

峯山遺跡Ⅱ (古墳時代以降編)

— 飛鳥時代から奈良時代の製鉄遺跡 —

第2分冊 自然科学分析・成果・写真図版編

北関東自動車道（伊勢崎～県境）建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書

2010

東日本高速道路株式会社
財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団

目 次

第5章 自然科学分析	
[1] 金属学的分析	381
(1) 考古学的観察	381
(2) 峯山遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査	398
[2] 胎土分析	435
[3] 放射性炭素分析	443
第6章 調査の成果	447

写真図版

挿 図 目 次

第389図 遺物の検討会	381	第409図 I区1号製鉄炉の通風孔	449
第390図 自然科学分析(1)	383	第410図 I区1号製鉄炉の通風孔	450
第391図 自然科学分析(2)	384	第411図 明治時代のたたら炉の平面図	450
第392図 自然科学分析(3)	385	第412図 明治時代のたたら送風方法	450
第393図 自然科学分析(4)	386	第413図 簧巻き痕のある炉壁	451
第394図 自然科学分析(5)	387	第414図 I区1号製鉄炉の通風孔	451
第395図 自然科学分析(6)	388	第415図 II区1号、2号製鉄炉の通風孔	451
第396図 自然科学分析(7)	389	第416図 炉底塊Aに散在する小鉄塊	451
第397図 自然科学分析(8)	390	第417図 炉底塊A	452
第398図 自然科学分析(9)	391	第418図 炉底塊B	452
第399図 自然科学分析(10)	392	第419図 流出孔滓A	452
第400図 自然科学分析(11)	393	第420図 炉壁と炉床土の境	454
第401図 自然科学分析(12)	394	第421図 I区1号製鉄炉	455
第402図 自然科学分析(13)	395	第422図 I区1号製鉄炉検出 大形の炉壁片(I-36) から復元できる通風孔の穿孔位置	456
第403図 自然科学分析(14)	396	第423図 II区2号製鉄炉	457
第404図 自然科学分析(15)	397	第424図 II区1号製鉄炉	459
第405図 鉄生産関連遺物の分類作業	397	第425図 峯山遺跡検出 製鉄炉の変遷	460
第406図 分類された鉄生産関連遺物	397	第426図 峯山遺跡検出 鉄・鉄器生産遺構の変遷	461
第407図 峯山遺跡 第1段階～第3段階の遺構の変遷	448		
第408図 I区1号製鉄炉の大型炉壁	449		

写真目次

- PL.1 峯山遺跡（上空より）
- PL.2 I区1号製鉄炉 全景－上空より－
I区1号製鉄炉 全景－東より撮影－
I区1号製鉄炉 炉体下部全景－南より撮影－
I区1号製鉄炉 西より撮影－
- PL.3 I区1号鍛冶工房 全景－西より撮影－
I区1号鍛冶工房 鍛冶炉検出状況（左）と金床石（右）
I区1号鍛冶工房 鍛冶炉全景
I区1号鍛冶工房 鍛冶炉断面
- PL.4 II区2号製鉄炉（地下構造検出時）全景－北より撮影－
- PL.5 II区2号製鉄炉（最終操業面）
II区2号製鉄炉 最終操業時に炉体から排出された滓
II区2号製鉄炉 炉体地下構造部①
II区2号製鉄炉 炉体地下構造部②
II区2号製鉄炉 炉体地下構造部③
- PL.6 II区1号製鉄炉 全景－北より撮影－
- PL.7 II区1号製鉄炉 鉄滓出土状況－東より撮影－
II区1号製鉄炉 東より撮影－
II区1号製鉄炉 最終操業時に炉体から排出された滓（流動滓－北より撮影－
II区1号製鉄炉 炉体下部地下被熱状況
- PL.8 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉①
- PL.9 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉②
- PL.10 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉③
- PL.11 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉④
- PL.12 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉⑤
- PL.13 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉⑥
- PL.14 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉⑦
- PL.15 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 箱形炉⑧
- PL.16 峯山遺跡出土 主な鉄生産関連遺物 鍛冶工房
- PL.17 峯山遺跡出土 工程別主な鉄生産関連遺物
- PL.18 I区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（1）
- PL.19 I区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（2）
- PL.20 I区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（3）
II区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（1）
- PL.21 II区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（2）
- PL.22 II区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（3）
- PL.23 II区1号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（4）
II区2号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（1）
- PL.24 II区2号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（2）
- PL.25 II区2号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物（3）
II区北斜面 出土鉄生産関連遺物（1）
- PL.26 II区北斜面 出土鉄生産関連遺物（2）
- PL.27 II区北斜面 出土鉄生産関連遺物（3）
- PL.28 I区1号鍛冶工房 出土鉄生産関連遺物
- PL.29 II区1号鍛冶工房 出土鉄生産関連遺物
I区2号住居 出土鉄生産関連遺物
I区7号住居 出土鉄生産関連遺物
I区8号住居 出土鉄生産関連遺物
- PL.30 I区11号住居 出土鉄生産関連遺物
I区12号住居 出土鉄生産関連遺物
II区2号住居 出土鉄生産関連遺物
II区1号炭窯 出土鉄生産関連遺物
II区遺構外 出土鉄生産関連遺物（1）
- PL.31 II区遺構外 出土鉄生産関連遺物（2）
- PL.32 箱形炉で出土する遺物
- PL.33 峯山遺跡 全景
- PL.34 峯山遺跡 全景
峯山遺跡 全景
- PL.35 峯山遺跡I区 全景
峯山遺跡I区 全景
- PL.36 I区 北側
II区 東側
- PL.37 I区1号住居 全景
I区1号住居 遺物出土状況
- PL.38 I区1号住居 遺物出土状況
I区1号住居 遺物出土状況近景
I区1号住居 遺物出土状況近景
I区1号住居 Pit 3 土層断面
I区3号住居 全景
- PL.39 I区5号住居 全景
I区10号住居 全景
- PL.40 I区1号製鉄炉 全景
I区1号製鉄炉 近景
- PL.41 I区1号製鉄炉
I区1号製鉄炉 排滓坑・排滓溝覆土第1面遺物出土状況
- PL.42 I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
- PL.43 I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
- PL.44 I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
- PL.45 I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
I区1号製鉄炉 第1面遺物出土状況
- PL.46 I区1号製鉄炉 南排滓坑土層断面A-A'
I区1号製鉄炉 南排滓坑土層断面B-B'

PL.47	I区1号製鉄炉	排滓溝土層断面C-C'	II区1号製鉄炉	南排滓坑土層断面A-A'	
	I区1号製鉄炉	土層断面A-A'	PL.63	II区1号製鉄炉	排滓溝土層断面A-A'
PL.48	I区1号製鉄炉	排滓坑遺物出土状況		II区1号製鉄炉	流動滓 (I-198) 出土状況①
	I区1号製鉄炉	排滓坑遺物出土状況近景	PL.64	II区1号製鉄炉	流動滓 (I-198) 出土状況近景①
PL.49	I区1号製鉄炉	排滓坑遺物出土状況		II区1号製鉄炉	流動滓 (I-198) 出土状況②
	I区1号製鉄炉	排滓坑直上遺物出土状況	PL.65	II区1号製鉄炉	流動滓 (I-198) 出土状況近景②
PL.50	I区1号製鉄炉	流動滓近景		II区1号製鉄炉	炉体地下構造部土層断面
	I区1号製鉄炉	排滓坑大形炉壁近景 (I-36) 出土状況	PL.66	II区1号製鉄炉	炉体①
PL.51	I区1号製鉄炉	排滓坑流動滓 (I-63) 取り上げ状況		II区1号製鉄炉	炉体②
	I区1号製鉄炉	流動滓 (I-63) 取り上げ状況近景	PL.67	II区1号製鉄炉	炉体地下構造部上半土層断面B-B'
	I区1号製鉄炉	掘り方		II区1号製鉄炉	炉体地下構造部上半土層断面A-A'
	I区1号製鉄炉	掘り方近景		II区1号製鉄炉	炉体地下構造部下半土層断面A-A'
	I区1号製鉄炉	掘り方			B-B' C-C'
PL.52	I区1号製鉄炉	調査状況		II区1号製鉄炉	炉体地下構造部上半土層断面C-C'
	I区1号製鉄炉	炉体掘り方被熱面検出状況		II区1号製鉄炉	断ち割り土層断面B-B'
	I区1号製鉄炉	周溝土層断面A-A'	PL.68	II区1号製鉄炉	炉体掘り方全景
	I区1号製鉄炉	周溝土層断面B-B'		II区1号製鉄炉	掘り方全景①
	I区1号製鉄炉	調査風景	PL.69	II区1号製鉄炉	掘り方全景②
PL.53	II区1号製鉄炉	全景①		II区1号製鉄炉	掘り方調査風景
	II区1号製鉄炉	全景②	PL.70	II区2号製鉄炉	全景①
PL.54	II区1号製鉄炉	全景③		II区2号製鉄炉	全景②
	II区1号製鉄炉	全景④	PL.71	II区2号製鉄炉	全景③
PL.55	II区1号製鉄炉	全景⑤		II区2号製鉄炉	全景④
	II区1号製鉄炉	全景⑥	PL.72	II区2号製鉄炉	全景⑤
PL.56	II区1号製鉄炉	全景⑦		II区2号製鉄炉	全景⑥
	II区1号製鉄炉	全景⑧	PL.73	II区2号製鉄炉	流動滓 (I-288) 出土状況①
PL.57	II区1号製鉄炉	遺物出土状況①		II区2号製鉄炉	流動滓 (I-288) 出土状況②
	II区1号製鉄炉	遺物出土状況②	PL.74	II区2号製鉄炉	流動滓 (I-288) 近景
PL.58	II区1号製鉄炉	遺物出土状況③		II区2号製鉄炉	炉体近景
	II区1号製鉄炉	遺物出土状況④	PL.75	II区2号製鉄炉	炉体
PL.59	II区1号製鉄炉	遺物出土状況⑤		II区2号製鉄炉	炉体地下構造部土層断面A-A'
	II区1号製鉄炉	遺物出土状況⑥	PL.76	II区2号製鉄炉	南排滓坑全景 (上空より)
PL.60	II区1号製鉄炉	北排滓坑・排滓溝・排滓場遺物出土状況①		II区2号製鉄炉	南排滓坑遺物出土状況①
	II区1号製鉄炉	北排滓坑・排滓溝・排滓場遺物出土状況②	PL.77	II区2号製鉄炉	南排滓坑遺物出土状況②
PL.61	II区1号製鉄炉	排滓溝遺物出土状況近景①		II区2号製鉄炉	南排滓坑遺物出土状況近接①
	II区1号製鉄炉	排滓溝遺物出土状況近景②	PL.78	II区2号製鉄炉	南排滓坑遺物出土状況近接②
	II区1号製鉄炉	排滓溝遺物出土状況近景③		II区2号製鉄炉	南排滓坑遺物出土状況近接③
	II区1号製鉄炉	排滓溝遺物出土状況近景④	PL.79	II区2号製鉄炉	南排滓坑覆土土層断面E-E'
	II区1号製鉄炉	北排滓坑土層断面B-B'		II区2号製鉄炉	南排滓坑覆土下層土層断面G-G'
PL.62	II区1号製鉄炉	排滓場第1面	PL.80	II区2号製鉄炉	南排滓坑全景
	II区1号製鉄炉	排滓場近景		II区2号製鉄炉	南排滓坑～周溝
	II区1号製鉄炉	排滓場出土遺物近景	PL.81	II区2号製鉄炉	周溝土層断面H-H'
	II区1号製鉄炉	排滓溝土層断面B-B'		II区2号製鉄炉	周溝土層断面I-I'
			PL.82	II区2号製鉄炉	地下構造部炭化層面検出状況
				II区2号製鉄炉	調査風景

PL.83	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況①	PL.98	Ⅱ区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉検出状況
	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況②		Ⅱ区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉全景
PL.84	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況近景①		Ⅱ区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉掘り方近景
	Ⅱ区1号製鉄炉 2号製鉄炉 検出状況		Ⅱ区1号鍛冶工房 掘り方全景
PL.85	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況近景②		Ⅱ区1号鍛冶工房 掘り方土層断面
	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況近景③	PL.99	I区2号住居 全景
	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況近景④		I区2号住居 遺物出土状況
	Ⅱ区2号製鉄炉 下部構造石敷き検出状況近景⑤	PL.100	I区2号住居 竈周辺遺物出土状況
	Ⅱ区2号製鉄炉 掘り方全景		I区2号住居 土層断面B-B'
PL.86	Ⅱ区北斜面 全景		I区2号住居 竈周辺遺物出土状況
	Ⅱ区北斜面 検出状況①		I区2号住居 竈
	Ⅱ区北斜面 検出状況②		I区2号住居 竈土層断面
	Ⅱ区北斜面 遺物出土状況①	PL.101	I区2号住居 竈土層断面A-A'
	Ⅱ区北斜面 遺物出土状況②		I区2号住居 竈土層断面A-A'
PL.87	I区1号鍛冶工房 検出状況①		I区2号住居 掘り方全景
	I区1号鍛冶工房 検出状況②		I区2号住居 掘り方近景
PL.88	I区1号鍛冶工房 全景		I区2号住居 竈掘り方
	I区1号鍛冶工房 近景	PL.102	I区6号住居 全景
PL.89	I区1号鍛冶工房 金床石出土状況		I区8号住居 全景遺物出土状況
	I区1号鍛冶工房 2.3.4号鍛冶炉検出状況	PL.103	I区7号住居 全景
PL.90	I区1号鍛冶工房 2号鍛冶炉		I区7号住居 遺物出土状況
	I区1号鍛冶工房 2号鍛冶炉土層断面A-A'	PL.104	I区7号住居 土層断面A-A'
PL.91	I区1号鍛冶工房 3号鍛冶炉全景		I区7号住居 遺物出土状況
	I区1号鍛冶工房 3号鍛冶炉土層断面C-C'		I区7号住居 床面出土土器
PL.92	I区1号鍛冶工房 4号鍛冶炉検出状況		I区7号住居 遺物出土状況
	I区1号鍛冶工房 4号鍛冶炉土層断面B-B'		I区7号住居 竈遺物出土状況
PL.93	I区1号鍛冶工房 2号鍛冶炉掘り方全景	PL.105	I区7号住居 竈土層断面B-B'
	I区1号鍛冶工房 2号鍛冶炉掘り方土層断面A-A'		I区7号住居 竈掘り方全景
	I区1号鍛冶工房 羽口 (I-388) 出土状況		I区7号住居 調査風景
	I区1号鍛冶工房 遺物出土状況近景		I区7号住居 1号鍛冶炉検出状況
	I区1号鍛冶工房 Pit 2 全景		I区7号住居 微細遺物の調査
	I区1号鍛冶工房 Pit 4 土層断面A-A'	PL.106	I区7号住居 1号鍛冶炉全景
	I区1号鍛冶工房 Pit 6 土層断面A-A'		I区7号住居 1号鍛冶炉土層断面A-A'
	I区1号鍛冶工房 Pit 5	PL.107	I区7号住居 鍛冶炉周辺
PL.94	I区1号鍛冶工房 1号土坑遺物出土状況		I区7号住居 2号鍛冶炉土層断面A-A'
	I区1号鍛冶工房 1号土坑全景	PL.108	I区7号住居 Pit 1 全景
	I区1号鍛冶工房 1号土坑土層断面A-A'		I区7号住居 Pit 1 土層断面A-A'
	I区1号鍛冶工房 1号土坑遺物出土状況近景		I区7号住居 掘り方全景
	I区1号鍛冶工房 砥石出土状況		I区7号住居 掘り方土層断面
PL.95	I区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉全景		I区7号住居 掘り方調査風景
	I区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉土層断面A-A'	PL.109	I区8号住居 竈
PL.96	I区1号鍛冶工房 1号鍛冶炉断ち割り状況		I区8号住居 竈
	I区1号鍛冶工房 調査風景		I区8号住居 竈
PL.97	I区1号鍛冶工房 検出状況		I区8号住居 竈煙道部
	Ⅱ区1号鍛冶工房 全景		I区8号住居 全景

PL.110	I区11号住居	全景	II区1号炭窯	遺物出土状況②	
	I区11号住居	遺物出土状況	PL.124	II区1号炭窯	土層断面
PL.111	I区11号住居	竈周辺遺物出土状況		II区1号炭窯	全景
	I区11号住居	竈全景	PL.125	I区4号竪穴状遺構	全景
	I区11号住居	竈土層断面B-B'		II区12号土坑	全景
	I区11号住居	竈土層断面A-A'	PL.126	I区4号住居	全景
	I区11号住居	土層断面A-A'		I区9号住居	全景
PL.112	I区11号住居	掘り方全景	PL.127	I区1号竪穴状遺構	全景
	I区11号住居	竈周辺		I区2号竪穴状遺構	全景
PL.113	I区12号住居	全景	PL.128	I区6号竪穴状遺構	全景
	I区12号住居	遺物出土状況		II区1号竪穴状遺構	全景
PL.114	II区1号住居	全景	PL.129	II区1号土坑	全景
	II区1号住居	竈全景		II区2号土坑	全景
	II区1号住居	掘り方全景		II区3号土坑	全景
	II区1号住居	土層断面C-C'		II区4号土坑	全景
	II区1号住居	竈土層断面A-A'		II区5号土坑	全景
PL.115	II区2号住居	検出状況		II区6号土坑	全景
	II区2号住居	全景		II区7号土坑	土層断面
PL.116	II区2号住居	全景		II区8号土坑	全景
	II区2号住居	遺物出土状況	PL.130	II区9号土坑	全景
PL.117	II区2号住居	遺物出土状況近景①		II区10号土坑	全景
	II区2号住居	遺物出土状況近景②		II区11号土坑	全景
	II区2号住居	遺物出土状況近景③		II区13号土坑	全景
	II区2号住居	竈全景		II区15号土坑	全景
	II区2号住居	竈土層断面A-A'		II区16号土坑	全景
PL.118	II区2号住居	Pit2検出状況		II区17.18号土坑	全景
	II区2号住居	Pit2全景		II区2号溝	土層断面A-A'
PL.119	II区2号住居	Pit1土層断面C-C'	PL.131	II区2.3.4.5.6号溝	全景
	II区2号住居	Pit2土層断面C-C'		II区1号溝	全景
	II区2号住居	土層断面A-A'	PL.132	I区1号住居	出土遺物(1)
	II区2号住居	竈掘り方近景	PL.133	I区1号住居	出土遺物(2)
	II区2号住居	掘り方全景	PL.134	I区3号住居	出土遺物
PL.120	I区3号竪穴状遺構	全景		I区5号住居	出土遺物(1)
	I区3号竪穴状遺構	床面の礫層	PL.135	I区5号住居	出土遺物(2)
	I区3号竪穴状遺構	土層断面B-B'		I区10号住居	出土遺物
	I区3号竪穴状遺構	断面断ち割り		I区1号製鉄炉	出土遺物
	I区3号竪穴状遺構	土層サンプリング状況		II区1号製鉄炉	出土遺物
PL.121	I区5号竪穴状遺構	全景		II区2号製鉄炉	出土遺物
	I区8号竪穴状遺構	全景		I区1号鍛冶工房	出土遺物(1)
PL.122	II区1号炭窯	検出状況	PL.136	I区1号鍛冶工房	出土遺物(2)
	II区1号炭窯	炭化物出土状況①		I区2号住居	出土遺物(1)
PL.123	II区1号炭窯	炭化物出土状況②	PL.137	I区2号住居	出土遺物(2)
	II区1号炭窯	炭化物出土状況③	PL.138	I区2号住居	出土遺物(3)
	II区1号炭窯	炭化物出土状況④		I区6号住居	出土遺物
	II区1号炭窯	遺物出土状況①	PL.139	I区7号住居	出土遺物(1)

PL.140	I 区 7 号住居 出土遺物 (2)	II 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (1)
	I 区 8 号住居 出土遺物	PL.149 II 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (2)
PL.141	I 区 11 号住居 出土遺物 (1)	PL.150 II 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (3)
PL.142	I 区 11 号住居 出土遺物 (2)	PL.151 II 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (4)
PL.143	I 区 11 号住居 出土遺物 (3)	PL.152 II 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (5)
	I 区 12 号住居 出土遺物	II 区 2 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (1)
	II 区 1 号住居 出土遺物	PL.153 II 区 2 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (2)
PL.144	II 区 2 号住居 出土遺物	II 区北斜面 出土鉄生産関連遺物 (1)
	I 区 3 号竪穴状遺構 出土遺物	PL.154 II 区北斜面 出土鉄生産関連遺物 (2)
	I 区 5 号竪穴状遺構 出土遺物	PL.155 II 区北斜面 出土鉄生産関連遺物 (3)
PL.145	I 区 8 号竪穴状遺構 出土遺物	I 区 1 号鍛冶工房 出土鉄生産関連遺物 (1)
	II 区 2 号土坑 出土遺物	PL.156 I 区 1 号鍛冶工房 出土鉄生産関連遺物 (2)
	II 区 3 号土坑 出土遺物	II 区 1 号鍛冶工房 出土鉄生産関連遺物
	II 区 1 号炭窯 出土遺物	I 区 2 号住居 出土鉄生産関連遺物
	I 区 4 号竪穴状遺構 出土遺物 (1)	I 区 7 号住居 出土鉄生産関連遺物
PL.146	I 区 4 号竪穴状遺構 出土遺物 (2)	I 区 11 号住居 出土鉄生産関連遺物
	I 区遺構外 出土遺物	II 区 2 号住居 出土鉄生産関連遺物
	II 区遺構外 出土遺物	PL.157 II 区遺構外 出土鉄生産関連遺物 (1)
PL.147	I 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (1)	PL.158 II 区遺構外 出土鉄生産関連遺物 (2)
PL.148	I 区 1 号製鉄炉 出土鉄生産関連遺物 (2)	

第5章 自然科学分析

[1] 金属学的分析

(1) 考古学的観察

1. 調査の手順

鉄関連遺物については、遺構の機能や工程を把握するため、資料の中から金属学的分析が必要なものとして29点抽出した。

金属学的な分析については、(株)九州テクノロジーTACセンターに委託した。分析結果の解析については、以下のとおりである。

2. 資料観察表の見方

資料観察表の見方は以下のとおりである。

- (1) 磁着度 方眼台紙に6mmを単位とする同心円の中心にリング状の磁石(鉄滓分類用の「標準磁石」、東北金属(株)SR-3)を糸につり下げて設置し、遺物を接近させて磁石が動き始める数字を読み取ったもの。

内側の最初の6mmから磁着度1, 2となり、数値が大きいほど磁性が強い。残留金属鉄とマグネタイト系遺物に反応する。

- (2) メタル度 金属探知機(メタルチェッカーMR-50B)を用いて金属鉄の残存を計測。特L(☆)などの略号で表わし、それぞれ以下の直径程度の金属鉄に反応するように設定されている。

特L(☆) … 20mm以上

L(●) … 10~12mm程度

M(◎) … 4~5mm程度

H(○) … 1~2.5mm程度

錆化(△) … 金属鉄は酸化



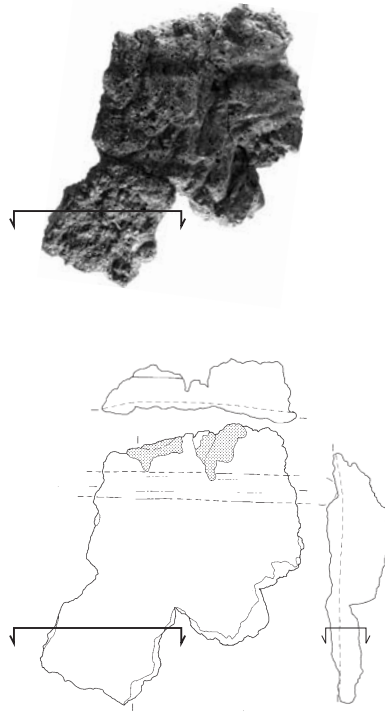
第389図 遺物の検討

峯山遺跡 鉄関連遺物分析資料一覧表

資料番号	地区名	遺構名	構成番号	遺物種類	重量(g)	磁着度	メタル度	分析コメント	マクロー組織	顕微鏡組織	ピッカース断面硬度	EPMA	X線回折	化学分析	耐火度	カロリ	断面	採取方法	分析位置指定	観察	集合写真	モックアップ	カメラ	実測	前含	X線透過	時期区分
1	I区	1号製鉄炉	12	炉壁(砂鉄焼結付き、スマキ裏付き)	1,240.0	3	なし	炉壁として	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/4	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
2	I区	1号製鉄炉	22	炉壁(通風孔、孔付き)	556.0	3	なし	炉壁として	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/4	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
3	I区	1号製鉄炉	55	流出孔滓A	928.0	3	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
4	I区	1号製鉄炉	58	流出溝滓	4,217.0	2	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
5	I区	1号製鉄炉	59	流動滓	2,224.0	2	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
6	I区	1号製鉄炉	60	流動滓	2,257.0	2	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
7	I区	1号製鉄炉	63	流動滓	109,461.0	1	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
8	I区	1号鍛冶工房	381	梲形鍛冶滓(大、鍛冶口付き、含鉄)	649.0	5	錆化(△)	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
9	I区	1号鍛冶工房	382	梲形鍛冶滓(大、含鉄)	550.0	3	錆化(△)	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
10	I区	1号鍛冶工房	388	梲形鍛冶滓(小)	207.7	3	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
11	I区	1号鍛冶工房	414	鉄塊系遺物	109.2	7	特L(☆)	メタル部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	7世紀末~8世紀前半	
12	I区	11号住居	476	梲形鍛冶滓(極小)	37.8	2	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半第2四半期	
13	I区	8号住居	469	鑄造品	273.0	7	特L(☆)	メタル部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	8世紀前半第2四半期	
14	II区	1号製鉄炉	121	砂鉄焼結塊	14.5	4	なし	砂鉄焼結部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
15	II区	1号製鉄炉	185	流出孔滓A	1,381.0	1	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
16	II区	1号製鉄炉	194	流出溝滓	2,531.0	2	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/5	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
17	II区	1号製鉄炉	198	流動滓	84,120.0	1	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
18	II区	1号製鉄炉	197	流動滓	4,525.0	2	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/4	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
19	II区	1号製鉄炉	176	炉底塊A(炉床土付き、含鉄)	11,701.0	3	H(○)	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
20	II区	1号製鉄炉	179	炉底塊B	1,096.0	3	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	短軸端部 1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
21	II区	1号製鉄炉	162	炉内滓(含鉄)	127.9	6	特L(☆)	メタル部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	短軸端部 1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
22	II区	1号製鉄炉	170	鉄塊系遺物	37.9	6	特L(☆)	メタル部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
23	II区	1号製鉄炉	171	鉄塊系遺物	47.3	7	特L(☆)	メタル部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/2	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
24	II区	2号製鉄炉	249	炉内流動滓	141.2	1	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
25	II区	2号製鉄炉	275	流出溝滓	1,512.0	2	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	短軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
26	II区	2号製鉄炉	288	流動滓	160,370.0	1	なし	滓部を	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	必要品	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
27	II区	1号鍛冶工房	423	梲形鍛冶滓(特大、含鉄)	1,230.0	6	H(○)	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	長軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
28	II区	1号鍛冶工房	426	梲形鍛冶滓(中)	460.0	2	なし	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	短軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	
29	II区	1号鍛冶工房	431	梲形鍛冶滓(小、含鉄)	201.5	1	錆化(△)	滓部を中心に	-	-	-	-	-	-	○	-	-	直線状の切断	短軸端部 1/3	○	○	○	○	-	-	8世紀前半	

分析資料番号 1

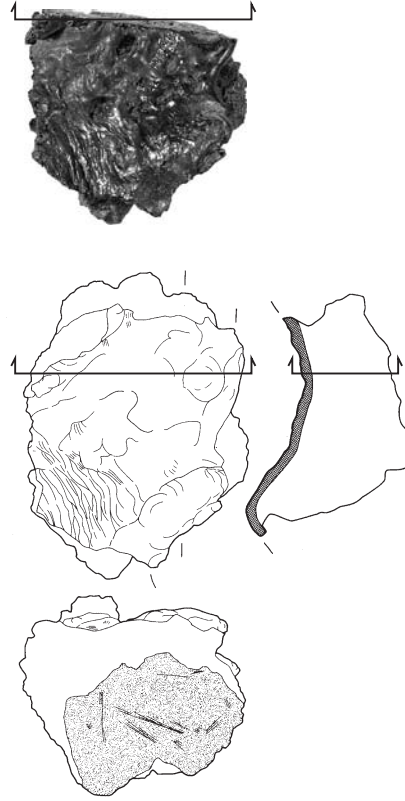
出土状況	遺跡名	泰山遺跡 I区1号製鉄炉 第4面1-12	遺物No. 時期相換 7世紀末~8世紀前半:出土器・放射性 炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落	12			項目	胎土
				出土位置	長さ 短径	直径 短径		
試料記号 化学: 放射化:	検鏡: 化学: 放射化:	MIN-1 MIN-1 —	23.9cm 22.0cm —	23.9cm 22.0cm —	22.0cm 5.3cm 1,240.0g	表:青黒色 地:褐灰~褐色	○ ○ ○	
遺物種類 (名称)	炉壁(上段、 砂鉄焼結付き、 巻巻き環付き)	長さ 短径 厚さ 重量	直径 短径	重量	磁着度 メタル 度	断面樹脂 3	放射化 カロリー X線透過	
観察所見	内面右端及び上端の一部に砂鉄焼結が残存。側面及び外面は破面。内面は溶化が進み、上半は発泡気味。下半は小さな垂れが生じ始めている。溶化した表面は暗灰色で、砂鉄焼結部の周辺には溶化した各鉄が付着している。砂鉄焼結部は、角張った砂鉄粒子と、表面が溶解し融合しているものも見られる。炉壁の胎土には、長さ4cm程の多量の多量のスサが混入している。炉壁断面を観察すると、炉の内面から厚さ5mm程度は溶化発泡し、その外側2cmは還元している。							
分析部分	直線状の切断。長軸端部1/4を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。							
備考	上段の炉壁として耐火度を測定し、下段の炉壁(MIN-2)と性状に違いがあるか比較・検討する。特に耐火度に違いがあるか調査したい。							



第390図 自然科学分析(1)

分析資料番号 2

出土状況	遺跡名	泰山遺跡 I区1号製鉄炉 第2面D-4	遺物No. 時期相換 7世紀末~8世紀前半:出土器・放射性 炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落	22			項目	胎土
				出土位置	長さ 短径	直径 短径		
試料記号 化学: 放射化:	検鏡: 化学: 放射化:	MIN-2 MIN-2 —	136cm 100cm —	136cm 100cm —	68cm 566.0g	表:青黒色 地:明褐~橙色	○ ○ ○	
遺物種類 (名称)	炉壁(下段、 通風孔1孔付き)	長さ 短径 厚さ 重量	直径 短径	重量	磁着度 メタル 度	断面樹脂 3	放射化 カロリー X線透過	
観察所見	内面は溶化し全面に垂れが生じている。溶化した表面は暗灰、暗青灰色~暗紫灰色である。炉壁の胎土には、長さ4~5cm程の多量の多量のスサが混入している。炉壁断面を観察すると、炉の内面から厚さ5mm程度は溶化し、残りは酸化している。①側面から外面が酸化している。②下端の垂れが生きており、下側が通風孔上側の形状をしていていることから、通風孔上側の炉壁であると考えると考えた。							
分析部分	直線状の切断。長軸端部1/4を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。							
備考	下段(通風孔上部)の炉壁として耐火度を測定し、上段の炉壁(MIN-1)と比較する資料としたい。特に耐火度に違いがあるか調査したい。							



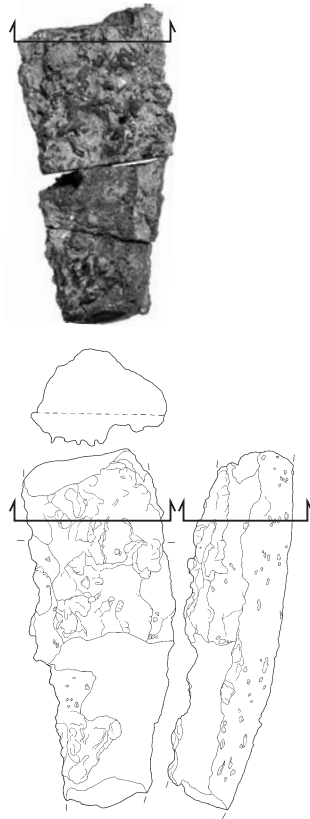
分析資料番号 4

出土状況	遺跡名	泰山遺跡	遺物No.	58		項目	澤	メタル
	出土位置	I区1号製鉄炉 第1面G区	時期相関	7世紀末~8世紀前半・周辺の鍛冶工房及び集落	分			
試料記号	検 査 学 放 射 化 学	法 則	長 径	31.5cm	破 片	マクロ	線 鏡 硬 度 CMA	澤
		短 径	13.8cm	遺 存 度				
遺物種類 (名称)	流出溝滓	厚 さ	8.5cm	磁 着 度	な し	X線回折 化学	X線回折 化学	澤
		重 量	4217.0g					

観察所見 左側右側が破面。上下面及び上側、下側面は生きています。断面形状はU字状で、流動滓が流れた溝の痕跡を残す。滓は上下で2層に分層できる。(以下下層を第1層、上層を第2層)第1層は浮質密で比重が高く気泡がほとんどない。第2層は浮質は粗く、角礫や粗砂粒を含む。断面には細かい気泡が多く観察できる。下層は粗砂粒が付着しており、上層はポーラス状で発泡している。又、右側部では第1層上面が観察でき、第1層は流動性の良い滓であることが確認できる。底面がU字状で最も厚い中央部で8.5cm。溝状の窪みを流孔出た滓であることから流出溝滓とした。上面左手は第2層が剥離している。

分析部分 長軸右端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。第1層と第2層をそれぞれ分析。残材返却。

備 考 第1層が流動性の高い、第2層が粗砂粒を巻き込んだポーラス状の滓である。木原村下より操業初期の流動滓の可能性があるとのコメントあり。I区1号製鉄炉では、最終的で、炉内に生成鉄を残留させたことと推測されている。MIN-4~7の分析成果を生成鉄の推測資料とした。



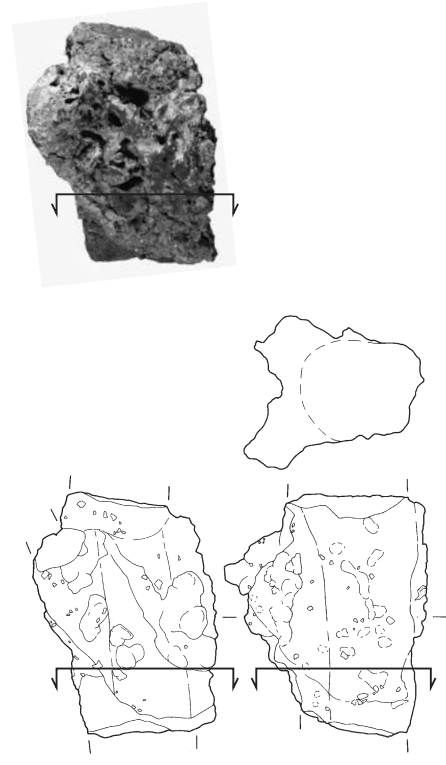
分析資料番号 3

出土状況	遺跡名	泰山遺跡	遺物No.	55		項目	澤	メタル
	出土位置	I区1号製鉄炉 第4面1-35	時期相関	7世紀末~8世紀前半・出土器・放射性炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落	分			
試料記号	検 査 学 放 射 化 学	法 則	長 径	11.0cm	破 片	マクロ	線 鏡 硬 度 CMA	澤
		短 径	9.3cm	遺 存 度				
遺物種類 (名称)	流出孔滓A	厚 さ	7.2cm	磁 着 度	な し	X線回折 化学	X線回折 化学	澤
		重 量	928.0g					

観察所見 径4.5~5cmの楕円状の孔で生成した流出孔滓。左右側面が破面であとは生きています。楕円形状の流出孔滓には5mm程度の角礫主体の炉床土が付着する。上側には板状に広がった上面に小さな単位の垂れが生じた滓が生じており、炉床土の付着は見られない。この部分は滓が高温で溶解している間の剥離面であると考えられる。断面楕円形状の孔に詰まった滓の浮質は密で比重が高い。断面の色調は光沢のある灰褐色。この部分気泡はほとんどない。炉壁と炉床土と炉内生成物の間に生じた滓と判断した。

分析部分 長軸左端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

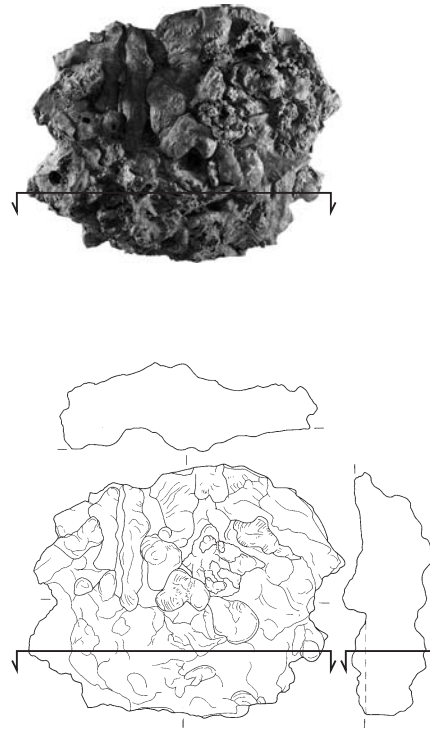
備 考 現在のたたら操業や操業実験の際、炉底の生成物を取りだした後に、炉壁と炉床土と生成鉄の間に生成される滓に類似した遺物。操業後、炉壁を取り除いた後に炉壁下にこのような滓が生成しているのを確認できる。



第391図 自然科学分析 (2)

分析資料番号 6

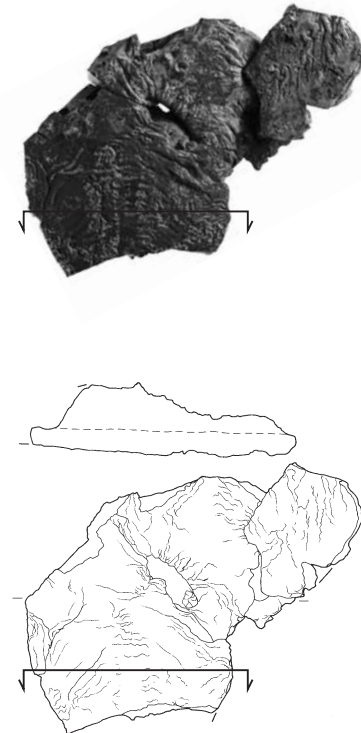
出土状況	遺跡名 出土地置	泰山遺跡 I区1号製鉄炉 第1面G区	遺物No. 時期相換	60		項目	メタル
				7世紀末～8世紀前半・出土器・放射性炭素年代測定・周辺の新治工房及び集落	分		
試験記号	検 査 : MIN-6 化 学 : MIN-6 放射化 : —	長 径 : 207cm 短 径 : 166cm	色 調	破 片	遺 存 度	マクロ	薄 膜 硬 度 CMA X線回折 化学
				表 : 褐色・青黒色	断 面 腐 蝕		
遺物種類 (名称)	流動滓	厚 さ : 55cm 重 量 : 22570g	磁 着 度 メタル 度	な し		耐 火 度 カ ロ リ ー 軟 化 点 X線透過	薄 膜 硬 度 CMA X線回折 化学
				な し			
<p>観察所見 薄質密。比重が高い。上面に流動性の高い流動滓と、ポーラス状の発泡した滓が混在する。また上面左手半がポーラス状、右手は重層した流動性の高い流動滓である。流動性の高い滓は、滓質が密で比重が高い。ポーラス状の滓は滓質が粗く、比重が低い。また内面に気泡が多くあり、粗砂粒や炉壁片を多く巻き込んでいた。下面には割れ口のある流動滓や炉壁片、粗砂粒が付着しており、排滓物が散らばったうえに流出した流動滓であると推察される。</p>							
<p>分析部分 長軸左端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。ポーラス状の滓と、流動性の高い滓をそれぞれ分析。残材返却。</p>							
<p>備 考 下面の観察から、操業途中の流動滓である可能性が高い。滓質が密な特徴的な流動滓である。I区1号製鉄炉では、最終操業で炉内に生成鉄を残留させたと推測されている。MIN-4～7の分析結果を生成鉄の推測資料とした。</p>							



第392図 自然科学分析 (3)

分析資料番号 5

出土状況	遺跡名 出土地置	泰山遺跡 I区1号製鉄炉 第4面	遺物No. 時期相換	59		項目	メタル
				7世紀末～8世紀前半・出土器・放射性炭素年代測定・周辺の新治工房及び集落	分		
試験記号	検 査 : MIN-5 化 学 : MIN-5 放射化 : —	長 径 : 216cm 短 径 : 166cm	色 調	破 片	遺 存 度	マクロ	薄 膜 硬 度 CMA X線回折 化学
				表 : 青黒色	断 面 腐 蝕		
遺物種類 (名称)	流動滓	厚 さ : 46cm 重 量 : 22240g	磁 着 度 メタル 度	な し		耐 火 度 カ ロ リ ー 軟 化 点 X線透過	薄 膜 硬 度 CMA X線回折 化学
				な し			
<p>観察所見 薄質密。比重が高い。上面平坦。流動性が非常に良い。上下面とも生きても生きている。側面は下部の一部以外、全面破面である。部分的に流れ跡が見られる。下面は粗砂粒や細かい炉壁片、流動滓が観察でき、排滓物が散らばったうえに流出した流動滓であると推察される。断面観察から2層に分層できるが、それぞれの滓質は密で、差異はほとんどない。細かい気泡はないが径3cmの気泡が上側面に点状に点在する。下側が生きており左右側上側は破面。</p>							
<p>分析部分 長軸左端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。</p>							
<p>備 考 下面の観察から、操業途中の流動滓である可能性が高い。滓質が密な特徴的な流動滓である。I区1号製鉄炉では、最終操業で炉内に生成鉄を残留させたと推測されている。MIN-4～7の分析結果を生成鉄の推測資料とした。</p>							



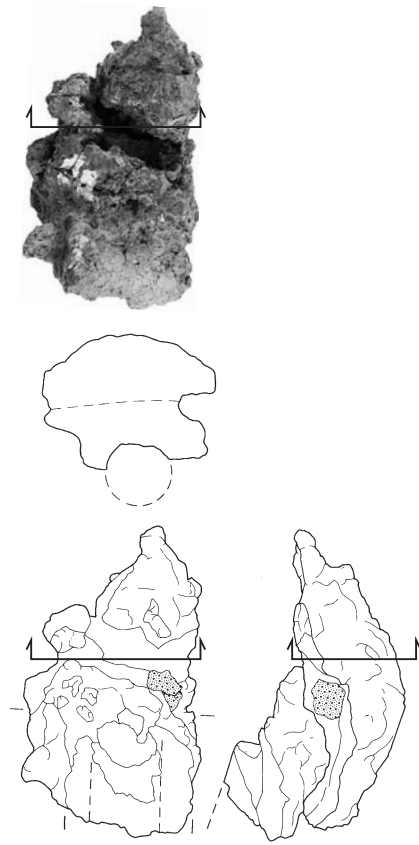
分析資料番号 8

分析資料番号	8					
出土状況	遺跡名 泰山遺跡 I区1号鍛冶工房 床直丁-2	遺物No. 再調査 7世紀末～8世紀前半：出土工器	381	項目	澤 マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射線 X線透過	メタル
出土位置	検 鏡：MIN-8 化 学：MIN-8 放射化：—	長 径：15.0cm 短 径：8.7cm 厚 さ：8.6cm 重 量：649.0g	色 調 表：藍色・青黒色 地：青黒色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 5 錆 化 (△)	
試料記号	検 鏡：MIN-8 化 学：MIN-8 放射化：—	長 径：15.0cm 短 径：8.7cm 厚 さ：8.6cm 重 量：649.0g	色 調 表：藍色・青黒色 地：青黒色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 5 錆 化 (△)	
遺物種類 (名称)	橢形鍛冶滓 (大、鍛冶羽口付 き、各鉄)	長 径：15.0cm 短 径：8.7cm 厚 さ：8.6cm 重 量：649.0g	色 調 表：藍色・青黒色 地：青黒色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 5 錆 化 (△)	

観察所見 平面不整形。2段。厚さ8.6cmとやや厚手。色調は黒褐色。滓質はやや密。上面左半部には羽口の頸部が付着している。羽口の頸部には通風孔が確認でき内径は約3cm。胎土には白色粒や細かいスサを混せ込んでいる。頸部の溶損が激しい。橢形鍛冶滓の上面には錆化した径2cm程の鉄塊が確認できる。鉄塊はほとんど錆化しており、残存の金属鉄はほとんど無い。

分析部分 長軸右端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

備 考 I区1号鍛冶工房出土の大形の橢形鍛冶滓。MIN-8～10がI区1号鍛冶工房から抽出した大形から小形の橢形鍛冶滓3点で、I区鍛冶工房の作業段階を推測する資料としたい。



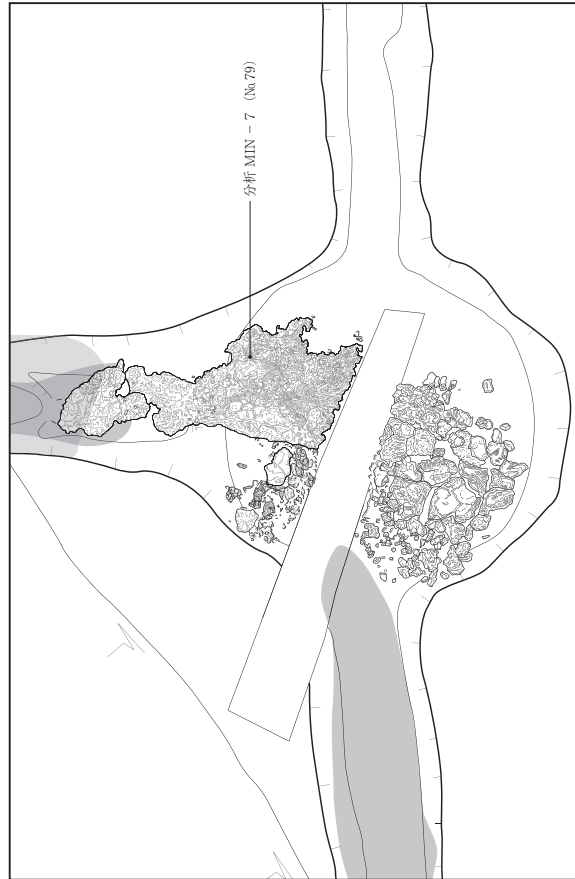
分析資料番号 7

分析資料番号	7					
出土状況	遺跡名 泰山遺跡 I区1号製鉄炉 第4回	遺物No. 再調査 7世紀末～8世紀前半出土工器・放射性 炭素年代測定・周辺鍛冶工房及び薬部	63	項目	澤 マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射線 X線透過	メタル
出土位置	検 鏡：MIN-7 化 学：MIN-7 放射化：—	長 径：183.0cm 短 径：82.0cm 厚 さ：8.1cm 重 量：109,461.0g	色 調 表：青黒色～紫 地：灰色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 — 1 な し	
試料記号	検 鏡：MIN-7 化 学：MIN-7 放射化：—	長 径：183.0cm 短 径：82.0cm 厚 さ：8.1cm 重 量：109,461.0g	色 調 表：青黒色～紫 地：灰色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 — 1 な し	
遺物種類 (名称)	流動滓	長 径：183.0cm 短 径：82.0cm 厚 さ：8.1cm 重 量：109,461.0g	色 調 表：青黒色～紫 地：灰色	分 析	破 片 遺 存 度 断 面 断 脂 — 1 な し	

観察所見 製鉄炉から排滓場中央まで流出した流動滓。183×8cmと大形である。約2～10数cm幅の流動滓が重層しながら流れている。多いところでは3枚の流動滓が重なっている。それぞれの流動滓は2～3cmと薄い。流動性が良く一気に広がったと推測される。本資料は、大形の流動滓の中央部分の一部を取り出したものである。

分析部分 必要品。返却不要。

備 考 I区1号製鉄炉南側排滓場で出土した流動滓。I区1号製鉄炉最終操業時の流動滓と考えられる。I区1号製鉄炉では、最終操業で、炉内に生成滓を残置させたと推測されている。MIN-4～7の分析成果を生成滓の推測資料としたい。MIN-4～6は操業初期から途中の流動滓。MIN-7を最終操業時の流動滓として分析し、生成滓を推測したい。3基の炉の最終操業の流動滓では最も薄い。少なくとも炉から約185cmは滓が流れており、非常に流動性の高い滓であると推測される。分析資料は中央の一部を取り出したものである。(下図参照)。



第393図 自然科学分析 (4)

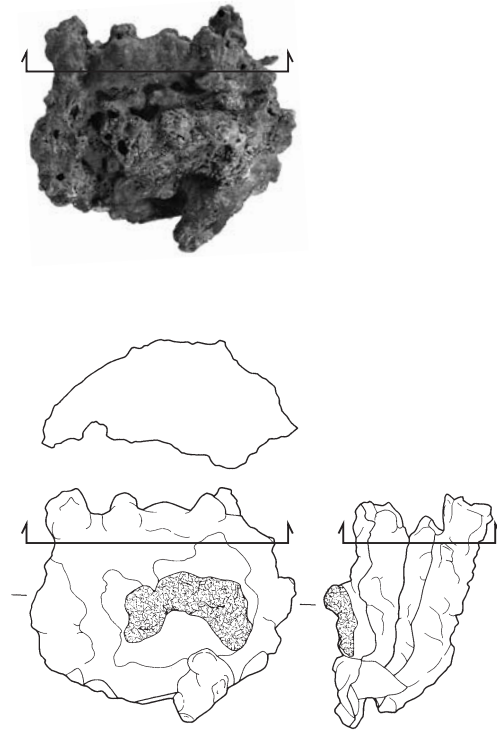
分析資料番号 9

出土状況	遺跡名 出土位置	案山遺跡 I区1号鍛冶工房 床直K-2		遺物No. 時期推定	382 7世紀末～8世紀前半：出土土器			項目 マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射線 透過	層	メタル
		検鏡：MIN-9 化学：MIN-9 放射化：—	長さ 短径 厚さ 重量		法 短径 厚さ 重量	破片 遺存度 断面磨脂 3 錆化(△)				
試料記号 放射化：—	検鏡：MIN-9 化学：MIN-9 放射化：—	長さ 短径 厚さ 重量	法 短径 厚さ 重量	色調 表：青黒～黒褐色 地：青黒色	破片 遺存度 断面磨脂 3	錆化(△)				
遺物種類 (名称)	楕形鍛冶滓 (大、含鉄)	長さ 短径 厚さ 重量	法 短径 厚さ 重量	色調 表：青黒～黒褐色 地：青黒色	破片 遺存度 断面磨脂 3	錆化(△)				

