

図2 発泡ウレタン取り上げ模式図

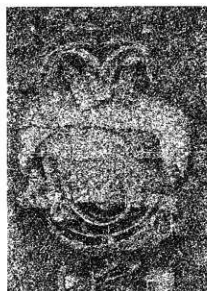


写真1



写真2



写真3



写真4

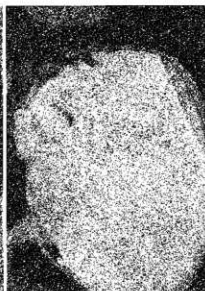


写真5

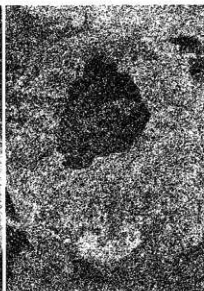


写真6

(3) 漆塗り製品の取り上げ

革製漆塗盾や漆塗長柄などの漆塗り製品は有機質が完全に消失しており、写真7でみられるとおり漆塗膜のみが地面に遺存している状態であったので、漆塗膜の下面の土ごとに取り上げることとした。取り上げの作業工程は次のとおりである。

①漆塗膜に5～10w%のB72・キシレン溶液を2回塗布し、仮強化する。

②70～80w%のB72・キシレン溶液を塗布してガーゼで表打ちし(写真8)、その上に再度B72を塗布する(写真9、10)。

③翌日、固化したのを確認した後、ステンレス製ヘラやカッターナイフを用いて、接着している下面の土ごと剥ぎ取るようにして取り上げる(写真11)。

以上の方法により、漆塗膜を取り上げた。写真12は取り上げた後の漆塗り製品(盾3)で、写真は下面(裏面)の土が上になっている。

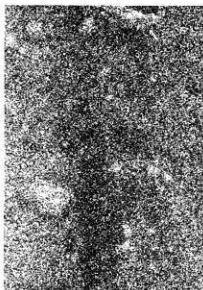


写真7



写真8

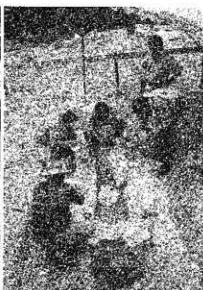


写真9

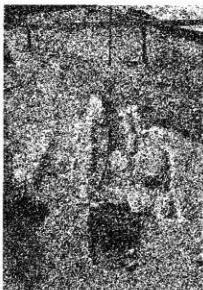


写真10



写真11

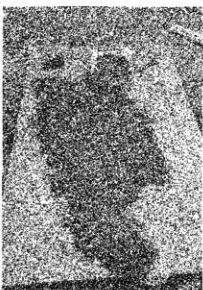


写真12

(4) 主体部の型取り

主体部の型取りは遺構の資料館展示を目的として実施した。現地で型を取った後はポリエステルなどの樹脂を用いて型をおこし、樹脂に彩色するという手順でレプリカを作成することになる。

型取りは甲冑以外の遺物を全て取り上げた時点で実施した。甲冑はこの段階では取り上げていなかったため、甲冑周辺は型取りをしなかった。型取りの作業工程は次のとおりである。

- ①遺構面を精査し、濡らしたキムタオルで全面を覆う（写真13）。
- ②石膏ギブスをキムタオルの上にのせていく（写真14）。
- ③遺構面の形状に合わせて曲げた針金を石膏の上に補強材としてのせ、更にその上に再び石膏ギブスをのせる（写真15）。
- ④石膏ギブスが硬化した後、発泡ウレタンを用いて主体部の主軸に直交するよう、4ヶ所に橋を作る（写真16）。
- ⑤発泡ウレタンの橋と石膏ギブスが分離しないように注意しながら、遺構面から剥ぎ取る（写真17）。



写真13

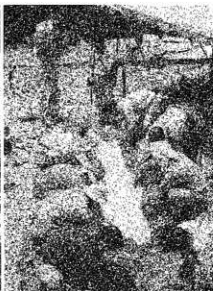


写真14



写真15



写真16



写真17

2 甲 冑

事務所に搬入した甲冑は発泡ウレタンで梱包された状態であったので、まず発泡ウレタンの解体作業から開始した。解体は裏側（地面側）から始め、遺物の地面に接地していた部分を表出させた。その後、砂で表出部全面を覆って再び発泡ウレタンで梱包し、ひっくり返して今度は表側を表出させた。なお裏側に充填した発泡ウレタンは形を覚えて、甲冑を解体する際の安定台として利用した。

