分析対象資料であり、遺物を傷つけずにサンプリングして分析する超微量硫黄同位体比分析法の開発に成功した (Takahashi et al., 2018; Minami et al., 2019)。すわなら、硫黄を含まない粘着テープ (ポリエステル粘着テープ No.31B, 日東電工 (株)) を遺物付着朱部分に軽く押しあてる。テープに付着した朱をテープの粘着部分を内側に二つ折りにし、サンプルとした。

第 684 図は旧練兵場遺跡より出土した土器に付着した朱の採取状況を示す。第 684(a) 図に示す遺物のピンセットの間に朱が付着している。そこに粘着テープを軽く押し当てビニール袋に入れて持ち帰る。

$$\delta^{34}\text{S} (\%) = \left[ \frac{\left[ \frac{^{34}\text{S}}{^{32}\text{S}} \right]_{\text{sample}}}{\left[ \frac{^{34}\text{S}}{^{32}\text{S}} \right]_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000$$

第 683 図 硫黄同位体比の計算式  
standard はキニン・ティアード隕石の硫黄同位体比

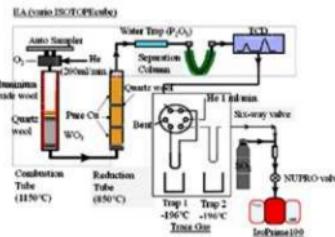


第 684 図 粘着テープを用いた遺物付着朱の採取状況

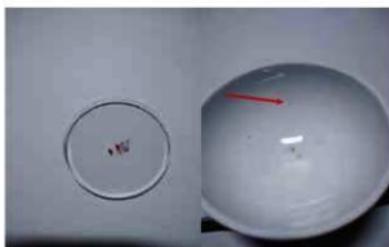
分析時に袋からテープを取り出し(第684(b)図)、朱部分をテープごとハサミで切り取り(第684(c)図)、これをアルミカップに包み、第685図の元素分析装置部分のオートサンプラーに投入する。第685図に示す超微量硫黄同位体比分析装置は、元素分析装置(vario ISOTOPE cube)部分、ガス冷却濃縮装置(IsoPrime Trace gas)部分、同位体分析用質量分析装置(IsoPrime 100)部分から構成されている。オートサンプラーに投入された朱は、元素分析装置内で二酸化硫黄ガスに変化し、同時に発生した水蒸気や二酸化炭素などのガス類と分離され、ガス冷却濃縮装置で濃縮されたのち、ヘリウムガスで一気に同位体分析用質量分析装置に流入され、 $^{34}\text{S}$ と $^{32}\text{S}$ の強度が測定される。本装置の開発の結果、5 μgの朱が装置に供せられれば信頼できる測定が可能となった。5 μgとはどのくらいの量かというと、肉眼で赤色がわずかに認められる量である。このことは、いくつかの産地から朱が集められて混合されたのちに使用されたか、あるいは1つの産地の朱が使用されたか、調べることが可能になったと考える。すなわち、第686(a)図に示すように、遺物より朱塊を採取してシャーレに移し、イオン交換水を加えてスパーテルで軽く押しつぶす。白色丸底磁製蒸発皿にその一部を取り、イオン交換水を取り除いたのちにアセトンを加えて朱を分散させる。分散させた中で第686(b)図に示す矢印部分の1粒の朱に粘着テープを軽く押し当てて採取し、元の朱塊から得た朱と硫黄同位体比を比較する。本法で太田下須川遺跡から採取した朱を比較したところ、複数結晶群の硫黄同位体比は-12.77%であり、1粒の結晶の硫黄同位体比は-8.40%であった。両者の差は4.37%となり異なる産地の朱が混合された可能性が示唆される。このように、多量の朱が用いられた遺跡では産地の異なる朱が混合された可能性が存在し、その解明に超微量硫黄同位体比分析は強力な手段になると考える。

### 3) 香川県の遺跡出土朱の硫黄同位体比分析試料の調整

あらかじめ採取する遺物を選定し、朱の付着状況を実測後に写真撮影したのち、実体顕微鏡下に試料採取部分を定めた。採取前後の試料を顕微鏡写真で撮影し、また採取箇所を実測図に記録した。写真撮影後に先端を湿らせた微細採取具(針・ピンセット等)で対象箇所に触れ、付着した朱粒子を一箇所につき20mgを上限として採取した。付着朱粒子試料を、あらかじめ少量のイオン交換水を入れた白色丸底磁製蒸発皿に移し、固結状態を分散させて40℃で約1分間水分を蒸散させ、アセトン等の溶剤で再度分散を行い、硫黄同位体比分析用試料と粒子観察用試料に区分けした。用いた微細採取具は試料採取ごとに超音波洗浄し、洗浄後に実体顕微鏡下で微細粒の付着がないか点検したのち、次の試料採取を行つ



第685図 超微量硫黄同位体分析  
装置の概略



第686図 1粒の朱の採取方法

た。白色丸底磁製蒸発皿上の試料は、粘着テープを押し当てサンプリングを行った。粘着面を内側に二つ折りしてチャック付ポリ袋に収納し、硫黄同位体比分析用サンプルとして保存した。分析時にテープごと試料をハサミで切り取り、超微量硫黄同位体比分析装置で分析を行った。

なお、朱は水銀硫化物である。常温状態では安定だが試料採取に使用した器具類を洗浄した廃棄水やキムワイプ等の洗浄具、さらに手袋等には微量の朱粒子が残っている。通常ゴミとして廃棄すると環境汚染を生じる懼があるため、香川県産業廃棄物対策課に相談の上、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部策定「水銀廃棄物ガイドライン」（平成 29 年 6 月）に準じて産業廃棄物として処理した。

#### （4）分析の結果

##### 1) 旧練兵場遺跡出土朱の硫黄同位体比分析

旧練兵場遺跡は香川県善通寺市仙遊町を中心とした丸亀平野北西地域に位置する約 45 万 m<sup>2</sup> の大規模遺跡であり、縄文時代晩期から奈良時代までの遺構が出土している。その中でも今回は、弥生時代後期初頭から終末期までの集落跡から赤色顔料の付着が観察された遺物 17 点を集め、赤色顔料がベンガラであった 1 点を除いた残り 16 点の遺物付着朱を硫黄同位体比分析に供した。第 65 表に示す硫黄同位体比分析結果から、4 つのグループに分類する。①大きくマイナスの δ 値 (-8.31‰) を呈した弥生時代後期前半古段階の磨石 1 点である。辰砂鉱山鉱石の硫黄同位体比と比較したところ、三重県丹生鉱山産の可能性が示唆されるが、近年徳島県若杉山遺跡から類似の δ 値を呈する辰砂鉱石が採取されたことから、若杉山遺跡由来の朱が用いられた可能性も考えられる。② -0.92‰ から +0.51‰ を示すグループで、5 点の遺物から採取した朱が該当した。このうち、後期初頭の把手付広片口皿内面に付着した朱は 3 回の測定のうち 2 回がこのグループに該当した。残り 4 点は後期前半中段階の壺内面付着朱、後期後半古段階の鉢内面付着朱とガラス小玉の孔内固結朱、および後期後半新段階の壺あるいは壺底部と推定される遺物内面付着朱であった。辰砂鉱山鉱石の分析結果から、徳島県水井鉱山産の可能性が示唆される。③ +5.53‰ から +8.26‰ を示すグループで、6 点の遺物から採取した朱が該当した。このグループの朱は弥生時代後期初頭から終末期古段階までの遺物に使用されたと考えられる。このうち、後期初頭の把手付広片口皿内面付着朱は 3 回の測定の中で 1 回がこのグループに該当した。また、後期前半中段階から採取された鉱石である辰砂結晶片もこのグループに該当した。朱は中国陝西省産鉱石由来と推定される。④ +14.36‰ から +20.05‰ を示すグループで、6 点の遺物から採取した朱が該当した。いずれも後期前半新段階から終末期古段階の鉢内面と石杵から採取され、中国貴州省産の朱の使用が推定される。