観察所見 平面不整形。厚さ5.0cmとやや厚手。色調は黒褐色。滓質は密。上面左端部に羽口起源の粘土質溶解物が付着しており、上面中央まで広がっている。上面中央に酸化土砂が付着しており内部には種々な各鉄部がある。

分析部分 長軸右端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

備考 I区1号鍛冶工房出土の大形の楕形鍛冶滓。MIN-8～10がI区1号鍛冶工房から抽出した大形から小形の楕形鍛冶滓3点で、I区鍛冶工房の作業段階を推測する資料としたい。右側から見るとほぼ1段である。左側～上側部側から見るとはほぼ1段である。



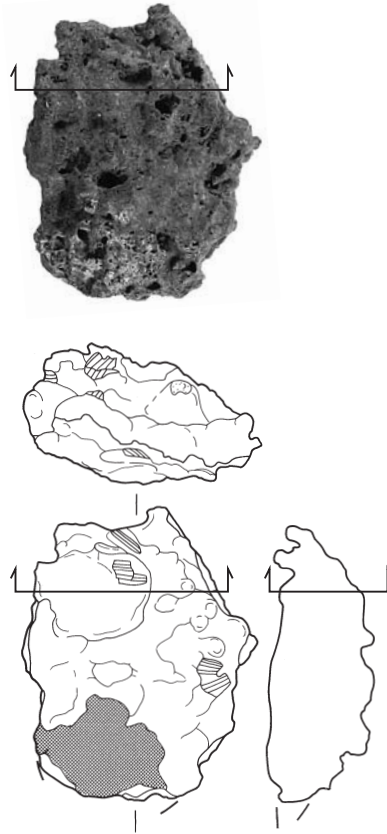
分析資料番号 10

出土状況	遺跡名 出土位置	案山遺跡 I区1号鍛冶工房 1号土坑		遺物No. 時期推定	388 7世紀～8世紀前半：出土土器			項目 マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射線 透過	層	メタル
		検鏡：MIN-10 化学：MIN-10 放射化：—	長さ 短径 厚さ 重量		法 短径 厚さ 重量	破片 遺存度 断面磨脂 — 3 なし				
試料記号 放射化：—	検鏡：MIN-10 化学：MIN-10 放射化：—	長さ 短径 厚さ 重量	法 短径 厚さ 重量	色調 表：黒褐色 地：青黒色	破片 遺存度 断面磨脂 — 3 なし					
遺物種類 (名称)	楕形鍛冶滓 (小)	長さ 短径 厚さ 重量	法 短径 厚さ 重量	色調 表：黒褐色 地：青黒色	破片 遺存度 断面磨脂 — 3 なし					

観察所見 平面不整形円形。厚さ3.3cmとやや厚手。色調は黒褐色。滓質はやや密。上面は木炭灰が散在し、下面は全面に細かい粉炭灰が観察できる。上面左端部には羽口起源の粘土質溶解物が付着しており上面左半分に分広がる。

分析部分 長軸右端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

備考 I区1号鍛冶工房出土の大形の楕形鍛冶滓。MIN-8～10が大形から小形の楕形鍛冶滓3点で、I区鍛冶工房の作業段階を推測する資料としたい。



第394図 自然科学分析 (5)

[1] 金属学的分析

第5章 自然科学分析

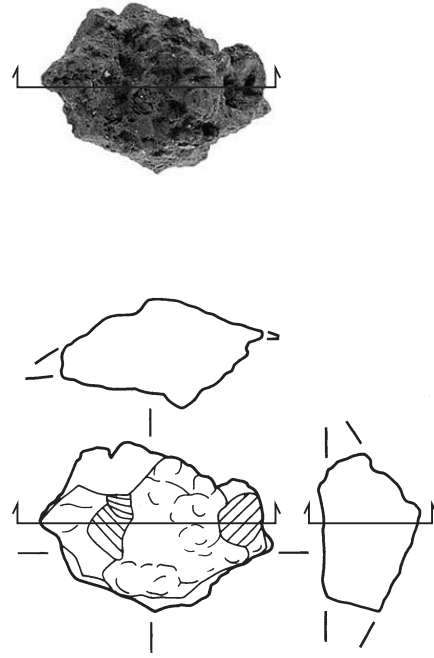
分析資料番号 12

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 I区11号住居		遺物No. 時期相関	476		項目	澤	メタル
		検鏡：MIN-12 化学：MIN-12 放射化：—	長さ 短径 厚さ		直径 短径 重量	8世紀第2四半期：出土土器			
試料記号	検鏡：MIN-12 化学：MIN-12 放射化：—	長さ 短径 厚さ	直径 短径 重量	色調	表：黒褐色 地：暗褐色	破片 —	マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射化 X線透過	○ ○ ○	
遺物種類 (名称)	楕形鋸治漆 (極小)	重量 37.8g	長さ 短径 厚さ	磁着度 メタル 度	なし	2			

観察所見 平面不整形円形。厚さ2.4cmとやや薄手。色調は黒褐色。上面は木炭灰が散在し、下面は全面に細かい粉状灰が観察できる。

分析部分 長軸1/2を直線状に切断し、澤部を中心に分析に用いる。残材返却。

備考 I区11号住居を代表する小形の楕形鋸治漆。本遺構からは大形の楕形鋸治漆は出土しなかった。本資料を抽出資料としてI区11号住居の作業段階を推測したい。



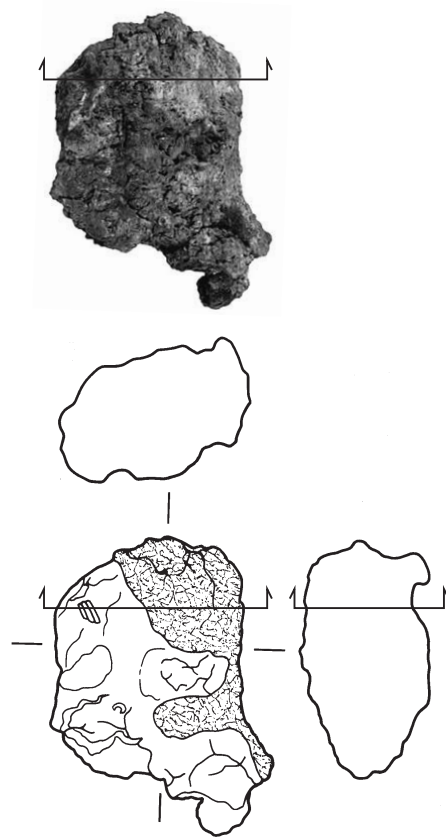
分析資料番号 11

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 I区1号鍛冶工房 灰皿K-2		遺物No. 時期相関	414		項目	澤	メタル
		検鏡：MIN-11 化学：MIN-11 放射化：—	長さ 短径 厚さ		直径 短径 重量	7世紀末～8世紀前半：出土土器			
試料記号	検鏡：MIN-11 化学：MIN-11 放射化：—	長さ 短径 厚さ	直径 短径 重量	色調	表：黒褐色 地：黒褐色	破片 ○	マクロ 鏡 硬度 CMA X線回折 化学 耐久度 カロリー 放射化 X線透過	○ ○ ○	
遺物種類 (名称)	鉄塊系遺物	重量 109.2g	長さ 短径 厚さ	磁着度 メタル 度	特L(☆)	7			

観察所見 黒褐色。放射割れが激しく錆化が進んでいる。メタル度特L(☆)と金属鉄が残存している。澤部がほとんどなく鉄塊系遺物とした。下部部は酸化土砂に厚く覆われている。

分析部分 長軸右端部1/3を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。残材の断面に樹脂塗布。残材返却。

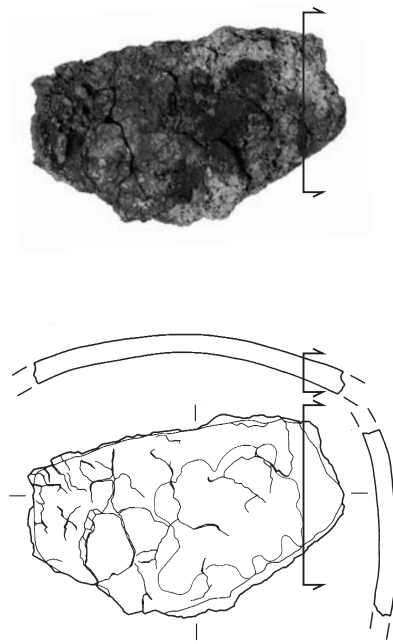
備考 I区1号鍛冶工房出土の鉄塊系遺物として分析。酸化土砂に覆われ、割れ口不明。澤部が殆どなく、残存金属鉄の多く錆化した金属部が主体であることから、鉄塊系遺物とした。比重が高い。



第395図 自然科学分析 (6)

出土状況	遺跡名	泰山遺跡		遺物No.	469		項目	金属
	出土位置	I区8号住居		時期相	8世紀第2四半期：出土土器			
試料記号	検鏡：MIN-13 化学：MIN-13 放射化：—	長さ	11.9cm	色調	破片	破片	マクロ	○
		短径	7.7cm					
遺物種類 (名称)	鑄造の器片 (鉄鍔か鉄釜)	厚さ	0.6cm	磁着度	7	特孔(☆)	X線回折 化学	○
		重量	273.0g					
観察所見 鑄造品。厚さは6mmで均一。縦断、横断面とも湾曲しており上面が内面。破片から推定すると器の直径は約40cm。表面に激しい放射割れがある。内外面とも酸化土砂に覆われており内面下半には粉炭が付着している。								
分析部分 必要品。								

備 考 本遺跡出土唯一の鑄造品。8世紀第2四半期の住居から出土。I区1号鍛冶工房とはほぼ同時期。本遺構からは、炉内滓、碗形鍛冶滓、小形の鍛造鉄製品が出土している。いずれも本遺構の床直上の遺物ではないが、周辺に8世紀後半以降の遺構はなく、滓類を伴って出土したことから、I区1号鍛冶工房に関連した遺物であると推測することができる。



出土状況	遺跡名	泰山遺跡		遺物No.	121		項目	金属
	出土位置	II区1号製鉄炉 27-F		時期相	8世紀前半：出土土器、放射性炭素年代測定、周辺の鍛冶工房及び集落			
試料記号	検鏡：MIN-14 化学：MIN-14 放射化：—	長さ	5.0cm	色調	破片	破片	マクロ	○
		短径	1.5cm					
遺物種類 (名称)	砂鉄焼結塊	厚さ	1.7cm	磁着度	4	なし	X線回折 化学	○
		重量	14.5g					
観察所見 厚さ1.3cm前後の破片。下面が破面。破面にはスチ痕がある粘土が付着しており、炉壁から剥離したと考えられる。上面暗褐色、下面暗青灰色で、下面の方が還元が進んでいる。								
分析部分 長軸1/2を直線状に切断し、砂鉄焼結を分析に用いる。残材返却。								

備 考 炉壁表面から剥離したものと推定される。砂鉄粒子の外観はやや角張っている。粒径はやや細かい。下面は還元が進み、結合している砂鉄が多い。遺跡は、金山丘陵北端の沖積低地に接している。本遺跡地周辺は、渡良瀬川流域の砂鉄採取には適した地域であったと推察できる。原料砂鉄として分析。



第5章 自然科学分析

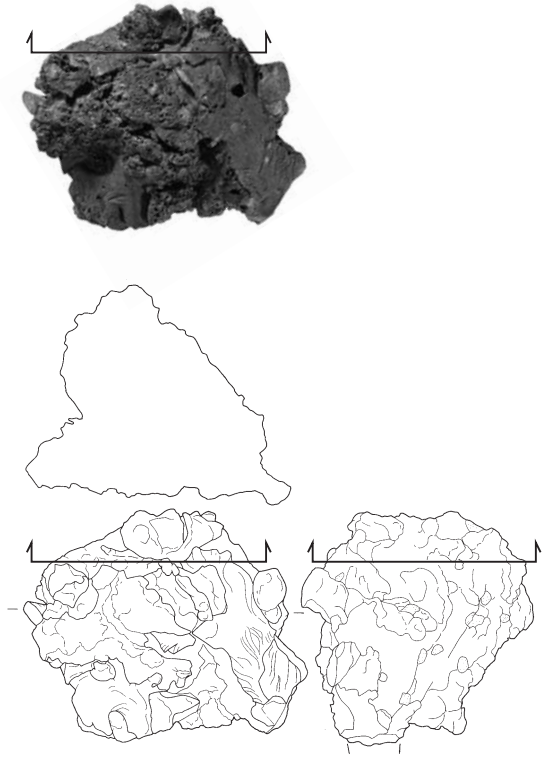
分析資料番号 16

出土状況	遺跡名 出土位置	釜山遺跡 II区1号製鉄炉 21-K		遺物No. 時期相換	194		項目	澤	メタル
		年代測定 S世紀前半 年表制定	周辺の鍛冶工場及び集落		放射性炭素 年代測定	放射線工法及び集落			
試料記号	検 査 : MIN-16 放射化 : ー	長 径 : 17.4cm 短 径 : 14.2cm	遺 存 度 : 破 片	色 調	表 : 紫~青黒色 地 : 青黒色	破 片	マクロ 鏡 視 硬 度 CMA X線回折 化学	○	
遺物種類 (名称)	流出溝滓	厚 さ : 12.9cm 重 量 : 2,531.0g	断 面 断 脂 : ー	縦 着 度 メタル 度	2	な し	耐久度 カロリー 放射化 X線透過	○	
観察所見	上面に流動性の高い流動滓と、ポーラス状の発泡した滓が混在する。上面左中央から上側にかけてポーラス状の滓、上面左上と下側に、流動性の高い流動滓がある。流動性の高い滓は、滓質が密で比重が高い。ポーラス状の滓は滓質が粗く、比重が低い。また内面に気泡が多くあり、粗砂粒や炉壁片を多く巻き込んでいる。下面には炉壁片、粗砂粒が付着している。断面を観察すると、上部はポーラス状の滓と流動性の高い流動滓が混在している。鉄塊が右側断面中央の気泡内に観察できる。幅12cm程で流出した滓。								
分析部分	長軸右端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。								
備 考	MIN-16~18を分析し、II区1号製鉄炉の生成鉄塊の資料としたい。								

分析資料番号 15

出土状況	遺跡名 出土位置	釜山遺跡 II区1号製鉄炉 34-Q		遺物No. 時期相換	185		項目	澤	メタル
		年代測定 S世紀前半 年表制定	周辺の鍛冶工場及び集落		放射性炭素 年代測定	放射線工法及び集落			
試料記号	検 査 : MIN-15 放射化 : ー	長 径 : 26.4cm 短 径 : 7.5cm	遺 存 度 : 破 片	色 調	表 : 暗灰色 地 : 光沢ある褐色	破 片	マクロ 鏡 視 硬 度 CMA X線回折 化学	○	
遺物種類 (名称)	流出孔滓A (炉壁と炉床土の間に 生成される流出孔滓)	厚 さ : 4.6cm 重 量 : 1,381.0g	断 面 断 脂 : ー	縦 着 度 メタル 度	1	な し	耐久度 カロリー 放射化 X線透過	○	
観察所見	径2.5~3cmの楕円状の孔で生成した流出孔滓。左右側面が破面であるとは生きている。楕円形状の流出孔滓には5mm程の角礫主体の炉床土が付着する。上側には板状に広がった上面に小さな単位で溶解している面の剥離面であると考えられる。断面は角礫の付着は見られない。この部分は滓が高温で溶解している面の剥離面であると考えられる。断面楕円形状の孔に詰まった滓の滓質は密で比重が高い。断面の色調は光沢のある灰褐色。この部分気泡はほとんどない。炉壁と炉床土と炉内生成物の間に生じた滓と判断した。								
分析部分	長軸左端部1/5を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。								
備 考	現在のたたらたらの操業や操業実験の際、炉底に生成した鉄塊を取り出し出した後に、炉壁と炉床土と生成鉄の間に生じる滓に類似する遺物と考えた。								

390



第397図 自然科学分析 (8)



391

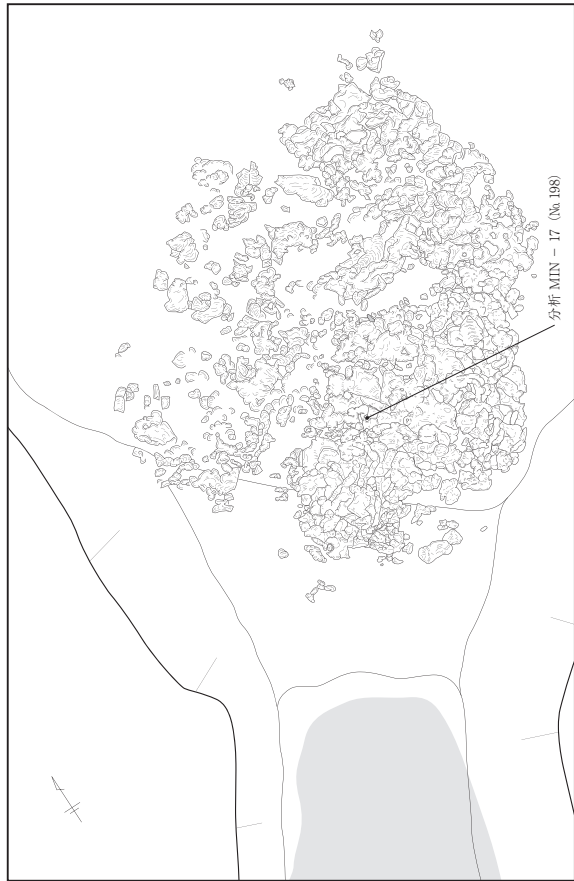
分析資料番号 17

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 II区1号製鉄炉 北排滓坑		遺物No. 時期相関	198			項目	メタル
		8世紀前半：出土土器・放射性炭素年代測定・周辺の濠掘工房及び集落	表：青～紫黒色		遺存度	破片	分		
試料記号 放射化：	MIN-17 —	検 査：MIN-17	長 径	132.0cm	色 調		マクロ 鏡 貌 硬 度 CMA X線回折 化 学	薄 膜 度 CMA X線回折 化 学	薄 膜 度 CMA X線回折 化 学
		放射化：	短 径	51.0cm	断面樹脂	—			
遺物種類 (名称)	流動滓	厚 さ	8.2cm	磁着度	1	析	耐久度 放射化 カロリー X線透過	耐久度 放射化 カロリー X線透過	メタル
		重 量	841200g	メタル 度	なし				

観察所見 製鉄炉から排滓坑全体に流出した大形の流動滓。132×51cmを測る。約2～10cm幅の流動滓が重層しながら流れている。多いところでは2枚の流動滓が重なっている。それぞれの流動滓の厚さは2～6cmである。本資料は、大形の流動滓の中央部分の一部を取り出したもので、最も上層の流動滓である。

分析部分 必要品。返却不要。

備 考 I区1号製鉄炉最終操業時の流動滓。3基の製鉄炉のうち2番目に厚い。MIN-16～18を科学分析し、II区1号製鉄炉の操業の実態や生成鉄を推測する資料としたい。



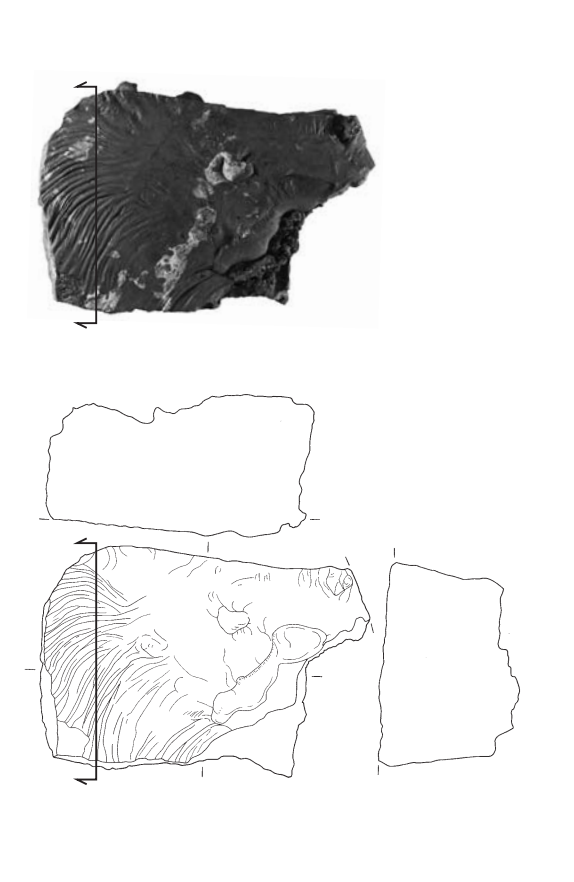
分析資料番号 18

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 II区1号製鉄炉 16-H		遺物No. 時期相関	197			項目	メタル
		8世紀前半：出土土器・放射性炭素年代測定・周辺の濠掘工房及び集落	表：青～紫黒色		遺存度	破片	分		
試料記号 放射化：	MIN-18 —	検 査：MIN-18	長 径	20.5cm	色 調		マクロ 鏡 貌 硬 度 CMA X線回折 化 学	薄 膜 度 CMA X線回折 化 学	薄 膜 度 CMA X線回折 化 学
		放射化：	短 径	14.0cm	断面樹脂	—			
遺物種類 (名称)	流動滓	厚 さ	9.0cm	磁着度	2	析	耐久度 放射化 カロリー X線透過	耐久度 放射化 カロリー X線透過	メタル
		重 量	45250g	メタル 度	なし				

観察所見 上面平坦。流動性が非常に良い流動滓である。上下面とも生きており、側面は全面破面である。部分的に流れ線が見られる。滓質は非常に密。比重が非常に高い。

分析部分 長軸上端部1/4を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

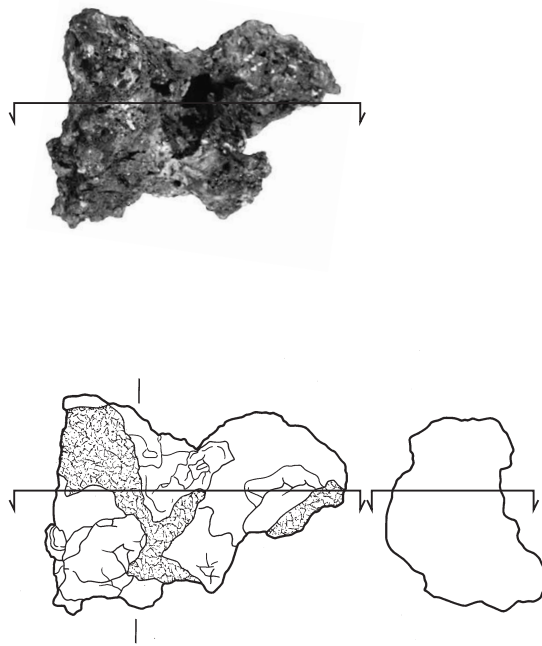
備 考 MIN-16～18を科学分析し、II区1号製鉄炉の操業の実態や生成鉄を推測する資料としたい。



第398図 自然科学分析 (9)

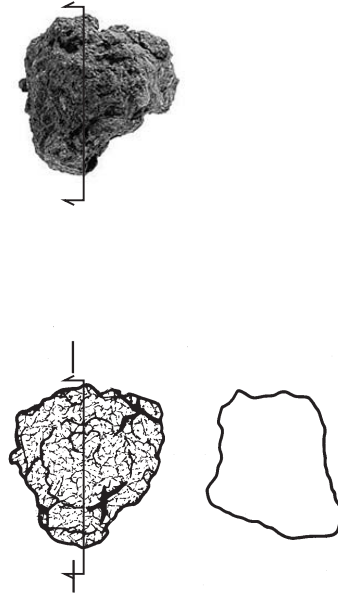
分析資料番号 - 21

出土状況	遺跡名 出土位置	塚山遺跡 II区1号製鉄炉 14-1	遺物No. 時期推定	162			項目	金属	
				8世紀前半・出土土器・放射線炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落					マクロ
試料記号	検 査：MIN-21 化 学：MIN-21 放射化：—	長 径 短 径 厚 さ	色 調	表面	破 片	分 析	マクロ	薄	
				表：黒褐色	遺存度				放射線炭素年代測定
遺物種類 (名称)	短軸系遺物	重 量	磁着度 メタル 度	6			放射線炭素年代測定	X線回折 化学	放射線炭素年代測定
				特L (☆)					
観察所見 黒褐色。内部から錆が滲み出ており全体に鉄部が含有している。欠損部は空洞になっており、気泡が内在している。放射線炭素年代測定は、全体に多く鉄部が含有している。メタル度特L (☆)と高く、金属鉄が残存している。									
分析部分 短軸端部1/2を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。残材返却。									
備 考 メタル度特L (☆)と金属鉄が残存する。薄部が主体であることから炉内滓とした。放射線炭素年代測定は、金属鉄が多い。									



分析資料番号 - 22

出土状況	遺跡名 出土位置	塚山遺跡 II区1号製鉄炉 21-K	遺物No. 時期推定	170			項目	金属	
				8世紀前半・出土土器・放射線炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落					マクロ
試料記号	検 査：MIN-22 化 学：MIN-22 放射化：—	長 径 短 径 厚 さ	色 調	表面	破 片	分 析	マクロ	薄	
				表：黒褐色	遺存度				放射線炭素年代測定
遺物種類 (名称)	鉄塊系遺物	重 量	磁着度 メタル 度	6			放射線炭素年代測定	X線回折 化学	放射線炭素年代測定
				特L (☆)					
観察所見 黒褐色。放射線炭素年代測定は、全体に多く鉄部が含有している。メタル度特L (☆)と高く、金属鉄が残存している。薄部がほとんどなく鉄塊系遺物とした。									
分析部分 長軸端部1/2を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。残材の断面に樹脂塗布。残材返却。									
備 考 II区1号製鉄炉出土の鉄塊系遺物として分析。炉内環境を推測する資料としたい。									



第400図 自然科学分析 (11)

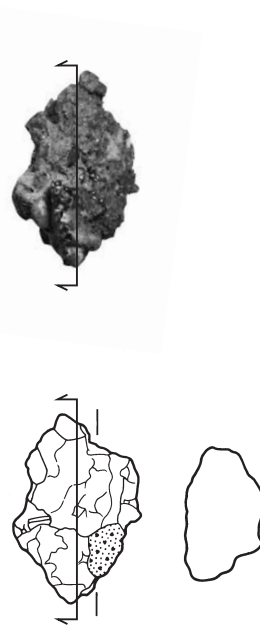
分析資料番号 - 23

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 II区1号製鉄炉 18-K	遺物No. 時期: 戦国	171			項目	メタル
				S世紀前半: 出土土器・放射性炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落				
試料記号	検 査: M I N - 23 化 学: M I N - 23 放射化: —	長 径 短 径 厚 さ	色 調 47cm 3.1cm 1.9cm	破 片	遺 存 度	破 片	マクロ 鏡 面 硬 度 CMA X線回折 化学	薄
				断面樹脂	—	—		
遺物種類 (名称)	鉄塊系遺物	量 重 量	磁着度 メタル 度	7 特L (☆)			放射化 カロリー X線透過	—

観察所見 黒褐色。放射部丸が散しく錆化が進んでいる。メタル度特L (☆) と高く金属鉄が残存している。薄部がほとんどなく鉄塊系遺物とした。

分析部分 長軸端部1/2を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。残材の断面に樹脂塗布。残材返却。

備 考 II区1号製鉄炉出土の鉄塊系遺物として分析。付着する粘土質溶解物は炉壁の溶解物か。炉内環境を推測する資料としたい。



第401図 自然科学分析 (12)

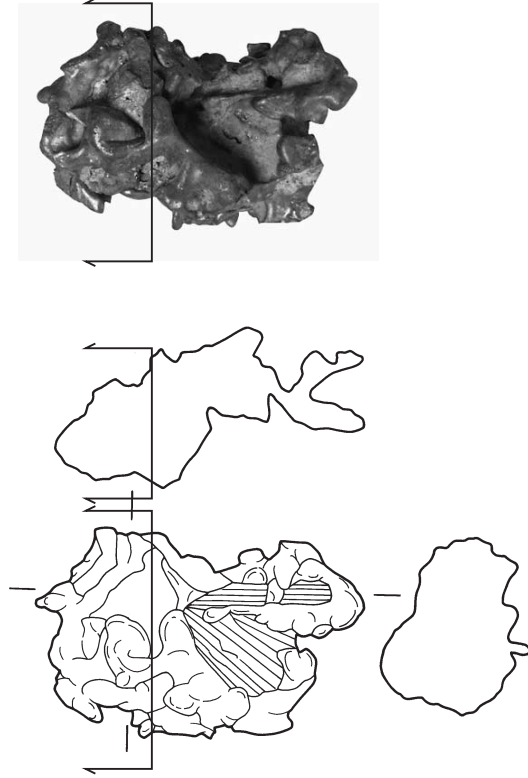
分析資料番号 - 24

出土状況	遺跡名 出土位置	泰山遺跡 II区2号製鉄炉 38-D	遺物No. 時期: 戦国	249			項目	メタル
				S世紀前半: 出土土器・放射性炭素年代測定・周辺の鍛冶工房及び集落				
試料記号	検 査: M I N - 24 化 学: M I N - 24 放射化: —	長 径 短 径 厚 さ	色 調 7.8cm 5.0cm 4.2cm	破 片	遺 存 度	破 片	マクロ 鏡 面 硬 度 CMA X線回折 化学	薄
				断面樹脂	—	—		
遺物種類 (名称)	炉内流動滓	量 重 量	磁着度 メタル 度	1 なし			放射化 カロリー X線透過	—

観察所見 小さな欠け口はあるものの、ほぼ完形の炉内流動滓。裏面には炉壁の可能性が高い粘土質溶解物が付着している。幅2cm程の木炭痕が、表面下部に散在する。炉壁と木炭間で生成した炉内流動滓と推測した。滓質は密で流動性は高い。磁着はない。

分析部分 必要品。

備 考 II区2号製鉄炉から抽出した炉内流動滓。



分析資料番号 26

出土状況	遺跡名	遺物No.	288		項目	澤	メタル
試料記号 放射化:	出土地位置 鏡: MIN-26 化学: MIN-26	遺跡 II区2号製鉄炉 北排滓坑	S世紀前半 年代測定	出土土器・放射性炭素 年代測定・周辺の雑居工房及び集落	マクロ	澤	メタル
検鏡: MIN-26 化学: MIN-26 放射化:	長さ 短径 厚さ	直径 820cm 152cm	色調	遺存度	破片	澤	メタル
遺物種類 (名称)	流動滓	磁着度 メタル 度	なし		析		

観察所見 製鉄炉から排滓坑全体に流出した流動滓。202×82cmを測る。約2～10数cm幅の流動滓が重層しながら流れている。多いところでは3枚の流動滓が重なっている。それぞれの流動滓は2～10数cmの厚さで、中央付近では厚いものが目立つ。長軸は約202cmと長く、流動性が良く、滓が一気に流れ出したことがわかる。炉近くでは流動滓が二手に分かれており、小口の両端に開けられた排滓孔から流出した滓が、排滓坑で合流していることがわかる。本資料は、大形の流動滓の中央部分の一部を取り出したものである。

分析部分 必要品。返却不要。

備考 II区2号製鉄炉の流動滓。1枚あたりの流動滓は3基の炉の中で最も厚い。MIN-25、MIN-26を科学分析しII区2号製鉄炉の操業の成態や生成鉄を推測する資料にしたい。

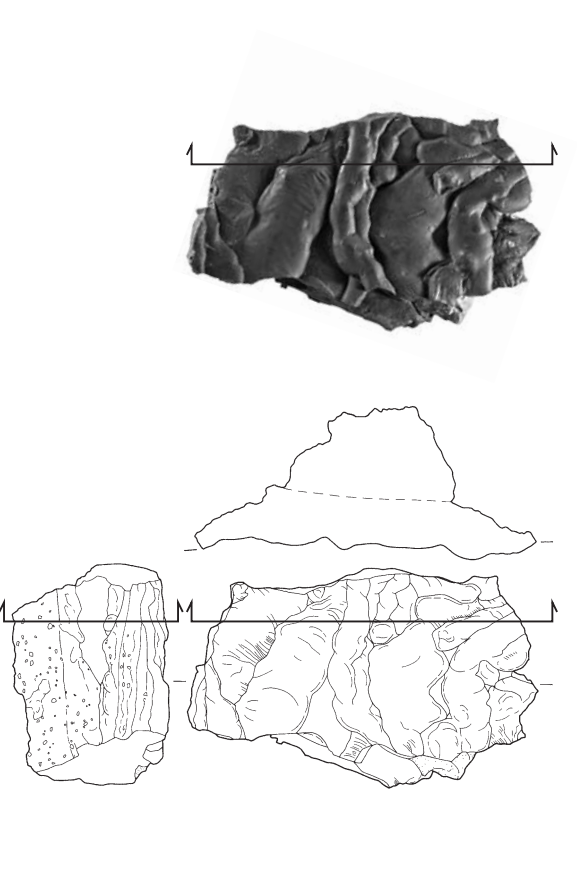
分析資料番号 25

出土状況	遺跡名	遺物No.	275		項目	澤	メタル
試料記号 放射化:	出土地位置 鏡: MIN-25 化学: MIN-25	遺跡 II区2号製鉄炉 31-F	S世紀前半 年代測定	出土土器・放射性炭素 年代測定・周辺の雑居工房及び集落	マクロ	澤	メタル
検鏡: MIN-25 化学: MIN-25 放射化:	長さ 短径 厚さ	直径 17.5cm 10.9cm	色調	遺存度	破片	澤	メタル
遺物種類 (名称)	流出溝滓	磁着度 メタル 度	なし		析		

観察所見 上下面が生きており、側面が全面破面。断面形状は幅6cm程のU字状で、流動滓が流れた箇所の痕跡を残す。滓は2層に分層でき、溝内を流れた滓の上に広く滓が流出している様子が観察できる。滓質は上下層とも密で、気泡は殆どなく比重も高い。上面は1～3cm幅の流動性の高い滓が、重層しながら流れている。下面は粗砂粒と細かい炉塵片が付着。底面がU字状で最も厚い中央部で約7.3cm、溝状の窪みを流れた滓であることから流出溝滓とした。溝状の窪みは6cmと細い。

分析部分 短軸右端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。

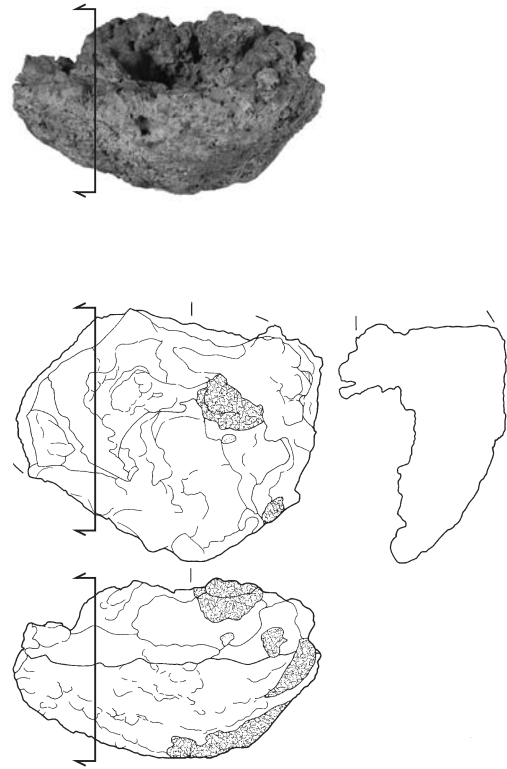
備考 MIN-25、MIN-26を科学分析し、II区2号製鉄炉の操業の成態や生成鉄を推測する資料にしたい。



第402図 自然科学分析 (13)

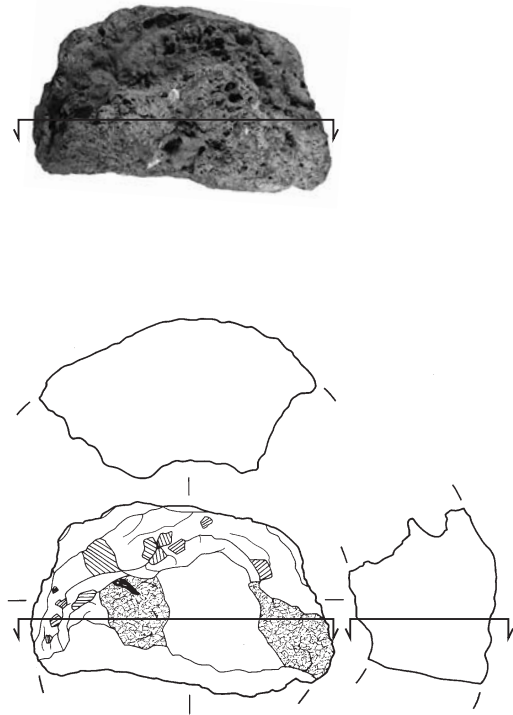
分析資料番号 27

出土状況	遺跡名	釜山遺跡 II区1号炭窯 床直	遺物No.	423	項目	澤	メタル
	出土位置	II区1号炭窯 床直	時期相異	8世紀前半：周辺の遺構	マクロ		
試料記号	検鏡： MIN-27 化学： MIN-27 放射化： —	長さ	133cm	表：青黒～黒褐色 地：青黒色	検鏡 硬度 CMA	○	
		短径	111cm		遺存度		
遺物種類 (名称)	楕形鍛冶滓 (特大、含鉄)	厚さ	73cm	色調	X線回折 化学	○	
		重量	1.2300g		断面樹脂		
観察所見	平面不整形円形。厚さ7.3cmと厚手。色調は黒褐色。二段気味。浮質は密。細かい気泡が内在する。上面は起伏に富んだ形状で激しい垂れが生じている。下面は全面に細かい粉炭痕が観察でき一部炬床土が付着している。						
分析部分	長軸上端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。						
備考	本遺跡最大の楕形鍛冶滓。MIN-27(楕形鍛冶滓：特大)、MIN-28(楕形鍛冶滓：中)、MIN-29(楕形鍛冶滓：小)を、II区1号鍛冶工場の鍛冶段階推測の資料としたい。						



分析資料番号 28

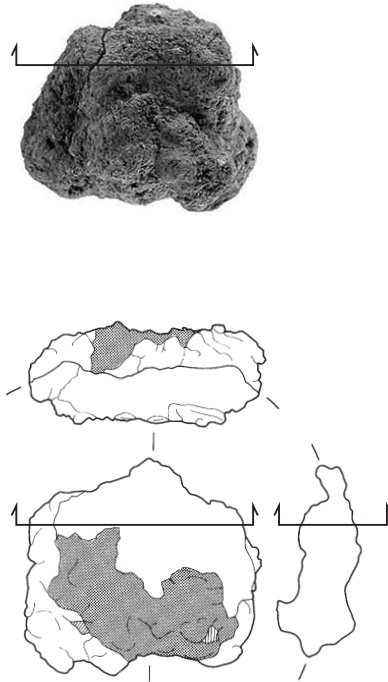
出土状況	遺跡名	釜山遺跡 II区1号鍛冶工房	遺物No.	426	項目	澤	メタル
	出土位置	II区1号鍛冶工房	時期相異	8世紀前半：周辺の遺構	マクロ		
試料記号	検鏡： MIN-28 化学： MIN-28 放射化： —	長さ	105cm	表：青黒～黒褐色 地：青黒色	検鏡 硬度 CMA	○	
		短径	67cm		遺存度		
遺物種類 (名称)	楕形鍛冶滓 (中)	厚さ	5.1cm	色調	X線回折 化学	○	
		重量	460.0g		断面樹脂		
観察所見	平面不整形円形。厚さ5.1cmと厚手。左側部欠損。色調は黒褐色。浮質は密。上面は木炭痕が散在し、下面は全面に炬床土が付着している。やや二段気味。						
分析部分	短軸左端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。						
備考	MIN-27(楕形鍛冶滓：特大)、MIN-28(楕形鍛冶滓：中)、MIN-29(楕形鍛冶滓：小)をII区1号鍛冶工場の鍛冶段階推測の資料としたい。						



第403図 自然科学分析 (14)

分析資料番号：29

出土状況	遺跡名	案山遺跡		遺物No.	431		項目	澁	メタル
	出土位置	Ⅱ区1号鍛冶工房 6-H		時期推定	8世紀前半：周辺の遺構				
試料記号	検 査：	MIN-28	長 径	83cm	色 調	表：青黒～黒褐色 地：青黒色	破 片	マクロ	○
	化 学：	MIN-29	短 径	76cm					
遺物種類 (名称)	放射化：	—	厚 さ	2.8cm	磁着度 メタル 度	断面樹脂 — I	析	X線回折 化学	○
		橢形鍛冶滓 (小、含鉄)	重 量	201.5g					
<p>観察所見 平面不整形。厚さ2cmとやや薄手。色調は黒褐色。浮質はやや密。上面は平滑で垂れが生じている。上面の欠け面は空洞で気泡が内在している。下面は全面に細かい粉炭痕が観察できる。木炭を多く囲み込んでいる。</p>									
<p>分析部分 短軸右端部1/3を直線状に切断し、分析に用いる。残材返却。</p>									
<p>備 考 MIN-27 (橢形鍛冶滓：特大)、MIN-28 (橢形鍛冶滓：中)、MIN-29 (橢形鍛冶滓：小) をⅡ区1号鍛冶工房の鍛冶段階推測の資料とした。</p>									



第404図 自然科学分析 (15)



第405図 鉄生産関連遺物の分類作業



第406図 分類された鉄生産関連遺物
(奥のパン箱に種類ごとに分類)

(2) 峯山遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の 金属学的調査

1. いきさつ

峯山遺跡は群馬県太田市強戸町に所在する。7世紀末から8世紀前半と推定される箱形炉3基や炭窯、鍛冶工房跡などの、製鉄から鍛冶に関する遺構群や遺物が多数検出されている。当遺跡での鉄生産の実態を検討する目的から、金属学的調査を行う運びとなった。

2. 調査方法

2-1. 供試材

Table 1に示す。製鉄・鍛冶関連遺物計29点の調査を行った。

2-2. 調査項目

(1) 肉眼観察

遺物の外観上の観察所見を簡単に記載した。

(2) 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、投影機の5倍で撮影したものを指す。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。

(3) 顕微鏡組織

滓中に晶出する鉱物及び鉄部の調査を目的として、光学顕微鏡を用い観察を実施した。観察面は供試材を切り出した後、エメリー研磨紙の#150、#240、#320、#600、#1000、及びダイヤモンド粒子の 3μ と 1μ で順を追って研磨している。なお金属組織の調査では腐食(Etching)液に5%ナイトル(硝酸アルコール液)を用いた。

(4) ビッカース断面硬度

鉄滓中の鉱物と、金属鉄の組織同定を目的として、ビッカース断面硬度計(Vickers Hardness Tester)を用いて硬さの測定を行った。試験は鏡面研磨した試料に 136° の頂角をもったダイヤモンドを

押し込み、その時に生じた窪みの面積をもって、その荷重を除いた商を硬度値としている。試料は顕微鏡用を併用した。

(5) EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) 調査

化学分析を行えない微量試料や鉱物組織の微小域の組織同定を目的とする。

分析の原理は、真空中で試料面(顕微鏡試料併用)に電子線を照射し、発生する特性X線を分光後に画像化し、定性的な結果を得る。更に標準試料とX線強度との対比から元素定量値をコンピューター処理してデータ解析を行う方法である。

(6) 化学組成分析

供試材の分析は次の方法で実施した。

全鉄分(Total Fe)、金属鉄(Metallic Fe)、酸化第一鉄(FeO):容量法。

炭素(C)、硫黄(S):燃焼容量法、燃焼赤外吸収法。

二酸化硅素(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化カルシウム(CaO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化カリウム(K_2O)、酸化ナトリウム(Na_2O)、酸化マンガン(MnO)、二酸化チタン(TiO_2)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化燐(P_2O_5)、バナジウム(V)、銅(Cu)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2):ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer)法:誘導結合プラズマ発光分光分析。

(7) 耐火度

主に炉材の性状調査を目的とする。耐火度は、熔融現象が進行の途上で軟化変形を起こす状態の温度で表示される。胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に作り、1分間当たり 10°C の速度で温度 $1,000^\circ\text{C}$ まで上昇させ、以降は 4°C に昇温速度を落とし、試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度を示している。

3. 調査結果

3-1. I区

3-1-1. 1号製鉄炉出土遺物

MIN-1: 炉壁

(1) 肉眼観察：強い熱影響を受けて、内面が黒色ガラス質滓化した上段炉壁片である。また一部砂鉄が焼結しており、その周囲には茶褐色の鉄錆化物が付着している。胎土中には短く切ったスサが多量に混和されている。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 1 ①に示す。内面表層のガラス質滓部分である。表層部の灰褐色不定形結晶はマグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4) で、製鉄原料の砂鉄が分解・滓化したものと推定される。

(3) 化学組成：Table 2に胎土分析を示す。強熱減量 (Ig loss) は3.18%と低めであった。熱影響を受けて、結晶構造水の大半が飛散した状態である。鉄分 (Fe_2O_3) は2.63%と低めで、酸化アルミニウム (Al_2O_3) も15.56%と低値である。

(4) 耐火度：1,187°Cであった。製鉄炉の炉壁としては、やや低めの耐火性状を呈する。

MIN-2: 炉壁

(1) 肉眼観察：強い熱影響を受けて、表面が黒色ガラス質化した下段炉壁片である。内面表層は皺状の凹凸がみられる。胎土中には短く切ったスサが多量に混和される。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 1 ②~④に示す。②は内面表層のガラス質滓部分である。灰褐色微小結晶はマグネタイトが析出する。また③④は胎土部分で、中央の灰褐色粒は、粘土混入の砂鉄粒子で通風孔上部の高温域で熱影響を受けて、外周の分解・滓化が進行した様相を留めた砂鉄粒子〔含チタン鉄鉱^(註1)〕である。粒径は0.1mm以下とごく小さく、製鉄原料ではなく炉壁粘土中に自然混入した可能性が高い。因にMIN-1炉壁中の混入砂鉄の分解・滓化の程度は該品よりも弱い(組織は割愛)。

(3) 化学組成：Table 2に示す。強熱減量 (Ig loss) は2.08%と低値であった。鉄分 (Fe_2O_3) は

6.09%と高値で、酸化アルミニウム (Al_2O_3) は15.92%と低めであった。

(4) 耐火度：1,185°Cであった。炉壁 (MIN-1) とほぼ同等で、やや低めの耐火性状である。製鉄炉の上・下部位に対する充當配慮はなさそうである。

MIN-3: 流出孔滓A

(1) 肉眼観察：928 gを測る炉底塊と炉壁間の小型の流出孔滓の破片と推測される。または製鉄炉内で生成鉄との間に生じた滓の可能性も指摘されている。断面不整形で、表面には炉壁が薄く付着する。滓の色調は黒灰色で、破面の気孔は少なく緻密な滓である。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 1 ⑤~⑦に示す。滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネル (Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) とヘーシナイト (Hercynite: $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) の固溶体^(註2)、さらに淡灰色柱状結晶ファヤライト (Fayalite $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) も晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

また⑥の右側は、還元・滓化の進んだ砂鉄粒 (含チタン鉄鉱) で、点在する微小白色部は金属鉄である。⑤の中央もごく微細な金属鉄である。5%ナイタルで腐食したところ、フェライト (Ferrite: α 鉄) 素地に、針状セメントイト (Cementite: Fe_3C) が析出する。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕を、Photo. 1 ⑦に示す。硬度値は731Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトを主な端成分とする固溶体である^(註3)。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 28.34%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.01%、酸化第1鉄 (FeO) 32.05%、酸化第2鉄 (Fe_2O_3) 4.89%の割合であった。造滓成分 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) は55.53%と高値で、このうち塩基性成分 ($\text{CaO} + \text{MgO}$) は6.81%であった。また製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO_2) は4.21%、バナジウム (V) 0.10%、二酸化ジルコニウム (ZrO_2) 0.02%、酸化マンガン (MnO) は

0.43%、銅 (Cu) は<0.01%と低値であった。

以上の鉍物・化学組成から、当資料は低チタン (TiO₂) 砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

MIN-4：流出溝滓

(1) 肉眼観察：上面が緩やかな流動状で、幅10cmを超える大型の流出溝滓である。滓は上下で2層に分層されて、第1層は緻密質、第2層は多孔質を呈す。下面には小礫や砂粒が広い範囲で付着する。また短軸両端は破面である。下側は気孔がほとんどなく緻密で、上面には細かい気孔が観察される。

(2) 顕微鏡組織：Photo.2①～③に示す。2層分層両者の大きな差異はなかったため断面上側部分を撮影した。①の微細な不定形明白色部は金属鉄である。5%ナイトルで腐食したところ、フェライト素地に、微量の針状セメントイト (Cementite：Fe₃C) を析出する。

また滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。さらに微細な白色樹枝状結晶ウスタイト (Wustite：FeO)、淡灰色盤状結晶ファヤライトが晶出する。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto.2③に示す。硬度値は749Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトを主な端成分とする固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 40.81%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.28%、酸化第1鉄 (FeO) 46.63%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 6.12%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は39.19%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は7.56%であった。また製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉍) 起源の二酸化チタン (TiO₂) 5.95%、バナジウム (V) 0.16%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.02%、酸化マンガン (MnO) は0.49%、銅 (Cu) は<0.01%と低値であった。

以上の鉍物・化学組成から、当資料も低チタン (TiO₂) 砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

MIN-5：流動滓

(1) 肉眼観察：2.2kg以上の大型で不定形の流動滓である。表面にはごく細かい皺状の凹凸を発生した流動性良好な滓である。側面は大半が破面で、気孔は少なく緻密である。また下面表層には、細かい炉壁や流動滓の破片が固着する。

