

史跡 茶すり山古墳

一般国道483号北近畿豊岡自動車道春日和田山道路Ⅱ建設に伴う
埋蔵文化財発掘調査報告書－Ⅶ

自然科学編

2010（平成22）年3月

兵庫県教育委員会

例言・凡例

1. 本書は兵庫県朝来市和田山町筒江字梨ヶ谷に所在する、史跡茶すり山古墳発掘調査報告書である。
2. 茶すり山古墳発掘調査報告書は本文編・総括編・写真図版編・自然科学編の4分冊からなり、本書は金属製品・漆膜などの保存処理過程における記録と自然科学的分析部分および第1主体部について実施した3次元計測の報告をおさめた自然科学編である。
発掘調査および整理作業・分析鑑定・保存処理については、国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所の委託により兵庫県教育委員会埋蔵文化財調査事務所および兵庫県立考古博物館が実施した。また、金属製品や漆膜など有機質の出土遺物については(財)元興寺文化財研究所に委託して保存処理を実施した。
3. 茶すり山古墳出土資料の自然科学分析鑑定のうち、漆膜の放射性炭素年代測定については(株)加速器分析研究所、一部の樹種同定はパリノ・サーヴェイ(株)、その他は(財)元興寺文化財研究所にそれぞれ委託して実施した。ただし、赤色顔料およびガラス小玉の成分分析は兵庫県立考古博物館でおこなった。
4. 本編の執筆は、分析・鑑定については報告文の一部を掲載したが、3次元計測と保存処理過程や方法および保存処理時の所見については(財)元興寺文化財研究所に執筆を依頼して原稿を頂戴した。本文の執筆は、(財)元興寺文化財研究所の尾崎誠、尼子奈美枝、塚本敏夫、山田哲也、井上美知子、小村真理、大阪府立産業技術総合研究所皮革試験所の奥村章、(株)九州テクノリサーチTACセンターの大澤正巳、名古屋大学環境学研究科の松本佳納、名古屋大学年代測定総合研究センターの中村俊夫、(株)加速器分析研究所、パリノ・サーヴェイ(株)および兵庫県立考古博物館の岡本一秀がおこなった。
なお、自然科学編全体の構成・編集は八木和子・垣本明美の両囑託員(兵庫県立考古博物館)の補助を得て、岸本一宏がおこなった。
5. 遺物番号は本文編・写真図版編とも基本的には同一としている。
6. 自然科学編の作成に際して、独立行政法人奈良文化財研究所の高妻洋成氏と田村朋美氏、(株)スタジオ33の菅野成則氏にご協力をいただいた。末筆ながら謝意を申し上げます。

本文目次

第1章 保存処理

- 第1節 茶すり山古墳出土金属製品の保存処理……………(尾崎・尼子) 1
- 第2節 茶すり山古墳出土漆製品(盾・刀剣装具・草摺・堅櫛)の
保存処理……………(山田) 11
- 第3節 第1主体部の3次元デジタルアーカイブと縮小デジタル
レプリカ製作……………(塚本) 17

第2章 樹種同定

- 第1節 金属製遺物に付着する有機物の樹種同定……………(井上) 23
- 第2節 茶すり山古墳出土棺材および長柄の樹種同定……………(ハリナガウヱイ) 61

第3章 漆塗製品の塗膜構造と製作技法

- 第1節 弓の菱形文塗膜の調査と製作技法の検討……………(井上・小村) 65
- 第2節 長柄の菱形文塗膜の調査と製作技法の検討……………(井上・小村) 73
- 第3節 盾の綾杉文・鋸歯文塗膜の調査と製作技法の検討……………(井上) 76
- 第4節 矢柄塗膜の構造の調査……………(井上) 79
- 第5節 刀装具の塗膜構造の調査と獣毛様付着物の同定……………(井上) 81
- 第6節 剣の把木付着布と鞘尻漆の塗膜構造の調査……………(井上・小村) 83

第4章 材質・成分分析

- 第1節 刀の把巻紐の断面観察と繊維種同定……………(井上) 87
- 第2節 鉾の柄木付着布の繊維種同定……………(井上・小村) 90
- 第3節 堅矧板鉾留衝角付冑の布と獣毛様付着物の同定……………(井上・奥村) 92
- 第4節 刀子鞘の獣毛様付着物の同定……………(井上・奥村) 96
- 第5節 2号鏡付着繊維状物質の同定……………(井上・小村) 100
- 第6節 2号鏡下面出土綿状物質の同定……………(井上・小村) 104
- 第7節 茶すり山古墳出土刀剣の金相学的調査……………(大澤) 107
- 第8節 茶すり山古墳出土赤色顔料の蛍光X線分析……………(岡本) 117
- 第9節 茶すり山古墳出土ガラス小玉の蛍光X線分析……………(岡本) 122

第5章 年代測定

- 第1節 茶すり山古墳から出土した漆膜と鉄器の
¹⁴C年代測定……………(松本・山田・中村) 129
- 第2節 茶すり山古墳出土黒漆膜の放射性炭素年代測定……………(加速器分析研究所) 137

写真目次

写真1	第1主体部の遺物出土状況	17	写真49-3	No.8：中央区画刀10鞘身Cの木材組織(ヒノキ)	40
写真2	3次元計測(専用の計測治具による)	18	写真50	No.9：中央区画刀5鞘身の木材組織(ヒノキ科)	40
写真3	3次元計測(斜め方向からの計測)	18	写真51	No.10：中央区画刀2鞘身の木材組織(ヒノキ科)	41
写真4	積層造形装置	20	写真52-1	No.25：西区画刀1鞘身の木材組織(針葉樹)	41
写真5	鏡出土状況部の造形テストピース	21	写真52-2	No.25：西区画刀1把間の木材組織(カエデ属)	42
写真6	パーツの完成	21	写真53	No.29：西区画刀2鞘身の木材組織(ヒノキ)	42
写真7	パーツの接合作業	21	写真54-1	No.32：西区画刀20鞘身の木材組織(ヒノキ)	43
写真8	古色仕上げ	21	写真54-2	No.32：西区画刀20把間の木材組織(カエデ属)	43
写真9	第1主体部の縮小デジタルレプリカ完成	22	写真55-1	No.33：西区画刀18鞘身の木材組織(ヒノキ)	44
写真10	鏡・刀剣類の出土状況部分(詳細)	22	写真55-2	No.33：西区画刀18把間の木材組織(カエデ属)	44
写真11	甲冑類の出土状況部分(詳細)	22	写真55-3	No.33：西区画刀18把頭の木材組織(広葉樹)	45
写真12	博物館での展示状況	22	写真56	No.36：西区画刀12鞘身の木材組織(ヒノキ)	45
写真13	No.1：中央区画刀1の試料採取箇所	27	写真57	No.37：西区画刀14鞘身の木材組織(ヒノキ)	46
写真14-1	No.2：中央区画刀8の試料採取箇所	27	写真58	No.39：西区画刀6鞘身の木材組織(ヒノキ)	46
写真14-2	No.2：中央区画刀8の試料採取箇所	27	写真59	No.11：中央区画剣3鞘身の木材組織(ヒノキ)	47
写真15	No.5：中央区画刀6の試料採取箇所	27	写真60-1	No.14：中央区画剣9鞘身の木材組織(ヒノキ)	47
写真16	No.6：中央区画刀7の試料採取箇所	27	写真60-2	No.14：中央区画剣9鞘尻の木材組織(ヒノキ)	48
写真17-1	No.7：中央区画刀4の試料採取箇所	27	写真60-3	No.14：中央区画剣9把縁の木材組織(カエデ属)	48
写真17-2	No.7：中央区画刀4の試料採取箇所	28	写真61	No.15：中央区画剣8鞘身の木材組織(ヒノキ)	49
写真18	No.8：中央区画刀10・No.9：刀5・ No.10：刀2の試料採取箇所	28	写真62	No.17：中央区画剣6鞘身の木材組織(ヒノキ)	49
写真19	No.25：西区画刀1の試料採取箇所	28	写真63-1	No.18：中央区画剣1(蛇行剣)鞘身の 木材組織(カエデ属)	50
写真20	No.29：西区画刀2の試料採取箇所	28	写真63-2	No.18：中央区画剣1(蛇行剣)把間の 木材組織(カエデ属)	50
写真21	No.32：西区画刀20の試料採取箇所	28	写真64	No.46：東区画剣9鞘身の木材組織(広葉樹散孔材)	51
写真22	No.33：西区画刀18の試料採取箇所	28	写真65-1	No.48：東区画剣4鞘身Aの木材組織(ヒノキ)	51
写真23	No.36：西区画刀12の試料採取箇所	29	写真65-2	No.48：東区画剣4鞘身Bの木材組織(ヒノキ)	52
写真24	No.37：西区画刀14の試料採取箇所	29	写真66-1	No.66：西区画鉾19鞘身の木材組織(ヒノキ)	52
写真25	No.39：西区画刀6の試料採取箇所	29	写真66-2	No.66：西区画鉾19柄間袋部の木材組織(広葉樹)	53
写真26	No.11：中央区画剣3の試料採取箇所	29	写真67-1	No.67：西区画鉾14鞘身の木材組織(ヒノキ)	53
写真27-1	No.14：中央区画剣9の試料採取箇所	29	写真67-2	No.67：西区画鉾14柄間袋部の木材組織 (コナラ亜科)	54
写真27-2	No.14：中央区画剣9の試料採取箇所	29	写真68	No.68：西区画鉾16柄間の木材組織(コナラ亜科)	54
写真28	No.15：中央区画剣8の試料採取箇所	30	写真69-1	No.70：西区画鉾11柄間Aの木材組織 (コナラ亜科)	55
写真29	No.17：中央区画剣6の試料採取箇所	30	写真69-2	No.70：西区画鉾11柄身Bの木材組織 (コナラ亜科)	55
写真30	No.18：中央区画剣1(蛇行剣)の試料採取箇所	30	写真70-1	No.73：西区画鉾2鞘身の木材組織(ヒノキ)	56
写真31	No.46：東区画剣9の試料採取箇所	30	写真70-2	No.73：西区画鉾2柄間袋部の木材組織 (コナラ亜科)	56
写真32	No.48：東区画剣4の試料採取箇所	30	写真71	No.74：西区画鉾1・18柄間の木材組織 (コナラ亜科)	57
写真33	No.66：西区画鉾19の試料採取箇所	30	写真72	No.80：西区画鉾9鞘身の木材組織(ヒノキ)	57
写真34	No.67：西区画鉾14の試料採取箇所	31	写真73	No.81：西区画鉾12柄間の木材組織(広葉樹)	58
写真35	No.68：西区画鉾16の試料採取箇所	31	写真74	No.52：西区画槍5鞘身の木材組織(ヒノキ)	58
写真36	No.70：西区画鉾11の試料採取箇所	31	写真75	No.63：西区画槍13鞘身の木材組織(ヒノキ)	59
写真37	No.73：西区画鉾2の試料採取箇所	31	写真76	No.72：第2主体部針4・10と真竹の 木材組織(タケ類)	59
写真38	No.74：西区画鉾1・18の試料採取箇所	31	写真77	弓(⑧部分下面)菱形文塗膜の採取箇所	67
写真39	No.80：西区画鉾9の試料採取箇所	32	写真78	塗膜の拡大観察箇所写真(写真77はこの 下層から剥ぎ取った部分)	67
写真40	No.81：西区画鉾12の試料採取箇所	32	写真79	採取した塗膜の切断箇所(破線)と包埋部分	67
写真41	No.52：西区画槍5の試料採取箇所	32	写真80	菱形文の塗膜断面	68
写真42	No.63：西区画槍13の試料採取箇所	32	写真81	クリーニング後の菱形文	69
写真43	No.72：第2主体部針4・10	32	写真82	糸の断面比較	69
写真44	No.1：中央区画刀1鞘身の木材組織(ヒノキ)	33	写真83	弓(西1区画盾1～3の①部分)の菱形文	69
写真45-1	No.2：中央区画刀8鞘身Aの木材組織(ヒノキ)	33	写真84	韓国昌寧松峴洞遺跡出土漆塗り木製品	72
写真45-2	No.2：中央区画刀8鞘身Bの木材組織(ヒノキ)	34	写真85	湖北省曾侯乙墓出土 彩漆鐘棒の一部	72
写真46-1	No.5：中央区画刀6鞘身の木材組織(ヒノキ)	34	写真86	ミシン用糸巻き	72
写真46-2	No.5：中央区画刀6把縁の木材組織(カエデ)	35	写真87	長柄(②部分)菱形文	74
写真47-1	No.6：中央区画刀7鞘身の木材組織(ヒノキ)	35	写真88	長柄(③部分)菱形文	74
写真47-2	No.6：中央区画刀7把間の木材組織(カエデ属)	36			
写真48-1	No.7：中央区画刀4鞘身Aの木材組織(ヒノキ)	36			
写真48-2	No.7：中央区画刀4鞘身Bの木材組織(ヒノキ)	37			
写真48-3	No.7：中央区画刀4鞘口の木材組織(ヒノキ)	37			
写真48-4	No.7：中央区画刀4把間の木材組織(カエデ属)	38			
写真48-5	No.7：中央区画刀4把縁の木材組織(カエデ属)	38			
写真49-1	No.8：中央区画刀10鞘身Aの木材組織(ヒノキ)	39			
写真49-2	No.8：中央区画刀10鞘身Bの木材組織(ヒノキ)	39			

写真 89	菱形文の塗膜断面	75	写真118	ATR-F T I R分析に用いた試料の採取箇所	94
写真 90	糸の断面比較	75	写真119	鋳留冑の獣毛様付着物の実体顕微鏡画像	95
写真 91	③の長柄部分の拡大写真 (塗膜裏面)	75	写真120	獣毛様付着物表面のSEM画像	95
写真 92	盾文様部分の採取箇所	77	写真121	日本鹿刺毛の根元付近の顕微鏡写真	95
写真 93	盾3の文様塗膜断面	77	写真122	No.83 : 刀子鞘 (6)	97
写真 94	盾4の文様塗膜断面	77	写真123	毛穴の形状 (赤線は毛穴の輪郭)	97
写真 95	盾5の文様塗膜断面	78	写真124	毛髓質	97
写真 96	矢柄漆膜の採取箇所	79	写真125	毛皮部分の実体顕微鏡画像	98
写真 97	矢柄塗膜の断面顕微鏡写真	80	写真126	毛の流れ方向	98
写真 98	刀装具 (西区画18) の塗膜	81	写真127	綴じ皮部分の実体顕微鏡画像	98
写真 99	獣毛様付着物	82	写真128	綴じ皮と毛皮部分の実体顕微鏡画像	99
写真100	獣毛様付着物のSEM画像	82	写真129	2号鏡付着繊維状物質と布	101
写真101	塗膜断面の生物顕微鏡写真	82	写真130	繊維状物質と共に出土した布のSEM画像	101
写真102	No.14 : 中央区画剣9の分析箇所	84	写真131	布のSEM画像	101
写真103	付着布の実体顕微鏡画像	84	写真132	繊維状物質の実体顕微鏡画像	102
写真104	付着布のSEM画像	84	写真133	繊維状物質のSEM画像	102
写真105	鞘尻漆の塗膜断面 (a : 落射暗視野・b : 透過)	85	写真134	繊維状物質断面のSEM画像	102
写真106	No.33 : 西区画刀18の分析箇所	88	写真135	2号鏡下部の布・綿状物質	104
写真107	包埋資料の切断および観察箇所	88	写真136	布の実体顕微鏡画像	105
写真108	把巻紐横断面のSEM画像	88	写真137	綿状物質の実体顕微鏡画像	105
写真109	把巻紐長手方向断面のSEM画像	89	写真138	マクロ組織	112
写真110	包埋資料の断面の金属顕微鏡写真	89	写真139	鉄刀4の顕微鏡組織	113
写真111	No.80 : 銚9	90	写真140	鉄剣9の顕微鏡組織	114
写真112	布が付着した柄木表面	90	写真141	中央区画刀4のEPMA調査	115
写真113	付着布の実体顕微鏡画像	90	写真142	中央区画剣9のEPMA調査	116
写真114	付着布繊維のSEM画像	91	写真143	試料採取要領	116
写真115	鋳留冑の布の破片	93	写真144	赤色顔料分析試料	121
写真116	破片の実体顕微鏡画像	93	写真145	ガラス小玉分析試料	127
写真117	破片CのSEM画像	93			

挿 図 目 次

第1図	金属製品の保存処理工程	7	第16図	獣毛様付着物のATR-F T I Rスペクトル	82
第2図	鏡および刀剣類の保管箱	8	第17図	冑内部および比較試料のATR-F T I R スペクトル	94
第3図	鉄鏃に付着した布状の付着物	8	第18図	赤色顔料付着部分のXRFスペクトル	99
第4図	甲冑の安定台作製	9	第19図	繊維状物質および比較試料のATR-F T I R スペクトル	103
第5図	甲冑の安定台	10	第20図	繊維状物質のXRFスペクトル	103
第6図	保存処理前の状況	13	第21図	赤色顔料スペクトル図 (1)	118
第7図	漆製品の保存処理 (1)	14	第22図	赤色顔料スペクトル図 (2)	119
第8図	漆製品の保存処理 (2)	15	第23図	赤色顔料スペクトル図 (3)	120
第9図	漆製品の保存処理 (3)	16	第24図	ガラス小玉成分スペクトル図 (1)	124
第10図	甲冑出土状況の計測結果	19	第25図	ガラス小玉成分スペクトル図 (2)	125
第11図	銅鏡出土状況の計測結果	19	第26図	ガラス小玉成分スペクトル図 (3)	126
第12図	第1主体部の3次元データ (シェーディング表示)	20	第27図	暦年代較正の結果	134
第13図	木材	64	第28図	茶すり山古墳から出土した漆膜および 刀から分取した鉄の ¹⁴ C年代とIntCal04 較正データとの比較	134
第14図	菱形文の製作工程	70	第29図	暦年代較正年代グラフ	139
第15図 1	馬王堆一号漢墓朱地彩絵の棺の足部 妻板の飾り	72			
第15図 2	後漢画像石 (山東省沂南県) にみる柱の表現	72			

表 目 次

第1表	茶すり山古墳出土の刀・剣・銚の樹種同定結果	24	第9表	ガラス小玉成分一覧 (奈文研調査分)	123
第2表	樹種同定結果	61	表10表	ガラス小玉成分一覧 (考古博物館調査分)	123
第3表	赤色顔料付着部分のXRF分析結果	99	第11表	¹⁴ C年代測定のための試料調整における 試料重量の変化と炭素試料の回収率	132
第4表	繊維状物質のXRF分析結果	103	第12表	茶すり山古墳から出土した漆膜資料と 鉄資料の ¹⁴ C年代および較正暦年代	133
第5表	供試材の履歴と調査項目	111	第13表	放射性炭素年代測定結果	138
第6表	出土遺物の調査結果のまとめ	111			
第7表	赤色顔料分析試料一覧	117			
第8表	ガラス小玉法量	123			

第1章 保存処理

第1節 茶すり山古墳出土金属製品の保存処理

(財)元興寺文化財研究所 尾崎 誠
尼子奈美枝

茶すり山古墳では、第1主体部で工具類、鏡、鉄鏃、刀剣類、甲冑類、第2主体部で農工具類、鏡、鉄鏃、鉄刀など大量の金属製品が副葬されていた。これらの金属製品について、(財)元興寺文化財研究所では、2002年度から2009年度までの8年間にわたって保存処理をおこない、併せて一部のものについて保管箱や安定台を作製した。本節では、金属製品の保存処理と、甲冑類の復元および安定台の作製について報告する。なお、甲冑類の安定台作製に関しては、株式会社スタジオ33・菅野成則の協力を得た。

1. 金属製品の保存処理

発掘調査により出土する金属製品は、その多くがさびに覆われ本来の形状を保っておらず、また出土したことによる環境の変化で、さらに劣化が進行する場合もある。こうした劣化を招く要因として、水分と酸素、腐食促進陰イオン（塩化物イオン、硫酸イオンなど）の存在が挙げられる。このうち腐食促進陰イオンは、遺物が地中に埋没している間に内部に取り込まれるため、これによりさびの発生が促進され劣化が進んでいく。そのため、金属製品の保存処理においては、遺物の中に取り込まれた腐食促進陰イオンの除去（脱塩処理：鉄製品）または腐食促進陰イオンに対する不活性化（BTA処理：銅・青銅製品）と、合成樹脂による空気中の水分や酸素からの遮断が、その主要な目的となる。

さて、茶すり山古墳出土の金属製品には鉄製品と青銅製品があり、両者の保存処理工程は、基本的にはほぼ同じ手順を踏むが、上記したように劣化を防ぐための化学的な処置方法において異なる。以下、基本的な保存処理工程に沿って記述するが、両者の異なる部分についてはこれを併記する。また、保存処理中の観察事項として鉄鏃に付着していた布状の付着物について報告する。

（1）保存処理工程（第1・2図）

① 処理前調査

処理前の遺物の状態の記録として写真撮影を行い、これをもとに処理工程や処理途中で得られた知見などを記入するための台帳を作成した。また、遺物の構造や劣化状態などを確認するためX線透過撮影を実施した。また、必要に応じて処理方針の検討に関わる各種分析をおこなった。そして、これらを参考に考古学的・科学的見地から処理方針の決定をした。

なお、刀剣類については、取上げ時に有機質製の装具部分にガーゼを裏打ちして樹脂で固着させており、このガーゼを無理に除去することは装具を傷める危険性が高かったため、一部の除去可能なものについては取除いたが、多くはそのまま残すこととした。

② 第1次クリーニング

写真、X線フィルム、実測図などで遺物の形態を確認しつつ、表面の土や砂、さびなどを除去した。

鉄製品は、遺物の状態に応じて、ニッパー、メス、エアブラシ、小型グラインダーなどを使い分けてクリーニングをおこない、破片の散逸防止や作業上接合が必要な遺物は、シアノアクリレート系接着剤を用いて仮接合しつつ作業を進めた。また、鏡は、実体顕微鏡で観察しながら、メスや刷毛などを用いて土や文様を覆うようなさびを物理的に除去した。

なお、茶すり山古墳では有機質製遺物の遺存が良好で、金属製品にも付属あるいは付着した木質や漆などが残存していた。これらの有機質部分は非常に脆弱であるため、クリーニング途中およびクリーニング後にアクリル樹脂を複数回塗布して保護した。

③ 脱塩処理・BTA処理

遺物をそれぞれの形状に合わせて、ポリエチレン製ネットやステンレス製パンチングにより養生し、有機溶剤に浸漬して表面に付着する油脂分や土などの不純物を除去した。

鉄製品は、アルカリ性の0.5%セスキカーボネイト水溶液の中に浸漬し、新たなさびの誘発原因の一つである腐食促進陰イオン（塩化物イオン、硫酸イオンなど）を溶出させ脱塩をおこなった。水溶液は定期的に交換を行い、溶出した陰イオン濃度をイオンクロマトグラフィーにより測定して、濃度が基準値以下で安定するまで液交換を継続した。脱塩終了後はアルカリ分を除去した。

鏡（青銅製品）は、BTA（1,2,3-ベンゾトリアゾール）3%エタノール溶液に浸漬した状態で減圧含浸を実施して防錆処置をおこなった。BTAは銅との化学反応によりさびの進行を抑える薬剤である。

④ 樹脂含浸

遺物の強化と防錆のため、フッ素系アクリル樹脂20%ナフサ溶液による減圧含浸を1回実施した。

⑤ 第2次クリーニング

第1次クリーニングで除去しきれなかったさびなどを除去した。

⑥ 樹脂含浸

遺物を形状に合わせてポリエチレン製ネットやステンレス製パンチングで養生し、④と同様フッ素系アクリル樹脂による減圧含浸を2回実施した。

⑦ 樹脂塗布

外気との接触を可能な限り少なくし防錆効果を上げるため、含浸時の2倍に薄めた樹脂を2回遺物に塗布した。

⑧ 復元・仕上げ

接合が必要な場合は、シアノアクリレート系接着剤やエポキシ樹脂を使用して接合した。また、空隙部分や欠損部は、必要に応じてエポキシ樹脂にガラスマイクロバルーンを混合したものをを用いて復元した。復元部分の面積が広くなる箇所については、エポキシ樹脂にガラスマイクロバルーンを加え、さらに必要に応じてガラス繊維を混合して強固な板状にし、欠損部に詰め込むようにして復元した。復元部分は小型グラインダーを用いて周囲と違和感のない程度に整形した後、樹脂塗布を1回おこなった。さらに、樹脂含浸や樹脂塗布によるつやをつや消し剤を用いて抑え、復元部をアクリル絵具を用いて周囲と違和感のない程度に補彩した。なお、甲冑類の復元については、次項で詳述する。

⑨ 保管箱・安定台の作製

鏡と刀剣類は保管箱を作製した。鏡3面は、1面ずつ鏡面の形状に合わせたシリコンシートを制作し個別に桐製の保管箱に収納した。刀剣類は、設置面の形状に合せたシリコンシートを制作して、出土場所や種類ごとに数本ずつ分けて桐製の保管箱に収納した。

鉄柄付手斧2点は保管台およびケースを作製した。鉄柄付手斧の形状に合わせたシリコンシートを制作して、これに鉄柄付手斧を載せ、2点一括でアクリルフード付の樹脂製の保管台に収納した。

甲冑類はそれぞれ安定台を作製したが、これについては次項で詳述する。

⑩ 処理後検査

処理履歴や知見などを記入した台帳をもとに、考古学的・科学的視点からチェックをおこなった。また、処理終了後に写真撮影をおこない経過観察をした。

(2) 鉄鏃に付着した布状の付着物について (第3図)

茶すり山古墳では、本文編の第3章および第4章で報告したように、盾や刀装具など有機性遺物の遺存が極めて良好であった。一方、これら分析報告をおこなった遺物以外にも、特に鉄鏃において有機質状の付着物を確認することができた。この付着物は、肉眼観察から布状のものの可能性を推定することができたが、錆化が著しいため、確実に布と断定できるものではなく、繊維同定や繊維組織、織り密度などといった分析も不可能であった。この付着物は、茶すり山古墳で出土した第1・2主体部のいずれの鉄鏃にも確認され、また、出土状態に関わりなく、鉄鏃の片面に付着するもの、両面に付着するものなど様々であった。こうした状況から、これらの鉄鏃は矢束ごとに布に包まれて副葬されていた可能性が想定できる。本稿では、これら布状の付着物が確認できたもののうち、第1主体部西区画出土の数点について写真を掲載しておきたい。

2. 甲冑類の復元と安定台の作製 (第4・5図)

(1) 甲冑類の復元

古墳時代の甲冑に関して田中晋作氏は、甲冑は当時の「最新の技術や知識が集約され」た「最新技術の集合体である」と述べている⁽¹⁾。この観点からすると考古学研究において甲冑は、それ自体の構造的な研究はもちろん、古墳時代の政治や軍事に関わる研究においても極めて重要な位置を占める資料であることが判る。その一方で甲冑は、鉄板を用いてつくられた、人間が身に着けるものであるため、他の鉄製品にはない立体的かつ曲線的なフォルムを有しており、展示などにおいて活用される場合にも、他の鉄製品と比べてより強い印象を与える遺物であると言える。従って甲冑の復元においては、考古学的な研究の視点と、展示における視覚的な面の両者を念頭においておこなっていく必要がある。

さて、甲冑類の多くは出土当初は本来の形状を維持しておらず、崩れて鉄板が分離したり割れたりした状態、もしくはそれらが本来とは異なった位置関係に錆着した状態である場合が多く、茶すり山古墳出土甲冑も同様であった。そのため復元に際しては、甲冑の持つ考古学的な情報を損うことなく、安全に判りやすい展示を可能にするよう留意し、接合復元や錆着した部分の分離などをおこなった。さらに、研究や啓発のための利用をより容易にかつ安全におこなうことができるよう、併せて安定台を制作した。

① 長方板革綴短甲・頸甲・肩甲

長方板革綴短甲・頸甲・肩甲は、それぞれ復元をおこなった後、安定台によって組み合わせた。

長方板革綴短甲は、地板・帯金の個々の鉄板ごとに復元をおこない、それをエポキシ樹脂によって結合して組み上げたが、本来は各鉄板ごとに革によって綴じ合わせていたことを考慮して、結合箇所全体を樹脂で覆ってしまうのではなく、綴革の残存や安全性に留意しつつピンポイント的に樹脂を補填した。組み上げにおいては、調査や観察をおこなう際の容易性や、保管や展示における安全性を考慮して、前

胴は左右2パーツ、後胴は豎上1段から3段と長側1段から4段の2パーツの、合計4パーツをそれぞれ別個に組み上げ、安定台によって組み合わせることとした。そのため、後胴2パーツの結合位置や左右の前胴と後胴の脇部分での結合位置に留意しつつ、短甲としての全体的なフォルムを表現できるよう注意して復元および組み上げをおこなった。また、前胴と後胴を組み合わせた際の、胸から背中にかけてのカーブは、頸甲本体のカーブとも合致するよう調整した。

頸甲は、頸甲本体を構成する左右の鉄板と前後の引合板を個別に復元して安定台により組み合わせた。

肩甲は、左右とも6段で構成されている。右肩甲は、その6段の鉄板全てが錆着して一つの塊になり、また左肩甲は、頸甲側から1・2段と、3～6段までが錆着した2つの塊になっており、いずれも分離は困難であった。そのため右肩甲は1パーツ、左肩甲は2パーツで仕上げ安定台によって組み合わせた。

なお、この安定台には胄も設置するが、長方板革綴短甲がどの胄と組み合うのかという問題を考慮して、豎矧板鋌留衝角付胄と三角板革綴衝角付胄のいずれでも設置可能となるように安定台を制作した。

② 三角板革綴襟付短甲

三角板革綴襟付短甲は、出土時は特に後胴において複数の鉄板が錆着した状態であったが、ほぼ個々の鉄板に分離することができた。襟付短甲については、①形態的特徴上、重心が上部にあるため、組み上げをおこなうには、前述の長方板革綴短甲のように鉄板同士の結合を樹脂でピンポイント的に補填するだけでは非常に不安定となる。そのため、安全に組み上げるには、鉄板の重なりのかかなり多くの部分に樹脂を充填する必要があること、②そうすると、内面の綴革の多くが樹脂で覆われてしまい観察できなくなってしまうこと、などから組み上げによる復元をおこなわず、鉄板一枚ずつを平面的に展開することとした。ただし、襟付短甲の特異な形態を可能な限り表現し、本来の形状を想像し易くするため、立体感を持たせた安定台を作成してこれに設置した。

③ 三角板革綴衝角付胄・一枚板鋌、豎矧板鋌留衝角付胄・三段鋌

三角板革綴衝角付胄は、個々の鉄板ごとに復元をおこない組み上げていった。なお、腰巻板の一部が鋌内面に錆着し分離できない状態であったため、この部分は樹脂で作製した。三角板革綴衝角付胄とこれに伴う一枚板鋌は、それぞれを組み上げて復元した後、安定台によって組み合わせた。

豎矧板鋌留衝角付胄は、崩壊が著しく欠損部分も多かったため、樹脂を用いて欠損部を補いながら組み上げた。外面の一部には布（絹）の付着が、内面には鹿革の付着が認められた。内面の鹿革は、頭頂部内面を中心に広範囲に残存しており、これを残してクリーニングをおこなったため、内面での鉄板の重なりなどは観察し難い状態である。三段鋌は、1枚ずつ個別に仕上げ安定台で胄と組み合わせた。

なお前述したように、安定台上での長方板革綴短甲との組み合わせは、三角板革綴衝角付胄と豎矧板鋌留衝角付胄のいずれの場合でも可能となるように台を作製した。

(2) 安定台の作製 (第4図)

安定台は遺物の設置面を付加タイプシリコンで制作する。付加タイプシリコンは当初液体で、硬化剤を混入することにより接した形状に沿った硬化物となる材料である。硬化物は柔軟性があるためクッション性、滑り止め効果があり、また物質として科学的に長期安定している。付加タイプシリコンは台の材料として理想的なのだが、直接遺物表面に流し込んだ場合、細かな隙間にまで進入して遺物の取り外しが困難になるおそれがある。そのため、遺物から何らかの方法で型を取り、一旦原型を作ってから「台」として必要十分な形状をよく考察して付加タイプシリコンで台を制作するという方法を用

いる。台は形状が遺物に沿っているだけでなく、遺物を十分に支持するため必要な遺物下端部を受ける出っ張り部分やアーム状の固定部品を設ける必要があり、また肩甲等がある場合は設置後の位置調整のため、台に可動構造を設ける必要もある。

さて、本墳出土甲冑類の安定台は、立体型（長方板革綴短甲、肩甲、頸甲、三角板革綴衝角付冑、堅矧板鋌留衝角付冑）と展開型（三角板革綴襟付短甲）を制作したが、その工程は以下の通りである。

① 立体型（長方板革綴短甲、肩甲、頸甲、三角板革綴衝角付冑、堅矧板鋌留衝角付冑）

① 型取り

遺物表面を薄い錫箔で被覆し、型取り用として使用しているシリコーン（モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ製 TSE350RTV）を塗布、硬化させる。

硬化後、石膏でバックアップ型を作成し、遺物から安全に脱型して雌型が完成する。

② 原型の完成

雌型からエポキシ樹脂で原型を制作する。甲冑の内面だけのレプリカを制作しているような状態となる。エポキシ樹脂パテなどを使用して遺物の下端部を支持するための出っ張りを設け、遺物の部品ごとに原型を制作する。

③ シリコーンシートの成型

付加タイプシリコーン（モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ製 TSE3450RTV）を使用し、灰色のシリコーン用着色剤と増粘材のアエロジュール（シリカ粉末）を混練して、十分に攪拌を行う。硬化剤を配合してから減圧脱泡して原型に塗り込み、シート状に成形する。

④ バックアップの成型

シリコーンシート裏面のバックアップ材を、造形用エポキシ樹脂にガラス繊維を併用したエポキシFRPで作成する。裏面や端部の仕上げ等を行い、各部品それぞれに対応した複数の小型の安定台となる。

⑤ 本体基部の制作

資料観察の際に便利のように、基部に回転台を外から見えない形で設置する。基部に回転台を内蔵する構造のベース部分をエポキシFRPとベークライト樹脂積層板を用いて制作する。回転台はボールベアリングの入ったものを使用した。

⑥ 前胴・後胴の位置決め

回転台の入ったベース部分を基盤にして前胴・後胴の配置を決める。前胴はベースから取り外しての展示も可能なように分割式とする。

⑦ 肩甲・頸甲・冑の位置決め

高い位置を占める肩甲・頸甲・冑を安全に支持するため、ベース中央から柱を立ち上げ、それに横方向のフレームを組み合わせる。横フレームからはそれぞれ肩甲・頸甲の台を支持するためのアームを立ち上げる。中央柱は若干の位置調整が可能。頸甲の引合板の台は、上下にシリコーンの突起を設けて弾力でクリップすることで遺物を固定し、頸甲と一体になる位置に固定。冑部分は差し込み式の構造とし、展示状況により、異なる2種類の冑を選択可能な構造とする。

⑧ 仕上げ・完成

位置決めを終えてから、裏面・端部が平滑な面となるよう仕上げを行い、シリコーン部分を除く樹脂

製の部分をシリコンシートと同系色の灰色に塗装し、安定台が完成した。

② 展開型（三角板革綴襟付短甲）

① 簡易型取り

遺物表面をビニールシートで被覆し、エポキシワーカーブルレジンを盛り付けて、遺物のパーツごとに荒い型を取る。硬化後、遺物から安全に脱型して雌型が完成する。

② 位置決め・原型製作

遺物の展示状況（見せ方）を考慮・確認しながら、パーツ状の雌型同士を作業台上で位置出しして組み上げ、原型とする。展示の際に遺物の下端にあたる箇所には、エポキシ樹脂パテなどを使用して支持を補助するための出っ張りを設けた原型を制作する。

③ 原型の型取り

エポキシ樹脂製の原型を安定台用のシリコンに置き換えるため、付加タイプシリコン（モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ製 TSE3450RTV）で原型の型を取る。シリコンゴムが硬化後・原型から外してゴム型が完成する。

④ シリコンシートの成型

付加タイプシリコン（モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ製 TSE3450RTV）を使用し、灰色のシリコン用着色剤と増粘材のアエロジュール（シリカ粉末）を混練して、十分に攪拌を行う。硬化剤を配合してから減圧脱泡してゴム型に塗り込み、シート状に成形する。

⑤ バックアップの成型

シリコンシート裏面のバックアップ材を、造形用エポキシ樹脂にガラス繊維を併用したエポキシFRPで作成する。硬化後に裏面や端部の仕上げ等を行い、安定台部分とする。

⑥ 本体基部の制作

遺物の重量や台自体の反り等を考慮し、安定台のベース部分を硬質アルミ板で制作する。後胴、前胴はそれぞれ分割展示が可能なように、別々のベースとする。また、展示の際に観察が容易なように台を傾けて設置するための傾斜台も別に製作する。

⑦ 位置決め

ベース部分に安定台部分を位置決めして合体する。ベース部分から柱を立ち上げ、その上に安定台部分を組み合わせる構造とする。

⑧ 仕上げ・完成

位置決めを終えてから、仕上げを行い、シリコン部分を除く樹脂製の部分をシリコンシートと同系色の灰色に塗装し、安定台が完成した。

(1) 田中晋作 2001『百舌鳥・古市古墳群の研究』学生社



1. 処理前調査



2. クリーニング



3. 脱塩



4. 樹脂含浸



5. 樹脂塗布



6. 復元



7. 彩色



8. 保管箱作製

第1図 金属製品の保存処理工程



第2図 鏡および刀剣類の保管箱



西区画西部Ⅳ群 (253)



西区画西部Ⅴ群 (276)



西区画西部Ⅴ群 (285)



西区画西部Ⅴ群 (288)

第3図 鉄鏃に付着した布状の付着物



1. 復元



2. 短甲の型取り



3. 冑の型取り



4. 三角板革綴襟付短甲の安定台の調整



5. 長方板革綴短甲の位置決め



6. 三角板革綴襟付短甲・頸甲・肩甲の位置決め



7. 冑と鑢の位置決め



8. 長方板革綴短甲・肩甲・頸甲・冑の位置決め

第4図 甲冑の安定台作製



1. 長方板革綴短甲と豎矧板鋌留衝角付胄



2. 長方板革綴短甲と三角板革綴衝角付胄



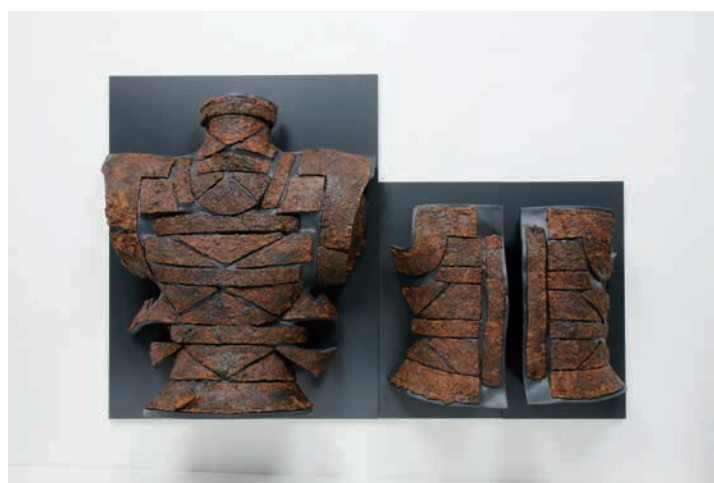
3. 豎矧板鋌留衝角付胄



4. 三角板革綴衝角付胄



5. 三角板革綴襟付短甲



第5図 甲冑の安定台

第2節 茶すり山古墳出土漆製品（盾・刀剣装具・草摺・豎櫛）の 保存処理

(財)元興寺文化財研究所 山田哲也

1. はじめに

盗掘・攪乱をまぬがれた茶すり山古墳の主体部から漆塗盾などの漆膜が良好な状況で検出することができ、平面的な副葬品の配置のみならず、立体的な配置も確認することができた。この詳細な紋様が遺存していた盾や刀剣装具などは、面相筆を用いて精密な検出・記録保存を行った後、遺構を極力壊さないようにするために、漆膜表面にアクリル樹脂（パラロイドNAD10・30%ナフサ溶液：Rohm&Hass社）を塗布し、ガーゼを貼り付けて分割して剥ぎ取る方法で取上げられた。このような方法で漆膜だけが綺麗に剥ぎ取られたものと漆膜の下の土ごと剥ぎ取られたものがあり、検出時の裏面を上を向いた状態で保管されていた。また、一部の遺存状態の良好な刀剣装具・盾の破片・草摺や豎櫛については、ガーゼに貼り付けたりせずに単独で取上げられていた。

取上げられた漆製品（盾・刀剣装具・草摺・豎櫛）は約250点を数え、平成17年度から平成21年度の5ヵ年に亘り保存処理をおこなった。漆製品は、出土後2年半ほど経過していた平成17年半ばから保存処理に着手したため、ガーゼを貼り付けて剥ぎ取られた漆膜と同様に、付着している土や泥も完全に乾燥し固まってしまっているものがほとんどであった。なかには、タッパウエア内に湿った状態が保たれていた盾の破片や豎櫛もあった。

これらの漆製品の保存処理は、現在、上を向いている裏面側の漆膜面に付着している土や石などを取り除いてクリーニングを行い、裏面側の漆膜を検出しその情報を記録保存する。次に、漆膜等を樹脂塗布により強化し、展示保管を可能にすることを主たる目的として保存処理に着手した。盾については剥ぎ取られた裏面情報の記録保存ののち、盾の裏面の情報量に応じて最終的な展示保管する面を決定し、細分割され取り上げられた盾を再度、一体の形状に接合し元の形に復することとした。刀剣装具については、刀剣本体の保管面に対応させて展示保管することとした。以上の方針を立てて、下記の作業手順に従い保存処理をおこなった。

2. 保存処理工程

① 保存処理前の調査・記録

発掘現場から取り上げられた漆製品（盾・刀剣装具・草摺・豎櫛）の劣化状態などの現状を確認の上、写真撮影をおこない保存処理前の記録を作成した。また、裏面に厚手の土が付着して漆膜の状況の把握できない盾については、表面の写真や実測図を原寸大に裏焼きして、裏面のクリーニングをおこなう上で表面の漆膜の位置関係を把握するための資料を作成した。

② 裏面側のクリーニング

発掘現場にて漆製品の検出面にアクリル樹脂（パラロイドNAD10・30%ナフサ溶液）を塗布し、ガーゼを貼り付けて剥ぎ取りされた漆製品（盾・刀剣装具・草摺等）に付着している土や小石等を

メスやピンセットや竹串などを用いて丁寧に除去し、裏面の漆膜の検出作業を行った（1次クリーニング）。

また、厚手の土とともに剥ぎ取られた盾については、温水や蒸気発生装置による蒸気を利用して、大きな塊の土をやわらかくしてから、メスや竹串などを用いて土を崩すようにしながら慎重に除去し、漆膜を検出した。

その後、漆膜の細部について蒸気発生装置の蒸気と筆を用いて、漆膜や木質部に付着している細かな砂や泥の除去を行った（2次クリーニング）。

盾については、裏面の土をクリーニングして、きれいに除去した時点で、盾以外に盾の下にあった刀剣装具・弓・槍鋒装具・長柄・矢柄等の多くの裏面情報が得られることが判明したので、出土時の裏面側を展示面にするとした。

③ 裏面側の樹脂による強化

特に盾の破片や刀剣装具等の裏面に付着している土などの除去により表出された脆弱な漆膜端部の隙間に兎膠（GLUE PG509：ホルベイン工業株式会社）を差し込み漆膜の保護を行った。また、漆膜の表面や木質部を強化するためにアクリル樹脂（パラロイドB72・4～7%アセトン溶液：Rohm&Hass社）の塗布を数回繰り返し漆膜表面の強化を図った。

④ 裏面側の保護材の取り付け

裏面をクリーニングすることによって表出した盾の破片や刀剣装具等の漆膜を実験用ワイパー（キムワイプ ワイパーS-200：日本製紙クレシア株式会社）と兎膠 10%水溶液を用いて裏打ちを行った。また、漆膜の状態に応じてガーゼとアクリル樹脂（パラロイドB72・13%アセトン溶液）を用いて裏打ちを行い、本来の表面を表出できるように保護材を取り付けた。

⑤ 表面側のクリーニング

実験用ワイパー（キムワイプ）やガーゼによる保護材を取り付けた漆膜を反転した上で、取上げ時に発掘現場で貼り付けられたガーゼを溶剤（アセトン）や蒸気発生装置の蒸気を利用して漆膜表面から取り外した。

漆膜表面に付着している土や小石等をメスや竹串などを用いて丁寧に除去し、表面の漆膜の検出作業を行った（1次クリーニング）。その後、蒸気発生装置と筆等を用いて、漆膜や木質部に付着している細かな砂や泥の除去を行った（2次クリーニング）。

⑥ 表面側の樹脂による強化

クリーニングして表出した漆膜の表面や木質部を強化するためにアクリル樹脂（パラロイドB72 4～7%アセトン溶液）の塗布を数回行った。

⑦ 樹脂強化

湿った状態で保管されていた堅櫛や盾の破片については、水性アクリル樹脂（水性アクリルクリアーN・10%アルコール溶液：ケミテック株式会社）に浸漬したのちに、溶液内から取り出し室温で自然乾燥させた。その後、漆膜の表面を強化するためにアクリル樹脂（パラロイドB72・4～7%アセトン溶液）の塗布を数回行った。

⑧ 接合・復元

発掘現場で切断して取上げられたガーゼの余分な部分を切り落とし、分割された盾などの破片の位置関係を検討した上で、ガーゼの皺を蒸気でのぼし、切断部同士の位置関係を整えて、本来の形

状に復するように薄手の和紙（典具帖紙）をアクリル樹脂（パラロイドB72・15%エタノール溶液）にヒドロキシ・プロピル・セルロース（HPCエタノール溶液）を混合した溶液で裏打ちしながら張り合わせた。また、切断部の形状が大きく崩れてしまっている部分については、和紙に周囲と違和感のないようにアクリル絵具を用いて着色した。

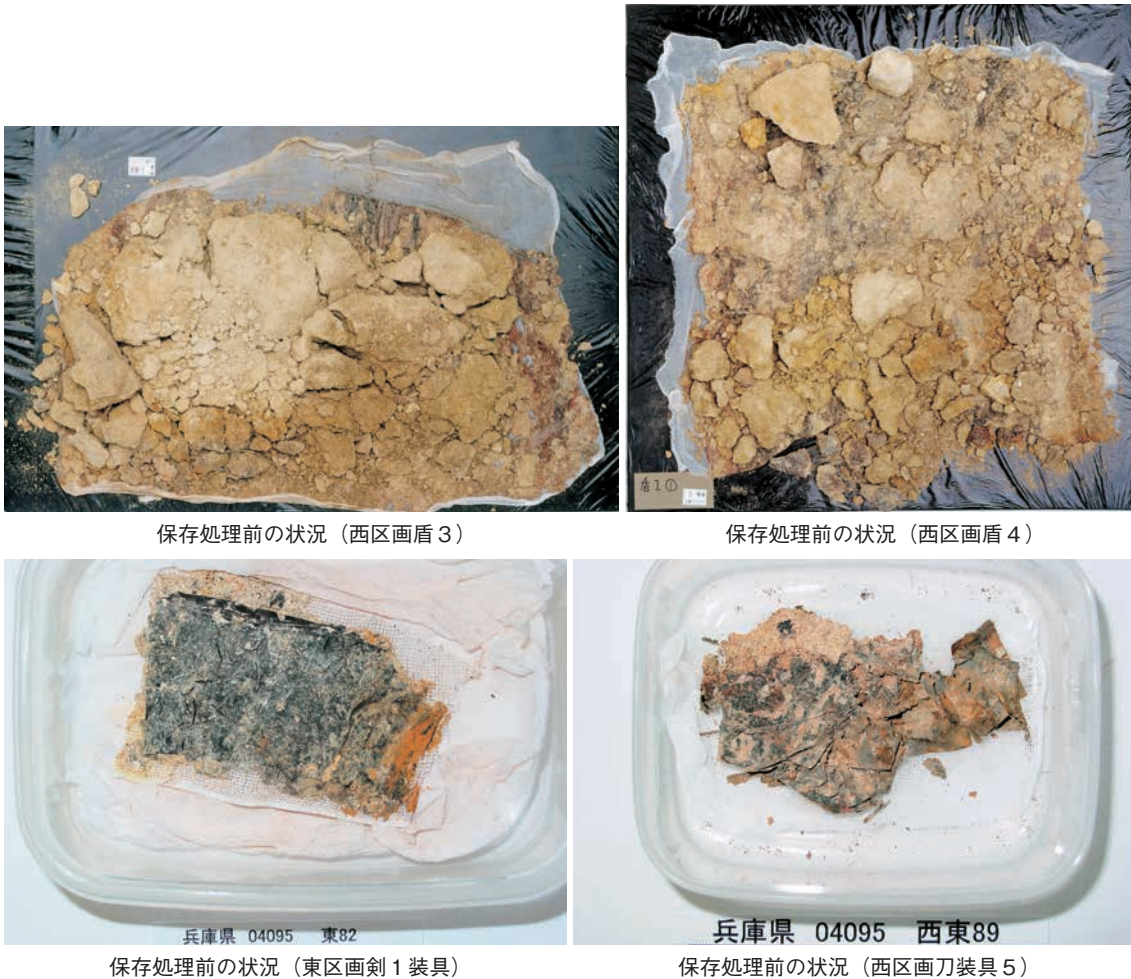
⑨ 支持台の作製

盾については、今後の保管管理を考慮し、木枠に合板を張り合わせ鬼目ナットを埋め込んだ支持台を作製した。支持台の上に裏打ちを行って強化した盾を置き、その上からアクリル板を被せて専用の支持台とした。

一部の刀剣装具の漆膜については、漆膜の形状に合わせて切り抜いたシリコンスポンジシート内に落とし込み、専用の支持台とした。

⑩ 保存処理後の調査・記録

保存処理を終了した漆製品（盾・刀剣装具・草摺・豎櫛）を点検確認のうえ、写真撮影を行い、保存処理記録を作成した。



第6図 保存処理前の状況



裏面の1次クリーニング (西区画盾5)



裏面の1次クリーニング



蒸気発生装置



蒸気発生装置による1次クリーニング



裏面の検出状況 (西区画盾3)



蒸気発生装置による2次クリーニング



裏面の樹脂塗布による強化



裏面の樹脂塗布による強化

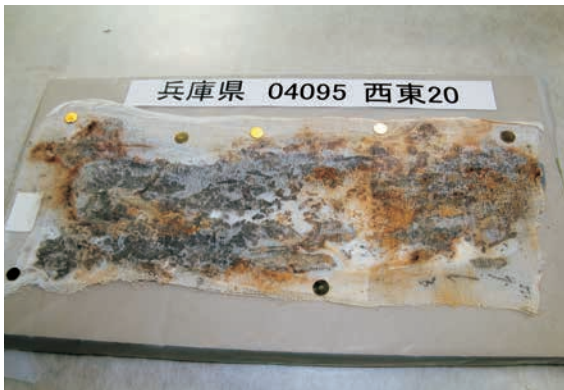
第7図 漆製品の保存処理 (1)



保護材の取り付け（刀装具）



保護材の取り付け（盾）



保護材の取り付け（盾）



表面のガーゼの除去（盾）



表面のガーゼの除去（刀装具）



表面のガーゼの除去（盾）



表面の樹脂塗布による強化



表面の樹脂塗布による強化

第8図 漆製品の保存処理（2）



弓の位置合わせ



余分なガーゼの切断



余分なガーゼの切断



和紙による裏打ち



西区画盾1・2・3の位置合わせ



西区画盾4の位置合わせ



西区画盾1・2・3



西区画盾4

第9図 漆製品の保存処理(3)

第3節 第1主体部の3次元デジタルアーカイブと

縮小デジタルレプリカ製作

(財)元興寺文化財研究所 塚本敏夫

1. はじめに

考古学の研究は遺跡とそこから出土した遺物の型式学的研究が基礎となっている。したがって、遺跡、遺物の持っている情報を最大限に引きだし、その資料的価値を残すことが重要である。特に、遺跡情報は破壊を前提とした記録保存である場合が多い、しかし、膨大な発掘量を抱え、十分な情報を記録する時間を取れないのが現状である。特に、発掘作業において遺物の出土状況の記録を正確にしかも迅速に記録することは遺物の保存の立場からも重要である。そこで、近年発掘作業の新しい記録方法としてレーザ計測による3次元デジタルアーカイブが注目されている(塚本2002)。

茶すり山古墳第1主体部では豊富な副葬品が出土し、盾や刀剣類の漆などの有機質情報が良く残っていたため、従来の型取りによるレプリカ法による立体記録ではその情報を損ねる危険性があった。そこで兵庫県教育委員会の依頼で、将来のレプリカ製作の基礎データを得る目的で、遺物のデジタルレプリカで既にも実績のある非接触のレーザ計測による3次元デジタルアーカイブ技術を用いてデジタルデータを取得した。その後、朝来市教育委員会の依頼で2006年にオープンした朝来市埋蔵文化財センター「古代あさご館」の展示資料として、日本で初めての副葬品出土状況の1/6の縮小デジタルレプリカを製作することとなった(塚本2006)。ここでは、日本で最初に本格的な遺構のレーザ3次元計測を行い、その3次元データを基に副葬品出土状況の1/6の縮小デジタルレプリカを製作した画期的な試みについて報告する。