甲冑を表出させた後、上方から鉄板を1枚ずつ解体していった。その際、逐次写真や略測図といった記録類をとっていった。甲冑には綴じ革などの痕跡が遺存していたので、これら脆弱な箇所は5～10w % B72・キシレン溶液で強化しながら作業を進めていった。外した鉄板は甲冑のどの部位であるかが分からなくならないようにそれぞれ仮番号を付番していき、写真や略測図に記録していった。

遺物解体終了後の各工程段階における処理方法および使用材料は、基本的には次節で述べる「甲冑以外の金属製品」と同様である。ここでは次節と異なる方法を用いた作業に関して記すことにする。

まずX線透過撮影を行い、撮影されたX線フィルムをもとにして一枚板単位でのクリーニングおよび接合を実施した。接合は本来なら強化処理後に行いたいところであるが、強化処理前に遺物実測作業および甲冑調査を実施することとなったため、調査の利便を考えた上で、この段階で仮の接合を実施することとした。なおこの段階で冑の表面に獣毛と思われる有機質が付着していることが確認された。

その後、一枚板単体の実測作業を行い、実測終了後に強化処理および2度目の接合を行った。そして実測時の所見をもとにして立体復原作業に入った。接合・補填に関しては実測時の所見をもとに、できる限りの修復を行った。これは甲冑を組み立てる際に、欠失部分の存在が甲冑の認識を誤らせるのを防ぐためである。補填部分は接着剤が硬化した後、補填箇所が判別できるように単色で彩色した。

立体復原は甲冑の内型を作成し、内型に一枚板を取り付ける方式を採用した。詳細は第3章で述べる。立体復原終了後、組み上げた状態での甲冑の実測図作成及び写真撮影を実施した。

甲冑解体作業時の所見

甲冑の出土状況については、第1部、第4章において記述があるので重複する部分もあるが、写真を含め若干の補足をする。甲冑は検出状態のまま発泡ウレタン樹脂で梱包して取り上げ、事務所で解体作業を行うことができたことで、現場では見過ごされやすい有機質などの脆弱な遺物を検出することができた。解体作業は、樹脂や溶剤を極力使用しないで、竹串、竹ヘラ、ニードルなどの工具を駆使して物理的に行った。しかし、乾燥固化した土砂は、エチルアルコールを入れた注射器を鉄板の隙間に刺し、土砂を軟化させながら鉄板に荷重がかからないように剥がす要領で行った（写真18）。

甲冑を構成する鉄板は埋設中の土圧で変形したものが多く、後胴掘板、後胴地板第3段、鍔後部など立位を保持した状態で検出したものは埋納時の形状を良好に保っていた（写真19）。後胴地板第2段を撤去後、直下に冑の伏板が検出されるが、伏板中央部やや前方から右斜め後方に向かって、明らかに周囲と異なる色調の土砂および錆の広がりが見察された。この部分は、伏板に4カ所の孔があることや位置的にみて有機質の痕跡の可能性は極めて高い。また、冑の地板は折り重なるように、平面的に検出された（写真20、21）。地板は上から地板No.5→No.3→No.7→No.8→No.2→No.6→No.4の順で取り上げた。通常の地板の構成とは異なるが、立体復原において検出状況を重視した。

冑検出時に多くの獣毛を確認したが、その一部は保存処理を終了した冑に密着したままの状態で保管している。腰巻板が立位で出土したためか、最も広範囲で遺存していたが、地板すべてから獣毛を検出した。冑は鍔の内側から検出され、獣毛は鍔の外側からは検出されていないことから冑に伴うものであることは確かである。採取した獣毛片は90点におよび、表面積は約300cm²ほどになる。獣種および詳細については後述する。



写真18



写真19

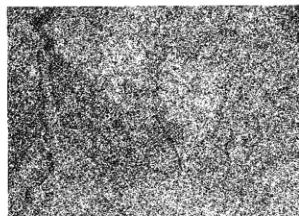


写真20

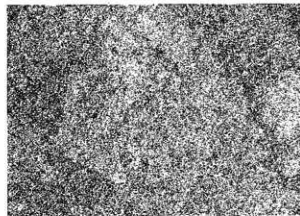
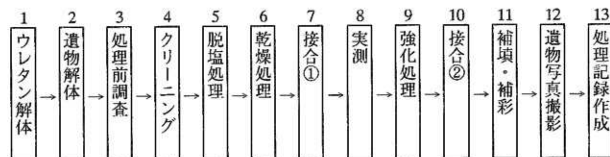