(2) 顕微鏡組織：Photo.2④に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と推測される。さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。前述MIN-4 流動溝滓の鉍物組成と大差はない。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto.2④に示す。硬度値は762Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトを主な端成分とする固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 43.41%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.32%、酸化第1鉄 (FeO) 43.76%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 12.98%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は35.78%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は7.13%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉍) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は6.13%、バナジウム (V) が0.20%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.03%である。また酸化マンガン (MnO) 0.46%、銅 (Cu) <0.01%であった。

砂鉄起源の脈石成分 (TiO₂、V、MnO) の数値から、当資料もややチタン (TiO₂) 含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓であり、前述MIN-4 流出溝滓と鉍物組成や化学組成に大きな開きは認められない。

MIN-6：流動滓

(1) 肉眼観察：2.3Kg以上で細い流動滓が多数溶着して生じた、不定形の流動滓の破片である。側面の大半は破面で、比較的多孔質個所と、緻密な個所とが混在する。また下面表層には、細かい炉壁や流動滓の破片が固着していた。供試材は多孔質側から採取した。

(2) 顕微鏡組織：Photo.2⑤～⑦に示す。分析試

料採取時に細片化したため、複数条の滓の溶着が確認できるものを選択して、断面の観察を行った。⑤の微細な不定形明白色部は金属鉄である。5%ナイタルで腐食したところ、フェライト単相の組織が確認された。

⑥中央の灰褐色粒は、熱影響を受けて外周部が分解・滓化した被熱砂鉄（含チタン鉄鉱）である。また滓中の淡茶褐色多角形結晶は、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体であり、さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 2⑦に示す。硬度値は750Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトを主な端成分とする固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分（Total Fe）37.34%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.26%、酸化第1鉄（FeO）42.03%、酸化第2鉄（Fe₂O₃）6.30%の割合であった。造滓成分（SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O）は43.10%で、このうち塩基性成分（CaO+MgO）は6.35%であった。製鉄原料の砂鉄（含チタン鉄鉱）起源の二酸化チタン（TiO₂）は5.25%、バナジウム（V）が0.16%、二酸化ジルコニウム（ZrO₂）0.04%とやや低値である。酸化マンガン（MnO）0.41%、銅（Cu）<0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当資料も低チタン（TiO₂）砂鉄を原料とする製錬滓である。

MIN-7：流動滓

(1) 肉眼観察：排滓坑内に残された、非常に大型の流動滓である。2cmから10数cm幅の流動滓が多数溶着し、操業中炉外に排出された状態を保つものと推定される。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 3①～③に示す。①の灰褐色粒は熱影響を受けて外周部が分解・滓化した被熱砂鉄（含チタン鉄鉱）である。滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体であり、さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色

柱状結晶ファヤライトが晶出する。なお②中央の帯状の灰褐色結晶は、流動滓と流動滓の接合面に生じたマグネタイトである。流動性が良好で一気に炉外へ排出されて、各鉱物相は未生成で矮小傾向が著しい。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 3③に示す。硬度値は655Hvであった。ウルボスピネルに同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分（Total Fe）42.81%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.21%、酸化第1鉄（FeO）49.29%、酸化第2鉄（Fe₂O₃）6.13%の割合であった。造滓成分（SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O）は35.32%で、このうち塩基性成分（CaO+MgO）は7.32%であった。製鉄原料の砂鉄（含チタン鉄鉱）起源の二酸化チタン（TiO₂）は6.78%、バナジウム（V）0.22%、二酸化ジルコニウム（ZrO₂）0.02%、酸化マンガン（MnO）は0.48%、銅（Cu）<0.01%であった。

砂鉄起源の脈石成分（TiO₂、V、MnO）の数値から、当資料もややチタン（TiO₂）含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。なおMIN-4～7の滓は塩基性成分（CaO+MgO）は6.35～7.32%の間の変動で、生成鉄の炭素含有量の動向を求める情報には覚束無い。

3-1-2. 1号鍛冶工房出土遺物

MIN-8：椀形鍛冶滓（含鉄）

(1) 肉眼観察：649gと大型で上面端部に羽口先端下側部分が溶着した、椀形鍛冶滓である。上面中央部には茶褐色の錆化鉄部が見られるが、錆化が進んでおり、特殊金属探知機での反応はない。椀形鍛冶滓部分は不整楕円状で、ほぼ完形と推測される。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 3④～⑧に示す。④はごく微細な木炭破片で、木口面が観察される。発達した導管が分布する広葉樹材の黒炭である。

⑤⑥は白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色盤状結晶ファヤライトが晶出する。またウスタイト粒内のごく微細な暗褐色結晶はヘーシナイトと推定され

第5章 自然科学分析

る。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

⑦⑧は滓中の金属鉄部である。5%ナイトルで腐食したところ、初析針状セメンタイトがパーライト地に析出した過共析組織 ($C > 0.77\%$) が確認された。

(3) ビッカース断面硬度：白色粒状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 3⑥に示す。硬度値は451Hvであった。ウスタイトに同定される。⑧はパーライト地の硬度圧痕で273Hvが得られた。妥当な値である。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 44.96%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.33%、酸化第1鉄 (FeO) 43.76%、酸化第2鉄 (Fe_2O_3) 15.18%の割合であった。造滓成分 ($SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$) は36.41%で、このうち塩基性成分 ($CaO + MgO$) は1.87%と低値であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO_2) も0.21%、バナジウム (V) $< 0.01\%$ 、二酸化ジルコニウム (ZrO_2) 0.01%と低く、酸化マンガン (MnO) も0.04%、銅 (Cu) 0.01%と低値であった。

当資料は砂鉄起源の脈石成分 (TiO_2 、V、MnO) の低減傾向が著しく、高温沸し鍛接を含む熱間での鉄器製作工程で生じた鍛錬鍛冶滓に分類される。

MIN-9：椀形鍛冶滓 (含鉄)

(1) 肉眼観察：550gと中型で上面には羽口先端溶融物 (黒色ガラス質滓) が広い範囲で固着する。また下側の滓部は、黒灰色で気孔は少なく緻密である。下面表層は細かい木炭痕による凹凸が著しい。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 4①～⑤に示す。①は羽口先端溶融ガラスと緻密質滓の境界で観察された淡白色短柱状結晶ファヤライトである。②③は白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色盤状結晶ファヤライトが晶出する。このウスタイト粒内には微細な淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の析出がある

(3) ビッカース断面硬度：白色粒状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 4④に示す。硬度値は440Hvであった。ウスタイトの文献硬度値450～500Hvを

若干下回る値となったが、ウスタイトとに同定される。また淡灰色盤状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 4⑤に示す。硬度値は648Hvであった。ファヤライトの文献硬度値の範囲内で、ファヤライトに同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 55.96%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.10%、酸化第1鉄 (FeO) 61.61%、酸化第2鉄 (Fe_2O_3) 11.40%の割合であった。造滓成分 ($SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$) は24.73%で、このうち塩基性成分 ($CaO + MgO$) は2.03%と低めであった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO_2) 0.73%、バナジウム (V) 0.03%、二酸化ジルコニウム (ZrO_2) $< 0.01\%$ 、酸化マンガン (MnO) は0.08%、銅 (Cu) 0.01%と低値であった。

当資料の鉱物組成は、チタン (TiO_2) 酸化物を含む微結晶が確認される点は、夾雑物含みの精錬鍛冶滓的である。ただし、化学組成をみると砂鉄起源の脈石成分 (TiO_2 、V、MnO) は低減しており、鍛錬鍛冶滓的な特徴も有している。ただし詳細に脈石成分をみるとMIN-8椀形鍛冶滓よりも高め傾向にある。精錬鍛冶工程末期ないしは鍛錬鍛冶工程初期の反応副生物の可能性が考えられる。

MIN-10：椀形鍛冶滓

(1) 肉眼観察：208gと小型の平面不整楕円状で、ほぼ完形の椀形鍛冶滓である。上面端部には羽口先端溶融物 (ガラス質滓) が付着する。また上面は平坦気味で、下面には細かい木炭痕が密にみられる。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 4⑥～⑧に示す。⑥は微細な木炭破片である。発達した導管が分布しており、広葉樹材と推定される。

⑦⑧は滓部である。白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：白色粒状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 4⑦に示す。硬度値は447Hvであった。ウスタイトの文献硬度値を僅かに下回る値

となったが、ウスタイトに同定される。また淡灰色盤状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 4⑧に示す。硬度値は709Hvであった。ファヤライトの文献硬度値より、若干硬質であるがファヤライトに同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 49.16%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.11%、酸化第1鉄 (FeO) 52.31%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 12.04%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は32.46%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は2.37%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は0.39%、バナジウム (V) が0.01%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.02%、酸化マンガン (MnO) も0.06%、銅 (Cu) <0.01%と低い。

当資料は砂鉄起源の脈石成分 (TiO₂、V、MnO) の低減傾向が著しく、熱間での鉄器製作工程で生じた鍛錬鍛冶滓に分類される。

MIN-11：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：109gで表面が土砂に覆われた、椀状の鉄塊系遺物である。銹化に伴う放射割れも著しい。表面に明瞭な滓部は確認されなかった。また重量感があり、特殊金属探知機の特L (☆) で反応があることから、鉄主体の遺物と推測される。

(2) マクロ組織：Photo. 14の上段に示す。表層に薄く滓が付着しているが、鉄主体の遺物であった。金属鉄部は5%ナイトルで腐食したところ、ほぼ全面過共析組織 (C>0.77%) が観察された。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 5①～⑤に示す。①は滓部の拡大である。発達した淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。

②は表層の銹化鉄部の拡大である。パーライト地に針状セメントイトが析出した過共析組織痕跡が残存している。また③は金属鉄部を腐食なしの状態を示した。粒状黒色部は、非晶質珪酸塩系の非金属介在物である。④⑤は金属鉄部の拡大で、黒色層状パーライト地に白色針状セメントイトが析出した過共析組織を呈する。

(4) ビッカース断面硬度：金属鉄部 (過共析組織) の硬度を測定した圧痕をPhoto. 5⑤に示す。硬度値は330Hvであった。組織に見合った値である。

(5) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 72.01%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 32.00%、酸化第1鉄 (FeO) 14.51%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 41.08%の割合であった。また炭素 (C) は1.24%であった。金属組織に見合った値といえる。また造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は6.55%と低値であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) 0.10%、バナジウム (V) <0.01%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.02%、酸化マンガン (MnO) 0.03%、銅 (Cu) 0.02%である。

付着滓中に鉄チタン酸化物の結晶がみられないことから、当資料は鍛冶処理途中の鉄塊の可能性が高いと考えられる。金属鉄部は、ほぼ全面過共析組織を呈する高炭素鋼 (C：1.24%) であった。刃金原料に向いた性状といえる。

3-1-3. 2号鍛冶工房出土遺物

MIN-12：椀形鍛冶滓

(1) 肉眼観察：38g弱のごく小型の椀形鍛冶滓の破片である。上下面は資料本来の表面で、細かい凹凸がみられる。また側面は全面破面で、小型の木炭痕や気孔が散在する。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 5⑥～⑧に示す。⑥の明白色粒は金属鉄である。5%ナイトルで腐食したところ、ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織が確認された。白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。

(3) ビッカース断面硬度：淡灰色柱状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 5⑧に示す。硬度値は730Hvで、ファヤライトに同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 52.64%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.14%、酸化第1鉄 (FeO) 59.49%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 8.95%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は28.59%で、このうち

第5章 自然科学分析

塩基性成分 (CaO+MgO) は2.82%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は0.52%、バナジウム (V) が0.02%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.01%、酸化マンガン (MnO) も0.08%、銅 (Cu) 0.01%と低値であった。

当資料も砂鉄起源の脈石成分 (TiO₂、V、MnO) の低減傾向が著しく、高温沸し鍛接を含む熱間での鉄器製作工程で生じた鍛錬鍛冶滓である。

3-1-4. 8号住居出土遺物

MIN-13: 鑄造品

(1) 肉眼観察: 平面不整形で湾曲した板状の、6mmを測る鑄造製品の破片と推定される。表面は茶褐色の鉄錆化物に覆われ、放射割れが生じている。特殊金属探知機の特L (☆) で反応があり、内部には金属鉄が残存する。

(2) マクロ組織: Photo. 14の下段に示す。表層部は錆化が進むが、ほぼ全面オーステナイトとセメンタイトとの共析のレデブライトで鑄鉄組織が観察された。なお下方の明白色メタルと自然腐食灰黒色境に0.03mm径の塊状黒鉛が散在する。また表層には0.2~0.5mm径の気孔 (鑄鬆) が点在する。

(3) 顕微鏡組織: Photo. 6①~③に示す。①中央左寄りの黒色部は塊状黒鉛 (C) である。さらに白色柱状のセメンタイト、蜂の巣状のレデブライト (Ledebulite)、黒色層状のパーライト (Pearlite) が析出する。白鑄鉄のセメンタイトの一部が黒鉛化して斑鑄鉄組織を呈する。

(4) ビッカース断面硬度: 金属鉄部 (鑄鉄組織) の硬度を測定した圧痕を、Photo. 6②③に示す。②の蜂の巣状レデブライトの硬度値は883Hv、③の白色板状セメンタイトの硬度値は959Hvであった。どちらも非常に硬質で、組成に見合った値である。

(5) 化学組成: Table 2に酸化物定量を示す。全鉄分 (Total Fe) 80.86%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 60.02%、酸化第1鉄 (FeO) 17.82%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 9.99%の割合であった。炭素 (C) は4.10%を含む。組織から予想されるより若干高め傾

向を呈するが、表層に固着した汚染物質の影響を受けたであろう。また造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は3.00%であるが、これも土砂等の影響を受けた値と考えられる。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は0.06%、バナジウム (V) が<0.01%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%。また酸化マンガン (MnO) も0.03%、銅 (Cu) 0.01%と低値である。

当資料は斑鑄鉄組織を呈する鉄製品であった。内部に硫化物や燐偏析 (Steadite: Fe-Fe₃C-Fe₃P) など夾雑物を殆んど含まぬ清浄な鑄鉄製品である。残念ながら始発原料 (塊状の鉄鉱石または砂鉄) について、検討するための情報を得ることができなかった。(非金属介在物の未検出)

3-2. II区

3-2-1. 1号製鉄炉出土遺物

MIN-14: 砂鉄焼結塊

(1) 肉眼観察: 14.5gとごく小型の砂鉄焼結塊の破片である。外面側にスサの痕跡のある粘土が付着しており、炉壁から剥離した可能性が高い。

(2) マクロ組織: Photo. 15の上段に示す。炉壁と接する側 (写真左下) はやや滓化が進んでいるが、全体に砂鉄粒子の形状はよく残存している。粒径のばらつきは大きく、角張った形状のものが多く。

(3) 顕微鏡組織: Photo. 6④~⑧に示す。0.15~0.25mm径の粒子で磁鉄鉱、チタン鉄鉱である。熱影響を受けて、外周から分解・還元が進んだ砂鉄粒子 (含チタン鉄鉱) が多数確認された。被熱砂鉄中には格子状の離溶組織を持つものも点在する。またごく微細な明白色粒は金属鉄である。半還元状況をよく示す。

(4) 化学組成: Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 51.20%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.15%、酸化第1鉄 (FeO) 37.79%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 30.99%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は20.70%の高値で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は3.21%

であった。炉壁粘土溶融物の影響を受けた値と判断される。砂鉄（含チタン鉄鉱）起源の二酸化チタン（ TiO_2 ）6.81%、バナジウム（V）0.26%、二酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ） $<0.01\%$ である。また酸化マンガン（ MnO ）は0.46%、銅（Cu）0.01%であった。

当資料は若干炉壁溶融物などの影響を受けており、製鉄原料の砂鉄とは化学組成も異なると考えられるが、他の出土製錬滓の組成も考慮すると、製鉄原料は6%前後チタン（ TiO_2 ）を含む砂鉄と推測される。

MIN-15：流出孔滓A

（1）肉眼観察：断面は不整楕円形状（ 7.5×4.6 cm）で、細長い棒状の流出孔滓～流出溝滓と推測される。または製鉄炉内で生成鉄との間に生じた滓の可能性も指摘されている。上面は緩やかな流動状で、側面から下面にかけては炉壁土が固着する。また短軸両端は破面。横断面は不整形で、気孔は少なく、緻密である。

（2）顕微鏡組織：Photo. 7①～③に示す。滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。また淡灰色柱状結晶ファヤライトも晶出した。砂鉄製錬滓の晶癖である。

視野を変えれば②③中央のような灰褐色粒被熱砂鉄（含チタン鉄鉱）が散見される。外周部にはごく微細な淡茶褐色多角形結晶が晶出した半還元状況である。

（3）ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 7①に示す。硬度値は736Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

（4）化学組成：Table 2に示す。全鉄分（Total Fe）36.62%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.27%、酸化第1鉄（ FeO ）42.46%、酸化第2鉄（ Fe_2O_3 ）4.78%の割合であった。造滓成分（ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ）は42.44%と高値で、このうち塩基性成分（ $\text{CaO} + \text{MgO}$ ）は7.63%と高めであった。製鉄原料の砂鉄（含チタン鉄鉱）起源の二酸化チタン

（ TiO_2 ）は6.68%、バナジウム（V）0.24%、二酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ） $<0.01\%$ 。さらに酸化マンガン（ MnO ）は0.55%、銅（Cu） $<0.01\%$ であった。

砂鉄起源の脈石成分（ TiO_2 、V、 ZrO_2 、 MnO ）の数値から、当資料は砂鉄焼結塊（MIN-14）と同等の、ややチタン（ TiO_2 ）含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。

MIN-16：流出溝滓

（1）肉眼観察：2.535kg で不定形の流出溝滓の破片である。上面は流動状で、細かい皺状の凹凸が見られる。また破面には中小の気孔が多数散在する部分と、気孔の少ない部分とが混在する。下面には炉壁片や砂粒が付着している。

（2）顕微鏡組織：Photo. 7④～⑥に示す。④中央の明白色部は金属鉄である。5%ナイトルで腐食したところ、ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織が観察された。

⑤中央の灰褐色粒は、半還元状態の被熱砂鉄（含チタン鉄鉱）である。外周には微細な淡茶褐色多角形結晶が晶出し、内部にも微細な金属鉄が点在する。

また滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

（3）ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 7⑥に示す。硬度値は801Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

（4）化学組成：Table 2に示す。全鉄分（Total Fe）30.57%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.44%、酸化第1鉄（ FeO ）35.64%、酸化第2鉄（ Fe_2O_3 ）3.47%であった。造滓成分（ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ）は48.88%と高値で、このうち塩基性成分（ $\text{CaO} + \text{MgO}$ ）も10.50%と高めを含む。製鉄原料の砂鉄（含チタン鉄鉱）起源の二酸化チタン（ TiO_2 ）は7.14%、バナジウム（V）0.23%、二酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）0.01%。また酸化マンガン

第5章 自然科学分析

(MnO) は0.63%、銅 (Cu) <0.01%であった。

当資料も砂鉄焼結塊 (MIN-14) と同等の、ややチタン (TiO₂) 含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。

MIN-17：流動滓

(1) 肉眼観察：操業中、炉外に排出されたままの状態で検出された、84kgの大型不定形の流動滓である。2～数cm幅の流動滓が多数溶着して生じたものである。また破面の気孔は少なく、緻密である。排出最終時の個所からのサンプリングである。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 7⑦に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と、淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 7⑦に示す。硬度値は77HVであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 41.04%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.38%、酸化第1鉄 (FeO) 48.14%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 4.63%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は37.35%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は7.85%と高めを含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は6.92%、バナジウム (V) が0.26%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%、酸化マンガン (MnO) は0.56%、銅 (Cu) <0.01%であった。

当資料も砂鉄焼結塊 (MIN-14) と同等の、ややチタン (TiO₂) 含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。

MIN-18：流動滓

(1) 肉眼観察：4.5kgと大型で平滑な厚板状の流動滓の破片である。上面には細かい皸状の凹凸が見られる。側面は一部を除き破面で、気孔は少なく非常に緻密である。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 8①に示す。中央の明白色粒は金属鉄である。5%ナイトルで腐食したところ、ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織が確認された。

また滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：紙面の構成上、硬度を測定した圧痕の写真を割愛したが、淡茶褐色多角形結晶の調査を実施した。硬度値は786HVであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 38.54%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.14%、酸化第1鉄 (FeO) 46.63%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 3.08%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は40.53%と高値で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は7.44%と高めであった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は7.10%、バナジウム (V) が0.26%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%、酸化マンガン (MnO) は0.58%、銅 (Cu) <0.01%であった。

当資料も砂鉄焼結塊 (MIN-14) と同等の、ややチタン (TiO₂) 含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。MIN-16～18の流動性をもつ滓3種の鉱物相は、いずれもウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体とファヤライトで構成され、生成鉄は鉤か鉄かの判定まで言及できる情報は得られていない。

MIN-19：炉底塊 A (含鉄)

(1) 肉眼観察：11.7kgと非常に大型の炉底塊の破片である。側面から下面にかけて、スサを混和した炉壁～炉床土が固着しているが、上面にも二次的に炉壁粘土が付着する。滓部上面表層は弱い流動状態で、破面には細かい気孔が散在するが比較的緻密である。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 8②～④に示す。②は微細な木炭破片で、木口面が観察される。発達した導

管が分布する、広葉樹の散孔材の黒炭であった。

③は滓部で淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルと淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。また④中央の微細な明白色粒は金属鉄である。5%ナイタルで腐食したところ、ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織が確認された。

(3) ビッカース断面硬度：紙面の構成上、硬度を測定した圧痕の写真を割愛したが、淡茶褐色多角形結晶の調査を実施した。硬度値は613HVで、ウルボスピネルに同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 39.43%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.35%、酸化第1鉄 (FeO) 23.78%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 29.45%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は27.74%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は6.18%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は9.66%、バナジウム (V) が0.74%と高値である。二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%、酸化マンガ (MnO) は0.46%、銅 (Cu) 0.01%であった。

当遺跡出土製錬滓としては、当資料は砂鉄起源の脈石成分 (TiO₂, V, MnO) の高値傾向が顕著な製錬滓であった。当大型炉底塊と前述した3種の流動系滓の鉱物相に大きな開きはなく、銑鉄流し出の有無までの発言のできる情報は得られなかった。

MIN-20：炉底塊B

(1) 肉眼観察：排出孔と炉底塊を継ぐ滓の破片である。一部の丸棒状が流出孔滓で内側は製鉄炉内で生成鉄に接した滓の可能性が指摘されている。上面は弱い流動状で、破面には大小の気孔が散在するが緻密な滓である。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 8⑤～⑦に示す。⑤⑥中央の灰褐色色粒は滓中の被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) で、これに滓中の淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 8⑦に示す。硬度値は768HVであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 32.32%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.14%、酸化第1鉄 (FeO) 37.78%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 4.02%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は48.22%と高値で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は7.15%と高めであった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は6.15%、バナジウム (V) 0.21%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%であった。また酸化マンガ (MnO) は0.55%、銅 (Cu) <0.01%であった。

当資料も砂鉄焼結塊 (MIN-14) と同等の、ややチタン (TiO₂) 含有率の低い砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。

MIN-21：炉内滓 (含鉄)

(1) 肉眼観察：128gで不定形の含鉄炉内滓である。表面には黒灰色の滓が固着しているが、重量感があり、銹化に伴う放射割れが多数生じている。特殊金属探知機の特L (☆) で反応があることから、内部には金属鉄が良好に残存する。

(2) マクロ組織：Photo. 15の下段に示す。観察面では表層に若干滓が固着するが、まとものよい金属鉄部が確認された。金属鉄部は5%ナイタルで腐食している。共析組織～過共析組織を呈する高炭素鋼であった。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 9①～⑨に示す。①は表層に固着する滓部の拡大である。淡褐色片状結晶はシュードブルーカイト (Pseudobrookite: Fe₂O₃ · TiO₂) ないしルチル (Rutile: TiO₂) である。高温下での砂鉄製錬滓の晶癖^(註4)であり、高炭素側に結び付く。

②～⑨は金属鉄部を5%ナイタルで腐食した組織で、④⑤はほぼ全面黒色層状のパーライトの共析組織部分。⑥～⑨はパーライト地に初析網目状

第5章 自然科学分析

セメントイトが析出した過共析組織部分の拡大である。なお⑥⑦中央の網状の共晶組織はステダイト (Steadite: Fe-Fe₃C-Fe₃P) で、内部には黄褐色粒状の硫化鉄 (FeS) も確認されるなど、燐 (P)、硫黄 (S) の影響がみられる。

(4) ビッカース断面硬度：金属鉄部の硬度を測定した圧痕をPhoto. 9⑤⑦⑨に示す。⑤の共析組織部分の硬度値は291Hvであった。また過共析組織部分は、⑦のステダイトの硬度値で591Hv、⑨のレデブライトなりかけの組織の硬度値は566Hvであった。それぞれ組織に見合った値といえる。

(5) 化学組成：Table 2に酸化物定量を示す。金属鉄部を断面組織観察に優先したため、銹化鉄主体の分析となった。全鉄分 (Total Fe) 45.34%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 5.62%、酸化第1鉄 (FeO) 9.48%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 46.26%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は26.09%であるが、これは表層に固着した土砂等の影響を受けた値と推測される。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は1.20%、バナジウム (V) 0.04%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%と低めで、酸化マンガン (MnO) は0.12%、銅 (Cu) 0.01%であった。

付着滓の鉱物組成から、当資料は砂鉄の高温製錬鉄塊 (製錬鉄塊系遺物) に分類される。金属鉄部は炭素含有量の高い鋼で刃金原料に向くが、燐 (P)、硫黄 (S) の影響が若干懸念される。当炉内滓から初めて高炭素鋼から銹鉄に結びつく鉄滓の鉱物相が検出された。鉄中の [P] 偏析も高温操業を裏付ける根拠となる。

MIN-22：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：表面に土砂が固着した、38gのごく小型で塊状の鉄塊系遺物である。明瞭な滓部はなく、鉄主体の遺物と推測される。一部銹化に伴う割れや剥落が見られるが、特殊金属探知機の特L (☆) で反応があり、内部に金属鉄が良好に残存する。

(2) マクロ組織：Photo. 16の上段に示す。表層に

一部滓が固着するが、まとまりの良い鉄主体の遺物であった。金属鉄部は5%ナイトルで腐食している。炭素含有量は部位によるばらつきが大きく、共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織を呈する。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 10①～⑨に示す。①は滓部の拡大である。非晶質のガラス質滓で炉壁粘土の溶融物である。

②～⑨は金属鉄部の拡大である。②の左側および③⑥は全面層状パーライトの共析組織、②の中央および④⑦⑧はパーライト地に初析針状セメントイトを析出した過共析組織、②の右側および⑤⑨は黒色オーステナイトの初晶と地はレデブライトの亜共晶組成白鑄鉄組織部分の拡大である。

(4) ビッカース断面硬度：金属鉄部の硬度を測定した圧痕をPhoto. 10⑥～⑨に示す。⑥の共析組織部分の硬度値は287Hv、過共析組織部分は⑦が246Hv、⑧は320Hvであった。さらに亜共晶組成白鑄鉄組織部分の硬度値は786Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

(5) 化学組成：Table 2に酸化物定量を示す。金属鉄部を断面組織観察に優先したため、銹化鉄主体の分析となった。全鉄分 (Total Fe) 61.81%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 15.31%、酸化第1鉄 (FeO) 14.66%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 50.19%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は14.27%であるが、これは表層に固着する土砂等の影響を受けた値と判断される。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は0.36%、バナジウム (V) が0.01%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%であった。また酸化マンガン (MnO) は0.03%、銅 (Cu) 0.01%であった。

付着滓の特徴から、当資料は炉壁に沿った位置で生じた鉄塊と判断される。炭素含有量は部位によるばらつきをもつが高炭素含有側の共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織を呈する。

MIN-23：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：表面に土砂が固着した、47g強の

ごく小型で塊状の鉄塊系遺物である。一部黒色ガラス質滓が付着しているが、鉄主体の遺物と推測される。一部銹化に伴う割れが見られるが、特殊金属探知機の特L (☆) で反応があり、内部に金属鉄が良好に残存する。

(2) マクロ組織：Photo. 16の下段に示す。表層に一部滓が固着するが、まとまりの良い鉄主体の遺物の金属鉄部は5%ナイトルで腐食した。炭素含有量は部位によるばらつきが大きく、共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織を呈する。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 11①～⑦に示す。①は滓部の拡大である。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

②～⑦は金属鉄部の拡大である。組織は前述したMIN-23に近似して②の右側および③は共析組織、②の左側および④⑤、⑥の右側は過共析組織、②の中央及び⑥⑦の左側は亜共晶組成白鑄鉄組織部分の拡大である。

(4) ビッカース断面硬度：金属鉄部の硬度を測定した圧痕をPhoto. 11③⑤⑦に示す。③の共析組織の硬度値は345Hv、⑤の過共析組織の硬度値は288Hv、⑦の亜共晶組成白鑄鉄組織部分の硬度値は732Hvであった。それぞれ組織に見合った値といえる。

(5) 化学組成：Table 2に酸化物定量を示す。金属鉄部を断面組織観察に優先したため、銹化鉄主体の分析となった。全鉄分 (Total Fe) 28.99%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 3.46%、酸化第1鉄 (FeO) 5.60%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 30.28%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は52.38%であるが、これは表層に固着する土砂等の影響を受けた値と判断される。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は1.14%、バナジウム (V) が0.04%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%、また酸化マンガ (MnO) は0.24%、銅 (Cu) 0.01%であった。

付着滓の鉱物組成から、当資料は砂鉄のを製錬鉄塊である。また金属鉄部は鉄塊系遺物 (MIN-

22) と同様、炭素含有量は部位によるばらつきが大きく、共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織を呈する。

3-2-2. 2号製鉄炉出土遺物

MIN-24：炉内流動滓

(1) 肉眼観察：木炭の噛み込みや木炭痕による凹凸が著しい、141gの不定形の炉内滓である。大きな破面はなく、ほぼ完形の遺物と推測される。滓表面は比較的平滑な流動状で、気孔はほとんど見られない。また一部黒色ガラス質滓が付着する。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 11⑧に示す。中央の灰褐色粒は被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) である。また滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 40.20%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.20%、酸化第1鉄 (FeO) 46.78%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 5.20%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は37.26%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は6.65%であった。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は7.47%、バナジウム (V) 0.27%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%、酸化マンガ (MnO) は0.52%、銅 (Cu) <0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当資料は砂鉄製錬滓に分類される。前述してきたI区製鉄炉、II区の1、2号製鉄炉の鉱物相と大きな差異はなく、操業条件も近似したものであろう。

MIN-25：流出溝滓

(1) 肉眼観察：1.5kg程で幅1～3cmの流動滓が多数溶着して生じた流出溝滓である。長軸両端が破面で、全体に気孔は少なく、非常に緻密な滓である。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 12①に示す。中央の灰褐色粒は被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) と共に滓中に淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色盤状結晶ファヤライトが晶出する。

第5章 自然科学分析

砂鉄製鍊滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：紙面の構成上、硬度を測定した圧痕の写真を割愛したが、淡茶褐色多角形結晶の調査を実施した。硬度値は715Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 42.23%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.21%、酸化第1鉄 (FeO) 49.65%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 4.90%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は36.13%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は7.04%を含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は6.88%、バナジウム (V) が0.22%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.01%であった。また酸化マンガン (MnO) は0.51%、銅 (Cu) <0.01%など低値である。

以上の鉱物・化学組成から、当資料も砂鉄製鍊滓に分類される。前述炉内流動滓MIN-24と組成を近似する。

MIN-26：流動滓

(1) 肉眼観察：操業中、炉外に排出された状態を留めて検出された、大型で不定形の流動滓である。2～10数cm幅の流動滓が多数溶着して生じたもので、15cm以上の厚手である。また破面の気孔は少なく、緻密である。160.37kgの大型流動滓の中央部分の一部を取り出しており、最上層部分に相当し、排滓最終時のものである。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 12②に示す。中央の灰褐色粒は被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱) で周囲に点在するごく微細な明白色粒は、金属鉄である。

滓中の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。Ⅱ区2号製鉄炉3点の鉄滓に共通した鉱物相パターンで砂鉄製鍊滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：紙面の構成上、硬度を測定した圧痕の写真を割愛したが、淡茶褐色多角形結晶の調査を実施した。硬度値は715Hvであった。

ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 42.83%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.32%、酸化第1鉄 (FeO) 50.37%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 4.80%の割合であった。造滓成分 (SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) は35.21%で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) は6.98%を含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は7.26%、バナジウム (V) が0.27%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.01%、酸化マンガン (MnO) は0.50%、銅 (Cu) <0.01%であった。

以上の鉱物・化学組成から、当資料も前述してきた製鍊滓と同系で、砂鉄製鍊滓に分類される。

3-2-3. 1号炭窯出土遺物

MIN-27：椀形鍛冶滓 (含鉄)

(1) 肉眼観察：平面が不整六角形の1.23kgと非常に大型で厚手の椀形鍛冶滓破片である。上面にはやや凹凸があり、下面には広い範囲で鍛冶炉床土が付着する。また特殊金属探知機のH (○) で反応があるため、内部にはごく小型の金属鉄が含まれる。

(2) 顕微鏡組織：Photo.12③～⑦に示す。③～⑤のごく微細な不定形の明白色部は金属鉄である。5%ナイトルで腐食したところ、ほとんど炭素を含まないフェライト単相の組織であった。

鉱物相は白色粒状結晶ウスタイト、淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体であり、淡灰色盤状結晶ファヤライトが晶出する。ウスタイトとその粒内析出物を含む晶癖は不純物除去の精鍊鍛冶滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：金属鉄部 (フェライト単相) の硬度を測定した圧痕をPhoto. 12③に示す。硬度値は96Hvであった。組織に見合った値である。また⑦の淡茶褐色多角形結晶の硬度値は779Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe)

49.36%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.48%、酸化第1鉄 (FeO) 52.95%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 11.04%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は29.20%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は3.98%を含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は3.92%、バナジウム (V) が0.16%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) 0.02%と低下して、更に酸化マンガン (MnO) も0.31%と少なく、銅 (Cu) は<0.01%と変化はない。

砂鉄起源の脈石成分 (TiO₂、V、ZrO₂、MnO) の数値から、当資料は砂鉄を始発原料とした精錬鍛冶滓に分類される。当遺構出土品は重複するⅡ区1号鍛冶工房からの混入品である可能性が指摘されている。

3-2-4. 1号鍛冶工房出土遺物

MIN-28：椀形鍛冶滓

(1) 肉眼観察：460gと中型で平面不整半円状を呈する、椀形鍛冶滓の破片である。破面の気孔は少なく、緻密で重量感のある滓である。下面には鍛冶炉床土が固着する。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 13①～⑤に示す。①は滓部である。微細な白色樹状晶のウスタイトと淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体及び発達したファヤライトが晶出する。

②～⑤は金属鉄部を5%ナイトルで腐食した組織である。黒色の片状黒鉛、白色板状セメントタイト、黒色層状のパーライトからなるねずみ鑄鉄であった。ただし③に示すように表層は若干脱炭しており、フェライトが晶出している。

(3) ビッカース断面硬度：淡灰色盤状結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 13①に示す。硬度値は704Hvであった。若干硬質の値であるが、ファヤライトに同定される。また③～⑤の金属鉄部の調査も実施した。③のフェライト結晶の硬度値は87Hv、④素地のパーライトの硬度値は204Hv、⑤の白色板状セメントタイトの硬度値は832Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

(4) 化学組成：Table 2に酸化定量を示す。全鉄分 (Total Fe) 45.79%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.16%、酸化第1鉄 (FeO) 50.44%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 9.18%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は34.89%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は4.00%を含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) 3.02%、バナジウム (V) 0.17%、二酸化ジルコニウム (ZrO₂) <0.01%であった。また酸化マンガン (MnO) は0.24%、銅 (Cu) <0.01%である。

椀形鍛冶滓 (MIN-27) と近似した化学組成であり、当資料も砂鉄を始発原料とした不純物除去の精錬鍛冶滓に分類される。

MIN-29：椀形鍛冶滓 (含鉄)

(1) 肉眼観察：約202gと小型でほぼ完形の椀形鍛冶滓である。上面端部に黒色ガラス質滓が固着して、羽口先端溶融物の可能性が考えられる。また上下面とも、細かい木炭痕による凹凸が残る。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 13⑥～⑧に示す。⑥は資料表層に固着する鍛造剥片^(註5)である。⑦⑧は滓部である。白色樹枝状結晶ウスタイト、淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体及び淡灰色柱状結晶ファヤライトが晶出する。不純物除去の精錬鍛冶滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した圧痕をPhoto. 13⑧に示す。硬度値は748Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体に同定される。

(4) 化学組成：Table 2に示す。全鉄分 (Total Fe) 44.94%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.44%、酸化第1鉄 (FeO) 47.92%、酸化第2鉄 (Fe₂O₃) 10.37%の割合であった。造滓成分 (SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+K₂O+Na₂O) は34.63%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は4.40%を含む。製鉄原料の砂鉄 (含チタン鉄鉱) 起源の二酸化チタン (TiO₂) は2.44%、バナジウム (V) が0.20%、二酸化

化ジルコニウム (ZrO_2) 0.01%と低めで、酸化マンガ (MnO) は0.22%、銅 (Cu) 0.01%であった。

砂鉄起源の脈石成分 (TiO_2 、 V 、 MnO) の数値から、当資料も前述MIN-27、28と共に砂鉄を始発原料とした精錬鍛冶滓に分類される。三者は同系の操業工程からの排出物と考えられる。

4. まとめ

峯山遺跡から出土したⅠ区、Ⅱ区の製鉄・鍛冶関連遺物を調査した結果、次の点が明らかになった。

〈1〉製鉄炉の炉壁片 (MIN-1、2) は共に耐火性の低い性状であった。耐火性より造滓剤としての側面を意識して、材料の選択が行われた可能性が考えられる。

〈2〉砂鉄焼結塊 (MIN-14) や製錬滓 (MIN-3~7、14~20、24~26) の化学組成から、二酸化チタン (TiO_2) 含有率5~7%程度の砂鉄が製鉄原料であったと推定される。(Ⅰ区1号炉とⅡ区1号炉では、後者の方が若干チタン (TiO_2) 含有率の多い砂鉄を用いた可能性が高い。)

さらに酸化マグネシウム (MgO) がやや高めで、二酸化ジルコニウム (ZrO_2) は低値が顕著であった。これらの特徴から、当遺跡では中性火山岩起源の砂鉄が製鉄原料であったと判断される。なお群馬県下の採取砂鉄や、他の製鉄遺跡 (豎形炉) 出土砂鉄の組成とも類似した特徴といえる [Fig. 1、2]。当遺跡でも、周辺地域に分布する火山岩起源の砂鉄を採取して利用している。

〈3〉製錬滓の化学組成を $FeO-TiO_2-SiO_2$ 系三角図上で検討した [Fig. 1、2] ところ、ほぼチタン (TiO_2) 含有率が一定で、 $FeO-SiO_2$ 系の軸上に沿って分布しており、後代の豎形炉の出土製錬滓ともほぼ一致することが明らかになった。

東日本各地の製鉄関連遺物を見ても、同じ地域の箱形炉と豎形炉の化学組成は酷似しており、初期の箱形炉と後続する豎形炉で、チタン (TiO_2) を含む砂鉄に関する適性の違いはないことが明らかになりつつあるが^(註6)、群馬県下でも同様の特徴が確認された。

〈4〉出土含鉄鉄滓・鉄塊系遺物 (MIN-8、11、21~23、28) 断面の金属組織を観察したところ、局部的に铸铁組織も観察されるが、共析組織~過共析組織主体の鋼が複数確認された [Fig. 4]。生産された鉄は鋼が主体であった可能性が高い。

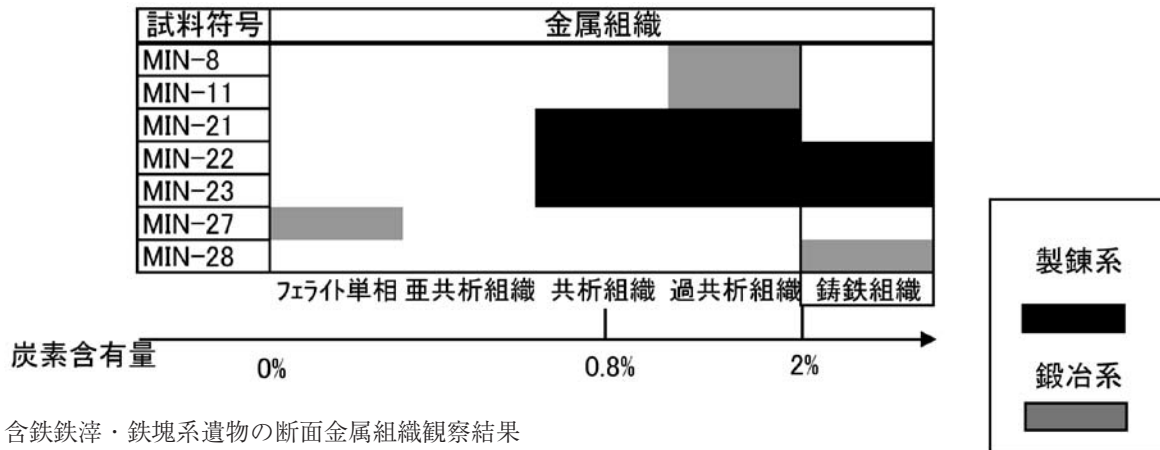
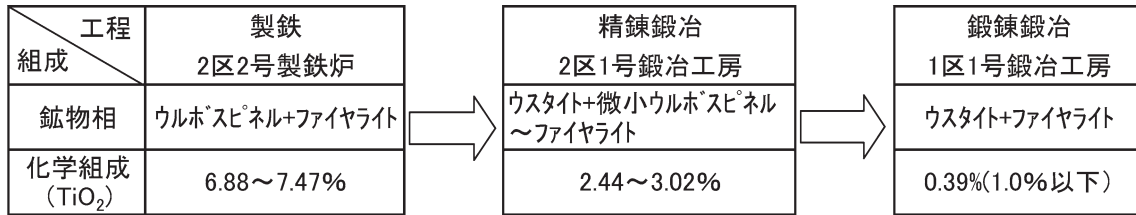
なお東日本各地の製鉄遺跡の分析調査結果をみると、当遺跡をはじめとする群馬県下と同じような組成の製錬滓 [Fig. 3: 製錬滓①] が確認される遺跡では銑の割合が低く、砂鉄より製錬滓のチタン (TiO_2) 含有率が上昇する [Fig. 3: 製錬滓②] 遺跡で、銑の割合が高い傾向が確認されている^(註7)。なお、鋼の表皮スラグはウルボスピネル、銑にはイルミナイトやシュードブルーカイトなどの高温析出鉱物相に繋がる事例もあるが、これは絶対的なものではない。

〈5〉Ⅰ区1号鍛冶工房からは、主に精錬鍛冶滓末期の反応副生物から鍛錬鍛冶滓 (MIN-8~10)、Ⅱ区1号鍛冶工房では、精錬鍛冶滓 (MIN-27~29) が確認された。ただし精錬鍛冶滓 (MIN-29) の表層には鍛造剥片が付着しており、Ⅱ区1号鍛冶工房でも熱間での鍛打作業は行われていたと推定される。それぞれの鍛冶工房で分業がある程度行われていた可能性もあるが、各地区の製鉄炉で用いられた、製鉄原料のチタン (TiO_2) 含有率の違いを反映した可能性も考えられよう。

いずれにしても、鍛冶原料 (製錬鉄塊系遺物) の不純物を除去する精錬鍛冶工程から、熱間で鉄材を鍛打加工する鍛錬鍛冶工程まで、当遺跡内で行われていたことが明らかになった。Ⅰ区とⅡ区の鍛冶工房の操業の時期差がどのようなものだったのか検討すべき課題である。因に製鉄はⅠ区1号製鉄炉 (7C末~8C初頭) →Ⅱ区2号製鉄炉 (8C前半) →Ⅱ区1号製錬炉 (8C前半) へと展開される。製鉄と鍛冶の同時期連続一貫体制を想定して座標軸を8C前半で模式的に記すと次の様になる。

〈6〉 casting (MIN-13) は不純物の少ない斑鑄鉄製品であり、非金属介在物から始発原料の性状について検討することは困難であった。

ただし東日本各地の製鉄遺跡から、鋳型等の鋳造関連遺物が共伴するようになるのが8世紀末以降である^(注8)ことや、当遺跡からも明瞭な鋳造関連遺物が検出されず、遺跡内の鉄生産関連遺構・遺物群との直接的なつながりは、極めて薄いものと考えられる。



含鉄鉄滓・鉄塊系遺物の断面金属組織観察結果

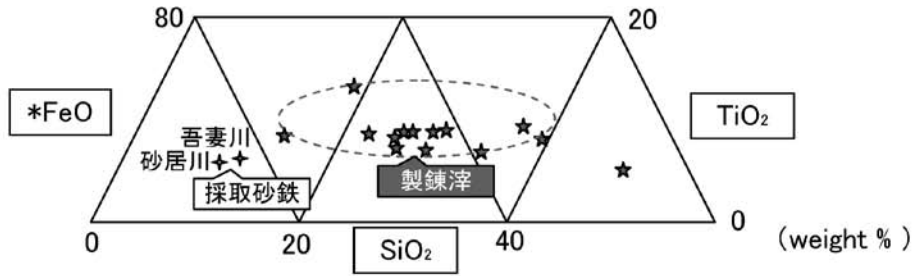


Fig. 1 峯山遺跡（箱形炉）出土製錬滓の化学組成

金井	□ 砂鉄	■ 製錬滓
下田2	◇ 砂鉄	◆ 製錬滓
南原間	△ 砂鉄	▲ 製錬滓
稻荷屋敷	○ 砂鉄	● 製錬滓
有馬条里	● 砂鉄	● 製錬滓

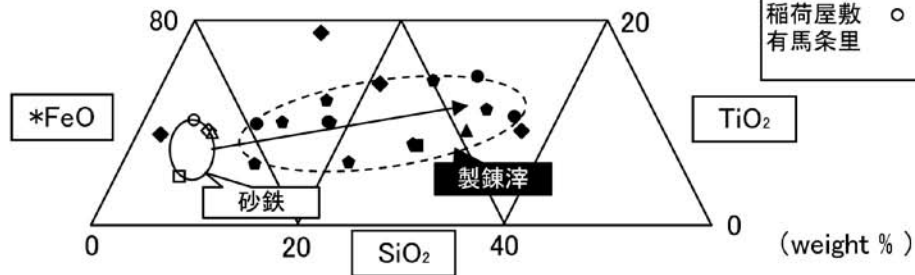


Fig. 2 群馬県下の製鉄炉（縦形炉）出土製錬滓の化学組成

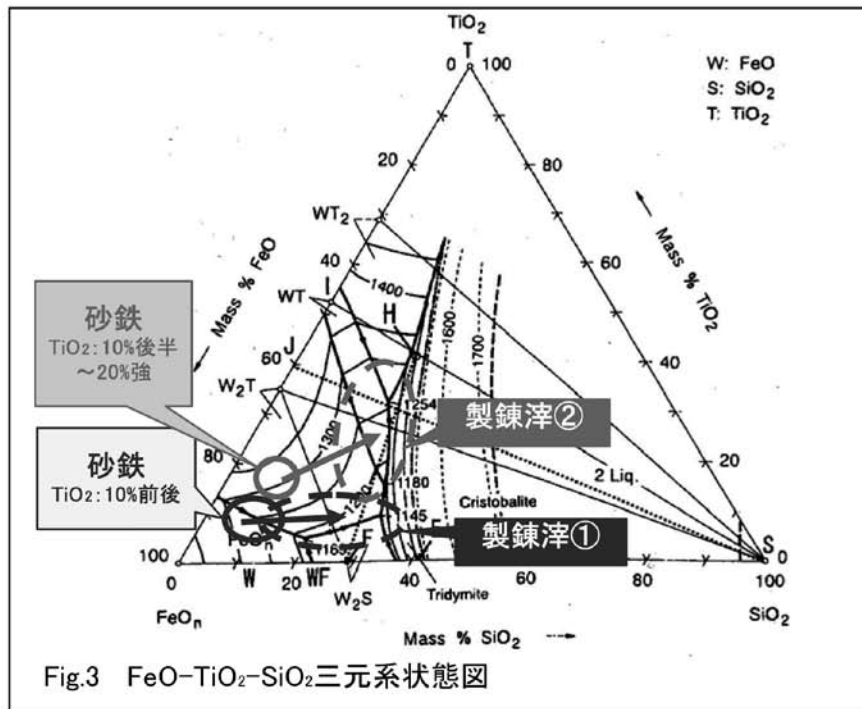


Fig.3 FeO-TiO₂-SiO₂三元系状態図

Fig. 1・2は以下の文献に掲載された分析値を元に作成した

- 大澤正己「製鉄原料（砂鉄・木炭・粘土）と鉄滓の科学的分析及び結果の考察」
『金井製鉄遺跡発掘調査報告書』（渋川市文化財発掘調査報告Ⅰ）渋川市教育委員会 1975
- 大澤正己・鈴木瑞穂「下田遺跡Ⅴ区出土鉄生産関連遺物の金属学的調査」
（財）群馬県埋蔵文化財調査事業団 2006提出資料
- 大澤正己・鈴木瑞穂「南原間遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査」
『南原間遺跡』東日本高速道路（株）・（財）群馬県埋蔵文化財調査事業団 2007
- 大澤正己「有馬条里遺跡出土鉄塊及び鉍滓（製錬滓）・精錬鍛冶坩形滓の調査」
『有馬条里遺跡』（渋川市発掘調査報告書第7集）渋川市教育委員会 1983
- 大澤正己「稻荷屋敷遺跡出土製鉄関連遺物と鉄器の金属学的調査」『滝前C遺跡・稻荷屋敷遺跡』藤岡市教育委員会 1997

(注)

(1) 木下亀城・小川留太郎『岩石鉱物』保育社 1995
チタン鉄鉱は赤鉄鉱とあらゆる割合に混じりあった固溶体をつくる。(中略)チタン鉄鉱と赤鉄鉱の固溶体には、チタン鉄鉱あるいは赤鉄鉱の結晶をなし、全体が完全に均質なものと、チタン鉄鉱と赤鉄鉱が平行にならんで規則正しい縞状構造を示すものがある。

チタン鉄鉱は磁鉄鉱とも固溶体をつくり、これにも均質なものと、縞状のものがある。(中略)このようなチタン鉄鉱と赤鉄鉱、または磁鉄鉱との固溶体を含チタン鉄鉱Titaniferous iron ore という。