2. 茶すり山古墳第1主体部の概要

茶すり山古墳は兵庫県朝来市に所在し、標高約144mの尾根の先端に位置する直径約90mの近畿地方最大の円墳である。墳丘は2段築成で、外表施設として葺石や埴輪がみられる。墳頂部には二つの埋葬施設があり、第1主体部は東西約13.6m、南北約10.1mで、その中央に長さ約8.5m、幅約1mの組み合わせ式箱形木棺が安置されていたと想定されている。

木棺内からは銅鏡3面をはじめ、甲冑類、多量の刀剣類・鉄鏃、盾、玉類、鉄製工具類や刀剣装飾具の漆膜など、1,750点もの多量の副葬品が埋納された当時の配置のまま、密集して出土した(写真1)。



写真1 第1主体部の遺物出土状況

3. 第1主体部の3次元計測

(1) 3次元計測装置

茶すり山古墳の第1主体部の3次元計測には計測スピードが速く、計測精度が良い非接触のレーザースキャン方式であるミノルタ（現コニカミノルタ）製VIVID900を選定した。

VIVID900の特徴は1視点からの1ショットの計測で約2.5秒と計測スピードが速く、データ量としては640×480点の3次元データとカラー画像データの取得が可能である。また、計測範囲・精度の変更はレンズ交換で行うことができ、計測精度は最小分解能で約0.2mmと高精細である。

(2) 計測日程

茶すり山古墳の副葬品埋納状況の3次元計測を2002年9月24日、9月26日の2日にわたり現地で実施した。9月24日は現地での電源状態が良好ではなく、取得したデータに欠陥が多数見られた。そのため1日これらの対策を検討した後、26日に本格的な計測を実施した。

(3) 計測方法

計測に際しては、死角の少ない真上から計測を行った。その際、遺物の安全を確保できるよう専用の計測治具を作製した（写真2）。

真上からの計測はWIDEレンズを使用して約1mの距離から50cm×50cm程度の領域を幅方向に2ショット、長さ方向に30ショット、計60ショットの測定で全エリアの概略形状をカバーした。

また、上部からの計測だけでは死角の生じやすい、鉄製甲冑の埋納部分については斜め方向から5ショットの計測を実施した（写真3）。

さらに詳細なデータがあった方が望ましいと判断された銅鏡、勾玉、ガラス小玉などが埋納されていた個所についてはWIDEレンズの4倍のデータが取得可能なTELEレンズにより7ショットの計測を行った。



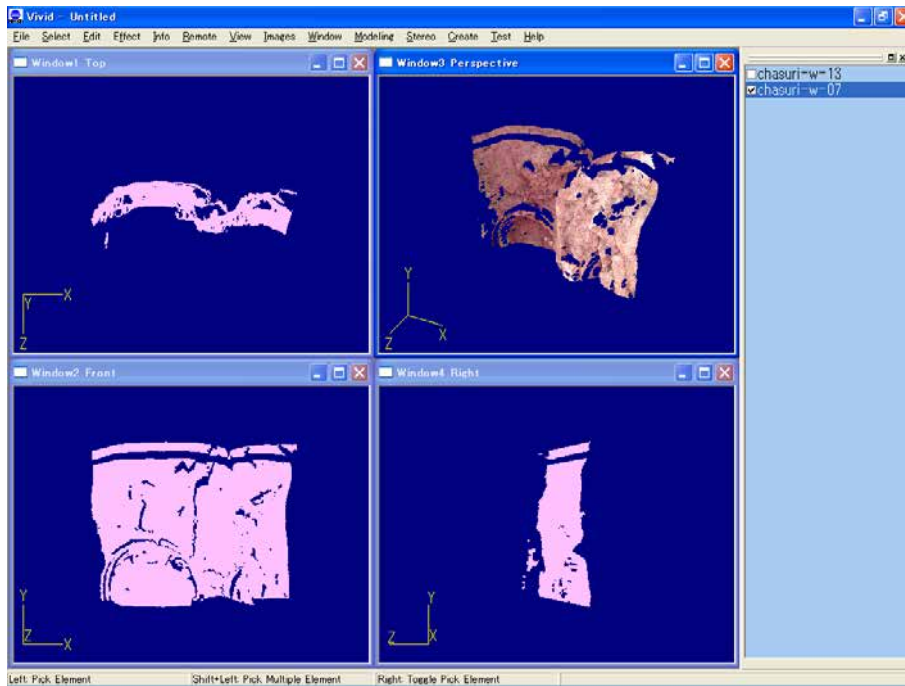
写真2 3次元計測（専用の計測治具による）



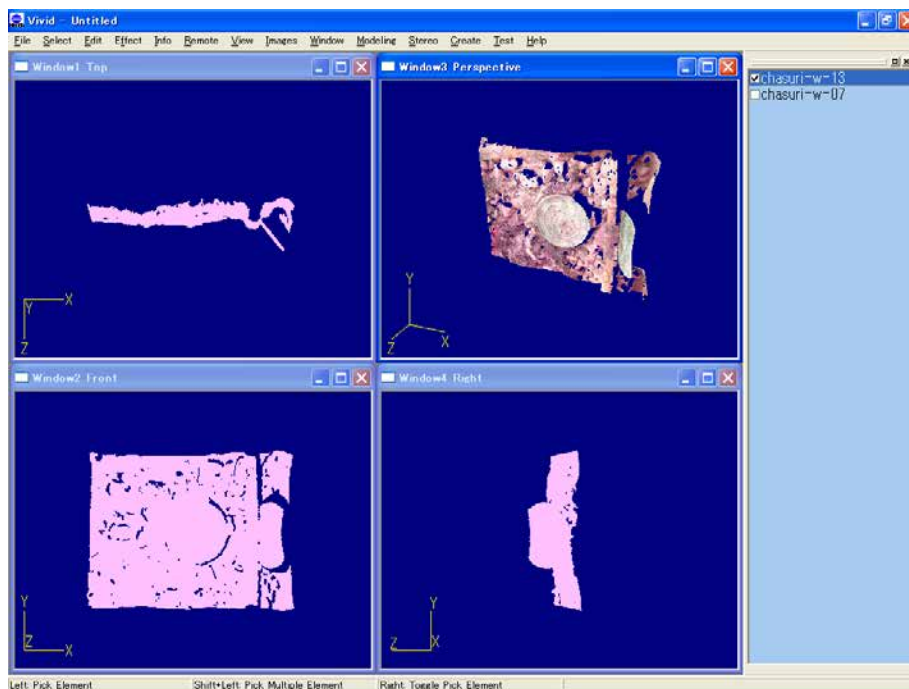
写真3 3次元計測（斜め方向からの計測）

(4) 3次元データの編集

VIVID900で得た3次元データを専用のポリゴン編集ソフトPET（ポリゴン・エディット・ツール）でデータを確認してブロック毎に合成した。PETでの表示例を第10・11図に示す。第10図は甲冑の出土状況、第11図は銅鏡の出土状況の1ショットの描画例である。3面図とカラーデータをテクスチャマッピングした斜視図を示している。形状、カラーテクスチャともに良好に記録されていることがわかる。



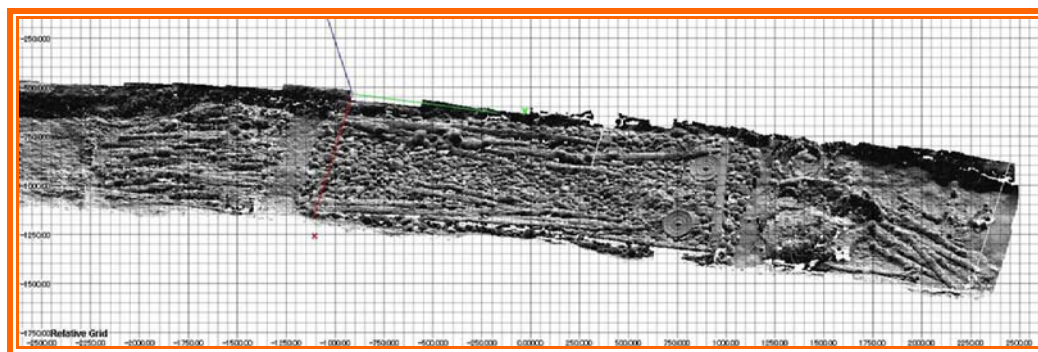
第10図 甲冑出土状況の計測結果



第11図 銅鏡出土状況の計測結果

(5) 第1主体部の3次元データ合成

VIVID900で得た3次元データを3次元データ編集ソフト Poly Works Ver. 9 (InnovMETRIC Software Inc製)を使用し合成した。第12図にシェーディング表示の全体合成図を示す。



第12図 第1主体部の3次元データ (シェーディング表示)

4. 第1主体部のデジタルレプリカ製作

(1) 3次元データのSTLデータへの変換

3次元データ編集ソフト Poly Works Ver. 9 (InnovMETRIC Software Inc製)で、合成した3次元データをSTLデータに変換した。

(2) 3次元積層造形 (ラピッドプロトタイピング) 用3次元モデリング

STL用編集ソフトMagics (MATERIALISE社製)で1/6にスケールダウンして積層造形装置に渡せるようにデータをモデリングした。

(3) 1/6の縮小モデルの3次元積層造形 (ラピッドプロトタイピング)

縮小モデルの3次元積層造形には粉末焼結法によるSinterstation2000 (DTM社製)を使用した(写真4)。積層造形装置の仕様はワークサイズ: $\phi 305 \times 1380\text{mm}$ 、積層ピッチ: 0.1mm (標準)成形材料には韌性が大きく、粒子径 $40\mu\text{m}$ のナイロン系樹脂 (DTM社製のデュラフォーム)を使用した。

まず、テストピースで最も詳細な鏡の出土状況部分の造形を行い仕上がり具合をチェックした(写真5)。

縮小モデルはワークサイズの制約から9分割して成形した。



写真4 積層造形装置

(4) 仕上げ加工

積層造形の後、パーツ毎にバリや返りをサンドペーパーで仕上げ加工を行った（写真6）。

(5) 接合

出土状況のレベルに合わせて、9分割して積層造形したパーツを一体に接合した（写真7）。

(6) 古色仕上げ

最後に、出土時の写真を見本にアクリル絵具で古色仕上げをした（写真8）。



写真5 鏡出土状況部の造形テストピース



写真6 パーツの完成



写真7 パーツの接合作業



写真8 古色仕上げ

(7) 第1主体部の1/6縮小デジタルレプリカの完成

1/6縮小モデルのデジタルレプリカが完成した。細部に至るまでリアルに表現されている(写真9～11)。

この第1主体部の縮小デジタルレプリカは日本で初めての副葬品出土状況の縮小デジタルレプリカとして2006年にオープンした朝来市埋蔵文化財センター「古代あさご館」の展示資料として活用されている（写真12）。



写真9 第1主体部の縮小デジタルレプリカ完成



写真10 鏡・刀剣類の出土状況部分(詳細)



写真11 甲冑類の出土状況部分(詳細)

5. おわりに

今回、発掘調査時に大量の副葬品の出土状況を3次元計測による3次元デジタルデータを撮ることができ、その3次元デジタルデータを活用して、従来のレプリカ法ではできなかった副葬品出土状況の縮小デジタルレプリカを製作して展示資料として活用できたことは画期的なことであろう。

劣化・破壊されてしまう遺跡・遺構を含む考古資料は公開・活用を行えるように早急にデジタルアーカイブしていくべきであろう。

今回の事例が今後の埋蔵文化財調査法とその後の発掘データの利活用の指標の一つの方向性として示せたのではあるまいか。

なお、3次元計測に関して兵庫県立考古学博物館の井守徳男氏、岸本一宏氏に計測の機会をいただき、デジタルレプリカ製作に関して朝来市教育委員会の田畑基氏に製作の機会をいただいた。積層造形については京都府中小企業技術センターの田野俊昭氏にお世話になった。記して感謝いたします。



写真12 博物館での展示状況

参考文献

塚本敏夫 2002「屋外用レーザーレンジファインダによる遺跡のリアルタイム3Dデジタル計測」『元興寺文化財研究所研究報告2001』(財)元興寺文化財研究所 pp210-216

塚本敏夫、岸本一宏、田畑基 2006「茶すり山古墳第1埋葬主体部の3Dデジタルアーカイブと縮小デジタルレプリカ製作」『日本文化財科学会第23回大会要旨集』日本文化財科学会

第2章 樹種同定

第1節 金属製遺物に付着する有機物の樹種同定

(財) 元興寺文化財研究所 井上美知子

茶すり山古墳の中央区画・西区画・東区画から出土した刀15点・剣7点・鉾8点・槍2点、および棒状鉄製品1点を樹種同定の対象とした。部材として異なる可能性もあるため鞘木(表裏)・鞘口・鞘尻・柄木・柄縁・柄頭等に分けて同定を行った。

同定には、実体顕微鏡(株ライカMZ16)および走査型電子顕微鏡(以下、SEM)(株日立製作所S-3500N)を使用した。

1. 方法

微量の破片を採取し、鑑定に必要な木口面、柾目面、板目面の3方向を、徒手による破断またはメスやカミソリの刃で表出させた。実体顕微鏡で観察面の確認を行った後、SEMで組織の観察を行い、樹種を同定した。なお、画像が明瞭で、同定に必要な箇所が観察できる倍率で撮影を行ったため試料により顕微鏡写真の倍率は異なっている。

なお、試料が微量で錆化して脆く、面出しが困難なため、針葉樹の板目面、広葉樹の柾目面は観察を行うことが困難であり、写真を掲載しなかった。

樹種の同定方法は以下の通りである。

(1) 針葉樹

早材部から晩材部への移行を木口面で観察し、樹種に特有な放射組織の分野壁孔の型や数、螺旋肥厚の有無などを柾目面で観察した。

(2) 広葉樹

広葉樹は道管の分布から大きく3種類に分けられる。散孔材(一年輪を通じて道管がほぼ平等に分布するもの)、環孔材(直径の大きな道管が年輪界に沿って環状に配列する。道管の孔圏外に小道管があり、それらの大きさや配列に樹種の特徴が見られる)、放射孔材(道管が放射方向に並ぶもの)がある。まず、それらを木口面で見極めた後、放射組織の幅や型を板目面で確認後、それぞれの樹種の特徴を確認しながら同定を行った。

2. 結果

表1に樹種同定の結果を記載した。また、試料の採取箇所を写真1から31に示した。

また、試料のSEMおよび実体顕微鏡画像を写真32~64に示した。樹種名は、ほぼ確定できる場合は具体的に記載したが、樹種の同定が困難な場合は大きな分類から順に科・亜科・属・節・類等で記載した。

第1表 茶すり山古墳出土の刀・剣・鉾の樹種同定結果

	遺物番号	出土区域	部位	樹種
刀 15点	No1:刀1	中央区画	鞘身	ヒノキ
	No2:刀8	中央区画	鞘身A	ヒノキ
			鞘身B	ヒノキ
	No5:刀6	中央区画	鞘身	ひのき科
			柄縁	カエデ属
	No6:刀7	中央区画	鞘身	ヒノキ
			柄間	カエデ属
	No7:刀4	中央区画	鞘身A	ヒノキ
			鞘身B	ヒノキ
			鞘口	ヒノキ
			柄間	カエデ属
			柄縁	カエデ属
	No8:刀10	中央区画	鞘身A	ヒノキ
			鞘身B	ヒノキ
			鞘身C	ヒノキ
No9:刀5	中央区画	鞘身	ひのき科	
No10:刀2	中央区画	鞘身	ひのき科	
No25:刀1	西区画	鞘身	針葉樹	
		柄間	カエデ属	
No29:刀2	西区画	鞘身	ひのき科	
No32:刀20	西区画	鞘身	ヒノキ	
		柄間	カエデ属	
No33:刀18	西区画	鞘身	ヒノキ	
		柄間	カエデ属	
		柄頭	広葉樹	
No36:刀12	西区画	鞘身	ヒノキ	
No37:刀14	西区画	鞘身	ひのき科	
No39:刀6	西区画	鞘身	ひのき科	
剣 7点	No11:剣3	中央区画	鞘身	ひのき科
	No14:剣9	中央区画	鞘身	ヒノキ
			鞘尻	ヒノキ
			柄縁	カエデ属
	No15:剣8	中央区画	鞘身	ヒノキ
	No17:剣6	中央区画	鞘身	ひのき科
	No18:蛇行剣(剣1)	中央区画	鞘身	カエデ属
柄間			カエデ属	
No46:剣9	東区画	鞘身	広葉樹散孔材	
No48:剣4	東区画	鞘身A	ヒノキ	
		鞘身B	ヒノキ	
鉾 8点	No66:鉾19	西区画	鞘身	ひのき科
			柄間(袋部)	広葉樹
	No67:鉾14	西区画	鞘身	ヒノキ
			柄間(袋部)	コナラ亜科
	No68:鉾16	西区画	柄間	コナラ亜科
	No70:鉾11	西区画	柄間A	コナラ亜科
			柄間B	コナラ亜科
	No73:鉾2	西区画	鞘身	ヒノキ
袋部			コナラ亜科	
No74:鉾1・18	西区画	柄間	コナラ亜科	
No80:鉾9	西区画	鞘身	ヒノキ	
No81:鉾12	西区画	柄間	広葉樹	
槍2点	No52:槍5	西区画	鞘身	ひのき科
	No63:槍13	西区画	鞘身	ひのき科
その他	No72:針4・10	第2主体部	筒状部分	タケ類

* 樹種欄は明確に樹種を表記できる場合は樹種名、樹種の同定が困難な場合は大きな分類から順に科・亜科・属・節・類等で記載した。

それぞれの樹種の同定の根拠を以下に記載した。

(1) 針葉樹の樹種同定根拠と材の特徴

① 針葉樹

木口面を観察すると、細胞の多くが仮道管からなる。

柾目面の分野壁孔が確認できないため樹種の同定ができない。

② ひのき科

木口面を観察すると、早材から晩材への移行が不明または急である。

柾目面を観察すると、分野壁孔の型は不明瞭であるが基本的に一分野に通常2個見られることからヒノキまたはスギに限定した。

③ ヒノキ(ひのき科ヒノキ亜科ヒノキ属ヒノキ)

木口面を観察すると、早材から晩材への移行が緩やかである。

柾目面を観察すると、分野壁孔の形態はヒノキ型で一分野に通常2個見られるものが多い。

分布：本州（福島県以南の主として太平洋側）、四国、九州（屋久島まで）

樹形：常緑高木で直幹性。樹高30m、胸高直径1mに達する

用途：建築、彫刻、家具、器具、船、漆器 等

出土事例：建築材、木簡、祭祀具（斎串、形代）、下駄、箸、紡織具、刀剣鞘、容器（折敷、曲物、桶、底板）等

(2) 広葉樹の樹種同定根拠と材の特徴

① 広葉樹

観察面が小さいため散孔材、環孔材の区別ができない。また、樹種の特徴を把握できないため樹種の同定ができない。

② 広葉樹散孔材

木口面を観察すると、一年輪を通じて道管がほぼ平等に分布する。

板目面を観察すると放射組織が確認できない。

③ コナラ亜科(環孔材・ぶな科コナラ亜科)

木口面を観察すると、環孔材であることがわかる。

板目面を観察すると、放射組織は単列同性である。

広放射組織は存在すればクスギ節・コナラ節・アカガシ亜属が候補に上がるが、広放射組織が存在しなければクリ属・シイ属が候補にあがる。

④ カエデ属(散孔材・かえで科カエデ属)

木口面を観察すると、散孔材で道管は単独のものや2～3個放射方向に複合している。

板目面を観察すると、放射組織は1～3細胞幅で同性である。

カエデ属にはイタヤカエデ、ウリハダカエデ、ウリカエデ、イロハカエデ等がある。カエデ属の中でもイタヤカエデと思われる材が多いためその特徴を記載した。

*イタヤカエデ(散孔材・かえで科カエデ属イタヤカエデ)

木口面を観察すると、散孔材で道管は単独のものや2～3個放射方向に複合している。

板目面を観察すると、放射組織は1～6細胞幅で同性である。

材は、乾燥・加工普通、仕上げ良好で、木理直通、時に波状、はだ目精、しばしばピスフレックが認

められる。

分布：北海道・本州・四国・九州

樹形：落葉高木で樹高 15m、胸高直径 70cm に達する

用途：建築、家具、器具柄、ろくろ細工、彫刻 等

出土事例：刀剣把装具、大刀 等

(3) 竹材の樹種同定根拠

維管束鞘が繊維方向に長く伸びている。柔細胞組織が多い。また、木材に見られる放射組織が見られない。

3. 考察

武器別用材の特徴を以下に記載した。

(1) 刀

- ① 刀の鞘身 15 点のうち 8 点はヒノキ、6 点はひのき科、1 点は針葉樹
- ② 鞘口 1 点はヒノキ
- ③ 把間 9 点はすべてカエデ属
- ④ 把縁 2 点はすべてカエデ属
- ⑤ 把頭 1 点は広葉樹

以上のように、鞘には主にヒノキが多く用いられ、把にはカエデ属が多く用いられていることが判った。

(2) 剣

- ① 鞘身 7 点のうち 3 点はヒノキ、2 点はひのき科、1 点はカエデ属、1 点は広葉樹散孔材
- ② 鞘尻 1 点はヒノキ
- ③ 把間 1 点はカエデ属
- ④ 把縁 1 点はカエデ属

以上のように、鞘には主にヒノキが多く用いられていたが 7 点中 2 点は広葉樹散孔材であった。把にはカエデ属が多く用いられていることが判った。また、蛇行剣は鞘身、把間共にカエデ属が用いられていた。

(3) 鉾

- ① 鞘身 4 点のうち 3 点はヒノキ、1 点はひのき科
- ② 柄間 7 点はすべて広葉樹で、コナラ亜科(クヌギ節・コナラ節・アカガシ亜属・シイ属・クリ属)が 5 点

以上のように、鞘には主にヒノキが多く用いられ、柄には硬いコナラ亜科が多く用いられていることが判った。

(4) 槍

- ① 鞘身 2 点はひのき科

以上のように、鞘にはひのき科が用いられていることが判った。

(5) 針

タケ材であった。

4. 資料採取箇所



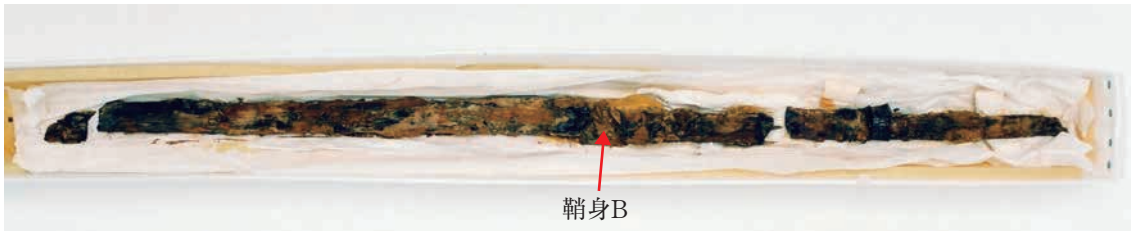
鞘身：取り上げ時の破片使用

写真13 No.1：中央区画刀1の試料採取箇所



鞘身A

写真14-1 No.2：中央区画刀8の試料採取箇所



鞘身B

写真14-2 No.2：中央区画刀8の試料採取箇所



鞘身

把縁

写真15 No.5：中央区画刀6の試料採取箇所



鞘身

把間

写真16 No.6：中央区画刀7の試料採取箇所



鞘身A

写真17-1 No.7：中央区画刀4の試料採取箇所



写真17-2 No.7 : 中央区画刀4の試料採取箇所

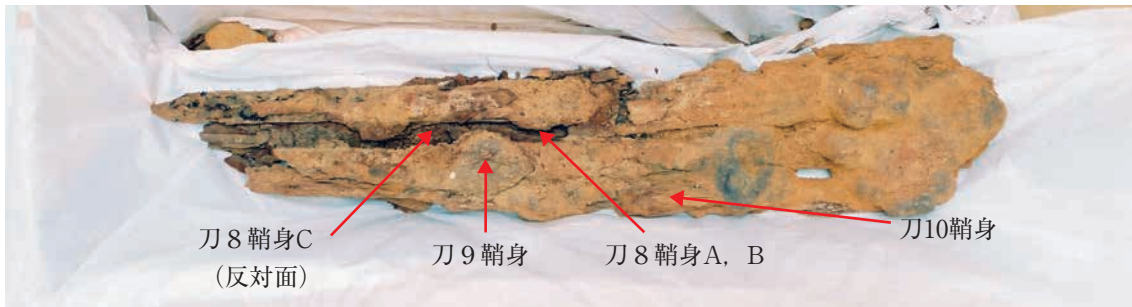


写真18 No.8 : 中央区画刀10・No.9 : 刀5・No.10 : 刀2の試料採取箇所



写真19 No.25 : 西区画刀1の試料採取箇所



写真20 No.29 : 西区画刀2の試料採取箇所



写真21 No.32 : 西区画刀20の試料採取箇所



写真22 No.33 : 西区画刀18の試料採取箇所



写真23 No.36：西区画刀12の試料採取箇所



写真24 No.37：西区画刀14の試料採取箇所



写真25 No.39：西区画刀6の試料採取箇所



写真26 No.11：中央区画剣3の試料採取箇所



写真27-1 No.14：中央区画剣9の試料採取箇所



写真27-2 No.14：中央区画剣9の試料採取箇所

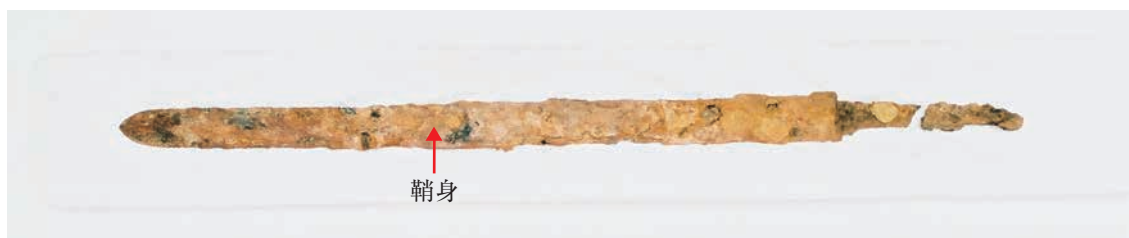


写真28 No.15：中央区画剣8の試料採取箇所



写真29 No.17：中央区画剣6の試料採取箇所



写真30 No.18：中央区画剣1（蛇行剣）の試料採取箇所



写真31 No.46：東区画剣9の試料採取箇所



写真32 No.48：東区画剣4の試料採取箇所



写真33 No.66：西区画鈍19の試料採取箇所



写真34 No.67：西区画鉾14の試料採取箇所



写真35 No.68：西区画鉾16の試料採取箇所



写真36 No.70：西区画鉾11の試料採取箇所

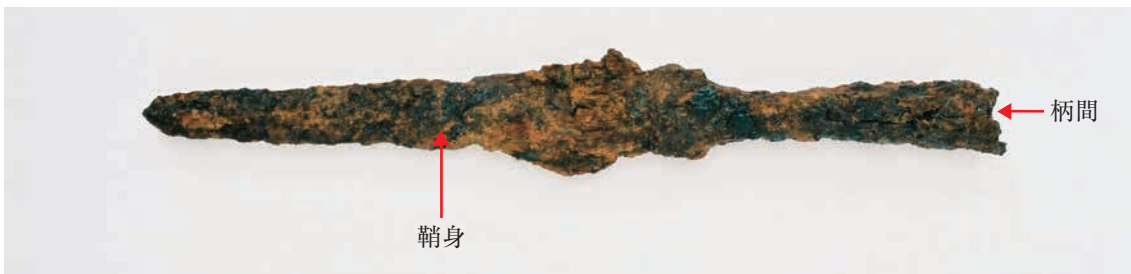


写真37 No.73：西区画鉾2の試料採取箇所



写真38 No.74：西区画鉾1・18の試料採取箇所



写真39 No.80：西区画銚9の試料採取箇所



写真40 No.81：西区画銚12の試料採取箇所



写真41 No.52：西区画槍5の試料採取箇所

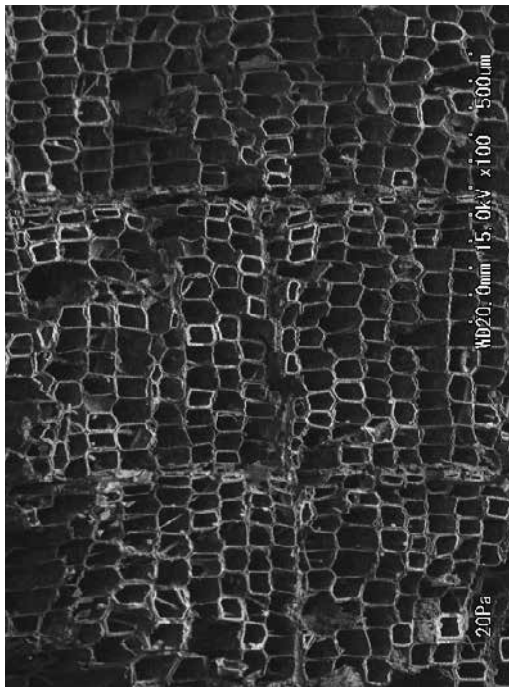


写真42 No.63：西区画槍13の試料採取箇所

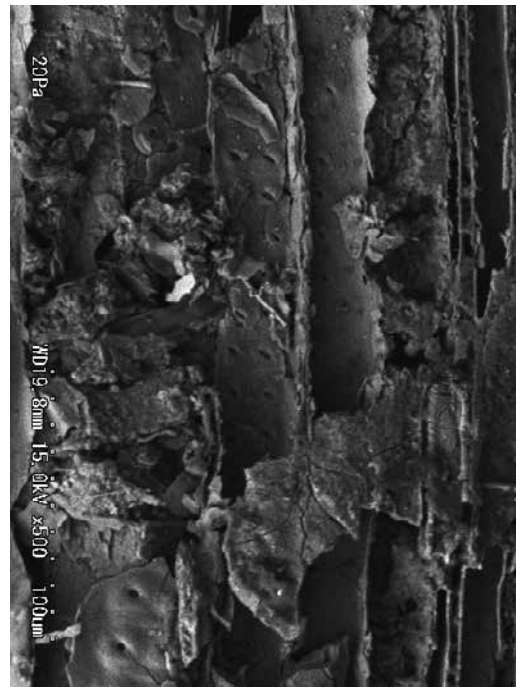


写真43 No.72：針4・10

5. 顕微鏡写真

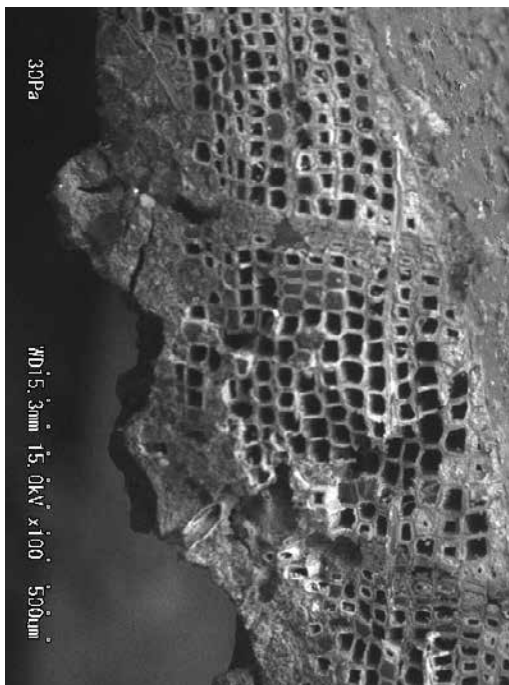


a. 木口面



b. 柁目面

写真44 No.1 : 中央区画刀1鞘身の木材組織 (ヒノキ)

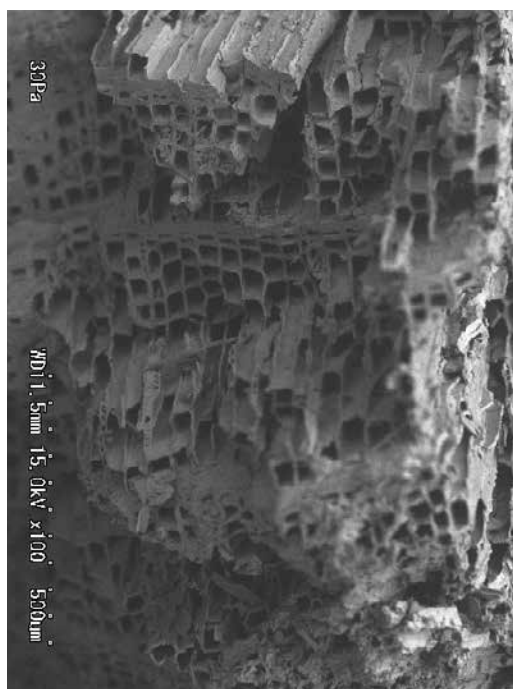


a. 木口面



b. 柁目面

写真45-1 No.2 : 中央区画刀8鞘身Aの木材組織 (ヒノキ)

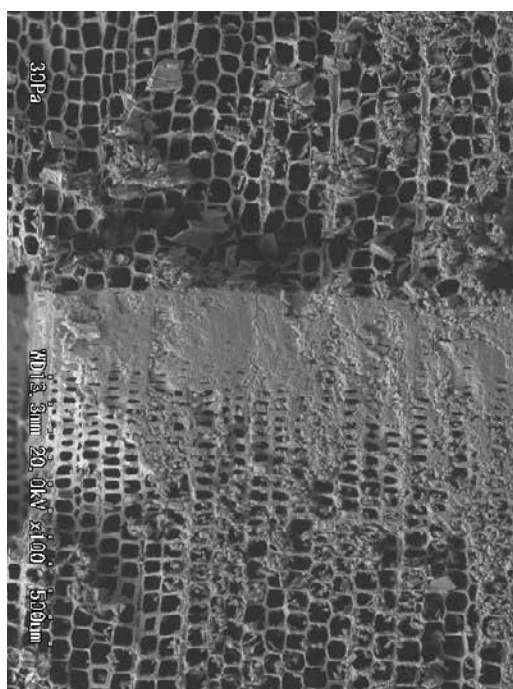


a. 木口面

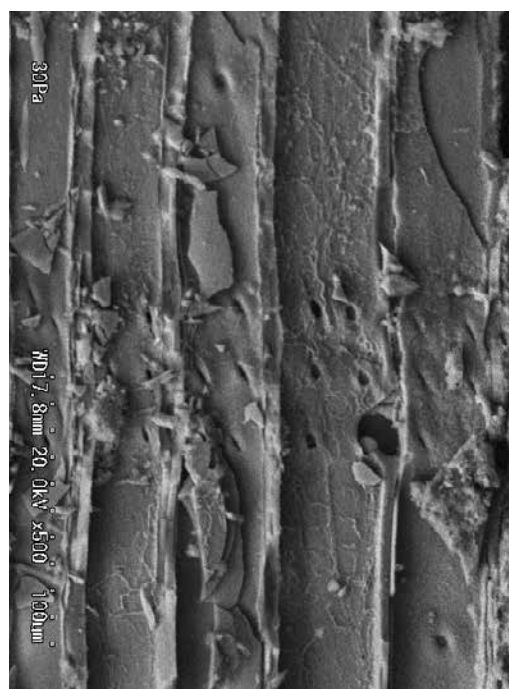


b. 柁目面

写真45-2 No.2 : 中央区画刀8鞘身Bの木材組織 (ヒノキ)

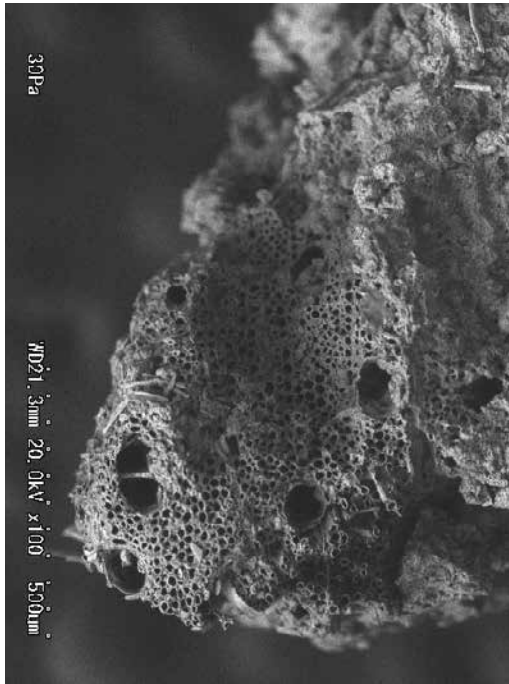


a. 木口面



b. 柁目面

写真46-1 No.5 : 中央区画刀6鞘身の木材組織 (ひのき科)

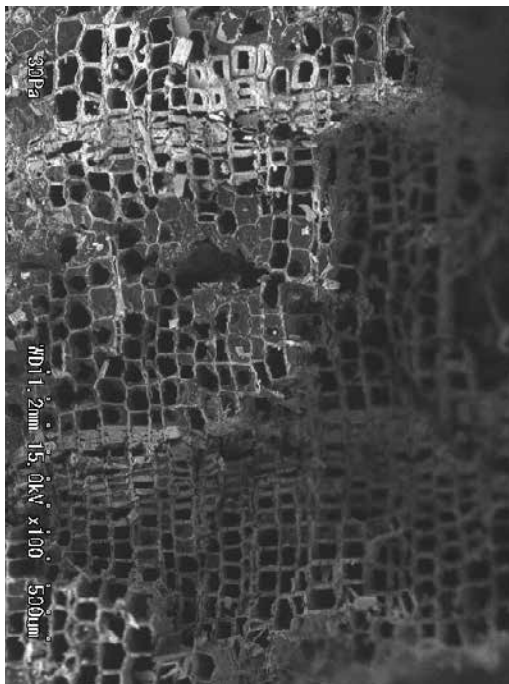


a. 木口面

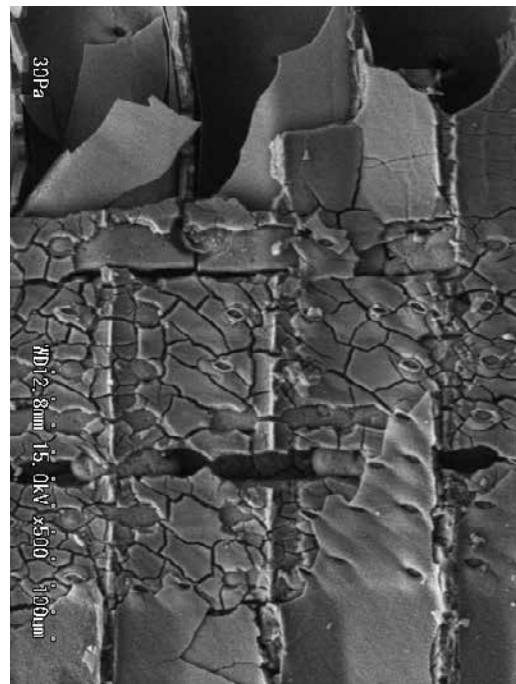


b. 柁目面

写真46-2 No.5 : 中央区画刀6把縁の木材組織 (カエデ属)

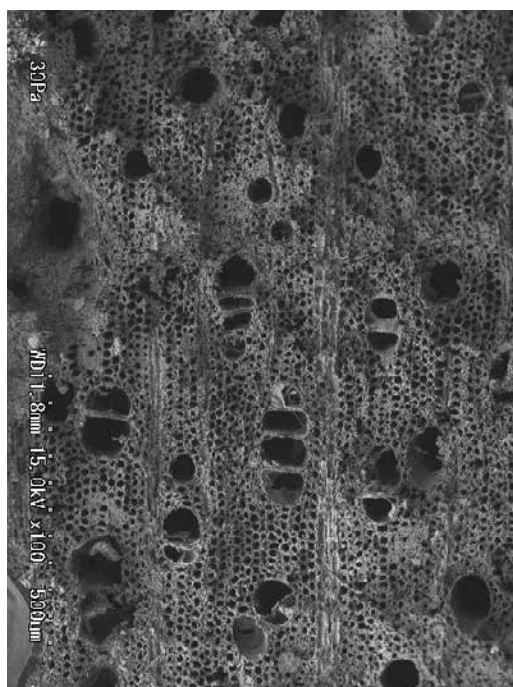


a. 木口面



b. 柁目面

写真47-1 No.6 : 中央区画刀7鞘身の木材組織 (ヒノキ)

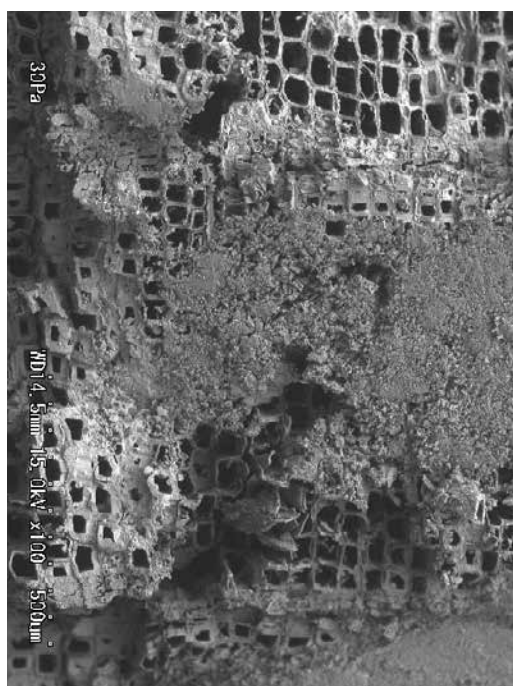


a. 木口面

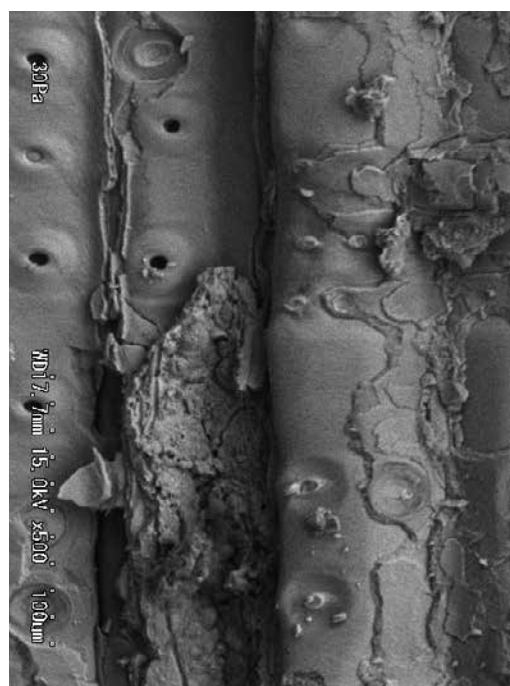


b. 柁目面

写真47-2 No.6 : 中央区画刀7把間の木材組織 (カエデ属)

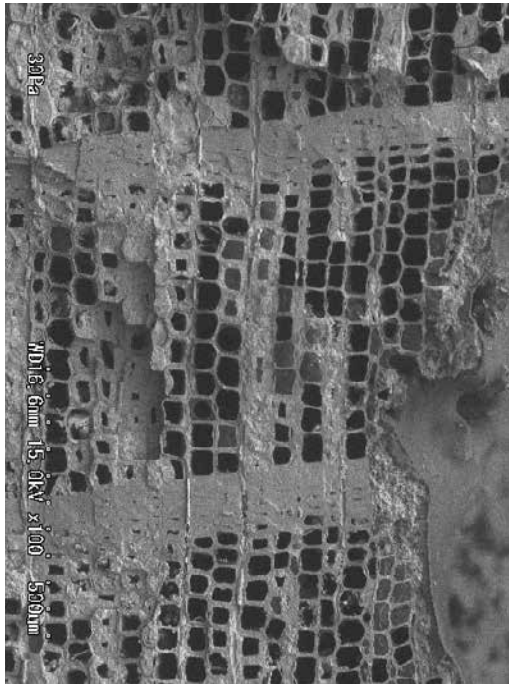


a. 木口面

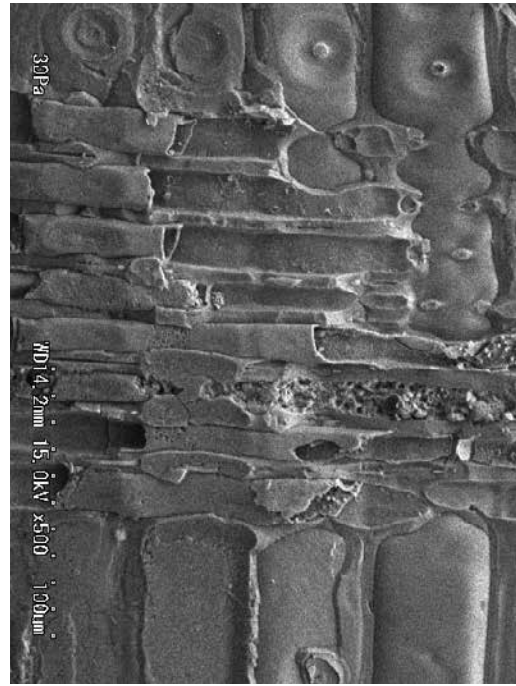


b. 柁目面

写真48-1 No.7 : 中央区画刀4鞘身Aの木材組織 (ヒノキ)

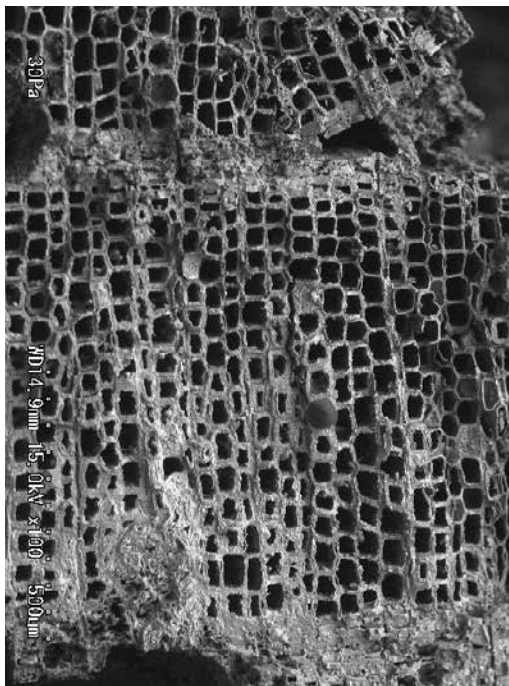


a. 木口面

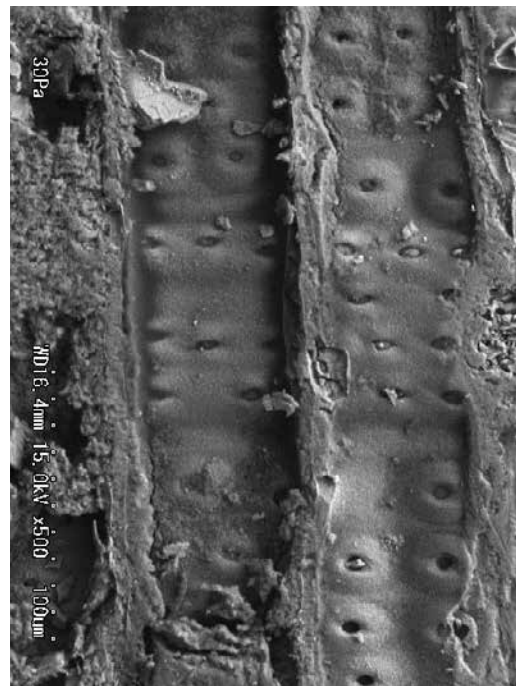


b. 柁目面

写真48-2 No.7 : 中央区画刀4 鞘身Bの木材組織 (ヒノキ)

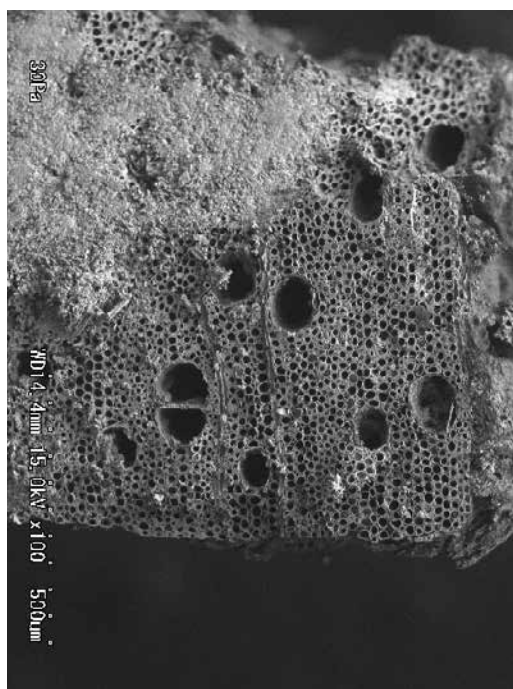


a. 木口面



b. 柁目面

写真48-3 No.7 : 中央区画刀4 鞘口の木材組織 (ヒノキ)

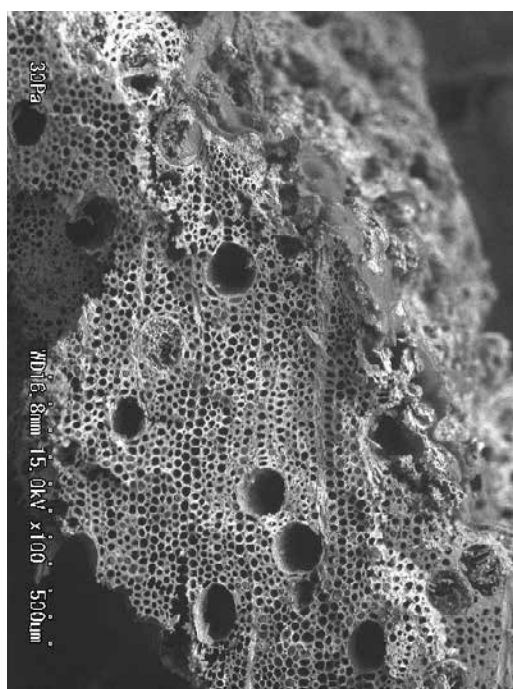


a. 木口面



b. 柁目面

写真48-4 No.7 : 中央区画刀4把間の木材組織 (カエデ属)

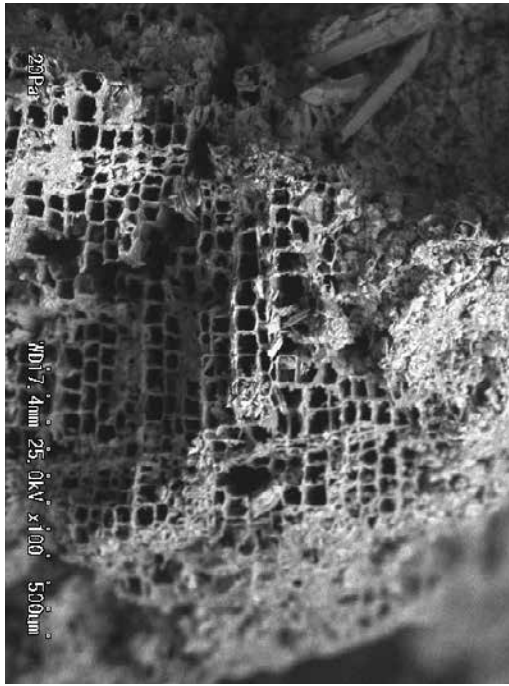


a. 木口面

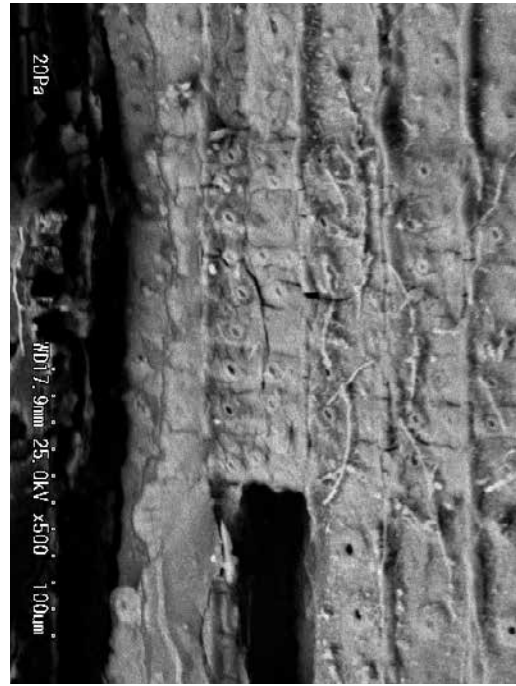


b. 柁目面

写真48-5 No.7 : 中央区画刀4把縁の木材組織 (カエデ属)