以上の結果から、弥生時代後期初頭から終末期までの旧練兵場遺跡から得られた遺物付着朱の産地を硫黄同位体比分析より検討したところ、弥生時代後期の早い段階に中国陝西省産の朱が旧練兵場遺跡に持ち込まれ、さらに後期前半新段階ころから中国貴州省産の朱が持ち込まれたと思われる。また、同じ時代に徳島県水井鉱山産の朱も持ち込まれたと思われる。①に分類される朱については三重県丹生鉱山産の可能性が高いが、若杉山遺跡からもたらされた朱である可能性も否定できない。いずれの時代の遺物も内面に朱の付着が確認されており、旧練兵場遺跡では朱を各地から集め、精製貯蔵して各地に送り出していた可能性がある。特に、中国産と推定される朱を検出した遺物が長きにわたり多数観察されたことは、特筆すべきと考える。

第65表 旧練兵場遺跡から出土した朱とその硫黄同位体比

調査 次数	報告 番号	遺跡略号	台帳番号	地区名	遺構名	種別	遺物層級時期	器種	付着 部位	硫黄 同位体比 分析結果		赤色顔料 分析番号	硫黄 同位体比 試料番号
										7.38	20_1		
19次	356	NZR	H1239	B区	SH31	弥生土器	弥生時代 後期初期頭	把手付広 片口皿	内面	-0.59	20_2_1	19-002	
										-0.34	20_3	19-003	
26次	S23	NZR5	K0093	1A区	SH1020a (SK1245a)	石器	弥生時代 後期前半古段階	磨石	-	-8.31	61	19-024	
23次	281-16	NZR3	H3420		SH5011	弥生土器	弥生時代 後期前半中段階	把手付広 片口皿	内面	5.53	21	18-043	
26次	634	NZR5	H1416	2A区	SH2010a	弥生土器	弥生時代 後期前半中段階	高环	内面	8.26	47	18-047	
26次	796	NZR5	P1722	2A区	SH2153a	弥生土器	弥生時代 後期前半中段階	壺	内面	0.30	49	18-048	
26次	S88	NZR5	H3069	2A区	SH2153	鉢石	弥生時代 後期前半中段階	辰砂結 晶片	-	7.34	54	18-052	
12次	151	BZR7	K0080		SK12	弥生土器	弥生時代 後期前半新段階	鉢底部	内面	14.36	1	18-039	
37次	1416	NZR11	X0044	5区	SX5002	弥生土器	弥生時代 後期前半新段階	鉢	内面	8.07	42	18-045	
26次	1415	NZR5	H1374	4A区	SH4124a	弥生土器	弥生時代 終末期古段階	鉢	内面	6.97	50	18-049	
										15.18	50_2	19-001	
26次	1591	NZR5	H2150	4A区	SH4289a	弥生土器	弥生時代 後期後半古段階	鉢	内面	-0.62	51	18-050	
26次	T40	NZR5	H1438	4A区	SH4100a	玉	弥生時代 後期後半古段階	ガラス 小玉	孔内附着	-0.92	58	19-023	
28次	1198	NZR7	H0787	7-3区	SH08	弥生土器	弥生時代 後期後半古段階	鉢	内面	14.94	39	18-044	
14次	560	NZRAorB	H0041	V④	SH18	弥生土器	弥生時代 後期後半新段階	鉢	内面	20.05	2	18-040	
26次	439	NZR5	H0810	1B区	SH1078b	弥生土器	弥生時代 後期後半新段階	壺 or 鉢 底部	内面	0.51	43	18-046	
19次	224	NZR	H0329	A区	SH15	弥生土器	弥生時代 終末期古段階	鉢	内面	19.81	19	18-041	
26次	S207	NZR5	H2815	4A区	SK4489a	石器	弥生時代 終末期古段階	石片	-	14.79	53	18-051	
26次	2443	NZR5	0016	1B区	1b区含層	弥生土器	弥生時代 終末期古段階	鉢	内面	nd.	55	※ 18-053	

※はベンガラ

## (文献)

- 12次 香川県教育委員会 1996 「旧練兵場遺跡Ⅲ - 平成7年度 国立善通寺病院内発掘調査報告 -」香川県教育委員会
- 14次 香川县埋蔵文化財センター 2009 「善通寺病院看護学校建設及び統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第1冊 旧練兵場遺跡Ⅰ」
- 19次 香川県埋蔵文化財センター 2011 「独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第2冊 旧練兵場遺跡Ⅱ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院
- 23次 香川県埋蔵文化財センター 2013 「独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第3冊 旧練兵場遺跡Ⅲ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院
- 26次 本書
- 28次 香川県埋蔵文化財センター 2014 「独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第4冊 旧練兵場遺跡Ⅳ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院
- 37次 香川県埋蔵文化財センター 2016 「独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第7冊 旧練兵場遺跡Ⅶ」香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院

## 2) 上天神遺跡出土朱の硫黄同位体比分析

上天神遺跡は、高松市上天神町、三条町、太田下町にまたがり、高松平野中央部の香東川扇状地の北部に位置する弥生時代後期前半古段階の遺跡である。出土した20点の遺物から25点の朱を採取し、硫黄同位体比分析を行ったところ、第66表の結果を得た。測定した25点の朱の内訳は、5点が-5%代を、13点が-8%代を、6点が-9%代を、1点が-11%代を示し、25点の朱の平均値は-8.27‰であった。このことから、上天神遺跡から出土した朱は三重県丹生鉱山産の可能性が高いと推定した。しかしながら、旧練兵場遺跡出土朱で述べたように、徳島県若杉山遺跡から丹生鉱山産と類似のδ値を示す辰砂鉱石が数点観察されたことから、上天神遺跡で用いられた朱も徳島県若杉山周辺の辰砂を用いた可能性が否定

できなくなった。加えて、上天神遺跡出土朱は 2 つの調査区から出土した遺物を対象とした。調査 3 区からは 5 点の遺物付着朱を分析して  $-7.61 \pm 1.89\%$  (平均  $\pm$  標準偏差) であった。調査 4 区は 20 点の遺物付着朱を分析し、 $-8.44 \pm 1.50\%$  の δ 値を得た。3 区と 4 区の朱には統計的な有意差は認められず、両者は同じ鉱山鉱石を用いたと考える。

次に、1 つの遺物の内面と外面に付着した朱を採取してそれぞれの硫黄同位体比を測定したところ、報告番号 252 の鉢付着朱、報告番号 948 の把手付広片口皿付着朱、報告番号 1246 の把手付広片口皿付着朱、および報告番号 1315 の大型鉢付着朱は、内面と外面の硫黄同位体比に差がないことから、同じ産地の朱が両面に付着したと思われる。一方、報告番号 462 の大型鉢内面の異なる 2か所の部位から朱を採取し、 $-9.25\%$  と  $-5.10\%$  の δ 値を得た。異なる鉱山あるいは異なる鉱脈から得られた朱が大型鉢に使用された可能性が示唆される。

以上の結果から、弥生時代後期前半古段階の遺跡である上天神遺跡から出土した朱は、三重県丹生鉱山産の可能性が高いと考えられる。しかしながら、最近の徳島県若杉山遺跡から得られた辰砂鉱石の分析結果から、若杉山遺跡周辺から得られた辰砂鉱石が使用された可能性も否定できない。今後さらなる検討を加えることが望まれる。

第 66 表 上天神遺跡から出土した朱とその硫黄同位体比

調査区	報告番号	器種	採取位置	備考	硫黄同位体比 分析結果	素色顔料 分析番号	硫黄同位体比 試料番号
3 区	252	鉢	外面		-8.38	K-1-1	19-177
3 区	445	裏	内面		-8.59	K-1-2	19-178
3 区	483	鉢底部	内面		-5.45	K-2	19-179
3 区	486	鉢底部	内面	黒辰砂と推定される粒子を含む	-5.83	K-3	19-180
4 区	458	鉢	内面		-9.82	K-4	19-181
4 区	460	鉢	内面		-9.62	K-5	19-182
4 区	462	大形鉢	内面		-5.48	K-6	19-183
4 区	483	把手付広片口皿	内面		-9.25	K-7-1	19-184
4 区	491	把手付広片口皿	内面		-5.10	K-7-2	19-185
4 区	493	把手付広片口皿	内面		-5.93	K-8	19-186
4 区	931	大形鉢	内面		-8.52	K-11	19-187
4 区	934	大形鉢	内面		-8.99	K-12	19-188
4 区	944	把手付広片口皿	内面		-8.08	K-13	19-189
4 区	948	把手付広片口皿	内面	黒辰砂と推定される粒子を含む	-8.71	K-14	19-190
4 区	949	把手付広片口皿	外面		-8.76	K-15	19-191
4 区	980	大形鉢底部	内面		-8.56	K-17-1	19-192
4 区	1180	大形鉢底部	内面		-8.32	K-17-2	19-193
4 区	1246	把手付広片口皿	内面		-8.36	K-18	19-194
4 区	1315	大形鉢	内面		-8.20	K-19	19-195
4 区	1434	鉢	断面		-8.30	K-20	19-196
					-8.80	K-21-1	19-197
					-9.39	K-21-2	19-198
					-9.28	K-22-1	19-199
					-9.32	K-22-2	19-200
					-11.80	K-23	19-201