(2) 黒田吉益・諏訪兼臣『偏光顕微鏡と造岩鉱物 [第2版]』共立出版株式会社 1983

第5章 鉱物各論 D. 尖晶石類・スピネル類 (Spinel Group) の記載に加筆

尖晶石類の化学組成の一般式は XY_2O_4 と表記できる。Xは2価の金属イオン、Yは3価の金属イオンである。その組み合わせでいろいろの種類のものがある。(略)

(3) 日刊工業新聞社『焼結鉄組織写真および識別法』1968

ウスタイトは450~500Hv、マグネタイトは500~600Hv、フエライトは600~700Hvの範囲が提示されている。ウルボスピネルの硬度値範囲の明記はないが、マグネタイトにチタン (Ti) を固溶するので、600Hv以上であればウルボスピネルと同定している。それにアルミナ (Al) が加わり、ウルボスピネルとヘーシナイトを端成分とする固溶体となると更に硬度値は上昇する。このため700Hvを超える値では、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が考えられる。

(4) J.B. Mac chesney and A. Murau: American Mineralogist, 46 (1961), 572

〔イルミナイト (Ilmenite: $FeO \cdot TiO_2$)、シュードブルーカイト (Pseudobrookite: $Fe_2O_3 \cdot TiO_2$)、ルチル (Rutile: TiO_2) の晶出は $FeO-TiO_2$ 二元平衡状態図から高温化操作が推定される。〕

(5) 鍛造剥片とは鉄素材を大気中で加熱、鍛打したとき、表面酸化膜が剥離、飛散したものを指す。俗に鉄肌 (金肌) やスケールとも呼ばれる。鍛冶工程の進行により、色調は黒褐色から青味を帯びた銀色 (光沢を発する) へと変化する。粒状滓の後続派生物で、鍛打作業の実証と、鍛冶の段階を押える上で重要な遺物となる^(註8)。

この鍛造剥片や粒状滓は極めて微細な鍛冶派生物であり、発掘調査中に土中から肉眼で識別するのは難しい。通常は鍛冶跡の床面の土砂を水洗することにより検出される。鍛冶工場の調査に当っては、鍛冶炉を中心にメッシュを切って土砂を取り上げ、水洗選別、秤量により分布状態を把握できれば、工房内の作業空間配置の手がかりとなりうる重要な遺物である^(註9)。

鍛造剥片の酸化膜相は、外層は微厚のヘマタイト (Hematite: Fe_2O_3)、中間層マグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4)、大部分は内層ウスタイト (Wustite: FeO) の3層から構成される。このうちのヘマタイト相は1,450℃を越えると存在しなく、ウスタイト相は570℃以上で生成されるのはFe-O系平衡状態図から説明される^(註10)。鍛造剥片を王水 (塩酸3:硝酸1) で腐食すると、外層ヘマタイト (Hematite: Fe_2O_3) は腐食しても侵されず、中間層マグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4) は黄変する。内層のウスタイト (Wustite: FeO) は黒変する。

鍛打作業前半段階ではウスタイト (Wustite: FeO) が粒状化を呈し、鍛打仕上げ時になると非晶質化する。鍛打作業工程のどの段階が行われていたか推定する手がかりともなる。

(6) 鈴木瑞穂「遺跡出土製鉄関連遺物にみる古代~中世前期の砂鉄製錬技術-東日本各地域の分析事例を中心に-」『日本鉄鋼協会 社会鉄鋼部会「鉄の歴史-その技術と文化-」フォーラム 第9回公開研究発表会講演論文集』(社)日本鉄鋼協会 社会鉄鋼部会「鉄の歴史-その技術と文化-」フォーラム 2007

(7) 前掲中(6)

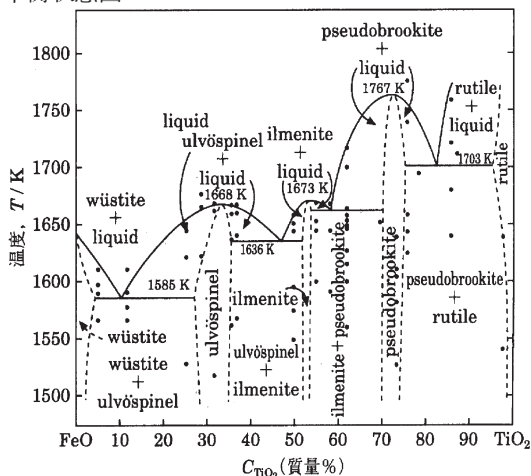
(8) 穴澤義功「古代東国の鉄生産」『栃木県立なす風土記の丘資料館 第2回企画展 古代東国の産業-那須地方の窯業と製鉄業-』栃木県立なす風土記の丘資料館 1994

(9) 大澤正己「房総風土記の丘実験試料と発掘試料」『千葉県立房総風土記の丘 年報15』(平成3年度)千葉県房総風土記の丘 1992

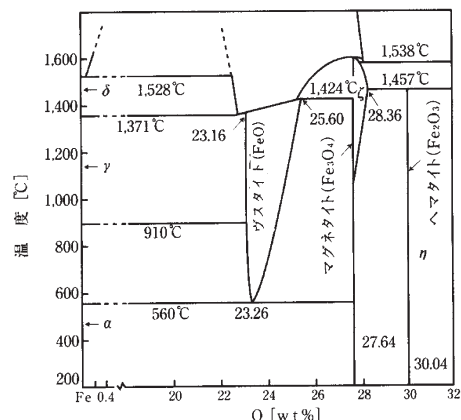
(10) 大澤正己「奈良尾遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『奈良尾遺跡』(今宿バイパス関連埋蔵文化財調査報告書 第13集)福岡県教育委員会 1991

(11) 森岡ら「鉄鋼腐食科学」『鉄鋼工学講座』11 朝倉書店 1975

平衡状態図



FeO-TiO₂ 二元平衡状態図



Fe-O系平衡状態図

Table 1 供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	地区	出土位置	遺物名称	推定年代	計測値			磁性度	メタル度	調査項目					備考																	
						大きさ (mm)	重量				マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	EPMA		化学分析	耐火度	加)														
MIN-1	峯山	I区	1号製鉄炉	炉壁	7C末 ~8C前半	239×220×53	1240.0	3なし																									
MIN-2				炉壁																													
MIN-3				流出孔滓A																													
MIN-4				流出溝滓																													
MIN-5				流動滓																													
MIN-6				流動滓																													
MIN-7				流動滓																													
MIN-8	1号鍛冶工房			梘形鍛冶滓 (含鉄)	7C末 ~8C前半	15×87×86	649.0	5錆化(△)																									
MIN-9				梘形鍛冶滓 (含鉄)																													
MIN-10				梘形鍛冶滓																													
MIN-11				鉄塊系遺物																													
MIN-12				梘形鍛冶滓																													
MIN-13				8号住居														II区	11号住居	鋳造品	8C第2四半期	119×77×6	273.0	7特L(☆)									
MIN-14				砂鉄塊結塊																													
MIN-15				流出孔滓A																													
MIN-16				流出溝滓																													
MIN-17				流動滓																													
MIN-18				流動滓																													
MIN-19	炉底塊A (含鉄)																																
MIN-20	炉底塊B																																
MIN-21	炉内滓 (含鉄)																																
MIN-22	鉄塊系遺物																																
MIN-23	鉄塊系遺物																																
MIN-24	2号製鉄炉			炉内流動滓	8C前半	78×50×42	141.2	1なし																									
MIN-25				流出溝滓																													
MIN-26				流動滓																													
MIN-27				梘形鍛冶滓 (含鉄)																													
MIN-28	1号鍛冶工房			梘形鍛冶滓	8C前半	133×111×73	1230.0	6H(○)																									
MIN-29				梘形鍛冶滓 (含鉄)																													

*40点調査

Table 3 出土遺物の調査結果のまとめ

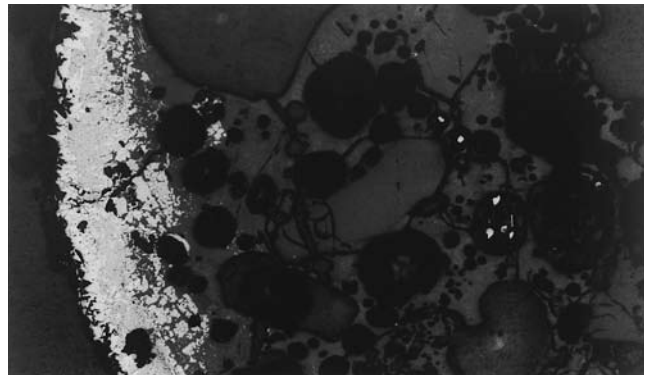
符号	遺跡名	地区	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	化学組成 (%)							所見	
							Total Fe	Fe ₂ O ₃	塩基性成分	TiO ₂	V	MnO	ガラス質成分		Cu
MIN-1	崋山	I区	1号製鉄炉	炉壁	7C末 ～8C前半	内面：ガラス質滓、M	4.34	2.63	1.89	0.83	0.02	0.18	87.41	0.01	耐火度：1187℃、 製鉄炉の炉壁としては耐火性の低い性状
MIN-2				炉壁		内面：ガラス質滓、M、胎土の微熱砂鉄の分解・溶化程度大きい	4.58	6.09	1.92	0.84	0.02	0.16	88.63	0.01	耐火度：1185℃、炉壁 (SUW-1) と同等の耐火性状
MIN-3				流出孔滓A		滓部：UとHの固溶体+F、 微小金属鉄 (フエライト・セメント)	28.34	4.89	6.81	4.21	0.10	0.43	55.53	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-4				流出溝滓		滓部：UとHの固溶体+W+F、 微小金属鉄 (フエライト・セメント)	40.81	6.12	7.56	5.95	0.16	0.49	39.19	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-5				流動滓		滓部：UとHの固溶体+W+F	43.41	12.98	7.13	6.13	0.20	0.46	35.78	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-6				流動滓		被熱砂鉄 (含フエライト)、滓部：UとHの固溶体+W+F、 微小金属鉄 (フエライト)	37.34	6.30	6.35	5.25	0.16	0.41	43.10	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-7				流動滓		被熱砂鉄 (含フエライト)、滓部：UとHの固溶体+W+F、 微小金属鉄 (フエライト)	42.81	6.13	7.32	6.78	0.22	0.48	35.32	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-8			1号鍛冶工房	椀形鍛冶滓 (含鉄)	7C末 ～8C前半	木炭破片 (粒内にU+Hの固溶体含み) +F	44.96	15.18	1.87	0.21	0.01	0.04	36.41	0.01	高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓
MIN-9				椀形鍛冶滓 (含鉄)		滓部：W	55.96	11.40	2.03	0.73	0.03	0.08	24.73	0.01	精錬鍛冶末期～精錬鍛冶初期の滓、脈石成分SUW-8 より高の傾向 (原料：底付砂鉄)
MIN-10				椀形鍛冶滓		木炭破片 (広葉樹材)、滓部：W+F	49.16	12.04	2.37	0.39	0.01	0.06	32.46	0.01	高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓
MIN-11				鉄塊系遺物		滓部：F、金属鉄部：過共析組織 (P地に針状Ce)	72.01	41.08	0.37	0.10	0.01	0.03	6.55	0.02	鍛冶処理途中の鉄塊 (高炭素鋼)
MIN-12			11号住居	椀形鍛冶滓 (含鉄)	8C第2四半期	滓部：W+F、微小金属鉄 (フエライト)	52.64	8.95	2.82	0.52	0.02	0.08	28.59	0.01	高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓
MIN-13			8号住居	铸造品	8C第2四半期	金属鉄・オーステナイト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	80.86	9.99	0.15	0.06	0.01	0.03	3.00	0.01	铸造鉄器片 (当製鉄遺跡製品とはいききれない)
MIN-14			I区	1号製鉄炉	8C前半	被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	51.20	30.99	3.21	6.81	0.26	0.46	20.70	0.01	フエライト (TiO ₂) 含有率6%程度の砂鉄焼結塊
MIN-15				流出孔滓A		被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	36.62	4.78	7.53	6.68	0.24	0.55	42.44	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-16				流出溝滓		被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	30.57	3.47	10.50	7.14	0.23	0.63	48.88	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄) 鉄生成にまで発言できる情 報は得られない
MIN-17				流動滓		滓部：UとHの固溶体+F	41.04	4.63	7.85	6.92	0.26	0.56	37.35	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄) 鉄生成にまで発言できる情 報は得られない
MIN-18				流動滓		滓部：UとHの固溶体+F、微小金属鉄 (フエライト)	38.54	3.08	7.44	7.10	0.26	0.58	40.53	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄) 鉄生成にまで発言できる情 報は得られない
MIN-19				炉底塊A (含鉄)		木炭破片 (広葉樹材)、 滓部：U+F、微小金属鉄 (フエライト)	39.43	29.45	6.18	9.66	0.74	0.46	27.74	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄) 鉄生成にまで発言できる情 報は得られない
MIN-20				炉底塊B		被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	32.32	4.02	7.15	6.15	0.21	0.55	48.22	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-21				炉内滓 (含鉄)		滓部：Ps or R、 金属鉄：共析組織～過共析組織 (スターゲイト)	45.34	46.26	1.92	1.20	0.04	0.12	26.09	0.01	製錬系鉄塊 (原料：砂鉄、高温製錬、高炭素鋼)
MIN-22				鉄塊系遺物		細部：ガラス質滓、 金属鉄：共析組織～重共晶組成白鑄鉄組織	61.81	50.19	0.65	0.36	0.01	0.03	14.27	0.01	製錬系鉄塊 (高炭素鋼～鑄鉄)
MIN-23				鉄塊系遺物		滓部：UとHの固溶体+F、 金属鉄：共析組織～重共晶組成白鑄鉄組織	28.99	30.28	3.94	1.14	0.04	0.24	52.38	0.01	製錬系鉄塊 (原料：砂鉄、高炭素鋼～鑄鉄)
MIN-24			2号製鉄炉	炉内流動滓	8C前半	被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	40.20	5.20	6.65	7.47	0.27	0.52	37.26	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-25				流出溝滓		被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	42.23	4.90	7.04	6.88	0.22	0.51	36.13	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-26				流動滓		被熱砂鉄：含フエライト、セメント、塊状黒鉛鑄鉄組織	42.83	4.80	6.98	7.26	0.27	0.50	35.21	0.01	製錬滓 (原料：砂鉄)
MIN-27			1号鍛冶工房	椀形鍛冶滓 (含鉄)	8C前半	滓部：W+UとHの固溶体+F、微小金属鉄：7フエイト单相	49.36	11.04	3.98	3.92	0.16	0.31	29.20	0.01	精錬鍛冶滓 (原料：砂鉄) 1号鍛冶工房出土品の可能性
MIN-28				椀形鍛冶滓		滓部：WとHの固溶体+F、金属鉄：ねずみ鑄鉄	45.79	9.18	4.00	3.02	0.17	0.24	34.89	0.01	精錬鍛冶滓 (原料：砂鉄)
MIN-29				椀形鍛冶滓 (含鉄)		鍛造剥片、滓部：W+UとHの固溶体+F	44.94	10.37	4.40	2.44	0.20	0.22	34.63	0.01	精錬鍛冶滓 (原料：砂鉄)

M : Magnetite (Fe₃O₄), U : Ulvöspinel (2FeO · TiO₂), H : Hercynite (FeO · Al₂O₃), W : Wustite (FeO), F : Fayalite (2FeO · SiO₂), Ps : Pseudobrookite (Fe₂O₃ · TiO₂), R : Rutile (TiO₂), P : Pearlite, Ce : Cementite (Fe₃C)

MIN-1

炉壁

①×100ガラス質滓
表層：マグネタイト



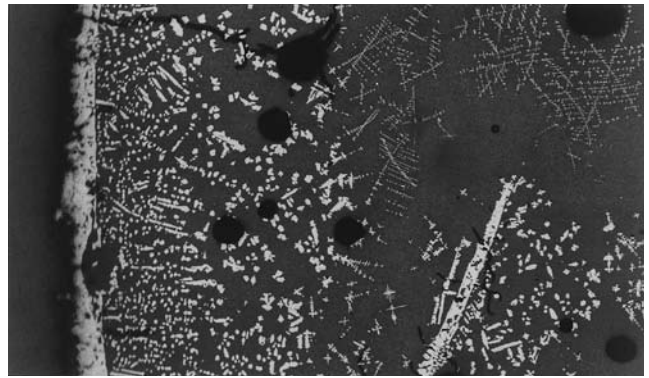
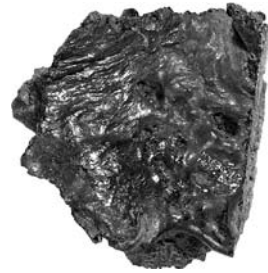
①

MIN-2

炉壁

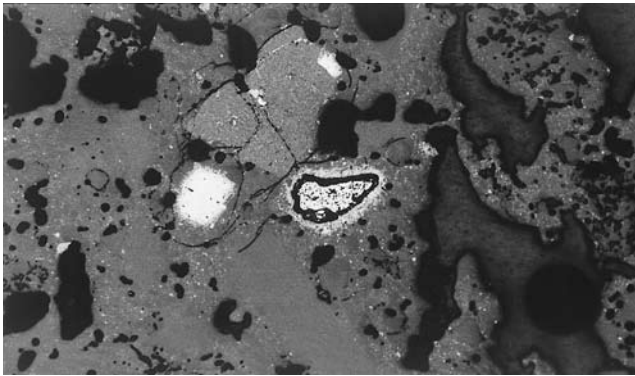
②×100ガラス質滓
表層：マグネタイト

③×100④×200
中央：被熱砂鉄、(含チタン鉄鉍)、炉壁粘土中に混在したものか

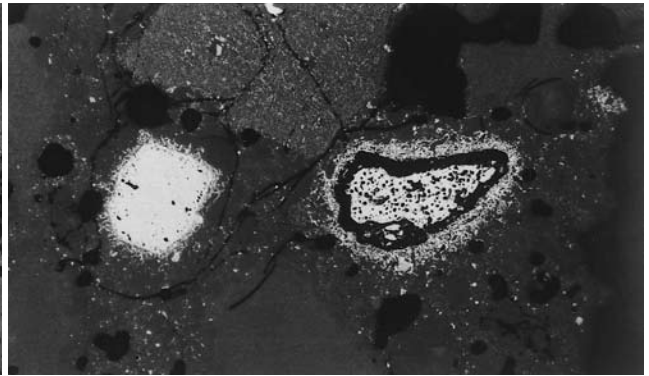


②

③



④



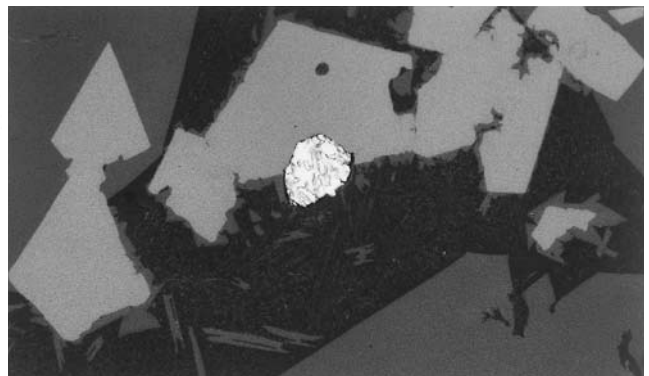
MIN-3

流出孔隙A

⑤×400中央：金属鉄
セメンタイト・フェライト

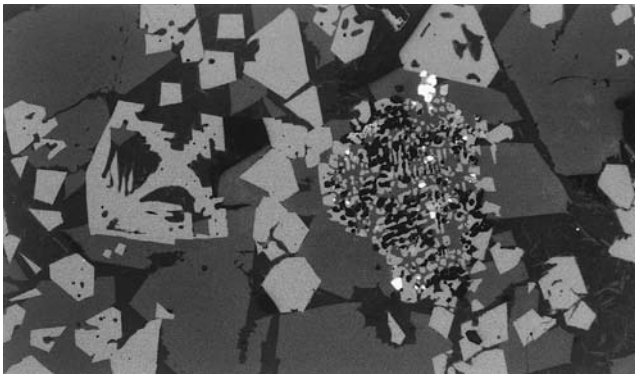
⑥×100右側：砂鉄還元・滓
化進行、微小金属鉄

⑦×200硬度：731Hv
ウスボスピネルとヘーシナイト
の固溶体
ファヤライト



⑤

⑥



⑦

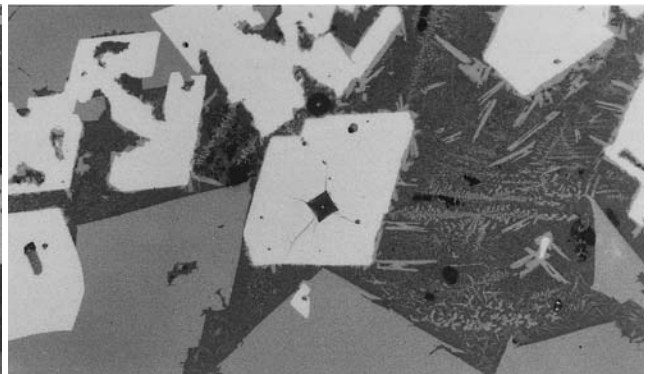
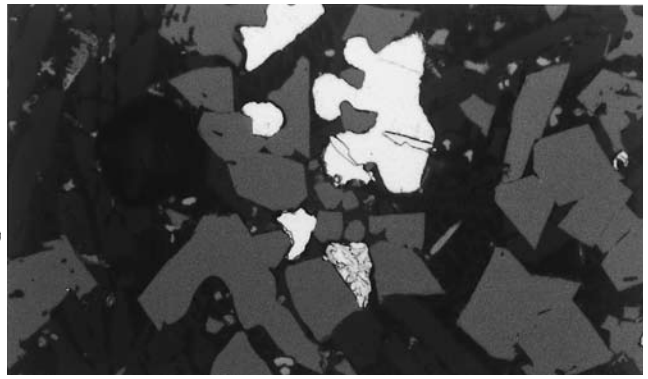


Photo.1 炉壁・流出孔隙の顕微鏡組織

MIN-4

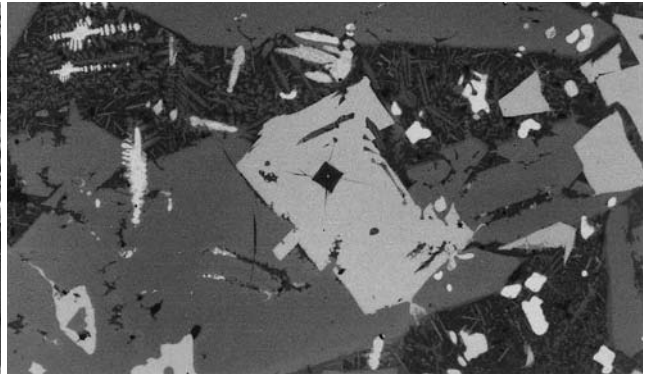
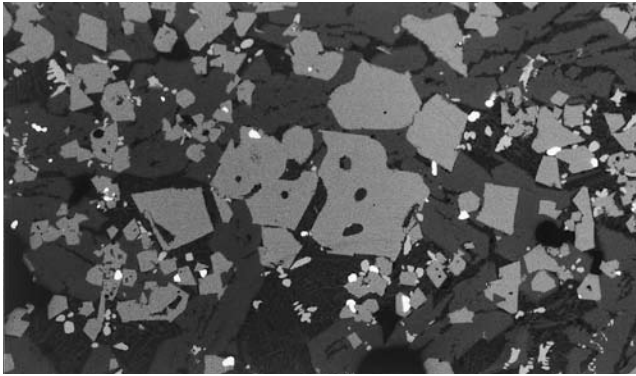
流出溝滓

- ①×400中央：金属鉄
セメントイト・フェライト
- ②×100ウルボスピネルと
ヘーシナイトの固溶体・
ウスタイト・ファヤライト
- ③×200硬度：749Hv



①

②

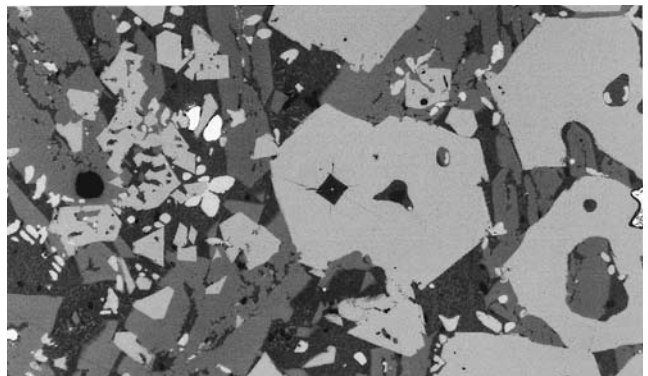


③

MIN-5

流動滓

- ④×200硬度：762Hv
- ウルボスピネルとヘーシ
ナイトの固溶体
- ウスタイト・ファヤライト

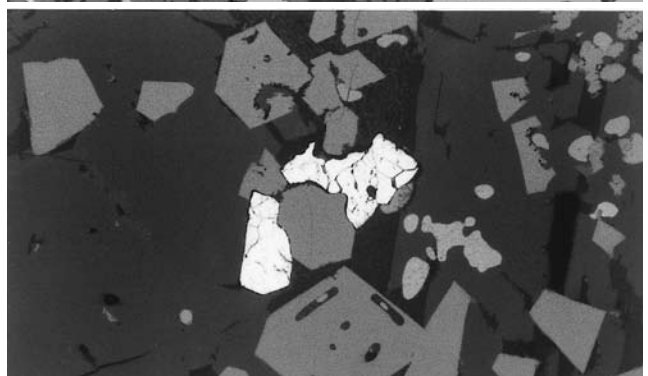


④

MIN-6

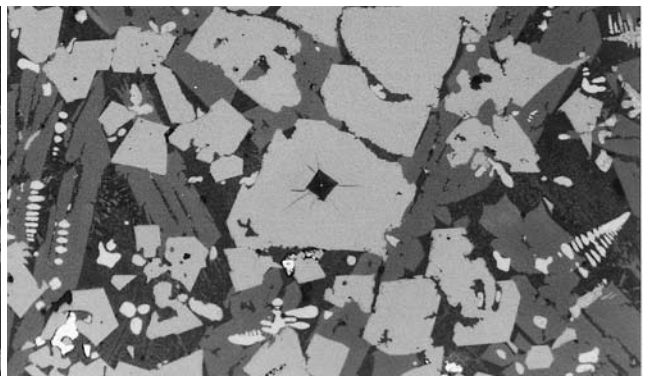
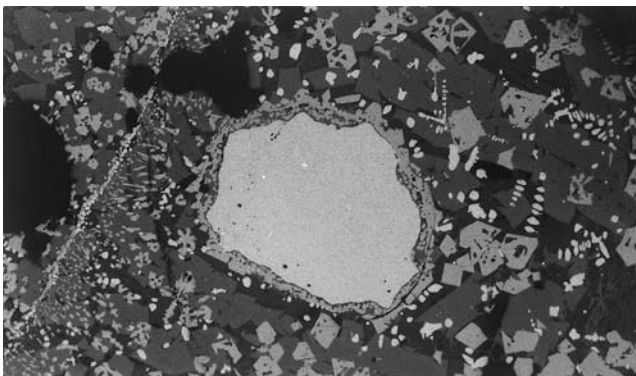
流動滓

- ⑤×400中央：金属鉄
フェライト单相
- ⑥×100中央：被熱砂鉄
含チタン鉄鈹
- ⑦×200硬度：750Hv
- ウルボスピネルとヘーシ
ナイトの固溶体
- ウスタイト・ファヤライト



⑤

⑥



⑦

Photo.2 流動滓の顕微鏡組織

MIN-7

流動滓

①×100被熱砂鉄

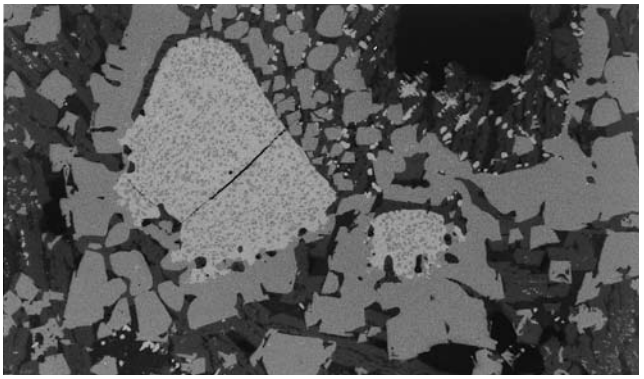
②×100ウルボスピネルと

ヘーシナイトの固溶体

マグネタイト・ファヤライト

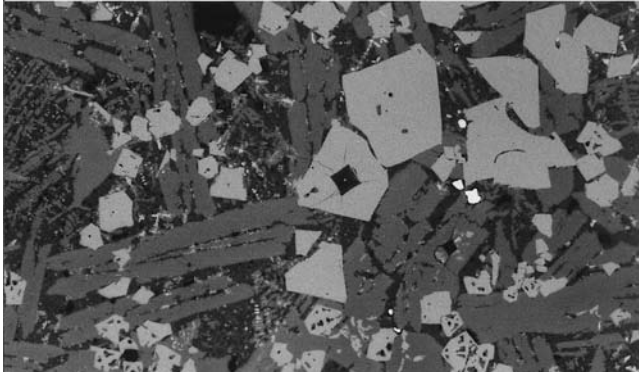
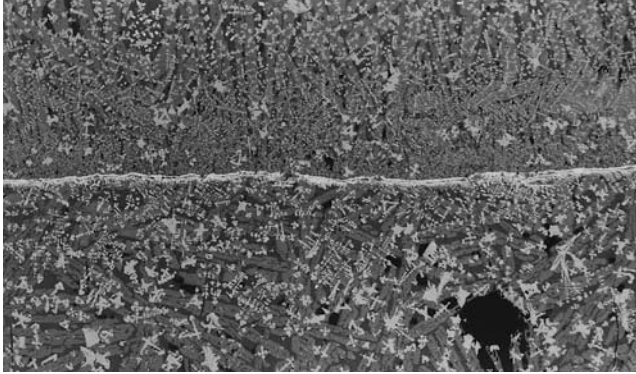
③×200硬度：655Hv

ウルボスピネル



①

②



③

MIN-8

椀形鍛冶滓 (含鉄)

④×100木炭破片

⑤×100⑥×200滓部

ウスタイト (微細ヘーシナイト)

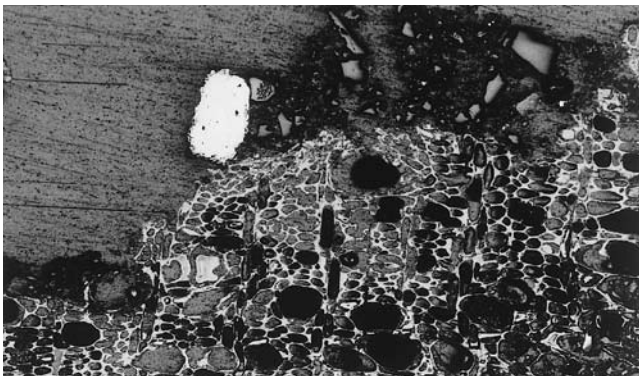
・ファヤライト

硬度：451Hv、ウスタイト

⑦×100⑧×200金属鉄過

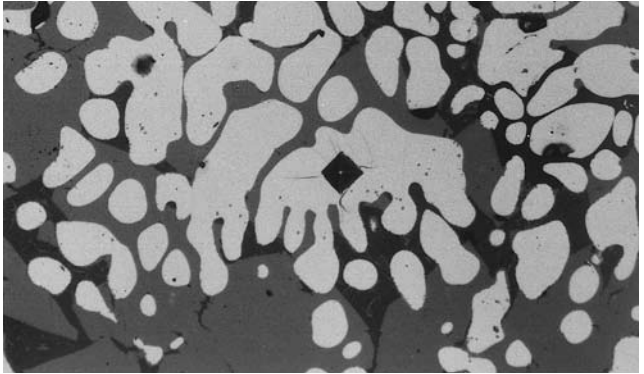
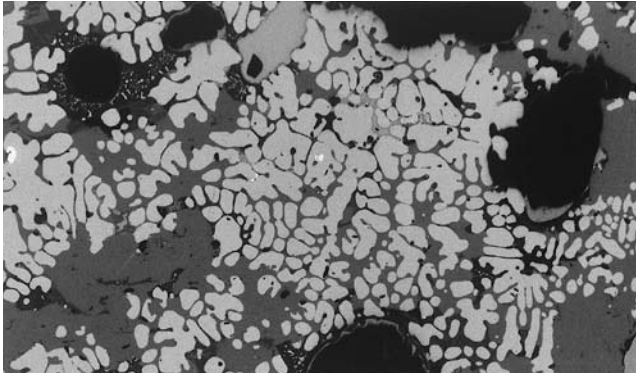
共析組織

硬度：273Hv、パーライト



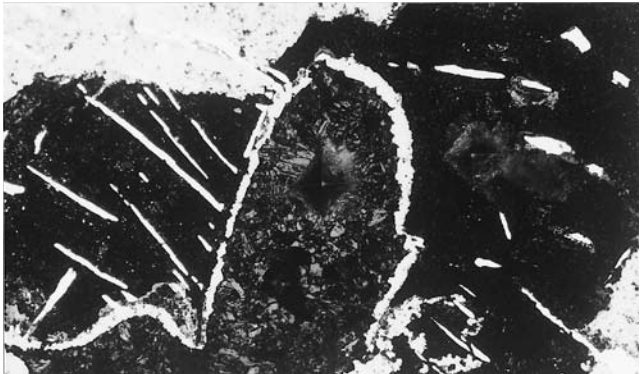
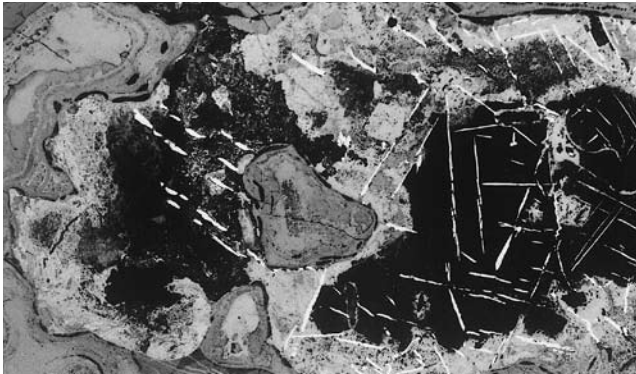
④

⑤



⑥

⑦



⑧

Photo.3 流動滓・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

MIN-9

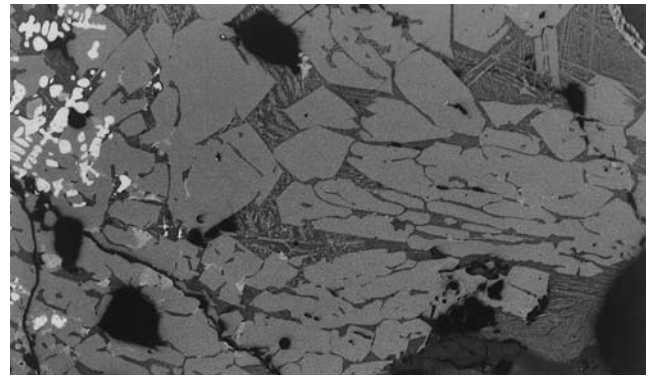
椀形鍛冶滓 (含鉄)

①×100ウスタイト・
ファイヤライト

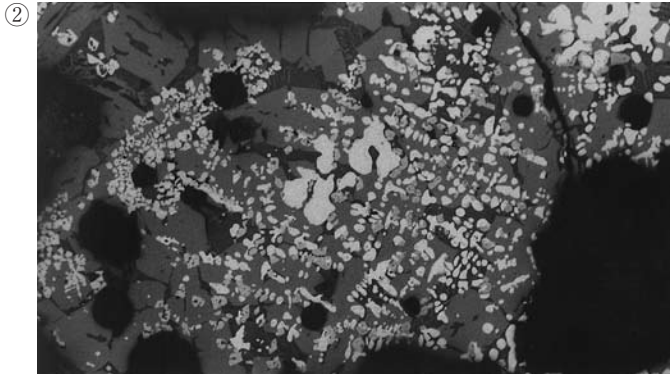
②×100③×400
ウスタイト・ウルボスピネ
ルとヘーシナイトの固溶体
ファイヤライト

④⑤×200硬度：

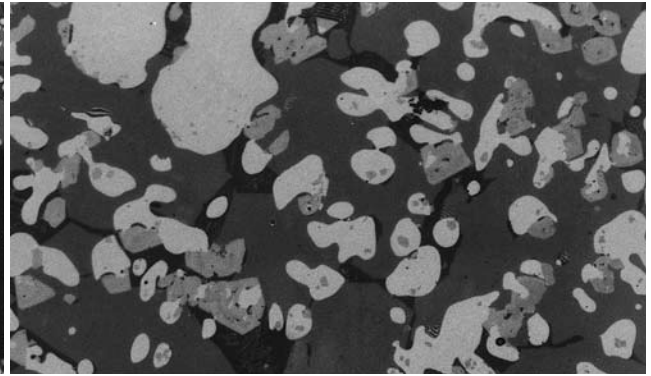
④440Hv、⑤648Hv



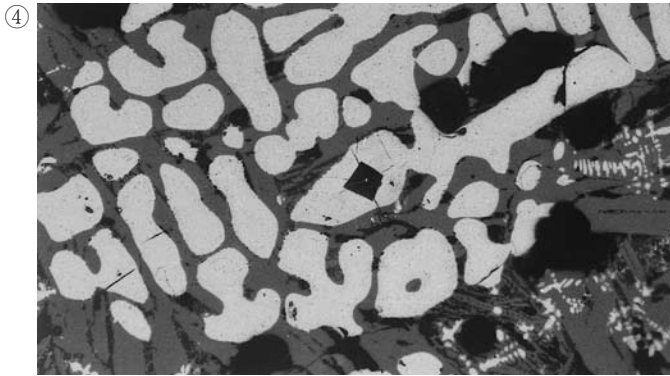
①



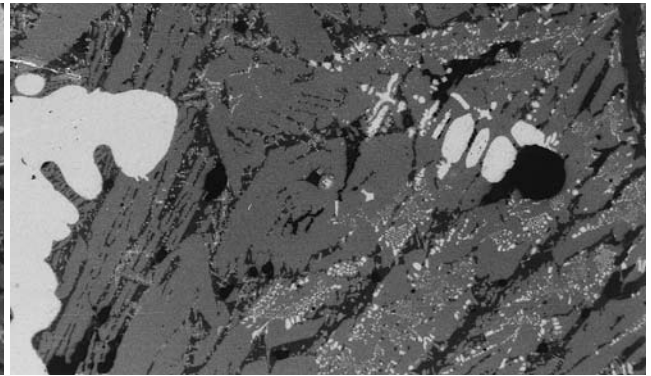
②



③



④



⑤

MIN-10

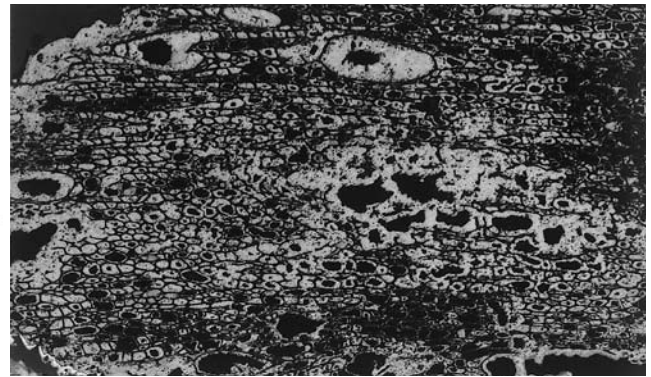
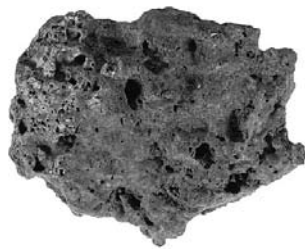
椀形鍛冶滓

⑥×100木炭破片

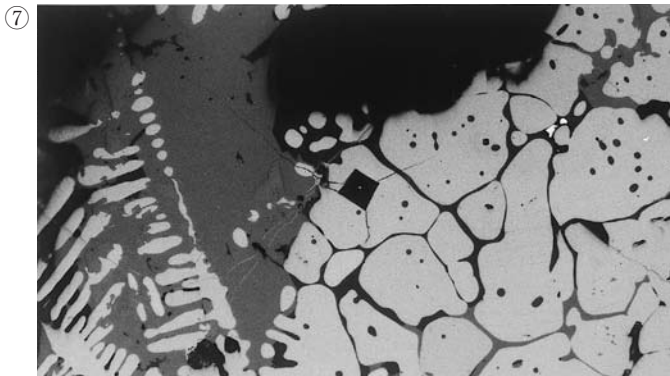
⑦⑧×200硬度：

⑦447Hv、ウスタイト

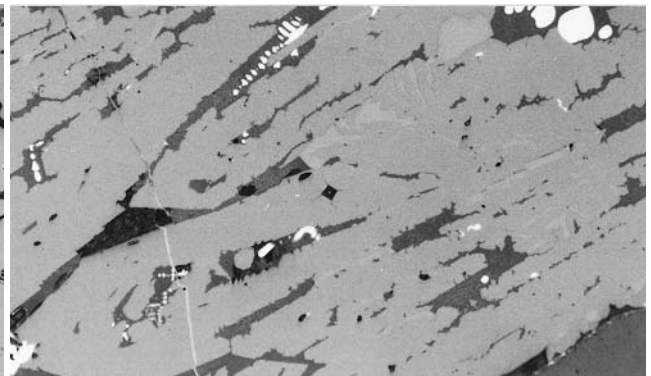
⑧709Hv、ファイヤライト



⑥



⑦



⑧

Photo. 4 椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

MIN-11

鉄塊系遺物

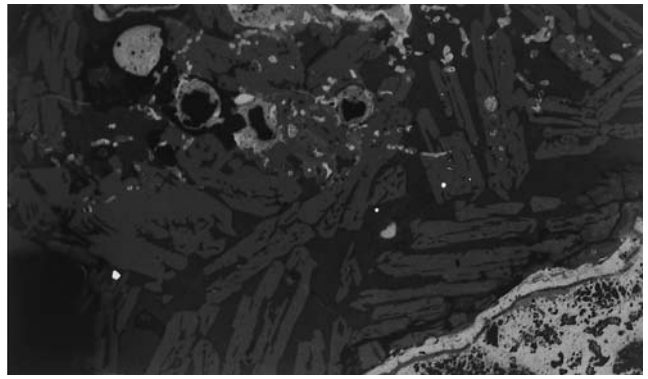
①×100滓部、
ファヤライト

②×100銹化鉄

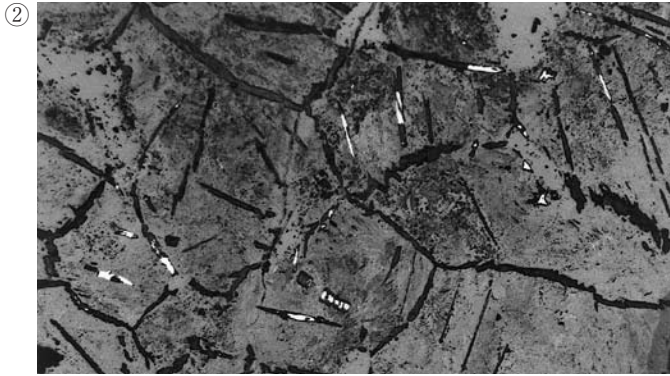
③×400非金属介在物

④×100⑤×200金属鉄過
共析組織

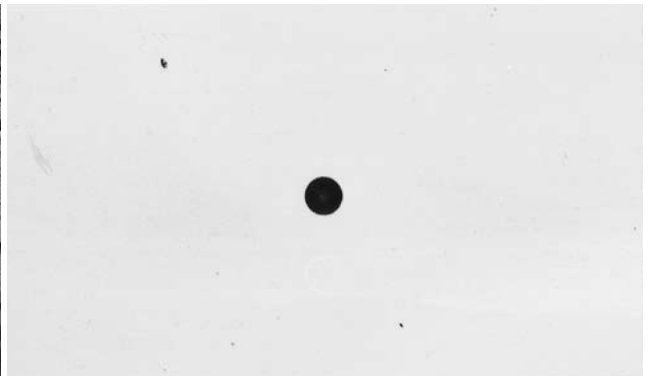
硬度：330Hv



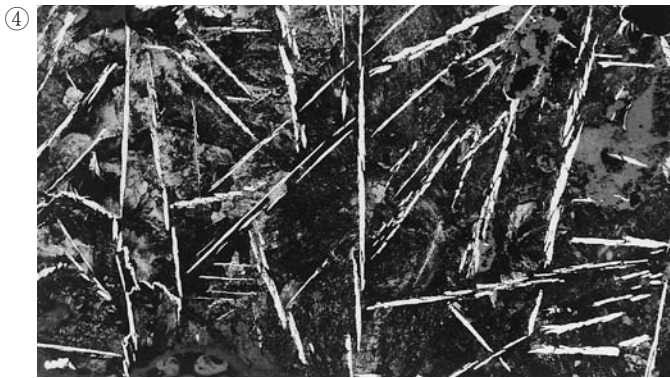
①



②



③



④



⑤

MIN-12

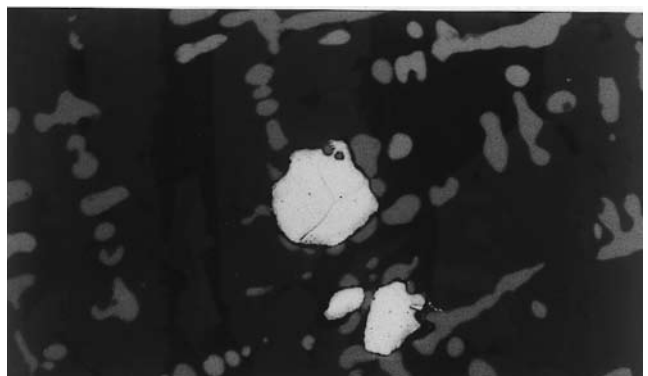
椀形鍛冶滓

⑥×400中央：金属鉄
フェライト单相

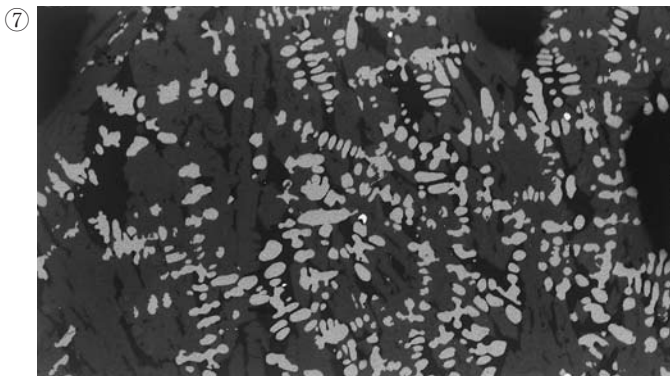
⑦×100⑧×200滓部

ウスタイト・ファヤライト

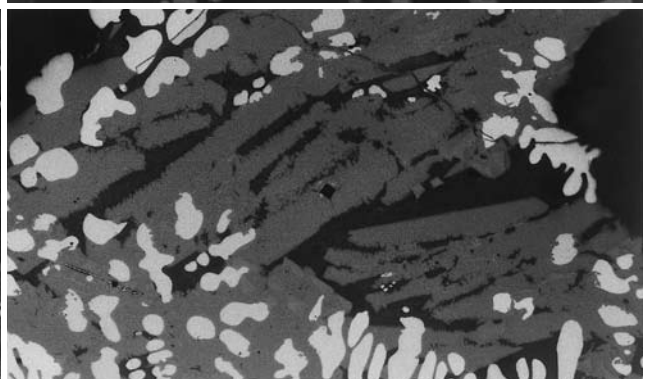
硬度：730Hv



⑥



⑦



⑧

Photo.5 鉄塊系遺物・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

① MIN-13

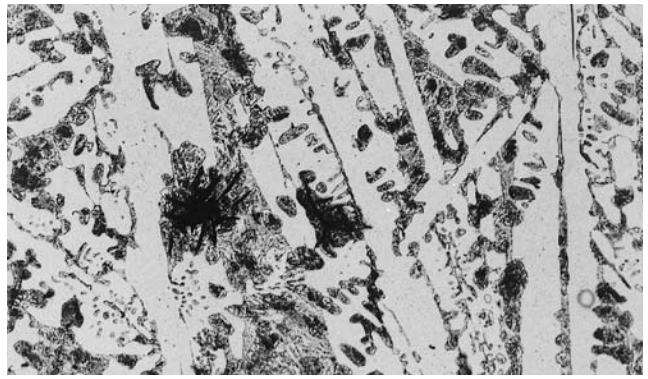
鑄造品

①×100斑鑄鉄

②③×200硬度:

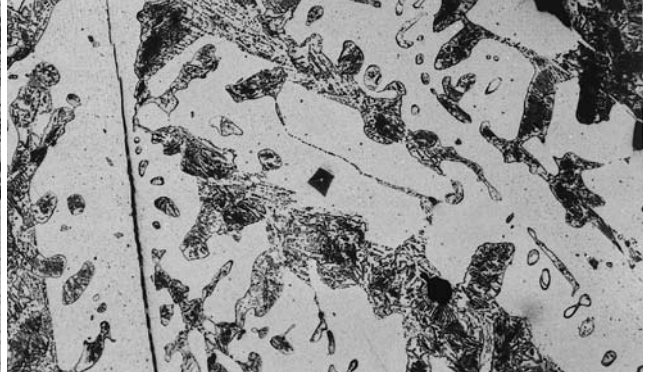
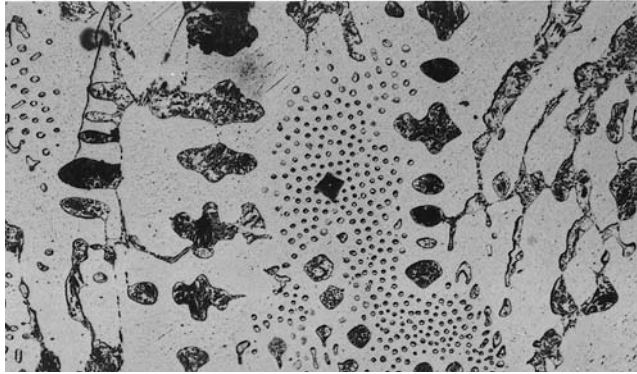
②883Hv、レデブライト