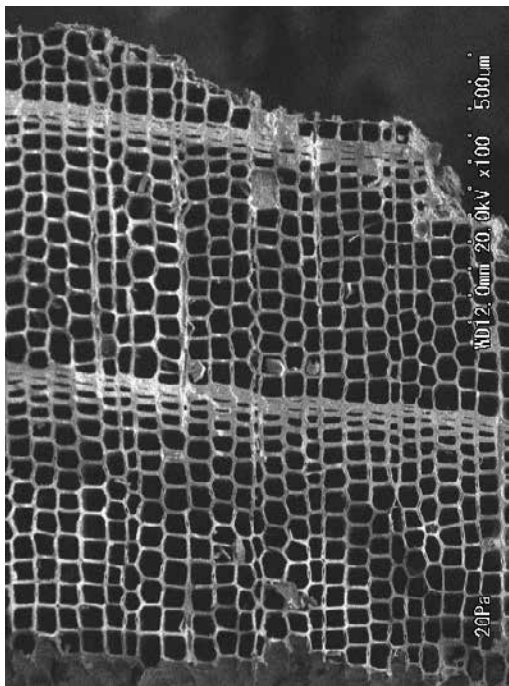


a. 木口面

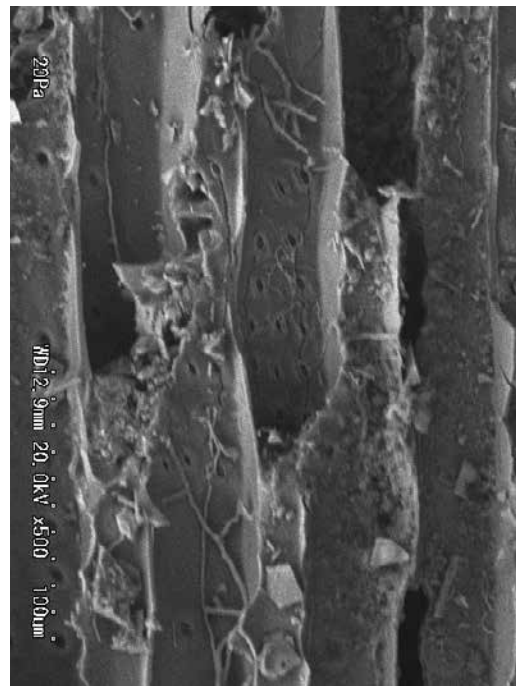


b. 柁目面

写真49-1 No.8 : 中央区画刀10鞘身Aの木材組織 (ヒノキ)

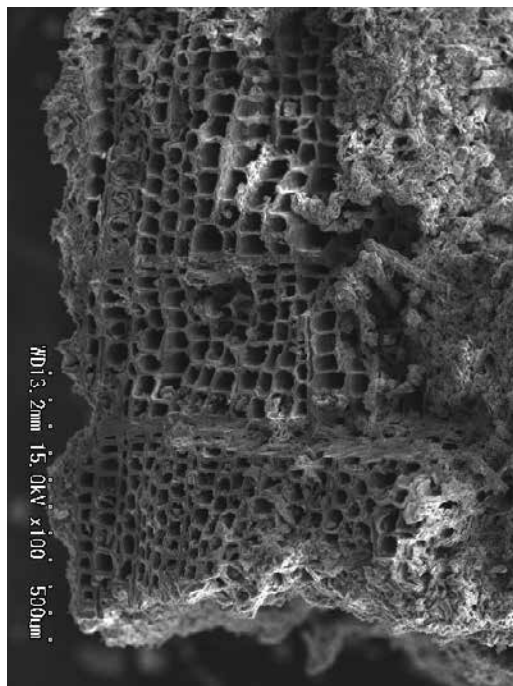


a. 木口面

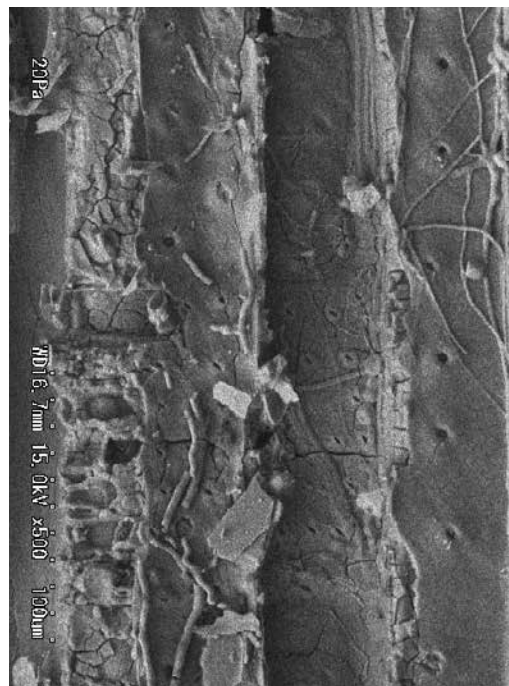


b. 柁目面

写真49-2 No.8 : 中央区画刀10鞘身Bの木材組織 (ヒノキ)



a. 木口面

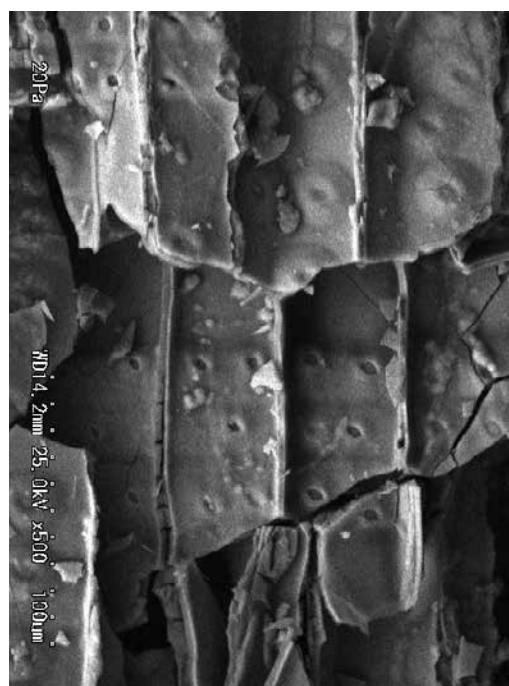


b. 柁目面

写真49-3 No.8 : 中央区画刀10鞘身Cの木材組織 (ヒノキ)

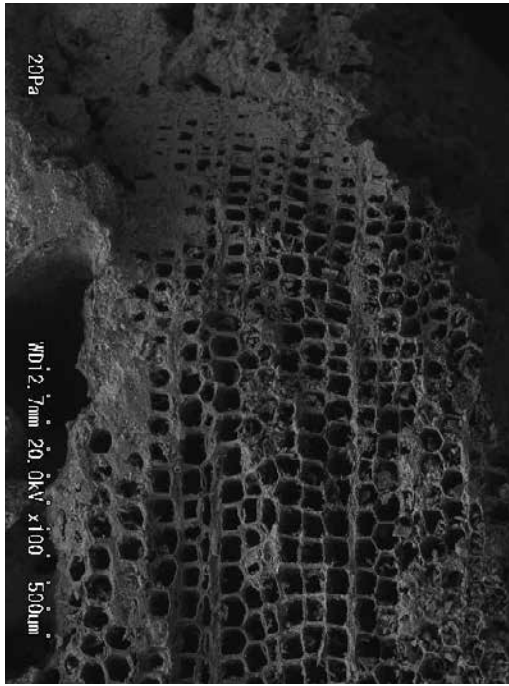


a. 木口面

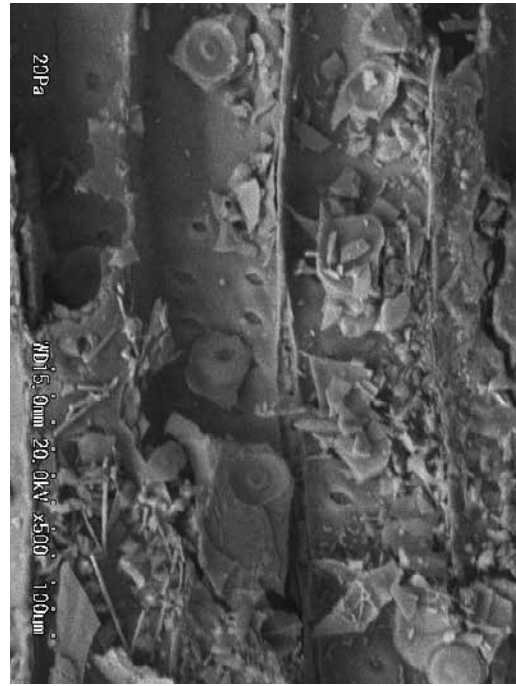


b. 柁目面

写真50 No.9 : 中央区画刀5鞘身の木材組織 (ひのき科)

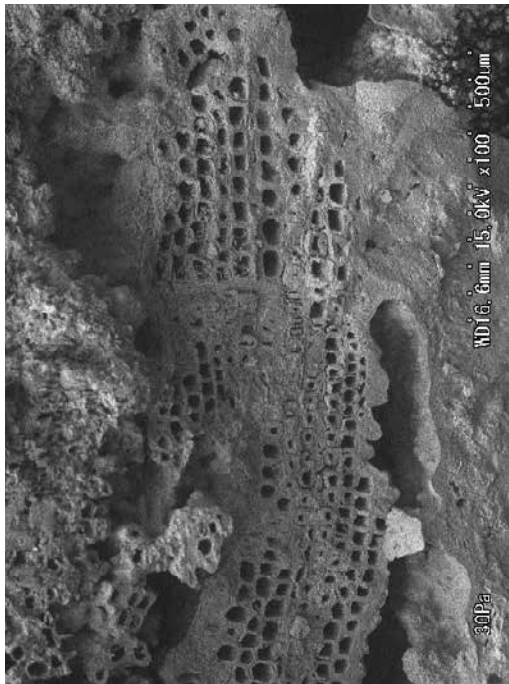


a. 木口面

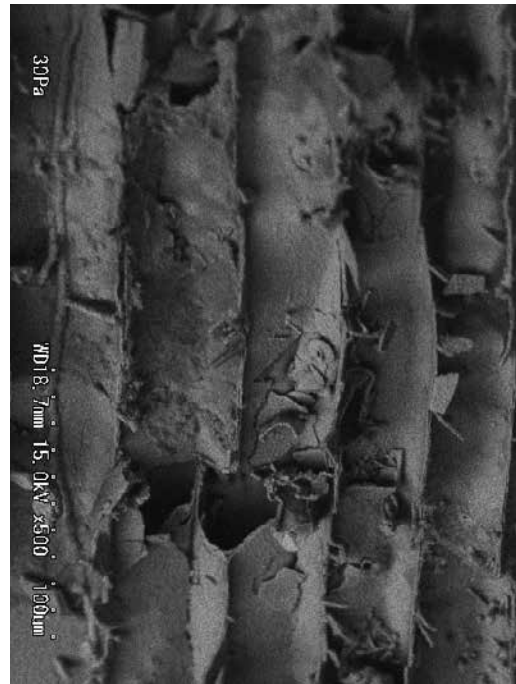


b. 柁目面

写真51 No.10：中央区画刀2鞘身の木材組織（ひのき科）

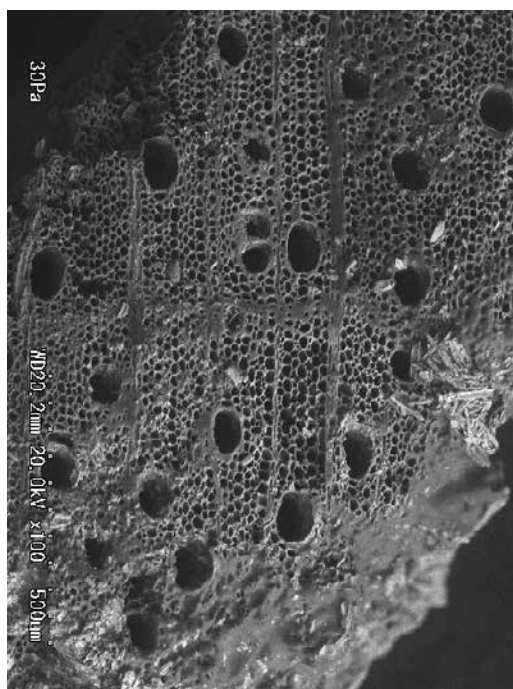


a. 木口面



b. 柁目面

写真52-1 No.25：西区画刀1鞘身の木材組織（針葉樹）

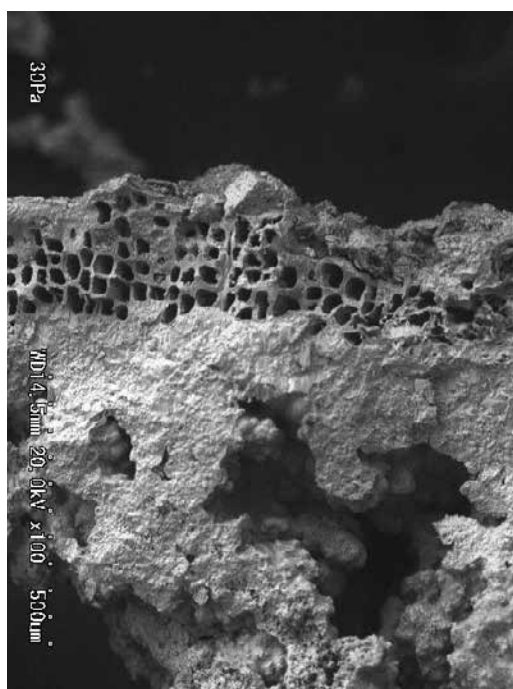


a. 木口面

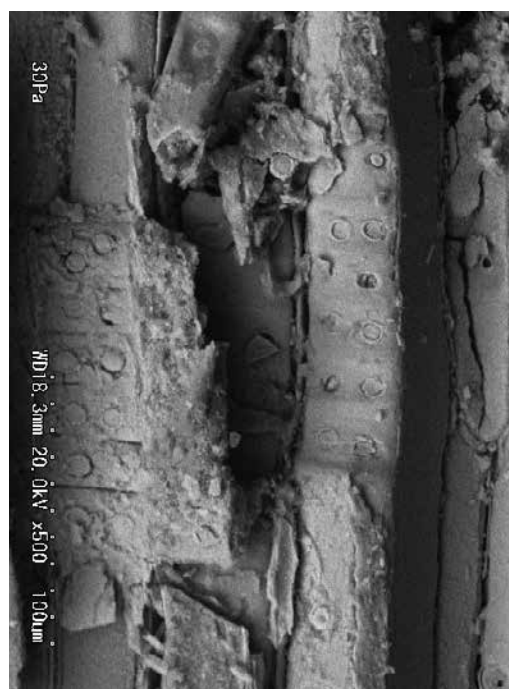


b. 柁目面

写真52-2 No.25：西区画刀1把間の木材組織（カエデ属）



a. 木口面

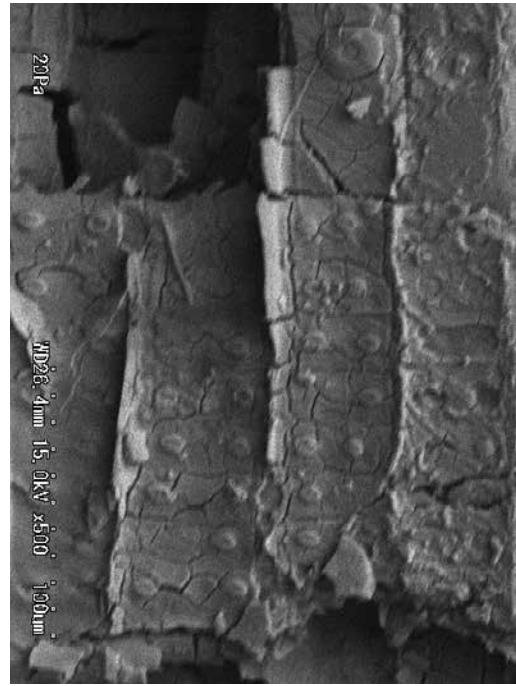


b. 柁目面

写真53 No.29：西区画刀2鞘身の木材組織（ひのき科）



a. 木口面

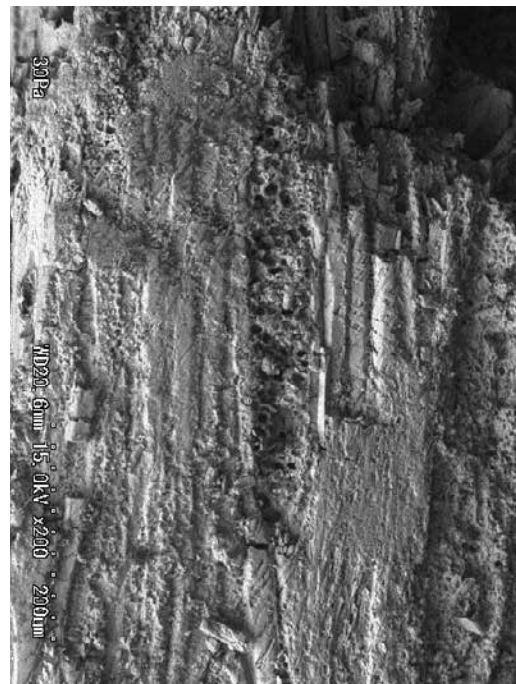


b. 柁目面

写真54-1 No.32：西区画刀20鞘身の木材組織（ヒノキ）

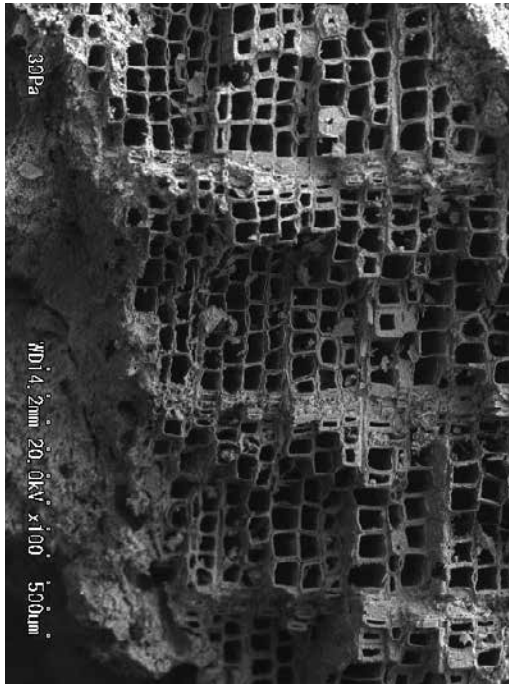


a. 木口面

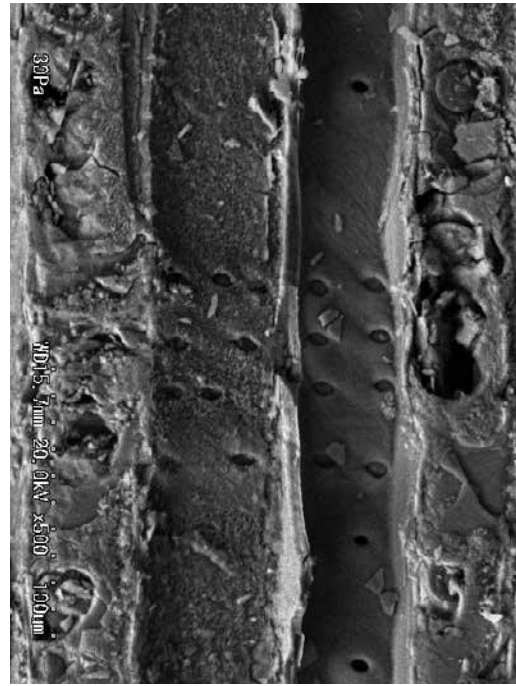


b. 柁目面

写真54-2 No.32：西区画刀20把間の木材組織（カエデ属）

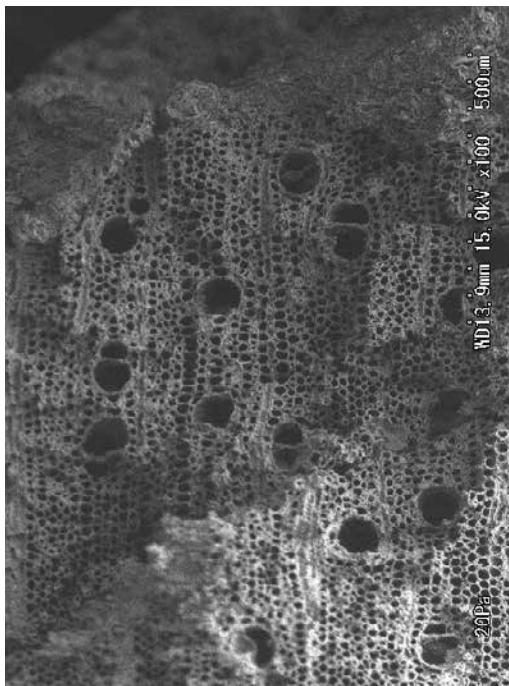


a. 木口面

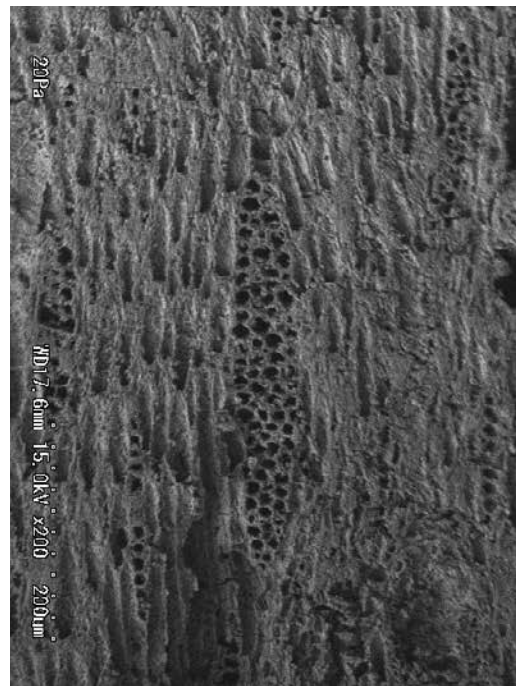


b. 柁目面

写真55-1 No.33：西区画刀18鞘身の木材組織（ヒノキ）

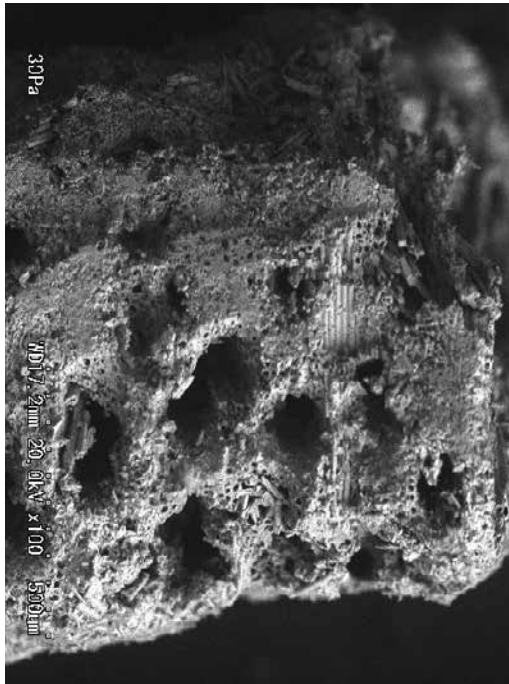


a. 木口面



b. 柁目面

写真55-2 No.33：西区画刀18把間の木材組織（カエデ属）

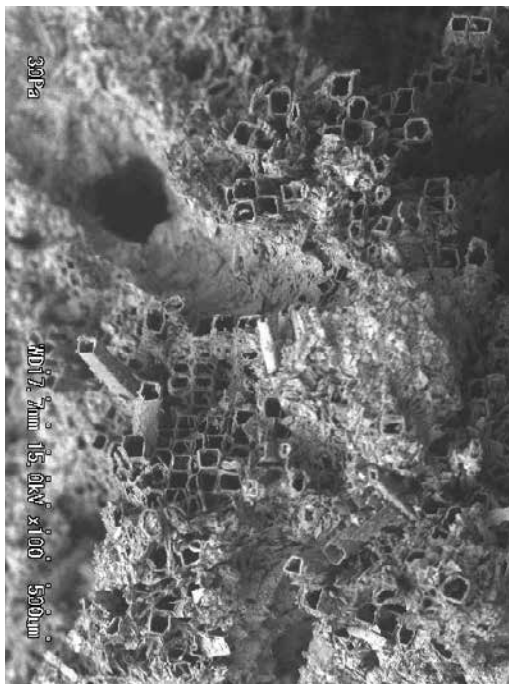


a. 木口面



b. 柁目面

写真55-3 No.33：西区画刀18把頭の木材組織（広葉樹）

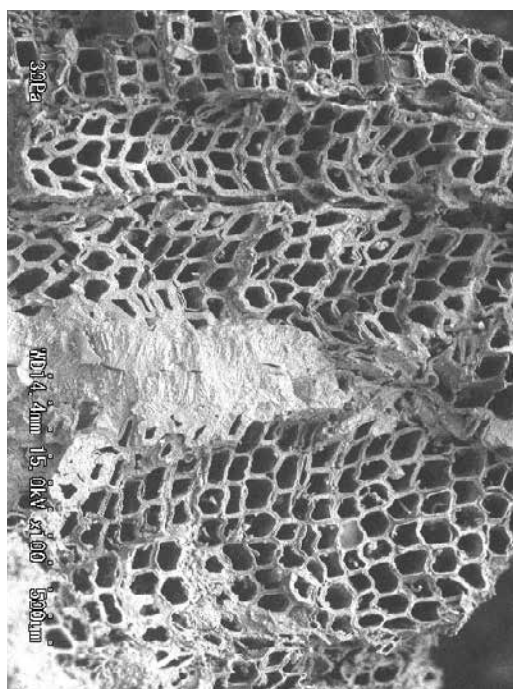


a. 木口面



b. 柁目面

写真56 No.36：西区画刀12鞘身の木材組織（ヒノキ）

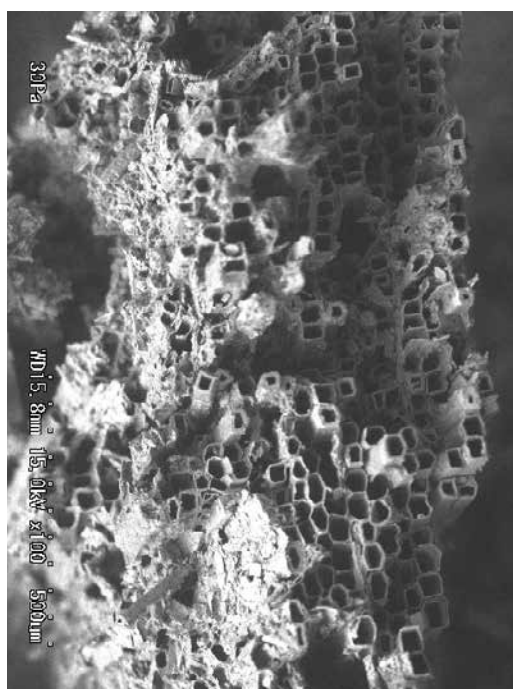


a. 木口面

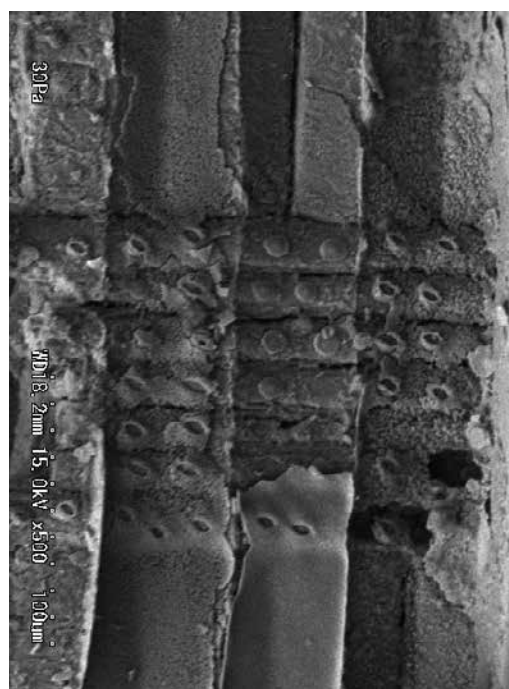


b. 柁目面

写真57 No.37：西区画刀14鞘身の木材組織（ひのき科）

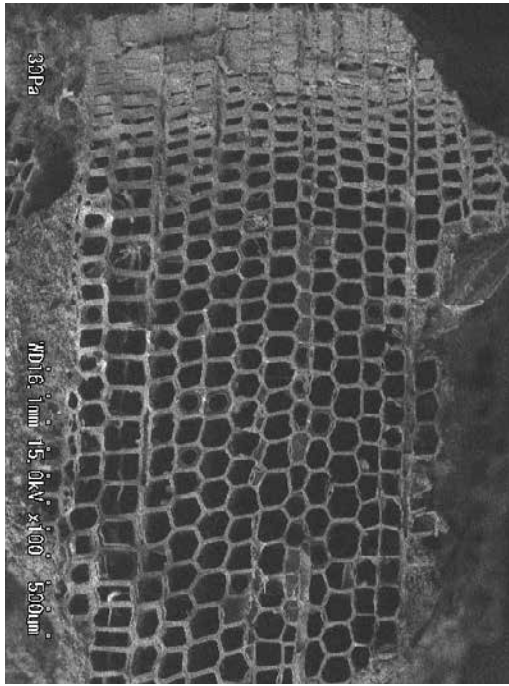


a. 木口面

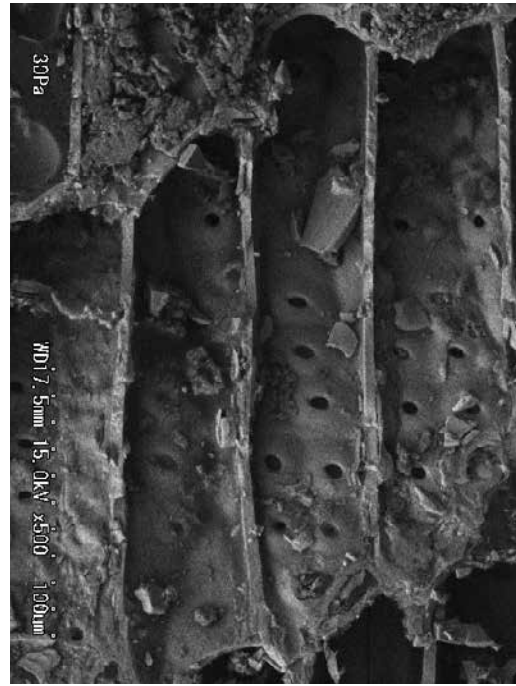


b. 柁目面

写真58 No.39：西区画刀6鞘身の木材組織（ひのき科）

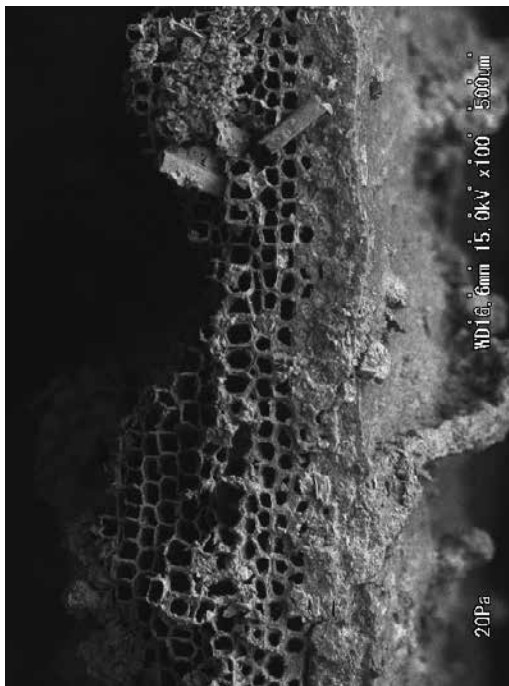


a. 木口面

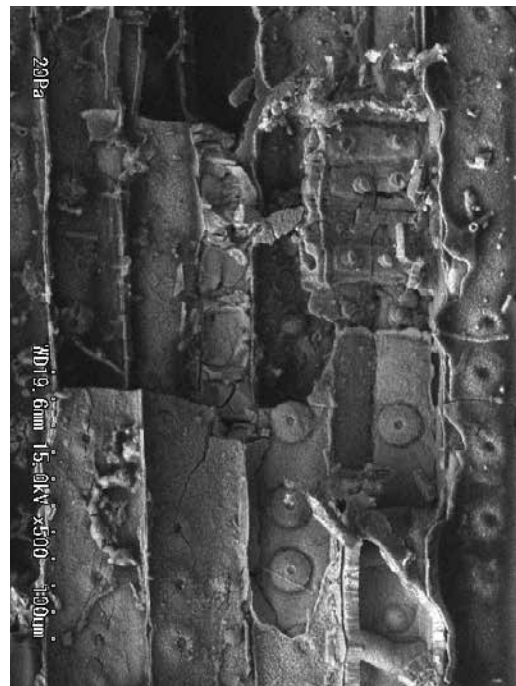


b. 柁目面

写真59 No.11：中央区画剣3鞘身の木材組織（ひのき科）

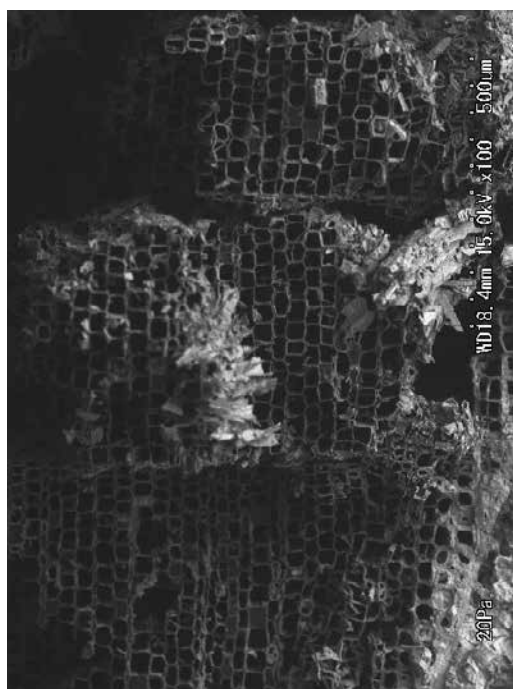


a. 木口面



b. 柁目面

写真60-1 No.14：中央区画剣9鞘身の木材組織（ヒノキ）

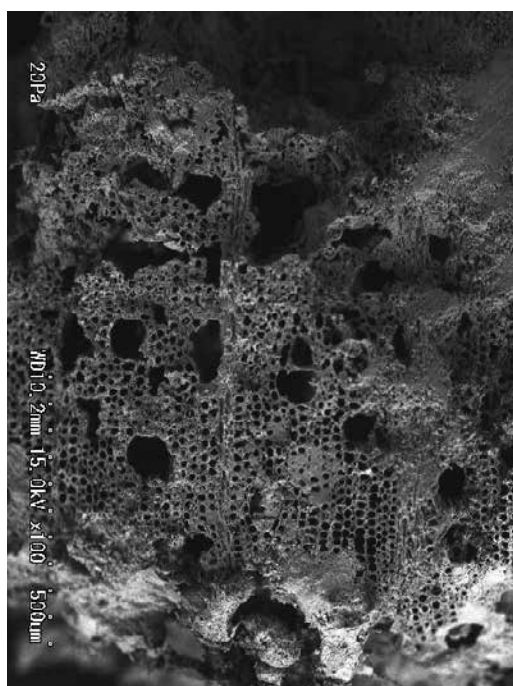


a. 木口面

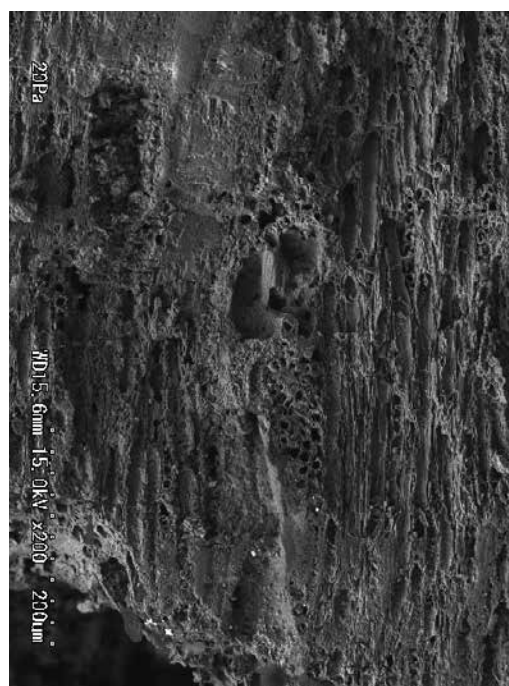


b. 柁目面

写真60-2 No.14 : 中央区画剣9鞘尻の木材組織 (ヒノキ)

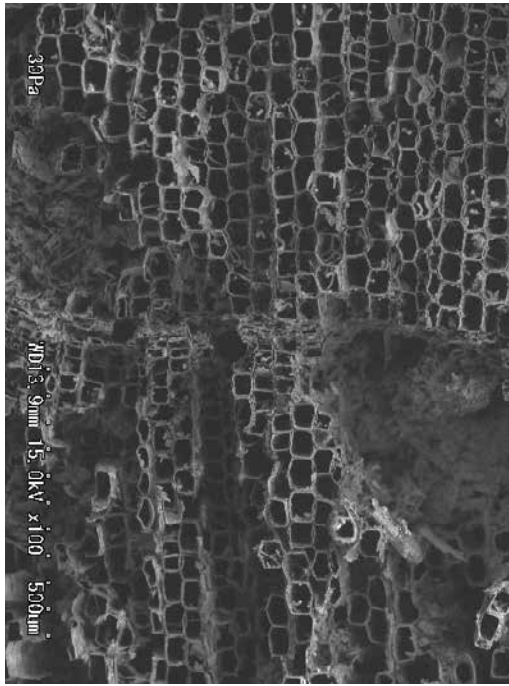


a. 木口面



b. 柁目面

写真60-3 No.14 : 中央区画剣9把縁の木材組織 (カエデ属)