(文献)

(財) 香川県埋蔵文化財調査センター 1995 「高松自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第 6 冊 上天神遺跡」  
香川県教育委員会・(財) 香川県埋蔵文化財調査センター・建設省四国地方建設局

第67表 旧練兵場遺跡と上天神遺跡を除く香川県の縄文時代から古墳時代の遺跡から出土した朱の硫黄同位体比

地域	遺跡種別	遺跡名	所在地	遺構・層位等	報告番号	器種	付着部位	備考	所属時期	文献	硫黄同位体比 分析結果	赤色顔料 分析番号	硫黄 同位体比 試料番号
丸亀平野北西地域	集落跡	永井遺跡	香川県善通寺市中村町	河川跡	3044	浅鉢	内面底部	-	縄文時代後期中期葉	14	-11.86	B-67	19-011
					5265	深鉢	外面部				-13.00	B-74	19-010
					石1103	磨石	-				-12.70	B-76	19-012
丸亀平野北西地域	墳墓	龍川五条道跡Ⅰ	香川県善通寺市厚田町	方形周溝墓(SX04)	1661	鉢	内面	粉状付着	弥生時代中期後半	13	-6.40	B-58	19-007
丸亀平野北西地域	墳墓?	平瀬南道跡?	香川県丸龜市田村町	墓域? (SD 92)	1088	台付鉢	外面部		弥生時代中期後半新段階	11	-10.29	B-52	19-009
高松平野東部	集落跡	加藤遺跡	香川県さぬき市寒川町	包含層	未報告	鉢	内面	台帳番号 KSKL-1 (644)	弥生時代後期		-3.68	B-81	19-014
高松平野中央部	集落跡	太田下原川遺跡	香川県高松市太田下原町	SR02	281	把手付片口皿	内面・把手	結晶1粒 複数結晶群	縄文時代後期中期半古段階	6	0.38	B-29	19-004
											8.40	B-29-1-1	19-202
											-12.77	B-29-1-2	19-203
											-3.26	B-29_2	19-005
高松平野東部	墳墓(転用)	森広遺跡	香川県さぬき市寒川町	3号土器 柱ыш(転用)	508	大形片口鉢	内面		弥生時代後期後半	8	-9.89	B-47	19-021
高松平野中央部	墳墓	林坊城道跡	香川県高松市林町	円形周溝墓(SX03)	1055	器台	外面部		弥生時代後期後半古段階	12	-6.29	B-53	19-008
高松平野中央部	集落跡	川津一ノ又道跡Ⅱ	香川県坂出市川津町	SH06	191	鉢	内面		弥生時代後期後半古段階	2	-5.06	B-04	19-016
丸亀平野川津地域	集落跡	川津東山	香川県坂出市川津町	SR03	1434	鉢	内面		弥生時代後期後半古段階	4	-5.40	B-22	19-018
丸亀平野川津地域	集落跡	川津一ノ又道跡Ⅰ	香川県坂出市川津町	2②③ SR02	1299	高杯	内面		弥生時代後期後半新段階	1	-8.31	B-03	19-019
丸亀平野川津地域	集落跡	川津一ノ又道跡Ⅱ	香川県坂出市川津町	SD030	511	高杯(下川津B類模倣)	内面		弥生時代後期後半新段階		-10.08	B-09	19-020
丸亀平野川津地域	集落跡	川津一ノ又道跡 河川改修	香川県坂出市川津町		1871	鉢	内外面		弥生時代後期後半新段階	3	-4.95	B-19	19-015
大内平野	墳墓	桶廻塚丘墓	香川県東かがわ市白鳥町		未発見	主体部床面	未発見		弥生時代後期後半新段階	9	-10.23	B-48	19-022
綾川流域	集落跡	綾川河床遺跡	香川県坂出市加茂町	採集品	未報告	片口鉢	内面①		弥生時代終末期	5	-0.28	B-26	19-116
							内面②				0.72	B-26_2	19-117
							内面③				-0.65	B-26_3	19-118
高松平野東北部	集落跡	原中村道跡	香川県高松市牟礼町原	SR01	409	高杯	内面		弥生時代終末期古段階	7	-4.66	B-40	19-013
高松平野中央部	集落跡	空港跡地道跡Ⅰ	香川県高松市林町	SHc39	751	鉢	内面		弥生時代終末期新段階	10	-2.73	B-51	19-017
高松平野中央部	古墳	船岡山1号墳	香川県高松市香川町	後円部17Tz 魔乱層	資料105	小形短甌盤	内面		古墳時代前期前葉	16	1.90	B-86	19-028
高松平野中央部	古墳	高松市茶臼山古墳	香川県高松市新田町	第1主体部	28	短甌盤	内面上半		古墳時代前期中葉	15	-1.40	B-83	19-025
					30	甌	内面				-1.30	B-84	19-026
					26	短甌盤	内面中程				-1.80	B-85	19-027

## (文献)

- (財)香川県埋蔵文化財調査センター 1997 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第26冊川津一ノ又道跡Ⅰ」香川県教育委員会・日本道路公団・(財)香川県埋蔵文化財調査センター
- (財)香川県埋蔵文化財調査センター 1998 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第30冊川津一ノ又道跡Ⅱ」香川県教育委員会・日本道路公団・(財)香川県埋蔵文化財調査センター
- (財)香川県埋蔵文化財調査センター 1997 「中小河川大東山改修事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告川津一ノ又道跡」香川県教育委員会・(財)香川県埋蔵文化財調査センター
- (財)香川県埋蔵文化財調査センター 2001 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第38冊川津東山田道跡Ⅰ」香川県教育委員会・日本道路公団・(財)香川県埋蔵文化財調査センター
- 板出市 2021 「板出市史 通史編 考古・古代」板出市史編さん所

- 6 (財) 香川県埋蔵文化財調査センター  
 7 (財) 香川県埋蔵文化財調査センター  
 8 寒川町教育委員会  
 9 大川地区広域行政振興整備事務組合  
 10 香川県埋蔵文化財調査センター  
 11 香川県埋蔵文化財センター  
 12 (財) 香川県埋蔵文化財調査センター  
 13 (財) 香川県埋蔵文化財調査センター  
 14 (財) 香川県埋蔵文化財調査センター  
 15 香川市埋蔵文化財センター  
 16 徳島文理大学文学部・高松市教育委員会
- 1995 「高松自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第3冊 太田下・須川遺跡」香川県教育委員会・(財)香川県埋蔵文化財調査センター・建設省四国地方建設局  
 2000 「陸道高松志度線緊急整備工事および県立医療短期大学建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 原中村遺跡」香川県教育委員会・(財)香川県埋蔵文化財調査センター  
 1997 「大型店舗建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 森広遺跡」  
 2002 「高松榮守・成重跡・鶴齋貢古跡」白鳥町教育委員会  
 1996 「空港跡地整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第1冊 空港跡地遺跡I」香川県教育委員会・香川県埋蔵文化財調査センター・香川県土地開発公社  
 2018 「香川県立丸亀陸上競技場建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 平池南遺跡」香川県教育委員会  
 1993 「高松自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告 第2冊林・坊城遺跡」香川県教育委員会・(財)香川県埋蔵文化財調査センター・建設省四国地方建設局  
 1996 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第23冊龍川五条道路」香川県教育委員会・日本道路公団・(財)香川県埋蔵文化財調査センター  
 1990 「四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第9冊水井道路」香川県教育委員会・日本道路公団・(財)香川県埋蔵文化財調査センター  
 2015 「高松市茶臼山古墳」  
 2019 「高松市埋蔵文化財調査報告203集 徳島文理大学文学部・高松市連携協定 調査報告書 第2冊 船岡山古墳群Ⅱ(古墳時代遺物編)」