③959Hv、セメントタイト



①

②



③

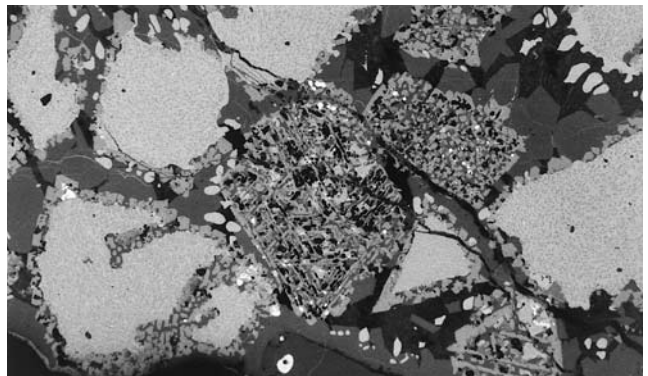
MIN-14

砂鉄焼結塊

④×100被熱砂鉄、
含チタン鉄鉱

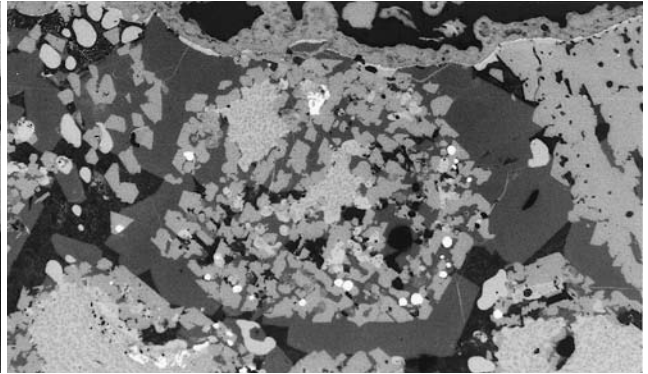
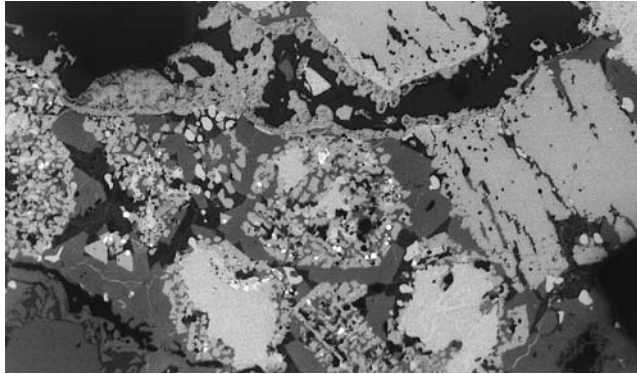
⑤×100⑥×200同上

⑦×100⑧×200同上



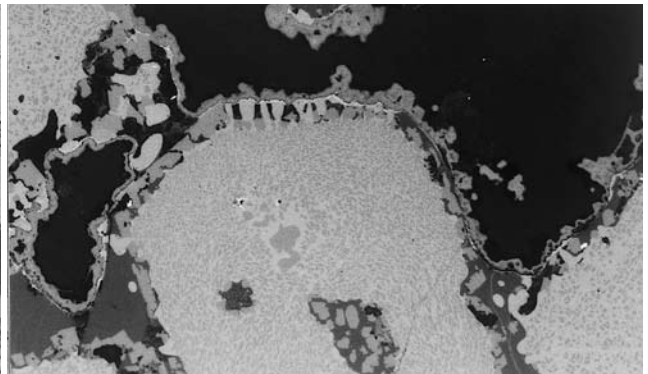
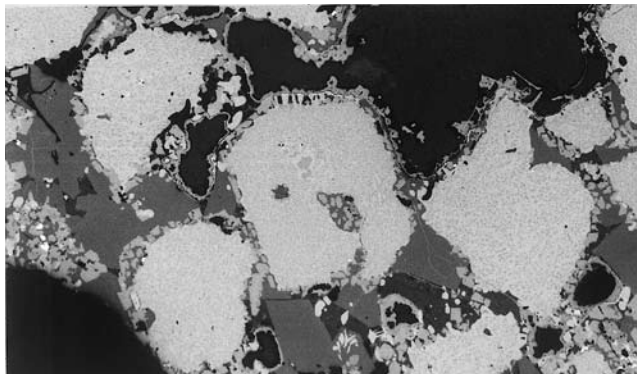
④

⑤



⑥

⑦



⑧

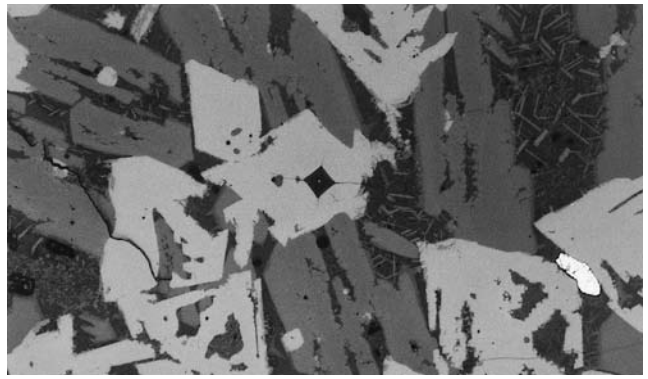
Photo.6 鑄造品・砂鉄焼結塊の顕微鏡組織

MIN-15

流出孔滓A

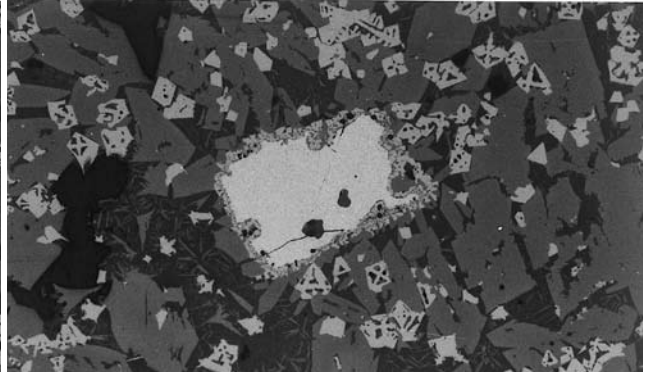
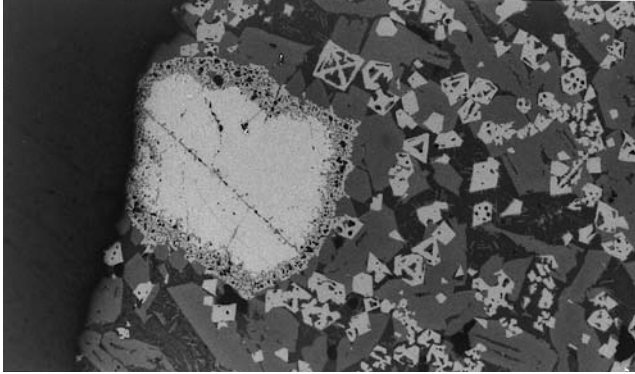
①×200硬度：736Hv

②③×100被熱砂鉄、
含チタン鉄鉍、
ウルボスピネルとヘーシナ
イトの固溶体
ファヤライト



①

②



③

MIN-16

流出溝滓

④×400金属鉄

フェライト単相

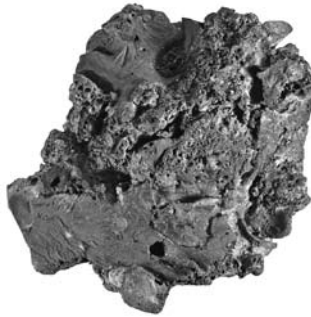
⑤×100被熱砂鉄、

含チタン鉄鉍

ウルボスピネルとヘーシナ
イトの固溶体

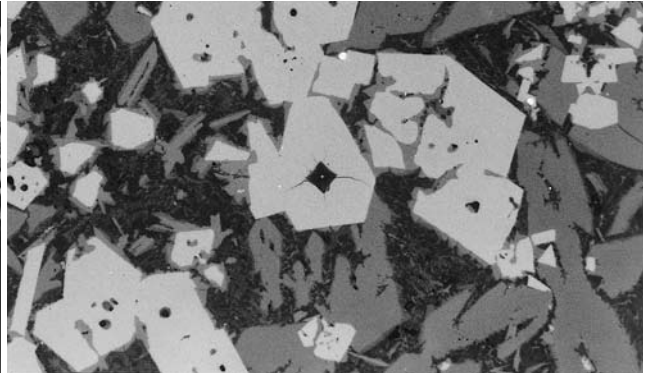
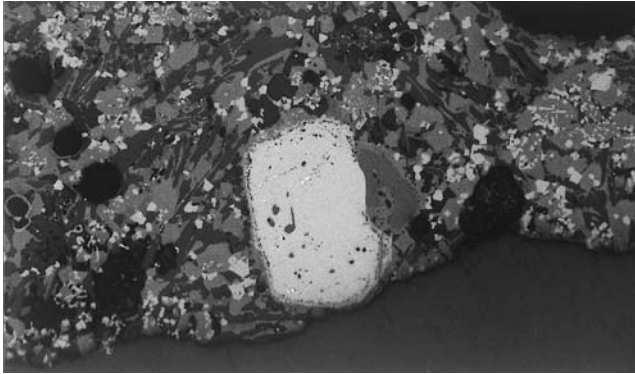
ファヤライト

⑥×200硬度：801Hv



④

⑤



⑥

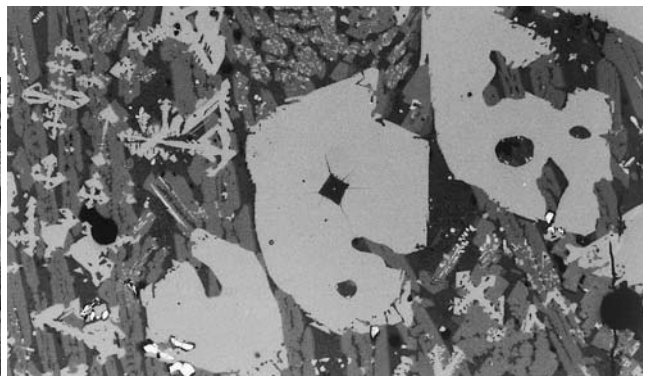
MIN-17

流動滓

⑦×200硬度：771Hv

ウルボスピネルとヘーシナ
イトの固溶体

ファヤライト



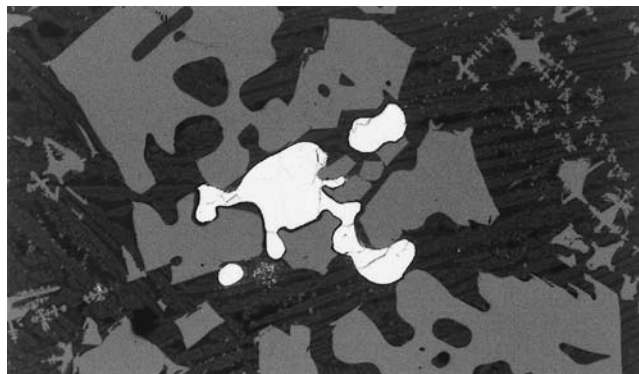
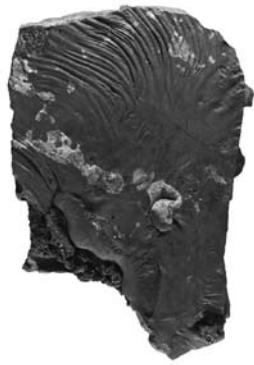
⑦

Photo. 7 流出孔滓～流出溝滓・流出溝滓・流動滓の顕微鏡組織

MIN-18

流動滓

①×200中央：金属鉄
フェライト单相
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体
ファヤライト
(硬度：多角形結晶786Hv)



①

MIN-19

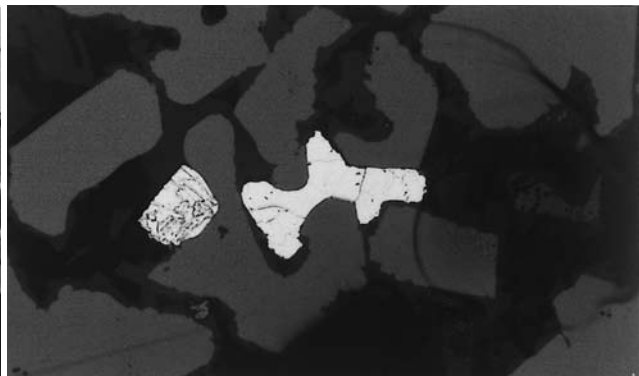
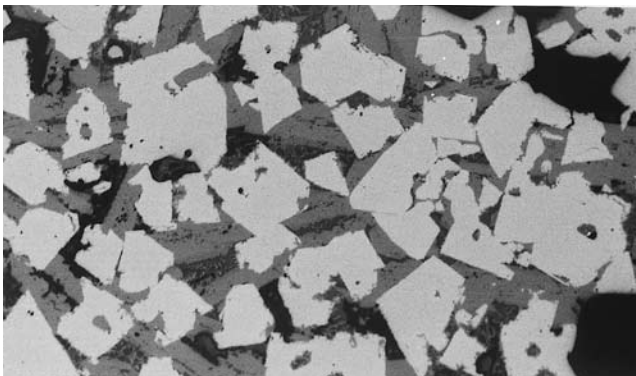
炉底塊A (含鉄)

②×100木炭破片
③×100ウルボスピネル
ファヤライト
④×100中央：金属鉄、
フェライト单相
(硬度：多角形結晶613Hv)



②

③

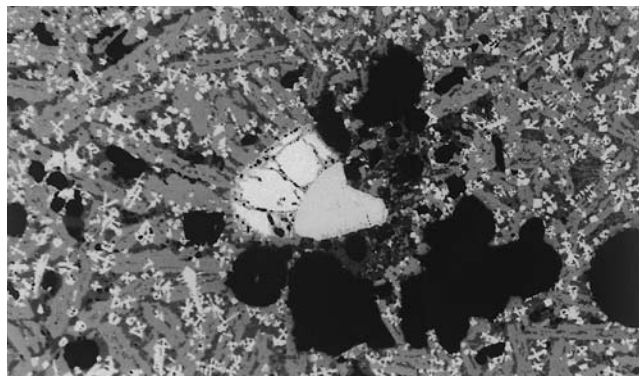
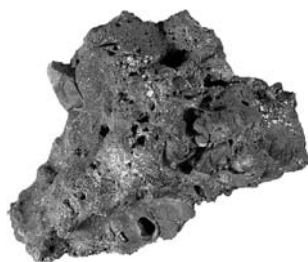


④

MIN-20

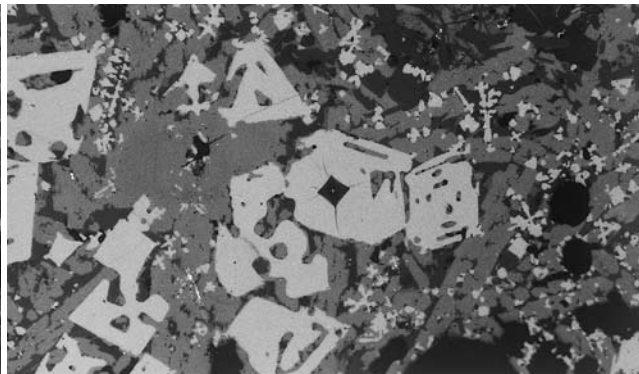
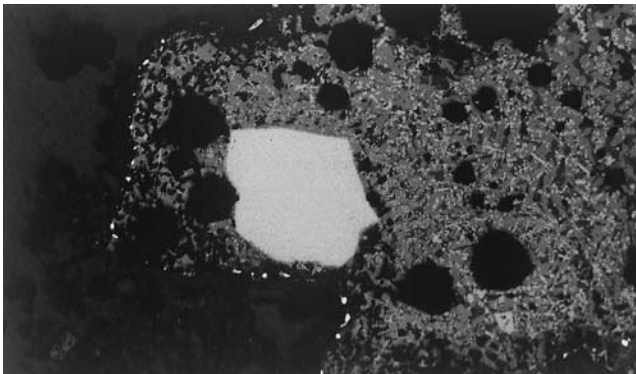
炉底塊B

⑤⑥×100被熱砂鉄
含チタン鉄鉍
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体
ファヤライト
⑦×200硬度：768Hv



⑤

⑥



⑦

Photo. 8 流動滓・炉底塊・流出孔滓の顕微鏡組織

MIN-21

炉内滓 (含鉄)

①×100滓部

②③×15金属鉄

④×100⑤×200

共析組織、硬度：291Hv

⑥×100⑦×200

過共析組織、硬度：591Hv

⑧×100⑨×200

過共析組織、硬度：566Hv

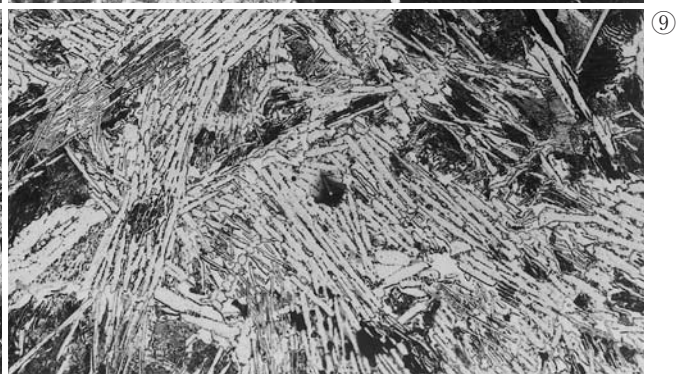
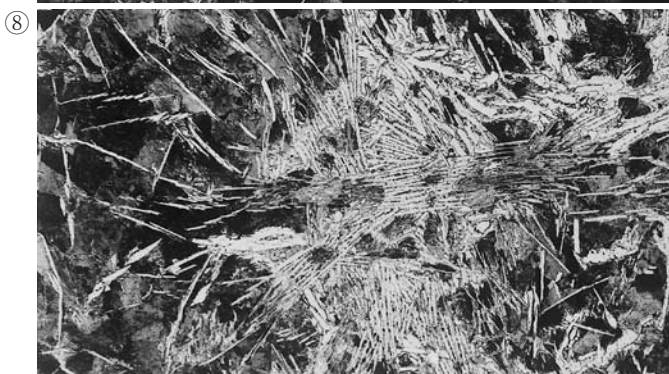
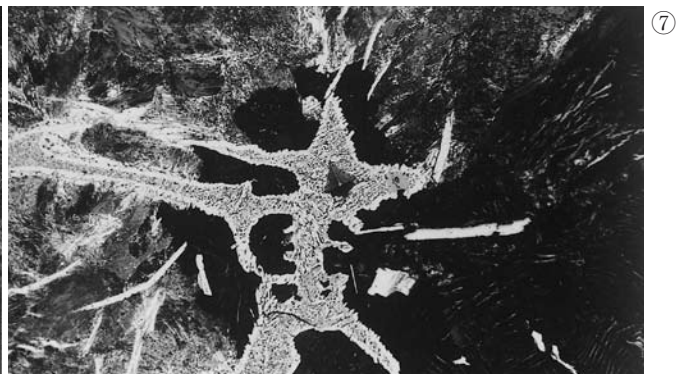
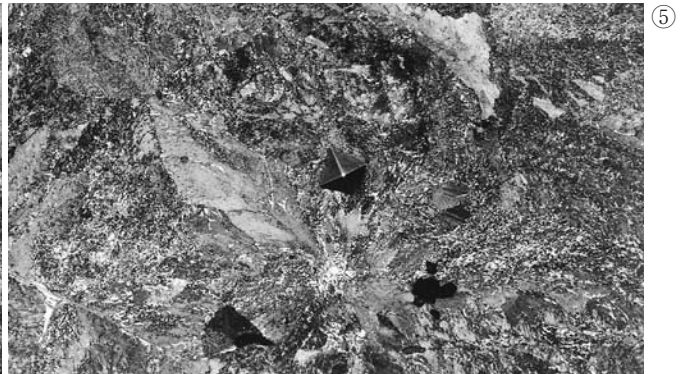
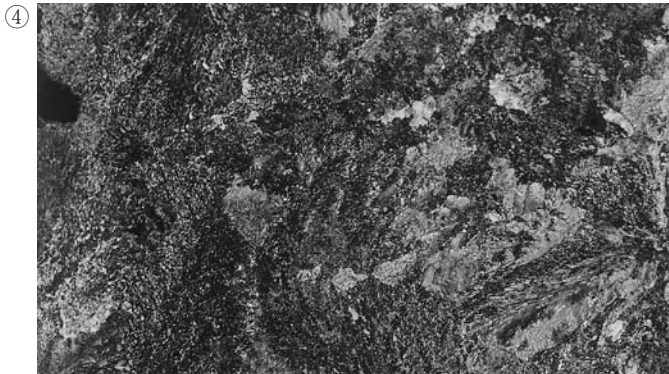
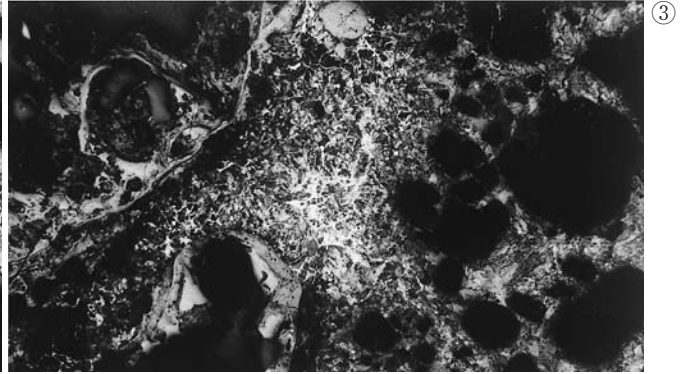
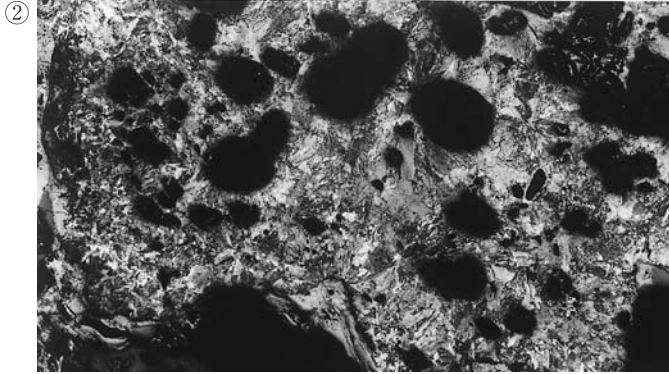
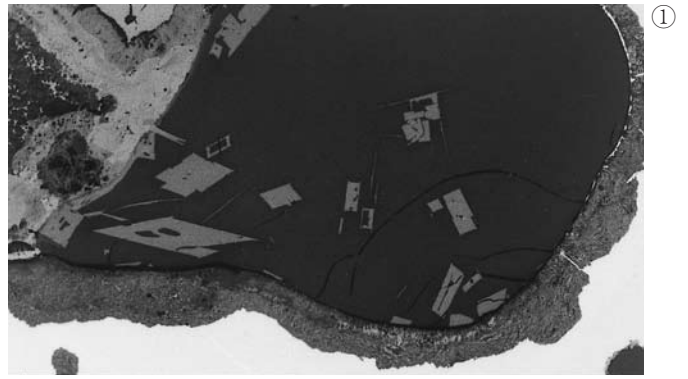


Photo. 9 炉内滓 (含鉄) の顕微鏡組織

MIN-22

鉄塊系遺物

①×100 ③～⑤×400

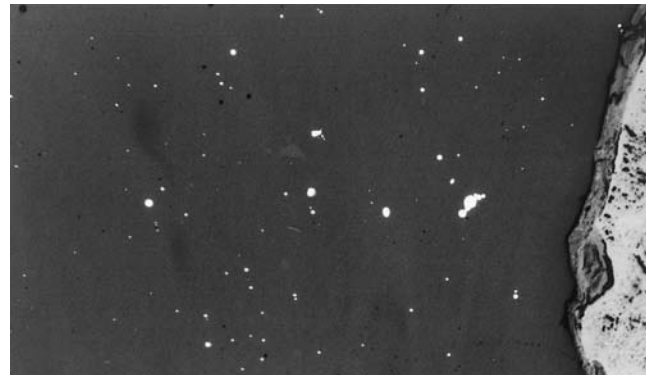
金属鉄：共析組織～

亜共晶組成白鑄鉄組織

⑥～⑨×200 硬度：

⑥287Hv、⑦246Hv

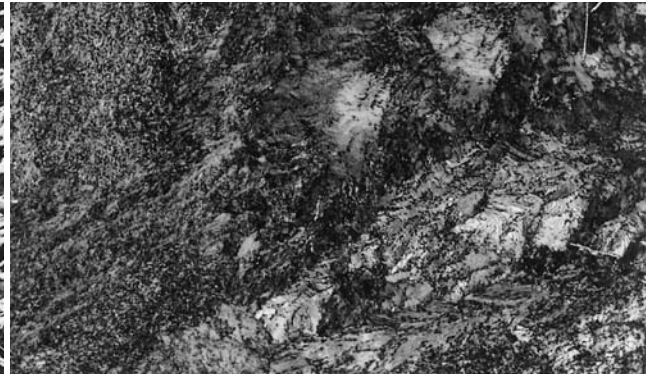
⑧320Hv、⑨786Hv



①



②



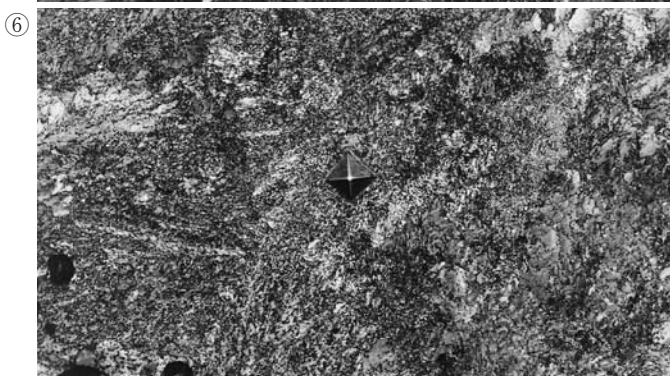
③



④



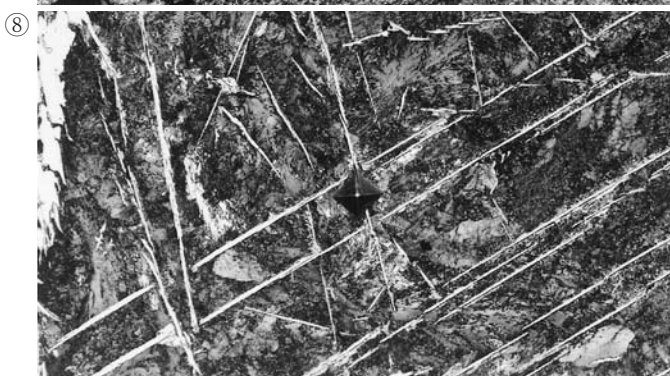
⑤



⑥



⑦



⑧



⑨

Photo. 10 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

MIN-23

鉄塊系遺物

①×400滓部

②×15金属鉄

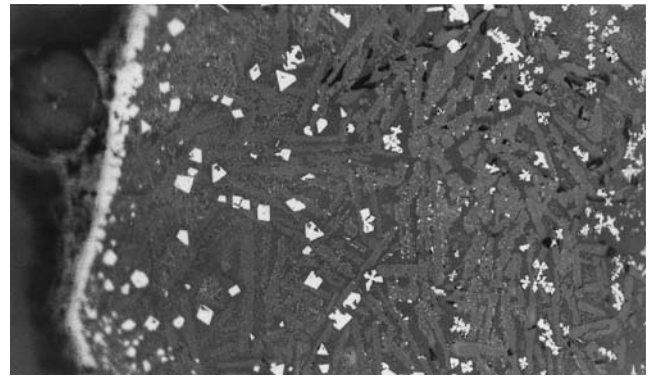
③×200共析組織、

硬度：345Hv

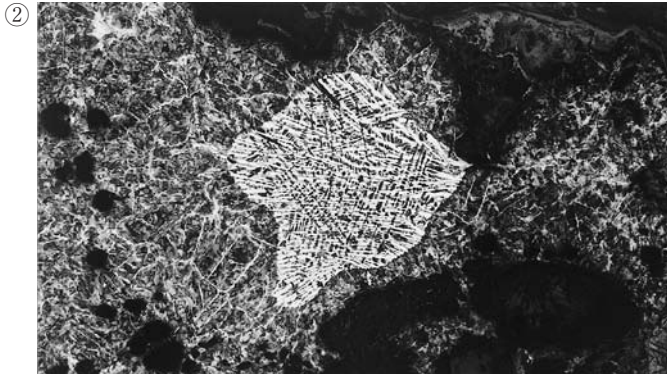
④×100⑥×200

過共析組織、硬度：288Hv

⑥×100⑦×200亜共晶組成
白鑄鉄組織、732Hv



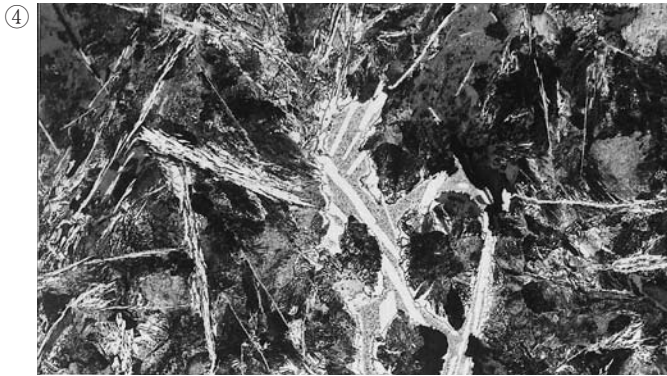
①



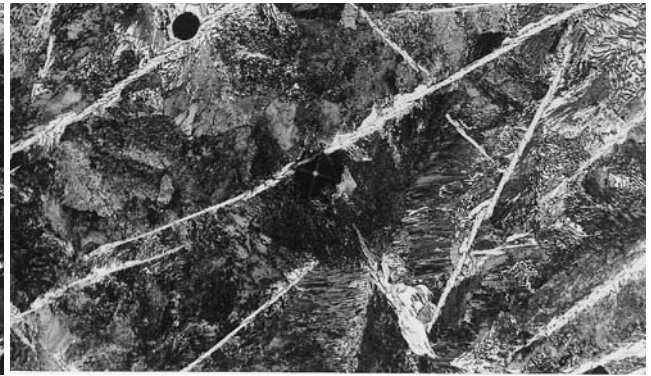
②



③



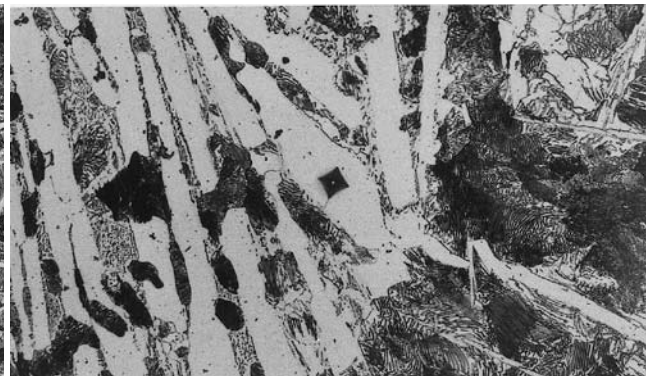
④



⑤



⑥



⑦

MIN-24

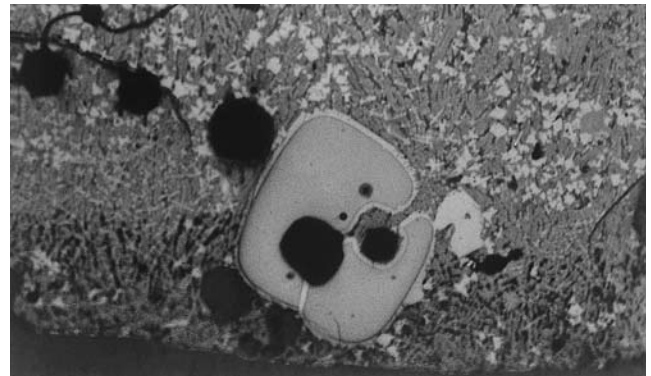
炉内流動滓

⑧×100中央：被熱砂鉄

含チタン鉄鈹

ウルボスピネルとヘーシナイ

トの固溶体



⑧

Photo.11 鉄塊系遺物・炉内流動滓の顕微鏡組織

MIN-25

流出溝滓

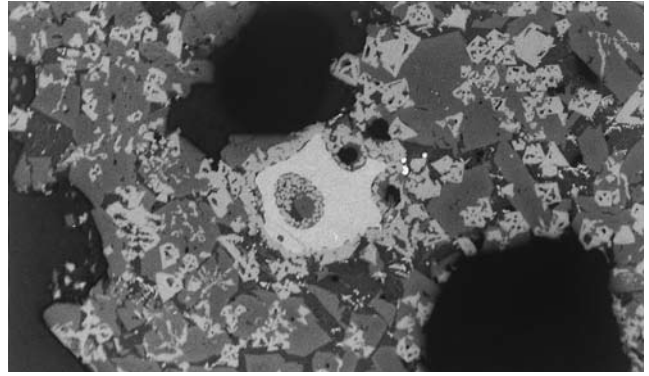
①×100中央：被熱砂鉄

含チタン鉄鈹

ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体

ファヤライト

(硬度：多角形結晶715Hv)



①

MIN-26

流動滓

②×100中央：被熱砂鉄

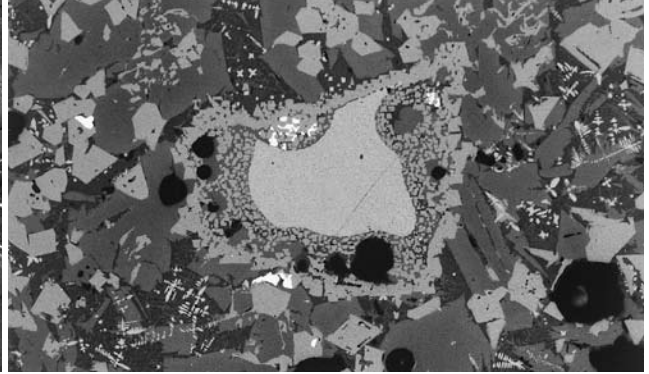
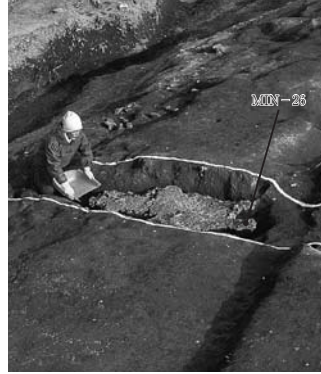
含チタン鉄鈹

ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体

ファヤライト

明白色粒：金属鉄

(硬度：多角形結晶715Hv)



②

MIN-27

椀形鍛冶滓(含鉄)

③×200金属鉄、硬度：96Hv

フェライト単相

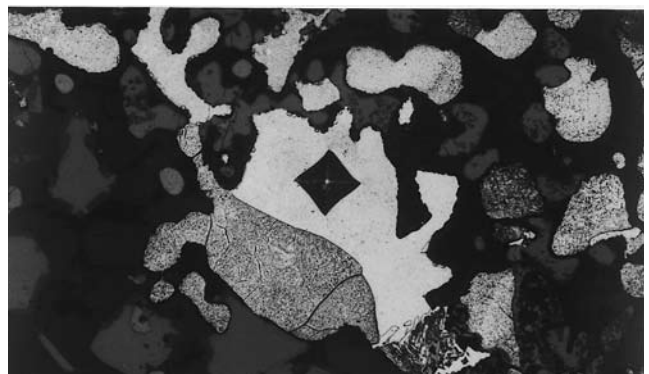
④⑤×50金属鉄、同上

⑥×100⑦×200滓部

ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体・ウスタイト

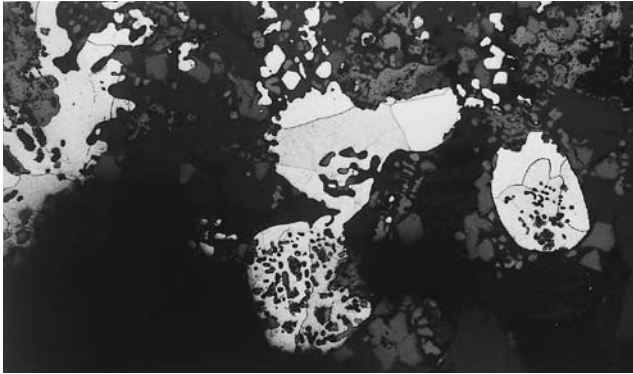
ファヤライト

硬度：779Hv

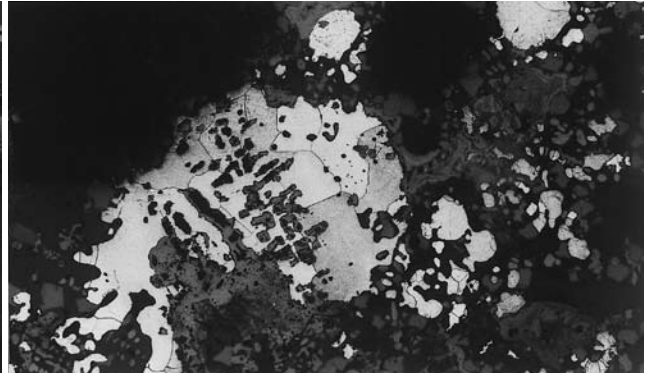


③

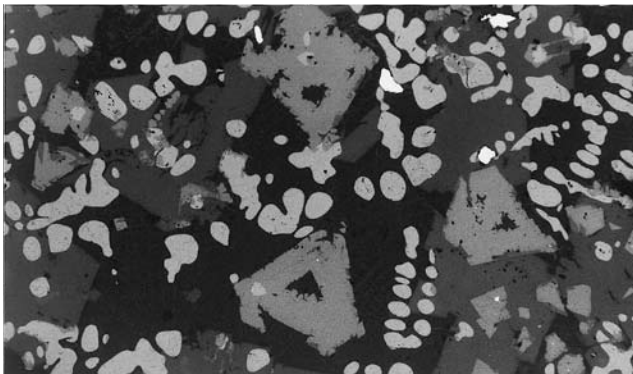
④



⑤



⑥



⑦

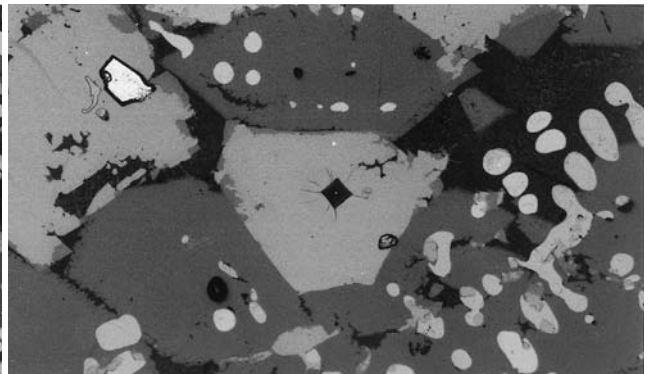


Photo.12 流出溝滓・流動滓・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

MIN-28

腕形鍛冶滓

①×200滓部、704Hv

ファイヤライト

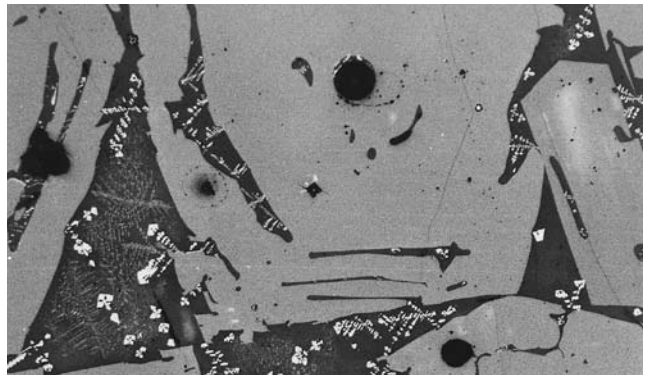
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体

②×100③~⑤×200

金属鉄部：ねずみ鋳鉄

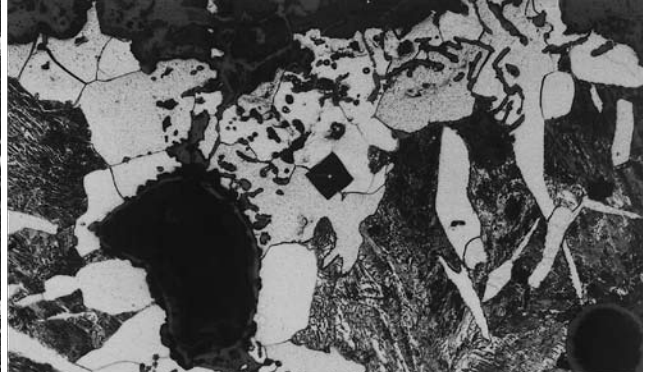
硬度：③87Hv、④204Hv

⑤832Hv



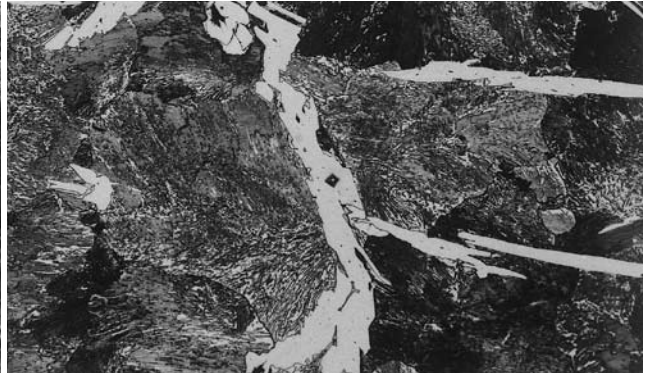
①

②



③

④



⑤

MIN-29

腕形鍛冶滓 (含鉄)

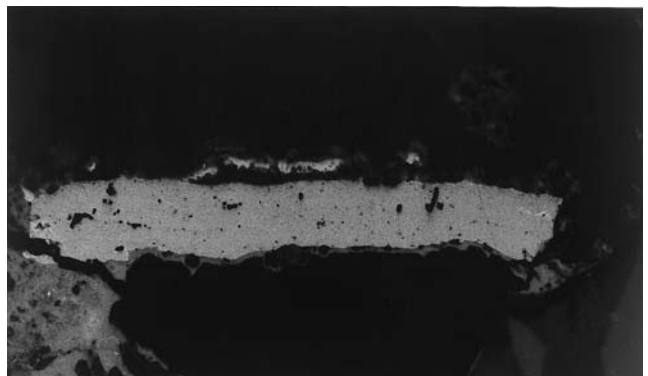
⑥×400鍛造剥片

⑦×100⑧×200滓部

ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体・ウスタイト

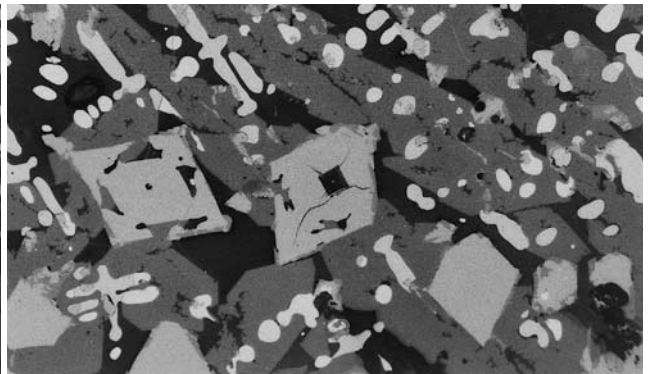
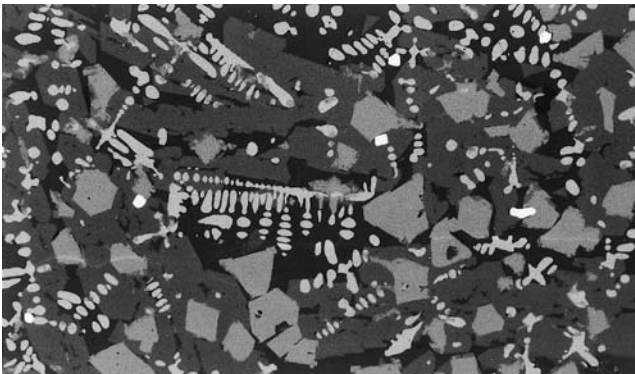
ファイヤライト

硬度：748Hv



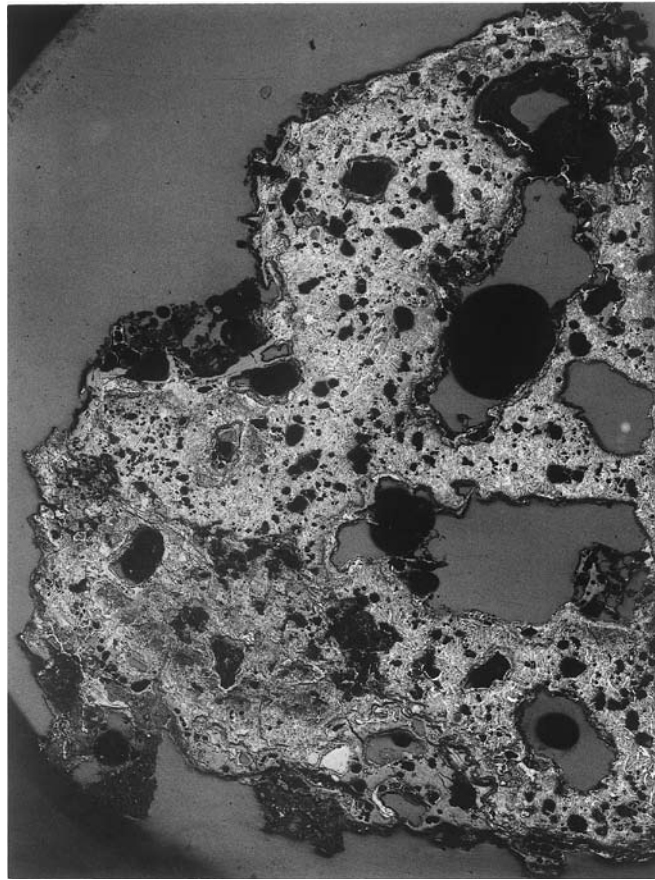
⑥

⑦

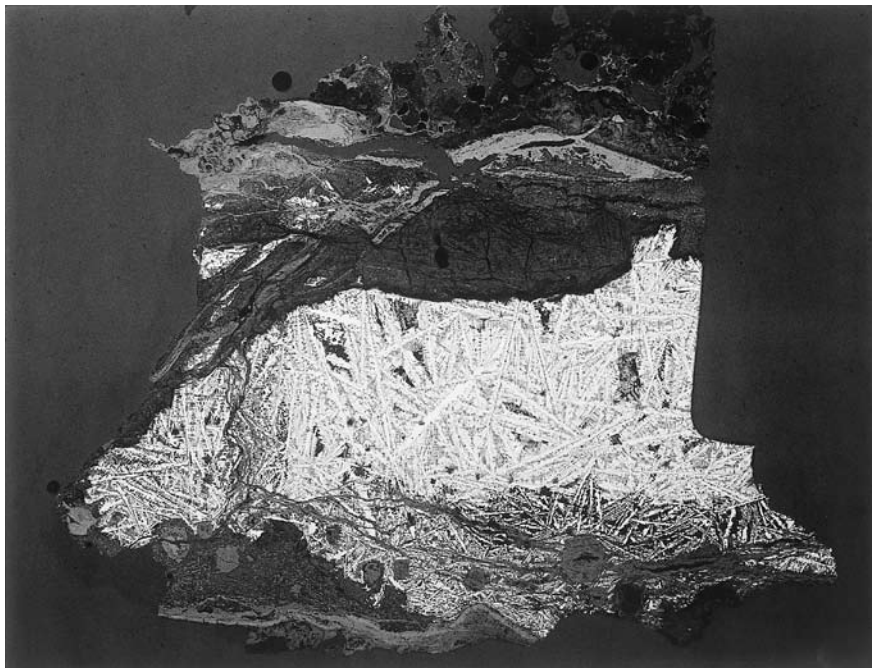


⑧

Photo. 13 腕形鍛冶滓の顕微鏡組織

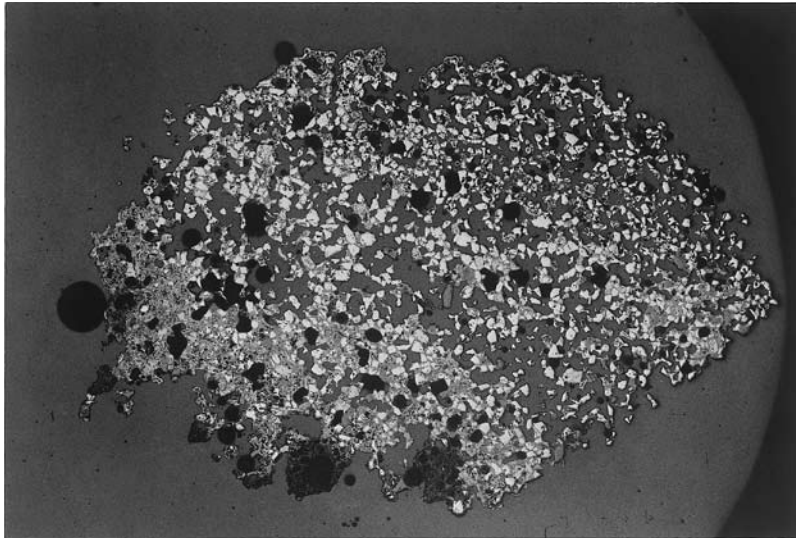


MIN-11 ×5



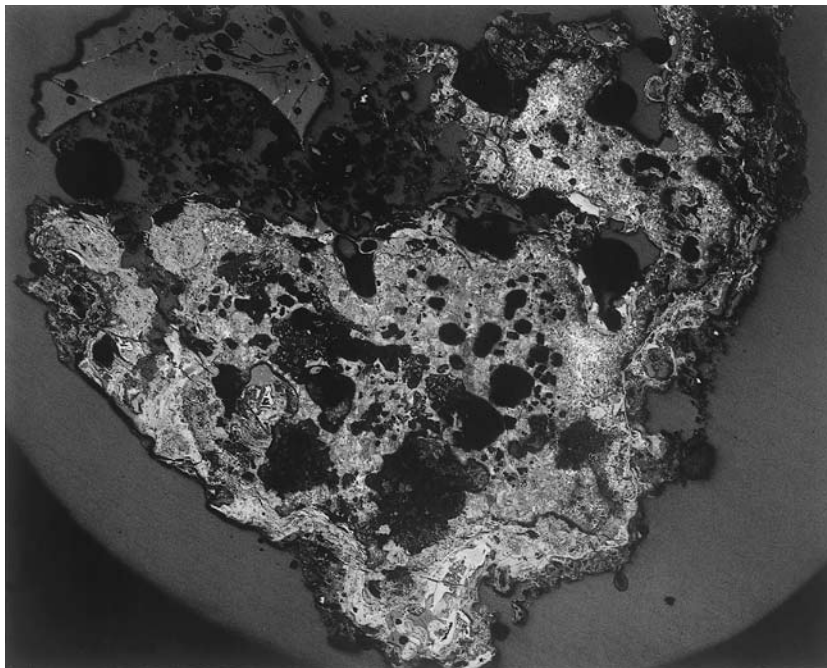
MIN-13 ×10

Photo.14 鉄塊系遺物 (MIN-11)、 casting品 (MIN-13) のマクロ組織



MIN-14

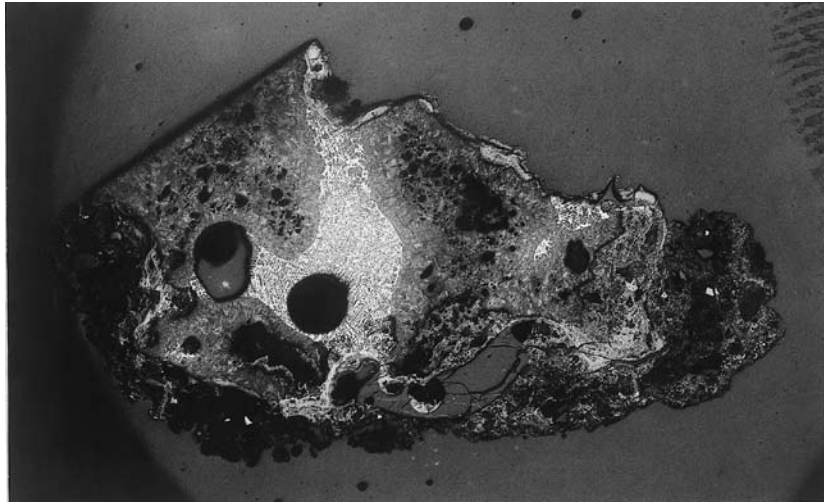
×5



MIN-21

×5

Photo.15 砂鉄焼結塊 (MIN-14)、炉内滓 (MIN-21) のマクロ組織



MIN-22

×5



MIN-23

×5

Photo.16 鉄塊系遺物 (MIN-22、23) のマクロ組織

[2] 胎土分析

はじめに

峯山遺跡は、大間々扇状地の東南方に位置する金山丘陵の北端部斜面上に位置する。金山丘陵は、足尾山地を構成している中生代の堆積岩類と、それより新しい古第三紀の流紋岩・凝灰岩類および新第三紀の流紋岩・凝灰岩類という時代と性質の異なる岩石により構成されている。峯山遺跡の位置する丘陵斜面は、群馬県地質図作成委員会（1999）による地質図では、新第三紀の流紋岩・凝灰岩からなる蕨塚層が基盤となっている。本遺跡の発掘調査では、古代の製鉄炉や粘土採掘坑と考えられる竪穴状遺構が確認されている。