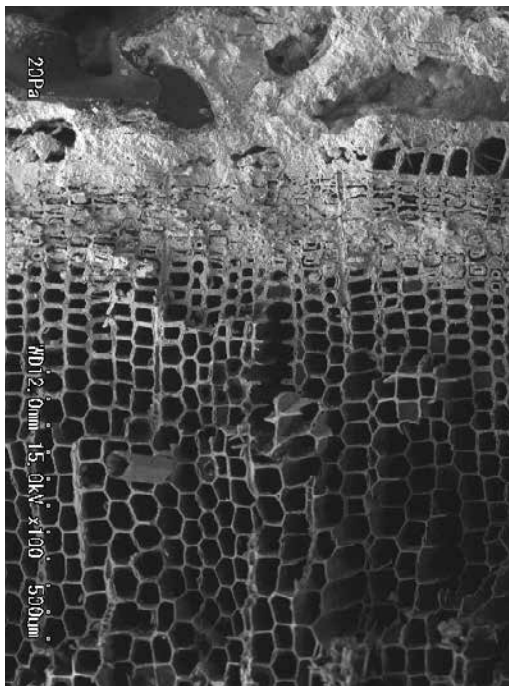


a. 木口面



b. 柁目面

写真61 No.15：中央区画剣8鞘身の木材組織（ヒノキ）

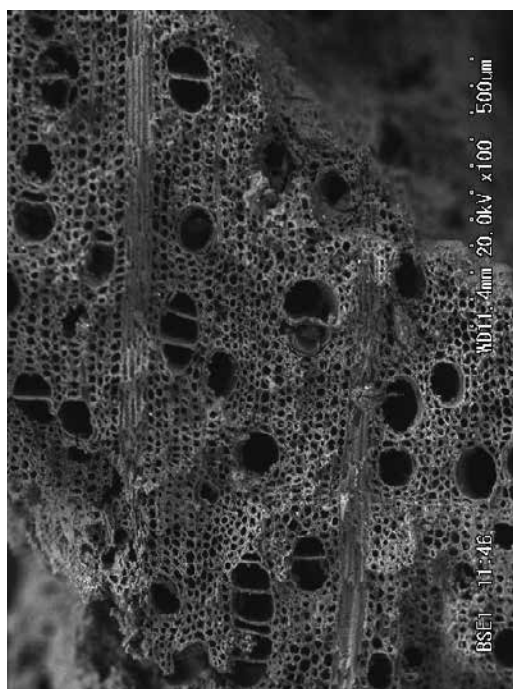


a. 木口面

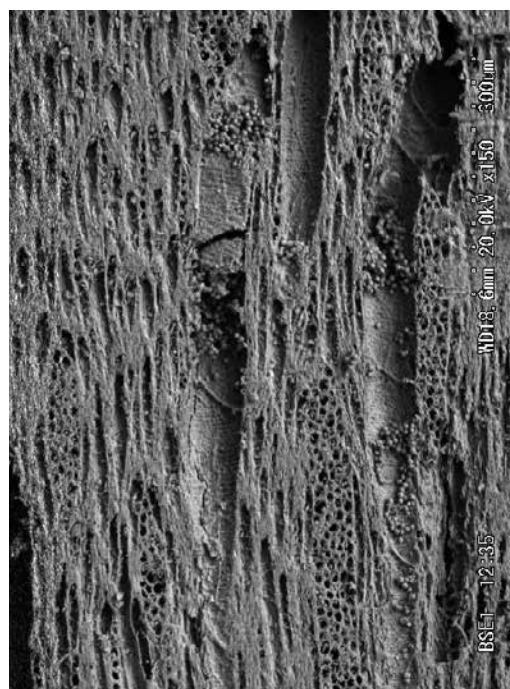


b. 柁目面

写真62 No.17：中央区画剣6鞘身の木材組織（ひのき科）

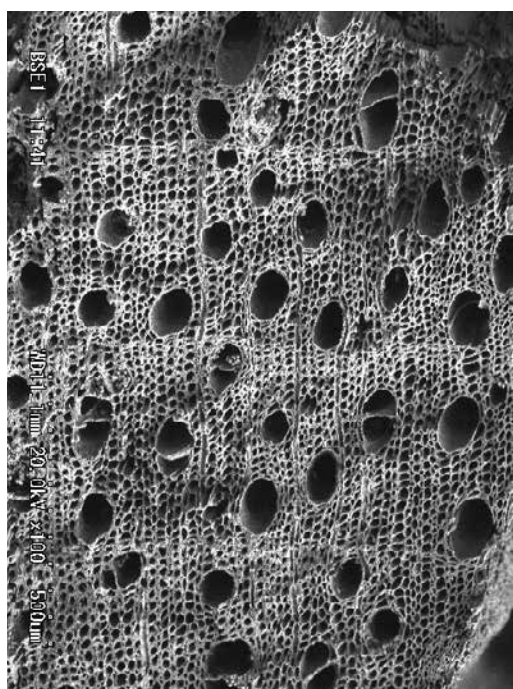


a. 木口面



b. 杵目面

写真63-1 No.18：中央区画剣1（蛇行剣）鞘身の木材組織（カエデ属）

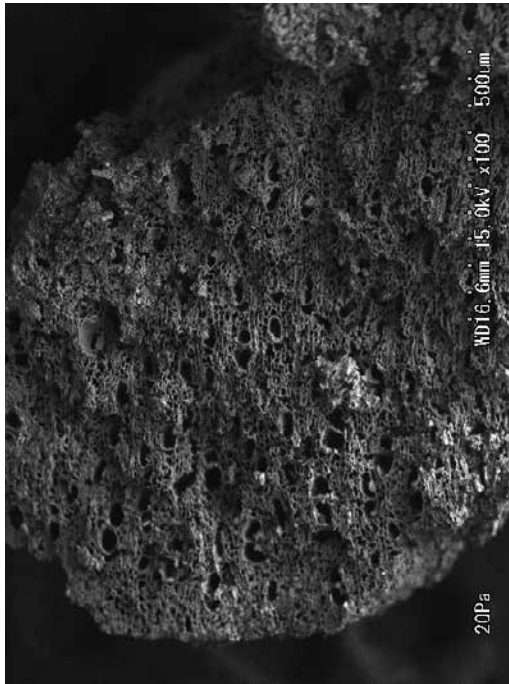


a. 木口面

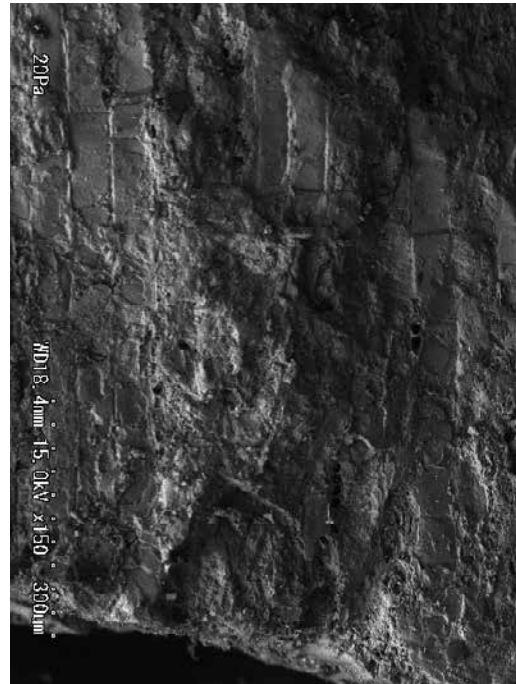


b. 杵目面

写真63-2 No.18：中央区画剣1（蛇行剣）把間の木材組織（カエデ属）

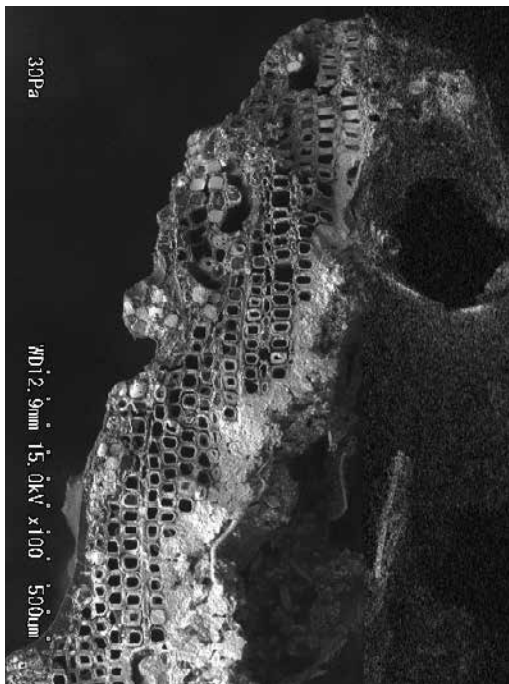


a. 木口面



b. 柁目面

写真64 No.46：東区画剣9 鞘身の木材組織（広葉樹散孔材）

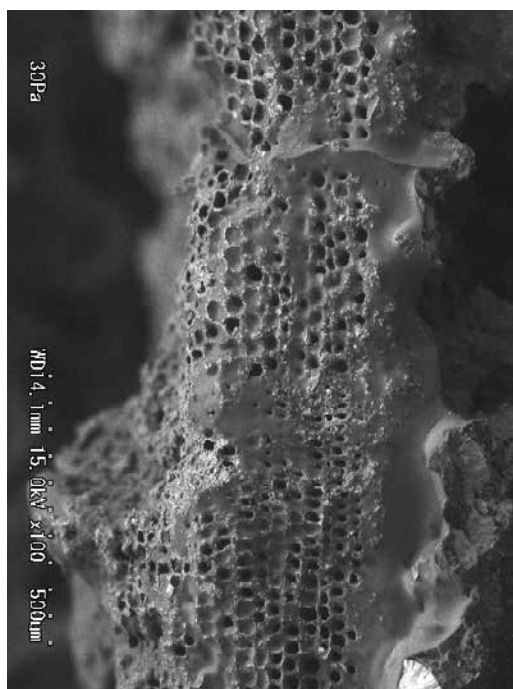


a. 木口面

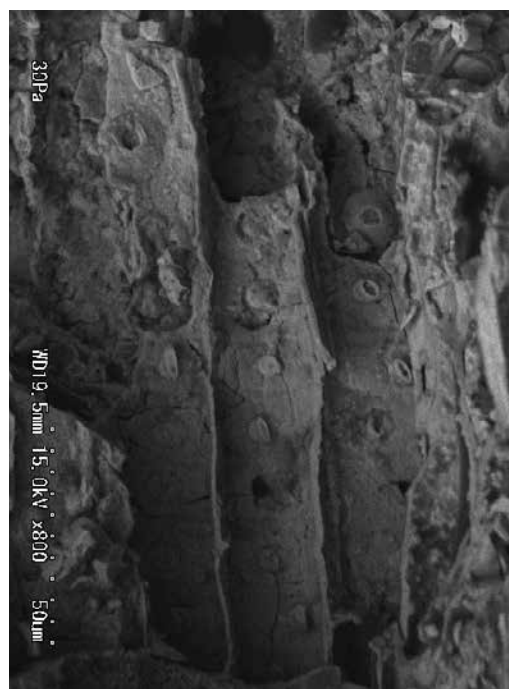


b. 柁目面

写真65-1 No.48：東区画剣4 鞘身Aの木材組織（ヒノキ）

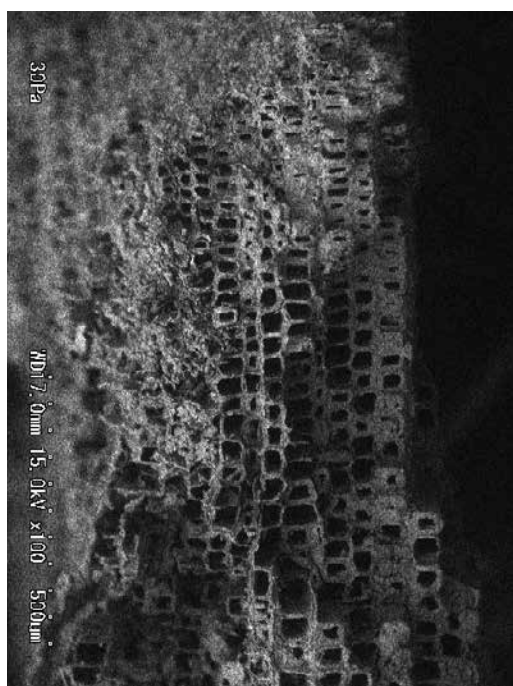


a. 木口面

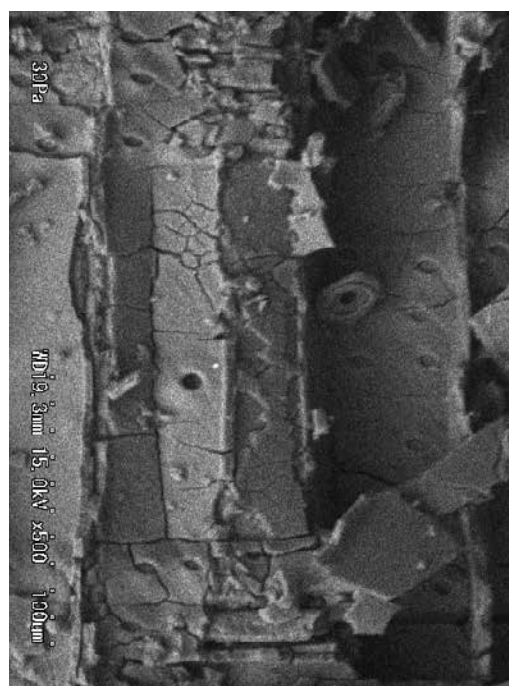


b. 柁目面

写真65-2 No.48：東区画剣4鞘身Bの木材組織（ヒノキ）

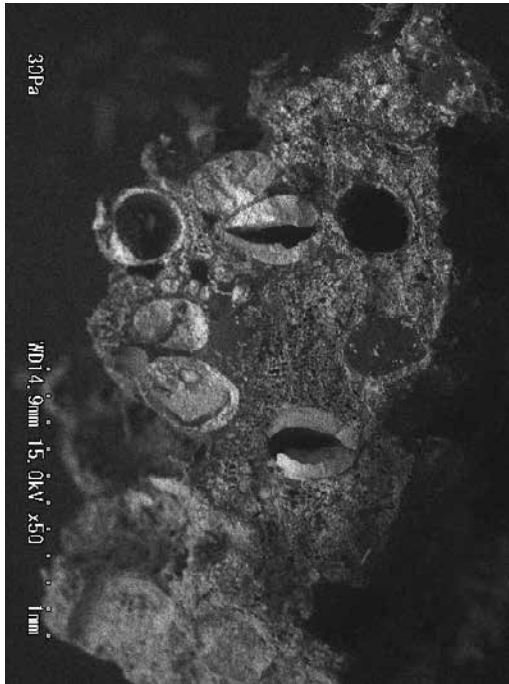


a. 木口面

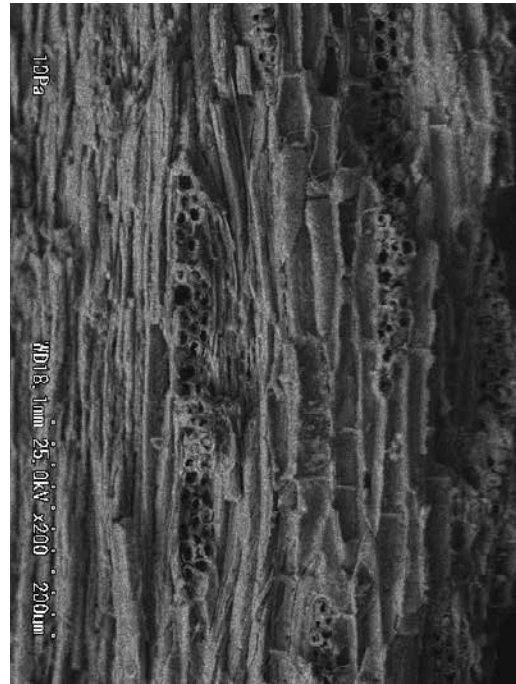


b. 柁目面

写真66-1 No.66：西区画鉾19鞘身の木材組織（ひのき科）

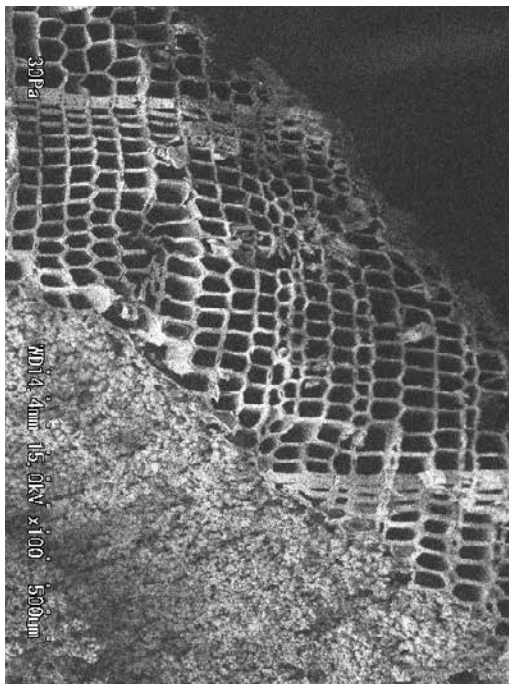


a. 木口面

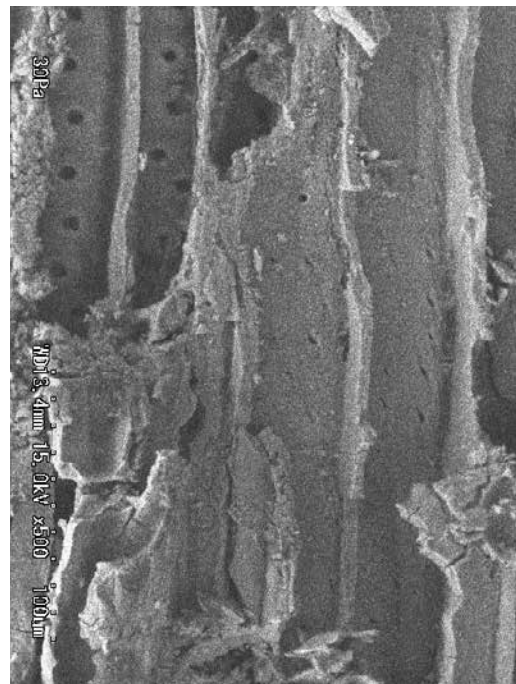


b. 柁目面

写真66-2 No.66：西区画鉾19柄間袋部の木材組織（広葉樹）

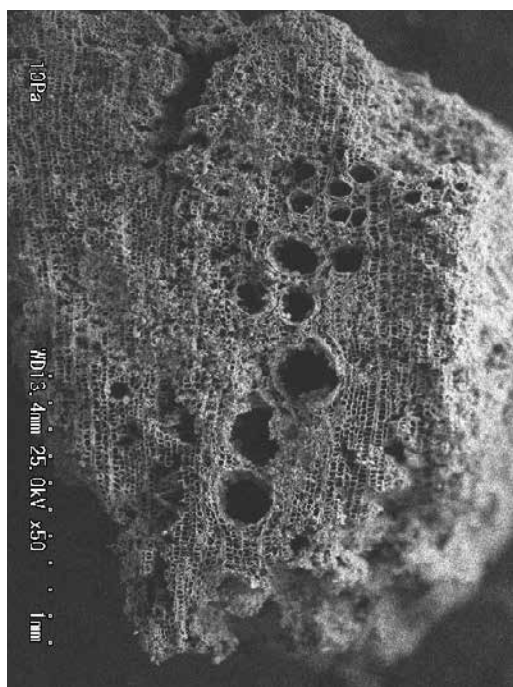


a. 木口面

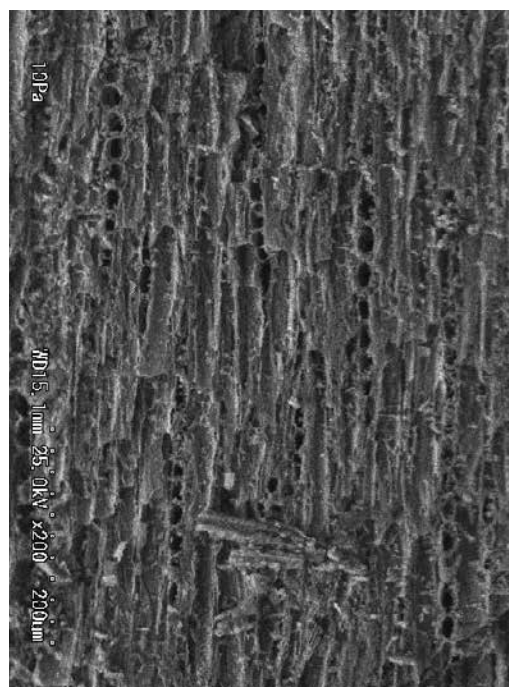


b. 柁目面

写真67-1 No.67：西区画鉾14鞘身の木材組織（ヒノキ）



a. 木口面

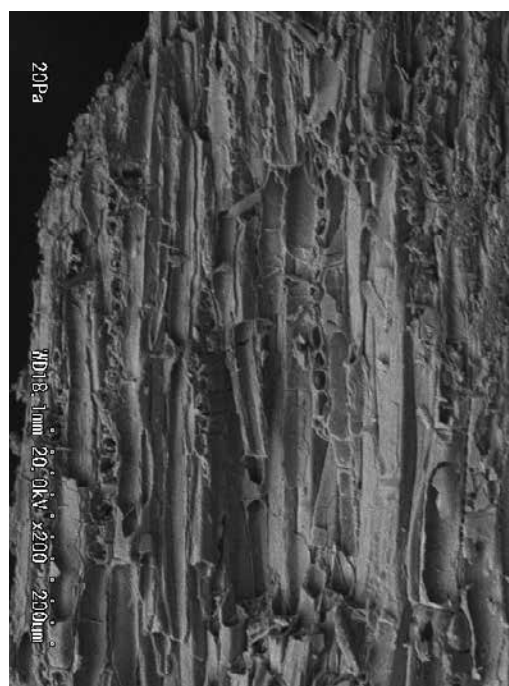


b. 柁目面

写真67-2 No.67：西区画鋸14柄間袋部の木材組織（コナラ亜科）

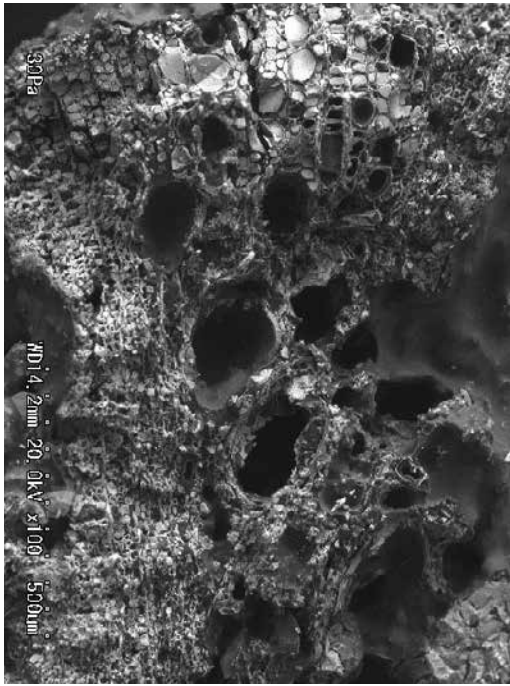


a. 木口面

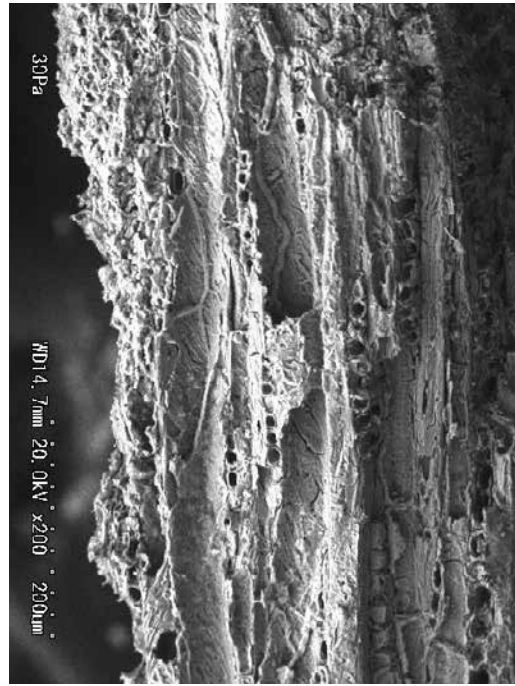


b. 柁目面

写真68 No.68：西区画鋸16柄間の木材組織（コナラ亜科）



a. 木口面

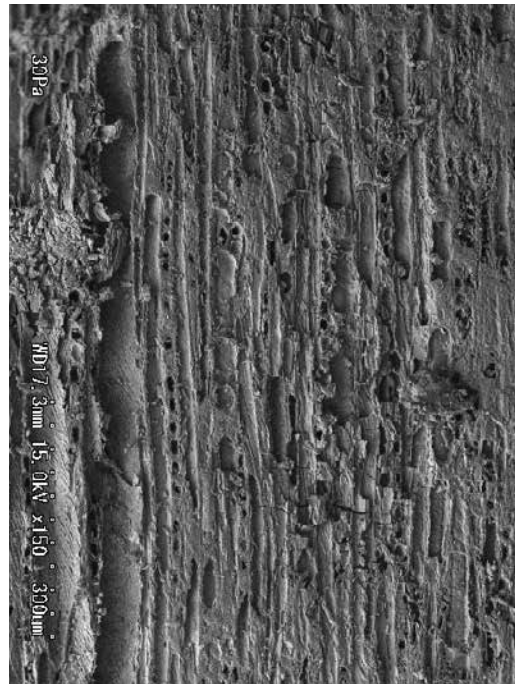


b. 柁目面

写真69-1 No.70：西区画鋸11柄間Aの木材組織（コナラ亜科）

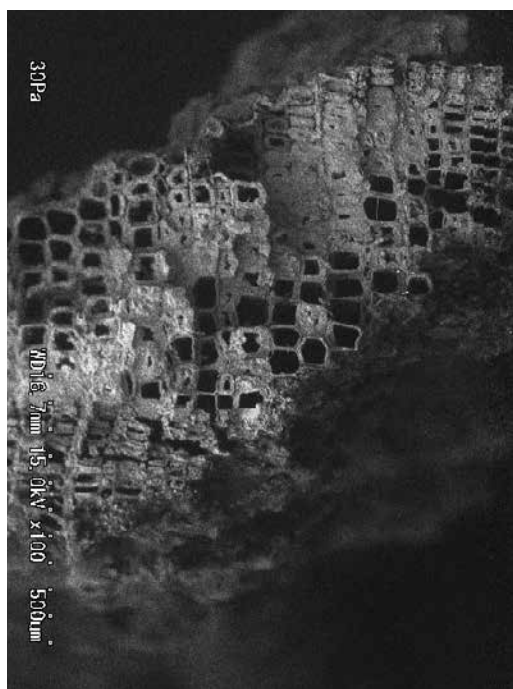


a. 木口面



b. 柁目面

写真69-2 No.70：西区画鋸11柄身Bの木材組織（コナラ亜科）

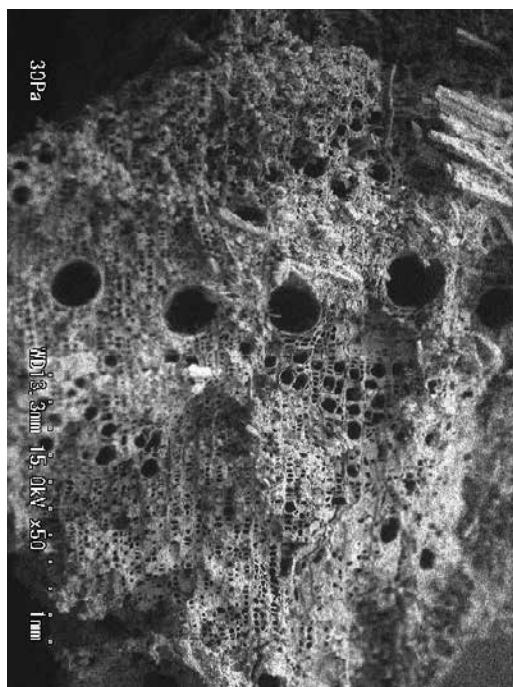


a. 木口面

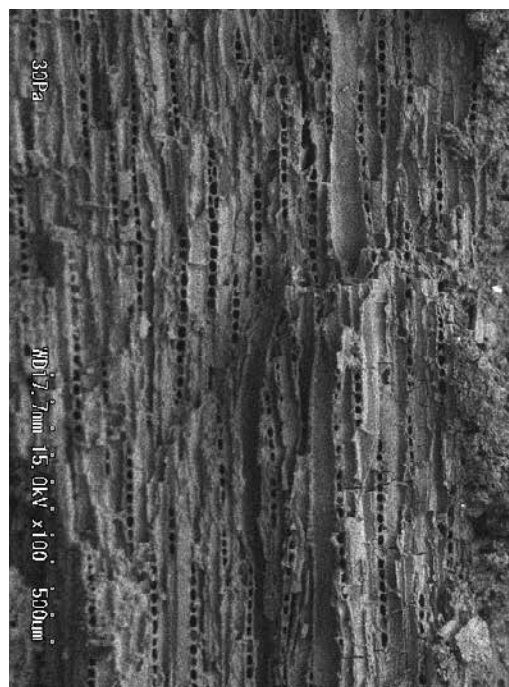


b. 柁目面

写真70-1 No.73 : 西区画鉾2鞘身の木材組織 (ヒノキ)

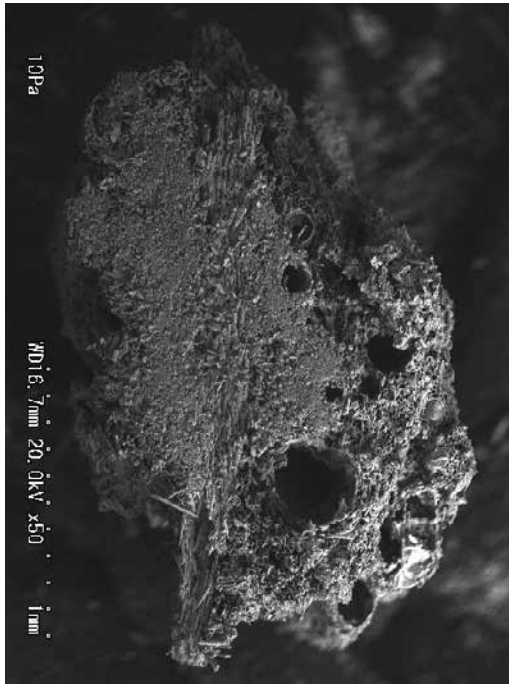


a. 木口面

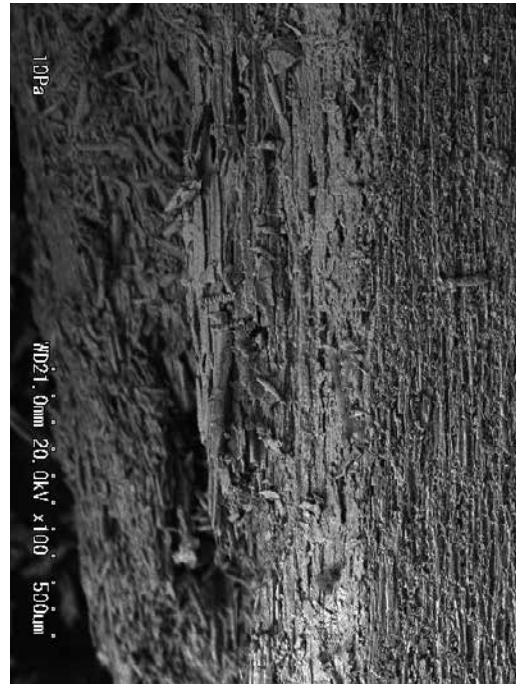


b. 柁目面

写真70-2 No.73 : 西区画鉾2柄間袋部の木材組織 (コナラ亜科)

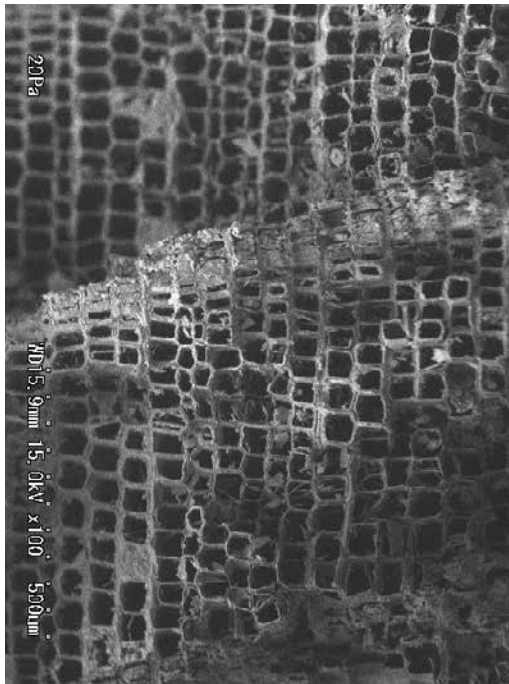


a. 木口面

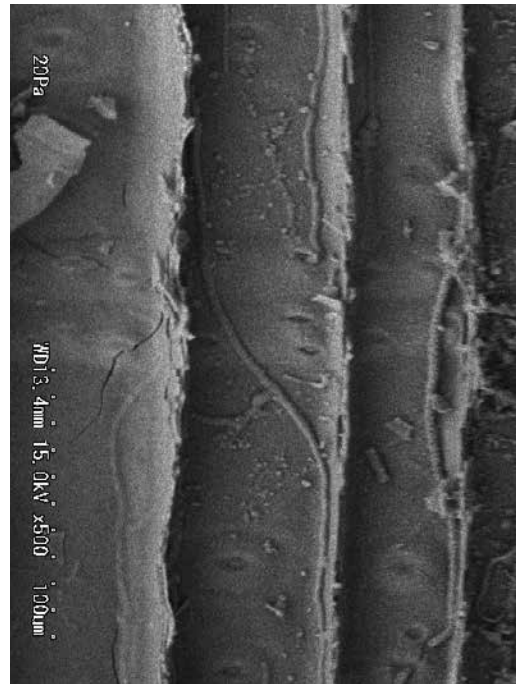


b. 柁目面

写真71 No.74：西区画鋸1・18柄間の木材組織（コナラ亜科）

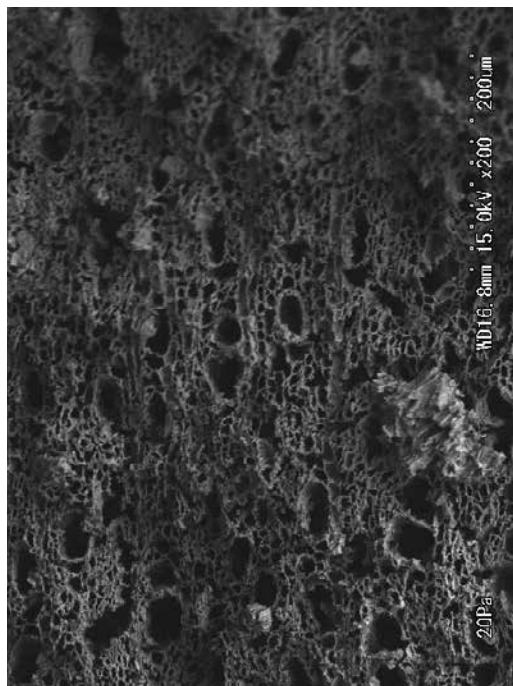


a. 木口面



b. 柁目面

写真72 No.80：西区画鋸9鞘身の木材組織（ヒノキ）



a. 木口面

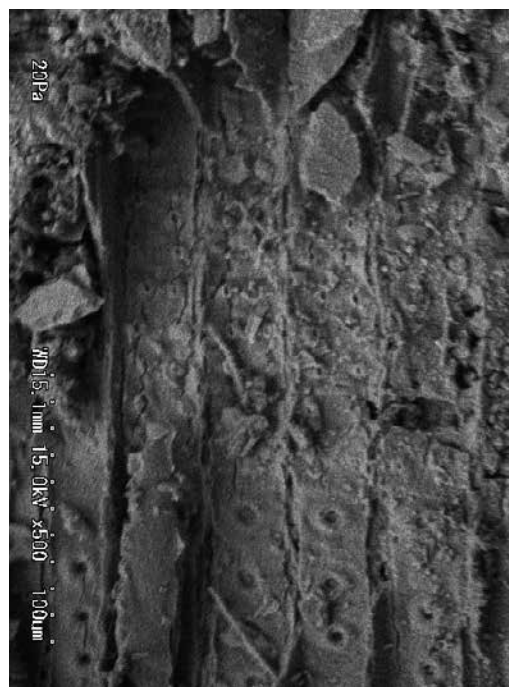


b. 柁目面

写真73 No.81：西区画鉾12柄間の木材組織（広葉樹）

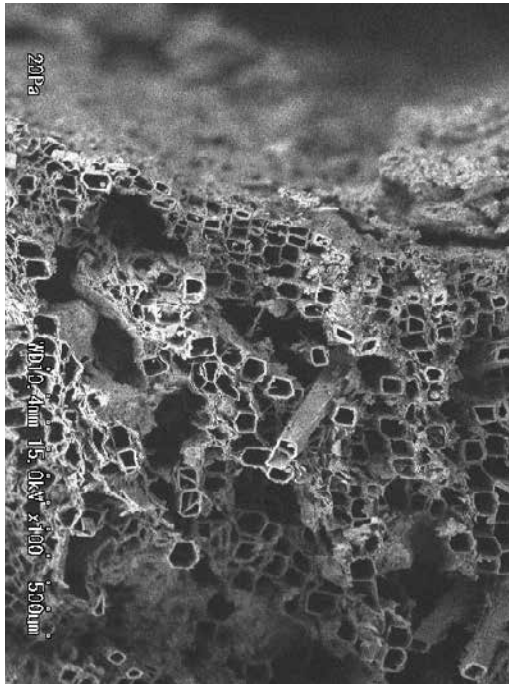


a. 木口面

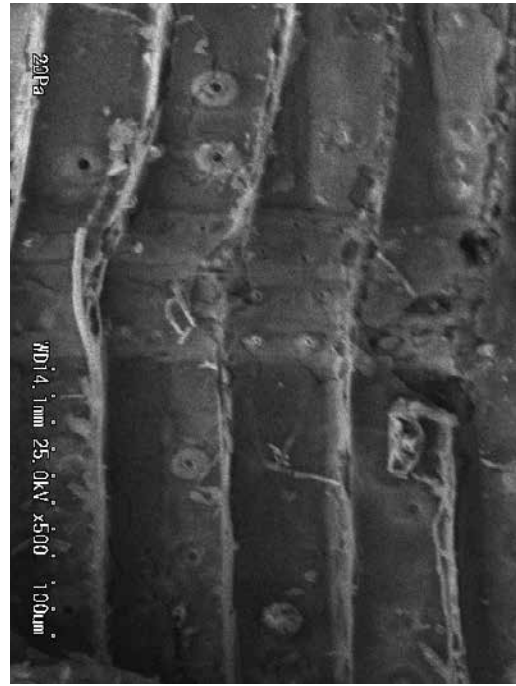


b. 柁目面

写真74 No.52：西区画槍5鞘身の木材組織（ひのき科）

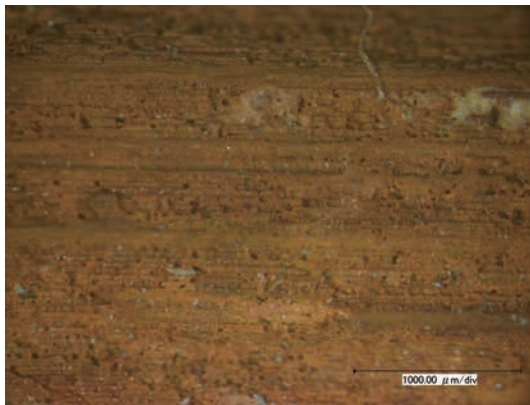


a. 木口面

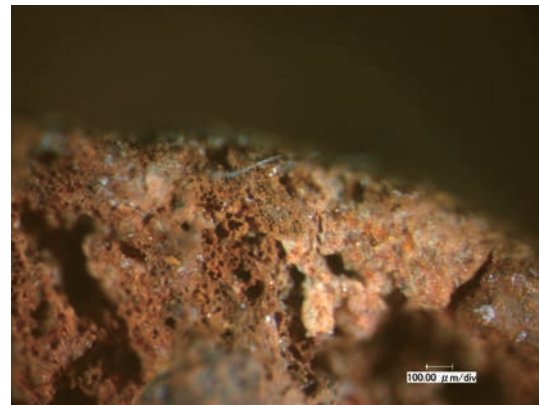


b. 沓目面

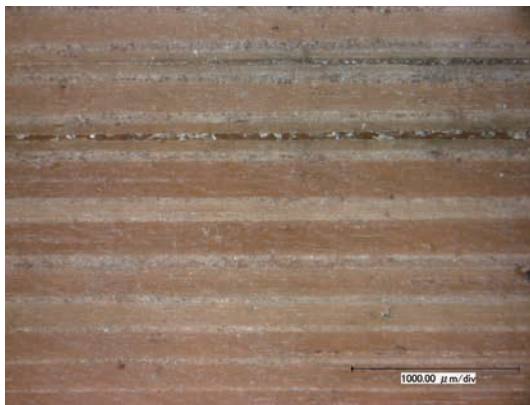
写真75 No.63：西区画槍13鞘身の木材組織（ひのき科）



a. 針の繊維方向



b. 針の横断面



c. 真竹の繊維方向



d. 真竹の横断面

写真76 No.72：第2主体部針4・10と真竹の木材組織（タケ類）

参考文献

- 島地謙・伊東隆夫、1982、『図説木材組織』地球社
- 佐伯 浩、1982、『走査電子顕微鏡図説 木材の構造』日本林業技術協会
- 北村四郎・村田源、1979、『原色日本植物図鑑・木本編』保育社
- 日本材料学会木質材料部門委員会、1982、『木材工学辞典』工業出版株式会社

第2節 茶すり山古墳出土棺材および長柄の樹種同定

パリノ・サーヴェイ (株)

はじめに

茶すり山古墳の発掘調査では、5世紀前葉の大型円墳と戦国時代の城跡が検出されている。このうち、古墳からは、各種玉類、壜、鏡鑑、甲冑類、刀剣類、鉄鏃、盾、鉄製農工具類、家形埴輪、円筒埴輪等の遺物が出土している。本報告では、古墳から出土した木棺材の一部や鉄器付着の木質等について樹種同定を実施する。

1. 試料

試料は、1号鏡上の棺材(試料番号1)、第2主体部の鏡上の木質(試料番号2)、第1主体部の西1区画から出土した銚3・11付着木質2点(試料番号3, 4)、第1主体部の3号鏡上の棺材(試料番号5)の合計5点である。

2. 分析方法

試料番号1, 2, 5は生木であり、通常の切片作製法による同定が可能であるが、試料番号3, 4は鉄分が浸透して辛うじて形を保っている状態で切片作成は不可能であることから、炭化材と同じく電子顕微鏡による観察・同定を行う。

木材は、剃刀の刃を用いて木口(横断面)・柁目(放射断面)・板目(接線断面)の3断面の徒手切片を作製し、ガム・クロラール(抱水クロラール, アラビアゴム粉末, グリセリン, 蒸留水の混合液)で封入し、プレパラートを作製する。作製したプレパラートは、生物顕微鏡で木材組織の種類や配列を観察する。鉄器付着木質は、3断面の割断面を作製し、アルミ合金製の試料台にカーボンテープで固定する。カーボンを蒸着させた後、走査型電子顕微鏡で木材組織の種類や配列を観察する。

各試料で観察された特徴を現生標本と比較して種類を同定する

3. 結果

樹種同定結果を第2表に示す。試料番号1, 2は、針葉樹のスギに同定された。試料番号3, 4は、針葉樹剤であるが、種類の同定には至らなかった。各分類群の解剖学的特徴等を記す。

第2表 樹種同定結果

番号	地区	試料名	樹種
1	第1主体部	1号鏡上の棺材(中96)	スギ
2	第2主体部	鏡付着の木質	スギ
3	第1主体部 西1区画	銚11木質	針葉樹
4	第1主体部 西1区画	銚3木質	針葉樹
5	第1主体部	3号鏡上の棺蓋材	スギ

・スギ (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) スギ科スギ属

軸方向組織は仮道管と樹脂細胞で構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部の幅は比較的広い。樹脂細胞はほぼ晩材部に認められる。放射組織は柔細胞のみで構成される。分野壁孔はスギ型で、1分野に2~4個。放射組織は単列、1~10細胞高。

・針葉樹

試料は脆く、いずれも年輪界で割れている。軸方向組織は仮道管のみで構成され、観察した範囲では樹脂道や樹脂細胞は認められない。仮道管の早材部から晩材部への移行は緩やかで、晩材部の幅は狭い。仮道管内壁にはらせん肥厚は認められない。放射組織は破損が激しいが、少なくとも水平樹脂道は認められない。分野壁孔は、小孔が1分野に2個程度認められることからスギ型、ヒノキ型、トウヒ型のいずれかであるが、形態の詳細は不明である。放射組織は単列、1～10細胞高。

上記の特徴から、樹脂道を有するマツ属、カラマツ属、トウヒ属、トガサワラ属、らせん肥厚を有するカヤ、イチイ、イヌガヤ、樹脂細胞が散在するマキ属、スギ、分野壁孔が窓状となるコウヤマキは除外される。また、晩材部への移行が急で、晩材部の幅の広いツガ属も可能性が低い。残る種類は、モミ属とヒノキ科である。ヒノキ科は晩材部に樹脂細胞を有するが、種類によっては目立たないこともあるため、可能性を排除できない。

4. 考察

5世紀前葉の円墳から出土した1号鏡上の棺材と1号主体部3号鏡上の棺蓋材は、共に針葉樹のスギに同定された。スギの木材は、木理が通直で割裂性が高く、加工が容易な材質を有しており、棺蓋材として適材といえる。

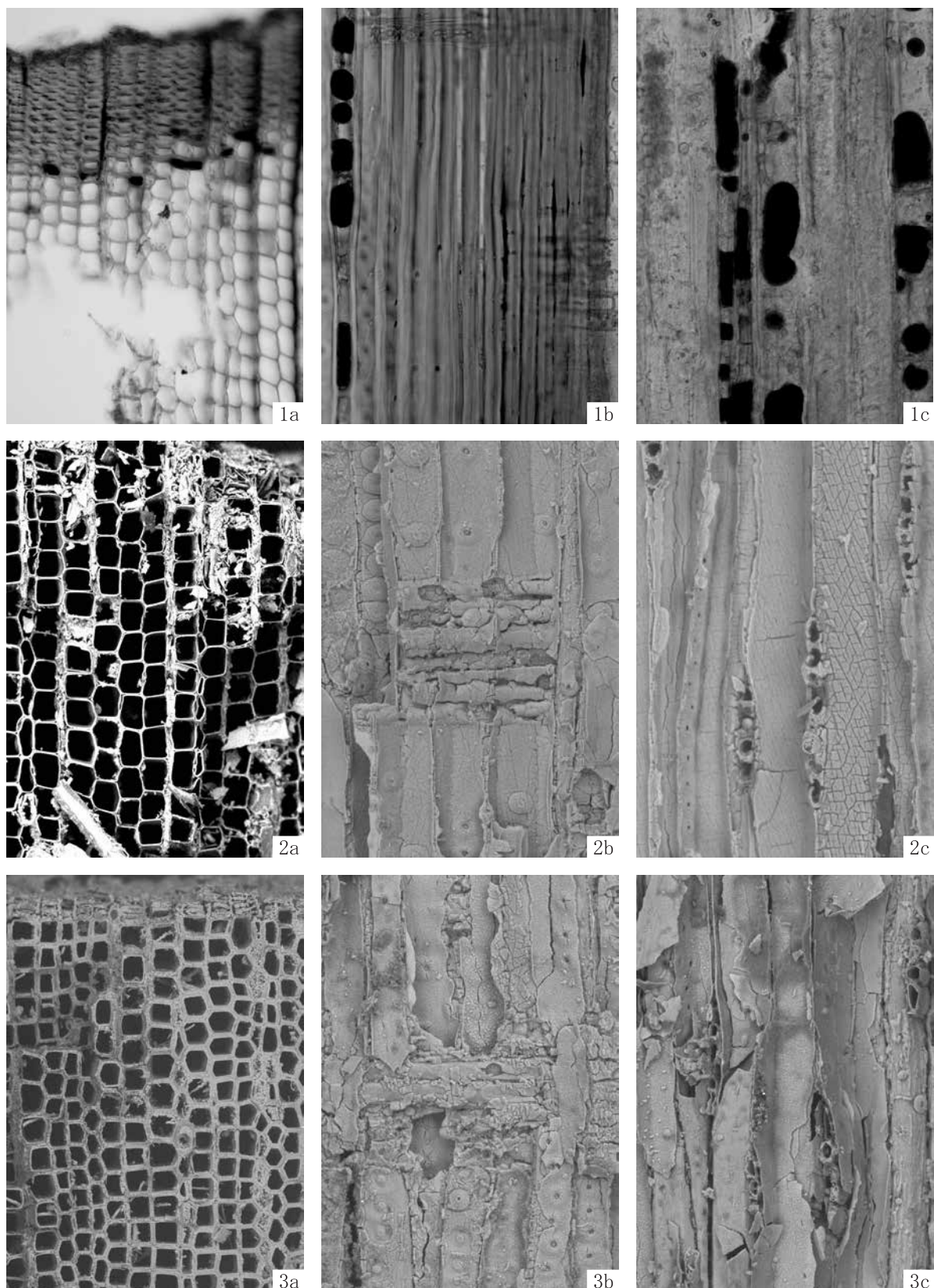
近畿地方の古墳等から出土する木棺材は、コウヤマキが圧倒的に多いことが知られている。兵庫県内でも古墳時代前期の田能遺跡、古墳時代中期～後期の具足塚や野寄3号墳等でコウヤマキが報告されている(嶋倉, 1976, 1982; 株式会社古環境研究所, 2001)。コウヤマキ以外の利用例としては、4世紀後半～5世紀前半とされる北浦古墳でヒノキが報告されている(嶋倉, 1980)。スギが利用された事例は、兵庫県内では確認されていないが、大阪府の御嶺山上の古墳時代前期とされる木棺や岡山県の四つ塚13号墳の古墳中期～後期とされる木棺で確認されている(尾中, 1936; 畔柳, 1954)。今回の結果から、兵庫県内でも木棺にスギ材が利用されていたことになる。本古墳が位置する但馬地域は、遺跡出土木製品におけるスギ材の利用頻度が高い地域であり、この理由として、本地域では2500年前以降、スギの優勢な植生が成立していたことが関係していると指摘されている(中村, 2001)。今回の木棺材にスギ材が利用された背景についても、同様な周辺植生との関係が示唆される。なお、第2主体から出土した鏡付着の木質もスギであることから、同じく木棺材の一部に由来する可能性がある。

一方、第1主体部の西1区画から出土した銚付着木質は、2点とも針葉樹であり、観察できた組織の特徴からモミ属あるいはヒノキ科の可能性が高いと考えられる。この結果から、銚の柄等にモミ属やヒノキ科の可能性のある針葉樹材が利用されていたことが推定される。

兵庫県内では、古墳から出土した銚付着木質の樹種を明らかにした例は確認できないが、西求女塚古墳では鉄槍木質柄9点が全て広葉樹のシイノキ属に同定されており、この他に短剣の柄15点がヒノキ13点、ホオノキ2点、無茎三角鎌木質矢柄5点がウツギ、無茎五角鎌木質矢柄1点がシイノキ属、鉄鑿木質柄2点がウツギ、ヤリガンナ木質柄5点がウツギ4点、シイノキ属1点が報告されている(岡田・中村, 2004)。また、向山古墳群や市乗寺1号墳では、鉄剣の柄や鞘と考えられる木質4点がヒノキ科? 2点、針葉樹1点、広葉樹1点に同定されている(藤田, 1999)。モミ属の確認例は無いが、ヒノキやヒノキ科は古墳出土鉄器の柄などに利用例が報告されている。(高橋敦)

引用文献

- 藤田 淳, 1999, 金属製品に遺存する有機質遺物について. 「向山古墳群 市条寺古墳群 一乗寺経塚 矢別遺跡」 - 県立北部農業技術センター整備に係る埋蔵文化財発掘調査報告書, 兵庫県教育委員会, 179-193.
- 畔柳 鎮, 1954, 四つ塚第 13 号古墳 B 主体内発見植物について. 「蒜山原」 - その考古学的調査 -, 岡山大学医学部人類学, 152-157.
- 株式会社 古環境研究所, 2001, 岡本遺跡出土鉄製品付着木質の同定. 「西岡本遺跡」, 六甲山麓遺跡調査会, 208.
- 中村 弘, 2001, 兵庫県における樹種同定試料について. 兵庫県埋蔵文化財研究紀要創刊号, 103-121.
- 岡田文夫・中村大介, 2004, 西求女塚古墳から出土した有機質遺物の材質調査. 「西求女塚古墳発掘調査報告書」, 神戸市教育委員会, 321-338.
- 尾中文彦, 1936, 古墳其の他古代遺跡より出土せる材片に就いて. 日本林学会誌, 18(8), 588-602.
- Richter H. G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P. E. (編), 2006, 針葉樹材の識別 IAWA による光学顕微鏡的特徴リスト. 伊東隆夫・藤井智之・佐野雄三・安部 久・内海泰弘(日本語版監修), 海青社, 70p. [Richter H. G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P. E. (2004) *IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification*].
- 島地 謙・伊東隆夫, 1982, 図説木材組織. 地球社, 176p.
- 嶋倉巳三郎, 1976, 西宮市具足塚出土鉄釘付着木材の調査報告. 「具足塚発掘調査報告」, 西宮市教育委員会, 66.
- 嶋倉巳三郎, 1980, 18 号墳棺材の樹種. 「北浦古墳群」, 豊岡市教育委員会, 85.
- 嶋倉巳三郎, 1982, 田能遺跡から出土した木質遺物の樹種. 「田能遺跡発掘調査報告書」, 尼崎市教育委員会, 574-580.



1. スギ(試料番号1)
 2. 針葉樹(試料番号2)
 3. 針葉樹(試料番号3)
- a: 木口, b: 柁目, c: 板目

200 μ m: 1a
 100 μ m: 1b, c
 200 μ m: 2-3a
 100 μ m: 2-3b, c

第13図 木材

第3章 漆塗製品の塗膜構造と製作技法

茶すり山古墳出土金属製遺物のうち、武器・武具および青銅鏡に付着する有機物（漆、布、繊維、毛、革等）の調査・分析を行った。なお、多くの有機物は錆化して、形状のみを残しているものが多く、調査は主に顕微鏡観察に拠った。

顕微鏡は、実体顕微鏡（㈱ライカMZ16）、生物顕微鏡（㈱オリンパスBX-50）、金属顕微鏡（㈱オリンパスBH2-UMA）および走査型電子顕微鏡（以下、SEM）（㈱日立製作所S-3500N）を使用した。

また、有機成分が残っている可能性のある物質を同定するため全反射フーリエ変換型赤外分光光度計（以下、ATR-FTIR）（SENSIR TECHNOLOGIES製TravelIR）を、含有元素を同定するためにエネルギー分散型蛍光X線分析装置（以下、XRF）（セイコーインスツルメンツ㈱製SEA5230）を使用した。なお、ATR-FTIRは検出器TGSを用い、分解能 4 cm^{-1} で測定し、XRFはモリブデン管球使用、コリメータサイズ $\phi 1.8\text{ mm}$ 、管電圧45kV、大気圧下で300秒間X線を照射し測定した。

第1節 弓（部分2）の菱形文塗膜の調査と製作技法の検討

（財）元興寺文化財研究所 井上美知子
小村 眞理

西1区画盾1～3の⑧部分下面（写真図版477）に付着する弓（部分2東端）の塗膜を用い調査観察を行った（写真77）。なお、部分2東端は西1区画盾1～3の⑧（写真図版476）から剥ぎ取った部分である（写真78）。⑧に菱形文塗膜とつながった平たい塗膜がみられたことから、弓の塗膜と判断しその製作技法の検討を行った（写真78）。

（1）塗膜の断面観察

塗膜の塗り構造を調べるため、黄色破線箇所にメスを入れ菱形の一部を採取した（写真77）。採取塗膜の赤破線箇所（写真79）で切り離した塗膜をエポキシ樹脂に包埋し、マイクロームで塗膜断面を表出させた。つぎに研磨剤を用いて断面を平滑にしたのち、金属顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った。さらに、漆の塗り構造を調べるため、平滑にした断面を研磨用スライドガラスに接着し、光が透過するまで研磨を行い、生物顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った。それぞれの顕微鏡写真は、コンピュータ上で繋ぎ合わせ、上下が対応する位置に連続して配置した（写真80）。

（2）菱形文の表面観察

実体顕微鏡を用いて、菱形文の凹凸や交叉する糸の上下関係を観察し、菱形を形成する糸の巻き方を検討した（写真81）。

（3）観察結果

① 塗膜断面の観察から得られた知見

調査資料に木胎はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。包埋試料は幅が約19mmと長いのでマイクローム切削や研磨中に空気の混入や欠損が生じ連続した組織を観察できなかった（写真80① a、② a、③ a）。しかし、部分的ではあるが観察できた断面から得られた知見を以下に記載した。

- ◆ 1単位の菱形文を区切る太い糸は穴の大きさから判断すると直径が約400～450 μm 、細い糸は直径が約120～200 μm である。糸の下部は黒い。また、塗膜断面から観察できるのは糸の消失した穴、糸下部の台形状物質(写真80 ② bの1)、下層から順に、透明な褐色系塗膜層が1層(写真80 ② bの2)、黒い塗膜層が1層(写真80 ② bの3)、透明な褐色系塗膜層が2層観察された(写真80 ② bの4, 5)。
- ◆ 太い糸は断面形状が扁平な楕円形であることから麻(苧麻等)の可能性が高いと考えられた(写真82)。

② 菱形文の表面観察から得られた知見

肉眼および実体顕微鏡を用いた遺物の観察から以下の知見が得られた(写真81)。

- ◆ 細い糸と太い糸の2種類の糸で巻かれている。
- ◆ 最初に作られた菱形を基準にして、その上下に左下がりに巻く場合と右下がりに巻く場合を繰り返す事により、数層の菱形文が造形されている。
- ◆ 細い糸で作られた菱形の構成単位は、右下がりの糸11本と左下がりの糸11本である。
- ◆ 太い糸は、細い糸で構成された菱形を2列ずつ区切るように巻かれている(写真83)。

(4) 考察

塗膜断面の観察から得られた知見から、まず、黒色顔料を混ぜた漆を糸に浸み込ませ下記の工程で糸巻きを完成させたものと推測される。

① 漆塗膜の塗り工程 (写真80)

- [1] 油煙や松煙のような黒色顔料を混ぜた漆を糸につけ木胎に固定する。
- [2] 透明な褐色系漆を塗布し、凸部の傾斜をなだらかにする。
- [3] 黒色顔料を混ぜた漆を塗布する。
- [4] 仕上げとして全面にわたる透明な褐色系漆を2回塗布する。

② 菱形文の製作工程

糸の巻き方は、菱形中心から外に向かって右回りの螺旋を描くように糸を順番に上に重ねて構成されている事がわかった。つまり、工程1, 2(第14図)の糸を基準とし、それを挟むように上側と下側に左下がりに巻く場合(工程奇数番号)と右下がりに巻く場合(工程偶数番号)を規則的に繰り返すことにより中心から外へ各辺が時計回り(右回り)に重なりながら菱形が大きくなる。糸は菱形を埋める細い糸と、隣り合う菱形を区切るように最後に巻かれる太い糸の2種類が使用されている。

弓の糸を巻く工程は全部で26工程であった。黒色顔料を混ぜた漆を含ませた糸を用いた(写真70 ①b、②b、③b)。巻く工程を次の[1]から[13]に記し、第14図に示した。

- [1] 細い糸を用い、木胎に左下がりに巻く(工程1)。工程1に交差する様に右下がりに巻く(工程2)。
- [2] 工程1の糸の下側に左下がりに巻く(工程3)。工程2の糸の下側に右下がりに巻く(工程4)。
- [3] 工程1の糸の上側に左下がりに巻く(工程5)。工程2の糸の上側に右下がりに巻く(工程6)。
- [4] 工程3の糸の下側に左下がりに巻く(工程7)。工程4の糸の下側に右下がりに巻く(工程8)。
- [5] 工程5の糸の上側に左下がりに巻く(工程9)。工程6の糸の上側に右下がりに巻く(工程10)。
- [6] 工程7の糸の下側に左下がりに巻く(工程11)。工程8の糸の下側に右下がりに巻く(工程12)。
- [7] 工程9の糸の上側に左下がりに巻く(工程13)。工程10の糸の上側に右下がりに巻く(工程14)。
- [8] 工程11の糸の下側に左下がりに巻く(工程15)。工程12の糸の下側に右下がりに巻く(工程16)。

- [9] 工程13の糸の上側に左下がりに巻く(工程17)。工程14の糸の上側に右下がりに巻く(工程18)。
[10] 工程15の糸の下側に左下がりに巻く(工程19)。工程16の糸の下側に右下がりに巻く(工程20)。
[11] 工程17の糸の上側に左下がりに巻く(工程21)。工程18の糸の上側に右下がりに巻く(工程22)。
[12] 工程19の糸の下側に菱形2列を区切るように太い糸を左下がりに巻く(工程23)。工程20の糸の下側に菱形2列を区切るように太い糸を右下がりに巻く(工程24)。
[13] 工程23で残した工程19の糸の下側に太い糸を左下がりに巻く(工程25)。工程24で残した工程20の糸の下側に右下がりに巻く(工程26)。

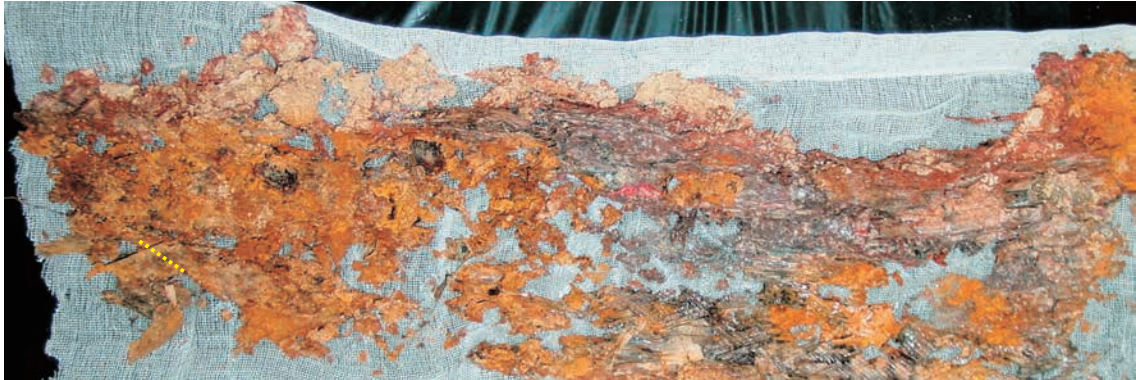


写真77 弓(⑧部分下面)菱形文塗膜の採取箇所

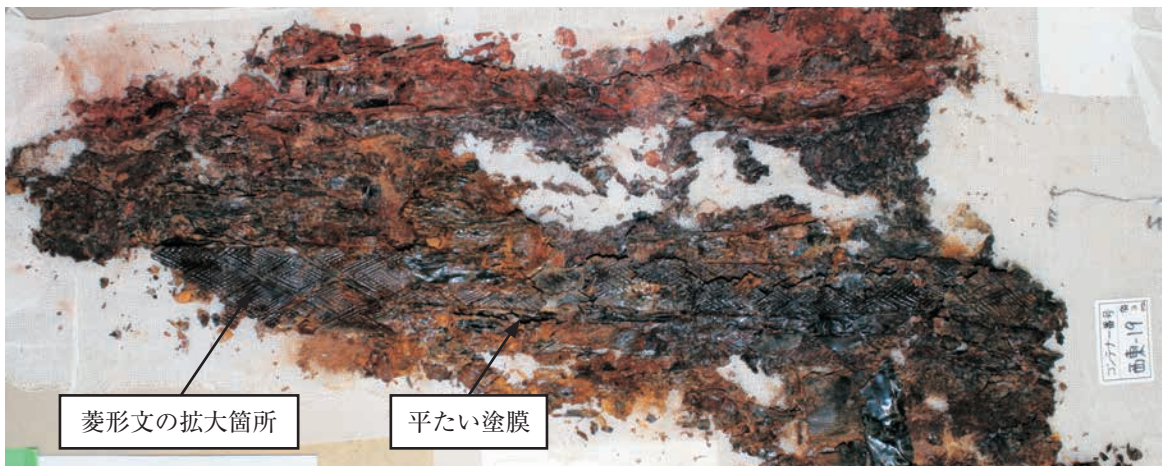


写真78 塗膜の拡大観察箇所写真(写真77はこの下層から剥ぎ取った部分)

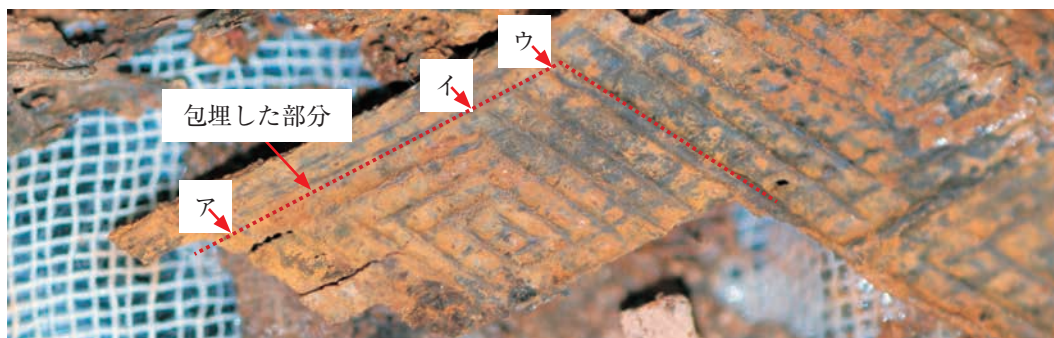
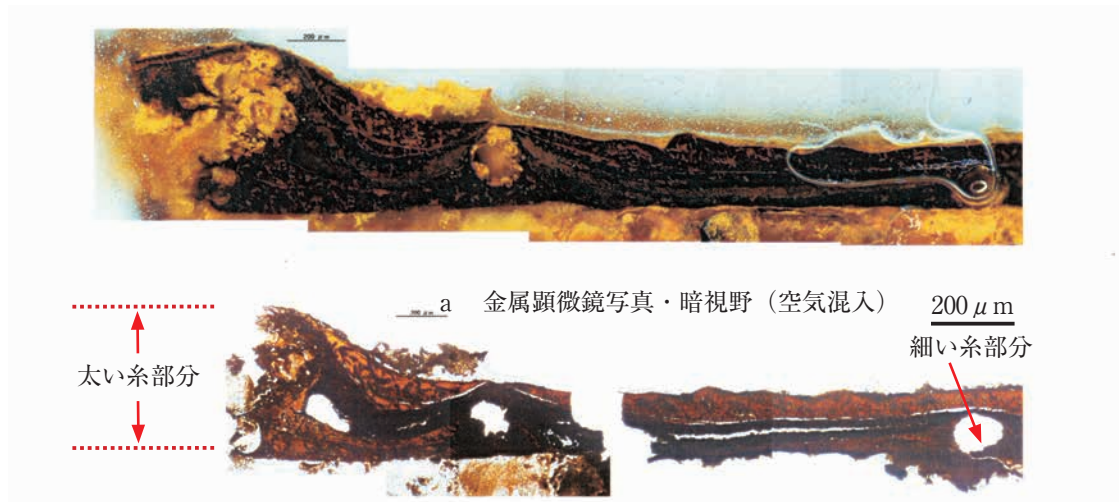
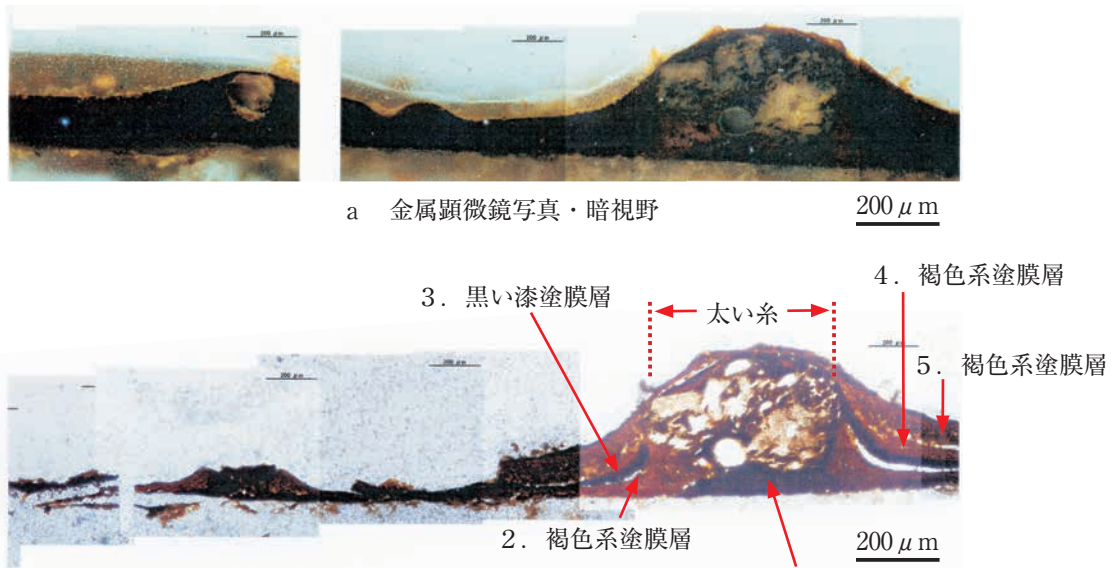