### 3) 旧練兵場遺跡と上天神遺跡以外の香川県の遺跡から出土した朱の硫黄同位体比分析

両遺跡以外の縄文時代後期中葉から古墳時代前期中葉までの香川県で調査された 15 遺跡から朱付着遺物 22 点を得、28 点の朱の硫黄同位体比分析を行い、第 67 表に結果を示す。得られた遺物は鉢や皿等であり、内面から朱が観察されることからこれらの遺跡で朱の精製や貯蔵が行われていた可能性がある。

得られた  $\delta$  値から次の 3 グループに分けた。①のグループは、-13.00‰ から -4.95‰ を示す 11 遺跡の 14 点の遺物である。 $\delta$  値から鉱山を類推すると、三重県丹生鉱山産の可能性が高い。しかし、旧練兵場遺跡や上天神遺跡で述べたように徳島県若杉山遺跡から採取された辰砂鉱石が用いられた可能性も否定できない。②のグループは、-4.66‰ から -1.30‰ を示す 5 遺跡の 7 点の遺物が該当する。徳島県水井鉱山産か奈良県大和水銀鉱山産の可能性が示唆される。③のグループは、-0.72‰ から +1.90‰ を示す 3 遺跡の 5 点の遺物が該当する。旧練兵場遺跡で -0.92‰ から +0.51‰ を示すグループと類似しており、徳島県水井鉱山産の可能性がある。硫黄同位体比分析では徳島県水井鉱山産か奈良県大和水銀鉱山産のいずれの鉱山産か区別できないが、地域性を鑑みると徳島県水井鉱山産の可能性が高いと考える。もちろん、今回考慮した辰砂鉱石以外の鉱山産の可能性も否定できない。ところで、太田下須川遺跡の遺物付着朱を複数回測定したところ、+0.38‰ から -12.77‰ までの幅広い  $\delta$  値が得られた。これは異なる産地の朱が太田下須川遺跡の把手付広片口皿で用いられたことを示唆している。

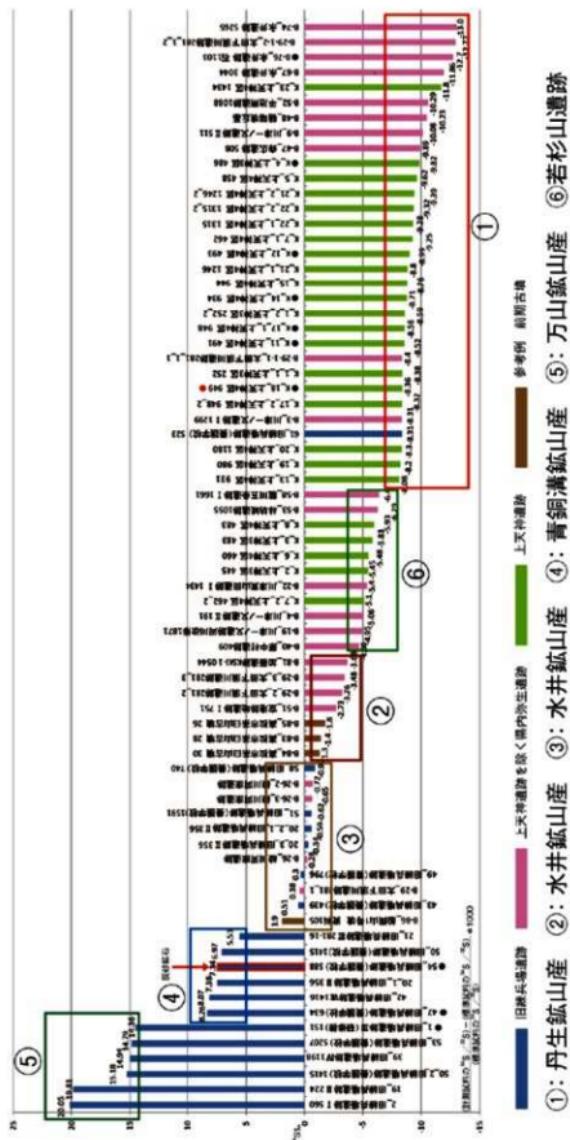
次に遺跡を時代ごとに並べて  $\delta$  値を観察してみたところ、①のグループの産地の朱は縄文時代から弥生時代後期後半まで使用された可能性が観察された。一方、②と③のグループの産地の朱は、弥生時代後期から終末期に使用されたと考えられる。

### (5)まとめ(所見)

香川県の縄文時代から古墳時代前期中葉までの17遺跡で発掘された遺物に付着した朱について、硫黄同位体比分析による産地推定を行った。今回分析を行った遺跡の所在地は香川県のはば全域に広がる。朱は石杵や磨石、あるいは土器などの遺物に付着しており、しかも土器の内面と外面に朱が観察され、香川県全体が弥生時代を通じて朱を精製した二次生産地や流通の中継地としての役割を担っていた可能性が示唆される。

香川県の遺跡で出土した朱の産地について硫黄同位体比分析のまとめを第687図に示す。今回の17遺跡から採取された朱の産地は $\delta$ 値から次の5グループに分類した。①は、大きくマイナスの $\delta$ 値を示すグループである。縄文時代後期の糸井遺跡、弥生時代中期の龍川五条遺跡Iと平池南遺跡、弥生時代後期の上天神遺跡、太田下須川遺跡、森広遺跡、林坊城遺跡、川津一ノ又遺跡、川津東山田遺跡、橋端埴丘墓から出土した遺物付着朱に加え、旧練兵場遺跡の後期前半古段階の磨石1点が含まれる。測定した17遺跡中の10遺跡から採取した朱がこのグループに含まれる。 $\delta$ 値からは三重県丹生鉱山産の可能性が高いが、徳島県若杉山遺跡由来の鉱石の可能性も否定できない。徳島県産の辰砂鉱石は、鉛同位体分析を行うと三重県産あるいは奈良県産と有意な差が認められることから、今後鉛同位体分析を行い確認したい。②は、マイナス数%を示すグループである。硫黄同位体比からは徳島県水井鉱山産か奈良県大和水銀鉱山産のどちらか区別できないが、地域性を考慮すると徳島県水井鉱山産の可能性が高いと考える。③は、0%付近の $\delta$ 値を示すグループである。このグループも②のグループと同様に徳島県水井鉱山産の可能性が示唆される。④のグループは、プラス1桁%を示すグループで、中国陝西省産と推定される。最後にプラス10%を超える $\delta$ 値を示すグループを⑤とした。このグループは、中国貴州省産の朱と推察した。④と⑤のグループとも、旧練兵場遺跡で検出されたが、それ以外の香川県の遺跡では検出されなかった。このことから、旧練兵場遺跡は中国産朱を取り扱う極めて特殊な場所であった可能性が高い。

以上の結果をまとめると、香川県は縄文時代から三重県丹生鉱山産の朱が取り扱われ、弥生時代後期に徳島県水井鉱山産の朱も取り扱われた朱の精製拠点であり、流通拠点でもあったと推察される。その中でも上天神遺跡は三重県丹生鉱山産朱の集積地であったと考えられる。しかしながら、最近の辰砂鉱石硫黄同位体比分析の結果から、徳島県若杉山遺跡周辺の鉱石から得られた $\delta$ 値が丹生鉱山産鉱石の $\delta$ 値と類似していることから、丹生鉱山産ではなく若杉山遺跡周辺の鉱石由来の朱の可能性を考慮しなければならない。丹生鉱山産、あるいは若杉山遺跡周辺から得られた鉱石かは鉛同位体分析で区別できるので、今後鉛同位体分析を行って朱の原産地を確定したい。一方、旧練兵場遺跡は弥生時代に中国産朱を取り扱う重要な流通拠点としての役割を担っていたと思われる。



第 687 図 硫黄同位体比分析結果グラフ

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 18K01094 の助成を受けて行った。また、分析に用いた朱資料は香川県埋蔵文化財センターより提供していただいた。ここに深謝いたします。