本報告では製鉄炉の炉壁・炉床の材料の由来（地質学的背景）の検討を目的として自然科学分析調査を実施する。

1. 試料

試料は、上記した古代の製鉄炉に伴う炉壁片6点と炉床土2点（試料No.1～8）と、3号竪穴壁面に観察された堆積層より採取された土壌3点である。これらの試料の詳細を表3に示す。

なお、3号竪穴は、製鉄炉の構築材料としてⅢ層を採掘したことにより形成されたことが想定されている。同遺構壁面の堆積層は、発掘調査時にⅠ～Ⅴ層と分層がなされ、Ⅰ～Ⅲ層はいわゆるローム、Ⅳ層は礫層、Ⅴ層は小礫が混じる白色粘土層と記載されており、Ⅲ層はローム層下部の暗色帯に相当する。試料は、Ⅰ～Ⅲ層から土壌10点（試料No.1～10）が採取されている。本分析では、炉壁および炉床土の比較対照試料として、Ⅰ層から採取された試料No.2、Ⅱ層から採取された試料No.6、Ⅲ層から採取された試料No.10の3点を選択し、分析に供する。試料名については、上記した炉壁・炉床土との混同を避けるため、順に試料No.9-1～9-1と仮名を付し、区別している。

2. 分析方法

(1) 外観観察

笹澤（2008）によれば、築炉から行った製鉄実験から、炉底で鉄が生成される程度の高温を保ちながら操業させるためには、炉底部の炉材には耐火度の高い炉材が必要であるとされており、複数回の実験において、炉材に混ぜる砂の量を多くすることにより炉の強度を上げることに成功している。この報告例などは、炉壁の部位により含まれる砂の量や粒度などが異なっている可能性のあることを示唆しており、この場合、炉壁全体における細礫以上の礫の分布というスケールでの特徴を考慮する必要性が想定された。また、下記する分析方法では、調査対象とする範囲（薄片の面積）が炉壁全体の大きさに対して局所的であることや、分析対象が細礫以下であることなどから、上述したスケールでの特徴を捉えきれないことが予測された。

なお、分析に供された炉壁試料内面は、製鉄時の高温により発泡し、ガラス化しているが、外面は、概ね赤褐～灰褐色を呈し、砂粒や細礫等が確認されたほか、多くの炉壁試料外面には、植物の稈（茎）とみられる痕跡が認められた。上記した事項および分析試料の状況を考慮し、本分析では外観観察の記載項目として、表面に認められる砂粒の量とスサの量および孔隙の状況を定性的に示し、さらに砂粒の粒径や形態などの特徴やその分布状況の記載を行っている。

(2) 胎土分析

胎土分析には、現在様々な分析方法が用いられているが、大きく分けて鉱物組成や岩片組成を求める方法と化学組成を求める方法とがある。今回の試料のように比較的粗粒の砂粒を含む場合は、薄片観察により、胎土中における砂粒の量を把握し、その粒径組成や砂を構成する鉱物、岩石片および微化石の種類なども捉えることが可能である。これらの情報をより客観的な方法で表現したものとして、松田ほか（1999）の方法がある。これは、胎土中の砂粒について、中粒シルトから細礫までを対象とし、各粒

第5章 自然科学分析

度階ごとに砂粒を構成する鉱物片および岩石片の種類構成を調べたものである。以下に、工程を記す。

薄片は、試料の一部をダイヤモンドカッターで切断し、正確に0.03mmの厚さに研磨して作製する。観察は偏光顕微鏡による岩石学的な手法を用い、胎土中に含まれる鉱物片、岩石片および微化石の種類構成を明らかにする。

砂粒の計数は、メカニカルステージを用いて0.5mm間隔で移動させ、細礫～中粒シルトまでの粒子をポイント法により200個あるいはプレパラート全面を対象とする。なお、径0.5mm以上の粗粒砂以上の粒子は、ポイント数ではなく粒数を計数し、同時に孔隙と基質のポイントも計数する。これらの結果から、各粒度階における鉱物・岩石別出現頻度の3次元棒グラフ、砂粒の粒径組成ヒストグラム、孔隙・砂粒・基質の割合を示す棒グラフを呈示する。

3. 結果

(1) 外観観察

各試料の観察結果を表3に示す。炉壁試料では、6試料中4点（試料No.1・3・4・7）は表面に認められる砂粒が微量であるが、少量の試料（試料No.6）と中量の試料（試料No.2）が各1点ずつある。植物痕（スサ）は中量含まれるものが3点（試

料No.2～4）、少量含まれるものが2点（試料No.1・6）、多量含まれるものが1点（試料No.7）ある。炉壁試料の孔隙の状態については、植物痕（スサ）が多量含まれる試料が多孔質であり、植物痕（スサ）が中量含まれる試料のうち2点（試料No.3・4）がやや多孔質である。この他は、緻密～やや緻密な状態を呈する。

炉床土試料2点（試料No.5・8）は、いずれも砂粒を多量に含むが、植物痕（スサ）は認められず、全体的に緻密～やや緻密である。土壌試料のうち、試料No.9-1および9-2は黄褐色を呈する砂混じりのシルト質粘土、試料No.9-3は、暗褐色を呈する砂混じりのシルト質粘土である。

(2) 胎土分析

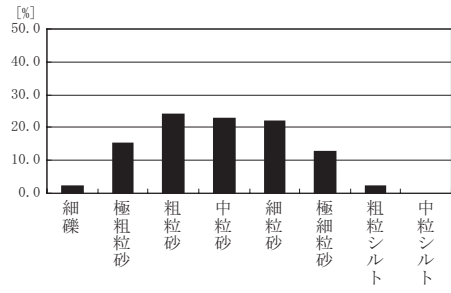
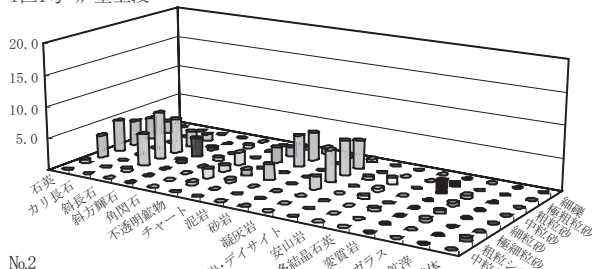
薄片観察結果を表4、図1～3に示す。各試料で計数された鉱物片および岩石片の種類構成は、土壌試料まで含めて、全て同様の傾向を示す。鉱物片は、石英と斜長石を主体とし、少量の輝石類と角閃石および不透明鉱物を伴う。岩石片は、チャートと泥岩または凝灰岩を主体とし、少量の多結晶石英を伴い、試料によっては微量の砂岩、流紋岩・デイサイト、安山岩、変質岩、珪化岩および火山ガラスなどを含む。変質岩は風化火山岩などであり、珪化岩

表3. 胎土分析試料一覧

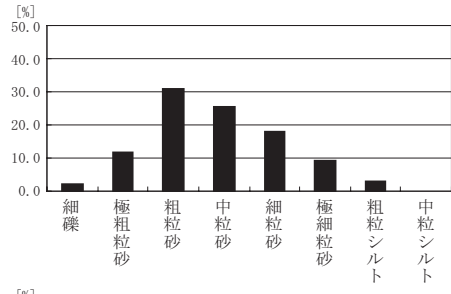
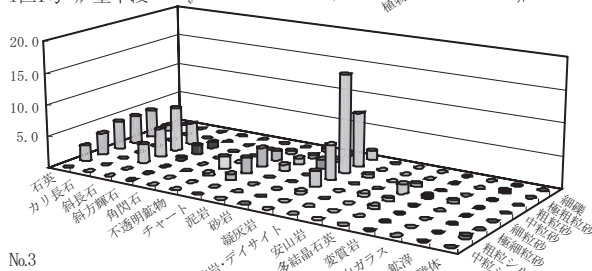
試料No.	構成図No.	遺構名	種別・部位/層位	観察所見					胎土分類
				切断部色調	表面砂粒	植物痕(スサ)	孔隙	備考	
1	8	I区1号製鉄炉	炉壁上段	橙～にぶい橙	+	△	-	径5mmほどの亜円礫数個あり。長石・石英・有色鉱物の結晶極めて微量含まれる。	E2
2	25	I区1号製鉄炉	炉壁下段	橙～にぶい橙～灰褐	○	○	-	径0.5～2mmほどの灰色岩片や白色粒からなる砂。	E2
3	74	II区1号製鉄炉	炉壁上段	暗灰～にぶい赤褐	+	○	△	径10mmの亜円礫数個あり。	A2
4	119	II区1号製鉄炉	炉壁下段	にぶい橙～褐灰	+	○	△	径2～3mmの亜角礫数個あり。	A2
4	116	II区1号製鉄炉	炉床土	灰～暗灰	◎	-	+	径2～3mmの亜角礫多量含む。	B1
6	205	II区2号製鉄炉	炉壁上段	にぶい橙～灰褐	△	△	+	径2～5mmの亜円～亜角礫少量含む。	A2
7	226	II区2号製鉄炉	炉壁下段	灰～暗灰	+	◎	○	径3～4mmの亜角礫、円礫数個あり。	A2
8	223	II区2号製鉄炉	炉床土	灰～暗灰	◎	-	-	径2～5mmの亜円～亜角礫多量含む。	D1
9-1	-	I区3号竪穴	I層 (No.2)	黄褐色	△	-	-	砂混じりのシルト質粘土。	F2
9-2	-	I区3号竪穴	II層 (No.6)	黄褐色	△	-	-	砂混じりのシルト質粘土。	D2
9-3	-	I区3号竪穴	III層 (No.10)	暗褐色	△	-	-	砂混じりのシルト質粘土。	C2

<表面砂粒・植物痕> - : 未検出, △: 少量, ○: 中量, ◎: 多量 <孔隙> - : 緻密, + : やや緻密, △: やや多孔質, ○: 多孔質

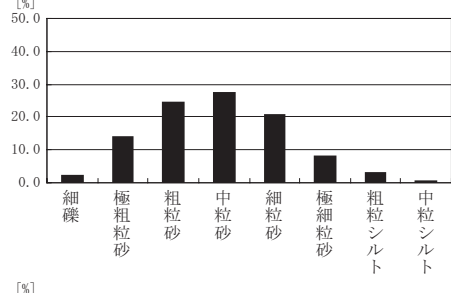
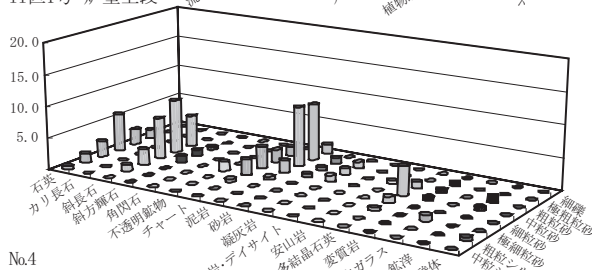
No.1
II区1号 炉壁上段



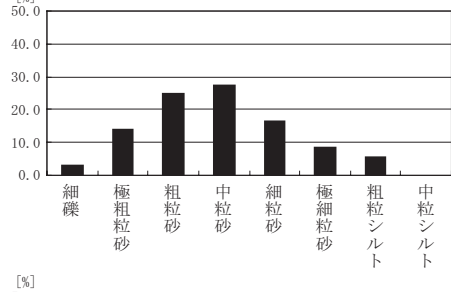
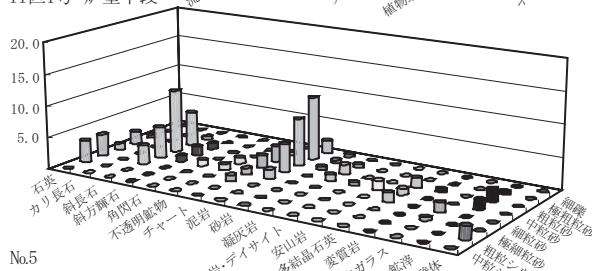
No.2
II区1号 炉壁下段



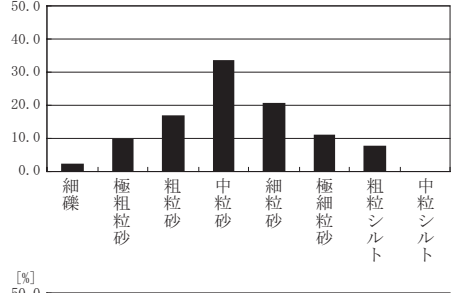
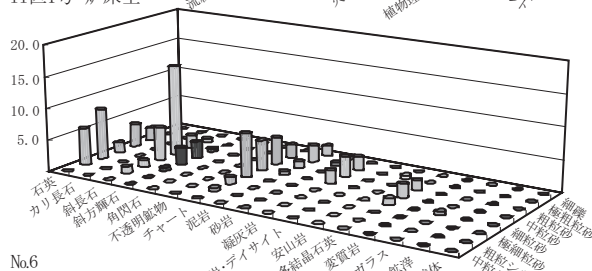
No.3
II区1号 炉壁上段



No.4
II区1号 炉壁下段



No.5
II区1号 炉床土



No.6
II区2号 炉壁上段

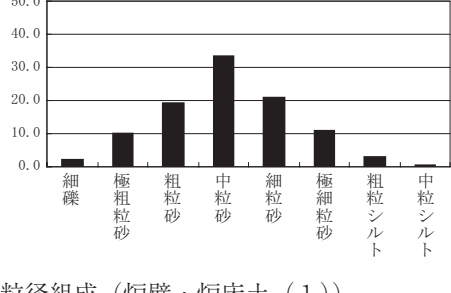
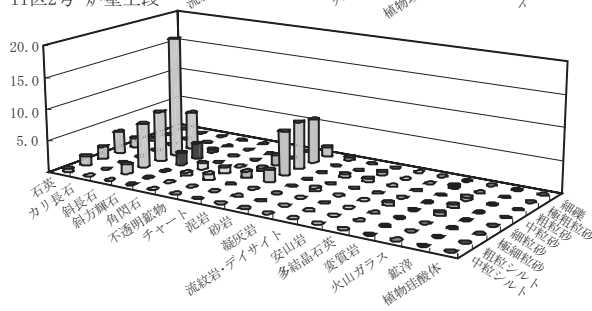
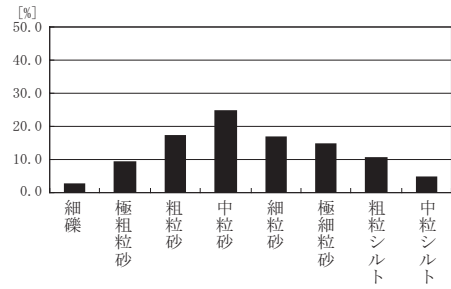
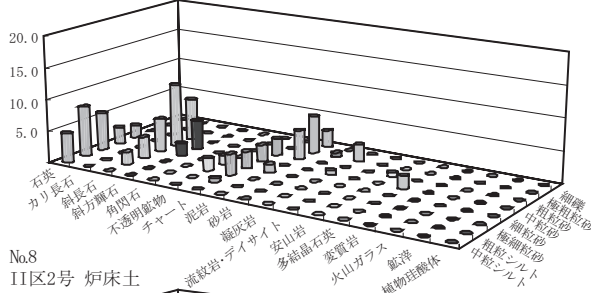


図1. 各粒度階における鉱物・岩石出現頻度および砂の粒径組成 (炉壁・炉床土 (1))

第5章 自然科学分析

No.7

II区2号 炉壁下段



No.8

II区2号 炉床土

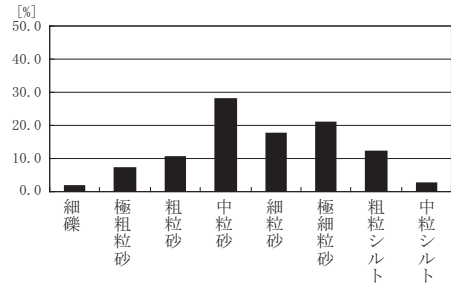
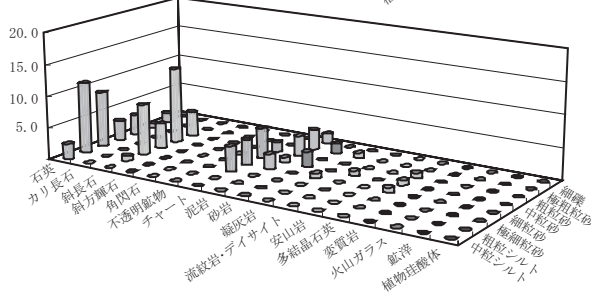
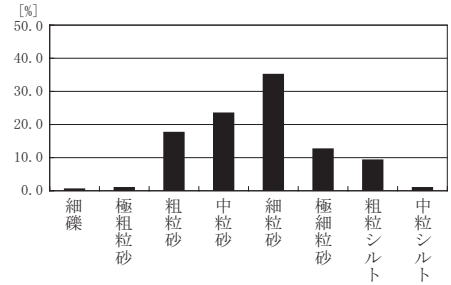
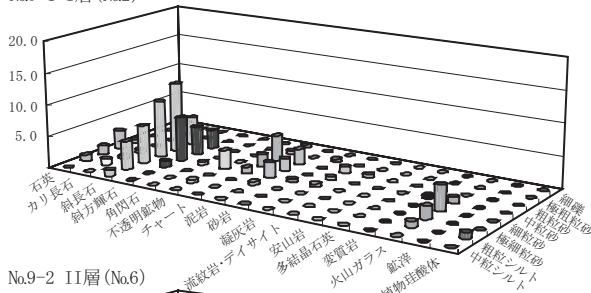
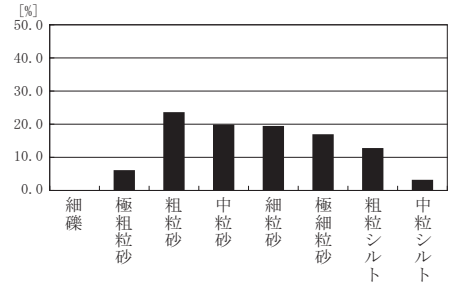
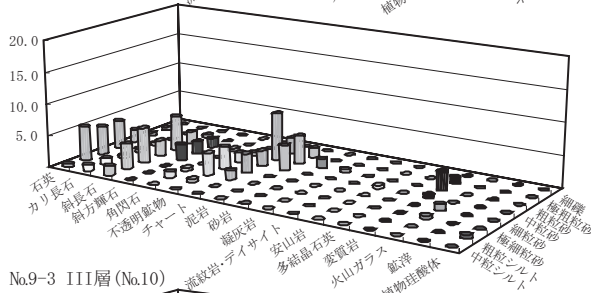


図1. 各粒度階における鉱物・岩石出現頻度および砂の粒径組成 (炉壁・炉床土 (2))

No.9-1 I層 (No.2)



No.9-2 II層 (No.6)



No.9-3 III層 (No.10)

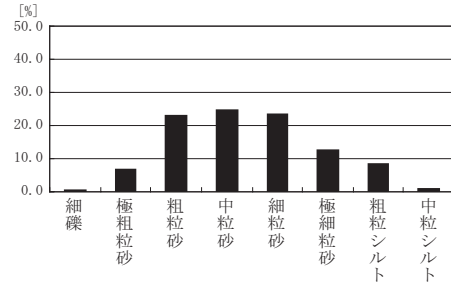
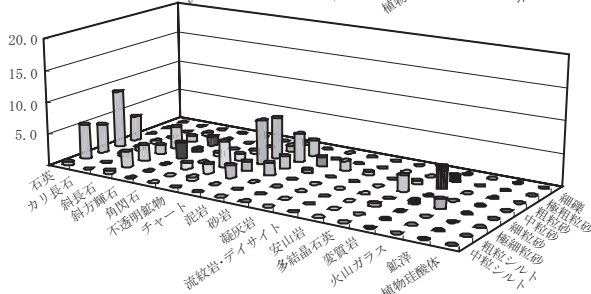


図2. 各粒度階における鉱物・岩石出現頻度および砂の粒径組成 (土壌試料)

表4. 薄片観察結果 (1)

[2] 胎土分析

試料No.	砂粒区分	砂粒の種類構成																合計								
		鉱物片							岩石片							その他										
		石英	トリディマイト	カリ長石	斜長石	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	不透明鉱物	チャート	泥岩	砂岩	軽石	スコリア	凝灰岩	流紋岩・デイサイト	安山岩		多結晶石英	脈石英	変質岩	珪化岩	火山ガラス	植物片	鉛滓	植物珪酸体
1	細礫	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	4	-	-	2	-	-	1	-	3	9	-	-	9	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	30
	粗粒砂	7	-	-	5	1	-	-	5	10	-	-	-	11	1	2	-	-	4	1	1	-	-	-	-	48
	中粒砂	8	-	-	11	6	1	1	4	-	-	-	-	10	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	45
	細粒砂	10	-	-	15	1	3	-	2	2	5	-	-	4	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	44
	極細粒砂	7	-	-	10	-	2	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	25
	粗粒シルト	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
	中粒シルト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	基質																								665	
	孔隙																								142	
2	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	2	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	23
	粗粒砂	9	-	-	7	2	-	-	3	2	3	-	2	31	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	62
	中粒砂	9	-	-	14	3	1	-	6	2	-	-	-	11	-	-	3	-	1	-	1	-	-	-	-	51
	細粒砂	9	-	-	9	1	1	-	4	5	-	-	-	5	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	36
	極細粒砂	7	-	-	6	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	18
	粗粒シルト	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
	中粒シルト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	基質																								768	
	孔隙																								158	
3	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	-	-	-	-	-	-	-	3	18	2	-	-	2	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	28
	粗粒砂	3	-	-	10	1	-	-	4	19	1	-	2	-	1	2	-	-	1	3	-	-	2	-	-	49
	中粒砂	5	-	-	17	2	2	-	7	4	9	-	-	2	-	-	9	-	1	4	-	-	1	-	-	55
	細粒砂	12	-	-	13	2	3	-	3	5	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	41
	極細粒砂	5	-	-	5	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	16
	粗粒シルト	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
	中粒シルト	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	基質																								904	
	孔隙																								211	
4	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6
	極粗粒砂	-	-	-	1	-	-	-	1	20	1	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	28
	粗粒砂	1	-	-	11	2	-	-	5	15	1	-	1	3	-	-	3	-	1	3	-	-	4	-	-	50
	中粒砂	4	-	-	20	3	1	-	2	4	9	-	-	2	1	3	2	-	-	1	3	-	-	3	-	55
	細粒砂	2	-	-	10	2	4	2	2	2	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	-	33
	極細粒砂	7	1	-	6	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	17
	粗粒シルト	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	11
	中粒シルト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	基質																								896	
	孔隙																								379	
5	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	-	-	-	1	-	-	-	4	5	1	-	-	4	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	18
	粗粒砂	4	-	-	4	1	-	-	8	2	-	-	-	6	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	31
	中粒砂	7	-	-	27	5	4	-	9	1	-	-	-	4	-	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	62
	細粒砂	3	-	-	10	5	4	-	-	13	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	38
	極細粒砂	15	-	-	2	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
	粗粒シルト	11	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
	中粒シルト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	基質																								1281	
	孔隙																								651	
6	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	1	-	-	20
	粗粒砂	1	-	-	12	1	-	-	3	15	-	-	-	1	1	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	38
	中粒砂	3	-	-	38	5	4	-	1	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	67
	細粒砂	7	-	-	16	4	2	2	2	2	4	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	42
	極細粒砂	4	-	-	14	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
	粗粒シルト	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	中粒シルト	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	基質																								789	
	孔隙																								108	

第5章 自然科学分析

表4. 薄片観察結果(2)

試料No.	砂粒区分	砂粒の種類構成																合計								
		鉱物片						岩石片						その他												
		石英	トリディマイト	カリ長石	斜長石	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	不透明鉱物	チャート	泥岩	砂岩	軽石	スコリア	凝灰岩	流紋岩・デイサイト	安山岩		多結晶石英	脈石英	変質岩	珪化岩	火山ガラス	植物片	鈣滓	植物珪酸体
7	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	極粗粒砂	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
	粗粒砂	-	-	10	-	-	-	-	4	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	26
	中粒砂	3	-	15	7	3	-	4	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	37	
	細粒砂	4	-	8	3	2	-	2	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	極細粒砂	9	-	5	-	-	-	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	
	粗粒シルト	12	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	
	中粒シルト	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
	基質																								1026	
孔隙																								715		
8	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	極粗粒砂	2	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
	粗粒砂	1	-	5	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	13	
	中粒砂	4	-	15	-	3	-	6	1	3	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	35	
	細粒砂	4	-	5	-	2	-	5	3	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	22	
	極細粒砂	11	-	10	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	
	粗粒シルト	14	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
	中粒シルト	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
	基質																								905	
孔隙																								1093		
9-1	細礫	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	極粗粒砂	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	粗粒砂	-	-	9	6	-	-	8	5	-	-	2	1	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	35	
	中粒砂	1	-	22	9	2	-	4	4	-	-	1	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	47	
	細粒砂	6	-	18	14	7	1	6	2	5	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	70	
	極細粒砂	3	-	12	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	25	
	粗粒シルト	2	-	2	9	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	18	
	中粒シルト	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	基質																								877	
孔隙																								71		
9-2	細礫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	極粗粒砂	1	-	1	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12	
	粗粒砂	1	-	4	3	1	1	15	9	3	-	-	1	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	47	
	中粒砂	4	-	11	4	-	-	3	5	8	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	39	
	細粒砂	9	-	5	5	3	-	7	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	38	
	極細粒砂	9	-	11	-	-	1	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	33	
	粗粒シルト	11	-	2	8	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	25	
	中粒シルト	1	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
	基質																								1064	
孔隙																								399		
9-3	細礫	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	極粗粒砂	-	-	1	-	1	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	13	
	粗粒砂	-	-	2	3	-	-	1	13	9	3	-	-	3	1	-	1	-	7	3	-	-	-	-	46	
	中粒砂	8	-	7	1	2	1	2	14	4	1	-	-	-	-	5	-	-	3	-	-	-	-	-	49	
	細粒砂	18	-	3	5	1	-	8	3	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	47	
	極細粒砂	9	-	5	-	-	2	3	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	粗粒シルト	11	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	
	中粒シルト	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	基質																								674	
孔隙																								57		

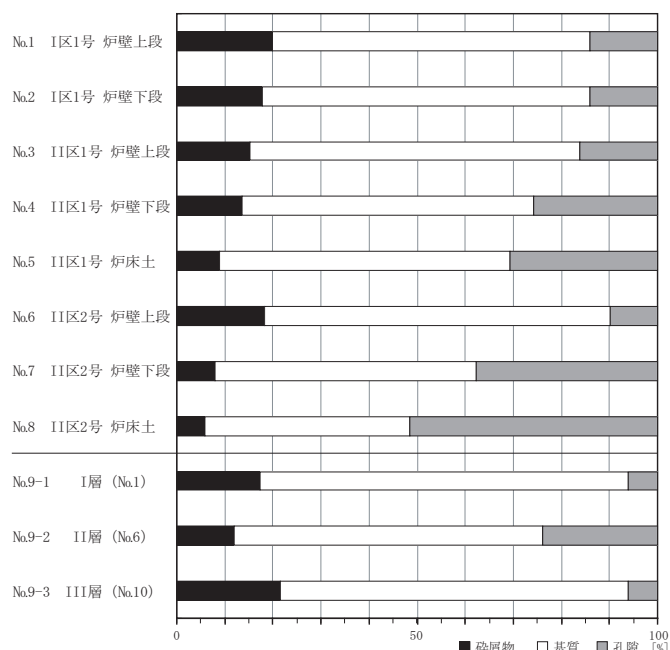


図3. 碎屑物・基質・孔隙の割合

は珪化凝灰岩などである。火山ガラスは、試料No.1以外の炉壁試料では平板状のバブル型を呈するが、試料No.1ではバブル型と発泡した塊状の軽石型が混在する。

一方、土壌試料は、試料No.9-1にはバブル型と軽石型が混在するが、この他の2点ではバブル型を呈する。さらに試料によっては、不透明不定形で石英などの鉱物片を取り込んでいる鉱滓とされる粒も微量認められ、微化石である植物珪酸体も極微量認められる。植物珪酸体には特に組織片となったものは認められず、またその形態も不明キジ型であったため種類の特定には至らない。

各試料の組成を詳細に見ると、石英と斜長石、チャートと泥岩および凝灰岩との間の量比関係は、それぞれ試料によって異なっている。各試料の粒径組成をみると、中粒砂をモードとする試料が多いが、粗粒砂や細粒砂をモードとする試料もある。また、粗粒砂と中粒砂が同程度に高い割合を示す試料も認められる。碎屑物・基質・孔隙の割合では、多孔質の炉壁（試料No.7）と炉床土試料2点（試料No.5・8）で孔隙の割合が30～50%を占め、これらの試料では碎屑物の割合が10%未満と他の試料に比

べて低い値を示す。この他の試料は、碎屑物の割合が10～20%の範囲にあり、特にある値にまとまる傾向出せない。以上の結果から、ここでは鉱物・岩石組成を主体とし、碎屑物の粒径組成を従とした、以下に示すような胎土分類を設定することができる。

1) A類 鉱物片は石英に比べて斜長石が多く、岩石片は、チャートに比べて泥岩が多い。粒径組成により、粗粒砂と中粒砂のいずれかをモードとするが両者の割合は同程度に高い粒径組成を示すA1類と、中粒砂をモードとするが粗粒砂の割合は中粒砂に比べて低く、細粒砂と同程度あるいはやや低いA2類とに分類する。

本分析結果では、試料No.3・4・6・7の4点がA2類に分類される。

2) B類 鉱物片はA類と同様に石英よりも斜長石が多いが、岩石片では、A類に比べて泥岩の量比が低く、チャートの方が泥岩よりも若干多い。また、微量の凝灰岩も伴う。粒径組成により、中粒砂をモードとするB1類と、細粒砂をモードとし中粒砂がそれよりも若干低い割合を示すB2類とに分類する。

本分析結果では、試料No.5がB1類に分類され

る。

3) C類 鈹物片は斜長石よりも石英の方が若干多く、岩石片は泥岩よりもチャートの方が多い。粒径組成により、中粒砂をモードとするC1類と、細粒砂をモードとするが中粒砂と粗粒砂も割合が高いC2類とに分類する。

本分析結果では、試料No.9-3がC2類に分類される。

4) D類 鈹物片は石英と斜長石が同程度に多く、岩石片もチャートと泥岩が同程度であり、また凝灰岩もこれらの岩石片と同程度に含まれる。粒径組成により、中粒砂をモードとするD1類と粗粒砂をモードとするD2類とに分類する。

本分析結果では、試料No.8がD1類、試料No.9-2がD2類に分類される。

5) E類 鈹物片は石英と斜長石が同程度に多く、岩石片はチャートや泥岩よりも凝灰岩の多いことが特徴となる。粒径組成により、中粒砂をモードとするE1類と粗粒砂をモードとするE2類とに分類する。

本分析結果では、試料No.1・2の2点がE2類に分類される。

6) F類 鈹物片は斜長石が最も多いが、それに次いで斜方輝石が石英よりも多く、岩石片はチャートと泥岩および火山ガラスの3者が主体となることが特徴となる。粒径組成により、中粒砂をモードとするF1類と細粒砂をモードとするF2類とに分類する。なお、火山ガラスにはバブル型と軽石型が混在する。

本分析結果では、試料No.9-1がF2類に分類される。

上述した胎土分類結果を表3に併記する。A類に分類された試料はⅡ区1号製鉄炉およびⅡ区2号製鉄炉の炉壁4点(試料No.3・4・6・7)であり、B類はⅡ区1号製鉄炉の炉床土試料(試料No.5)、C類は土壌試料のⅢ層(試料No.9-3)、D類は土壌試料のⅡ層(試料No.9-2)、E類はⅠ区1号製鉄炉の炉壁2点(試料No.1・2)、F類は土壌試料

のⅠ層(試料No.9-1)である。

4. 考察

(1) 峯山遺跡の地質学的背景と胎土

炉壁および炉床土胎土に認められた鈹物片および岩石片の種類構成は、比較試料の3号堅穴壁面の土壌試料も含め、ほぼ同様であった。このことから、その材料とされた粘土や砂の由来(採取地)は、複数あったとした場合でも、峯山遺跡と同一の地質学的背景を有する地域内に存在した可能性が高い。

峯山遺跡の地質学的背景は、遺跡の位置する金山丘陵であるといえる。須藤ほか(1991)や群馬県地質図作成委員会(1999)などによれば、金山丘陵北部と東部は足尾帯の足尾層群から構成されている。足尾層群は、中生代ジュラ紀の堆積岩からなり、その岩石の種類は主に砂岩と頁岩およびチャートと記載されている。金山丘陵中部には古第三紀とされる金山流紋岩類が広く分布し、丘陵北端部には新第三紀の主に凝灰岩類からなる藪塚層が分布する。また、丘陵の北西部には藪塚層よりやや新しい新第三紀の強戸礫層が分布している。

今回の試料に認められた岩石片のうち、チャートと泥岩(胎土中では小径のために頁岩の特徴が捉えられない)および凝灰岩が主体を占める組成は、主に足尾層群と藪塚層に由来する碎屑物から構成されている遺跡周辺の地質を反映していると考えられる。特に、凝灰岩の多い特徴を示すE類の組成は、峯山遺跡の立地する金山丘陵北端部(藪塚層の凝灰岩により構成される)周辺の地質を強く反映している可能性がある。砂岩はチャートや泥岩同様に足尾層群に由来すると考えられるが、微量認められた流紋岩・デイサイトは金山流紋岩類に由来する可能性がある。さらに、安山岩や変質岩は赤城火山の火山碎屑物に由来が求められる。

また、F類の特徴とした火山ガラスと斜方輝石は、F類に分類された土壌試料(No.9-1)の採取層位がローム層上部であることと、峯山遺跡の地理的位置から、更新世末に浅間火山から噴出したテフ

ラに由来すると考えられる。F類およびそれ以外の胎土中にも含まれるバブル型火山ガラスについては、同様に層位と地理的位置から、始良Tn火山灰(AT:町田・新井, 1976)に由来すると考えられる。

(2) 3号竪穴壁面の土壌と炉壁・炉床土胎土

3号竪穴壁面の堆積層(ローム層)と炉壁および炉床土は、胎土分析結果から、峯山遺跡と同一の地質学的背景を有する地域内の砂や粘土の由来することが推定された。このことから、ローム層に由来する土壌が炉壁や炉床土などに利用された可能性が示唆される。なお、発掘調査所見によれば、3号竪穴状遺構の掘削は、ローム層(I~III層)下位の礫層(IV層)および白色粘土層(V層)まで及ぶことが確認されている。この点や上述した本遺跡周辺の地質と主要な岩石片に凝灰岩が確認されたことなどを考慮すると、比較試料とされたローム層とともに、ローム層下位の堆積物などを含む本遺跡が立地する丘陵周辺の地質を反映する複数の堆積物が利用された可能性も考えられる。

また、これらの主要な鉱物および岩石片における量比関係や粒径組成による胎土分類では、炉壁部位の胎土分類の違いは明瞭に捉えることはできなかったが、同一の製鉄炉の炉壁試料は同一の胎土分類からなることや、炉壁と炉床土試料では胎土分類が異なることが確認された。また、I区とII区の製鉄炉の炉壁試料は胎土分類が異なるという傾向も確認された。これらの特徴は、各製鉄炉構築時における粘土や砂(砂礫)の利用状況を示す資料として注目される。

引用文献

- 群馬県地質図作成委員会, 1999, 群馬県10万分の1地質図. 内外地図株式会社.
町田 洋・新井房夫, 1976, 広域に分布する火山灰-始良Tn火山灰の発見とその意義-. 科学, 46,339-347.
松田順一郎・三輪若葉・別所秀高, 1999, 瓜生堂遺跡より出土した弥生時代中期の土器薄片の観察-岩石学的・堆積学的による-. 日本文化財科学会第16回大会発表要旨集, 120-121.
笹澤泰史, 2008, 群埋文2号炉および3号炉による竪形炉の製鉄実験報告-実験結果から推測する竪形炉における鉄生成のメカニズム-. 財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団研究紀要, 26,155-178.
須藤定久・牧本 博・秦 光男・宇野沢昭・滝沢文教・坂本 亨, 1991, 20万分の1地質図幅「宇都宮」, 地質調査所.

[3] 放射性炭素年代測定

はじめに

本報告では、古代の製鉄炉の操業年代の検討を目的として自然科学分析調査を実施する。

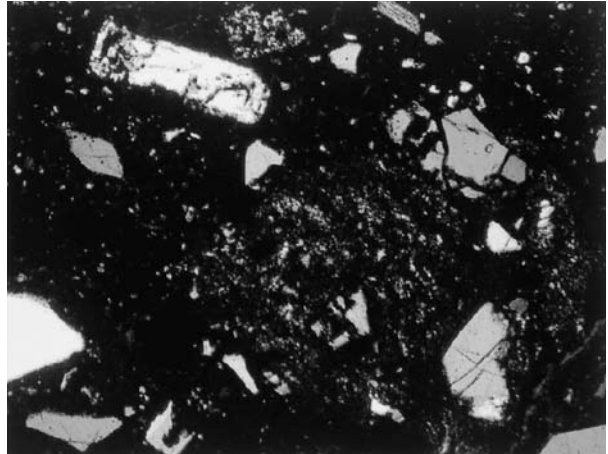
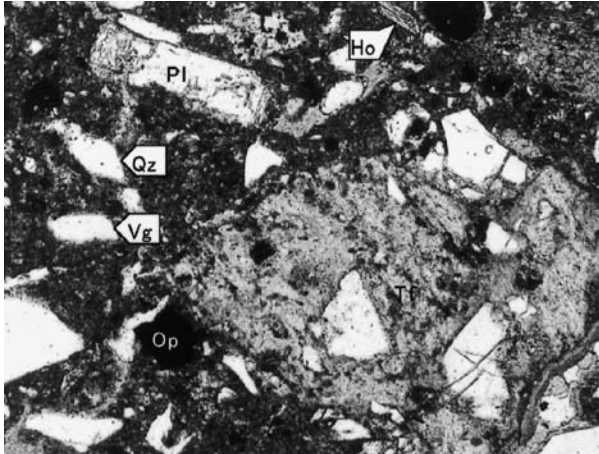
1. 試料

試料は、古代の製鉄炉(I区1号製鉄炉, II区1・2号製鉄炉)の作業場とされる箇所より出土した炭化材3点である。I区1号製鉄炉 作業場の炭化材(No. 13)は径約3cm程度の枝状の芯持丸木、II区1号製鉄炉の炭化材(16Jグリッド)は径約1cm程度の枝状の芯持丸木、II区2号製鉄炉の炭化材(36Dグリッド)は径約1.5cm程度の枝状の芯持丸木である。これらの炭化材の由来(樹種)について調査を行った結果、I区1号製鉄炉の炭化材(No. 13)はハンノキ亜属、II区1号製鉄炉の炭化材(16Jグリッド)とII区2号製鉄炉の炭化材(36Dグリッド)はコナラ属コナラ亜属クヌギ節に同定された。

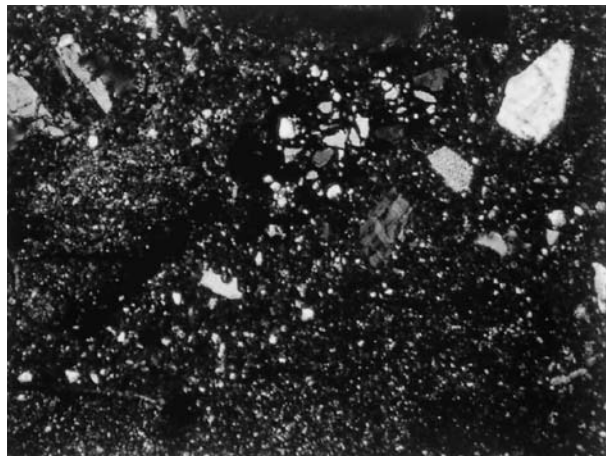
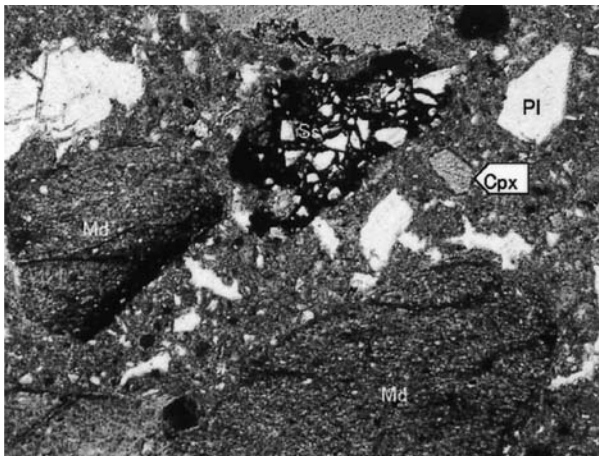
2. 分析方法

土壌や根など目的物と異なる年代を持つものが付着している場合、これらをピンセット、超音波洗浄などにより物理的に除去する。その後HClによる炭酸塩等酸可溶成分の除去、NaOHによる腐植酸等アルカリ可溶成分の除去、HClによりアルカリ処理時に生成した炭酸塩等酸可溶成分を除去する(酸・アルカリ・酸処理)。試料をバイコール管に入れ、1gの酸化銅(II)と銀箔(硫化物を除去するため)を加えて、管内を真空にして封じきり、500℃(30分)850℃(2時間)で加熱する。液体窒素と液体窒素+エタノールの温度差を利用し、真空ラインにてCO₂を精製する。真空ラインにてバイコール管に精製したCO₂と鉄・水素を投入し封じ切る。鉄のあるバイコール管底部のみを650℃で10時間以上加熱し、グラファイトを生成する。化学処理後のグラファイト・鉄粉混合試料を内径1mmの孔にプレスして、タンデム加速器のイオン源に装着し、測定する。測定機器は、3MV小型タンデム加速器をベー

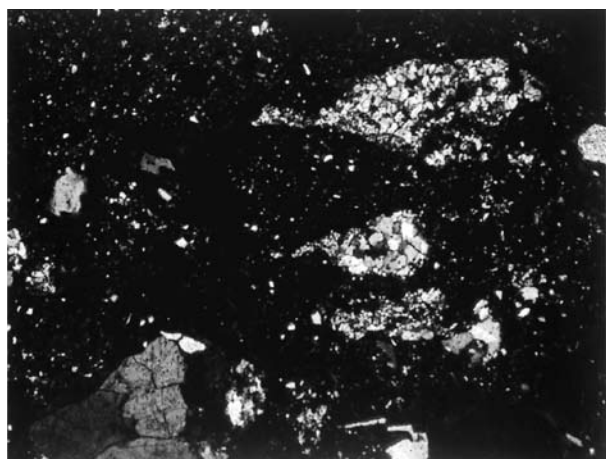
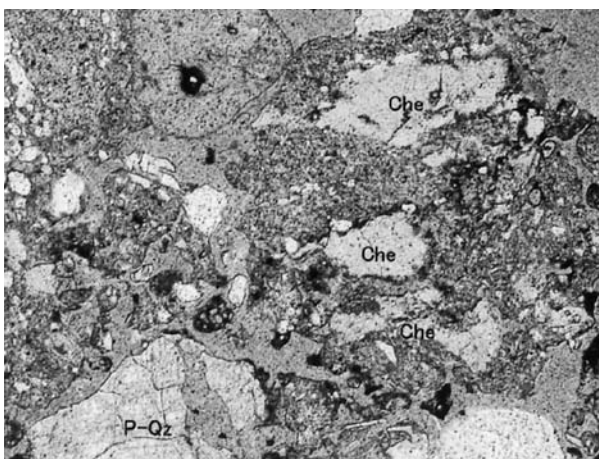
図版1 胎土薄片(1)



1. No.2 構成図No.25 I区1号製鉄炉 炉壁下段



2. No.4 構成図No.119 II区1号製鉄炉 炉壁下段

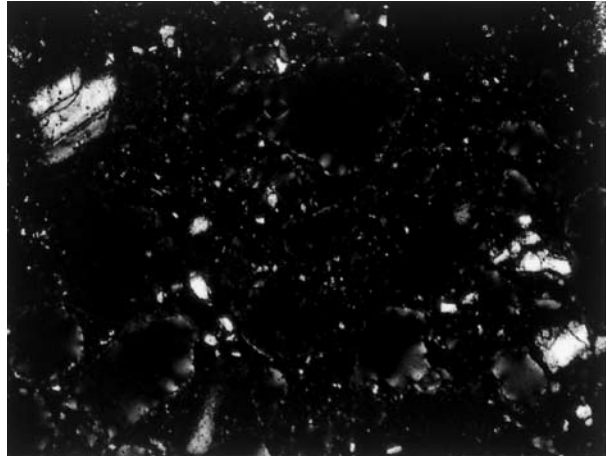
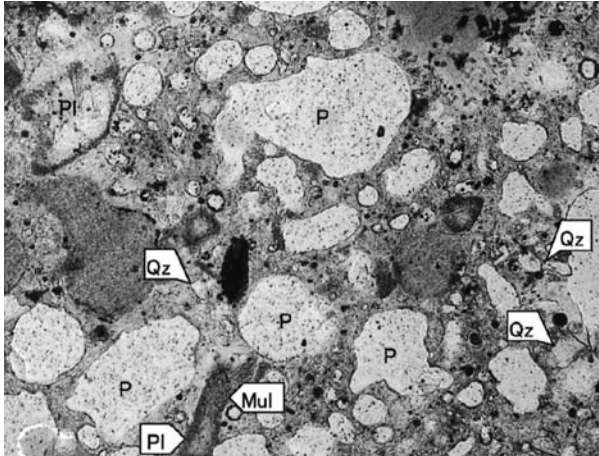


3. No.5 構成図No.116 II区1号製鉄炉 炉床土

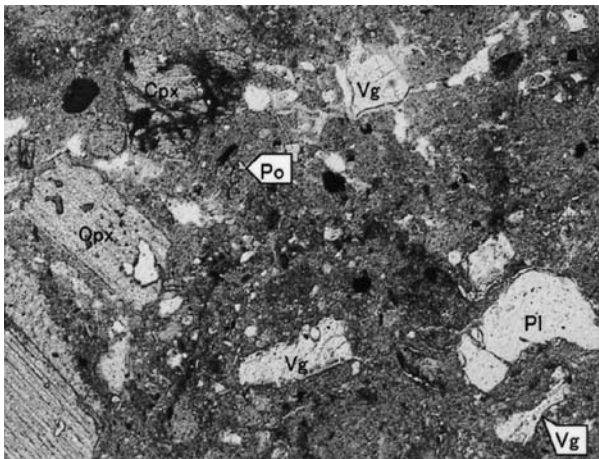
0.5mm

Qz:石英. Pl:斜長石. Cpx:単斜輝石. Ho:角閃石. Op:不透明鉱物. Che:チャート.
Ss:砂岩. Md:泥岩. Tf:凝灰岩. P-Qz:多結晶石英. Vg:火山ガラス.
写真左列は下方ポーラー、写真右列は直交ポーラー下。