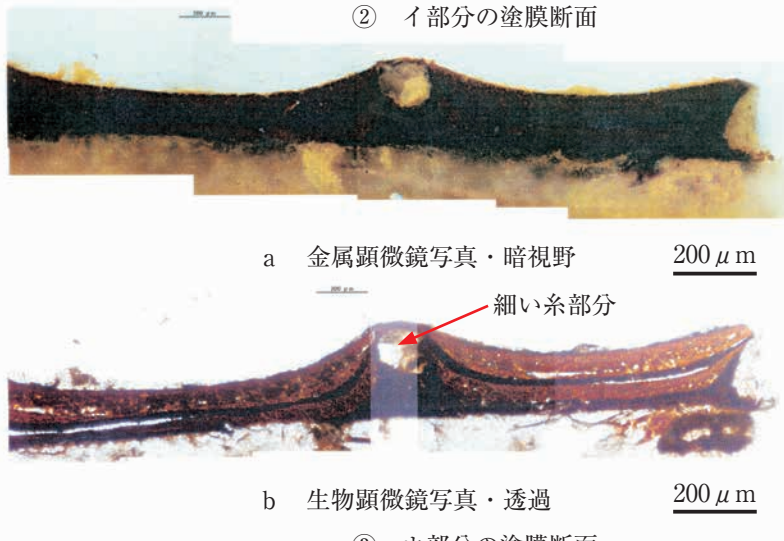
写真79 採取した塗膜の切断箇所(破線)と包埋部分



① ア部分の塗膜断面



② イ部分の塗膜断面



③ ウ部分の塗膜断面

写真80 菱形文の塗膜断面

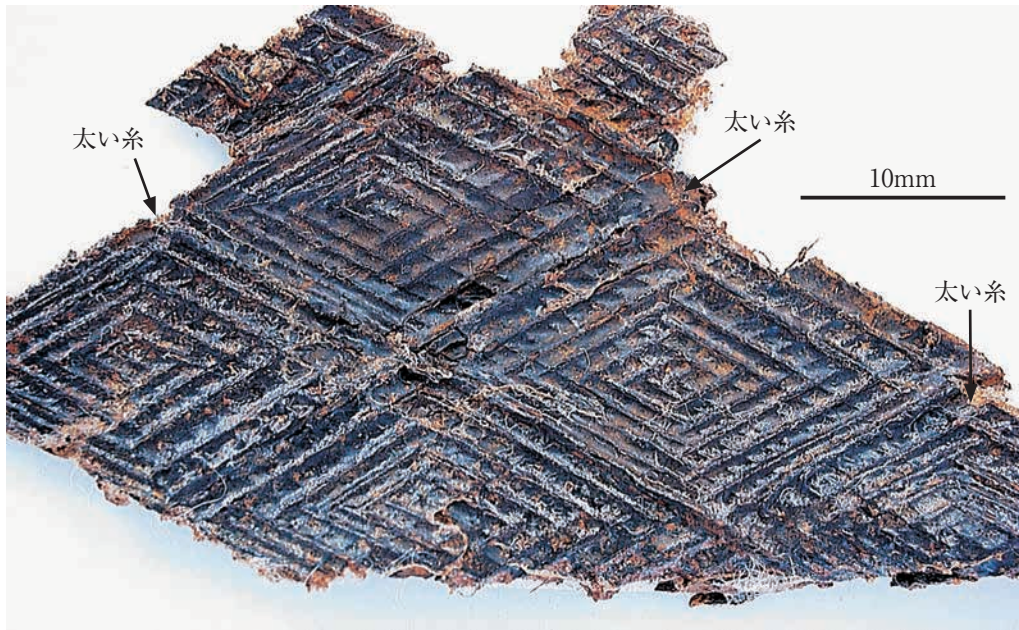
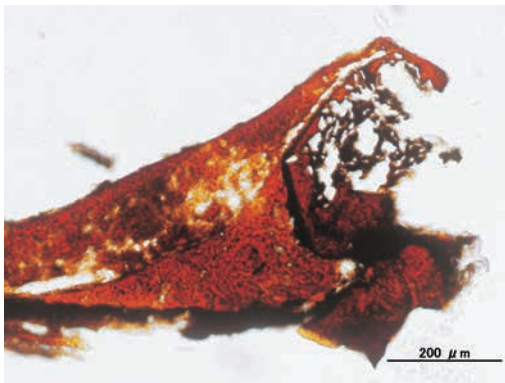
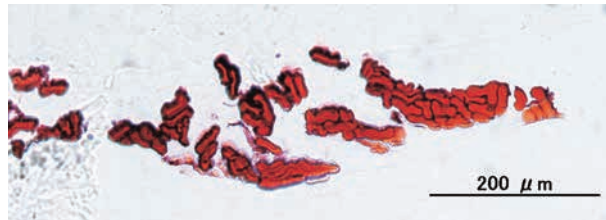


写真81 クリーニング後の菱形文



①塗膜断面 (太い糸)

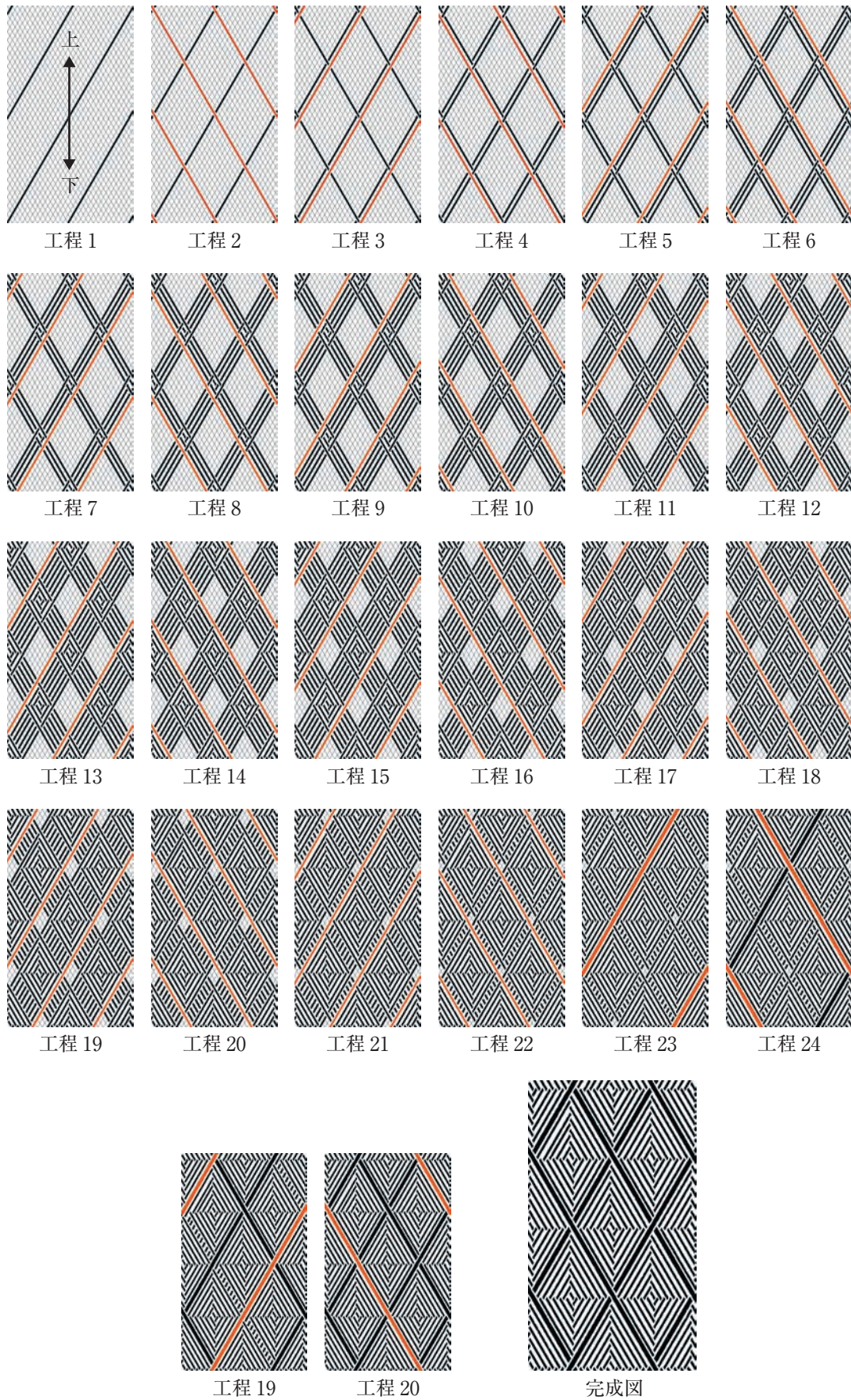


②昭和村の苧麻断面

写真82 糸の断面比較



写真83 弓 (西1区画盾1～3①部分) の菱形文



第14図 菱形文の製作工程

(5) 菱形文の名称について

糸を巻く工程を再現・検証する過程で、雷文(『広辞苑』によれば「方形の螺旋状文様。単独ではなく、数個連続するのが特色。」とされる)を描く動きが想起された。さらに、『漢字の起原』(加藤常賢著)によれば、「漢字「雷」の字音ライは「絡回」の意を表す。「絡回」とは音が^{つな}属^がって、左から右へ、あるいは右から左へ転回する様子を言う。この音とは「田」で表されている「小鼓」の意であり、かみなりの音のことをさす。「雷」即ち「鳴るかみ」の意の「雷」字の意味は、雨中にごろごろと音のするものの意であることが明白になった」、とする。上記は「雷」字の解釈だが、糸による弓の装飾にあてはめるとまるで、左右に螺旋を描きながら柄を構成するときの動作を言い当てた説明のように思われる。その結果として弓の表面に表された図形は雷文(または渦巻き文)の特徴を備えているため、この加飾・文様は、「菱形雷文」(菱形螺旋文)と呼ぶことがふさわしいのではないかと思われた。ただし巻き糸の間隔が狭いと、菱形が拡大していく様子は意識されにくい。

実際、雷文を意識しながら複数の起点を設定して中心から外へと同時に糸を巻きつけて再現すると、迷うことなく相似形の柄を構成しながら平面を効率よく埋め尽くすことができる。同様な加飾は雪野山古墳の鞍などにも見られ、当時このような造形、加飾に際して基本的な技術上の概念が確立されていたことが推測された。雪野山古墳報告書では、製作に際し糸を「編み上げる」と表現されるが、細い糸を用いるため「巻く」方がより実態に近いと思われる。

国外に目を向けると、韓国昌寧松峴洞遺跡6・7号墓出土資料(5世紀後半から6世紀初頭)にも同様な加飾が施された漆塗り木製品があり、こちらは縦方向に対する巻き糸(綿糸の可能性が指摘されている)の傾斜が本例より緩く、表面の模様は方形(雷文)に近い(写真84)。また、雷文は中国では古くは土器や、祭器としての青銅器に見ることができる。漆器は殷周時代の支配者層の木棺、木槨の装飾や祭器にはじまり、春秋時代後期(紀元前500年頃以降)には楽器、食器、武器などさまざまな漆塗りの器物が増え始めるとされる。戦国時代の湖北省曾侯乙墓(紀元前5世紀)出土事例では漆塗りの楽器や祭器を中心に「三角雷紋」「菱形雷紋」と呼ばれる図柄が随所に見られる(写真85)(『漆で描かれた神秘の世界—中国古代漆器展』東京国立博物館 1998)。前漢馬王堆漢墓出土の朱地彩繪の棺は、蓋板の周縁に「鉤型に連なる黄赤色の雷文[四角い渦文]を飾っている。」と紹介される(第15図-1)(『長沙馬王堆一号漢墓』上巻 1976年 平凡社)。また加飾方法は不明だが、漢代(後漢)の資料として画像石には、柱の装飾に同様な図柄を施す例が見られる(第15図-2)(『漢代の文物』林巳奈夫編 1976年 京都大学人文科学研究所)。本例のように糸を用いると、線でこれらを描くより容易に表面の加飾を行えるという利点がある。

一方、私たちの身近にもこのような巻き糸の表情を目にすることができる。毛糸玉やミシン用に筒などに巻かれた糸がその一例で、長尺の繊維をある程度の長さに巻き取るために、糸を規則正しく崩れないよう「綾振り」が行われた場合である。写真86では2方向の傾斜を持った糸が横長の菱形を形成するよう巻かれている。菱形の上半分は左下がりに、下半分は右下がりに巻かれた糸で埋め尽くされている。弓の場合は菱形を形成する四辺それぞれの方向に糸が並んでいる。また起点も複数設定されている。どちらの場合も作業自体は同じで、糸を左下がりと右下がりに交互に巻いて形成するという一連の動作である。異なる点は、ミシン用に巻かれた糸は菱形の中央を横に区切るように見えている、左下がりの巻きと右下がりの巻きの交点が一方方向に(この場合は左に)移動していることであり、弓の場合は交点が左右順番に繰り返しながら移動している点である。

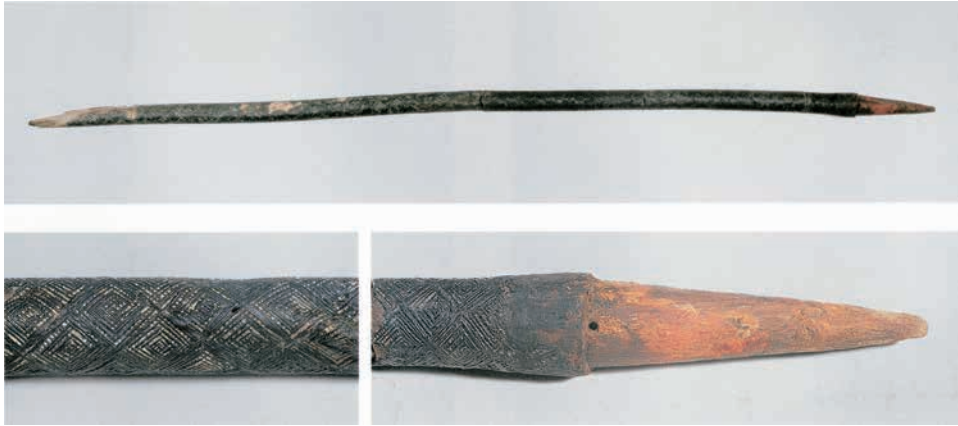


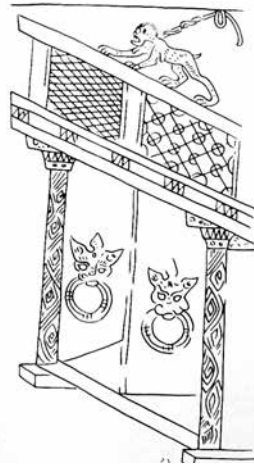
写真84 韓国昌寧松峴洞遺跡出土漆塗り木製品



写真85 湖北省曾侯乙墓出土 彩漆鐘棒の一部
『漆で描かれた神秘の世界－中国古代漆器展』44頁より



第15図-1 馬王堆一号漢墓朱地彩絵の棺の足部妻板の飾り(盖板周縁に雷文が見られる)『長沙馬王堆一号漢墓』上巻27～58頁より



第15図-2 後漢画像石(山東省沂南県)にみる柱の表現『漢代の文物』74頁より



写真86 ミシン用糸巻き

第2節 長柄(②・③)の菱形文塗膜の調査と製作技法の検討

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
小村 眞理

西1区画盾1～3の②部分(写真図版472)に付着する塗膜を用い調査観察を行った(写真87)。②部分と③部分(写真図版473)は接合可能な資料で前項の弓の塗膜が観察される資料である(写真87, 88)。長柄は、同区画に弓、盾と一緒に副葬されていた。

(1) 塗膜の断面観察

塗膜の塗り構造を調べるため、ピンセットを用いて赤破線箇所で菱形の一部を採取した(写真87)。採取塗膜をエポキシ樹脂に包埋後、マイクロームを用いて光が透過するまで薄い塗膜断面の切片を作製した。これらを永久プレパラートにした後、生物および金属顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った(写真89)。

(2) 菱形文の表面観察

実体顕微鏡を用いて菱形文の凹凸や交叉する糸の上下関係を観察し、菱形を形成する糸の巻き方を検討した。

(3) 観察結果

① 塗膜断面の観察から得られた知見

調査資料に木胎はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。部分的ではあるが観察できた断面から得られた知見を以下に記載した。

- ◆ 1単位の菱形文を区切る太い糸は穴の大きさから判断すると直径が約600～800 μ m、細い糸は直径が200 μ m以下である。右側の2つ並んだ丸い穴は細い糸の痕跡と思われるが、糸のズレか巻き違いの可能性がある。糸の下部に弓のような黒い台形状部分は見られない。塗膜断面から観察できるのは糸の消失した穴、下層から順に、その糸穴を覆うように透明な褐色系塗膜層が約3層観察された(写真89)。
- ◆ 糸の断面形状が扁平な楕円形であることから麻(苧麻等)の可能性が高いと考えられた(写真90)。

② 菱形文の表面観察から得られた知見

遺物の肉眼観察から以下のことが判った(写真87, 88, 91)。なお、これらは塗膜表面ではなく塗膜裏面と考えられる。

- ◆ 漆等の残存状態は悪く、弓より劣化が進んでいる。
- ◆ 細い糸と太い糸の2種類の糸で巻かれている。
- ◆ 最初に作られた菱形を基準にして、その上下に左下がりに巻く場合と右下がりに巻く場合を繰り返す事により、数層の菱形文が造形されている。
- ◆ 細い糸で作られた菱形の構成単位は、右下がりの糸9本と左下がりの糸9本である。
- ◆ 太い糸は、弓のように細い糸で構成された菱形2列を区切るように巻かれていた可能性があるが、確認はできなかった(写真91)。

(4) 考察

塗膜断面の観察から得られた知見から、菱形文の製作技法は糸の本数や太さに違いはみられるが、弓とほぼ同じと考えられた。

以上より推定される製作技法は以下の通りである。

① 漆塗膜の塗り工程 (写真89)

[1] 漆を塗布し糸を固定した。

[2] 透明な褐色系漆を数回塗布し、糸を固定するとともに凸部の傾斜をなだらかにした。

② 菱形文の製作工程

全部で22工程と考えられた。透明な褐色系漆を含ませた糸を巻いた(写真89。巻く工程を次の[1]から[11]に記した。第14図参照。

[1] 細い糸を用い、木胎に左下がりに巻く(工程1)。工程1に交差する様に右下がりに巻く(工程2)。

[2] 工程1の糸の下側に左下がりに巻く(工程3)。工程2の糸の下側に右下がりに巻く(工程4)。

[3] 工程1の糸の上側に左下がりに巻く(工程5)。工程2の糸の上側に右下がりに巻く(工程6)。

[4] 工程3の糸の下側に左下がりに巻く(工程7)。工程4の糸の下側に右下がりに巻く(工程8)。

[5] 工程5の糸の上側に左下がりに巻く(工程9)。工程6の糸の上側に右下がりに巻く(工程10)。

[6] 工程7の糸の下側に左下がりに巻く(工程11)。工程8の糸の下側に右下がりに巻く(工程12)。

[7] 工程9の糸の上側に左下がりに巻く(工程13)。工程10の糸の上側に右下がりに巻く(工程14)。

[8] 工程11の糸の下側に左下がりに巻く(工程15)。工程12の糸の下側に右下がりに巻く(工程16)。

[9] 工程13の糸の上側に左下がりに巻く(工程17)。工程14の糸の上側に右下がりに巻く(工程18)。

[10] 工程15の糸の下側に菱形2列を区切るように太い糸を左下がりに巻く(工程19)。工程16の糸の下側に菱形2列を区切るように太い糸を右下がりに巻く(工程20)。

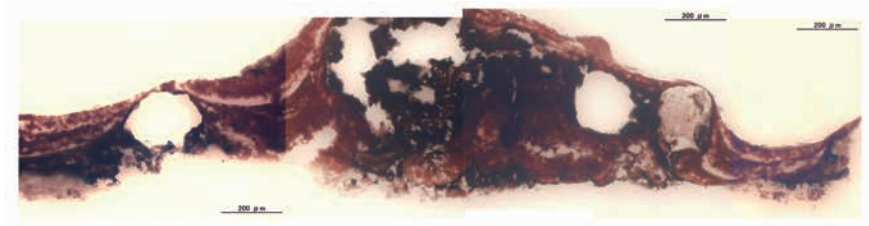
[11] 工程19で残した工程15の糸の下側に太い糸を左下がりに巻く(工程21)。工程20で残した工程16の糸の下側に右下がりに巻く(工程22)。



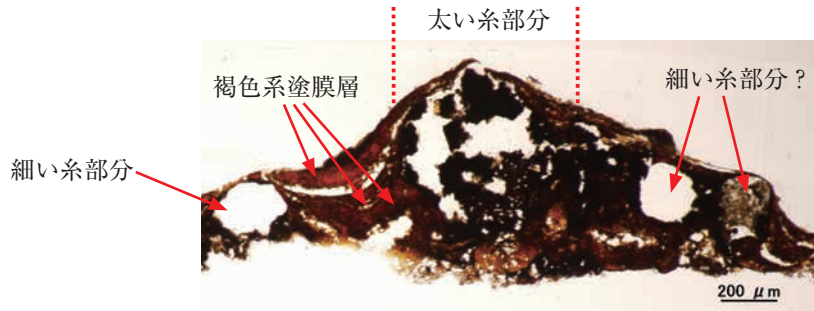
写真87 長柄(②部分)菱形文



写真88 長柄(③部分)菱形文

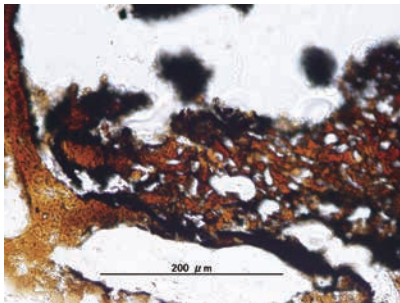


a 金属顕微鏡写真・暗視野

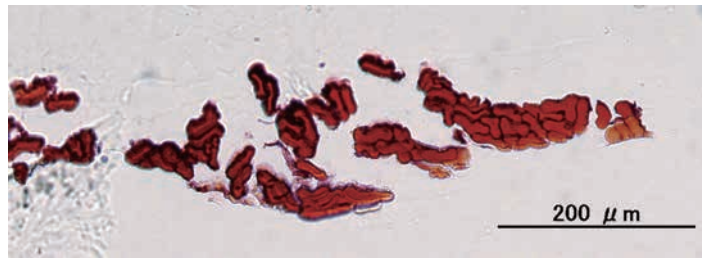


b 生物顕微鏡写真・透過

写真89 菱形文の塗膜断面



①太い糸断面



②昭和村の苧麻断面

写真90 糸の断面比較



写真91 ③の長柄部分の拡大写真（塗膜裏面）

第3節 盾の綾杉文・鋸齒文塗膜の調査と製作技法の検討

(財) 元興寺文化財研究所 井上美知子

西1区画と西2区画より採取した塗膜を用い調査観察を行った(写真92)。西1区画①部分は、盾1、2と3が、西2区画のものは盾4と5が観察される資料である(写真92)。

(1) 塗膜の断面観察

塗膜の塗り構造を調べるため、メスとピンセットを用いて破線箇所を採取した(写真92)。エポキシ樹脂に包埋後、ミクロトームを用いて光が透過するまで薄い塗膜断面の切片を作製した。これらを永久プレパラートにした後、生物および金属顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った。

(2) 観察結果

① 盾3の塗膜断面の観察から得られた知見

盾3の調査資料には盾の本体と考えられる木胎や皮革はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。

塗膜断面から刺し縫い糸の痕跡と考えられる空隙は観察されなかった。下層から順に、透明な褐色系塗膜層が1～2層観察され、その上に有機質の痕跡とも考えられる空隙があり、さらに透明な褐色系塗膜層が1～2層観察された(写真93)。ただし全体的に劣化が進んでおり、断定は難しい。

② 盾4の塗膜断面の観察から得られた知見

盾4の調査資料に木胎はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。

塗膜断面から刺し縫い糸の痕跡と考えられる空隙が観察された。糸の太さは100 μ m以下であった。それを覆うように下層から順に、黒い塗膜層が1層と透明な褐色系塗膜層が1層、さらに黒い塗膜層が1～2層観察された(写真94)。ただし全体的に劣化が進んでおり、断定は難しい。

③ 盾5の塗膜断面の観察から得られた知見

盾5の調査資料に木胎はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。

塗膜断面から刺し縫い糸の痕跡と考えられる空隙は観察されなかった。上層から順に、黒い塗膜層が2層と透明な褐色系塗膜層が1層、黒い塗膜層が1層観察されたがそれより下層は不明瞭であった(写真95)。ただし全体的に劣化が進んでおり、断定は難しい。

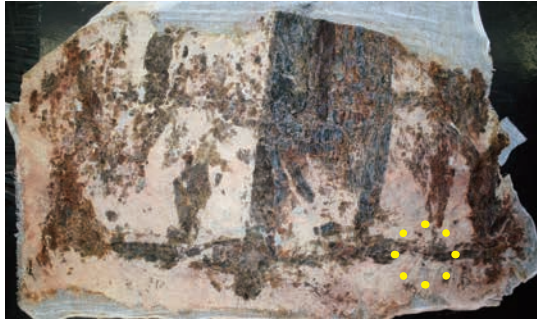
(3) 考察

盾4の塗膜断面の観察から得られた知見から、推定される盾漆塗膜の製作技法は以下の通りである。

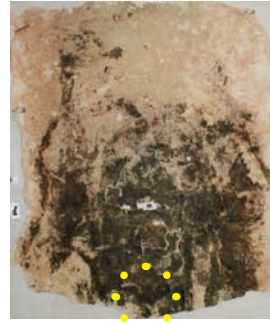
刺し縫い糸について (写真94)

- [1] 透明な褐色系漆を塗布し糸を固定した。
- [2] 油煙や松煙のような黒色顔料を混ぜた漆を塗布した。
- [3] 透明な褐色系漆を塗布し、糸を固定するとともに凸部の傾斜をなだらかにした。
- [4] 油煙や松煙のような黒色顔料を混ぜた漆を塗布した。

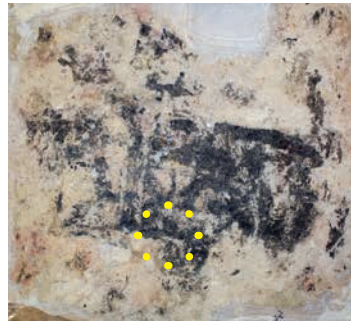
なお、仕上げとして全面にわたる透明な褐色系漆を塗布すると考えられるが、劣化により失われた可能性も考えられる。



a 盾3

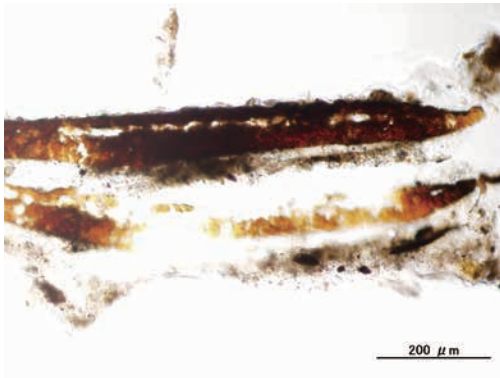


b 盾4

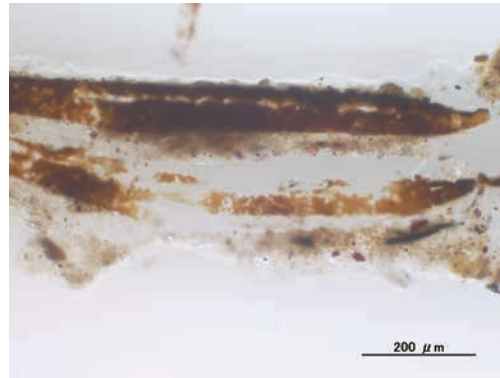


c 盾5

写真92 盾文様部分の採取箇所

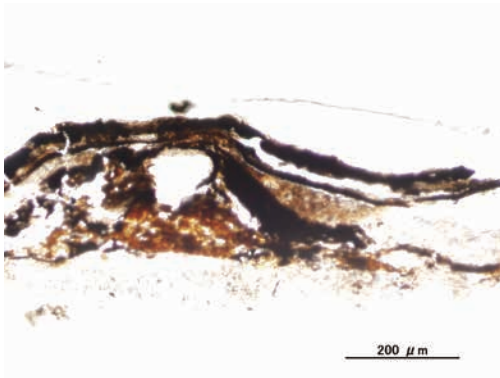


生物顕微鏡写真・透過

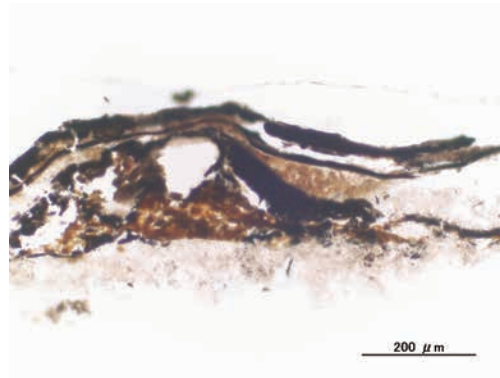


金属顕微鏡写真・暗視野

写真93 盾3の文様塗膜断面

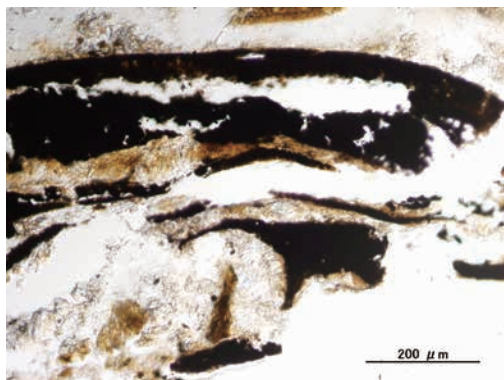


生物顕微鏡写真・透過

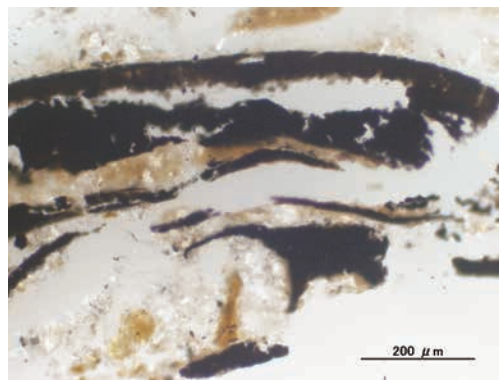


金属顕微鏡写真・暗視野

写真94 盾4の文様塗膜断面



生物顕微鏡写真・透過



金属顕微鏡写真・暗視野

写真95 盾5の文様塗膜断面

第4節 矢柄塗膜の構造の調査

(財) 元興寺文化財研究所 井上美知子

西1区画盾1～3の③部分(写真図版473)より採取した塗膜を用い調査観察を行った(写真96)。

(1) 塗膜の断面観察

塗膜の塗り構造を調べるため、メスとピンセットを用いて破線箇所を試料を採取した(写真96)。エポキシ樹脂に包埋後、ミクロトームを用いて光が透過するまで薄い塗膜断面の切片を作製した。これらを永久プレパラートにした後、生物顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った。

(2) 観察結果

① 塗膜断面の観察から得られた知見

矢柄の調査資料に木胎はなく塗膜のみがみられ、下地の状態は不明であった。

塗膜断面から糸の痕跡と考えられる空隙が観察された。糸の太さは100 μ m以下であった。それを覆うように透明な褐色系塗膜層1層が観察された(写真97)。下部の黒い物質は漆より重い不純物と考えられた。

(3) 考察

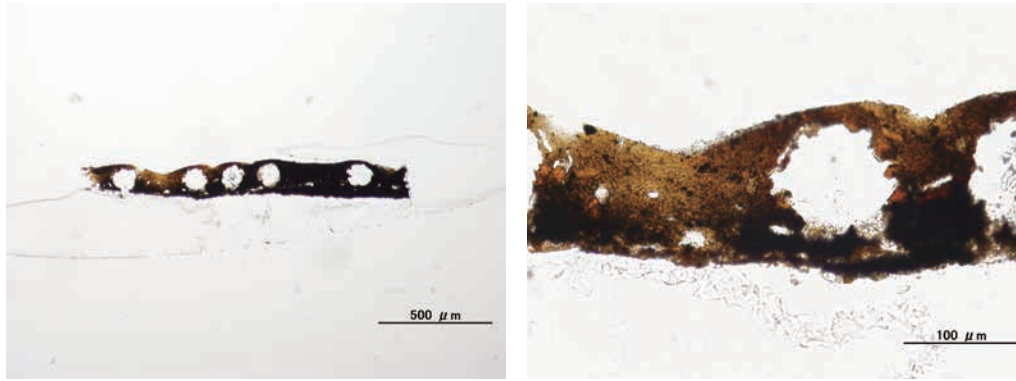
塗膜断面の観察から得られた知見から、推定される製作技法は以下の通りである。

① 矢柄の製作工程(写真97)

[1]糸を巻いた後に透明な褐色系漆を塗布した可能性が高いと思われた。



写真96 矢柄塗膜の採取箇所



a 生物顕微鏡写真・透過

b (aの拡大)

写真97 矢柄塗膜の断面顕微鏡

参考文献

- 兵庫県教育委員会埋蔵文化財調査事務所、2003、『茶すり山古墳 調査概報』、兵庫県教育委員会
- 小野正敏・佐藤信・館野和己・田辺征夫、2007、『歴史考古学大辞典』、(株)吉川弘文館
- 都出比呂志、1996、『雪野山古墳の研究 考察編』、雪野山古墳発掘調査団
- 岩波書店、1991、『広辞苑』
- 加藤常賢著、昭和47年、『漢字の起原』 角川書店
- 国立昌原文化財研究所、2006、「昌寧 松峴洞古墳群 6・7号墳発掘調査概報」、『学術調査報告第33集』
- 東京国立博物館、1998、『漆で描かれた神秘の世界—中国古代漆器展』
- 関野 雄、1976、『長沙馬王堆一号漢墓』上巻 平凡社
- 林巳奈夫編、1976、『漢代の文物』 明文舎
- 三重県埋蔵文化財センター、1992、「城之越遺跡—三重県上野市比土—」、『三重県埋蔵文化財調査報告99-3』
- 田中秀和、1994、「機内における盾形埴輪の検討—革盾模倣盾形埴輪を中心として—」、『大阪市文化財論集』
- 青木あかね、2003、「古墳出土革盾の構造とその変遷」、『古文化談叢 第49集』、九州古文化研究会
- 藤田淳、1999、「金属製品に遺存する有機質遺物について」、『兵庫県文化財調査報告書 第191冊 向山古墳群・市条寺古墳群・一乗寺経柄・矢別遺跡』、兵庫県教育委員会

第5節 刀装具(西区画18)の塗膜構造の調査と獣毛様附着物の同定

(財) 元興寺文化財研究所 井上美知子

(1) 方法

西区画刀装具18の刀の把から剥離した塗膜の調査観察を行った(写真98, 99)。塗膜の下部に獣毛様物質がみられたため一部採取し、SEM観察と、ATR-FTIRを用いた成分分析を行った。

また、漆の塗り構造を調べるため微量の破片をエポキシ樹脂に包埋し、マイクロームを用いて光が透過するまで薄い塗膜断面の切片を作製した。これらを永久プレパラートにした後、生物顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行った。

(2) 結果

獣毛様物質はSEM観察の結果、広葉樹の道管にみられる螺旋や穿孔がみられた(写真100)。直径は約 $100\mu\text{m}$ であった。ATR-FTIRの結果、 $3400, 2930, 2860, 1700, 1640, 1450, 1280\text{cm}^{-1}$ 付近に漆の吸収ピークがみられた(第16図)。

塗膜断面からも下部に伸びた褐色系透明漆が観察された(写真101)。塗膜は表層から順に、約 $30\mu\text{m}$ の褐色系塗膜層が2層、その下部に厚みの不均一な黒い層がみられた(写真101)。

(3) 考察

刀装具には下地として粘度の低い生漆が塗布されたものと考えられた。その結果、木胎に浸透した漆が獣毛様物質にみえたものと思われた。

塗膜層は劣化が著しく層構造は明瞭ではなかった。しかし、黒い層は厚さが一様ではないことから、最初に不純物の多い生漆が塗布され、不純物が表面で固まり黒い層となった可能性が高い。その上に透明な褐色系透明漆が2層の塗布されたものと考えられた。



写真98 刀装具(西区画18)の塗膜



写真99 獣毛様付着物

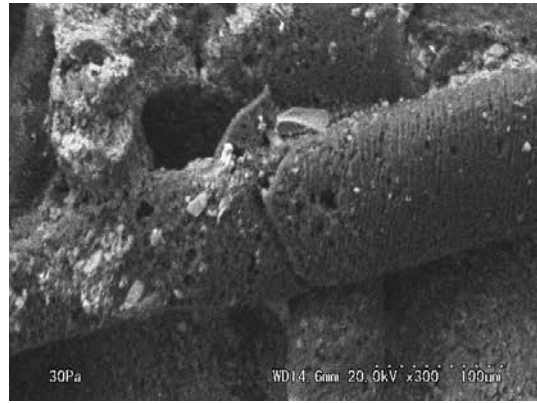
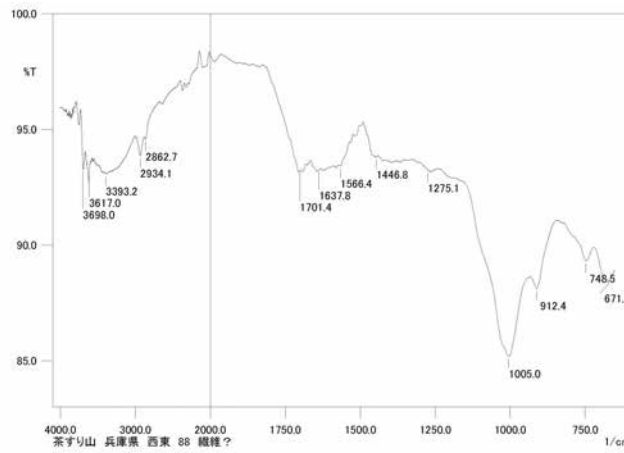


写真100 獣毛様付着物のSEM画像



第16図 獣毛様付着物のATR-FTIRスペクトル

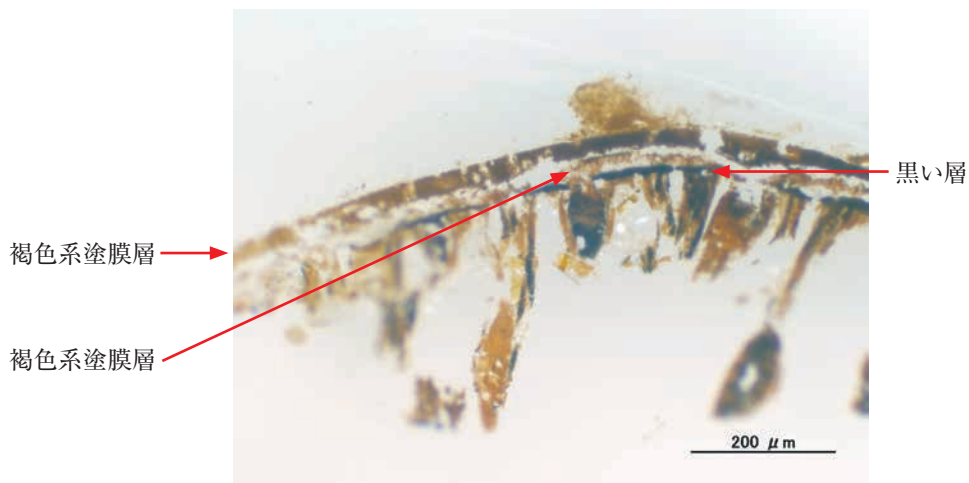


写真101 塗膜断面の生物顕微鏡写真

第6節 剣(No.14：中央区画剣9)の把木付着布と

鞘尻漆の塗膜構造の調査

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
小村 眞理

No.14：剣9は、樹種同定の結果、鞘身と把間共に、剣に用いられた典型的な樹種であった。また、布、漆など有機物の付着がみられたため、剣の代表的な事例として調査を行った。

(1) 方法

把巻紐の上に布、鞘尻部分に漆の付着がみられたためそれぞれについて調査観察を行った(写真102)。

① 布

実体顕微鏡で布を観察し、織り組織と織り密度を調べた。つぎに、布の経緯糸を微量採取し、SEM観察を行った。

② 鞘尻漆

鞘尻から剥落した少量の塗膜片を採取した(写真102)。エポキシ樹脂に包埋後、ミクロトームを用いて光が透過するまで薄い塗膜断面の切片を作製した。これらを永久プレパラートにした後、生物および金属顕微鏡で断面を観察し写真撮影を行なった。

(2) 結果

① 布

実体顕微鏡で観察した結果、布は平織で織り密度は 1 cm^2 あたりおおよそ経糸48×緯糸10～12であった(写真103)。布に耳がみられず、経緯糸の判断ができなかったため、本数の多い糸を経糸とした。経緯糸に撚りはみられなかった。糸の繊維断面をSEMで観察した結果、繊維断面は丸みを帯びた三角形で、対になっていることから絹であることが判った(写真104)。

② 鞘尻漆

下地層は不明であった。約 $14\sim 25\ \mu\text{m}$ の黒い塗膜層の上に約 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ の褐色系透明漆層が観察され、塗膜は2層であることが判った(写真105)。赤色部分は、顔料が付着したものである(写真105)。

(3) 考察

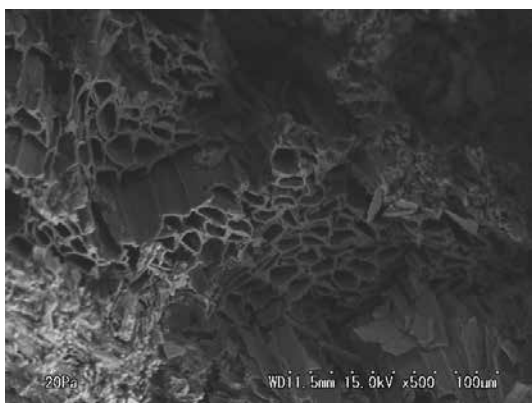
剣9は、樹種同定や有機物分析の結果、代表的な材料で構成されていた。即ち、鞘身、鞘尻はヒノキであり、把間はカエデ属であった。把木に付着した平織布の材質は絹で、左右対称の繊維断面が見られることから、精練がほとんどなされていない生糸を用いていると考えられた。鞘尻漆は油煙や松煙等の黒色顔料を混入したと思われる層の上に透明な褐色系漆が塗布されており、深みのある黒い塗膜であったと考えられた。



写真102 No.14：中央区画剣9の分析箇所



写真103 付着布の実体顕微鏡画像

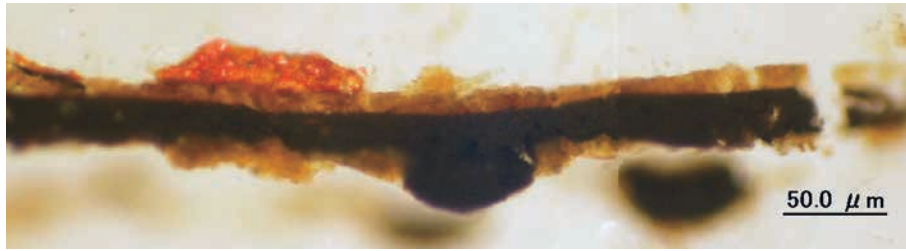


a 経糸断面

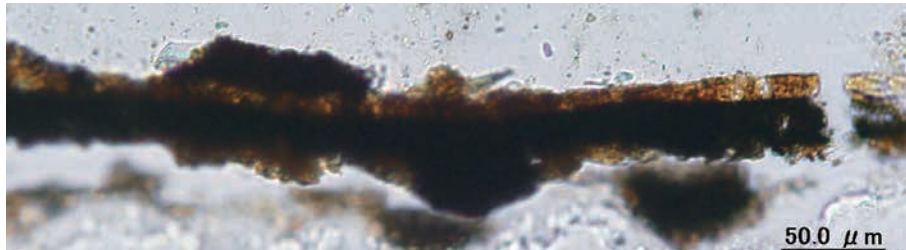


b 緯糸断面

写真104 付着布のSEM画像



a 金属顕微鏡写真・落射暗視野



b 生物顕微鏡写真・透過

写真105 鞘尻漆の塗膜断面 (a: 落射暗視野・b: 透過)

第4章 材質・成分分析

茶すり山古墳出土金属製遺物のうち、武器・武具および青銅鏡に付着する有機物（漆、布、繊維、毛、革等）の調査・分析を行った。なお、多くの有機物は錆化して、形状のみを残しているものが多く、調査は主に顕微鏡観察に拠った。

顕微鏡は、実体顕微鏡（㈱ライカMZ16）、生物顕微鏡（㈱オリンパスBX-50）、金属顕微鏡（㈱オリンパスBH2-UMA）および走査型電子顕微鏡（以下、SEM）（㈱日立製作所S-3500N）を使用した。

また、有機成分が残っている可能性のある物質を同定するため全反射フーリエ変換型赤外分光光度計（以下、ATR-FTIR）（SENSIR TECHNOLOGIES製TravelIR）を、含有元素を同定するためにエネルギー分散型蛍光X線分析装置（以下、XRF）（セイコーインスツルメンツ㈱製SEA5230）を使用した。なお、ATR-FTIRは検出器TGSを用い、分解能 4cm^{-1} で測定し、XRFはモリブデン管球使用、コリメータサイズ $\phi 1.8\text{mm}$ 、管電圧45kV、大気圧下で300秒間X線を照射し測定した。

第1節 刀（No.33：西区画刀18）の把巻紐の断面観察と繊維種同定

（財）元興寺文化財研究所 井上美知子

（1）方法

形状が比較的良好な把巻紐（把に巻かれた紐）がみられたため調査・観察を行った（写真106）。剥落した把巻紐を実体顕微鏡で観察後、SEMで穴の横断面と、2つの穴をまとめる繊維の表面を観察した。

把巻紐の製作技法を明らかにするため、1単位の紐をエポキシ樹脂に包埋し、マイクロームで紐の中央部まで切り出し（写真107 赤破線）、断面を実体顕微鏡と金属顕微鏡で観察した。

（2）結果

- ◆ 実体顕微鏡で横断面を観察した結果、約 $420\mu\text{m}$ の2つの糸の消失した穴があること、本来あった2本の糸を別の繊維で8の字状(∞)に巻いていること、しかし、その表面は平坦(∞ の中央のくぼみがない)なことが判った（写真107）。
- ◆ 穴の中の繊維はSEM観察の結果、断面は丸みを帯びた三角形でそれらが対になっていたことから絹であることが判った（写真108）。
- ◆ 外側に巻かれた繊維の断面をSEMで観察した結果、様々な大きさや形を有する組織がみられたが、繊維の特徴を把握することはできなかった（写真108、109）。
- ◆ 外側に巻かれた繊維は包埋した資料断面の顕微鏡観察の結果からも、様々な大きさや形状を有する組織が見られたが、繊維の特徴を把握することはできなかった（写真110）。

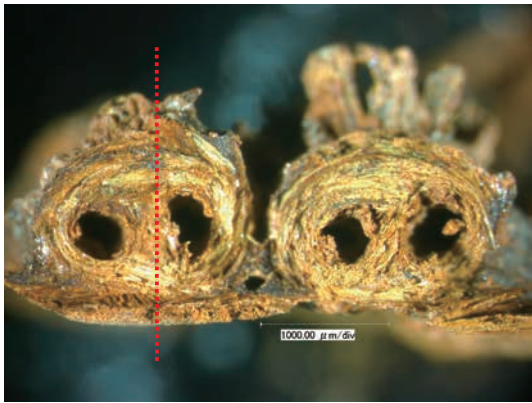
（3）考察

把巻紐の構造は、2本の絹糸を芯として外巻き繊維で8の字に巻き結束した。同時に ∞ の字の窪みを覆うように周囲を巻き、表面が平坦な1本の紐にしたものと考えられた。絹は左右対称の繊維断面が見られることから、精練がほとんどなされていない生糸と考えられた。外巻き繊維は、断面・表面形状から植物繊維と考えられるが、繊維の特徴はみられなかった。絹は芯となる糸で形状が残っていることから

も判るように繊維の消失した穴ではあるが断面形状は維持している。それに対し、セルロースが主成分の植物性繊維は、酸性のさび汁で溶けながら崩壊していくため形状の維持が困難と考えられた。以上より、外巻き繊維は植物性繊維と考えられるが同定はできなかった。



写真106 No.33：西区画刀18の分析箇所

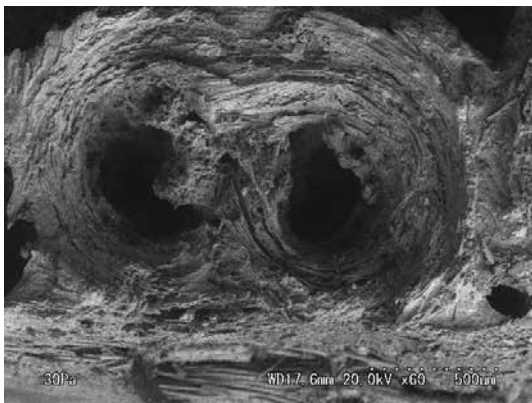


a 横断面

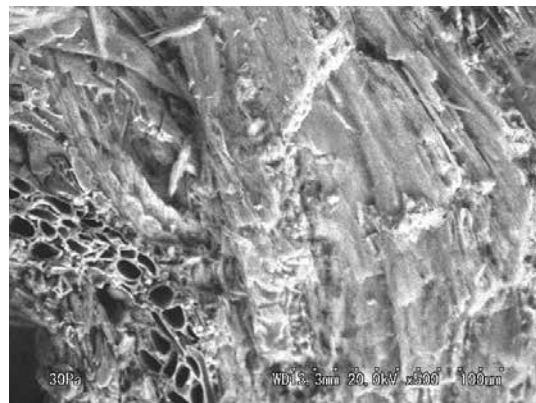


b 長手方向

写真107 包埋資料の切断および観察箇所

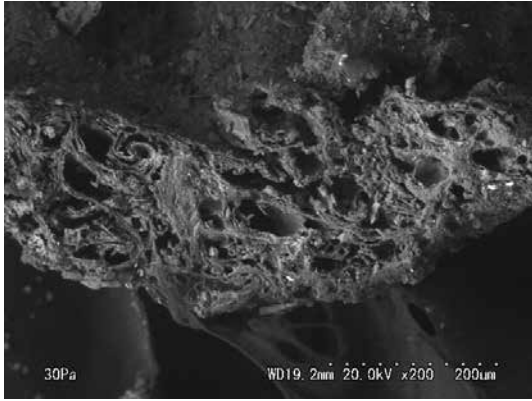


a 穴をクロスする外巻き繊維

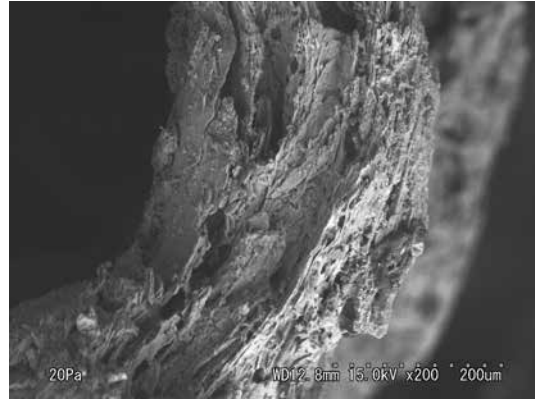


b 穴の中の繊維断面 (左下)