## 参考文献

- 奥山誠義、今津節生 (2018) 黒塚古墳の棺床に分布した赤色顔料の分析、「黒塚古墳の研究」(奈良県立橿原考古学研究所編集) 八木書店 357-358.
- 長沼孝 (1998) 旧石器時代の赤色顔料. 考古学ジャーナル 438: 4-9.
- 成瀬正和 (1998) 縄文時代の赤色顔料 I - 赤彩土器. 考古学ジャーナル 438: 10-14.
- 本田光子 (1995) 古墳時代の赤色顔料. 考古学と自然科学 31,32: 63-79.
- 方輝 (2015) 论史前及夏时期的朱砂葬——兼论帝王与丹朱传说. 文史哲 (Journal of Chinese Humanities) 247: 56-72
- 南他 (2008) 日本における辰砂鉱山鉱石のイオウ同位体比分析. 近畿大学理工学総合研究所 研究報告. 20: 41-48.
- 南他 (2009) 中国における辰砂が産出された古代鉱山の探索. 考古学と自然科学 58: 25-29.
- Ishihara, S., et al. (2000) Paired sulfur isotopic belts: Late Cenozoic ore deposits of Southwest Japan. Bulletin of the Geological Survey of Japan, 51: 283-297.
- Minami, T., et al. (2005) Using sulfur isotopes to determine the sources of vermillion in ancient burial mounds in Japan. Geoarchaeology, 20: 79-84.
- Minami, T., et al. (2019) A method of collecting trace amounts of vermillion from artifacts for source estimation by sulfur isotope ( $\delta^{34}\text{S}$ ) analysis: use of sulfur-free adhesive tape to minimize damage to the artifact body during sampling. Journal of Archaeological Science: Reports, 28: 102027 DOI: 10.1016/j.jasrep.2019.102027.
- Takahashi, K., et al. (2018) High - sensitivity sulfur isotopic measurements for Antarctic ice core analyses. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 32:1991-1998.

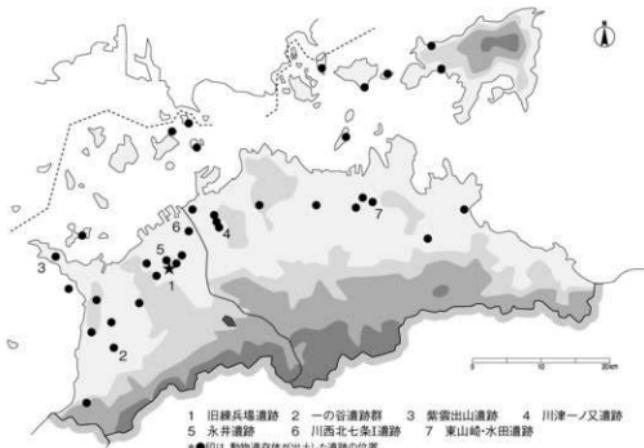
## 第 7 節 動物遺体・人骨（歯牙）の鑑定

### 第 1 項 旧練兵場遺跡における動物資源利用－26 次調査出土資料の報告と総合的考察－

広島大学 石丸恵利子

#### 1) はじめに

旧練兵場遺跡は、香川県善通寺市仙遊町に所在する弥生時代から古墳時代を中心とした縄文時代後期から中世にわたる複合遺跡である（第 688 図-1）。平成 8 年度から 25 年度に発掘調査が行われ、複数の建物跡や各地との交易を物語る搬入土器や銅鏡、管玉などの多様な遺構・遺物が確認されている（信里編 2011・2013、森下編 2015・2016 など）。これまでに 19・22・23・25・28～30・44 次調査において動物遺存体が出土し、それらの内容が報告されている（山崎・橋本 2011、石丸 2013・2015・2016 など）。本稿では、26 次調査において出土した資料について報告するとともに、これまで出土した動物遺存体資料全体の様相から本遺跡における動物資源利用の特徴とその変遷について整理してみたい。



第 688 図 香川県域動物遺存体出土遺跡分布

#### 2) 動物遺存体の種類

26 次調査では炉跡内の覆土を 1 mm メッシュの篩を用いて水洗選別が行われ、それらに含まれる多数の植物質に加えて動物遺存体が約 70 点採取されている。微細な資料がほとんどで、種や部位を同定できるものは少なかったが、魚類 1 種と哺乳類 2 種を確認することができた（第 68・69 表）。それらの種と部位について以下に記す。

第68表 旧練兵場遺跡出土動物種名一覧

綱(class)	目(order)	科(family)	属/種(genus/species)
二枚貝綱 Bivalvia	目・科・属・種不明 ord. fam. gen. et sp. indet.		
硬骨魚綱 Osteichthyes	ウナギ目 Anguilliformes	ハモ科 Muraenesocidae	ハモ属の一種 <i>Muraenesox</i> sp.
	スズキ目 Perciformes	スズキ科 Percithyidae	スズキ属の一種 <i>Lateolabrax</i> sp.
		アジ科 Carangidae	アジ科 gen. et sp. indet.
		タイ科 Sparidae	クロダイ属の一種 <i>Acanthopagrus</i> sp. マダイ属科の一種 <i>Pagriinae</i> gen. et sp. indet. タチ科 Sparidae gen. et sp. indet.
鳥綱 Aves	キジ目 Galloformes	キジ科 Phasianidae	キジ科の一種 <i>Phasianidae</i> gen. et sp. indet.
哺乳綱 Mammalia	齧歯目 Rodentia	ネズミ科 Muridae	ネズミ科の一種 <i>Muridae</i> gen. et sp. indet.
	クジラ目 Cetacea	ハクジラ亜目 Odontoceti	ハクジラ亜目の一種 <i>Odontoceti</i> fam. gen. et sp. indet.
	食肉目 Carnivora	イヌ科 Canidae	イヌ <i>Canis familiaris</i>
	奇蹄目 Perissodactyla	ウマ科 Equidae	ウマ <i>Equus caballus</i>
	偶蹄目 Artiodactyla	イノシシ科 Suidae	イノシシ <i>Sus scrofa</i>
		シカ科 Cervidae	ニホンジカ <i>Cervus nippon</i>
		ウシ科 Bovidae	ウシ <i>Bos Taurus</i>

\*種名表記は、中井編(2013)、宇田川(2006)、山田訳(2004)、達藤・千石監修(2004)に従った。

\*下線を引いた種が26次調査で確認できたもの。

### タイ科の一種

歯骨や前上顎骨から遊離した歯（臼歯）を2点確認した。頸骨部は確認できなかった。いずれも弥生後期後半の遺構（SK1207a、SK2075a）から出土している。火を受けたと考えられ、全体的に白色を呈するものであった。

### イノシシ

いずれも破片であるため歯列や左右などは特定できないが、弥生後期前半の遺構（SH1020a）において白歯の破片を2点確認した<sup>(1)</sup>。火を受けた状態のもので、灰色や黒色を呈する。

### ニホンジカ

中手骨もしくは中足骨の遠位端（滑車部）の破片を、弥生後期前半の遺構（SH1020a）で2点確認した。一方の資料は、左右は不明であるが外側部の破片で、他方は左右や内側か外側も不明ではあるが、滑車の内側面の破片である。両者は火を受けたと考えられ、全体的に白色を呈する。また、白歯の小破片を弥生後期後半の遺構（SH2224a）で複数点確認した。破片のため歯列は不明であり、火を受けた痕跡は認められなかった。

### その他

上記以外に種や部位は明らかにできない資料であるが、貝殻もしくは甲殻類の可能性がある小破片1点（SH4100a：弥生後期前半）、種不明魚類の椎骨3点（SH2010a：弥生後期前半、SH1207a：弥生後期後半）と棘8点（SH1020a：弥生後期前半、SH1207a：弥生後期後半）も確認することができた。魚類片はすべて火を受けて白色を呈する状態であった。

### 3) 旧練兵場遺跡における時期別動物資源利用の特徴

旧練兵場遺跡では、これまでに魚類 5 種、鳥類 1 種、哺乳類 7 種が、また種は不明であるが貝類もわずかに確認されている（第 70・71 表）<sup>②</sup>。遺跡の調査範囲は広域にわたるが、すべての土壌が水洗選別されているわけではないことや、当時利用されたすべての動物資源が残存しているわけではないことを前提とするものではあるが、本遺跡における動物資源利用の特徴について考察する。資料は弥生時代中期から中世の遺構や包含層で採取されており、その期間での建物群の分布や構造には変化が認められるが、弥生中期、弥生後期、古墳後期、古代、中世の大まかな各時期の出土動物遺存体の様相とその推移について概要を整理してみたい。遺跡の時期別遺構変遷については、主に信里編（2013）を参照した。