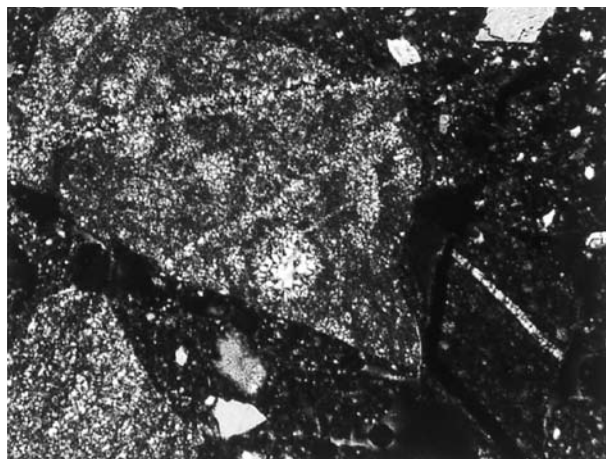
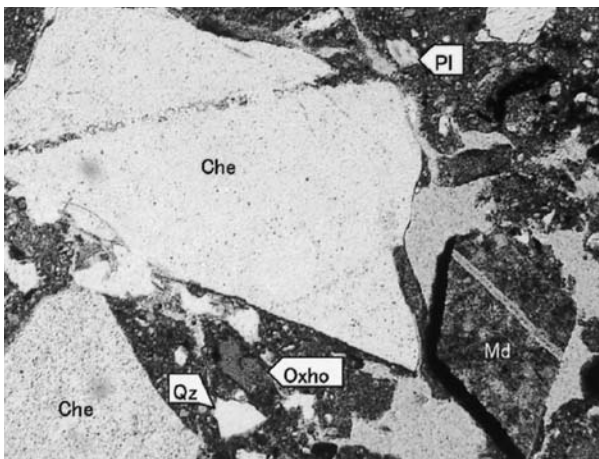
図版2 胎土薄片(2)



4. No.8 構成図No.223 II区2号製鉄炉 炉床土



5. No.9-1 3号竖穴 I層 (No.2)



6. No.9-3 3号竖穴 III層 (No.10)

Qz : 石英. Pl : 斜長石. Opx : 斜方輝石. Cpx : 単斜輝石. Oxho : 酸化角閃石. Che : チャート.
Md : 泥岩. Vg : 火山ガラス. Mul : ムライト. Po : 植物珪酸体. P : 孔隙.
写真左列は下方ポーラー、写真右列は直交ポーラー下。

0.5mm

第5章 自然科学分析

スとした¹⁴C-AMS専用装置 (NEC Pelletron 9SDH-2) を使用する。AMS測定時に、標準試料である米国国立標準局 (NIST) から提供されるシュウ酸 (HOX-II) とバックグラウンド試料の測定も行う。また、測定中同時に¹³C/¹²Cの測定も行うため、この値を用いて $\delta^{13}\text{C}$ を算出する。

放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5568年を使用する。また、測定年代は1950年を基点とした年代 (BP) であり、誤差は標準偏差 (One Sigma; 68%) に相当する年代である。なお、暦年較正は、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV5.02 (Copyright 1986-2005 M Stuiver and PJ Reimer) を用い、誤差として標準偏差 (One Sigma) を用いる。

暦年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された年代値に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、及び半減期の違い (¹⁴Cの半減期 5730 ± 40 年) を較正することである。暦年較正は、CALIB 5.02のマニュアルにしたがい、1年単位まで表された同位体効果の補正を行った年代値に基づき、北半球の大気中炭素に由来する較正曲線を用いる。暦

表1. 放射性炭素年代測定結果

試料	樹種	補正年代	$\delta^{13}\text{C}$	測定年代	測定機関code.
遺構名/サンプル名	性状	(yrBP)	(‰)	(yrBP)	
1区 1号製鉄炉 炭化材 (No.13)	炭化材	1,340 ± 30	-26.46 ± 0.50	1,370 ± 30	IAAA-90588
2区 1号製鉄炉 炭化材 (16Jグリッド)	炭化材	1,320 ± 30	-26.13 ± 0.52	1,340 ± 30	IAAA-90589
2区 2号製鉄炉 炭化材 (36Dグリッド)	炭化材	1,280 ± 30	-25.86 ± 0.58	1,290 ± 30	IAAA-90590

- 1) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用。
- 2) BP年代値は、1950年を基点として何年前であることを示す。
- 3) 付記した誤差は、測定誤差 σ (測定値の68%が入る範囲) を年代値に換算した値。

表2. 暦年較正結果

試料名	補正年代 (暦年較正用) (yrBP)	暦年較正年代 (cal)							相対比	測定機関Code.			
		σ	cal AD	650	-	cal AD	686	cal BP			1,300	-	1,264
1区 1号製鉄炉 炭化材 (No.13)	1,342 ± 31	σ	cal AD	642	-	cal AD	717	cal BP	1,308	-	1,233	0.875	IAAA-90588
			cal AD	743	-	cal AD	768	cal BP	1,207	-	1,182	0.125	
		2σ	cal AD	656	-	cal AD	693	cal BP	1,294	-	1,257	0.787	
2区 1号製鉄炉 炭化材 (16Jグリッド)	1,323 ± 31	σ	cal AD	749	-	cal AD	764	cal BP	1,201	-	1,186	0.213	IAAA-90589
			cal AD	650	-	cal AD	724	cal BP	1,300	-	1,226	0.766	
		2σ	cal AD	738	-	cal AD	771	cal BP	1,212	-	1,179	0.234	
2区 2号製鉄炉 炭化材 (36Dグリッド)	1,280 ± 30	σ	cal AD	681	-	cal AD	722	cal BP	1,269	-	1,228	0.580	IAAA-90590
			cal AD	741	-	cal AD	770	cal BP	1,209	-	1,180	0.420	
		2σ	cal AD	662	-	cal AD	779	cal BP	1,288	-	1,171	0.990	
			cal AD	794	-	cal AD	801	cal BP	1,156	-	1,149	0.010	

- 1) RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV5.02 (Copyright 1986-2005 M Stuiver and PJ Reimer) を使用
- 2) 計算には表に示した丸める前の値を使用している。
- 3) 暦年較正曲線や暦年較正プログラムが改正された場合の再計算や比較が行いやすいように、1桁目を丸めていない。
- 4) 統計的に真の値が入る確率は σ は68%、 2σ は95%である
- 5) 相対比は、 σ 、 2σ のそれぞれを1とした場合、確率的に真の値が存在する比率を相対的に示したものである。

年較正結果は、測定誤差 σ 、 2σ (σ は統計的に真の値が68%の確率で存在する範囲、 2σ は真の値が95%の確率で存在する範囲) の値を示す。較正された暦年代は、将来的に暦年較正曲線等の改正があった場合の再計算、再検討に対応するため、1年単位で表された値を記す。表中の相対比 (確率分布) とは、 σ 、 2σ の範囲をそれぞれ1とした場合、その範囲内で真の値が存在する確率を相対的に示したものである。

3. 結果

各製鉄炉から出土した炭化材の同位体効果による補正を行った測定結果 (補正年代) は、I区1号製鉄炉 炭化材 (No.13) が $1340 \pm 30\text{yrBP}$ 、II区1号製鉄炉 炭化材が $1320 \pm 30\text{yrBP}$ 、II区2号製鉄炉 炭化材が $1280 \pm 30\text{yrBP}$ を示す (表1)。また、これらの補正年代に基づく暦年較正結果 (測定誤差 σ) は、I区1号製鉄炉 炭化材 (No.13) がcalAD650-calAD686、II区1号製鉄炉 炭化材がcalAD656-calAD764、II区2号製鉄炉 炭化材がcalAD681-calAD770である。以上の暦年較正結果を参考とすると、峯山遺跡より検出された製鉄炉は7世紀中葉～8世紀後半頃に操業した遺構と推定される。

第6章 峯山遺跡における 鉄・鉄器生産のまとめ

[1] 事実関係の整理

1. 遺構

今回の調査で検出された飛鳥時代から奈良時代の遺構は、製鉄炉（箱形炉）3基、専用鍛冶工房2基、鍛冶施設がある竪穴住居2軒である（第305～315・322～324図）。精錬鍛冶工程から鍛錬鍛冶工程を経て鍛造鉄製品を製作している。

遺構の前後関係や出土土器などから峯山遺跡の製鉄炉は3段階を経ていると考えられる。

(1) 第1段階の遺構

第1段階ではI区1号製鉄炉とI区1号鍛冶工房、I区2号住居がつくられている。

I区1号鍛冶工房は建て替えを行いながら、第1段階から第3段階まで継続的に使用されており、当遺跡の中核的な鍛冶工房といえる。I区2号住居は鍛冶工房から約15m離れた地点に、鍛冶工房と軸を同じにして平行に並んでおり、この地に移入してきた製鉄・鍛冶工人の住居の一つとみなすことができる。

(2) 第2段階の遺構

第2段階ではII区2号製鉄炉、II区1号鍛冶工房がつくられている。

第2段階は、丘陵の西側斜面（I区）の居住を継続しながら、さらに東側斜面（II区）へと製鉄炉（II区2号製鉄炉）と鍛冶工房（II区1号鍛冶工房）を展開していった段階であったと考えられる。

(3) 第3段階の遺構

第3段階ではII区1号製鉄炉やI区7号住居（鍛冶施設あり）・11号住居（鍛冶施設あり）などがつくられている。II区1号製鉄炉は、II区2号製鉄炉とII区1号鍛冶工房（第2段階の製鉄・鍛冶施設）を壊し

て構築している。第3段階でつくられた鍛冶施設のある竪穴住居（I区7号住居・11号住居）は、第1段階から中核的な鍛冶工房の役割を果たしたI区1号鍛冶工房を囲むように展開している。第3段階ではI区側の鍛冶施設が充実する一方、第2段階でつくられたII区1号鍛冶工房をII区1号製鉄炉構築とともに廃棄している。

鍛冶関連の遺構数からいうと、本遺跡で最も鉄器生産が活発であった段階と捉えることができる。

2. 遺物

(1) 鉄・鉄器生産に関わる遺物

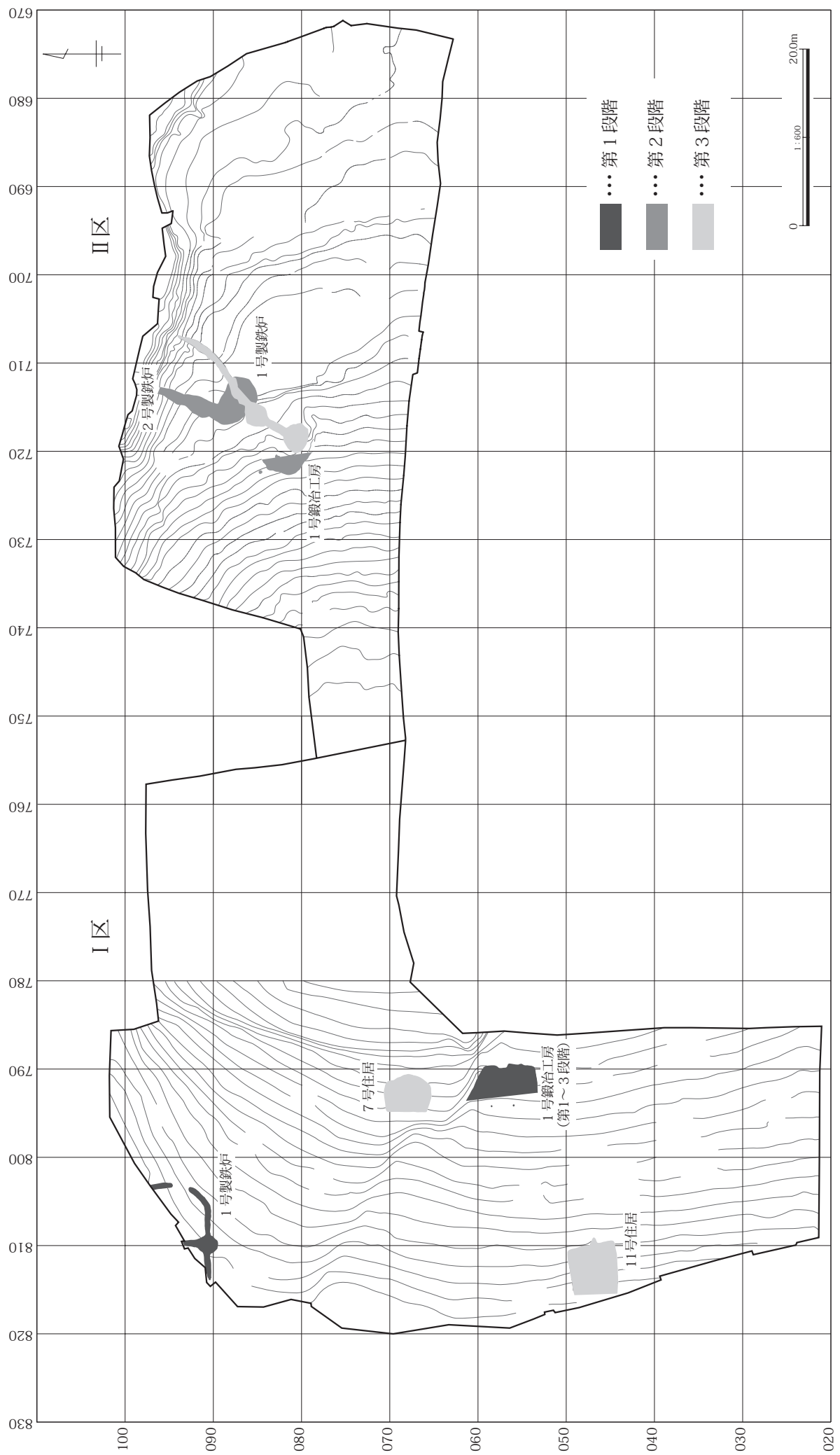
I区1号製鉄炉の炉壁

炉壁の胎土は直径5～7mm程度の礫が基本的に含まれたもので、胎土は粘土質のきめ細かいものではなく、短く切ったスサを多量に加えて緊ぎとしている。炉壁の上段から下段にかけて、どの炉壁も大量かつ均一にスサを混入しており、スサの混入に関して上位と下位といった部位による違いはない。炉壁胎土に含まれる鉱物も炉壁上段と下段の間には基本的に違いがない。

炉壁・炉床土・粘土採掘坑については理化学的分析をあわせて行った（第5章 自然科学分析〔2〕胎土分析）。分析は岩石片・鉱物片の構成及び粒径組成からの考察を依頼した。分析によると①炉壁上位と下位の間に炉材の変化はなく、②炉材は粘土採掘坑（I区3号竪穴）から採取されたと考えて矛盾がないことが明らかになった。

また、炉壁の耐火度の分析（第5章 自然科学分析〔1〕金属学的分析）では上位の炉壁と下位の炉壁に対して計測を行った（第5章〔1〕（2）参照）。それぞれの耐火度は1187℃、1185℃と違いがなかった。どちらの炉壁とも低めの耐火度の性状で、造滓材としての性格を優先した素材の選択があったとの考察を得た。このような耐火度の炉壁での操業実態の解明が今後の課題である。

また、本遺跡からは製鉄炉の構造が明らかになる



第407図 峯山遺跡 第1段階～第3段階の遺構の変遷

特出すべき炉壁片が多数出土している。特にI区1号製鉄炉から出土した炉壁は最も残存状況が良好で、通風孔の構造や配置が明らかになった。ここではその代表例としてI-36、I-37、I-18をあげる。

炉壁 I-36 I-36は縦55cm×横73cmを測る大形の炉壁片で、通風孔3孔が明瞭に残存している。下側面は直線状に欠けており僅かに炉床土が付着していることから、炉床土と炉壁の接合面であることがわかる。本炉壁片は炉底面から通風孔の高さ、通風孔間の距離を示す良好な資料といえる。通風孔は炉床土との接合面から通風孔底部まで約13cmを測る。また通風孔間の距離は通風孔の芯々間で約13.5cmで、等間隔に並んでいる。これらは当時設計された製鉄炉の構造を示している。

炉壁の内面は炉底から通風孔部底部までの滓化は流動性が高く垂れが生じている。この範囲には黒色ガラス質の色調が目立ち、炉壁が高温溶損していたと推測される。通風孔部から通風孔部上位約20cmの範囲には大きな垂れを成す滓化が目立ち、色調は若干の酸化傾向を示す。炉壁の上位は砂鉄焼結塊が多く見られ、砂鉄焼結塊が付着する面は炉壁の滓化が弱く、表面が発泡あるいは弱く滓化している。上位には砂鉄粒子の一つ一つの粒が確認できる程の融着の弱い砂鉄焼結塊が確認できる。

本遺跡では出土した全ての遺物を分類したが、炉頂部に比定できる遺物は出土しなかった。本遺跡の製鉄炉の炉頂部である最上位は下部に比べ熱を受けにくい土に返り、遺物として残存しなかったと

考えられる。また、I-36の通風孔部は塞がることなく、最後まで孔が開いた形状のまま操業を終えていたことがわかる。炉内に内容物があるうちに送風を止めた場合には通風孔が塞がってしまう傾向があり、製鉄炉解体直前まで送風を続けていた可能性が高い。

炉壁 I-37 I-37は幅約66cm、高さ約24cmの残存状況良好な炉壁片である。遺物は、炉底部から通風孔部周辺の炉壁の状況が理解できる良好な資料である。通風孔は残存状況が良好ではないが4孔確認できる。通風孔間及び炉底からの高さ共にI-36と同規模である。I-37はI-36と同じ排滓坑の同層位中から出土しており、別操業時の炉壁が混入したとは考えにくいことから、同一製鉄炉の炉壁であると考えられる。

炉壁 I-18 I区1号製鉄炉の通風孔の構造が最も良くわかる遺物はI-18である。本遺物は厚さ約12cmと厚く残存し、通風孔の送風角度・形状が推測できる貴重な資料である。また、本遺物はコーナー部の炉壁であり、本遺物の通風孔は小口側に最も近い通風孔である。

通風孔部の形状は横5cm、縦7cmを測る上面が丸いアーチ状を呈する。通風孔の上面は水平方向より約45°の角度の傾きで炉底方向を向いており、上面の角度を送風角度とするならば、急角度で炉底方向に送風していることがわかる。また、この通風孔の穿孔方向は炉壁面に対して約10°の角度でコーナー方向（炉の小口側）に向いている。これは通風孔がなく、温度の上がりやすい小口側の温度を上げるための工



第408図 I区1号製鉄炉の炉壁大形片

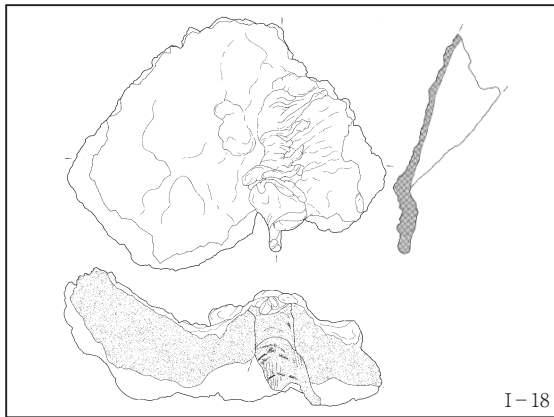


第409図 I区1号製鉄炉の通風孔

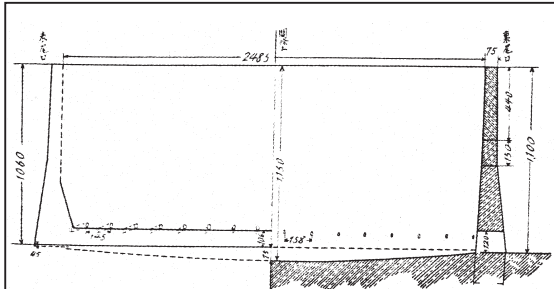
第6章 峯山遺跡における鉄・鉄器生産のまとめ

夫であると考えられる(註1)。

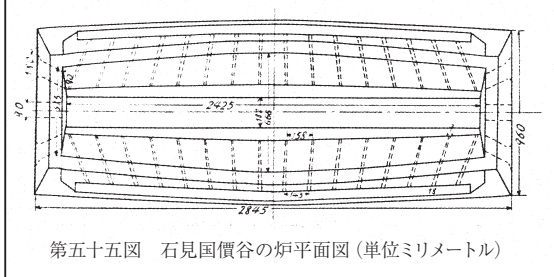
小口側に最も近い通風孔が炉壁の小口方向に向かって開けられている構造は送風装置から放射状に開けられたたたら製鉄にも見られ、小口側の温度を上げる構造でもあるという。本遺物は古代の箱形製鉄炉の技術の系譜を考える上で重要な意味があるといえる。



第410図 I区1号製鉄炉の通風孔

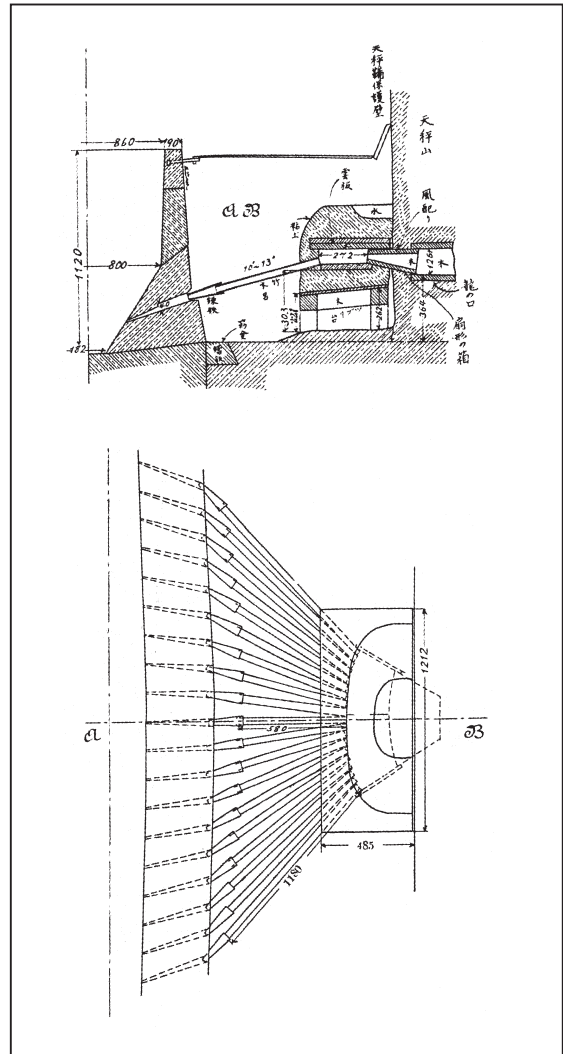


第五十四図 石見国價谷の炉縦断面図(単位ミリメートル)



第五十五図 石見国價谷の炉平面図(単位ミリメートル)

第411図 明治時代のたたらあたいたにの炉の平面図
石見国價谷の炉平面図
(俵 國一 2007『古来の砂鉄製錬法(復刻・解説版)』慶友社より)



第412図 明治時代のたたらあたいたにの送風方法
(伯耆国砥波の炉の風取り入れ装置平面図)
(俵 國一 2007『古来の砂鉄製錬法(復刻・解説版)』慶友社より)

炉壁の簀巻き痕 炉壁の中段から上段にかけての内面の滓化が弱い部位には簀巻き痕と呼称している棒状の当て具痕が確認されている。痕跡を観察すると棒は直径2~3cmの円柱状に整形されており、縦位に並行してほぼ等間隔に並んでいる。

発見された炉壁にはブロック状に積み上げられた痕跡がなく、スサで繋いだ粘土を使用してほぼ一気に積み上げて構築したと推測される。簀巻き痕は炉壁構築時の補助材の痕跡であった可能性があるかもしれない(註2)。

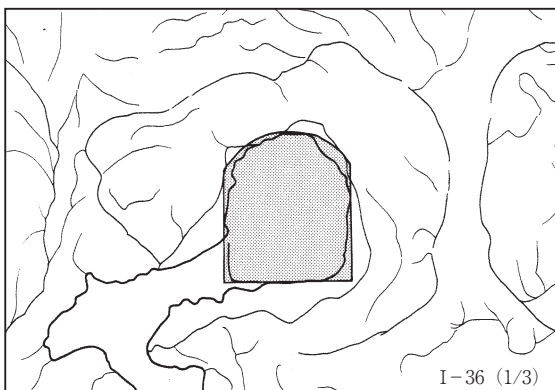


第413図 簀巻き痕のある炉壁

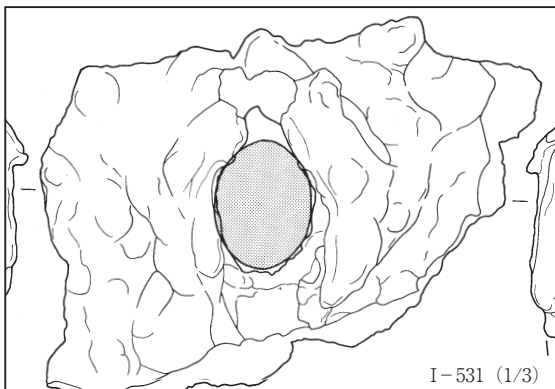
Ⅱ区1号製鉄炉と2号製鉄炉の炉壁

検出された製鉄炉3基の間で、炉壁に大きな違いを認めることはできなかった。胎土の選別・炉の構築方法をほぼ同様に行っていたと考えられる。

ただし、炉にあげられた通風孔の形状は、Ⅱ区（Ⅱ区1号・2号製鉄炉）とⅠ区（Ⅰ区1号製鉄



第414図 Ⅰ区1号製鉄炉の通風孔



第415図 Ⅱ区1号、2号製鉄炉の通風孔

炉)の製鉄炉の間に明確な違いがある。Ⅰ区1号製鉄炉の通風孔が上側面がアーチ状の方形の形状であるのに対し、Ⅱ区の製鉄炉の通風孔は縦長の楕円形を呈している。

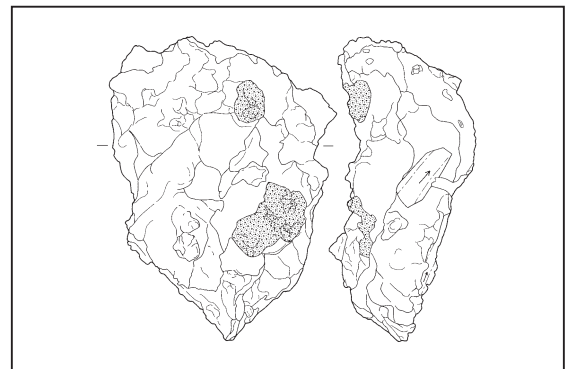
通風孔をあける位置は3基ともほぼ同じで、炉底から高さ13~14cmを測る。Ⅰ区1号製鉄炉では通風孔間の距離は芯々間で13.5cmを測ることが明らかになった。木原村下によると、出土した炉壁からわかる炉底から通風孔までの高さ、通風孔間の距離はたたら製鉄とほぼ同規模・同構造であるとのことである。

炉底塊

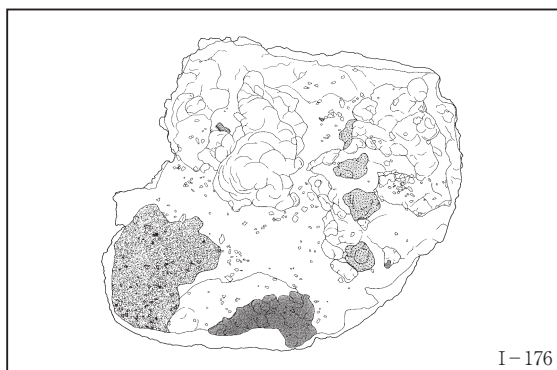
本遺跡では大形の炉底塊はなく、ほとんどが直径5cm未満の小片である。本報告では小片以外の炉底塊を炉底塊A、炉底塊Bとして分類した。

炉底塊A 拳大以上の炉底塊を炉底塊Aとした。炉底塊Aには直径1cm大の錆化した小鉄塊が散在しているものが多い。

I-176 (炉底塊A) 本遺構を代表する炉底塊Aの遺物として、本遺構最大の炉底であるI-176がある。表面は若干ポーラス状の紫黒色の流動性の高い滓がみられる。炉底には炉床土が付着しており、炉床土と滓の間には発泡した層が見られる。欠け口からは木炭痕が多量に観察でき、滓中に木炭が入り込んでいたことがわかる。上面は炉壁片が多く付着しており、操業後に炉壁を崩しているときの破片が炉底に崩落したものと推測される。

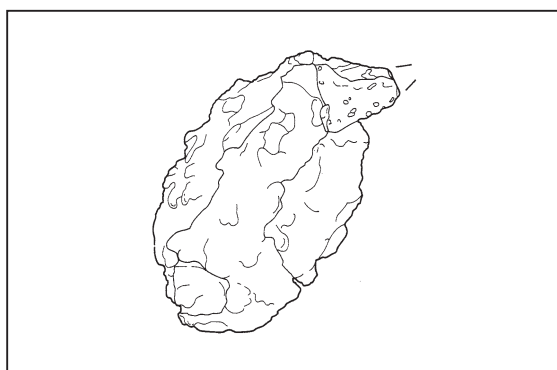


第416図 炉底塊Aに散在する小鉄塊 (トーン部)



第417図 炉底塊A

炉底塊B 流出孔付近で生成した炉底塊を炉底塊Bとした。側部の一方は流出孔滓に向かっての形状で、下面には炉床土が付着している。炉床土と滓の間に発泡面はない。炉内側の側面は炉床土の付着がなく、剥ぎ取った痕跡や複数の工具痕が見られる遺物もある。炉底に生成した炉底塊（鉄塊）を剥ぎ取った痕跡であると推定される。



第418図 炉底塊B

流出孔滓

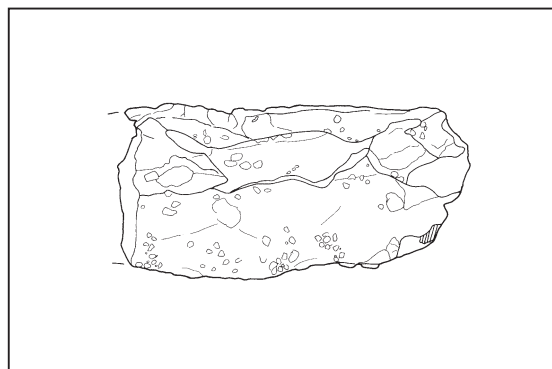
本遺跡の流出孔滓のうち、炉壁と炉床土の間で生成した流出孔滓を流出孔滓Aとした。

流出孔滓A 流出孔滓Aの断面形状は円形、楕円形、隅丸三角形を呈し、側面には炉床土が付着している。一面のみ滓が板状に広がっている特徴があり、その面には炉床土の付着が見られない。

炉の構築材において炉壁と炉床土では異なる性質の素材を使用しており、接合面は浸食されて滓が潜り込みやすくなる。流出孔滓Aは浸食された炉床土

と炉壁と炉底塊の間に生成した滓である。

こうした滓は箱形炉による製鉄実験でも確認できる（第4章〔2〕第44図参照 註3）。



第419図 流出孔滓A

鉄塊系遺物

本遺跡では製鉄・鍛冶遺構に残存している金属鉄についての自然科学分析を行った。金属鉄はⅡ区1号製鉄炉及び鍛冶工房から出土しており、鉄塊系遺物3点、含鉄鉄滓3点の合計6点を抽出して分析対象遺物とした。分析した6点に含まれる金属鉄は局部的に铸铁組織が観察されるものの共析組織～過共析組織（炭素量0.77%前後から0.77%以上の鋼）が複数確認されている。

製鉄炉の目的は鉄製品を作るための鉄を生成する事であるので、必要であった鉄は取り出されて次工程以降に搬出され、鉄器に加工されているので、出土した金属鉄から生成鉄を一義的に推定することは難しいが、Ⅱ区1号製鉄炉では鋼が生成されやすい炉内環境であった可能性がある。

(2) 出土木炭と周辺環境から推測する製炭

峯山遺跡は関東平野北西部に位置する金山最北端部に立地している。遺跡の北側は八王子丘陵、東側は渡良瀬川扇状地が広がり、さらにその東側には足尾山地が聳える。金山とその北側の八王子丘陵は渡良瀬川扇状地と大間々扇状地に挟まれた平野の中に独立した低位標高の山地である。遺跡は金山と八王子丘陵との境界となる鞍部に位置する。遺跡の北側

は低地部で、低地部を挟んで北側が八王子丘陵となる。

金山から八王子丘陵周辺では、鉄・須恵器・瓦・埴輪生産といった生産遺跡が集中しており、古代から豊富な森林資源があったことがうかがえる（註4）。

本遺跡周辺に炭窯と認定された遺構はほとんどないが、金山や八王子丘陵周辺では本遺跡の他にも西野原遺跡、菅ノ沢遺跡、高太郎Ⅱ遺跡など多くの製鉄遺跡が近年検出されており、古代に製炭が大規模に営まれていたと考えられる（註5）。

（3）原料砂鉄

遺跡の西側には大間々扇状地藪塚面、東側には渡良瀬川扇状地による沖積低地が広がる。西側の低地部には上強戸遺跡群、東側の低地部には萩原遺跡が隣接し、古墳時代から中世の水田跡群が検出されている。遺跡と周辺の沖積低地との比高差は僅か数mであり、遺跡は渡良瀬川の流域に接している地形である。

赤城山南麓地域から渡良瀬川周辺地域を流れる小河川では、現在でも大量の砂鉄が採取でき、本遺跡の製鉄炉で使用する原料砂鉄が周辺で十分確保することができる環境であったことが推測される。

大澤正己による群馬県下の河川で採取された砂鉄の分析結果集成一覧によると、県内各地の原料砂鉄の二酸化チタンの量は2.04～8.99%と低めであり、東日本の他地域と比較すると低めの傾向があるとのことである [大澤2005]。

（4）製鉄炉の年代

飛鳥時代から奈良時代にかけての古代群馬県各地域の土器様相は、一様ではなく差異があることが指摘されているが、本遺跡周辺地域では出土土器の変遷が詳細に追えるほど編年研究が進んでいるとはいえない。そこで本報告では当事業団神谷佳明らの協力を得て、財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団（1997）東毛地域の土器変遷を援用して、遺構の

年代を比定した。

製鉄炉から出土する土器はどれも小片で数も少ないことから、製鉄炉から出土した土器だけでは遺構の年代を推定することは難しい。そこで本遺跡検出の製鉄炉の年代を考える際、集落や鍛冶工房や粘土採掘坑の展開時期をあわせて遺構の時期を推定した。

本遺跡では古墳時代中期以降に一端集落が断絶し、7世紀末からの鍛冶工房を中心とした集落が展開する（第1期）。Ⅰ区1号製鉄炉に近接して製鉄炉の構築土を採取した可能性が高い採掘坑（報告書では堅穴状遺構）が検出されており、比較的多くの土器が出土している。出土土器から採掘坑は7世紀末から8世紀前半に比定される。また、第1期から3期まで継続するⅠ区1号鍛冶工房は少なくとも7世紀末から8世紀初頭には操業を開始していることから、Ⅰ区1号製鉄炉の開始時期を7世紀末から8世紀初頭に比定した。Ⅰ区1号製鉄炉でも僅かに土器が出土しており、土器は7世紀代～8世紀前半に比定される。

東斜面（Ⅱ区）で最も古い遺構が8世紀第1四半期に比定されることから（Ⅱ区2号住居）、Ⅱ区への遺構の展開はⅠ区より一段階新しいと考えた（第2期）。さらにⅡ区1号製鉄炉がⅡ区2号製鉄炉とⅡ区1鍛冶工房を壊していることから、Ⅱ区の中にも2段階あると考え、Ⅱ区2号製鉄炉・Ⅱ区1号鍛冶工房を第2期、Ⅱ区1号製鉄炉をさらに新しい第3期に設定した。

以上のことから、製鉄炉の操業時期を三段階に捉えた。さらに出土土器の傾向から判断すれば、概ねⅠ区1号製鉄炉を7世紀末から8世紀初頭、Ⅱ区2号製鉄炉を8世紀第1四半期、Ⅱ区1号製鉄炉を8世紀第2四半期として理解することができる。しかしながらⅡ区2号製鉄炉を人為的に埋めてⅡ区1号製鉄炉を構築している様子やⅠ区1号鍛冶工房が第1期～第3期まで立て替えを行いながら中核的な鍛冶工房として継続して使用し続けられている点を考慮すると、比較的短期間の中で製鉄や鍛冶の操業が

行われていた可能性が高い。

各製鉄炉から出土した炭化材の放射性炭素年代の測定結果（補正年代）は、I区1号製鉄炉の炭化材が 1340 ± 30 yrBP、II区1号製鉄炉の炭化材が 1320 ± 30 yrBP、II区2号製鉄炉炭化材が 1280 ± 30 yrBPを示す。暦年較正結果を参考とすると、峯山遺跡で検出された製鉄炉は7世紀中葉～8世紀後半頃に操業した遺構と推定されるとのことである。

(5) 製鉄炉の炉材

製鉄炉に近接して炉の構築土の採掘坑と考えられる円形土坑（I区では竪穴状遺構と呼称して調査）が検出された。土坑からは土器が出土しており、7世紀末から8世紀前半に比定される。いわゆる関東ローム層を掘り込み、底面は礫層上面で止まっている。

ローム層中にはやや粘質の暗色帯と呼ばれる土層があるが、暗色帯だけを狙って採掘した様子はない。製鉄炉は粘質土により強度を増すのではなく、主にスサを混入し土を繋ぐことによって強度を保つ構造であったと理解される。また、炉床土は粒径の揃った細かい礫で構成されており、炉壁と炉床土は材料を意図的に変えていることがわかる。

また、本報告では炉壁に特別な混和材が含まれているか検証するために、炉壁の胎土と粘土採掘坑で採取できる土層を比較する自然科学分析を行った

（第4章 自然科学分析〔2〕胎土分析参照）。炉壁の胎土の構成が粘土採掘坑で採取できる土層で説明がつけば混和材がなく、他の鉱物片や岩石片が混入していれば、採掘坑では採取できない土をわざわざ運んで混ぜ込んでいると推測できると考えたからである。

分析によると、炉壁・炉床土胎土・採掘坑に認められた鉱物片および岩石片の種類構成はいずれの試料も特出できるような資料がなく、炉壁・炉床土を含めて炉材の粘土や砂の採取地は、峯山遺跡と同一の地質学的背景を有する地域内に存在したことがわかった。

また、製鉄炉の部位（上位・下位）による胎土も明瞭な違いを認めることができず、上下の炉壁で耐火度の差がないとされた耐火度の分析結果を補強するものとなった。



I-116

第420図 炉壁と炉床土の境
（上が炉壁、下が炉床土）

[2] 峯山遺跡における製鉄炉

今回の調査で確認された製鉄炉は、I区1号製鉄炉、II区1号製鉄炉、II区2号製鉄炉の3基である。

ここでは検出された製鉄炉の構造と操業の実態を整理しておく。

I区1号製鉄炉（第1段階）

(1) 製鉄炉とその周辺施設 第1段階であるI区1号製鉄炉は長軸が等高線に併行して設置されたいわゆる横置き箱形製鉄炉である。

排滓坑・排滓溝の他に周溝が検出されている。周溝は製鉄炉本体を囲むように廻っており、炉床を雨水から守る排水機能があったと推測される。周溝は区画溝としての役割もあった可能性がある。

(2) 炉の規模と下部構造 I区1号製鉄炉は削平を受けており、炉の全てを検出できなかったが長軸が長い平面形態の製鉄炉であると推定される。

下部構造は検出状況が悪く、規模や構造の詳細が不明であるが木炭を多く含んだ土を入れており、最

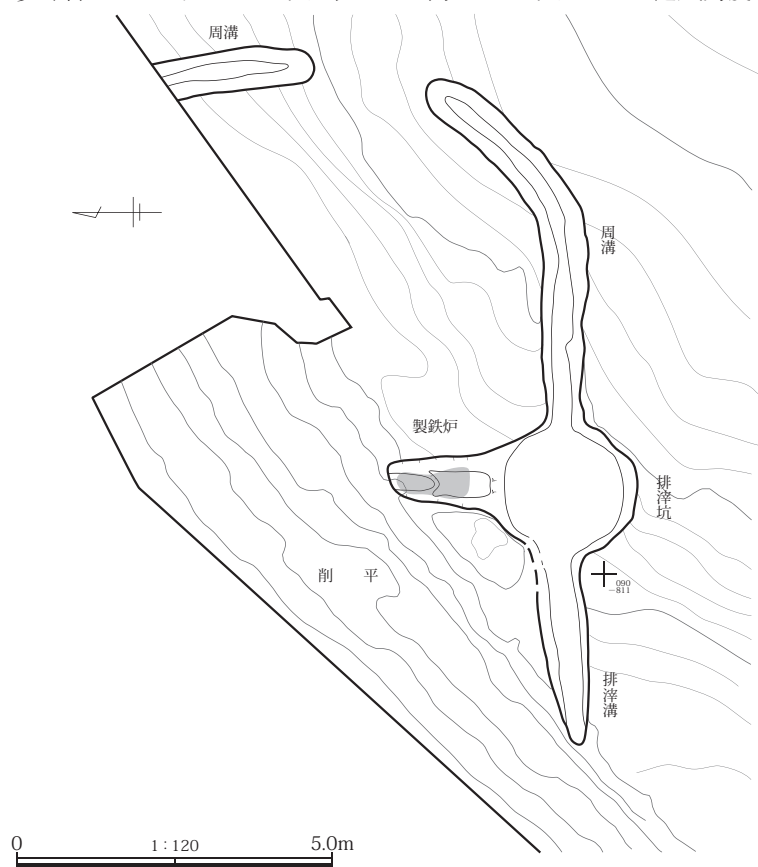
上位には粒径が均一な粒状の礫を混ぜ込んだ粘土を貼り、炉底面としている。

(3) 最終操業時の流動滓 排滓坑には踏み固められた使用面があり、直上には炉外に流出した流動滓が排出されたままの状態を検出された。流動滓の端部左右側面には欠損面はなく、先端部のみが欠けている。流動滓は排滓孔に近い位置から残存しており、炉の南小口中央にあけられた排滓坑から流出した流出滓であると推定される。

(4) 主な鉄生産関連遺物 本遺構から出土した炉壁は残存が良好で、通風孔の設置位置などの炉構造がわかる資料が多く出土した。

炉壁の複数の資料から、通風孔は炉底から一定の高さ（炉底から通風孔下側面まで約15cm）で等間隔（通風孔の芯々間で約13.5cm）に並んであけられていたことが明らかになった。

通風孔の上側面は炉底に向かって約45°の角度を向いており、これが送風角度とすればかなりの急



第421図 I区1号製鉄炉

第6章 峯山遺跡における鉄・鉄器生産のまとめ

角度である。また、コーナー部の通風孔は炉壁面に対して垂直より約10°の角度でコーナー方向（炉の小口側）に向いており、炉内小口側の温度が下がらないような工夫の痕跡が見られる。

炉底塊は5cm以下の小片が主体である。大きな破片はほとんどない。炉底塊Bが1点出土している。

滓は流動滓が76%と大部分を占める。流動滓は流動性が高い性質で、滓と鉄塊の分離が良好だったことがわかる。分析に耐える金属鉄の残存が良好な鉄塊系遺物は出土しなかった。

(5) 操業形態 本遺構の最終排滓時の流動滓は小口中央の排滓孔から排出しており、最終操業時点で中央の排滓孔を塞ぐほどの生成物が製鉄炉の小口付近にまとまっていなかったことがわかる。

木原村下によると、たたら製鉄と変わりのない滓で、古代の製鉄工人の高い技術力を推測させる資料であるとのことである〔註6〕。炉底塊は5cm以下

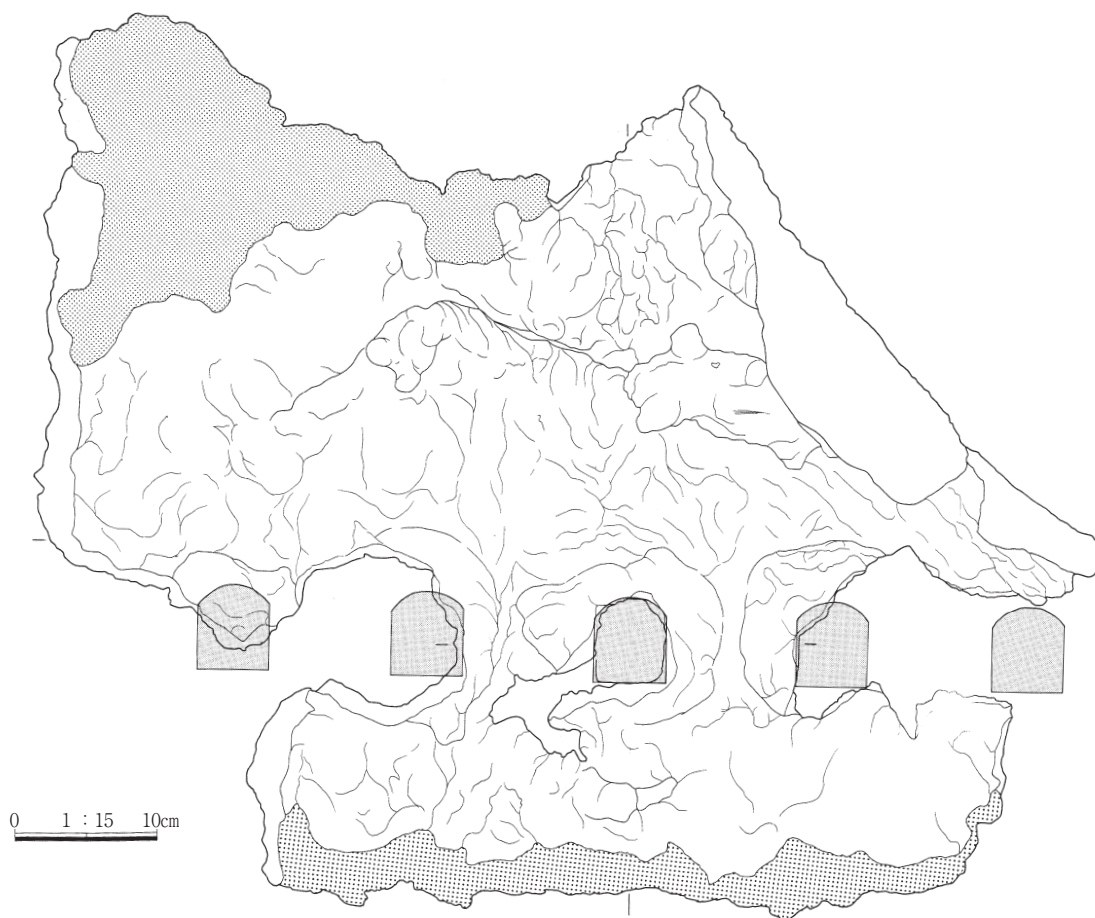
の細かいものが主体で、操業後は炉底に生成した鉄塊を取り出していたと推測される。製鉄炉の構造が理解できる大形の炉壁片や生成鉄との分離が良好であることを示す流動滓など、古代の製鉄技術水準が推測される資料が多数出土した。

Ⅱ区2号製鉄炉（第2段階）

(1) 製鉄炉とその周辺施設 Ⅱ区2号製鉄炉は長軸が等高線に直行して設置されたいわゆる縦置き箱形製鉄炉である。

炉の北側には谷筋があり、意識的に炉の長軸を等高線と直交して構築したものとみとれる。炉周辺は掘り窪められており、送風施設の設置あるいは平坦面の造成の痕跡かもしれない。

製鉄炉に伴う付属施設として、南北の排滓坑及び周溝を検出した。南排滓坑は東南方向に巨大に広がる不正円形の特殊な形状で、東西軸5.8m・南北軸



第422図 I区1号製鉄炉 大形の炉壁片（I-36）から復元できる通風孔の穿孔位置

4.6m・深さ1.2mを測る。一方、北排滓坑は幅1.25の縦長の溝状の形状で、谷地に直接繋がっている。

南排滓坑から谷に向かって延びる周溝は製鉄炉東側を囲むように延びており、炉の西側は開放されているといった特異な形状をしている。周溝は炉底面より深く掘り下げられており（第173図）、炉床を雨水から守る排水機能があったと考えられる。

(2) 炉の規模と下部構造 炉底部の平面形は長方形を呈し、長さ180cm、幅90cmを測る。

炉床の残存はほとんどなく、下部構造である多量の青灰色土が面的に検出された。中央は剥ぎ取られたように窪んでおり、炉底の生成物を取り出した痕跡であると考えられる。

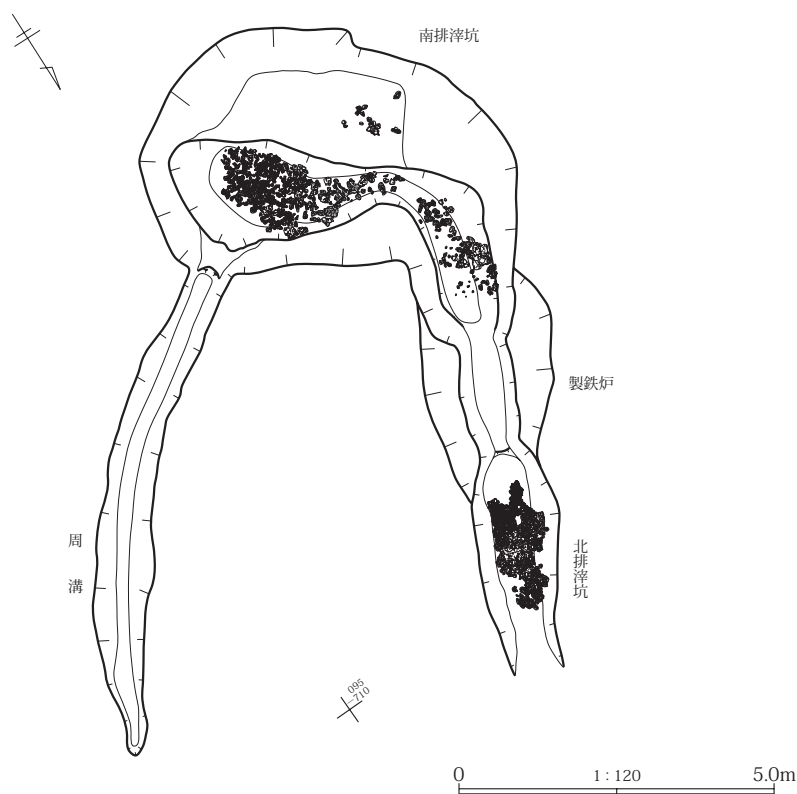
本遺構の下部構造は遺構確認面から約80cmと深く、底部に石を敷くなどして他の二基に比べて大規模で丁寧な造りの構造となっている。石敷きの直上には炭化物層、その直上には青灰色のブロック土を埋めて下部構造としている。炉底塊に炉床土が付着していることから、最上層には炉床土が敷かれていたことがわかる。また、下部構造は構築前に乾燥の