写真108 把巻紐横断面のSEM画像



a 外巻き繊維断面



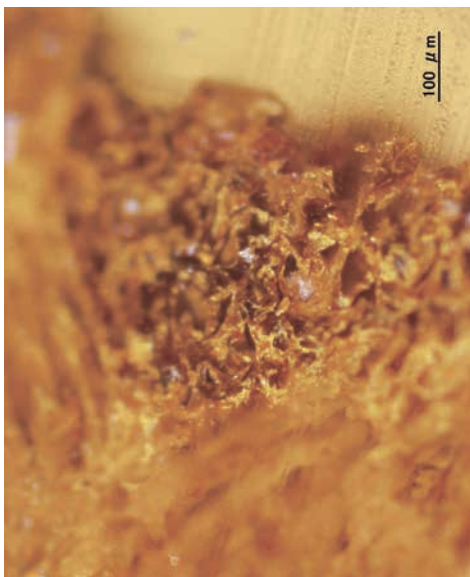
b 外巻き繊維側面

写真109 把巻紐長手方向断面のSEM画像

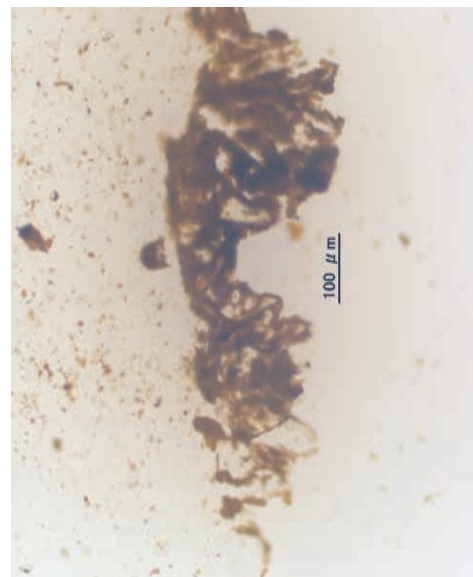


この辺りから作製した
外巻き繊維断面がb、c

a 中央部分の外巻き繊維（写真107の赤破線の断面）



b 外巻き繊維の断面1



c 外巻き繊維の断面2

写真110 包埋資料の断面の金属顕微鏡写真

第2節 銚(No.80：西区画銚9)の柄木付着布の繊維種同定

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
小村 眞理

(1) 方法

柄木の剥落片に布の付着がみられたため調査・観察を行った(写真11, 112)。付着布を実体顕微鏡で観察後、SEMで繊維断面を観察した。

(2) 結果

実体顕微鏡で観察した結果、布は平織であった。織糸の太さ、織布に偏りがみられたが 1cm^2 あたりおおよそ経糸 $20\sim 40\times$ 緯糸 $16\sim 20$ であった(写真113)。糸に撚りはみられなかった。糸の破断面をSEMで観察した結果、繊維断面は丸みを帯びた三角形で、それらが対になっていたことから絹であることが判った(写真114)。

(3) 考察

布の材質である絹は、左右対称の繊維断面が見られることから、精練がほとんどなされていない生糸を用いていると考えられた。経糸に比べ緯糸の密度が低く、すきまが広く軽い質感の布であったと思われる。



写真111 No.80：銚9



写真112 布が付着した柄木表面



写真113 付着布の実体顕微鏡画像

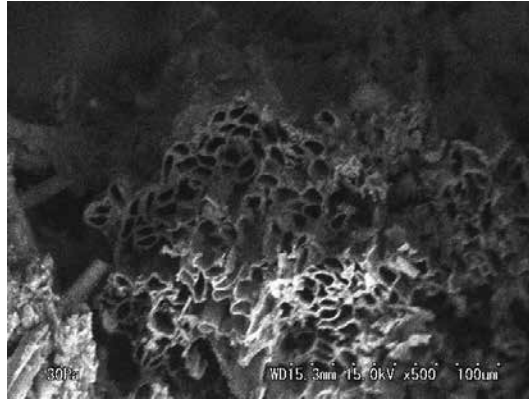


写真114 付着布繊維のSEM画像

第3節 豎矧板鋌留衝角付冑(04092-3)の布と獣毛様付着物の同定

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
大阪府立産業技術総合研究所 皮革試験所 奥村 章

(1) 方法

豎矧板鋌留衝角付冑から剥落した布(写真115)と、獣毛様付着物の同定を行った。

① 布

実体顕微鏡で布を観察し、織り組織と織り密度を調べた。つぎに、布の経緯糸を微量採取し、SEMで断面を観察した。

② 獣毛様付着物

皮革の可能性のある黄褐色部分2ヶ所(写真118:冑内側の縁と上部)から微量の試料を採取し、ATR-FTIRで成分分析を行った。分析試料はさびの影響を減らすため18%の塩酸に1時間浸漬後、十分に純水により洗浄した。

実体顕微鏡で獣毛様付着物を観察し、断面・側面形状を調べた。また、獣毛様部分を微量採取し、SEMで表面を観察した。

(2) 結果

① 布

豎矧板鋌留衝角付冑に布が付着していた。調査・分析は落下していた破片3点(写真115)で行った。実体顕微鏡で布の破片を観察した結果、3点ともに平織であった。織り密度は 1 cm^2 あたりaでは経糸48×緯糸19、bでは経糸51×緯糸20、cでは経糸49×緯糸20であった。経緯糸の判断ができなかったため、本数の多い糸を経糸とした。経緯糸共にほとんど撚りはみられなかった(写真116)。

破断面をSEMで観察した結果、繊維断面は丸みを帯びた三角形で対になっていたことから絹であることが判った(写真117)。

② 獣毛様付着物

皮革の可能性のある黄褐色部分2ヶ所(冑内側の縁と上部)のATR-FTIR分析の結果、 1640 cm^{-1} 付近にアミドIと思われる吸収、 1730 cm^{-1} 付近に油脂と思われる吸収がみられ、皮革の可能性があると考えられた(第17図)。

実体顕微鏡で観察した結果、剥落した獣毛様付着物の断面は丸く、空洞がみられた(写真119)。また、表面をSEMで観察した結果、毛小皮紋理(キューティクル)と、毛が劣化したため表面に浮き上がった毛髄質の格子状組織が観察された(写真120)。日本産鹿の刺毛(根元部分)と比較した結果(写真121)、鹿の毛髄質に特徴的にみられる格子状組織があり、毛小皮紋理の形態が類似しており鹿毛の可能性が高いことが判った。

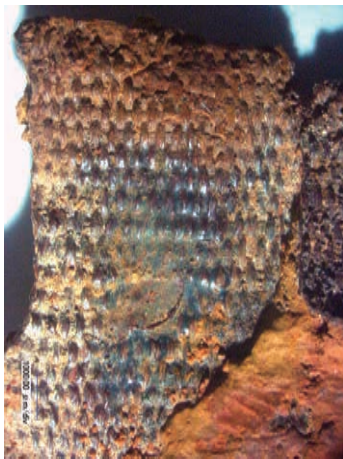
(3) 考察

豎矧板鋌留衝角付冑内側から平織の緻密な布と、毛・革が観察された。布は絹で緻密である。3点共に織り密度がほぼ同じであることから同一の布であろう。左右対称の繊維断面が見られることから、精練がほとんどなされていない生糸を用いていると考えられた。

また、剥落した獣毛様付着物と冑付着物質は鹿の毛・革の可能性が高い。獣毛様付着物が兜の内側に観察されることから、鹿毛の摩耗弱さと鹿革の柔軟性を考えると、毛皮としてではなく、鹿革のクッション材として利用されたと推測される。獣毛様付着物の脱毛方法は毛刈りによるものと考えられ、埋蔵中に毛乳頭層が劣化し、短く刈られた毛の根元部分が露出してきたと推測される。この乳頭層を残した毛刈りによる脱毛方法は、奈良・平安時代の乳頭層を除去する鹿革の製造方法（「延喜式」）とは異なっている。



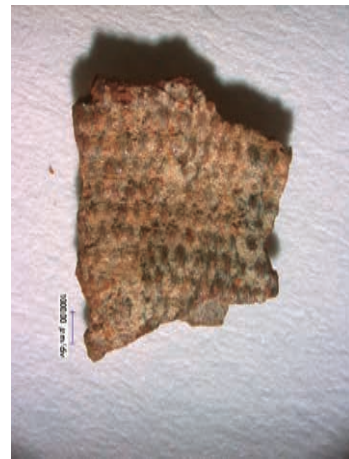
写真115 鉄留冑 (04092-3) の布の破片



a aの拡大

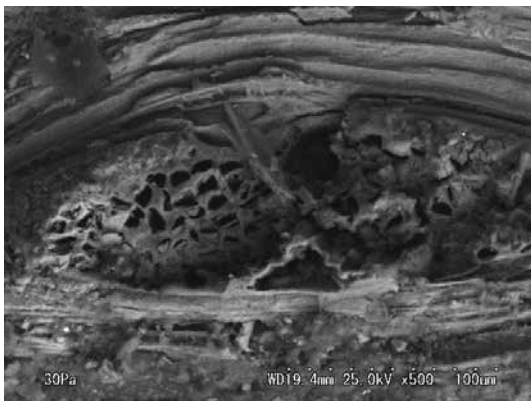


b bの拡大

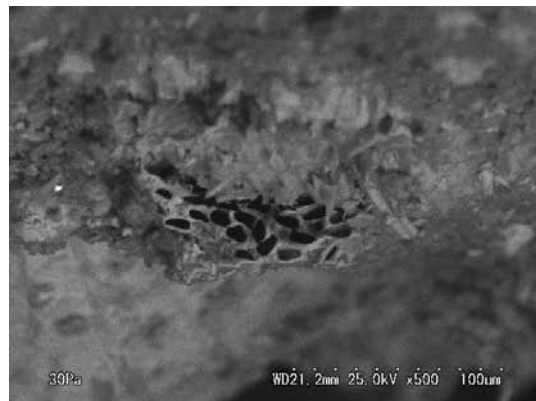


c cの拡大

写真116 破片の実体顕微鏡画像



a 経糸断面



b 緯糸断面

写真117 破片cのSEM画像

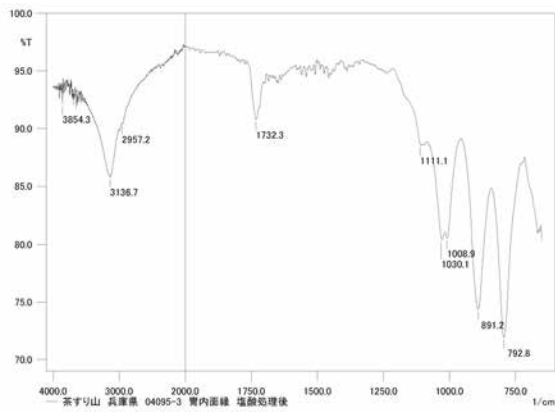


a 胃内側縁

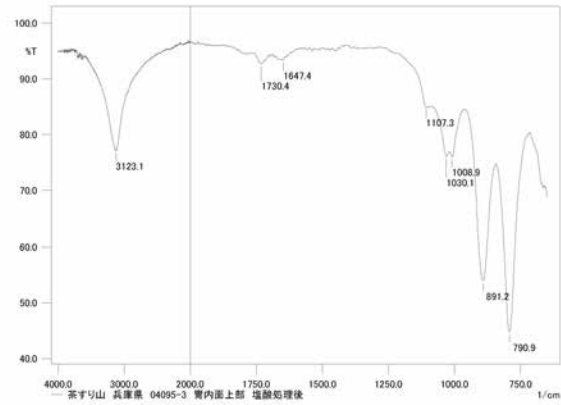


b 胃内側上部

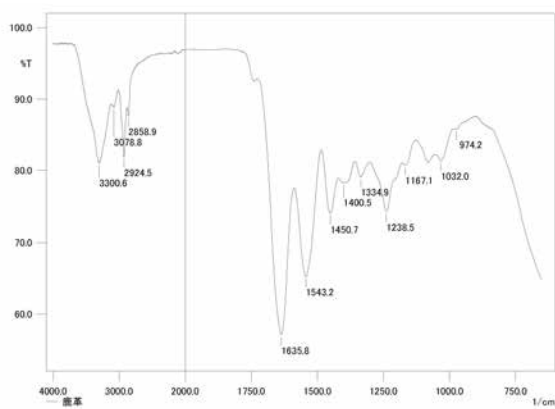
写真118 ATR-FTIR分析に用いた試料の採取箇所



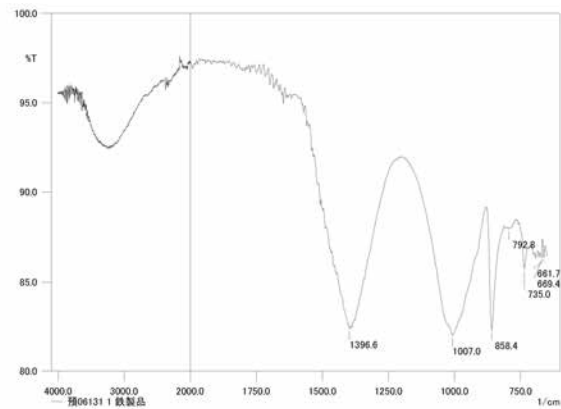
a 胃内側の縁



b 胃内側上部

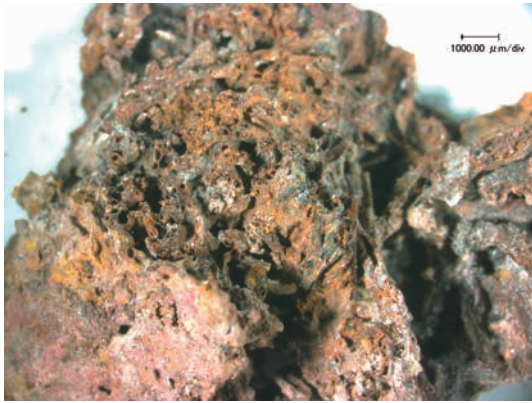


c 鹿革

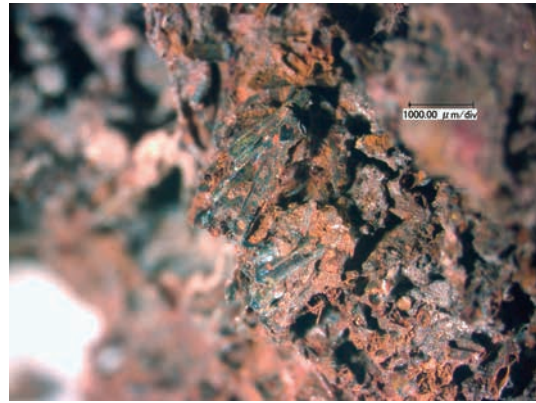


d 鉄さび

第17図 胃内部および比較試料のATR-FTIRスペクトル



a 獸毛様附着物断面



b 獸毛様附着物表面

写真119 鉾留胃 (04092-3) の獸毛様附着物の実体顕微鏡画像

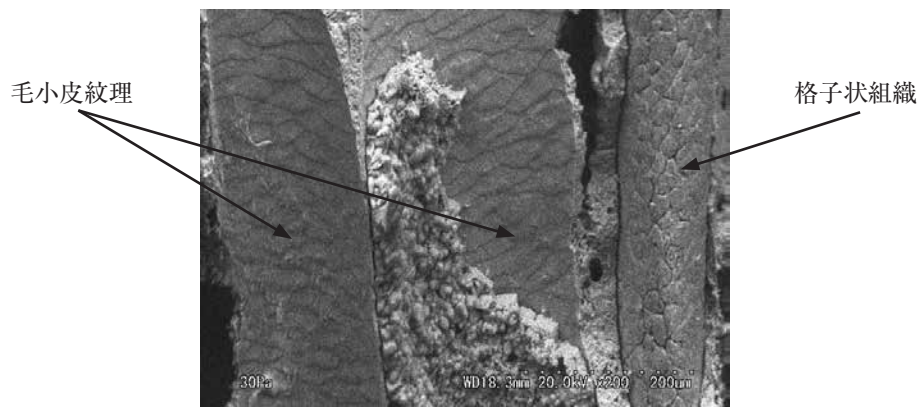
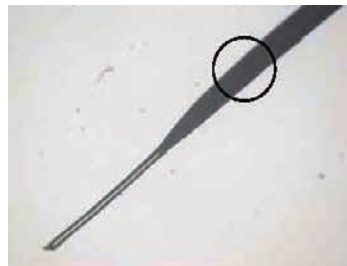
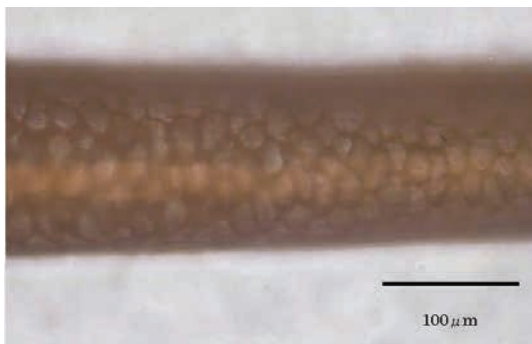


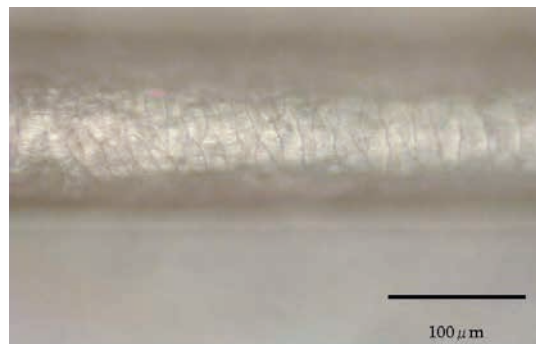
写真120 獸毛様附着物表面のSEM画像



a 日本鹿刺毛の根元付近の様子



b 毛髓質の格子状組織 (透過観察)



c 毛小皮紋理 (落射観察)

写真121 日本鹿刺毛の根元付近 (aの○で囲んだ部分) の顕微鏡写真

第4節 刀子鞘(6)の獣毛様付着物の同定

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
大阪府立産業技術総合研究所 皮革試験所 奥村 章

(1) 方法

No.83：刀子鞘(6)に獣毛様付着物がみられたため実体顕微鏡で調査観察を行った(写真122)。

(2) 結果

実体顕微鏡で資料表面を観察した結果、部分的に毛が脱落して毛穴が露出しているが、素材は毛皮であることが判った(写真122)。

① 獣毛様付着物の形状について

獣毛様付着物の獣毛の毛穴は規則性がなく均等に分布(写真123)、毛皮質は比較的厚く、毛髄質も存在していた(写真124)。また、獣毛は約150 μ mと太く毛の方向が整然としていた(写真125 b)。

② 赤色顔料について

遺物の側面に微量付着した赤色部分をXRFで元素分析を行なった(写真122)。その結果、鉄(Fe)と水銀(Hg)が検出された(第18図、第3表)。

(3) 考察

① 獣毛様材質の形状について

獣毛様材質の形状から、この毛皮は一次毛嚢(単一毛包または単毛)を有する大型の動物であると考えられた。毛穴の配置・毛の太さ・乱れがなく整然とした毛の流れは馬または牛に類似していた。

また、毛穴の開きの方向は、右側の開口部が立ち上がっていることから、毛は右から左に流れていることが確認できた(写真126)。

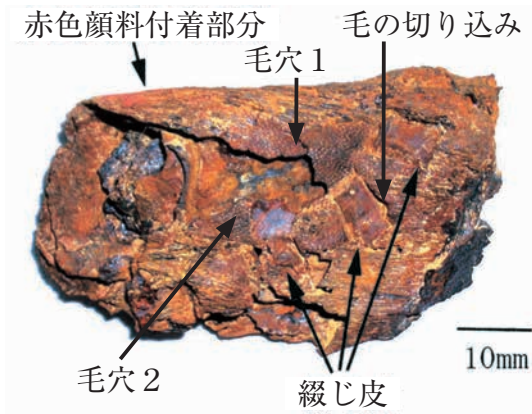
つぎに、幅約9mmの綴じ皮(樹皮様)が4箇所(写真122)で観察された。毛皮に切り込み(写真127、128)を入れ綴じたと考えられた。綴じ皮はカーブしており、刃先のような形に綴じられていた(写真128)。

以上より、不明鉄製品は毛皮を樹皮で綴じた袋状のものであり、綴じた箇所が先細りになっていることなどから刀子袋の可能性が高いと考えられた。

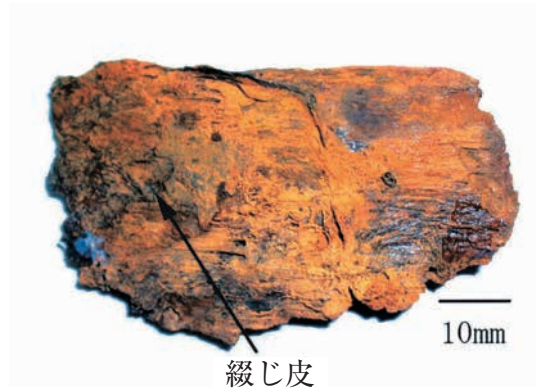
② 赤色顔料について

XRFの結果より、鉄はさびに由来するものであり、赤色顔料は水銀朱(HgS)と考えられた。

(付記) この刀子鞘は不明鉄製品として取上げていたものである。(岸本)

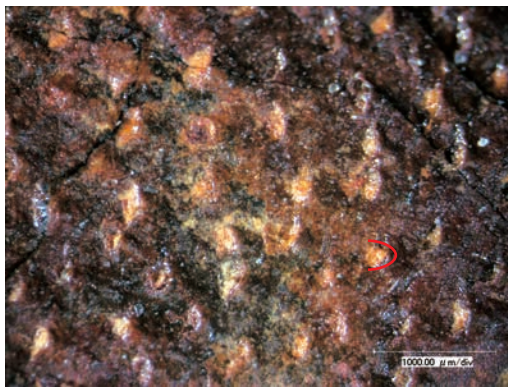


a 表面

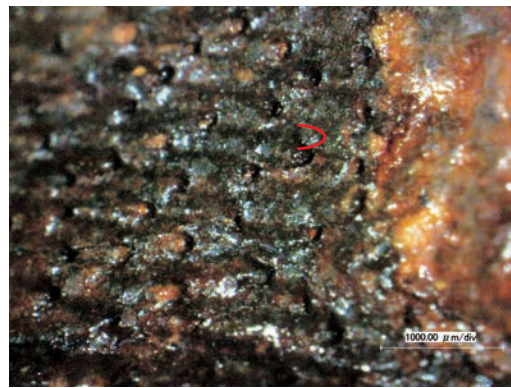


b 裏面

写真122 No.83：刀子鞘（6）



a 毛穴1



b 毛穴2

写真123 毛穴の形状（赤線は毛穴の輪郭）

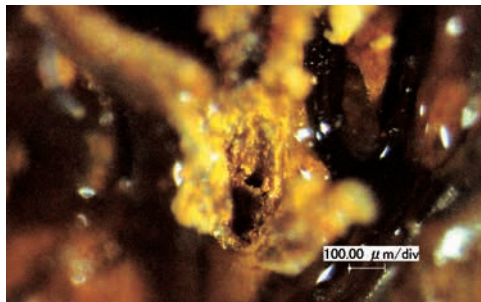
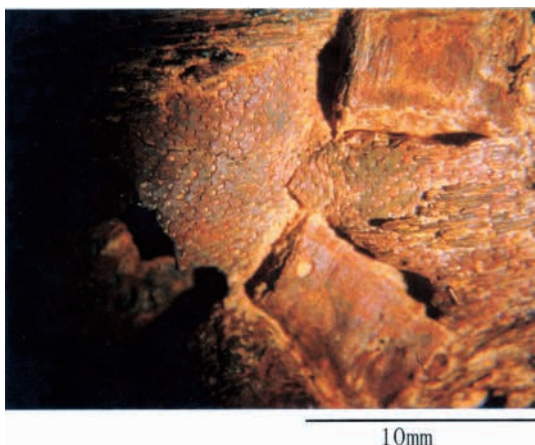


写真124 毛髄質



a 毛穴のみられる皮部分（表）



b 獣毛

写真125 毛皮部分の実体顕微鏡画像



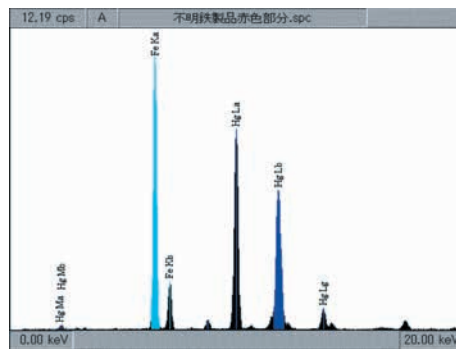
写真126 毛の流れ方向



写真127 綴じ皮部分の実体顕微鏡画像



写真128 綴じ皮と毛皮部分の実体顕微鏡画像（綴じ皮部分の毛が切られている）



第18図 赤色顔料付着部分のXRFスペクトル

第3表 赤色顔料付着部分のXRF分析結果

Z	元素	元素名	ライン	A (cps)	ROI (keV)
26	Fe	鉄	K α	91.803	6.23- 6.57
80	Hg	水銀	L β	70.107	11.65-12.06

第5節 2号鏡付着繊維状物質の同定

(財)元興寺文化財研究所 井上美知子
小村 眞理

(1) 方法

2号鏡の鏡背に接した土の上に、微量の布の破片と緑青色の繊維状物質とが発見されたため分析を行った(写真129)。

① 布

実体顕微鏡で布を観察し、織り組織と織り密度を調べた。また、布の経緯糸を微量採取しSEMで断面も観察した。

② 緑青色の繊維状物質

実体顕微鏡とSEMで観察を行った。また、ATR-FTIRで成分分析、XRFで元素分析を行った。

(2) 結果

① 布

SEM観察の結果、布は平織で織り密度は 1 cm^2 あたりおおよそ経糸40~50×緯糸40であった(写真130)。布に耳がみられず、経緯糸の判断ができなかったため、本数の多い太い糸を経糸とした。糸の繊維断面をSEMで観察した結果、繊維断面は丸みを帯びた三角形で、対になっていたことから絹であることが判った(写真131)。

② 緑青色の繊維状物質

実体顕微鏡とSEMで観察の結果、緑青色の繊維状物質は太さや長さも様々であったが概ね短く、ほとんどに湾曲がみられた(写真132、133)。SEM観察の結果、繊維状物質は長手方向に幅の異なる条線とそれに直交する方向に筋がみられた(写真133)。また、繊維状物質の断面は太さが $1\ \mu\text{m}$ 程度の針状物質が束になっていた(写真134)。

ATR-FTIRによる成分分析の結果、有機物は検出されず、 1450 cm^{-1} 付近に炭酸イオンの吸収ピークが確認された(第19図)。XRFの結果、主に銅(Cu)が検出された(第20図, 第4表)。

(3) 考察

布は絹で緻密である。左右対称の繊維断面が見られることから、精練がほとんどなされていない生糸を用いていると考えられた。

緑青色の繊維状物質は現状では緑青であり、針状結晶が束になった形状を呈する銅の腐食生成物であることが判った。西求女塚古墳の青銅鏡でも観察されており、緑青さびの表面に細かく分散するように析出するヒゲ根状のさびであることが判った。このタイプのさびは繊維状マラカイトとして報告されている。このようなヒゲ根状のさびは青銅製品では散見されるさびであることが判った。

参考文献

村上隆、2004、「西求女塚古墳から出土した青銅鏡に関する科学的研究」、『西求女塚古墳 発掘調査報告書』
神戸市教育委員会

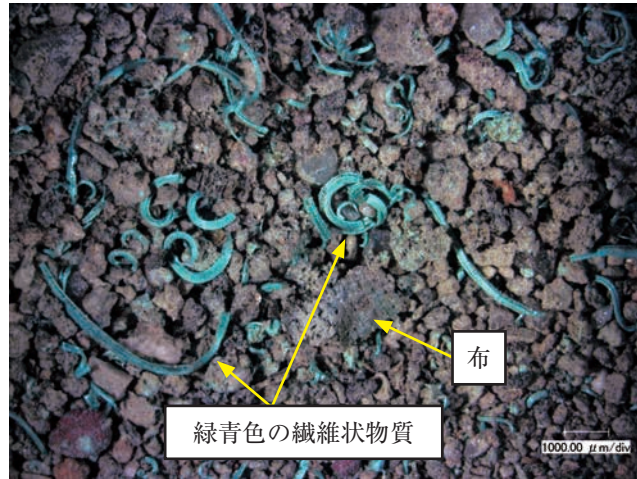


写真129 2号鏡付着繊維状物質と布

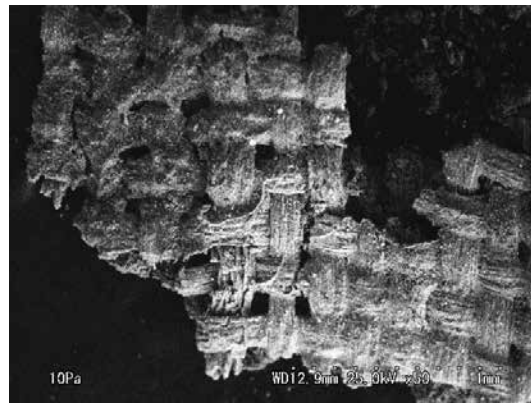
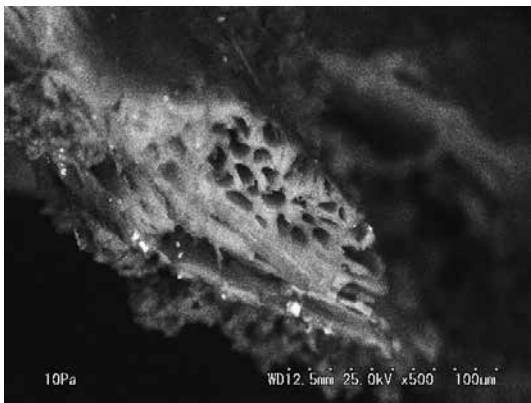
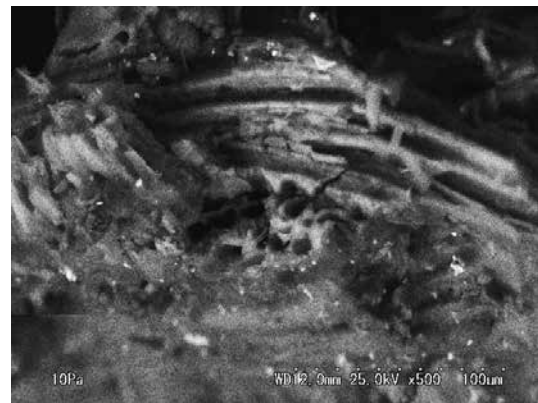


写真130 繊維状物質と共に出土した布のSEM画像



a 経糸断面



b 緯糸断面

写真131 布のSEM画像

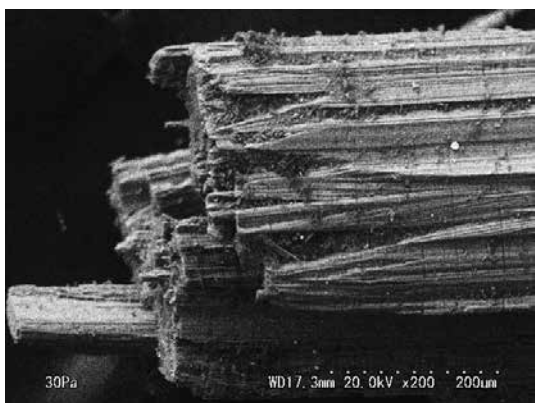


a 長手方向の筋

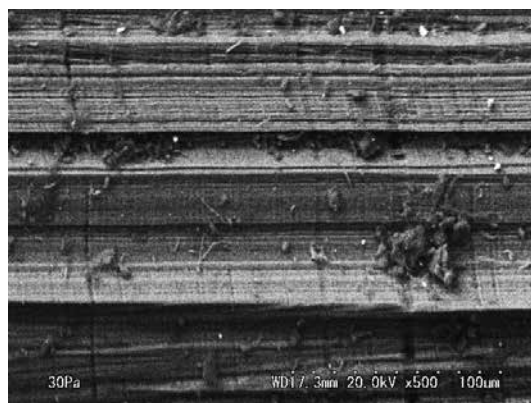


b 曲がり箇所の横皺

写真132 繊維状物質の実体顕微鏡画像



a



b aの拡大

写真133 繊維状物質のSEM画像

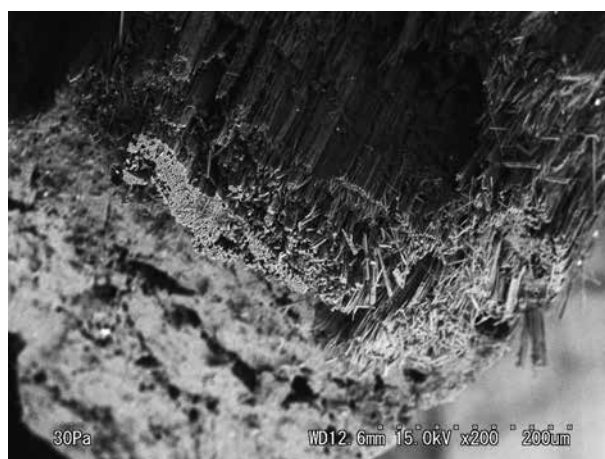
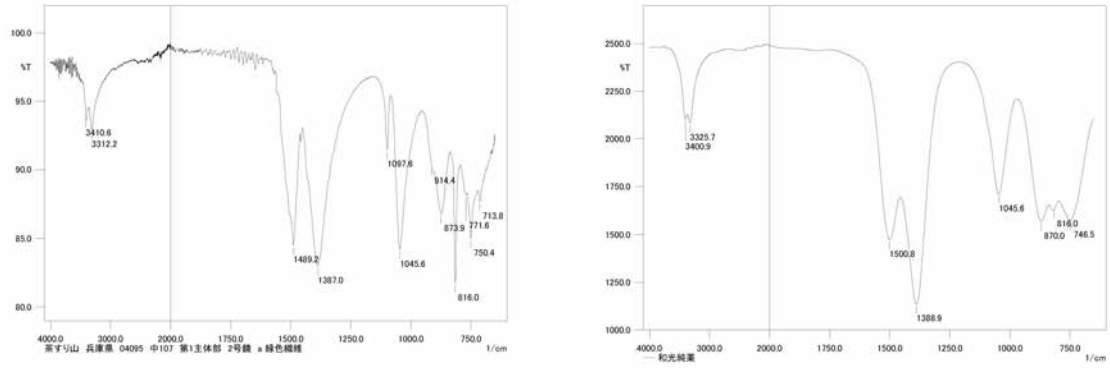


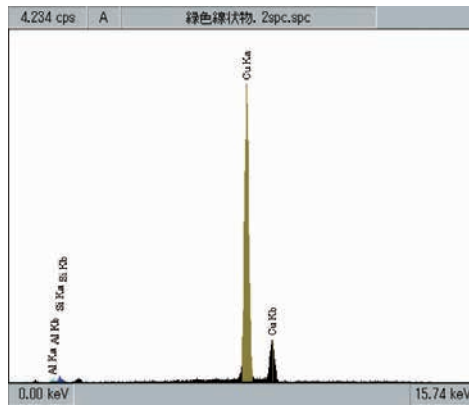
写真134 繊維状物質断面のSEM画像



a 繊維状物質

b 炭酸銅

第19図 繊維状物質および比較試料のATR-FTIRスペクトル



第20図 繊維状物質のXRFスペクトル

第4表 繊維状物質のXRF分析結果

Z	元素	元素名	ライン	A (cps)	ROI (keV)
13	Al	アルミニウム	K α	0.179	1.36- 1.61
14	Si	ケイ素	K α	0.368	1.61- 1.87
29	Cu	銅	K α	30.559	7.86- 8.22

第6節 2号鏡下面出土綿状物質の同定

(財) 元興寺文化財研究所

井上美知子

小村 眞理

2号鏡下部から採取した資料に、布と綿状物質がみられたため同定を行った(写真135)。

(1) 方法

実体顕微鏡で布および綿状物質を観察した。

(2) 結果

実体顕微鏡で資料表面を観察した結果、朽ちて茶褐色になったと思われる布、葉、植物の根などが観察された(写真136)。綿の様に細い繊維が盛り上がっている箇所は観察した結果、根の繊維や、葉の葉脈が残り綿状になっていることが判った(写真137)。

なお、布の劣化も大きく織り密度や糸の撚りなど十分に把握できなかったが、2号鏡鏡背の布と同一とは思われなかった。

(3) 考察

2号鏡の下部の綿状物質は植物が朽ちて残った葉脈などの繊維であった。このような繊維は乾燥すると肉眼では綿状に見えることが判った。



写真135 2号鏡下部の布・綿状物質

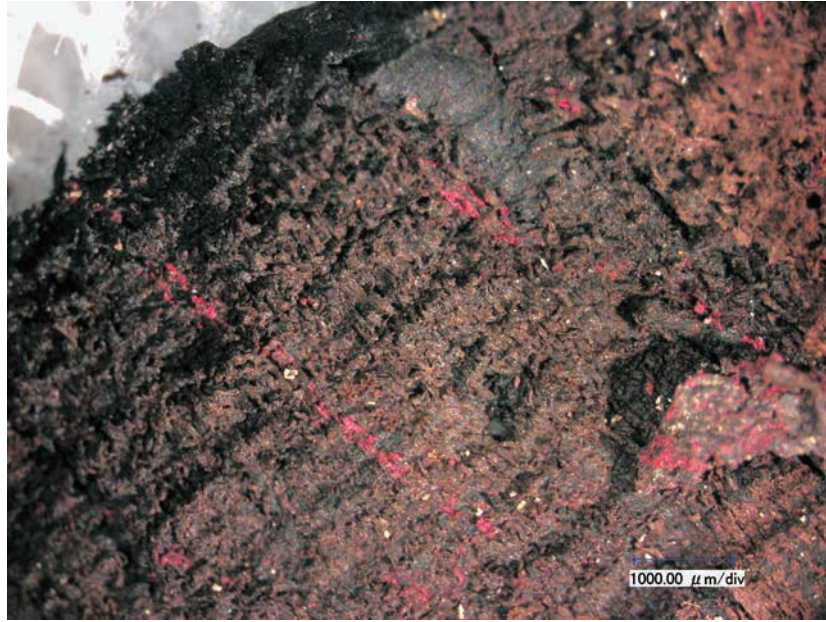
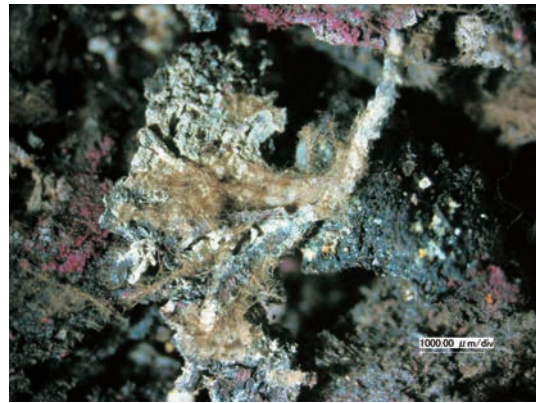


写真136 布の実体顕微鏡画像



a 根と思われる繊維



b 葉の葉脈と思われる繊維

写真137 綿状物質の実体顕微鏡画像

謝辞

本報告書を書くにあたり、塗膜のみが残った弓や長柄等のクリーニングを根気強く行うなかで得られた様々な知見を与えてくれた(財)元興寺文化財研究所の加森三恵子・高橋悠子・山本美恵氏、また、漆塗膜のプレパラート作成には泉和子氏、樹種同定では木澤直子氏に協力して戴きました。記して感謝いたします。

第7節 茶すり山古墳出土刀剣の金相学的調査

(株)九州テクノロジー TACセンター 大澤正己

概要

5世紀前葉に比定される茶すり山古墳(第1主体部中央区画)出土の鉄刀(鉄刀4)と鉄剣(鉄剣9)を調査した。両者は皮金部分は錆化して組織痕跡を留めず、芯金メタル部からの情報である。

〈1〉鉄刀(4)の非金属介在物はガラス(珪酸塩)とウスタイト、鉄剣(9)は鉄ゲーレナイト(Iron gehlenite)やかんらん石(Olivine)やウスタイト、ファヤライト(Fayalite: $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)など大粒夾雑物を含み、低温還元直接製鋼法にもとづく塊錬鉄である。製鉄原料はスカルン鉱床の磁鉄鉱を主とした塊状鉄(鉄鉱石)が想定される。

〈2〉造刀法は、皮金と芯金の二層構造の可能性は看過できないが、芯金の折り返し鍛接は総じて精緻に仕上げている。素材の炭素含有量は0.35%以下の軟鋼充当。金属鉄組織はフェライト・パーライトの空冷処理にて、軟質で鋭利性を欠く。軟鋼の焼入れ組織でないため、実用性に乏しく儀礼刀の可能性が高い。ただし、鍛打成形後の加熱は800°C前後まで上げてフェライトの細粒化を図る空冷である。鉄刀と鉄剣は介在物組成に差異はあるものの、造刀技術の熱処理は共通性をもち、同一鍛冶工房からの産物を示唆する。

1. いきさつ

茶すり山古墳は兵庫県朝来市和田山町筒江に所在する5世紀前葉の巨大円墳である。第1主体部中央区画より19本の刀剣が出土した。そのうちの金属鉄の遺存度の高い鉄刀4と鉄剣9の金属組織を通じて当時の国内鉄事情を把握する目的から、金相学的調査の運びとなった。

2. 調査方法

2-1. 供試材

第5表に示す。供試材は元興寺文化財研究所により金属鉄の遺存度の良好な個所からVノッチ状に顕微鏡試料を切り出した。

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10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。(縮小のため3.5倍)

(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3 μ と

1 μ 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3%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、その荷重を除し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。

調査結果

鉄刀 (中央区画刀4)

(1) 肉眼観察: 全長93.6cmの直刀の茎部寄りから供試材は切り出された。刃幅3cmに対して2cmの切り込みで、切先側を研磨した。2.33gの切り出試料は表層側の皮金は錆化し、芯金に金属鉄を残す。

(2) マクロ組織: 写真138の左側に示す。断面は斜めに迂り割れを生じ、2つに分れる。細く黒い短線の繰返し鍛接面の鍛着は良好で、鍛接面からの剥離とも考えられない。過去に類例がない現象で原因は定かでない。炭素配分は規則性が認められず、高炭素域は黒く、低炭素域は白く観察できて、該品は0.1~0.35%のバラツキをもつ。ただし埋蔵鉄は一見研磨面が白く輝くが時々刻々とシミが滲み出し、その汚れと炭素高域個所の区別がつけ難くなる。写真139のマクロ組織はそのような問題点を抱えている。

(3) 顕微鏡組織: 写真139は3%ナイトルで腐食 (etch) した組織を示す。白いフェライト (Ferrite: 純鉄、 α 鉄) 地と黒色層状のパーライト (Pearlite: フェライトとセメントイトが交互に重なり合って構成された層状組織) の混合組織である。フェライトは黒く細い網目状結晶粒界が析出し、その微細化は著しい。該品は成形後に800℃前後まで加熱され、その後は炉外で空冷されたと推定される。なお、炭素含有量はパーライトの占める面積比から推定して0.4%で約半分、0.77%で全面パーライトとなる。該品の高炭素域は4で0.35%前後、低炭素域は8の0.1%前後を推定している。パーライトの増加は強度や硬度を増加させるが、逆に少なくなると軟らかく粘りを呈する。

写真139の11、12は皮金相当の錆化鉄である。金属鉄組織の痕跡は既に消滅し、ゲーサイト (goethite: α 鉄- $\text{FeO}(\text{OH})$) 化し、炭素含有量の高く硬い鉄の合せ鍛えの有無は残念ながら探れなかった。

(4) ビッカース断面硬度: 写真139の1~6に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は127Hv~215Hvの間で変動する。炭素量は多くなると硬化し、かつ結晶粒度も細粒化すると硬くなる。それぞれ金属組織に対応した硬度傾向であった。

(5) EPMA調査: 写真141の1段目に鉄中非金属介在物の反射電子像 (COMP) と3段にわたって特性X線像を示す。非金属介在物 (non metallic inclusion) は鉄鋼中に介在する固体の非金属性不純物、つまり鉄やマンガン、けい素および燐などの合金元素の酸化物、硫化物、けい酸塩などの総称である。該品は長く伸びた異物を特性X線像に重ねると白色輝点が酸素 (O) に集中し、介在物組成が酸化

物と判明した。この展伸介在物の淡褐色の色調差の異なる個所に分析点1の定量分析を行うと、48.8% SiO_2 -8.6% Al_2O_3 -18.4% CaO -4.2% MgO -5.2% K_2O -1.1% P_2O_5 、分析点2は48.1% SiO_2 -8.5% Al_2O_3 -18.9% CaO -4.0% MgO -5.0% K_2O -1.1% P_2O_5 など近似した組成がえられた。珪酸塩(ガラス)が同定される。酸化防止に塗布された粘土汁溶融物の成分影響はあるものの高Ca系である。非金属介在物は人間のDNA(細胞の遺伝子)に匹敵して、鉄の履歴に関する多くの情報が得られる。該品はスカレン鉱床下の磁鉄鉱(塊状鉄)が始発原料となる可能性が指摘できる。

次に視野を変えて非金属介在物を分析した。写真141の4, 5段目に示した淡灰白色単体介在物である。分析点3, 4の定量分析値は両方共に100% FeO でウスタイト(Wustite: FeO)に同定される。こちらも酸化物であり、低温還元直接製鋼法にもとづく鉄と判定できる。鍛打加熱時の鉄肌が生じた酸化鉄もあるので要注意。鉄刀の製鋼法は塊鉄由来としておきたい。

鉄剣(中央区画剣9)

(1) 肉眼観察: 全長96.7cm、刃幅約3.8cmの剣である。長軸中程に深さ2.2cmのVノッチを入れて供試材とした。4.6gの切り出しである。刃部断面はレンズ状で錆はない。両刃の剣で錆が不明瞭なところから中間を稜線と仮称して硬度測定箇所を指定した。こちらも皮金部分の錆化は激しく芯金だけに金属鉄を残す。

(2) マクロ組織: 写真138の右側に示す。錆化した灰黒色の両皮金に挟まれて白く芯金の金属鉄は遺存する。金属鉄は3%ナイトル腐食(etch)にもかかわらず全体が白っぽく(下半分の黒味はシミによる汚れ)低炭素鋼(0.2%C)の軟鋼を表す。縦鍛え折り返し曲げ鍛接線が細かく走る。先の鉄刀4よりも低炭素で鍛着は甘い。なお鉄剣の稜側と刃先で炭素含有量に差異は認められない。

(3) 顕微鏡組織: 写真140に示す。5, 6は腐食(etch)前の鉄中非金属介在物の酸化物である。繰返し折り返し曲げ鍛接線と介在物が共伴する。介在物の組成はE PMAの項で詳述。腐食(etch)後の金属鉄組織はフェライト・パーライトの亜共析域(<0.77%C)に留まる。鉄剣の成形後は、やはり800°C前後まで加熱され、オーステナイトの新しい粒子が発生し、まず全部のパーライトがオーステナイトになり、新しい微細組織に更新する^(注1)。結晶粒の微細化は空冷によって保たれる。この熱処理技術は前述鉄刀4に近似しており、鍛冶工房は同一管理のものと製品の可能性が高い。

(4) ビッカース断面硬度: 写真140の1~4に硬度測定の圧痕を示す。錆相当稜線近傍の硬度値は110~127Hvに対して、刃先側4は132~133Hvと僅かに硬い。この僅少値を有意差ありと発言するのは躊躇する。鉄剣も儀礼剣の可能性が高い。

(5) E PMA調査: 写真142の1段目左に非金属介在物の反射電子像(COMP)を示す。淡褐色紡錘状介在物はやはり酸素(O)に白色輝点が集積し、分析点5, 6の定量分析値は近似して、前者で33.3% CaO -10.5% FeO -5.8% Al_2O_3 -40.2% SiO_2 組成から鉄ゲーレンイト(Iron gehlenite: $2\text{CaO}(\text{Fe}\cdot\text{Al})_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$)、後者は24.0% CaO -33.8% FeO -33.8% SiO_2 組成となる。灰かんらん石(lime olivene: $(\text{Ca}\cdot\text{FeO})_0\cdot\text{SiO}_2$)に同定される。また同一視野内で淡灰白色介在物の分析点7の定量分析値は101% FeO 組成からウスタイト(FeO)、分析点8の定量分析値は、70.9% FeO -28.5% SiO_2 組成からファヤライト(Fayalite: $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$)が同定された。やはり大粒酸化夾雑物の介在はスカレン鉱床下の磁鉄鉱(塊状鉄)が製鉄原料となる。

まとめ

5世紀前葉に属する茶すり山古墳出土の鉄刀（4）と鉄剣（9）の金相学的調査を行った。結果のまとめを第6表に示す。皮金は錆化して芯金からの情報である。鉄刀（4）の鉄中非金属介在物はCa分の多いガラス（珪酸塩）やウスタイト（FeO）、鉄剣（9）は鉄ゲーレンナイトや灰かんらん石（lime olivine： $(Ca \cdot FeO)O \cdot SiO_2$ ）やウスタイト（Wustite：FeO）、ファヤライト（Fayalite： $2FeO \cdot SiO_2$ ）など大型共晶酸化物を含み、低温還元直接製鋼法にもとづく塊錬鉄である。スカルン鉱床下の磁鉄鉱（塊状鉄）原料であろう。刀剣の炭素含有量は0.35%以下の軟鋼で、熱処理は空冷がとられ、武器としての鋭利性に欠ける。儀礼刀の可能性が高かろう。

日本列島内での鉄生産の開始は、5世紀初めは否定される^(注2)。本格鍛冶においても4世紀初めの博多59次遺跡を皮切りに東漸し、5世紀代には東日本まで拡散傾向は認められるものの、この時期の高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓を大量に出土した遺跡は寡聞にして知らない。4～5世紀中葉代は一部に専用羽口はあるものの、高杯転用羽口が使用され、鍛冶素材は前工程（精錬鍛冶）を必要としない棒状、板状半製品の充当からの小物鉄器製作の小規模鍛冶操業である^(注3)。翻って大型前方後円墳発祥の地とされる大和における鍛冶関連の遺構や遺物に眼を向けても、鍛冶が本格化するのには、古墳時代中期中葉以降からと^(注4)いう。茶すり山古墳の刀剣類だけでも100本に近い埋蔵品を国内鍛冶工房から調達するのは難しい。現時点での産地同定の手掛りは、例えば朝鮮半島側に焦点を合わせると、百済や伽那の刀剣の金属組織（介在物組成、熱処理技術）の共通性を求めて比較検討してゆくのも一つの手立となろう。

5世紀前葉での茶すり山古墳出土刀剣は海外依存の舶載品とみるべきだろう。

注

- (1) 佐藤知雄1963『鉄鋼の顕微鏡写真と解説』丸善
- (2) 大澤正己2004「金属組織学からみた日本列島と朝鮮半島の鉄」『国立歴史民俗博物館研究報告』第110集89-122頁
- (3) 埼玉県山崎山遺跡（4世紀後半）、茨城県八幡脇遺跡（4世紀後半）、新潟県五千石遺跡（4世紀後半）、栃木県権現山遺跡（5世紀初～6世紀）、宮崎県平峰遺跡（5世紀中頃）など現在報告書印刷中の鍛冶においても、高杯転用土器片を炉壁に転用など、本格鍛冶（高温沸し鍛接）の萌芽といった様相である。
- (4) 坂靖2002「古墳時代の鉄器生産」—奈良県を中心に—『畿内地域における鉄と銅の技術と文化の展開』（2002年度秋季シンポジウム論文集）日本鉄鋼協会

第5表 供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	出土位置	遺物No.	遺物名称	推定年代	計測値		調査項目							備考				
						大きさ(mm)	重量(g)	ピッカース断面硬度	X線回折	E PMA	化学分析	耐火度	カロリー						
4	茶すり山古墳	第1主体部中央区画	刀4	鉄刀	5世紀前葉	元興寺文化財研究所切出し	2.3	○	○										
9		第1主体部中央区画	剣9	鉄剣	5世紀前葉		4.6	○	○										