#### 弥生時代中期

出土量はわずかであるが、調査区の南側に位置する 25 次調査区などの土坑や柱穴からイノシシとニホンジカの下顎骨や遊離歯、椎骨、上腕骨などの複数の部位が、またイヌと考えられる下顎骨、タイ科の歯が確認されている。中期後半になると調査区内の各地点で掘立柱建物群や溝などが検出され、そこに暮らした人びとによる狩獵・漁撈活動の生活残滓と考えられる。遺跡は現在の海岸線から約 5km 内陸に位置するが、海産資源も利用されていたことが分かる。また、鹿角 1 点には加工の痕跡が確認され、骨角器製作も行われていたことを知ることができる。

#### 弥生時代後期

自然河川跡や住居跡の覆土、柱穴跡などから破片数にして最も多くの資料が採取され、魚類はマダイ亜科の前上顎骨やタイ科の歯など、哺乳類はイノシシとニホンジカの歯および鹿角、海生哺乳類のイルカ類の椎骨（弥生終末期）が確認されている。この時期には掘立柱建物と竪穴住居が組み合う複数の分布単位が認められ、大型建物も検出されるなど、大規模集落が形成された時期である。また搬入土器や銅鏡、ガラス製管玉などからは、活発な経済活動が読み取れる。動物遺存体資料は小破片となったものが多く、正確な個体数を把握することは難しいが、調査区の各所で出土し、資料数はイノシシとニホンジカではややニホンジカが多いものの両種の量に大きな偏りは認められない。鹿角には金属器で表面を削った痕跡や切断痕が観察される資料が確認されている。また頭蓋骨に角座が残る資料も出土しており、落角前の 8 月頃から春までに捕獲されたものであることが分かる。

また、陸産資源のイノシシとニホンジカだけでなく、海産資源としてはタイ科とイルカ類が認められ、弥生中期から引き続き、狩獵・漁撈活動による資源獲得が行われたことが読み取れる。各地との交流を物語る搬入土器や銅鏡などが多数出土し、弥生時代における生業活動が内陸部だけでなく沿岸部の広域に及んでいたことは容易に理解することができる。なお、旧練兵場遺跡同様に、現海岸線より約 5 km 内陸に位置する觀音寺市所在の一の谷遺跡群（第 688 図-2）では、弥生時代前期後半の土坑からマダイ亜科に加え、キス科、コチ科、ヒラメ科、ニシン科などの多様な海産魚類が検出されており（渡辺 1990）、旧練兵場遺跡においても多様な海産魚類が利用されていた可能性が指摘できる。また、両遺跡の出土動物遺存体は、遺跡が海産資源と陸産資源の両資源を利用する上で適する立地であったことを証拠づけるものもある。

#### 古墳時代後期

古墳時代後期を主体とする時期においては、弥生後期に次いで多くの資料が確認され、調査区の南方部分の 22・23・25 次調査区や 28 次調査区の溝や住居跡などから多く出土している。最も多くの種数が確認されているのも特徴として挙げられる。魚類はマダイ亜科の口蓋骨や方骨などに加え、スズキ属の

第69表 旧練兵場遺跡26次調査出土動物遺存体観察一覧

報告番号	確定番号	調査区	遺骨名	時期	分類群	種類	部位	左右	部分	備考
B1	2-2	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	棘		破片	焼け(白色)
B2	2-9	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	棘		破片	焼け(白色)
B3	1-3	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	棘	-		焼け?、表面に鉄分?
B4	2-4	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱?	不明	不明		破片	3小破片。焼け(白色)
B5	2-5	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱?	不明	不明		破片	焼け(白色)
B6	2-6	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱?	不明	不明		破片	3小破片。焼け(白色)
B7	2-7	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	硬骨魚綱?	不明	棘?	-	破片	焼け(白色)
B8	2-10-1	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱	イノシシ	遊離歯	不明	臼齒破片か	焼け(灰色)
B9	2-3	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱	イノシシ	遊離歯	不明	臼齒前臼齒	焼け(黒色)
B10	1-1	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱	ニホンジカ	中手/中足骨	不明	遠位端	漕車部片、焼け(白色)
B11	1-2	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱	ニホンジカ	中手/中足骨	不明	遠位端	漕車部片、焼け(白色)
B12	2-10-2	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱	不明	不明	不明		焼け(灰色)、2片
B13	2-1-1	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	哺乳綱?	不明	不明			焼け(白色)
B14	2-11	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	4片、うち1点は魚類 鱗破片か
B15	2-12	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	6片
B16	2-2	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(黒色)
B17	2-8	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B18	3-1	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)、一部魚類 鱗破片か
B19	3-2	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)、一部魚類 鱗破片か
B20	5-10	1A 区	SH1020a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B21	3-4	1A 区	SH1030a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)、灰色
B22	1-4	1B 区	SH1051b	弥生終末期	哺乳綱?	不明	不明		破片	焼け(白色)、黒色
B23	1-6	1B 区	SH1061b	弥生後期前半	哺乳綱?	不明	不明		破片	焼け(黒色)
B24	3-3	1B 区	SH1079b	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(灰色)
B25	5-6	1A 区	SH1168a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B26	3-6	1A 区	SH1207a	弥生後期前半	硬骨魚綱	タイ科	遊離歯	-	臼齒破片	焼け(灰色)
B27	4-3	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	硬骨魚綱	不明	椎骨	-	破片	焼け(白色)
B28	5-12	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	硬骨魚綱	不明	棘		破片	焼け(白色)
B29	1-5	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	硬骨魚綱	不明	棘?	-		焼け? (白色)、表面に 鉄分? 付着
B30	4-2	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	哺乳綱?	不明	不明		破片	焼け(白色)
B31	3-7	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B32	3-8	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B33	4-4	1A 区	SH1207a	弥生後期後半	不明	不明	不明		破片	焼け(一方面黒色)
B34	4-10	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	棘	-	破片	焼け(白色)
B35	4-12	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	椎骨	-	破片	焼け(白色)
B36	4-7	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	棘	-	破片	焼け(白色)
B37	1-7	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	硬骨魚綱	不明	椎骨	-	破片	焼け(白色)
B38	4-8	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	哺乳綱?	不明	不明		破片	焼け(白色)
B39	4-11	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B40	5-1	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B41	5-2	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)、灰色
B42	5-3	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B43	4-9	2A 区	SH2010a	弥生後期前半	哺乳綱?	不明	不明		破片	焼け(白色)
B44	5-5	2A 区	SH2075a	弥生後期前半	硬骨魚綱	タイ科	遊離歯	臼歯		焼け(白色)
B45	4-1	2A 区	SH2224a	弥生後期後半	哺乳綱	ニホンジカ	遊離歯	-	臼齒破片	複数片
B46	5-8	3B 区	SH3102b	弥生後期後半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B47	5-15	4A 区	SH4100a	弥生後期後半	鰐足綱/二 枚貝綱?	不明	不明		破片	貝?, 破片
B48	5-4	4A 区	SH4100a	弥生後期前半	哺乳綱	不明	遊離歯		破片	焼け(灰色)、イノシシ シカ骨?
B49	4-6	4A 区	SH4100a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B50	5-9	4A 区	SH4100a	弥生後期前半	不明	不明	不明		破片	焼け(灰色)
B51	5-14	4A 区	SH4124a	弥生終末期	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)
B52	3-5	4A 区	SH4161a	弥生終末期	不明	不明	不明		破片	焼け(白色)

歯骨や主上顎骨など、アジ科の椎骨、クロダイ属の角骨と口蓋骨、タイ科の歯と椎骨などが、また不明鳥類の上腕骨と手根中手骨、哺乳類はニホンジカとイノシシに加え、ウマやウシ、ネズミ科が出土している。ウマは下顎骨や中足骨、遊離歯など、ウシは中手骨もしくは中足骨、遊離歯、ネズミ科は遊離した切歯が確認されている。その他、時期が限定できない資料として、ハモ属の歯骨（弥生後期～古墳後

期)、イヌの上顎骨や遊離歯など(古墳後期～古代)、キジ科の上腕骨と尺骨(弥生～古墳)も確認することができる。また、ウシとウマは溝からの出土が多く、イノシシとニホンジカや魚類は住居跡の覆土や炉に含まれることも特徴として指摘できる。

弥生中期後半期から古墳前期前半期まで継続した大規模集落が消滅した後、古墳前期後半から中期後半は顕著な集落遺構が認められないが、中期末葉以降、22・23・25 次調査区で多くの住居や大溝が検出されるなど集落規模の拡大がうかがえる。これらの状況に伴ってそこに生活した人たちの資源利用を語る動物遺存体が検出されたものと考えられる。種は不明であるが二枚貝の破片も確認されており、海産魚類の種数の増加から積極的な海産資源の利用を読み取ることができる。また、古墳後期から古代層の資料も含まれるが、ウシとウマの導入の証拠も得ることができ、動物資源利用の大きな画期が認められる。