ために火を焚いた痕跡がある。

(3) 最終操業時の流動滓 北排滓坑使用面直上には炉の北小口側の排滓孔から炉外に流出した巨大な流動滓が排出されたままの形状で検出された。巨大な流動滓は炉の北小口側近くで二股に分かれており、炉の小口両端に開けられた排滓孔から流出したことがわかる。

(4) 主な鉄生産関連遺物 本遺構の出土炉壁は小さい破片のみで、I区1号製鉄炉のような炉の構造や通風孔の穿孔位置が明らかになるほど残存状況が良好な炉壁片は出土しなかった。前述したように通風孔部の形状は縦長の楕円形を呈しており、I区1号製鉄炉と異なる。

炉壁や炉床土の胎土は3基でほぼ共通しており、炉壁、炉床土の原料採取地・スサの切断方法や混和方法・構築方法まではほぼ同様な手法であったと推測される。炉床部分は乾燥と保熱に適した材が選択されることが考えられるが、地下構造に炭化物を混入させた土層を敷き、その上位に直径2～5mm程度の均一な角礫を多く含んだ粘土層を張ることにより炉床と



第423図 II区2号製鉄炉

することで、そうした機能を満たす条件を整えていたと推測することができる。

滓は流動滓が66%と大部分を占める。流動滓は流動性が高く、滓と鉄塊の分離が良好だったと考えられる。金属学的分析を行うことができるような金属鉄が残存する鉄塊系遺物は出土しなかった。

(5) 操業形態 流動性の高い流動滓が出土しており、炉底塊は5cm以下の細かいものが主体で、出土量も僅かであることから、最終的には炉底に鉄塊を生成させていたと推測される。炉底中央は剥ぎ取られたように窪んでおり、炉底に生成した鉄塊を取り出した痕跡であると推測できる。

また、本遺構の最終操業での流動滓は小口両端の排滓坑から排出しており、中央の排滓孔を塞ぐほどの鉄塊が小口付近にまとまっていた可能性が高い。本遺跡の中では比較的大形の拳大以上の炉底塊Aも出土しているが、主体は小形の炉底塊である。炉底塊Aには錆化した直径約2cm未満ほどの粒状の小鉄塊が散在しており、炉底塊Aは生成鉄が小鉄塊のみで滓ばかりであるので荒割りすらされずに放置された滓であると考えられる。

本遺構からは炉壁と炉床土の間を浸食させた部分に生成したと推測される滓（流出孔滓A）も数点出土している。炉壁と炉床土の接合面は浸食されやすく、箱形炉の製鉄実験でも炉壁を倒壊させた後の炉床土の直上にこのような滓が見られる。

本遺構から出土した流動滓を観察すると、炉外に排出されたどの流動滓も緻密で流動性が良く、操業が極めて順調であったことを推察させる。木原村下によると、流動滓はたたら製鉄と変わりのない滓で、古代の製鉄工人の高い技術力を推測させる資料であるとのことである〔註7〕。

本遺構には分析に耐えるような金属鉄が残存する鉄塊系遺物の出土がなく、遺構に残された金属鉄を分析することはできなかった。

Ⅱ区1号製鉄炉（第3段階）

(1) 製鉄炉とその周辺施設 Ⅱ区1号製鉄炉は長

軸が等高線に直行して設置されているいわゆる縦置き箱形製鉄炉である。遺構はⅡ区2号製鉄炉とⅡ区1号鍛冶工房と重複しており、両遺構を壊して炉を構築している。Ⅱ区2号製鉄炉を人為的に埋めた上層に本遺構を構築している。

旧地形でみると、南北方向では北西向きに下がる傾斜地形に位置するが、炉の周辺は比較的平坦であり、炉の設置に際しては、平坦面の選地あるいは造成があったと考えられる。

製鉄炉に伴う付属施設として、南北の排滓坑・排滓溝・排滓場を検出した。Ⅱ区1号製鉄炉は谷地側の排滓坑の小口側からの開きがやや弱いといった形状に若干の違いがあるものの、排滓坑はほぼ同サイズで、炉を中心とした左右対称に近い鉄アレイ型を呈している。排滓溝はⅡ区2号製鉄炉の周溝をそのまま踏襲し、Ⅱ区2号製鉄炉の埋立後の窪みは排滓場として利用している。

(2) 炉の規模と下部構造 炉底部の平面形は長方形を呈し、長さ2.2、幅0.6mを測る。製鉄炉の炉床の残存はなく、下部構造である多量の炭化物を含む暗褐色土が面的に検出された。炉床の範囲と推定される部分は遺構確認面より一段下がった状態で検出され、中央は剥ぎ取られたように窪んでいる。

炉床から約30cm下には地山層があり、Ⅱ区2号製鉄炉のような丁寧な造りの下部構造はない。下部構造は底面がU字状に掘られた形状で、炉床中心部で深さ約30cmを測る。下部構造には炭化物層を含む暗褐色土を埋めており、一部、多量の炭化物を含む層が確認できる。炭化物を層状に混入させることにより下部構造としたと考えられる。炉底塊には粒径が均一な礫を混ぜ込んだ粘土の炉床に付着していることから、最上層には炉床土が敷かれていたと考えられる。

下部構造の地山となる土層は黄褐色のいわゆる関東ローム層であるが、下部構造と接する面は、被熱・酸化により厚さ5～7cm程度の赤褐色の変色が見られる。炉底で乾燥のために火を焚いた後、炭化物を埋め、粘土を貼ることによって下部構造を構築

したと考えられる。

(3) 最終操業時の流動滓

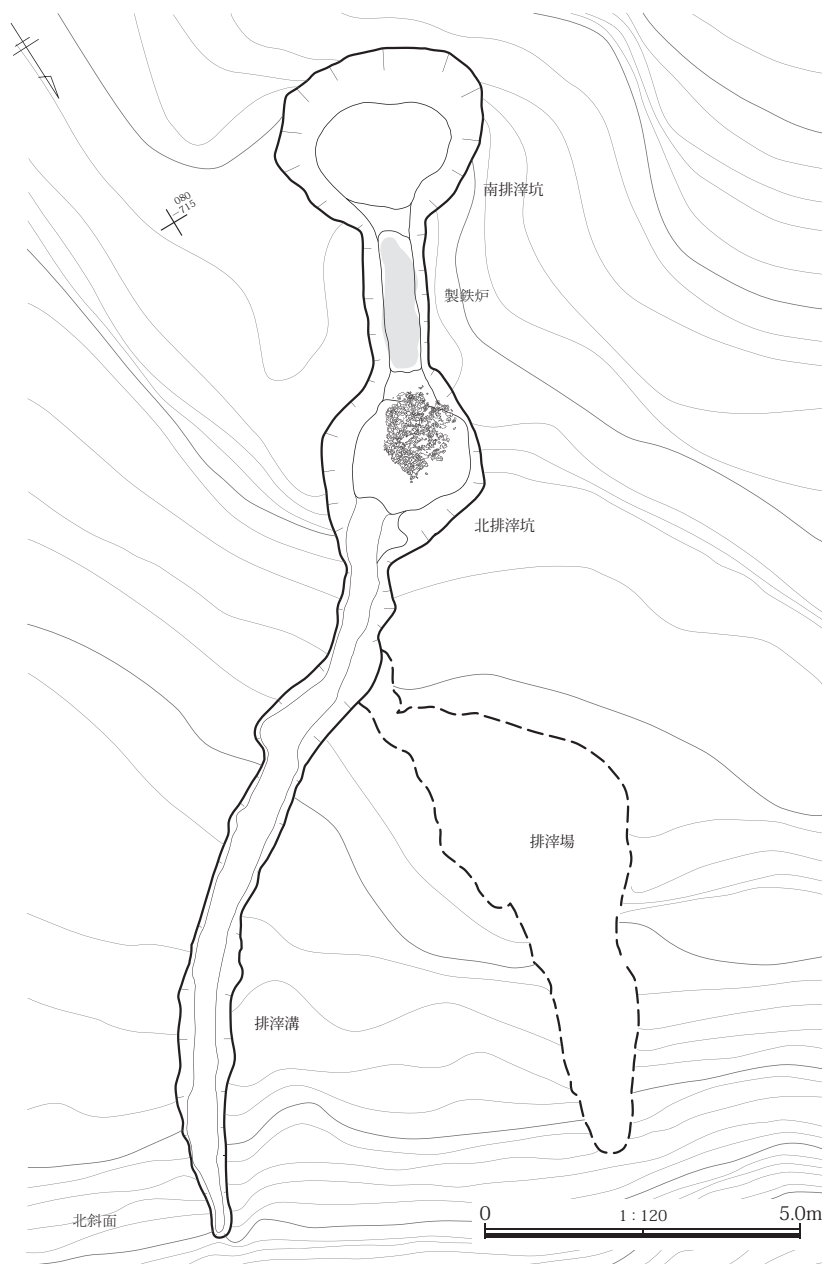
北排滓坑の踏み固められた土層直上には炉外に流出した流動滓が排出されたままの形状で検出された。流動滓は長さ132cm、幅51cmを測る。炉の北小口外方から排出された巨大な流出滓であるが、炉の北小口側直近の流動滓が欠損しているために小口側の排滓坑の位置は不明である。

(4) 主な鉄生産関連遺物

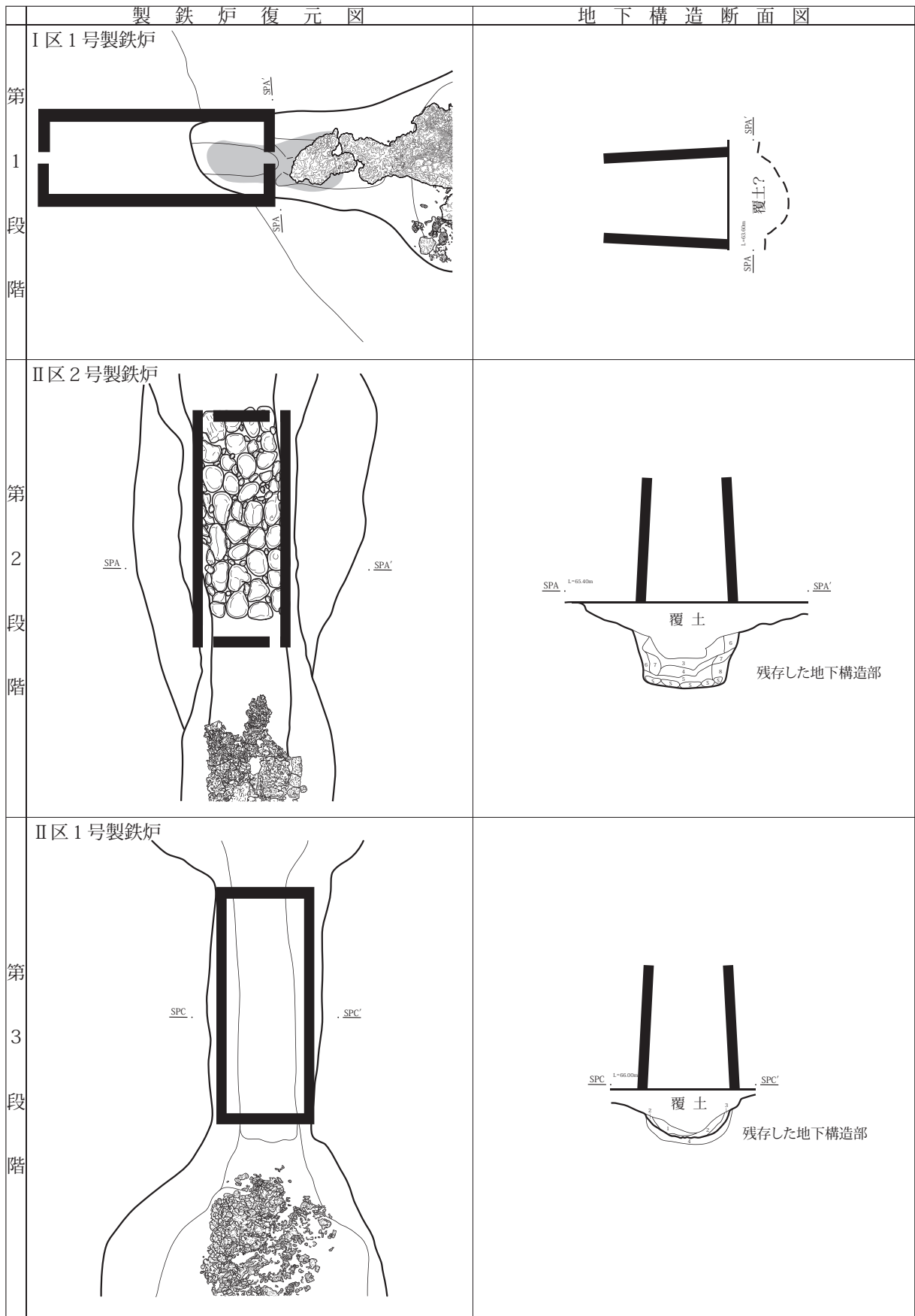
出土した鉄塊系遺物の自然科学分析によると、局

部的には鑄鉄組織が確認されるものの、共析組織（炭素0.77%レベル）～過共析組織（炭素0.77%をやや超える）主体の鋼が複数確認され、鋼が生成しやすい炉内環境であった可能性が高いとの考察を得た。

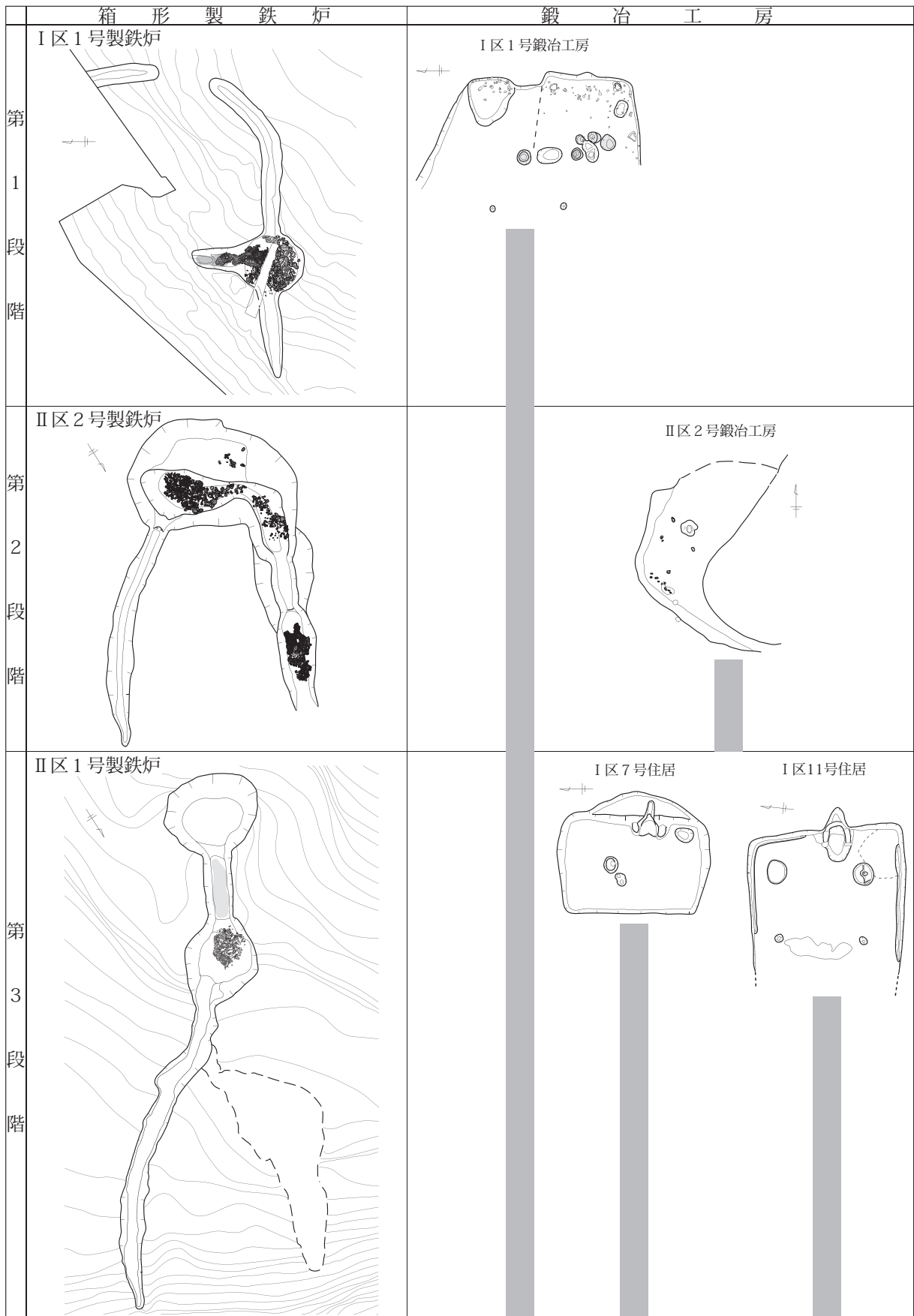
本遺構から出土した流動滓を観察すると、炉外に排出されたものの流動滓も緻密で流動性が良い。木原村下によると、操業が極めて順調であったことがわかる滓で、古代の製鉄工人の高い技術力を推測させる資料であるとのことである [註8]。



第424図 II区1号製鉄炉



第425図 峯山遺跡検出 製鉄炉の変遷



第426図 峯山遺跡検出 鉄・鉄器生産遺構の変遷

(1/200)

〔3〕 峯山遺跡における製鉄の背景

東日本への製鉄炉の伝播 前代まで製鉄技術のなかった東日本に箱形製鉄炉が伝わったのが7世紀後半である。両小口に排滓孔を持つ細長い箱形製鉄炉は、古墳時代後期から律令期にかけて政治的中心地である畿内の周辺部に集中しており、その分布は北は東北地方南部（福島県浜通り周辺）、南は北九州（福岡県元岡遺跡）や、その中間地域においても点在することが知られるようになり、その規模がほぼ共通していることがわかってきた。関東地方では群馬県、埼玉県、千葉県、茨城県、神奈川県で同様の製鉄炉が見つまっている。

群馬県前橋市（旧 粕川村）に所在する三ヶ尻西遺跡で検出された箱形製鉄炉は、大形の独立棟持柱構造を持つ竪穴内に斜めに2基並んで設置されている構造で、7世紀中頃から後半に位置づけられている東日本で最古級の製鉄炉である。2基が並んで操業する形態は、福島県における製鉄炉の導入期である7世紀後半に比定される大船迫A遺跡29・30号炉、向田E遺跡1・2号炉、長瀨遺跡24・25号炉などにも共通する特徴でもあり、この形態は東日本への箱形炉導入期の共通した特徴と捉えることができる〔笹澤2007a〕。三ヶ尻西遺跡では前後の時期に遺構のない場所に、鍛冶施設をもつ12軒の竪穴住居と箱形製鉄炉が展開している特徴があり、製鉄・鍛冶工人が外部から移入していることがわかる。

本遺跡においても5世紀後半からの集落が一端途絶えた後に、他地域から製鉄・鍛冶工人がセットで移入してきている様相が見て取れる。

本遺跡では3基の製鉄炉が検出され、炉の設置方法・周辺施設に関しては前述したようにそれぞれ特色がある。特にⅠ区1号製鉄炉の周溝やⅡ区2号製鉄炉の南排滓坑の規模や形状は現在までのところ他に例がなく、本地域で改良された形態であるのか、他地域からの系統が追えるのか今後の検討課題である。

横置きから縦置きへの変化 本遺跡でみられる横置きの箱形炉から縦置きの箱形炉という変遷は、先行研究がある滋賀県や福島県でもみられる炉形の変遷で、本遺跡の検出例が加わったことでさらに列島内で共通した炉形変遷であると捉えることができる可能性が高まってきた。

源内峠遺跡を報告した大道（2001）は、源内峠遺跡およびその周辺では、若干の改良はあるものの、細長い平面形態の製鉄炉を7世紀前半から8世紀後半まで採用し続けていることから、地理的に律令国家の強い影響を受けた地域で導入され継承された製鉄技術が、各地に伝播していったとみてとれると重要な指摘を行っており、国内の鉄生産の中で近江の製鉄が重要な意味を持っていたと評価している。大道によると、近畿地方の箱形炉の変遷は近江では7世紀代は長軸の長さが2m前後の規模を持つ等高線に平行する横置きの箱形炉（A類）、8世紀前半はA類と長軸の長さが1mの横置きの箱形炉（B類）が並存し、8世紀中頃以降に等高線に直行する縦置き炉に変遷するという。その他播磨、丹後でも横置きの製鉄炉から縦置きの製鉄炉の変遷時期は、8世紀中頃以降だという〔大道2002〕。

また、安田ら（1995）の変遷案をもとに福島県の金沢地区の製鉄遺跡をまとめた能登谷（2005）は、福島県における古代の製鉄炉の導入から展開（7世紀後半の導入期から9世紀中葉まで）を5段階に分け、その変遷を述べている〔能登谷2005〕。能登谷は7世紀後半の第Ⅰ期の製鉄炉は炭窯や製鉄炉の形態から西日本の影響、Ⅱ期は、土器群に常陸や武蔵の土器が組成されていることから関東の影響を受けているとしている。能登谷によると横置きから縦置きへの変換は第Ⅰ期と第Ⅱ期の間であり、土器変遷から8世紀前葉に比定されるという。

これまで述べたように遺構の検出状況や土器の編年観からすると峯山遺跡の製鉄炉の縦置きから横置きへの変化は8世紀前半となり、福島県と同様に、伝播してきたとされる琵琶湖周辺の製鉄遺跡と時期が逆転してしまう。今後は地域間の土器編年のあり

[3] 峯山遺跡における製鉄の背景

かたをもう一度検討する必要があるとともに、滋賀県周辺の製鉄遺跡の発掘事例の増加や研究の動向を見守っていききたい。

製鉄技術が東日本へ伝播した背景 村上恭通は、6世紀後半に備中や美作で盛行した箱形炉が、琵琶湖沿岸地域で整備され、7世紀後半以降各地に伝えられたと指摘している。この時期、琵琶湖沿岸地域で製鉄炉の開発と改良が行われ、国家標準型ともいえる製鉄炉の設計図を携えた技術者が各地に派遣された体制が確立したとしている。村上は鉄器・鉄生産を通して広域にわたる人民の掌握や公共的機能の実現をうかがえる7世紀後半こそが国家であり、それ以前はあくまでもその過程であるといった古代国家概念を示している [村上2007]。7世紀後半以降に古代国家主導のもと製鉄技術が各地に伝わることによって、現地に必要な鉄は現地生産できるようになったとする見解は近年の古代製鉄遺跡研究の到達点ともいえる重要な指摘であるといえる。

古代の地方行政組織は、7世紀後半、古代国家が成立し地方支配体制が確立すると、地方は各段階に応じて国・評（のち郡）・五十戸（のち里）という地方行政組織に編成された。本遺跡の地は、山田郡と新田郡の境界に位置しており、律令制下の新田郡の役所である郡家は、太田市天良町で発掘調査された天良七堂遺跡がそれに当たると考えられている。発掘調査では新田郡家正倉院を形成する倉庫群のうちの一棟と考えられる大型総柱礎石建物跡や計6棟の総柱の礎石建物などが検出され、新田郡衙の正倉域であったことが推定された。さらに平成19年の調査では東西南北を取り囲むように建てられた長大な掘立柱建物柱建物や郡庁院の遺構と考えられる礎石建物が検出され、新田郡家の遺跡であることがほぼ確実となった。郡庁の規模は通常一辺50mほどの大きさで方形を呈するものがこれまでの発掘例から一般的であると考えられていたが、新田郡衙の規模はほぼ倍の規模を有し、現在確認されている郡庁の中では最大の規模であるという。さらに新田郡内には東山道駅路が東西に貫通し、上野・下野両国か

ら武蔵国への分岐点となった陸上交通上の要衝であり、官人の公務通行を支援すべく設けられた施設である新田駅家が置かれていた。天良七堂遺跡の西南西約1kmの地点に所在する入谷遺跡では、約180mの範囲を溝によって区画した中に、5×3間の南北棟瓦葺礎石建物跡が2棟並列した施設の跡が発見されており、7世紀後半頃に造営され、8世紀中葉頃まで存続していたと考えられている入谷遺跡で検出された瓦葺の官衙風の施設を新田駅家とみる考え方が強い（『新田町誌』通史編1 1990、『太田市史』通史編 原始・古代 1996）。

また、本遺跡の西北西約300mの位置にあたる寺井廃寺は、遺構こそ確認されていないが、石橋町から天良町にかけて太田市立強戸小学校と同中学校を中心とする一帯に所在したものと考えられ、7世紀後半から10世紀に及ぶ瓦が多数出土している。創建年代が7世紀後半に遡ることや、8世紀段階には上野国分寺と同じ瓦が使用されていたとみられること、あるいは郡家と考えられる天良七堂遺跡との位置関係などからみて、新田郡領となった在地豪族による造営であり、新田郡家と密接な関係を有していた寺院と考えられている [高島2007]。

製鉄炉が各地に広まった7世紀後半は、このように本地域においても官衙や寺院などの造営が行われており、その造成や建築にも鉄素材が大量に必要であったことがわかる。またこの時期は中国・朝鮮半島諸国との間での軍事的緊張の高まりがあり、さらに東日本ではそれと同時に律令国家の東北進出に伴う蝦夷征討事業が行われはじめた時期でもある。この時期、群馬県地域においては官衙造営といった律令国家によるインフラ整備に伴う鉄器生産と共に、必要に迫られた武器武具の生産も行われていたと考えられ、東日本における鉄生産は律令国家にとって最も重要な事業の一つであったことが理解できる。

前沢和之の指摘にあるように、上野国は蝦夷政策の前線基地ではないものの、兵や物資を前線に供給する後背地として積極的に蝦夷征討事業に関わった

第6章 峯山遺跡における鉄・鉄器生産のまとめ

地域として理解できる〔前沢1986〕。そういった意味では国家標準型の箱形炉による鉄づくりは、当時の最先端技術である鉄づくりの技術の流出の懸念が少ない古代国家による人民の掌握が安定している後背地の役割であったとも捉えることができよう。

こうした上野国の地理的位置づけに加えて、本遺跡周辺は古墳時代後期からの須恵器・埴輪・瓦が生産されていた一大窯業地帯であったことが知られている。古墳時代のそうした生産をになっていたのは、おそらく地元の豪族層で、7世紀末には当該地域唯一の終末期古墳である巖穴山古墳を造営したような豪族の管理下で操業されたものと考えられている。その後、律令制の成立によって、国評制、のちに国郡制が施行され、律令制下の国・郡主導の元に窯業が行われたものと考えられる。森林資源とそれを活用した技術者が伝統的に存在した本遺跡周辺は、古代国家の思惑に見合った箱形製鉄炉を配置する好適地であったといえる。

〔4〕 調査成果のまとめと今後の課題

以上、遺構・遺物のまとめを行ってきたが、これまでの成果を箇条書きにし、峯山遺跡の製鉄操業の状況を総合的にとらえ、峯山遺跡の調査成果をまとめ、今後の課題を検討していきたい。

(1) 成果

①遺構・遺物から成果

1. 検出した3基の製鉄炉は全て箱形炉である。炉底規模は長さ2m前後、幅は0.6～1m弱程度で、ほぼ一定の規模であるにもかかわらず、いわゆる横置き・縦置きといった炉の設置方法、排滓坑・周溝の構造など周辺施設、炉の下部構造が3基それぞれで異なる。遺構の時期は7世紀末から8世紀前半に比定される。
2. 炉の設置方法は横置き（Ⅰ区1号製鉄炉）から縦置き（Ⅱ区1号製鉄炉・Ⅱ区2号製鉄炉）へと変遷している。

3. Ⅰ区1号製鉄炉、Ⅱ区1号製鉄炉とも円形の排滓坑を基本とするが、Ⅱ区2号製鉄炉は標高の高い位置にある排滓坑が大形で特殊な形状を持つ。
4. 第1段階のⅠ区1号製鉄炉の下部構造をまとめると、使用面及び下部構造の調査・検出状況が悪く、規模や構造の詳細が明らかではないが「地下構造部に炭化物を多く含んだ土を入れた可能性が高く、最上位層に均一な細かい粒子の礫を多く含んだ炉床土を貼り付ける構造」であるといえることができる。
5. 第2段階のⅡ区2号製鉄炉の下部構造をまとめると、「方形に深く掘り込んだ地下構造部の底面に扁平な大形の礫を敷いた後に空焚きし、炭化物を多く含んだ土を入れ、最上位層に均一な細かい粒子の礫を多く含んだ炉床土を貼り付ける構造」となる。
6. 第3段階のⅡ区1号製鉄炉の下部構造をまとめると、「方形に浅く丸底に掘り込んだ地下構造部を良く空焚きし、炭化物を多く含んだ土を入れ、最上位層に均一な細かい粒子の礫を多く含んだ炉床土を貼り付ける構造」となる。
7. ①周溝（防水のため炉を囲うように廻らせた溝）がある製鉄炉（Ⅰ区1号製鉄炉・Ⅱ区2号製鉄炉）から周溝がない製鉄炉（Ⅱ区1号製鉄炉）へ、②Ⅱ区の縦置きの製鉄炉は下部構造が丁寧な造り（Ⅱ区2号製鉄炉）から簡易な造りへ（Ⅱ区1号製鉄炉）と変遷している。
8. 横置きから縦置きへの製鉄炉の地下構造の形態変化には連続性がなく、横置きと縦置きの炉は同一系統でない可能性がある。
9. 炉壁に穿孔された送風孔の形態は2種類で、Ⅰ区1号製鉄炉では上面がアーチ状の方形、Ⅱ区1号・2号製鉄炉では縦長の楕円形である。横置きの製鉄炉（Ⅰ区1号製鉄炉）と縦置きの製鉄炉（Ⅱ区1号・2号製鉄炉）では送風孔の形状に明確な形態差がある。
10. Ⅰ区1号製鉄炉では小口中央に穿孔された排

- 滓孔からの排滓、Ⅱ区2号製鉄炉では小口両端に穿孔された排滓孔からの排滓を最終的に行っており、Ⅰ区1号製鉄炉では炉底に中央の排滓孔を塞ぐほどの大形の鉄塊がなく、Ⅱ区2号製鉄炉では小口中央の排滓孔を塞ぐほどの大形の鉄塊が生成していた可能性を示している。
11. Ⅱ区1号製鉄炉出土の残存金属鉄の冶金学的分析の結果は、共析組織～過共析組織（炭素量0.77%前後から0.77%以上の鋼）が複数確認されている。生成された鉄は鉄器に加工されているので、遺跡に残された少量の残存金属で生成鉄を議論するのは難しいが、鋼が生成されやすい炉内環境であった可能性がある。
 12. Ⅰ区1号製鉄炉、Ⅱ区2号製鉄炉には冶金学的分析ができる程の金属鉄が残存していなかった。
 13. 本遺跡で発見された3基の製鉄炉の炉壁の胎土はどれも似通っている。炉材・スサの混和・構築方法が新旧の製鉄炉で一貫しており、3基で試行錯誤の痕跡がみられない。よって、出土した炉壁は耐火度が1185～1187°と低い性状であるが、この炉壁が古代の製鉄操業では十分な機能を果たしていたことが推測される。
 14. 本遺跡でみられる横置き箱形炉から縦置き箱形炉という変遷は、先行研究がある近畿地方（近江・播磨・丹後）や福島県（陸奥南部）でもみられる炉形の変遷で、列島内で共通した炉形変遷であると捉えることができる可能性が高い。地域の土器編年からすると、福島県・群馬県といった東日本の箱形炉が8世紀前半に横置きから縦置きに変化するのにもかわらず、祖形とされる畿内周辺の滋賀県地域の箱形炉が8世紀中葉に横置きから縦置きに変化するという。
- 地域間での土器変遷の齟齬によるものか、近畿地方で8世紀前半の縦置き箱形炉が検出されていないだけなのかは今後の検討課題である。
15. 検出された箱形製鉄炉は下部構造・周辺施設・通風孔の形状では目立つ変化がみられないもの、炉の規模については大きな変化が見られないという結論を導き出すことができる。
 16. 炉壁内面に簀巻き痕と呼称した棒状の当て痕が確認された。炉壁にはブロック状に積んだ痕跡がなく、スサで繋いだ粘土を一気に立ち上げて炉を構築したと考えられる。簀巻き痕は可能性の一つとして炉壁構築時の補助材の痕跡であると推測できるかもしれない。
 17. 炉底塊は滓が主体で厚さ5cm以下で小片のものがほとんどである。底面は大部分が平坦か、緩やかな弧状を呈している。
 18. 製鉄炉の炉床の残存はなく、下部構造である多量の炭化物を含む暗褐色土の面が検出された。炉床の範囲と推定される部分は遺構確認面より一段下がった状態で検出され、中央は剥ぎ取られたように窪んでいる。痕跡は炉底に生成した生成物を剥ぎ取った痕跡であると考えられ、最終的には炉底に生成した鉄塊を炉底塊ごと取り出したと考えられる。出土している炉底塊は滓ばかりの小片が主体である。出土した小片の炉底塊は、生成鉄を取り出す際に割り外された滓であると考えられ、炉底には大形の鉄塊が生成されていたと考えられる。比較的大形の炉底塊（炉底塊A）は、滓中に小鉄塊が散在しているだけで滓が主体であるために遺跡に放置された部位であると考えられる。

②原料砂鉄

19. 原料鉱石は砂鉄である。群馬県内の砂鉄の二酸化チタンの量は東日本の他地域と比較すると2.04～8.99%と低めである [大澤2005]。

③木炭

20. 燃料である木炭の樹種には、クヌギ節・ハンノキ垂属などが用いられている。胎土には、製鉄操業開始から最後まで、イネの可能性が高い一定の長さで切断された植物の茎が混和

されている可能性が高い。

④たたら製鉄との比較からの成果

21. I区1号製鉄炉の通風孔は炉底から16cm程度(中心で)に穿たれ、芯々間隔は13.5cmである。送風角度は約45°を測る。

送風角度がやや急角度ではあるものの、I区1号製鉄炉出土の炉壁からわかる通風孔の穿孔位置は、たたら製鉄の構造と全くといっていいほど変わりのない構造である。

22. I区1号製鉄炉出土のコーナー部の通風孔(I-18)は約10°製鉄炉の小口側を向いており、温度の上がりにくい炉の小口側の温度を上昇させる工夫であると捉えることができるという。たたら製鉄では炉の長軸中央に設置された送風装置から放射状に送風口が開けられているが、炉内全体の温度を上昇させる機能もあるという〔註9〕。

23. 成果10で触れたとおりII区2号製鉄炉の最終排滓の流動滓は二股に分かれており、製鉄炉の小口側両端に開けられた排滓孔から流れ出たことがわかる。たたら製鉄では操業の前半では小口中央に開けられた排滓孔(本とも)から排滓するが、炉底に大きな鉄(鋸)が生成すると中央からの排滓が不可能になり、小口両端に排滓孔(脇とも)を開けて排滓する。II区2号製鉄炉の排滓の形状を観察すると、たたら製鉄でいう「脇とも」からの排滓が行われていたことがわかる。

24. 倭国一の岩見のあたいたたら價谷鑑での調査にある「銑押し操業の羽口は緩傾斜」(俵1933)とするたたら製鉄の送風方法が記録されている。I区1号製鉄炉の送風孔の上側部の形状が送風角度とするならば炉底面に向い約45°と急角度であり、この製鉄炉が炉底に大形の銅をつくりやすい構造であったことが推測される。

25. 本遺跡の鉄滓を検討した国選定保存技術保持者玉銅製造(たたら吹き)である木原明村下の「生成鉄と滓の分離が良好で、極めて操業

が順調であったことがわかり、高い技術を裏付ける。」とのコメントは、古代の箱形製鉄炉における生成鉄の問題に重要な示唆を与えていると考えられる。峯山遺跡では、技術的に安定した操業が行われていたとみてよく、炉底に大形の鉄塊を生成するような一定水準に達した製鉄技術が確立していたといえる。

⑤製鉄炉と歴史的背景

26. 前述したように、峯山遺跡での鉄生産は、3基の炉それぞれで、高い技術による安定した操業が行われていたと理解するのが妥当である。

27. 3基の製鉄炉は、製鉄炉の規模や炉材こそ同じであるが、いわゆる横置き・縦置きといった設置方法、炉の地下構造、周溝や排滓孔などの周辺施設や操業に大きな影響を与える穿孔方法には違いがあり、細分できる要素がある。

28. 群馬県地域での鉄生産が7世紀後半、三ヶ尻西遺跡で突如として開始され、本遺跡へと続く状況を考えると、律令国家建設に関わる一大事業であった地方官衙造営などに必要な鉄素材の供給のために拠点的に製鉄操業を展開していた様相が見て取れる。それに加えて、7世紀後半以降は中国・朝鮮半島諸国との間での軍事的緊張の高まりや、さらに東日本では律令国家の東北進出に伴う蝦夷征討事業もあり、軍事的な目的での鉄生産も想定される。

29. 群馬県地域は蝦夷政策の前線基地ではないものの、兵や物資を前線に供給する後背地として積極的に蝦夷征討事業に関わった地域として理解されており〔前沢1986〕、群馬県地域での鉄生産は、古代国家にとって技術の流出の懸念のない安定した地域での鉄生産として捉えることができる。

30. 本遺跡周辺は古墳時代後期からの須恵器・埴輪・瓦が生産されていた一大窯業地帯であり、生産をになっていたのは、古墳時代には地元の豪族層で、その後は律令制下の国・郡

主導の元に窯業が行われたものと考えられている。峯山遺跡周辺は森林資源や製炭技術に繋がる技術者が伝統的に存在した地域と理解することができ、国家標準型の箱形製鉄炉を配置する好適地であったことがうかがえる。

(2) 今後の課題

峯山遺跡における I 区 1 号製鉄炉の箱形炉の炉壁送風孔芯々間隔は13cm前後で、送風孔の送風孔底面の穿孔上下角度は水平で上面の角度が約45°である。しかし、7世紀後半に比定される滋賀県源内峠遺跡出土炉壁の送風孔芯々間隔は、20~25cm程、源内峠遺跡の製鉄操業よりやや遅れた8世紀前半の滋賀県木瓜原遺跡出土炉壁の送風孔間隔は18~20cm程 [横田ほか1996、大道2001] であり、滋賀地域の製鉄炉の送風角度も20~30°のものが多いという点でも峯山遺跡の製鉄炉と滋賀地域の製鉄炉には大きな違いがある。

7世紀後半に東日本にも導入された製鉄炉は、炉の規模・形状こそ国家標準型とも言える共通する要素があるが、いわゆる横置き・縦置きといった炉の設置方法、炉の地下構造、周溝や排滓孔などの周辺施設や、操業に大きな影響を与えられられる穿孔方法・角度では、時期や地域、技術系譜あるいは原料や目的とする生成鉄などで細分ができる可能性がある。今後は日本列島一律で捉えることができる要素と各遺構で細かい要素を整理する必要があるかもしれない。

また、古代の製鉄炉でどのような鉄が生成されたかという問題は未だ研究者間の一致を見ない。これまで考古学関係者からは小鉄塊を生成したという説以外に積極的な意見が出されることがなかったが、近年の伝統的な製鉄技術の継承者が参入したレベルの高い製鉄実験を取り入れた研究により [註10]、新たな見解が示されるようになってきた。本遺跡の鉄滓を検討した国選定技術保持者である木原村下の「生成鉄と滓の分離が良好で、極めて操業が順調であったことがわかる。峯山遺跡の遺物を見ると、こ

の時期にすでにたたら製鉄と変わらない高い技術により製鉄が行われたのではないかと考えられ、非常に驚いた。」との意見は、古代の箱形製鉄炉における生成鉄の問題に重要な示唆を与えていると考えられる。

古代の鉄生産は古代国家形成に関わる重要な位置を占めているのにもかかわらず、その実態については未解明な点が多い。村上恭通・真鍋成史・北野重らにより、古代製鉄の復元には技術者の要素が極めて重要であるとの提議がなされ、今までの考古学関係者だけで行ってきた製鉄実験から得られた情報を見直そうとする検討作業がようやく近年認められるようになってきた。古代の鉄生産の解明に迫る文献はほとんどなく、考古学の果たす役割は大きい。今後、発掘成果や製鉄実験成果を検討しながら多くの考古学研究者により、古代の鉄生産についての議論・検証が進められることが望まれよう。

以上、今回の調査で得られた所見を列記した。来県いただき古代製鉄遺跡研究成果を御教授いただいた穴澤義功・大澤正己・木原明・金一圭・笹田朋孝・能登谷宣康・真鍋成史・村上恭通・吉田秀享各氏には記して感謝申し上げます。

今後は今回の調査で解明できなかった多くの課題を周辺の調査や今回の成果を再検討することによって解明していく必要があり、本報告が広く活用されることを望み、本報告が古代鉄生産解明の一助になればと思う。

第6章 峯山遺跡における鉄・鉄器生産のまとめ

- 註1 村上恭通氏指摘 (2008 財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団検討会)
- 註2 木原明村下指摘 (2008 財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団検討会)
- 註3 真鍋成史氏指摘 (2008 財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団検討会)
- 註4 鉄生産遺跡は本遺跡の他に菅ノ沢遺跡・高太郎Ⅰ・Ⅱ遺跡・西野原遺跡など、須恵器生産には八幡Ⅰ～Ⅴ遺跡・菅ノ沢遺跡・高太郎Ⅰ遺跡・山去窯跡群・丸山腰巻遺跡など、瓦生産には萩原窯跡・吉沢窯跡・落合窯跡など、埴輪生産には金井口埴輪窯跡などがあげられる。
- 註5 南接する強戸口峯山遺跡で検出された長楕円形の土坑群などは地下式菅窯の木炭窯の可能性があり、鉄生産との関わりが指摘できるかもしれない。
- 註6 木原明村下指摘 (2008 財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団検討会) 特に流動滓は滓と鉄の分離が極めて良好であることを示しており、大形の鉄塊が生成していることを示唆しているという。
- 註7 註6と同じ
- 註8 註6と同じ
- 註9 註1と同じ
- 註10 村上恭通・上祐武・大道和人・北野重・真鍋成史・笹田朋孝 2006 『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』愛媛大学法文学部
- 引用文献・参考文献
- 東 潮 1999 『古代東アジアの鉄と倭』淡水社
- 赤熊浩一 2005 『中山遺跡』財団法人 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 赤熊浩一 2007 『古代武蔵国の鉄生産・箱形炉から竪形炉へー』『研究紀要』22 財団法人 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 穴澤義功 1984 『製鉄遺跡からみた鉄生産の展開』『季刊 考古学』第8号 雄山閣出版
- 穴澤義功 1994 『製鉄遺跡からみた古代・中世の鉄生産』『平成6年度埋蔵文化財発掘技術者特別研修・製鉄遺跡調査課程』奈良国立文化財研究所
- 穴澤義功 2003 『古代製鉄に関する考古学的考察』『近世たたら製鉄の歴史』丸善プラネット
- 飯村 均 2005 『律令国家の対蝦夷政策』相馬の製鉄遺跡群新泉社
- 井上唯雄・大江正行ほか1975 『金井製鉄遺跡』渋川市教育委員会
- 井上唯雄 1991 『製鉄業』『群馬県史』通史編2 群馬県史編さん委員会
- 上祐 武 2000 『日本前近代の鉄生産ー中国地方製鉄遺跡の地下構造を中心としてー』『製鉄史論文集』たたら研究会
- 上祐 武 2009 『たたら吹製鉄の成立過程』『愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター 第1回鉄文化シンポジウムたたら製鉄の歴史と技術』たたら製鉄の歴史と技術
- 大澤正己 1975 『製鉄原料(砂鉄、木炭、粘土)と鉄滓の科学的分析および結果の考察』『金井製鉄遺跡』渋川市教育委員会
- 大澤正己 1983 『古墳出土鉄滓からみた古代製鉄』『日本製鉄史論集』たたら研究会
- 大澤正己 1988 『日本古代製鉄遺跡出土鉄滓の金属学的調査』『たたら研究』第29号 たたら研究会
- 大澤正己 2006 『古代銅製錬復元実験から確認できた銅・鉄共存の様相』『古代銅製錬復元実験報告書』美東町教育委員会
- 大澤正己・鈴木瑞穂 2010 『峯山遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査』本報告書
- 大道和人 2001 『源内峠遺跡』滋賀県教育委員会・(財) 滋賀県文化財保護協会
- 大道和人 2002 『近畿地方における古代の鉄生産』『畿内地域における鉄と銅の技術と文化の展開』社団法人 日本鉄鋼協会 社会鉄鋼工学会
- 大道和人・畑中英二・大沼芳幸 2006 『鍛冶屋敷遺跡』滋賀県教育委員会・(財) 滋賀県文化財保護協会
- 角田徳幸 1991 『今佐屋山遺跡(概要)』角田徳幸編『主要地方道浜田八重町部線特殊改良工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書ー堀田上・今佐屋山・米屋山遺跡の調査ー』鳥根県教育委員会
- 角田徳幸 2006 『韓国における製鉄遺跡研究の現状と課題』『古代文化研究』第14号 鳥根県古代文化センター
- 川越哲志 1993 『日本の鉄製錬の開始時期をめぐって』『中国地方製鉄遺跡の研究』広島大学文学部考古学研究室編 淡水社
- 河瀬正利 1995 『たたら吹製鉄の技術と構造の考古学的研究』淡水社
- 木原 明 2009 『たたら製鉄と古代・中世の復元実験』『愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター 第1回鉄文化シンポジウムたたら製鉄の歴史と技術』たたら製鉄の歴史と技術
- 柳部大作 2007 『野路小野山製鉄遺跡』草津市教育委員会
- 栗岡 潤 2006 『箱石遺跡Ⅲ』財団法人 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 小島純一 1997 『古代の製鉄の村ー赤城南麓に製鉄遺跡を追うー』『ぐんま地域文化』8号 (財) 群馬地域文化振興会
- 櫻井拓馬 2007 『野路小野山製鉄遺跡』草津市教育委員会
- 笹澤泰史 2005a 『石原東遺跡D区・諏訪ノ木V遺跡』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2005b 『古代上野国群馬郡有馬郷の鉄生産』『研究紀要24』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2006 『諏訪ノ木VI遺跡』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2007a 『群馬県における古代製鉄遺跡の出現と展開』『研究紀要25』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2007b 『南原間遺跡』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2008 『群埋文2号及び3号炉による竪形炉の実験報告』『研究紀要26』財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団
- 笹澤泰史 2009 『古代群馬の西浦北型製鉄炉』『上毛野の考古学Ⅱ』群馬考古学ネットワーク
- 潮見 浩 1982 『東アジアの初期鉄器文化』吉川弘文館
- 菅波正人他 2009 『元岡・桑原遺跡群14』福岡市教育委員会
- 高崎直成 2005 『東台製鉄遺跡』大井町教育委員会
- 田口勇・穴澤義功 1994 『付論 本研究関係用語解説』『国立歴史民俗博物館研究報告』第59集 国立歴史民俗博物館
- たたら研究会 1982 『日本古代の鉄生産』六興出版
- 俵 野一 1933 『古来の砂鉄製錬法』丸善株式会社
- 津野 仁 1995 『掛甲小丸と国衙工房ー茨城県石岡市鹿の子C遺跡をめぐってー』『太平臺史窓』13
- 寺島文隆 1989 『古代・中世の製鉄遺跡(東日本)』『考古学ジャーナル』313、ニューサイエンス社
- 寺島文隆ほか編 1989 『相馬開発関連遺跡調査報告Ⅰ』福島県文化財調査報告書第215集、福島県教育委員会・(財) 福島県文化センター・地域振興整備財団
- 土佐雅彦 1981 『日本古代製鉄遺跡に関する研究序説ーとくに炉形を中心にー』『たたら研究会』第24号 たたら研究会
- 永田和宏 2009 『たたら製鉄に関する冶金学的解析』『愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター 第1回鉄文化シンポジウムたたら製鉄の歴史と技術』たたら製鉄の歴史と技術
- 能登谷宣康 2005 『金沢地区の古代鉄生産』『福島考古』46号 福島県考古学会
- 福田豊彦 1991 『文献史学からみた古代の鉄』『日本古代の鉄生産』たたら 研究会編、六興出版
- 前沢和之 1986 『古代上野国の動向とその基調ー東国経営の回廊地帯ー』『内陸の生活と文化』地方史研究協議会編、雄山閣
- 前沢和之 1991 『第四章 第二節 上野国の馬と牧』『群馬県史 通史編2』
- 松尾充晶 2009 『大志戸Ⅱ銅跡』鳥根県教育委員会
- 真鍋成史ほか 2000 『古代交野と鉄Ⅱ』交野市教育委員会
- 真鍋成史 2009 『製鉄炉に残された鉄滓から見た古代日本の鉄生産』『古代学研究 第182号』古代学研究
- 村上恭通 1998 『倭人と鉄の考古学』青木書店
- 村上恭通 2007 『古代国家成立過程と鉄器生産』青木書店
- 村上恭通 2009 『東アジア製鉄史とたたら製鉄技術成立史』『愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター 第1回鉄文化シンポジウム たたら製鉄の歴史と技術』たたら製鉄の歴史と技術
- 村上恭通・上祐武・大道和人・北野重・真鍋成史・笹田朋孝 2006 『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』愛媛大学法文学部
- 安田稔ら 1995 『原町火力発電所関連調査報告書V』福島県教育委員会
- 山口直樹ほか 1991 『千葉県房総風土記の丘年報15ー平成3年度ー』千葉県房総風土記の丘
- 横田洋三 1996 『木瓜原遺跡』滋賀県教育委員会・(財) 滋賀県文化財保護協会
- 吉田秀享 2005 『まほろんイベント「鉄づくり報告」ーまほろん1号炉による操業についてー』『研究紀要2004』財団法人 福島県文化振興事業団
- 吉田秀享 2006 『まほろん2号炉による製鉄操業ー平成17年度「鉄づくり」イベント報告ー』『研究紀要2006』財団法人 福島県文化振興事業団