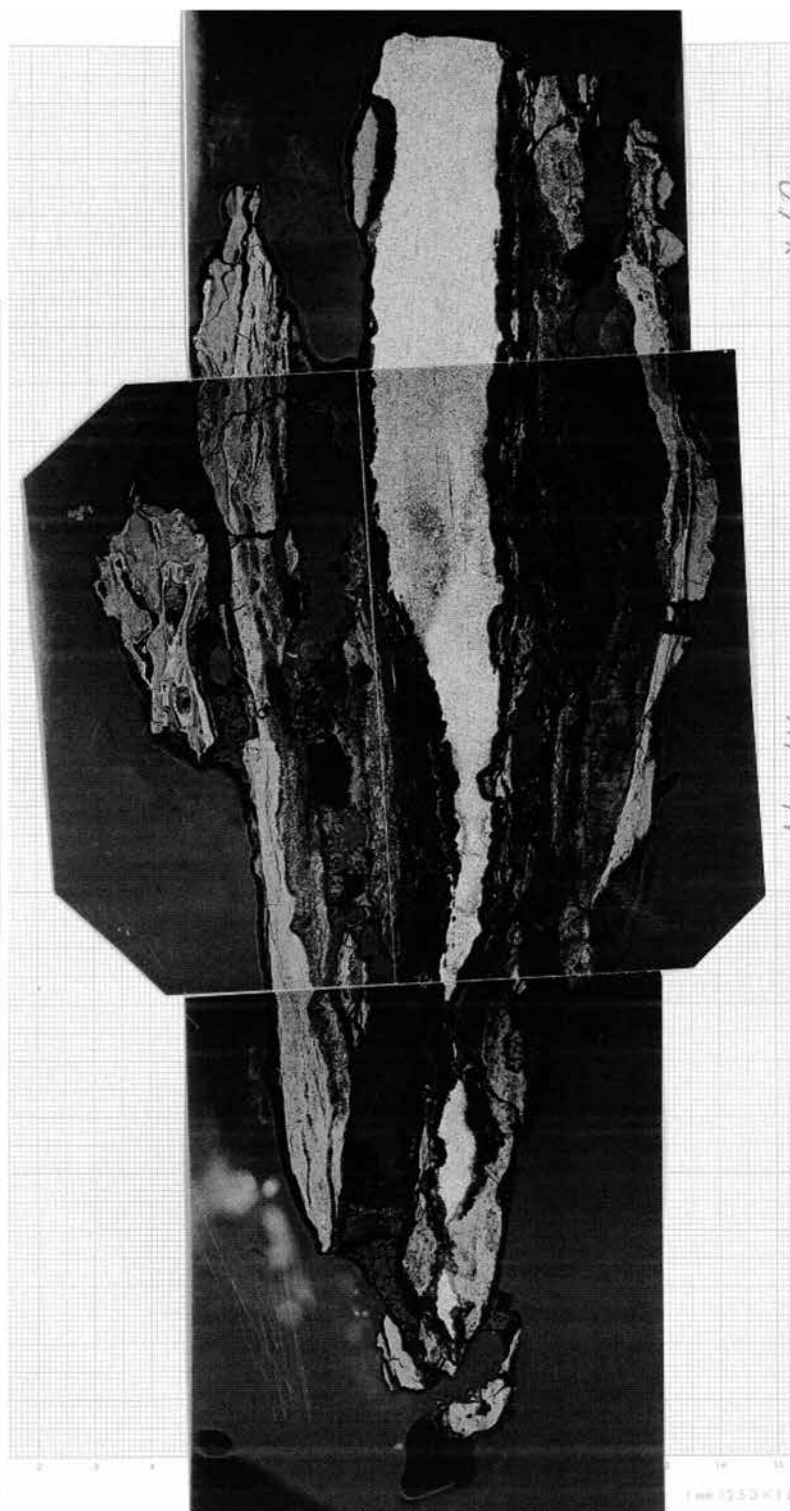
第6表 出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	所見
4	茶すり山古墳	第1主体部中央区画	鉄刀	5世紀前葉	介在物：酸化物 (G、W)、メタル：Fe・P 亜共析鋼、Fe微細粒空冷組織	低温還元直接製鋼法塊錬鉄、磁鉄鉱(塊状鉄)由来軟鋼、 儀礼刀の可能性、大陸側からの舶載品
9		第1主体部中央区画	鉄剣	5世紀前葉	介在物：酸化物 (Ig、W)、メタル：Fe・P 亜共析鋼、Fe微細粒空冷組織	低温還元直接製鋼法塊錬鉄、磁鉄鉱(塊状鉄)由来軟鋼、 儀礼刀の可能性、大陸側からの舶載品

G：ガラス；珪酸塩、Ig：Iron gehlenite(2Ca(Fe・Al)₂O₃/SiO₂、lm：lime oliven(灰かんらん石)：(Ca・FeO)O・SiO₂、W：Wustite(FeO)、F：Fayalite(2FeO・SiO₂)



4：鉄刀 ×8.5



9：鉄剣 ×8.5

写真138 マクロ組織

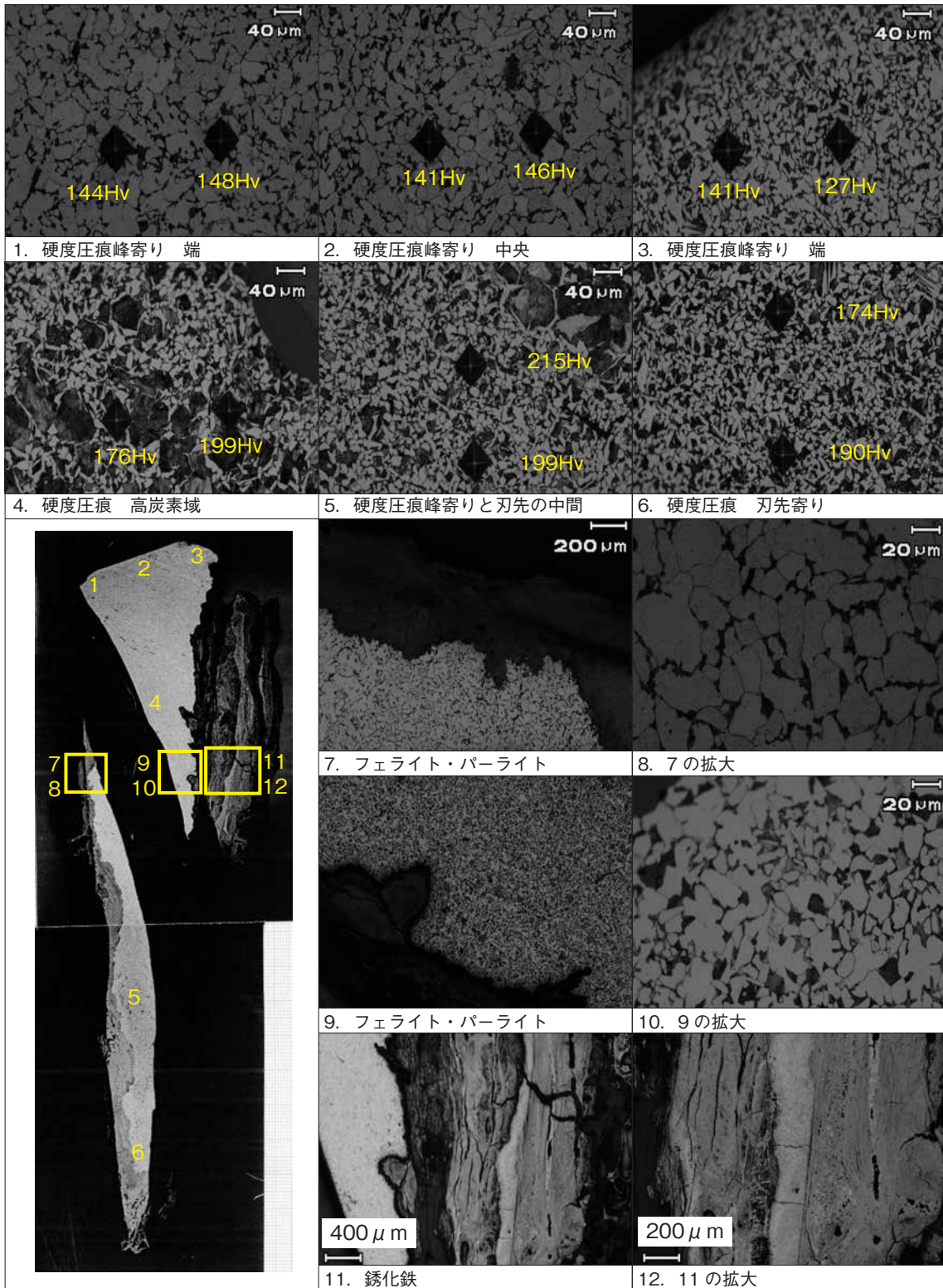


写真139 鉄刀4の顕微鏡組織

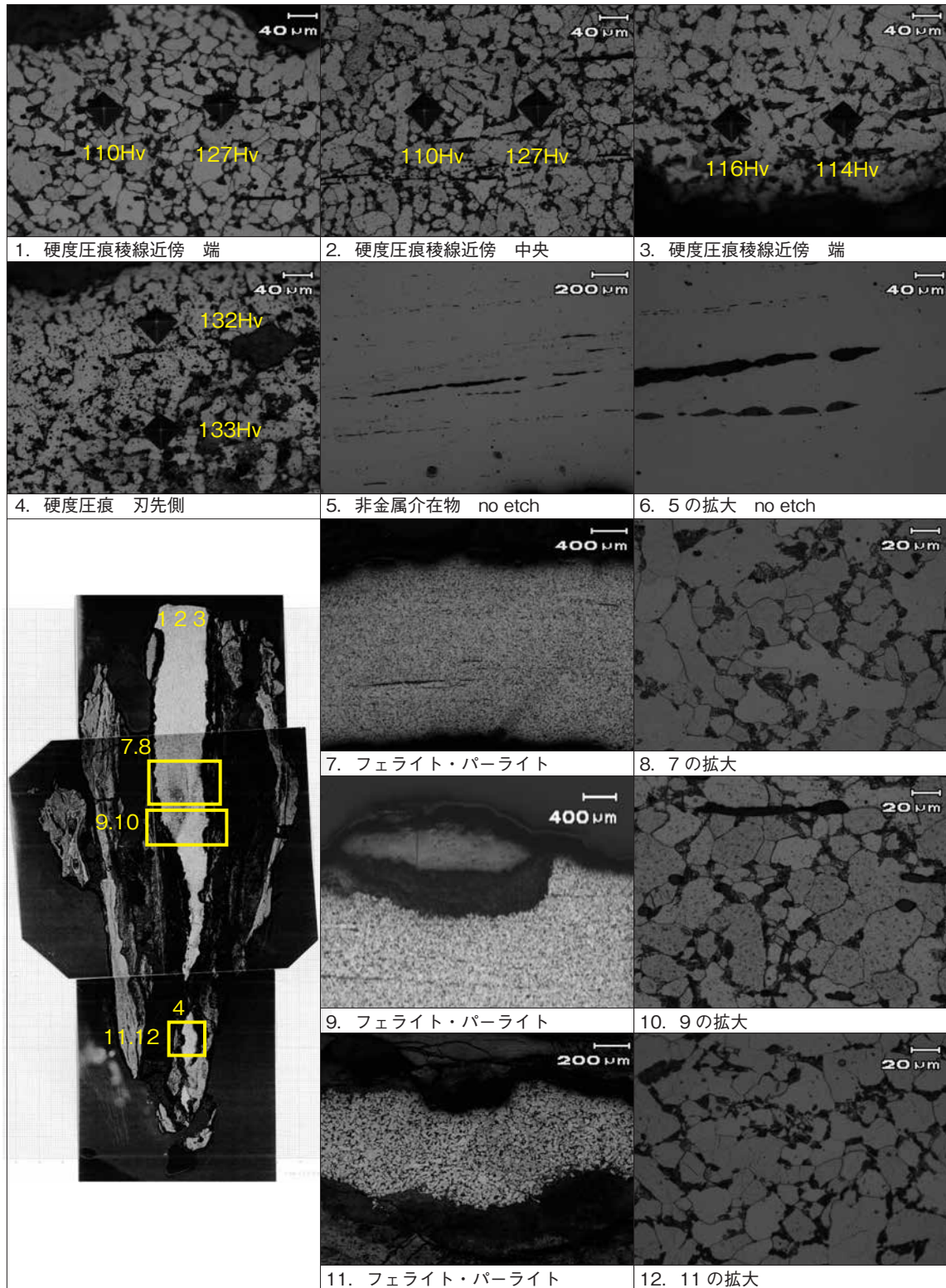


写真140 鉄剣9の顕微鏡組織

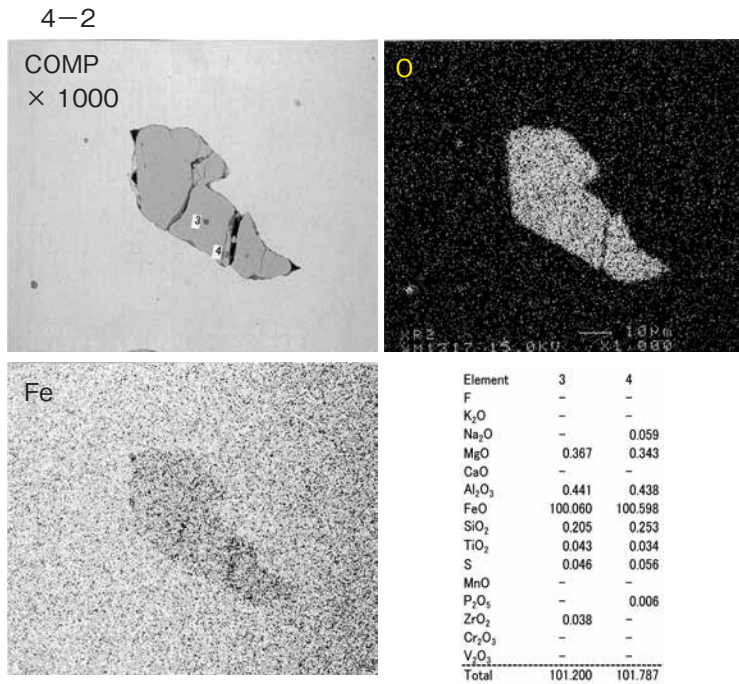
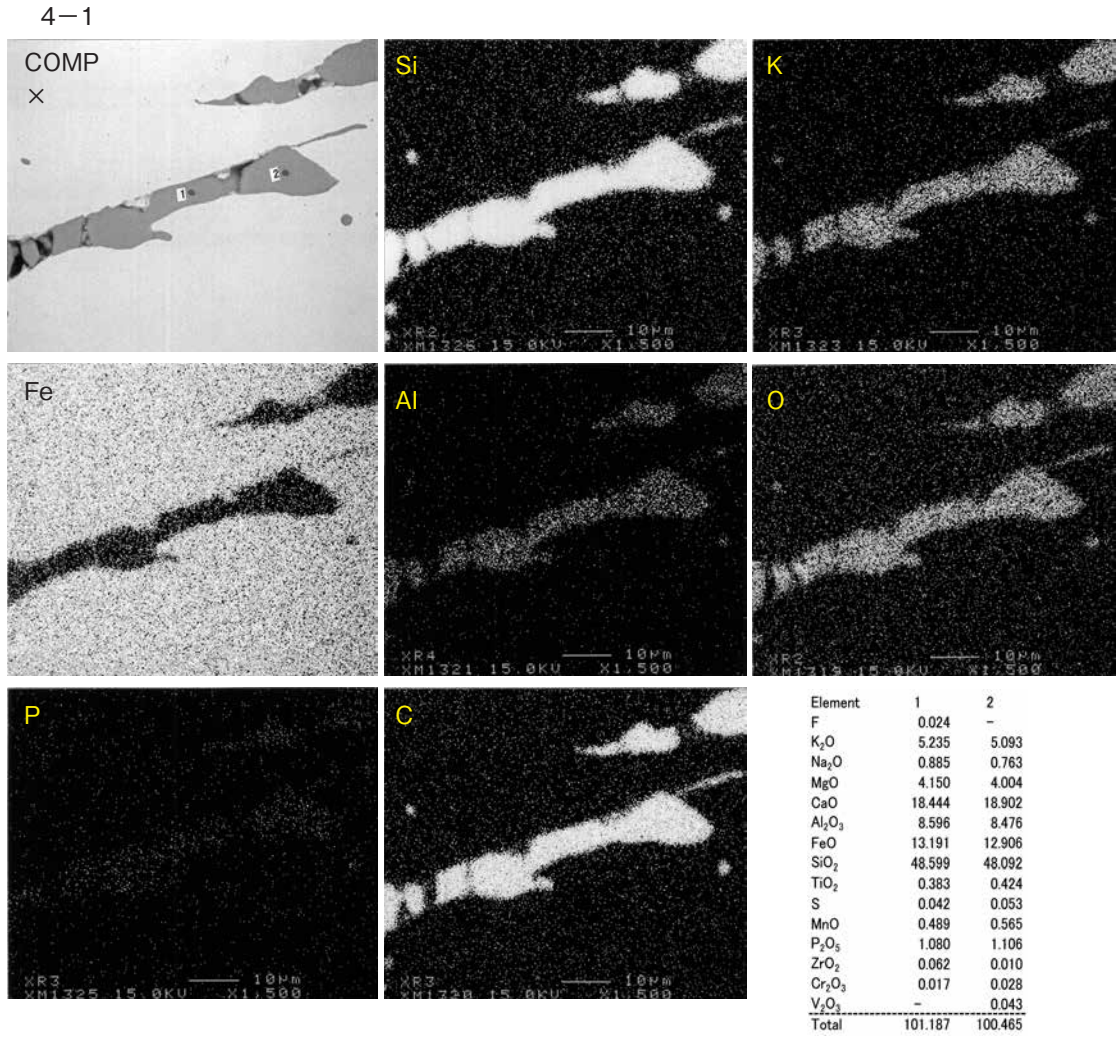


写真141 中央区画刀4のEPMA調査

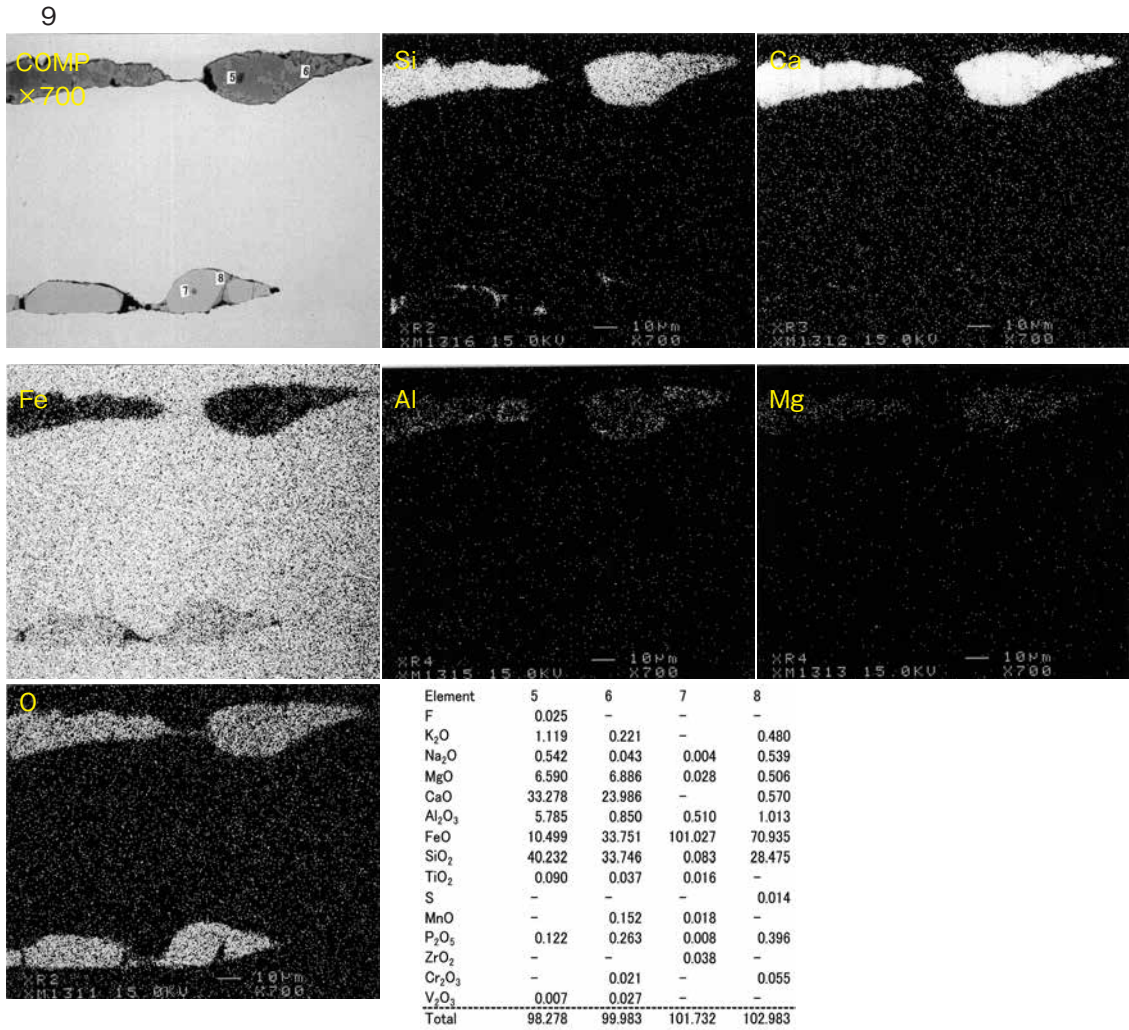


写真142 中央区画剣9のEPMA調査



写真143 試料採取要領

第8節 茶すり山古墳出土赤色顔料の蛍光X線分析

兵庫県立考古博物館 岡本 一秀

1 はじめに

茶すり山古墳の第1主体部と第2主体部から採取された赤色顔料について顕微鏡観察と蛍光X線分析を行い、顔料の種類を検討した。

2 試料

試料は第1主体部より採取された8試料と第2主体部から採取された2試料の合計10試料である。
(第7表)

3 試料の観察と分析

実体顕微鏡による観察

最初に実体顕微鏡で観察し、デジタルカメラで記録を取った。使用した装置は(株)ニコン製SMZ-1500である。試料は顕微鏡で赤色の粒子を選び出し観察した(写真144-1~9)。

蛍光X線分析装置による分析

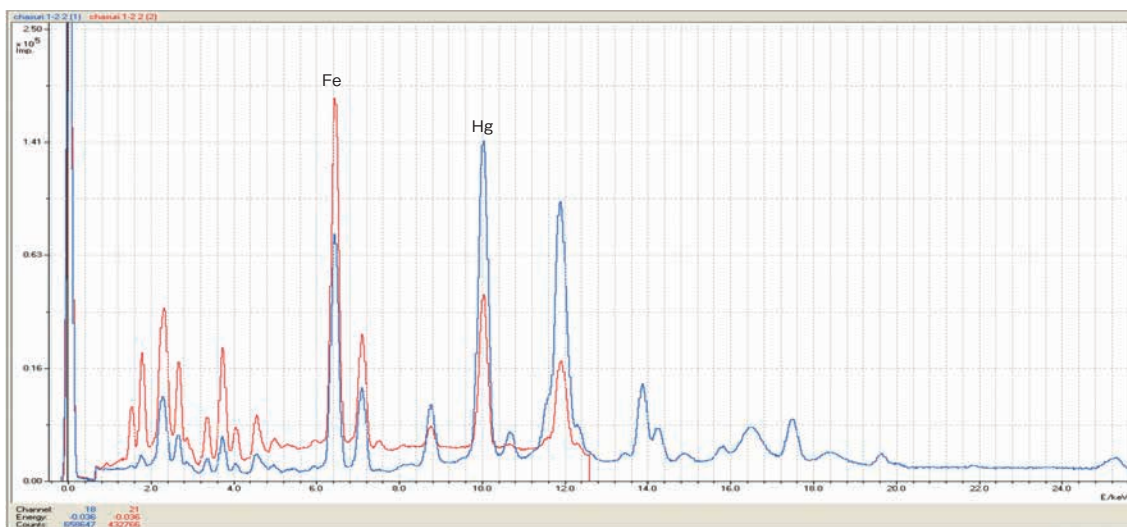
蛍光X線分析はスペクトロ社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置MIDEX-Mを用いて行った。分析の条件は電圧45kV、電流0.25mA、測定時間180秒、軽元素側は電圧19kV、電流0.3mA、測定時間300秒でコリメータ径は2.0mmで測定した。検出器はペルチェ冷却SDD(液体窒素不要)。測定雰囲気は、軽元素の検出感度を上げるためにヘリウムガスパージを行い測定した。

4 結果

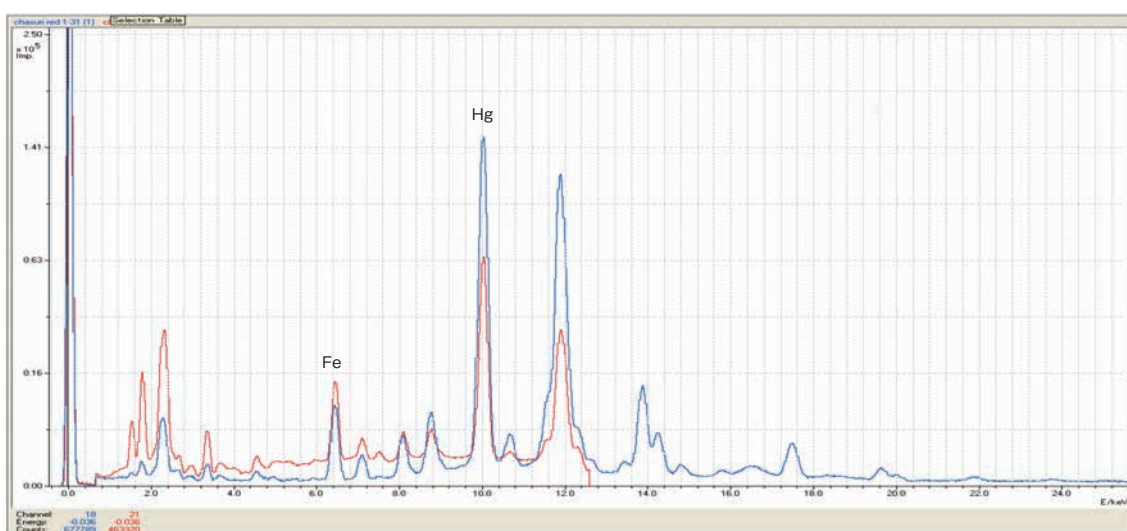
分析の結果、分析No.1、2、6、8より水銀(Hg)が検出されたため、水銀朱であると考えられる。それ以外の試料3、4、5、7、9はベンガラと考えられる(第21~23図1~9)。

第7表 赤色顔料分析試料一覧

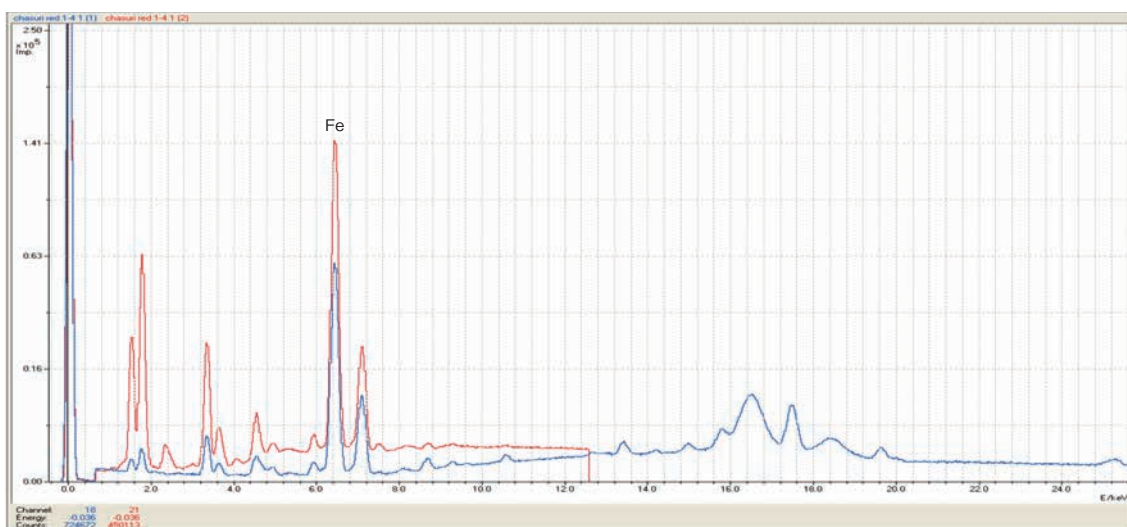
番号		遺構	区画	備考
1	I-2	第1主体部	西区画	盾1~3
2	I-3	第1主体部	東区画	落ち込み粘土内(盖板内面)
3	I-4	第1主体部	東小口付近	
4	I-5	第1主体部	棺外区北側	作業面上
5	I-6	第1主体部	中央区画	礫床 礫サンプル
6	I-7	第1主体部		家形埴輪1
7	I-8	第2主体部		鉄鍬周辺
8	I-9	第2主体部	西小口穴上面	
9	II-1	第1主体部	西区画	盾2(褐色顔料?)



1

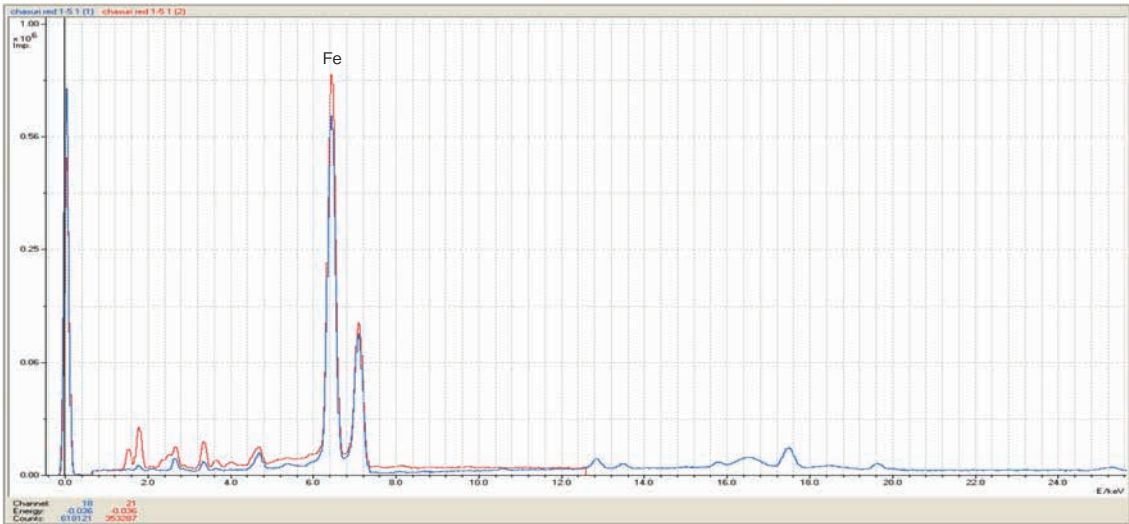


2

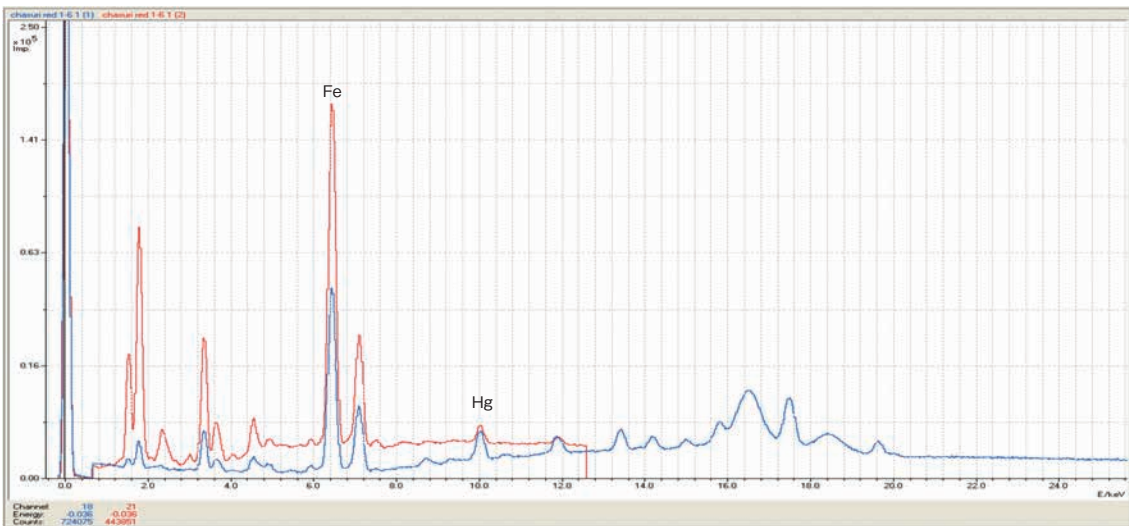


3

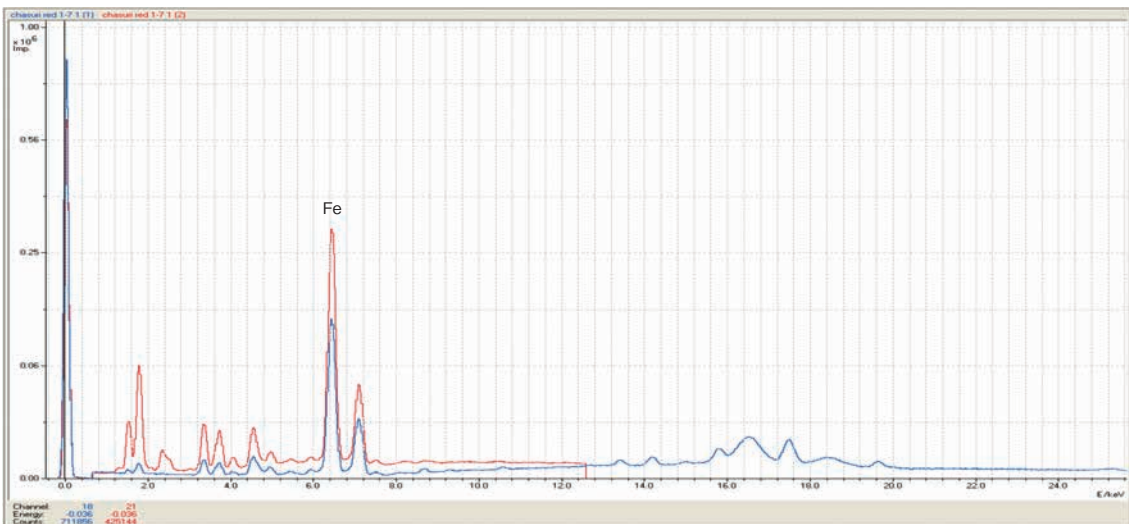
第21図 赤色顔料スペクトル図 (1)



4

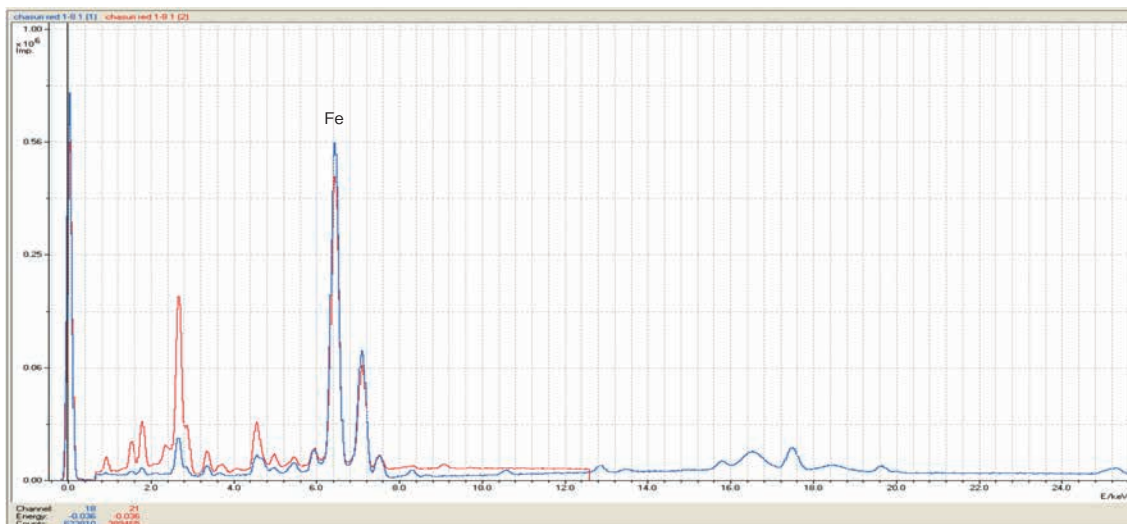


5

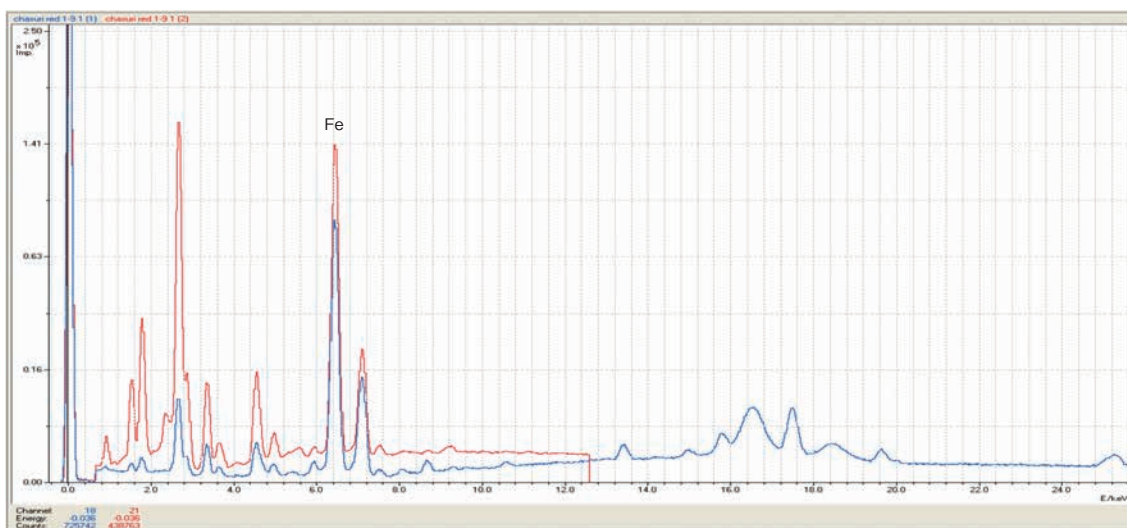


6

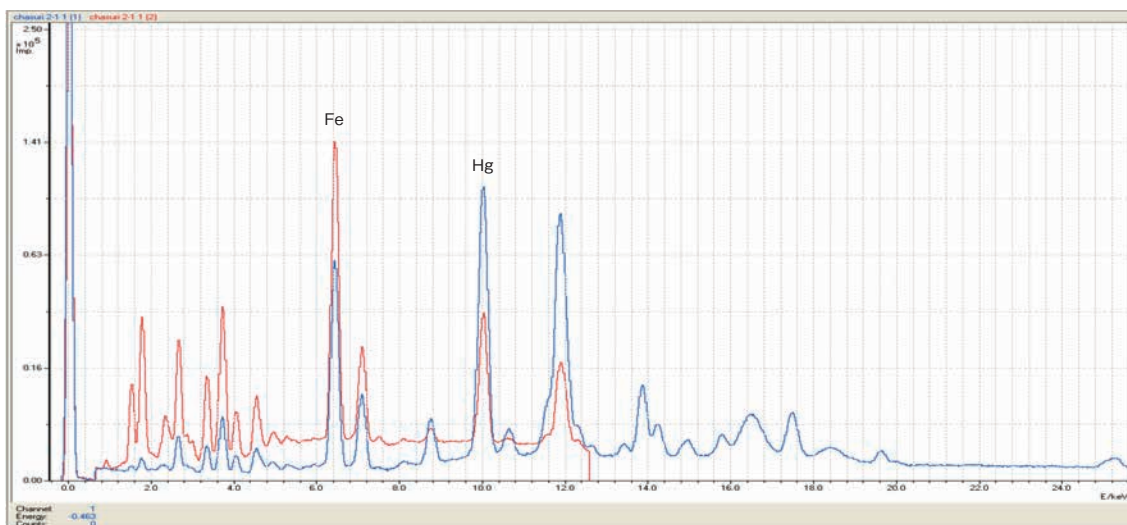
第22図 赤色顔料スペクトル図 (2)



7



8



9

第23図 赤色顔料スペクトル図 (3)

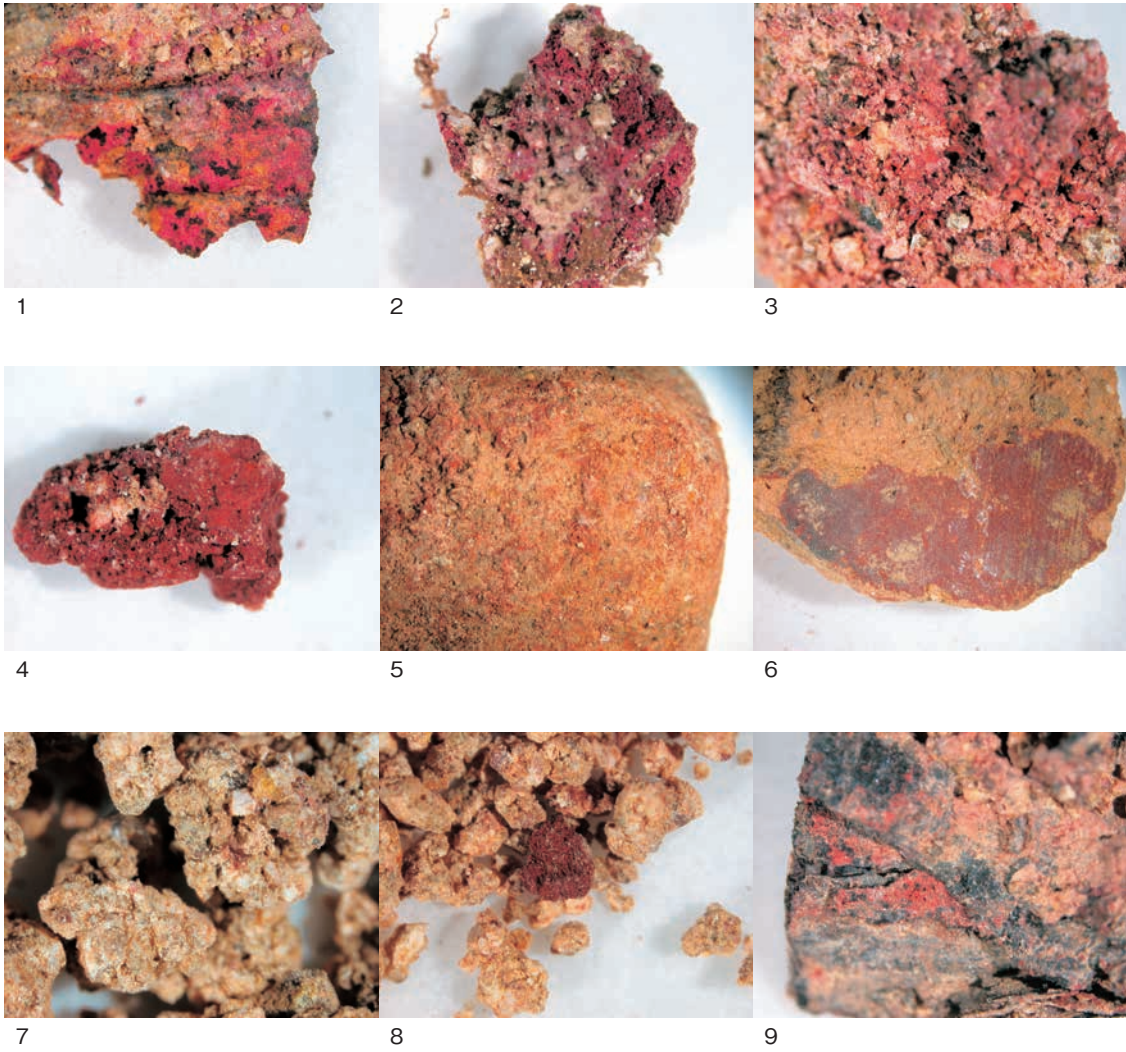


写真144 赤色顔料分析試料

第9節 茶すり山古墳出土ガラス小玉の蛍光X線分析

兵庫県立考古博物館 岡本 一秀

1 はじめに

茶すり山古墳より出土したガラス玉について顕微鏡による構造調査と蛍光X線分析装置による材質の調査を行った。

2 試料

試料は、第1主体部から出土した5点と第2主体部から出土した4点の計9点である。(第8表)

3 試料の観察と分析

実体顕微鏡による観察

最初に実体顕微鏡で観察し、デジタルカメラで記録を取った。使用した装置は(株)ニコン製SMZ-1500である。製作技法や表面の風化の状態の観察を目的とし、透過光及び落射光により観察した。

蛍光X線分析装置による分析

蛍光X線分析は、スペクトロ社製エネルギー分散型蛍光X線分析装置MIDEX-Mを用いて行った。分析の条件は電圧45kV、電流0.25mA、測定時間180秒、軽元素側は電圧19kV、電流0.3mA、測定時間300秒で、コリメータ径は2.0mmで測定した。検出器はペルチェ冷却SDD(液体窒素不要)。測定雰囲気は、軽元素の検出感度を上げるためにヘリウムガスパージを行い測定した。

また、独立行政法人文化財機構 奈良文化財研究所の高妻洋成氏と田村朋美氏に分析の指導・助言をいただいた。奈良文化財研究所では、エダックス社製EAGLE IIIを用いて分析を行った。分析の条件は、電圧20kV、電流100 μ A、測定時間300秒、コリメータ径は2.0mmで測定した。検出器は液体窒素冷却をおこなった。測定雰囲気は、空気による2次X線の吸収をできるだけ少なくするため、試料と検出器の間を真空状態として測定した。測定の結果はガラス標準試料をもちいて、検出された元素の総和が100%になるように規格化し、酸化物重量百分率で表示した。(第9表) 今回の測定の結果は、表面の非破壊測定によるため、表面の風化や形状が影響し、必ずしも試料内部の正確な化学組成を示すものにはならないが、大まかなガラスの材質を判断することは可能である。

4 分析結果と考察

顕微鏡による観察では、直管状のもの(1-426、2-492、2-93)と玉状のもの(1-411、1-414、1-427、2-495、2-500)に分けられる。またその中で連続した気泡が観察されるものが1-411、1-414、1-426、2-492、2-93で、連続した気泡が確認できなかったのが2-495と2-500である。2-495以外の玉は、すべて端面に磨かれた平坦部を持つ。

蛍光X線分析の結果からは、2-500はカリガラス、それ以外は高アルミナ系のソーダ石灰ガラスであることが判明した。各定量値には数値のばらつきが見られるが、これらは試料の風化の度合いが異なる事に起因するものと考えられる。

今回の試料は、色調が異なる代表的なものを抽出して分析をおこなったが、色調と基礎ガラスの種類

とは、関連が少ない結果となった。

第8表 ガラス小玉法量

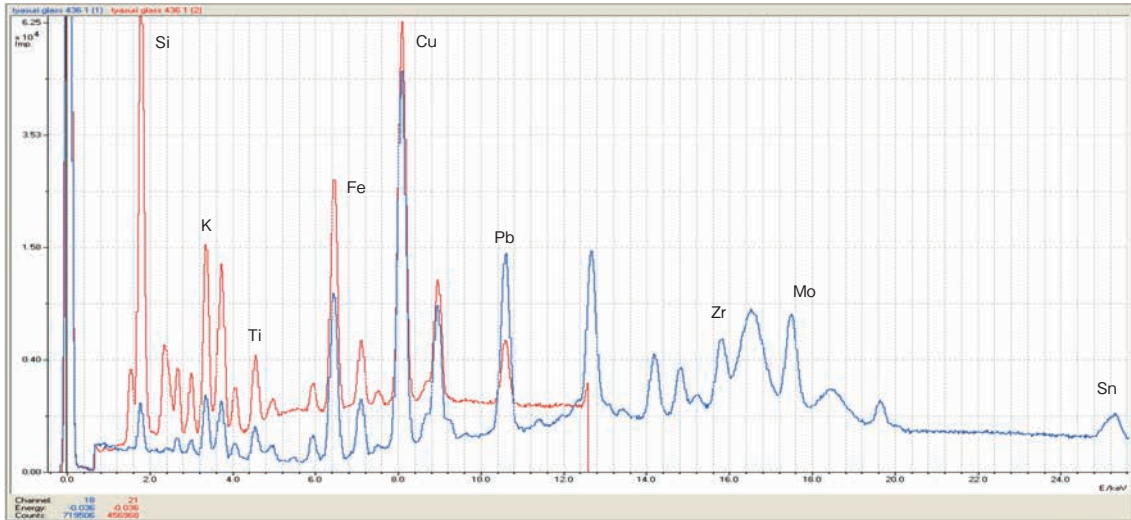
番号	直径(mm)	長さ・厚さ (mm)	重量(g)	色調	外形	端面磨き	孔の形状	引き延ばされた気泡	連続した気泡
1-411	4.0~4.8	3.6	0.10	濁水色	玉状	有り	丸	無し	有り
1-414	4.1	2.7	0.06	紺色	玉状	有り	丸	無し	有り
1-426	4.2	2.7	0.07	淡水色	直管	有り	丸	有り	有り
1-427	4.6~5.0	2.4	0.07	水色	玉状	有り	楕円	無し	無し
2-492	3.5	2.7	0.04	水色	直管	有り	楕円	無し	有り
2-495	4.6	3.2	0.09	濁水色	玉状	無し	丸	無し	無し
2-500	3.6	2.6	0.04	紺色	玉状	有り	丸	無し	無し
2-93	3.8	2.7~3.1	0.07	淡水色	直管	有り	丸	無し	有り
1-管玉1	3.5	11.0	0.17						

第9表 ガラス小玉成分一覧(奈文研調査分)

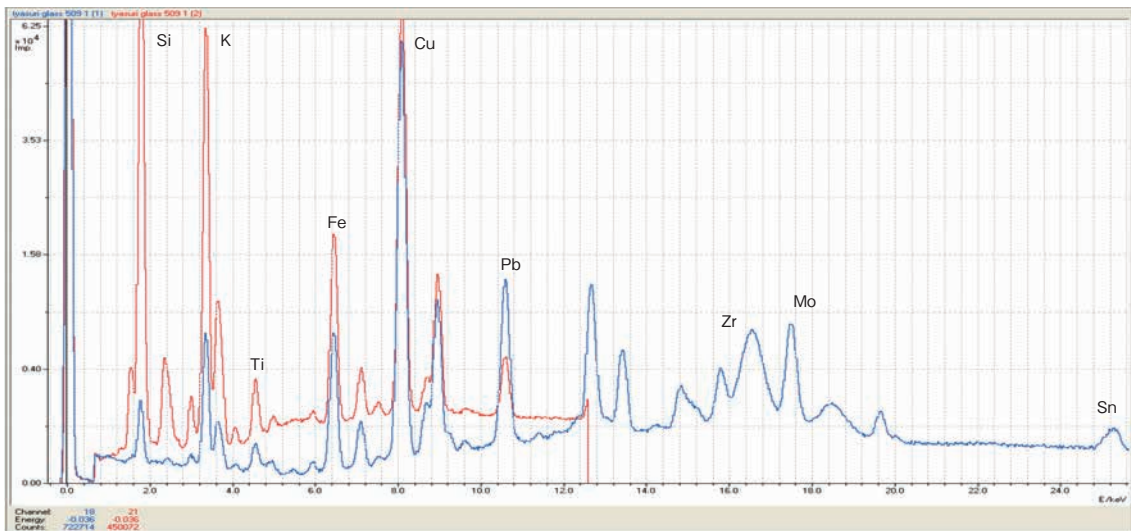
番号	色調	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Pb
1-414	紺	1.330	0.380	6.750	80.550	5.280	2.060	0.320	0.090	0.950	1.980	0.300
2-500	紺	0.660	0.430	4.670	75.260	15.150	0.660	0.220	0.020	0.560	2.120	0.260
1-411	濁	7.350	0.380	12.640	68.430	4.530	3.230	0.520	0.140	1.330	1.370	0.090
2-495	濁	11.930	0.490	10.560	67.560	3.840	2.580	0.500	0.060	0.920	1.380	0.180
2-93	半透明	10.510	0.660	10.950	68.660	3.510	2.720	0.520	0.050	1.090	1.150	0.170
1-426	半透明	13.160	0.570	11.060	66.320	3.040	3.350	0.400	0.080	1.190	0.750	0.080
1-427	水色	2.640	0.380	11.330	73.980	7.250	1.700	0.600	0.080	1.040	0.810	0.180
2-492	水色	7.580	0.740	10.970	71.050	3.710	2.610	0.630	0.090	1.270	1.190	0.150
1-1												

第10表 ガラス小玉成分一覧(考古博物館調査分)