### 古代

古代になると居住遺構は減少するものの、再び調査区全体で溝や土坑、住居からウシやウマ、ニホンジカ、イノシシ、イヌの哺乳類のみが確認される。溝からの出土が顕著である。古墳時代後期から古代層に含まれる資料が多く、両時代で資料を明確に区別できないが、海産魚類の利用は顕著でない可能性は指摘できよう。ウシとウマが主体となり、ウシでは下顎骨や大腿骨、脛骨、距骨などが、ウマは下顎骨や脛骨、桡骨、大腿骨などの両種とともに全身の各部位が確認されている。イノシシよりもニホンジカの方がやや多い傾向が認められるものの、調査区北側の 19 次調査区ではイノシシとニホンジカが 1 点も検出されておらず、出土分布の偏りも認められる。

### 中世

建物遺構はほとんど認められず、条里坪界溝やそれに伴う小溝が検出され、それらの場所からウシ、ウマ、イノシシが出土している。大半が種および部位不明の骨片であるが、ウシとウマの歯の破片が多く、そのほかはイノシシの髣骨と後臼歯破片が、また種不明魚類の基後頭骨と思われる破片が 1 点のみ

第 70 表 旧練兵場遺跡調査次年度別出土動物遺存体

調査次数	貝類	魚類	鳥類	哺乳類	採取方法	報告書
19 次	タイ科			イノシシ、ニホンジカ、ウマ、ウシ、イルカ類	現場採取、一部水洗選別	II：山崎・橋本 2011
22・23・ 25 次	二枚貝 ハモ属、スズキ属、アジ 科、クロダイ属、マダイ 科、 タイ科		不明鳥類	イヌ、ニホンジカ、イノシシ、ウマ、ウシ、ネズミ科	現場採取、一部水洗選別	III：石丸 2013
28 次		不明魚類	キジ科	イヌ、ニホンジカ、イノシシ、ウマ、ウシ、ネズミ科	現場採取	V：石丸 2015
28～30 次				イヌ、イノシシ、ニホンジカ、ウマ、ウシ	現場採取	VI：森下・藏本 2016
44 次	二枚貝、 カワガメ科？	クロダイ属？、 タイ科		イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ	現場採取、一部水洗選別	雄：石丸 2016
26 次	不明	タイ科		イノシシ、ニホンジカ	水洗選別	本書

第 71 表 旧練兵場遺跡時期別出土動物遺存体

時期	出土動物
弥生中期	タイ科、イノシシ、ニホンジカ、イヌ？
弥生後期	マダイ亜科、タイ科、イノシシ、ニホンジカ、イルカ類
古墳（後期）	二枚貝、スズキ属、アジ科、クロダイ属、マダイ亜科、タイ科、不明鳥類、イヌ？、イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ、ネズミ科
古代	イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ、イヌ
中世	不明魚類、イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ

\*イヌ：古墳後期～古代、古代以降

\*ハモ属：弥生後期～古墳後期

\*キジ科：弥生～古墳、不明

確認されている。ウシとウマが主に利用されたことが特徴といえる。調査地点は、古代末9世紀に建物群が消滅した以降は耕作地として利用されていたと考えられており、居住空間ではなくなったとともに、動物遺存体は溝からの出土がより顕著にみえ、量や種数も減少に転じる状況が認められる。

#### 4) まとめ

以上のように、旧練兵場遺跡では弥生中期後半から中世の遺構や包含層から動物遺存体が出土し、魚類5種、鳥類1種、哺乳類7種と、種は不明であるが貝類の利用も知ることができた。多くの資料が認められるのは弥生時代後期と古墳時代後期で、種数が多いのも特徴であり、集落規模や生産・経済活動の盛んな時期と一致する。生産・経済活動を行う居住域において動物資源も利用し、その周縁部の土坑や溝に残滓を投棄した結果を示していると言える。弥生時代後期まではイノシシとニホンジカを中心にタイ科とイルカ類の出土によって、狩猟活動を中心とする海産資源の利用も認められる動物資源利用の状況がうかがえ、古墳時代後期から古代にはイノシシとニホンジカに加えウシとウマが認められること、また豊富な海産資源の利用が特徴としてあげられる。動物資源利用の視点からは、古墳時代後期にウシとウマの利用という大きな二期があるといえる。古代・中世になると、イノシシとニホンジカ、海産魚類も僅かに認められるものの、よりウシとウマとの関わりが深くなる傾向が読み取れる。また、海産魚類やイノシシとニホンジカなどの食糧資源としての利用が考えられるものは住居跡や炉、土坑などから多くの多くが出土し、ウシやウマなどの大型獣は溝で多く検出されている。これは生業活動の変化に加え、当地における土地利用の空間的な変化によることも要因の一つと理解することができる。

また、出土した資料は保存状態が不良で、土壤ごと取り上げられたものも多い状況である。大型の哺乳類も歯が多く検出されているのは、歯が骨よりも硬い組織でできていることで地中での分解が抑えられたためと考えられる。また、火を受けた小破片の骨も多く、これも火を受けたことによって骨組織が硬化して残存しやすくなつたためである。これらのことからも、出土した資料はその一部を証拠づけるものでしかなく、当時利用された動物資源の様相をより深く理解するために、香川県域における他の遺跡の出土状況を参照したい。

前述した一の谷遺跡群は、旧練兵場遺跡の南西約13kmの観音寺市に位置するが、両遺跡は沖積平野に立地することと現在の海岸線からの距離が類似する（第688図-2）。弥生前期の土坑覆土の水洗選別によって、マダイ亜科を主体に、キス科、コチ科、ヒラメ科、ニシン科などの多様な海産魚類とカエル類、種不明鳥類、ニホンジカ、イノシシ、ニホンザルが検出され、平野部での狩猟活動と沿岸部での漁撈活動の証拠となる良好な資料が得られている（渡辺1990）。また、紫雲出山遺跡は瀬戸内海へ突き出した莊内半島先端部分の標高352mを測る紫雲出山の山頂に立地する（第688図-3）、弥生時代中期後半から後期初頭の集落跡であるが、貝塚を形成し、アサリを主体にレイシ、サザエ、イシダタミ、ウミニナ類などの多様な貝類が確認され、魚類もマダイ、クロダイ属、イシダイ属などの複数種が出土している（丹1978、塩治2019）<sup>⑨</sup>。哺乳類もニホンジカとイノシシが報告されている。直線距離では海に近いといえるが、高所にあるにもかかわらず多様な海産資源を持ち込み利用していたことが分かる。

さらに、旧練兵場遺跡から北東約10kmの坂出市に位置する川津一ノ又遺跡では（第688図-4）、7から8世紀の遺構や河川跡から、ウマを筆頭にウシ、ニホンジカ、イノシシが出土し、少量ではあるが、魚類はクロダイ属、ベラ科、ウナギ科、フグ科が、またハマグリとヘビ類も確認されている（松井1998）。川津一ノ又遺跡も旧練兵場同様に内陸部に位置するが、古代の段階でウマとウシを主体に海産

資源の利用も認められる。また、旧練兵場遺跡から北西約 1.5km のより海側に位置する永井遺跡では（第 688 図-5）、縄文後期から近世の動物遺存体が出土しているが、弥生時代と古墳時代の資料は認められず、古代のウシとイノシシが、また中世のウシとウマが確認されている（西本 1990）。さらにそこから北東約 5km の丸亀市に位置する川西北七条 I 遺跡<sup>(4)</sup>においても（第 688 図-6）、古代・中世・近世各時期の溝からウシとウマが出土し（西中川・日高 1997）、高松市所在の東山崎・水田遺跡（第 688 図-7）からは、16 から 17 世紀の溝でウシを主体にウマ、ニホンジカ、イノシシ、イヌが検出されている（松井 1992）。わずかにアカニシトイシガイ科の貝類も確認されている。

以上のことから、香川県域における弥生時代から中世・近世の遺跡で出土する動物遺存体は、弥生時代にはイノシシやニホンジカを中心とした狩猟活動に加え、海産資源も利用した様相がうかがえ、古墳時代以降にウシとウマを導入し、多様な海産資源も利用した生業活動が行われたことを示している。ウシとウマが中心となる利用形態は古代・中世にも引き継がれている。なお、これらの遺跡は、島嶼部や四国本島沿岸域を除くと、現在の海岸線より 5km 前後内陸に位置し、海産魚類を含む動物遺存体が出土するものの貝塚を形成するほど多くの貝類を利用していない状況を読み取ることもできる。以上のような時代的変遷の中で、旧練兵場遺跡の資料は、香川県域において出土資料が少なかった弥生後期から古墳時代の動物資源利用を知るうえで、多くの情報を与えてくれるものだといえる。また、ウシとウマの導入という動物資源利用の画期の資料が認められる重要な遺跡でもあり、これら移入種の利用の実態を明らかにするために今後の調査・分析が注目される。

## 注

- (1) 出土資料からイノシシとブタを判別することは困難であった。両者が含まれている可能性もあるが、表記はイノシシに統一した。ブタの存在については、改めて検討したい。
- (2) 報告書Ⅲの第三分冊に収められた石丸（2013）では、魚類の分類群をクロダイ属とマダイ亞科を含むタイ科を 1 種としてカウントして 6 種としたが、明らかとなった魚類の種数は、ハモ属、スズキ属、アジ科、クロダイ属、マダイ亞科の 5 種である。また、本文中および表 42 で 24 次調査となっているものは 25 次調査に訂正する。
- (3) 報告書に明記されている種以外にも、丹（1978）と塙治（2019）の写真図版には、ベラ科やハタ科、ウマヅラハギ属などの可能性がある資料が掲載されている。機会があれば調査して報告したい。
- (4) 報告書Ⅴ第二分冊の石丸（2015）の表 5・6 において、遺跡名に間違いがあった。遺跡 No18 は「川西北七条 I 遺跡」である。本報告書の第 688 図に記した 1～7 以外の遺跡の出土動物遺存体については、報告書Ⅲ第三分冊の石丸（2013）の図 1000 と報告書Ⅴ第二分冊の表 5・6 に掲載している。

## 参考・引用文献

- 石丸恵利子 2013 「旧練兵場遺跡 22・23・25 次調査出土の動物遺存体と動物資源利用の様相」『旧練兵場遺跡Ⅲ』（第三分冊）独立行政法人国立病院機構普通病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第 3 冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通病院、212-236 頁
- 石丸恵利子 2015 「動物遺存体」『旧練兵場遺跡 V』（第二分冊）独立行政法人国立病院機構普通病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第 5 冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構普通病院、1-15 頁
- 石丸恵利子 2016 「動物遺存体の同定」『旧練兵場遺跡Ⅳ』独立行政法人国立病院機構普通病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第 7 冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構四国こどもおとなの医療センター、280-282 頁
- 宇田川龍男 2006 「原色新鳥類検索図鑑」森岡弘之 編、北隆館
- 遠藤秀紀・千石正一 監修 2004 「改訂新版 世界文化生物大図鑑 動物 哺乳類・爬虫類・両生類」世界文化社
- 塙治琢磨 編 2019 「紫雲出山遺跡」三豊市内遺跡発掘調査報告第 11 冊、三豊市教育委員会
- 丹信質 1978 「紫雲出山貝塚の自然遺物」「紫雲出山 諫間町文化財保護委員会
- 中坊徹次 編 2013 「日本産魚類検索 全種の同定」第三版、東海大学出版会
- 西中川勝・日高智信 1997 「香川県川西北七条 I 遺跡出土の骨及び馬骨」『三条黒島遺跡・川西北七条 I 遺跡』四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第 27 冊、香川県教育委員会・財团法人香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団、292-300 頁
- 西本豊弘 1990 「普通寺市永井遺跡出土の動物遺存体 (2)」『永井遺跡』四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第 9 冊、香川県教育委員会・財团法人香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公団、869-874 頁
- 信里芳紀 編 2011 「旧練兵場遺跡Ⅱ」（第 19 次調査）独立行政法人国立病院機構普通病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告

- 第2番、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院  
信里芳紀 編 2013『旧練兵場遺跡Ⅲ』独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第3冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院
- 松井草 1998「川津一ノ又遺跡出土の動物遺存体」『川津一ノ又遺跡Ⅱ』四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第30番、香川県埋蔵文化財研究会、339-349頁
- 松井草 1992「動物遺存体」「東山崎・水田遺跡」高松東道路建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第1冊、香川県教育委員会・財團法人香川県埋蔵文化財調査センター、建設省四国地方建設局、352-357頁
- 森下友子 編 2015『旧練兵場遺跡Ⅴ』独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第5冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院
- 森下友子 編 2016『旧練兵場遺跡Ⅵ』(第一・二分冊)独立行政法人国立病院機構善通寺病院統合事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告第6冊、香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構四国こどもおとなの医療センター
- 山崎健・橋本裕子 2011「旧練兵場遺跡から出土した動物遺存体と古人骨」『旧練兵場遺跡Ⅱ』(第二分冊)香川県教育委員会・独立行政法人国立病院機構善通寺病院、266-273頁
- 山田格 訳 Thomas A. Jefferson, Stephen Leatherwood, Marc A. Webber 著 2004『海の哺乳類FAO種同定ガイド』NTT出版株式会社
- 渡辺誠 1990「香川県觀音寺市一の谷遺跡群出土の動物遺体」「一の谷遺跡群」四国横断自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第7冊、香川県教育委員会・財團法人香川県埋蔵文化財調査センター・日本道路公团、478-481頁



第689図 旧練兵場遺跡 26次調査出土動物遺存体1



第 690 図 旧練兵場遺跡 26 次調査出土動物遺存体 2

## 第2項 旧練兵場遺跡出土歯牙について

明治大学 谷畠 美帆

旧練兵場遺跡出土の土器棺から被葬者のものと考えられる歯牙および歯牙片数点が出土している。いずれも歯冠部のみの出土であり、歯種の同定は難しい。以下、歯種をある程度同定できた資料の観察所見を記述する。

第一切歯・・・歯冠の高さは低いが、幅は広めである。近心隅角は遠心隅角より角度が狭い。上顎左右の第一切歯は1本ずつ出土している。いずれも切縁結節が確認できたため、萌出していたとしても萌出後、まもないものとみなされる。切歯の歯冠近遠心幅径は4.2mm、歯頭部付近の歯冠の厚みは0.1mmを測る。

大臼歯片・・・舌側とみなされる近心および遠心咬頭が遺存しており、形態的特徴から下顎第一大臼歯とみなされる。また咬合面の厚みが1.3mmを測ることなどから永久歯とみなされる<sup>(1)</sup>。



第691図 上顎左第一切歯（切縁結節が確認できる）

いずれの歯牙においても咬耗が確認できておらず、乳歯と永久歯の混在した状態であることなどから本個体の年齢は、2歳±6か月程度と推測される。

エナメル質の結晶はハイドロキシアパタイト  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  が最小単位として形成され、乳歯のエナメル質は永久歯より結晶粒子が小さくなっている (Cate1989)。今回は肉眼観察及び携帯顕微鏡のみの観察となつたため、結晶粒子について触れるることはできなかつたが、電子顕微鏡などを用いて、観察することにより、今後永久歯と乳歯の同定もさらに進むと思われる。

注) エナメル質の厚さは、歯種および部位によって異なる。切端部や咬合部で最も厚く、切歯の歯頭部付近の歯冠の厚みは、0.3mm程度、乳歯のエナメル質の厚さは永久歯の半分ほどとなっている (新谷2016)。

<参考文献>

- A.R.TenCate (1989) *Oral Histology: Development, Structure, and Function*. St.Louis.Mosby, 3rd Edition  
新谷誠康 (2016) 「小児歯科学」 永末書店  
高木貴 (2004) 「カラーグラフィックス 口腔の構造と機能」 医薬出版株式会社  
藤田恒太郎 (1993) 「歯の解剖学」 金原出版株式会社



第 692 図 対象試料（全体写真）

県立善通寺養護学校移転に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書

旧練兵場遺跡

(第26次調査)

第2分冊

2022年3月31日

編集 香川県埋蔵文化財センター

〒 762-0024 香川県坂出市府中町字南谷 5001-4

Tel 0877-48-2191

E-Mail [maibun@pref.kagawa.lg.jp](mailto:maibun@pref.kagawa.lg.jp)

発行 香川県教育委員会

印刷 株式会社 中央印刷所