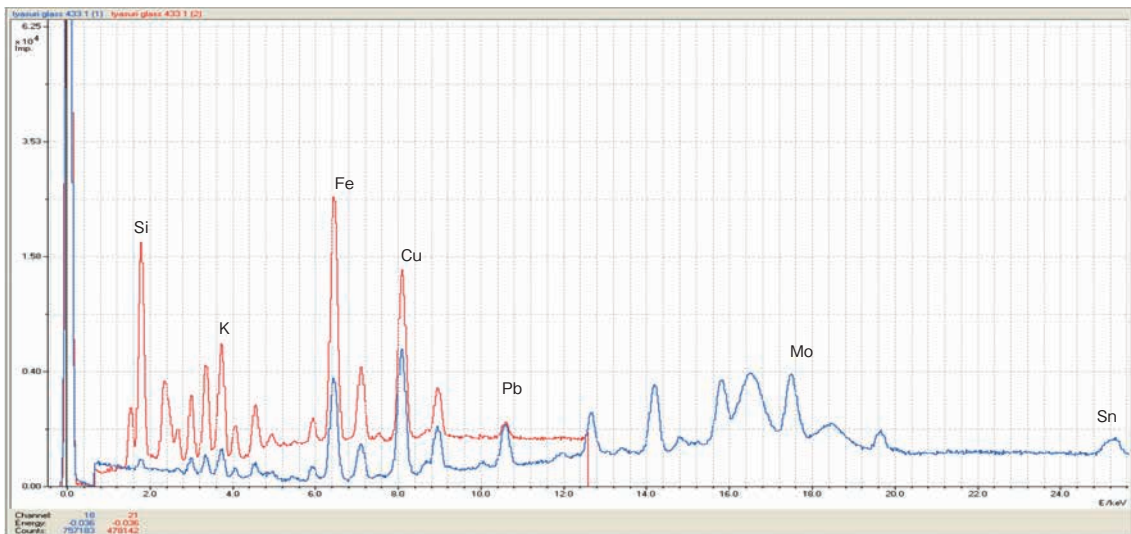
番号	色調	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Zr	Sn	Pb
1-414	紺		9.037	73.950	0.079	0.464	4.752	2.132	0.677	0.123	1.885	4.198	0.030	0.254	0.408	1.508
2-500	紺	0.512	6.966	68.510	0.090	0.314	15.550	0.566	0.421	0.030	1.058	4.076	0.066	0.142	0.271	1.064
1-411	濁	2.730	19.870	67.190		1.084	2.623	1.928	0.451	0.097	1.654	1.152		0.337	0.524	0.220
2-495	濁	0.202	16.370	65.500	0.124	0.487	4.839	3.076	1.318	0.111	2.329	3.264	0.023	0.407	0.110	1.144
2-93	半透明	0.040	16.370	59.540	0.144	0.320	4.743	3.999	1.871	0.164	3.982	5.242	0.017	0.541	0.289	1.834
1-426	半透明	4.940	17.940	67.640	0.105	1.704	2.048	2.044	0.448	0.066	1.512	0.717	0.024	0.323	0.205	0.170
1-427	水色	1.304	14.950	68.560	0.158	0.559	6.852	1.655	1.098	0.072	1.485	1.594		0.399	0.154	0.658
2-492	水色	3.100	12.740	77.100		0.824	2.162	1.199	0.252	0.033	0.747	0.734		0.296	0.445	0.249
1-1		0.609	15.730	65.060	0.169	0.704	5.044	3.358	1.564	0.114	2.499	3.059	0.010	0.336	0.331	0.663



1

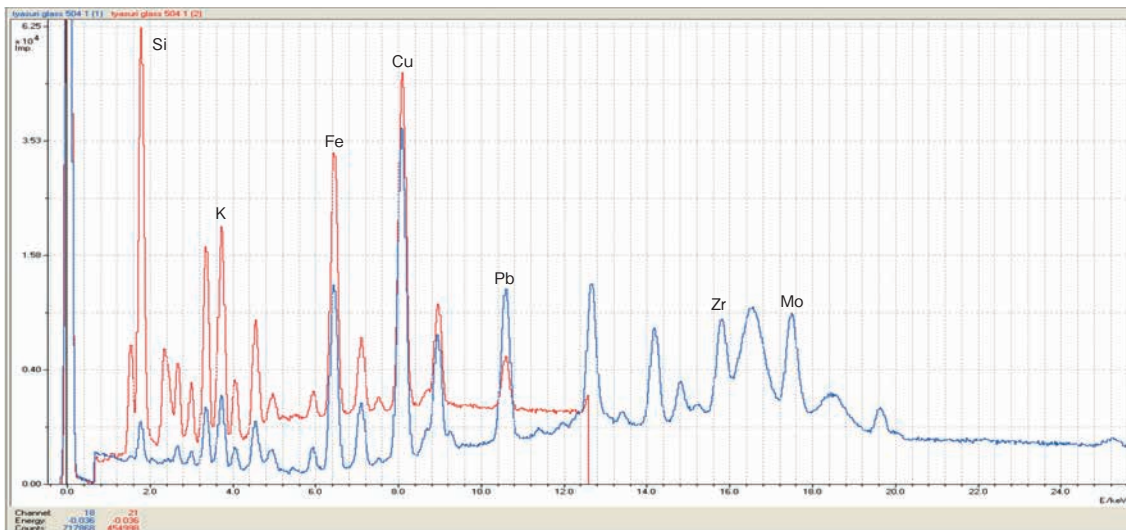


2

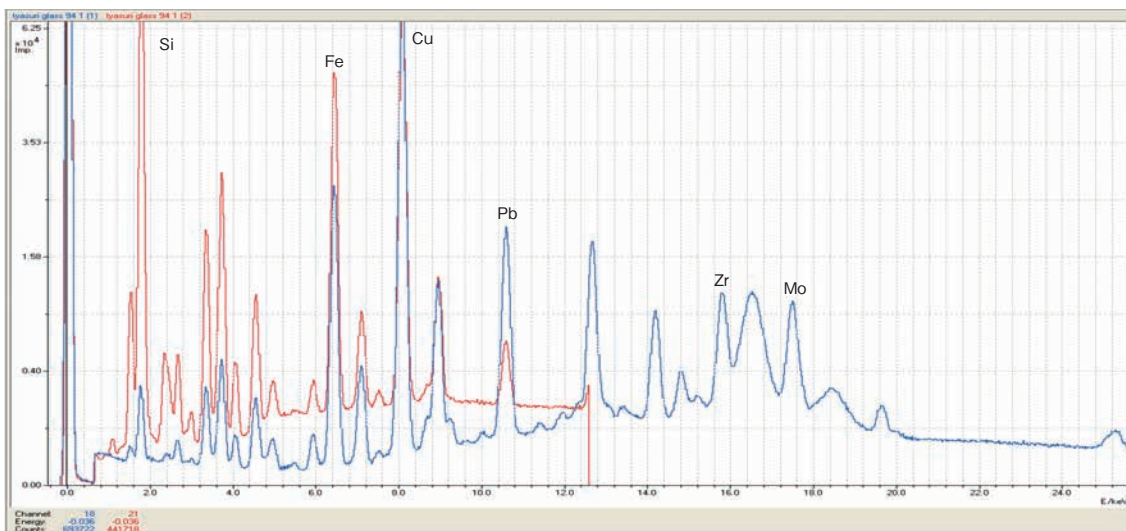


3

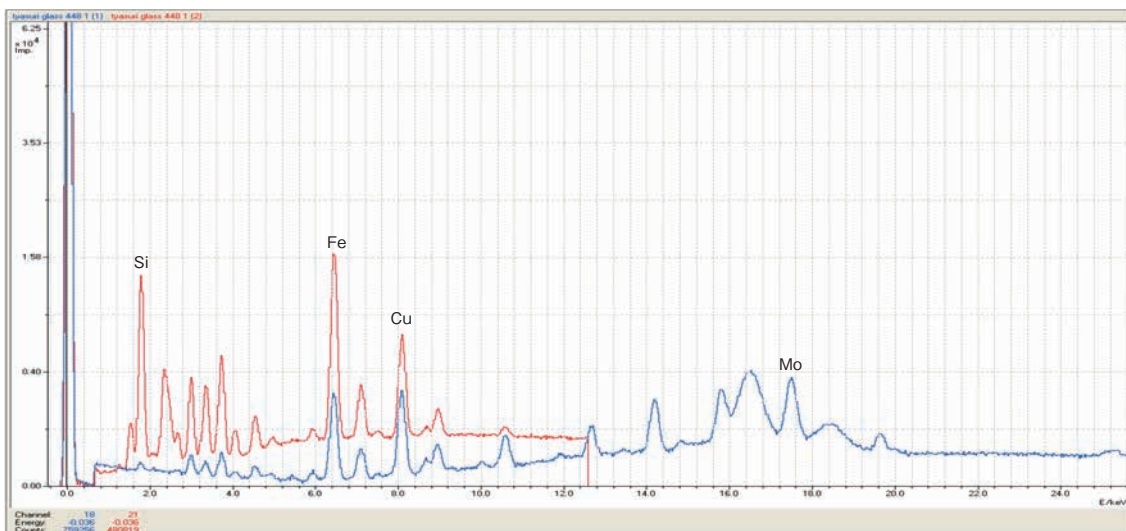
第24図 ガラス小玉成分スペクトル図 (1)



4

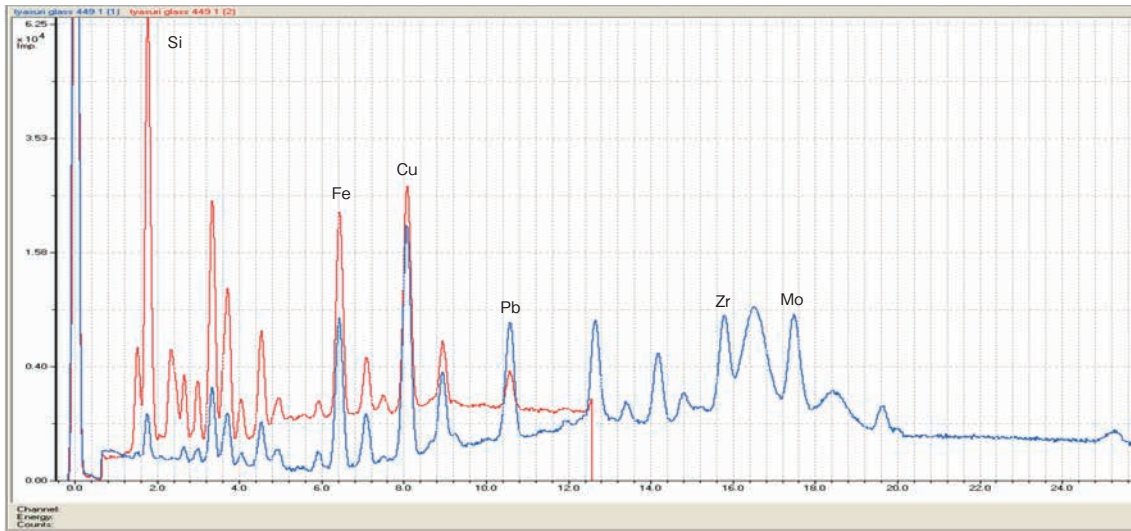


5

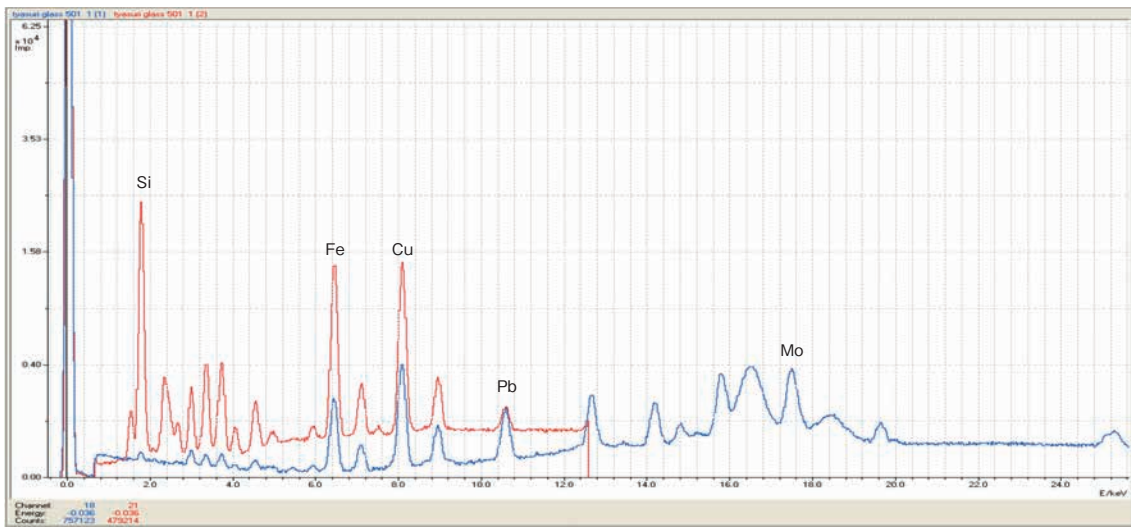


6

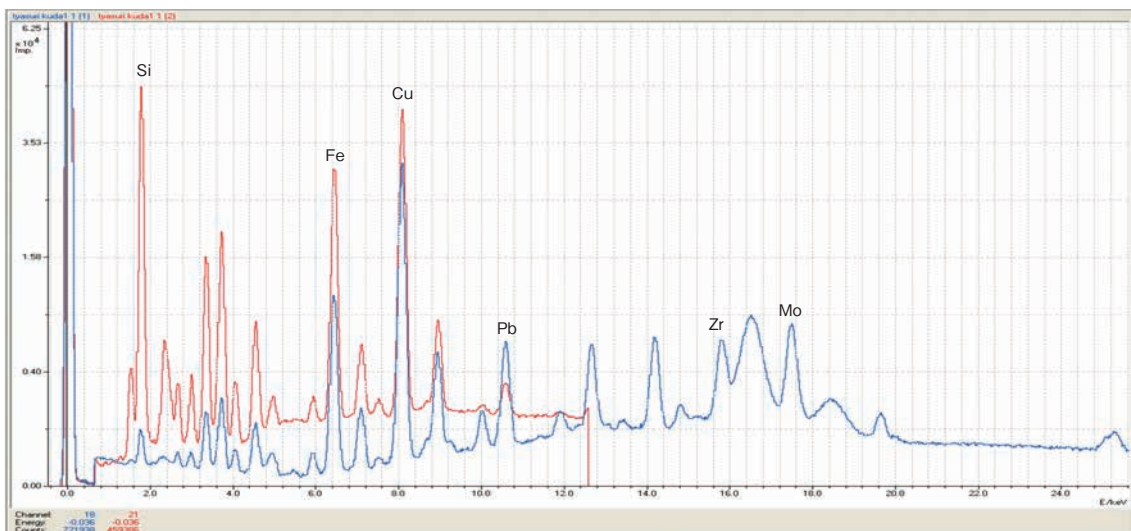
第25図 ガラス小玉成分スペクトル図 (2)



7



8



9

第26図 ガラス小玉成分スペクトル図 (3)

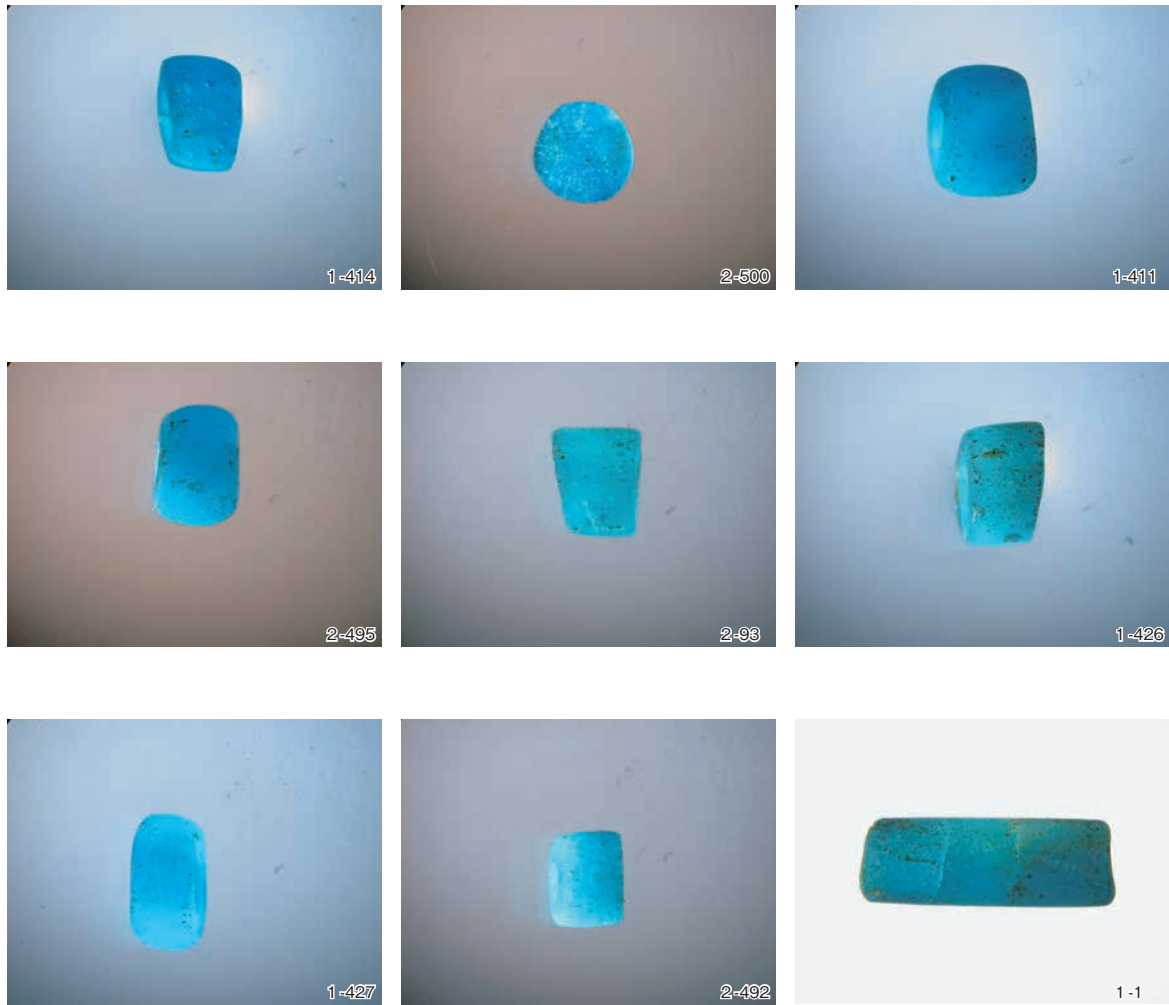


写真145 ガラス小玉分析試料

第5章 年代測定

第1節 茶すり山古墳から出土した漆膜と鉄器の ^{14}C 年代測定

名古屋大学環境学研究科
(財)元興寺文化財研究所
名古屋大学年代測定総合研究センター

松本佳納
山田哲也
中村俊夫

1. はじめに

兵庫県朝来市和田山町筒江字梨ヶ谷に所在する茶すり山古墳は、和田山盆地東奥の丘陵尾根突端に築造された直径約90mの巨大円墳で、出土遺物の考古学的解析により5世紀前葉のものと推定されている。北近畿豊岡自動車道建設にともない2001年から兵庫県教育委員会が主体となって発掘調査が始められた。発掘調査によると、埋葬施設は墳頂平坦部の中央に2基検出されており、そのうち、第1主体部は平坦部の南寄りに位置し、第2主体部は第1主体部から約1～2m北側に位置している。

第1主体部から出土した副葬品は総数千数百点にもものぼる。武器・武具類を中心とした鉄製品が多量に副葬されており、加えて盾や刀剣装具・弓・槍・鉾の長柄に塗布された漆膜の断片が良好な状態で多数残存している。漆は、木片や植物片にくらべて耐薬品性が強く保存がよい。また、漆の原料である樹液はほぼ単年性であり、樹液として採取されたあと未使用のまま長期間保存されることもない。このため、破壊分析が許されれば、放射性炭素(^{14}C)年代測定に最適な資料の一つである。

今回、これらの漆膜の一部、および鉄刀と同一個体と確認することができた刀装具の漆膜、およびこの鉄刀の金属鉄部分を採取し、加速器質量分析による ^{14}C 年代測定を行った。

2. AMS法による ^{14}C 年代測定

天然の炭素は、放射性の炭素原子(^{14}C)と安定な炭素原子(^{12}C 及び ^{13}C)からなる。記号Cは炭素を表し、左肩の数字は質量数を表す。試料炭素に含まれる ^{12}C 、 ^{13}C および ^{14}C の個数の比率と試料の年代にはどのような関係があるのか。 ^{12}C および ^{13}C は安定な炭素であり、それらの個数は不変である。一方、 ^{14}C は放射性の炭素原子であり、時間が経つと崩壊して、別の元素(窒素)になってしまう。この放射性崩壊は、物理学の原理に基づき、規則正しく起こる。 ^{14}C の放射性崩壊の速さは、1年あたり ^{14}C の個数が0.0121%だけ減少することに相当する。従って、放射性崩壊は正確な時計として利用でき、この崩壊による ^{14}C の減少量を測ることで、試料が形成されてからの経過時間がわかる。これが、 ^{14}C 年代測定法である(中村2003)。炭素は、生物に含まれる主要元素の一つであることから、生物に由来するさまざまな物質に含まれている。従って、さまざまな炭素を含む物質が ^{14}C 年代測定の対象となる。

^{14}C は、宇宙から降ってくる宇宙線の作用により地球の大気中で生成される。 ^{14}C は酸化されて二酸化炭素($^{14}\text{C}\text{O}_2$)となり、大気中に存在する他の二酸化炭素($^{12}\text{C}\text{O}_2$ 、 $^{13}\text{C}\text{O}_2$)とよく混合して、 ^{14}C 濃度(^{12}C に対する ^{14}C の割合)が一定になったあと、光合成、食物連鎖により生物体内に移行する。宇宙線による ^{14}C の生成が時間的に変動しなければ、崩壊により減少する ^{14}C の個数と生成される個数とが釣り合って、地球上の ^{14}C の個数は時間的に変動しない。このため、炭素試料の ^{14}C 初期濃度はほぼ一定であ

り、試料の年代と試料中に残存している ^{14}C 濃度との関係はほぼ指数関数で表される。 ^{14}C の半減期は 5730 ± 40 年であることから、様々な炭素含有物質のうち、炭素固定を行った時期が数万年前より新しいものではまだ ^{14}C が残っており、その ^{14}C 濃度を測定することで炭素固定の年代が測定できる。

^{14}C の濃度（全炭素に対する ^{14}C の割合、あるいは、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比）を測定する方法には2つの方法がある。1950年頃、Libbyらにより開発された ^{14}C 年代測定では、 ^{14}C の検出は、 ^{14}C が崩壊する際に放出する放射線（ β 線）を検出することにより行われた。この方法では、通常は1g以上の炭素が必要とされる。一方、AMSを用いる方法が1977年に開発された。AMSとは、粒子イオンを加速する装置（accelerator）とその重さ（質量）を区別する磁場装置（mass spectrometer）を結合して、加速した粒子イオンを質量数について分離し、それらの存在量を高感度で測定する方法である。すなわち、炭素の同位体 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の割合を直接測定する。AMSによる ^{14}C 年代測定は、炭素1mg程度で実施できる。このことから、さまざまな考古学的試料の直接測定が可能となった。従来は、小型の貴重な考古遺物は年代測定をあきらめて入念に保存し、代わりに同じ地層から出土した大型の木材片や木炭片などについて年代測定を行い、それを遺物の年代として代用した。代用試料で済ませたことから、考古資料の ^{14}C 年代による編年に曖昧さが残った。AMSでは、ほとんどの試料について、保存状態さえよければ直接そのものの年代測定が可能である。今回は、単年産でありかつ風化に対して耐性が高い微量の漆試料および実物の一部を測定する意義が高い刀の金属部分について、AMSによる ^{14}C 年代測定を行った。

3. ^{14}C 年代測定試料の採取

保存を第一にしつつ、きちんとした年代測定を実施するために漆膜資料の部位を考慮して、漆膜の破片13点を採取した。また、中央区画刀4からX線写真撮影と埋蔵文化財用特殊金属探知機（MR-50B）により金属鉄の存在を確認した後、刃部側からV字状に切り出した金属鉄1点を採取した。漆資料は第11表に示すように、剣、刀、矢柄、盾、柄、弓などの遺物の表面に装飾などのために塗布されていた漆膜である。

後で詳しく述べるが、年代測定のための試料調製を行ったところ、これらの遺物に塗布されていた漆の重量はきわめて少ないことが判明した。採取した試料は、年代測定に十分な量があるように見えたが、実際には、ほとんど朽ちてしまった木片、植物片の表面に漆膜がごく薄く残っていたものである。試料調製処理過程において、基部を構成する木片、植物片の大部分が酸・アルカリ水溶液に溶解して失われた。多くの試料で、残留した漆膜は非常に薄いものであり、その重量は ^{14}C 年代測定に必要な重量には到底及ばなかった。年代測定に必要な重量がcaろうじて残った漆膜資料は2点である。そこで、さらに後日、漆膜資料2点を追加採集した。この追加試料については、試料調製において年代測定に必要な重量を回収できた。

最終的に、 ^{14}C 年代測定に供した漆膜資料は、茶すり山古墳の第1主体部中央区画から出土した刀4の把頭より採取した漆膜（CTK4-4）及び同じく鞘より採取した漆膜（CTK4-5）、さらに西区画から出土した弓より採取した漆膜（NY-1）及び同じく矢柄より採取した漆膜（NYG-1）の4点である。

また、 ^{14}C 年代測定に供した鉄資料は、茶すり山古墳の第1主体部中央区画から出土した刀4の中央部分から切り出した金属鉄（CTK4-Fe）の1点である。

4. 分析方法

漆の測定試料の採取は、(財)元興寺文化財研究所保存科学センターにおいて、筆者のうちの2名である松本及び山田が行った。追加試料の採取と金属鉄試料については山田が行った。全ての遺物資料には、資料の取り上げに際し、過度の乾燥などによる遺物の劣化を防ぐため、アクリル樹脂(パラロイドB72、パラロイドNAD10)が塗布された。パラロイド系樹脂は有機溶剤に溶けやすく、塗布する際、有機溶剤を溶媒として必要な濃度に調製してから使用される。アクリル樹脂は炭素(特に、石油起源の¹⁴Cを全く含まない炭素)を含む化合物であるため、¹⁴C年代測定を行う際は完全に取り除く必要がある。この点に留意して試料調製を行った。

4. 1 樹脂の除去

まず、試料処理を開始する前の実験として、パラロイドが常温でアセトンによく溶けることを確認した。次に、試料に付着した樹脂を取り除くために、試料をアセトンに浸して、数回、超音波洗浄し、その後さらに、常温で1週間かけて洗浄した。超音波洗浄1回ごとに、さらに常温での洗浄においても1日1度アセトンを交換した。超音波洗浄は試料の様子を見ながら行った。このように念入りにアセトン洗浄を行ったことから、パラロイドを完全に除去できたものと考えられる。

4. 2 アセトン洗浄後の乾燥及び秤量

アセトンで洗浄したあと、試料を乾燥させ、秤量した。アセトン洗浄処理の前後における試料の重量を第11表に示す。すべての試料で、アセトン処理後に重量が激減している。これは、パラロイドに限らず、試料に含まれる腐朽した木片、植物片なども併せて溶解除去されたためと考えられる。

4. 3 酸-アルカリ-酸の処理

遺跡内で埋没中に漆試料に付着・混入したフミン酸や炭酸塩などを溶解し除去するため、¹⁴C年代測定における試料調製過程でよく用いられる化学的な洗浄処理(酸-アルカリ-酸(AAA)処理)を行った。酸処理では、試料の状態に応じて0.1規定~1.2規定の塩酸(HCl)を用いて、室温~80°Cで処理を行った。アルカリ処理も同様に、試料の状態に応じて0.1規定~1.2規定の水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を用いて行った。アルカリ処理は、徐々に濃度を濃くして、水溶液が着色しなくなるまでこの操作を繰り返す。試料の状態により、アルカリの濃度、加熱温度、処理時間を加減した。AAA処理後の試料重量を第11表に示す。ほとんどの試料で、重量の減少が顕著であることがわかる。

他方、グラインダー等で3mm角程度に切り刻んだ金属鉄試料も蒸留水中で超音波洗浄を数回行った後に、漆試料とほぼ同様にしてAAA処理を行った。

4. 4 漆膜試料の重量変化について

前述のように、第1回目の試料採取において得た測定試料の重量が試料処理の後で大幅に減少し、測定に必要な重量を回収することができなかった。¹⁴C年代測定では、1回の測定に炭素量が最低1mg必要であり、漆の炭素量の収率がおよそ60%であることから、AAA処理後に試料が2mg以上残存している必要がある。試料処理前後の重量の変化を第11表にまとめた。このように、ほとんどの試料で測定に必要な重量が残らなかったことがわかる。AAA処理後の試料残存量から、試料ごとに回収率を求め(第11表)、その結果をもとにして追加採取する試料量を決定した。

また、当初は鞘の木質部2点(CK9-3, CTK4-3)も併せて測定する予定であったが、試料の保存状態が悪く、AAA処理における最初の酸処理の時点でほとんど残らなかった。ここで、鞘の木質はアクリル樹脂が塗布されていなかったためアセトン洗浄を行っておらず、そのため、洗浄後重量は

記載していない。

第11表 ^{14}C 年代測定のための試料調製における試料重量の変化と炭素試料の回収率

試料番号	試料名	処理前重量 (mg)	洗浄後重量 (mg)	AAA処理後重量 (mg)	収率 (%)
CK9-1	中-剣9-柄頭	30.96	1.47	0.70	0.02
CK9-2	中-剣9-鞘口	22.39	4.60	0.34	0.02
CK9-3	中-剣9-鞘木質	266.30	0.00	0.00	0.00
CTK4-1	中-刀4-柄頭	17.39	4.02	0.50	0.03
CTK4-2	中-刀4-鞘口	16.20	2.10	0.66	0.04
CTK4-3	中-刀4-鞘木質	16.13	0.00	0.00	0.00
NTK4-1	西-刀4-柄頭	29.27	6.87	0.20	0.01
NYG-1	矢柄	16.80	9.29	3.10	0.18
NT5-1	盾5	35.82 (ガーゼ込み)	3.76	1.10	0.03
NT3HE-1	柄	10.91	1.47	0.60	0.05
NY-1	弓	35.97	11.65	6.31	0.18
NE-1	長柄	32.44	3.15	0.40	0.01
NT4-1	盾4	13.23	5.78	0.60	0.05
CTK4-4	中-刀4-柄頭	70.60	26.21	2.90	0.04
CTK4-5	中-刀4-鞘口	28.30	8.82	2.40	0.08

4. 5 漆試料についての二酸化炭素の精製とグラファイトの合成

AAA処理後の試料約3mgを、酸化銅500mgと共に石英管(外径9mm、長さ35mm)に入れて高真空に排気して封じ切り、これを電気炉で900℃にて4時間加熱して、試料中の炭素を二酸化炭素に変換した。生成した燃焼ガスから二酸化炭素を、真空ガラスライン及び液体窒素、-100℃に調整したエタノールと液体窒素混合体などの冷媒を用いて精製し、純粋な二酸化炭素を回収した。次に、回収した二酸化炭素から、鉄触媒による水素還元法によってグラファイトを合成した。このグラファイトを試料ホルダーに圧縮・封入して、 ^{14}C 分析計に用いるターゲットとした。

4. 6 金属鉄試料についての二酸化炭素の精製とグラファイトの合成

鉄試料約0.8gを同量の高純度のFeの助燃剤(LECO社製 HIGH PURITY IRON CHIP, C<8ppm; part No. 502-231)と共にアルミナ製の坩堝に入れた。この坩堝を試料表面等に付着している可能性のある埃等を除去するため500℃で30分間、電気炉内で加熱した。その後、粗粒なアルミナの蓋をして真空ラインと接続したLECO社製高周波炉(LECO HF-10)の反応管内にセットし、真空に排気した。系内に高純度酸素(太陽東洋酸素株式会社 CO 、 $\text{CO}_2 < 0.1\text{ppm}$)を4分間(約200 ml/min)流しながら、高周波炉のコイルに通電して試料を加熱し、試料の燃焼を4分間行った。燃焼ガスは二酸化マンガンによる脱硫、500℃のPt/CuO酸化ユニットを通してすべての炭素化合物を二酸化炭素にする。二酸化炭素は酸

素とともに液体窒素（-196℃）でトラップし、試料が冷却したのち、酸素のみを排気する。燃焼ガスの主成分である酸素は、液体窒素温度ではトラップされずにロータリーポンプによって完全に排気される。その後、液体窒素（-196℃）・冷媒エタノール（約-90℃：水分の除去）・冷媒ペンタン（約-130℃：イオウ化合物の除去）の各トラップを用いて、二酸化炭素の精製を行い、パイレックス管に封入した。

精製された二酸化炭素から鉄触媒による水素還元法によってグラファイトを合成した。このグラファイトを試料ホルダーに圧縮・封入して、¹⁴C分析計に用いるターゲットとした。

4. 7 ¹⁴C年代測定

¹⁴C年代測定は、名古屋大学年代測定総合研究センターに設置されているタンデトロン加速器質量分析計(Model 4130-AMS、High Voltage Engineering Europe 社製)で行った(中村2003; 2007)。加速器質量分析計による¹⁴Cの定量において、¹⁴C濃度の比較に用いられる標準体として、アメリカ合衆国の国立標準技術研究所(NIST)から配布されているシュウ酸標準体(HOx II)を使用した。すなわち、NIST-HOx IIから、試料と同様にして調製したグラファイトを¹⁴C濃度標準として試料の¹⁴C定量に用いた。

5. 結果と考察

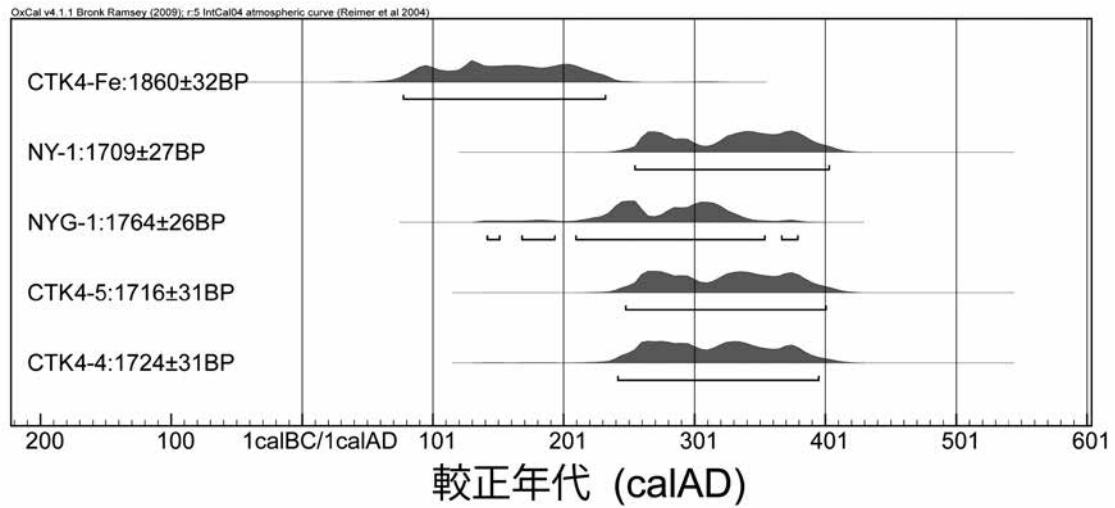
¹⁴C年代測定の結果を第12表に示す。また、得られた¹⁴C年代について、OxCal v. 4.1 (Ramsey 2001) 較正プログラムとIntCal04 (Reimer et al. 2004) 較正データを用いて較正した結果を第12表および第27図に示す。較正年代はcalAD (calはcalibratedの略記である)で表記した。誤差は2標準偏差である。また、IntCal04較正曲線と比較して、得られた¹⁴C年代をプロットしたものが第28図である。

第12表 茶すり山古墳から出土した漆膜資料と鉄資料の¹⁴C年代および較正暦年代

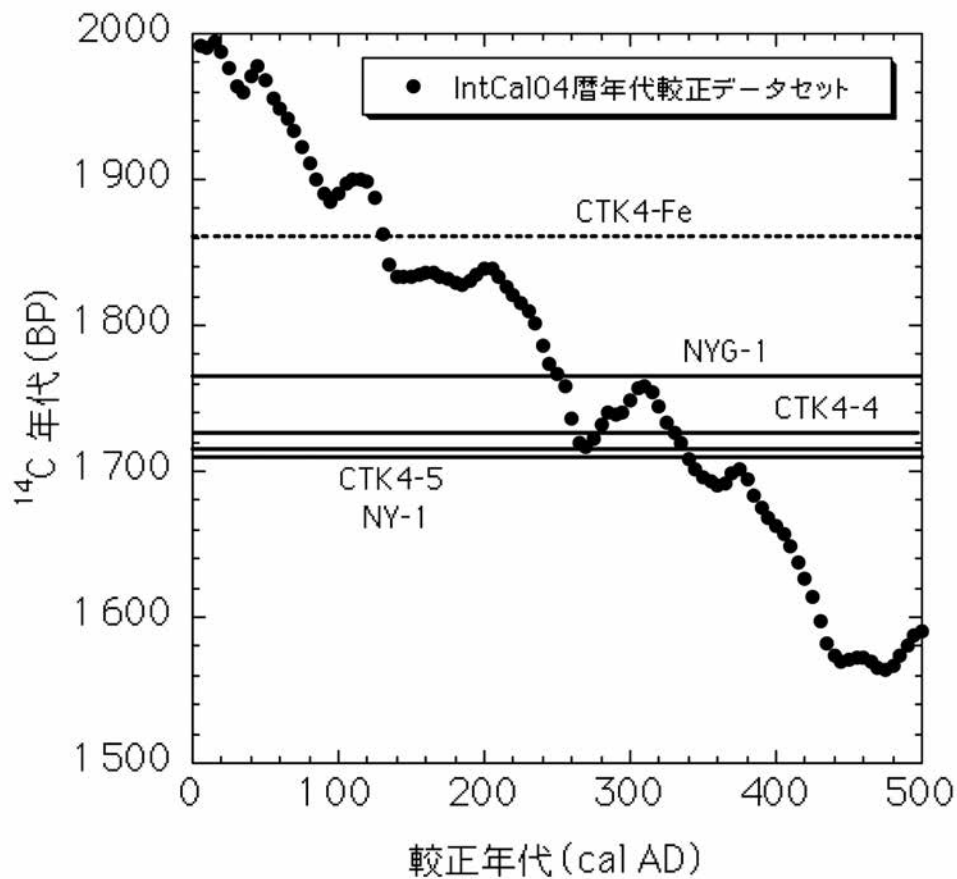
試料番号	試料名	出土区画	状態	δ ¹³ C* (‰)	補正 ¹⁴ C年代 (BP)	較正年代 calAD	確率分布	実験室番号 (NUTA2-)
CTK4-4	刀4柄頭	中央区画	アクリル樹脂塗布	-29±1	1724±31	242-396	95.4%	14555
CTK4-5	刀4鞘口	中央区画	アクリル樹脂塗布	-27±1	1716±31	248-401	95.4%	14556
NYG-1	矢柄	西区画	アクリル樹脂塗布	-29±1	1764±26	142-152 169-194 210-354 367-380	0.8% 2.5% 90.8% 1.3%	14820
NY-1	弓	西区画	アクリル樹脂塗布	-31±1	1709±27	255-404	95.4%	14819
CTK4-Fe	刀4	中央区画		-19±1	1860±32	78-233	95.4%	14672

* $\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}}} - 1.0 \right] \times 1000 \text{ (‰)}$,

ここで、PDBはPee Dee Belemniteの略記で炭酸カルシウムからなる矢石類の化石であり、¹³C/¹²C比の標準体として用いられる。δ¹³C値は、AMSを用いて¹⁴C年代と合わせて測定した。測定の誤差は±1%と見積もられる。



第27図 暦年代較正の結果



第28図 茶すり山古墳から出土した漆膜および刀から分取した鉄の¹⁴C年代と IntCal04較正データとの比較

漆膜試料（実線）および鉄（破線）について得られた¹⁴C年代は、IntCal04較正の折れ曲がりの近傍に該当するため、較正により得られる可能性の高い暦年代範囲が広がることになる。

漆の年代測定結果は、試料4点のうち3点で¹⁴C年代が1710¹⁴C BP前後に集中し、試料NYG-1のみが1760¹⁴C BPとやや古い年代を示した。刀4の年代測定結果は、¹⁴C年代が1860¹⁴C BPとかなり古い年代を示した。¹⁴C年代を校正して得られた暦年代は、漆試料4点についてほぼcalAD 230-400、鉄試料ではcalAD 80-230となる。このように、どの年代も考古学的に推定されていた古墳の年代（紀元5世紀前葉）よりも古く得られたことになる。また、可能性の高い年代範囲が幅広く得られたのは、校正する際、¹⁴C年代が校正曲線の凸凹にあたってしまったためである。この凸凹は、¹⁴Cウイグルと呼ばれる短期変動で、太陽活動強度の変動に起因する¹⁴C生成率の経年変動によるものである。

今回の¹⁴C年代の測定結果およびIntCal104校正データを用いて得られる校正年代から、刀4の刀装具、矢柄、弓などが制作された暦年代として紀元3世紀中葉から4世紀末まで（古墳時代前期）の可能性が推定される。特に、NYG-1の結果は古墳時代前期の初めにあたる。しかし、刀4については暦年代として紀元1世紀後葉から3世紀前葉（弥生時代後期）に製作された可能性が推定される。調査概要（兵庫県教育委員会 2003）によると、副葬品などから古墳時代中期（5世紀前葉）と推定されていたのに対し、¹⁴C年代測定から得られる暦年代では漆製品で数十年、刀4にいたっては200年以上古いことになる。

刀4の金属鉄部分と刀4に装飾された刀装具（把頭・把縁）の漆膜についての¹⁴C年代測定結果から、刀4は1世紀後葉から3世紀前葉ごろに製作され、その刀装具については3世紀中葉から4世紀末ごろに製作されたことを示した。そのため両者の間にはかなりの時間差がみられ、同一時期に製作されたものではない可能性が高いことが判明した。

本来、年代測定試料として漆膜を選択した理由は、漆は単年産であり、いったん漆木から採取された漆液は長期の保存はできないため短期間のうちに使われて、異なる年代の漆と混ぜて使われることはないためである。重ね塗りがあるとしても、異なる時代での重ね塗りは考えられないであろう。

今回の年代測定では、複数の試料がほぼ同じ¹⁴C年代を示しており、しかも、IntCal104データを用いて暦年代校正した年代は3世紀後半から4世紀末にかけての年代範囲を示している。古墳から出土した遺物の考古学編年とは矛盾するようであり、今後の検討が必要である。

¹⁴C年代の暦年代校正については、ある年代区間の日本産試料について得られた¹⁴C年代をIntCal104データを用いて校正すると、校正暦年代が予想よりも古く得られることが指摘されている。尾嵜（2007）は、年輪年代が確定された日本産樹木年輪について¹⁴C年代を測定し、その年輪年代と¹⁴C年代の関係をIntCal104のそれと比較し、日本産樹木年輪が、紀元1世紀から3世紀にかけて、¹⁴C年代がIntCal104に比べて古い方にシフトする結果を得ている。このような傾向が5世紀の前半にもみられれば、日本産樹木試料では、IntCal104が予想する¹⁴C年代よりも古い値が得られることになる。このような、日本産樹木年輪のIntCal104データに対する比較検定の作業は始まったばかりであり、まだ日本産樹木年輪データが一般的に活用できる状況ではない。今後この比較検定を待って、このような観点から年代データを見直す機会がくるものと考えられる。

6. まとめ

兵庫県朝来市和田山町の茶すり山古墳から出土した剣、刀、矢柄、盾、柄、弓などの遺物に塗布されていた漆膜と刀4から分取した金属鉄について、加速器質量分析による¹⁴C年代測定を行った。漆膜はきわめて薄く塗布されていたため、測定に十分な試料量を得ることができず、4点の漆膜試料と1点の

金属鉄試料を¹⁴C年代測定した。得られた¹⁴C年代をIntCal04データを用いて暦年代に較正したところ、漆膜の暦年代として3世紀後半から4世紀末の年代範囲の可能性が示された。また、金属鉄試料から刀4の暦年代として1世紀後葉から3世紀前葉の年代範囲の可能性が示された。この年代範囲は、茶すり山古墳から出土した遺物の考古学的な編年による推定年代である5世紀前葉とは重ならず、むしろ古すぎる年代であることが示される。漆は、樹木のような古木効果（巨木では、樹齢に応じて樹芯部の年輪の¹⁴C年代は、樹木の伐採年・枯死年よりもずっと古く得られる効果）はなく、むしろ単年産の試料として¹⁴C年代測定には適した試料といえる。しかし、鉄資料の場合は、鉄製品の製作に用いられた木炭由来の炭素を抽出して測定しているため古木効果を考慮する必要がある。今回得られた、考古代と¹⁴C年代のずれについては、さらに検討を続ける必要がある。年代のずれが発生する一つの可能性として、日本産樹木についてIntCal04データからのずれが考えられるが、まだ詳細なデータが提示されていない。今後、この点についても慎重に検討する必要がある。

参考文献

- 兵庫県教育委員会埋蔵文化財調査事務所編 2003『但馬の王墓 茶すり山古墳 調査概要』, 学生社, p. 29-31、35-40、67-71
- 中村俊夫 2003「加速器質量分析(AMS)による環境中およびトレーサー放射性同位体の高感度測定」RADIOISOTOPES, Vol. 52, No. 3, p. 51-54
- 中村俊夫 2007「加速器質量分析による¹⁴C年代測定の高精度化に向けての課題と検討」『国立歴史民族博物館研究報告』第137集 p. 42-46
- 尾寄大真 2009 日本版較正曲線の作成と新たな課題. 「弥生農耕のはじまりとその年代」(西本豊弘(編)), 雄山閣, p. 4-8
- Ramsey, C.B. 2001 Development of the Radiocarbon Program OxCal. Radiocarbon, 43: 355-363
- Reimer, P. J., M. G. L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J. W. Beck, C. Bertrand, P. G. Blackwell, C. E. Buck, G. Burr, K. B. Cutler, P. E. Damon, R. L. Edwards, R. G. Fairbanks, M. Friedrich, T. P. Guilderson, A. G. Hogg, K. A. Hughen, B. Kromer, G. McCormac, S. Manning, C. B. Ramsey, R. W. Reimer, S. Remmele, J. R. Southon, M. Stuiver, S. Talamo, F. W. Taylor, J. van der Plicht, C. E. Weyhenmeyer, 2004 IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyrBP. Radiocarbon, Vol. 46(3), p. 1029-1058.

第2節 茶すり山古墳出土黒漆膜の放射性炭素年代測定

(AMS測定)

(株) 加速器分析研究所

1 測定対象試料

茶すり山古墳は、兵庫県朝来市和田山町筒江（北緯 35° 18′ 34″、東経 134° 51′ 41″）に所在する。測定対象試料は、第1主体部棺内西1区画の盾1～3・長柄の黒漆膜2点（No.1：IAAA-83302、No.2：IAAA-83303）である。

2 測定の意義

茶すり山古墳の築造年代を考証するための参考とする。

3 化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、根・土等の表面的な不純物を取り除く。
- (2) 酸処理、アルカリ処理、酸処理（AAA：Acid Alkali Acid）により内面的な不純物を取り除く。最初の酸処理では1Nの塩酸（80℃）を用いて数時間処理する。その後、超純水で中性になるまで希釈する。アルカリ処理では1Nの水酸化ナトリウム水溶液（80℃）を用いて数時間処理する。なお、AAA処理において、アルカリ濃度が1N未満の場合、表中にA a Aと記載する。その後、超純水で中性になるまで希釈する。最後の酸処理では1Nの塩酸（80℃）を用いて数時間処理した後、超純水で中性になるまで希釈し、90℃で乾燥する。希釈の際には、遠心分離機を使用する。
- (3) 試料を酸化銅と共に石英管に詰め、真空下で封じ切り、500℃で30分、850℃で2時間加熱する。
- (4) 液体窒素とエタノール・ドライアイスの温度差を利用し、真空ラインで二酸化炭素（CO₂）を精製する。
- (5) 精製した二酸化炭素から鉄を触媒として炭素のみを抽出（水素で還元）し、グラファイトを作製する。
- (6) グラファイトを内径1mmのカソードに詰め、それをホイールにはめ込み、加速器に装着する。

4 測定方法

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

5 算出方法

- (1) 年代値の算出には、Libbyの半減期（5568年）を使用する（Stuiver and Polash 1977）。
- (2) ¹⁴C年代（Libby Age：yrBP）は、過去の大気中¹⁴C濃度が一定であったと仮定して測定され、1950

年を基準年 (0yrBP) として遡る年代である。この値は、 $\delta^{13}\text{C}$ によって補正された値である。 ^{14}C 年代と誤差は、1桁目を四捨五入して10年単位で表示される。また、 ^{14}C 年代の誤差 ($\pm 1\sigma$) は、試料の ^{14}C 年代がその誤差範囲に入る確率が68.2%であることを意味する。

- (3) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定し、基準試料からのずれを示した値である。同位体比は、いずれも基準値からのずれを千分偏差 (‰) で表される。測定には質量分析計あるいは加速器を用いる。加速器により $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ を測定した場合には表中に (AMS) と注記する。
- (4) pMC (percent Modern Carbon)は、標準現代炭素に対する試料炭素の ^{14}C 濃度の割合である。
- (5) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の ^{14}C 濃度を元に描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の ^{14}C 濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1標準偏差 ($1\sigma = 68.2\%$) あるいは2標準偏差 ($2\sigma = 95.4\%$) で表示される。暦年較正プログラムに入力される値は、下一桁を四捨五入しない ^{14}C 年代値である。なお、較正曲線および較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal04 データベース (Reimer et al 2004) を使い、OxCal v4.0 較正プログラム (Bronk Ramsey 1995 Bronk Ramsey 2001 Bronk Ramsey, van der Plicht and Weninger 2001) を使用した。

第13表 放射性炭素年代測定結果

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-83302	No. 1	遺構:第1主体部 層位:棺 内西区画盾1~3	黒漆膜	AaA	-29.85 ± 0.42	1,660 ± 30	81.31 ± 0.33
IAAA-83303	No. 2	遺構:第1主体部 層位:棺 内西区画長柄	黒漆膜	AaA	-29.80 ± 0.45	1,770 ± 30	80.18 ± 0.31

[#2845]

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-83302	1,740 ± 30	80.51 ± 0.32	1,661 ± 32	345AD - 423AD (68.2%)	258AD - 298AD (7.7%) 320AD - 437AD (83.9%) 489AD - 510AD (2.5%) 517AD - 530AD (1.4%)
IAAA-83303	1,850 ± 30	79.40 ± 0.30	1,774 ± 30	220AD - 263AD (32.9%) 278AD - 329AD (35.3%)	137AD - 341AD (95.4%)

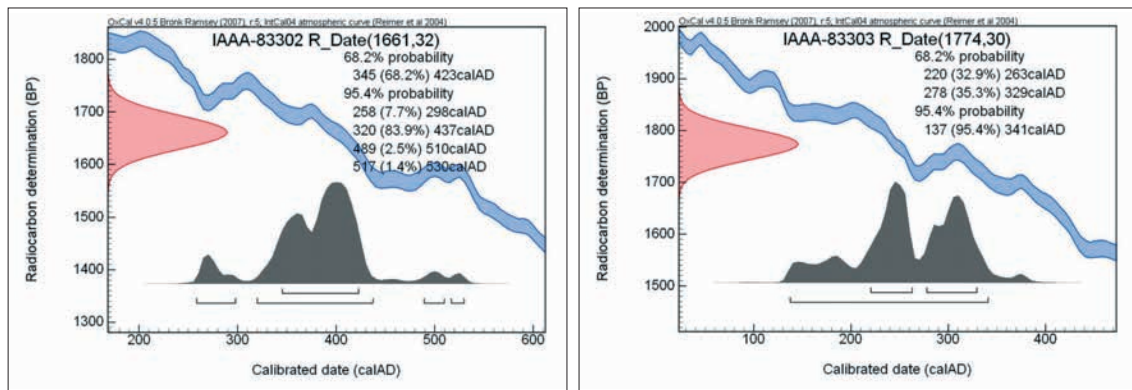
[参考値]

6 測定結果

¹⁴C年代は、第1主体部棺内の黒漆膜2点が 1660±30yrBP (No.1)、1770±30yrBP (No.2)、である。No.1が革盾、No.2が槍または鉾の長柄の黒漆膜である。試料の炭素含有率は共に60%以上であり、化学処理・測定内容にも問題が無いことから妥当な年代と判断される。暦年較正年代(1σ)から判断すれば、2点には明らかな年代差が認められ、考古学的な所見を勘案して、茶すり山古墳の築造年代を絞り込む必要がある。

参考文献

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



第29図 暦年較正年代グラフ

兵庫県文化財調査報告 第 383 冊

史跡 茶すり山古墳

自然科学編

一般国道483号北近畿豊岡自動車道春日和田山道路Ⅱ
建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書－Ⅶ

2010年（平成22年）3月9日 発行

編集 兵庫県立考古博物館

〒675-0142 加古郡播磨町大中1丁目1番1号

TEL 079-437-5589

発行 兵庫県教育委員会

〒650-8567 神戸市中央区下山手通5丁目10-1

印刷 株式会社廣濟堂

〒560-8567 大阪府豊中市蛍池西町2-2-1