写真21

表2 保存処理工程（甲冑）



表3 保存処理工程（甲冑以外の金属製品）



3 甲冑以外の金属製品

鉄鏝は錆着していたので、発泡ウレタンを解体した後X線透過撮影を行い、遺物の錆着状態を確認したうえで解体していった。鉄鏝は東群・西群とも全点解体した。解体終了後再びX線透過撮影を行い、X線フィルムをもとにクリーニングの作業を行った。

X線透過撮影の撮影条件については次のとおりである。遺物は全点、正面及び側面を撮影した。

装 置：(株)島津製作所 FI-518	
電 圧：30～100kV	フィルム：工業用I _x 100
電 流：3.0mA	カセット：アルミ
撮影時間：90sec	増感紙：鉛
撮影距離：80cm	

クリーニングはエタノールとハケ・竹串・メスなどを用いて土砂および錆を除去することを原則とし、錆の状態に応じてグラインダーやエアブレイシブ・ニッパを使用した。クリーニングは基本的に遺物の外郭線がX線フィルムで確認できない場合は無理に錆を除去したり、遺物外郭線を推定して錆を除去したりすることがないようにし、錆瘤については大きく膨れていても遺物表面が遺存している場合はこれを除去しないようにした。この作業により、鉄鏝に遺存する口巻きや鎌に遺存する柄と思われる木質などが表出したので、これら有機質は5～10w% B72・キシレン溶液で強化した。

脱塩処理はオートクレーブを使用して行った。本処理法はインヒビター（腐食抑制剤）を溶解した蒸留水中に遺物を浸漬し、高温と高圧をかけて遺物中に含まれる陰イオンを抽出する方法である。この方法で大多数の金属製品の脱塩処理は問題なく終了したが、刀・剣・鉾などは処理中に問題が生じた。この問題と脱塩方法の詳細は第4章で述べることとする。

オートクレーブによる処理が終了した後、小型遺物は105℃で1日～2日、強制乾燥を行った。刀・剣・鉾など脱塩処理で問題の生じた遺物はこれと異なる強制乾燥処理を実施したが、こちらも第4章で解説したい。

この段階で遺物実測図作成および調査を実施することとなったので、甲冑と同じく仮の接合を行った。遺物実測終了後、さきの脱塩処理で問題の生じた遺物の再処理を行った。ただし槍・鉾6・剣2は脱塩処理前にプラズマ処理を行った。また、鉾6点に関しては実測時に劣化が進行してしまい、クラック貫入などの変形が生じたので、クラックに沿って遺物を解体して余計な錆を除去し、この状態で脱塩処理を実施することとした。

脱塩および乾燥処理が終了した後、強化処理として遺物を水溶性アクリル樹脂（商品名：プライマルMV-1）にどぶ漬けし、一昼夜減圧含浸（60cmHg）した。減圧含浸後は約1時間かけて復圧して遺物を取り出し、蒸留水で濡らせたガーゼで余分な樹脂を拭き取り、2日間デシケータ内で自然乾燥させた。樹脂含浸をより完全なものとするため、以上の強化処理工程を3回繰り返した。

強化処理後、遺物の破損部や欠損部の接合・補填を行った。接合・補填にはエポキシ系合樹脂（商品名：ハイスーパー5）にフェノールマイクロバルーンを混和したものを使用した。解体した鉾はこの段階で原形に組み立て直した。補填剤が硬化した後、補填部をアクリル絵の具（商品名：リキテックス）により彩色した。彩色は補填部が目立たなくなるよう、遺物表面の色調に合わせて調色した。他に、折れていた刀1・剣4・剣5は接合強度を高めるため、芯材としてアルミ棒を入れた。

なお、表3中の1および2の作業工程は鉄鏝のみであり、他の遺物は3から開始した。

4 漆塗り製品

まず第一に裏打ちを行うため、ガーゼで表打ちしている地表面側（漆の遺存している面）を下にし、地面側を上にした（写真12の状態）。上となった面（地面側）の土に粗密があったため、細かい土で平均的にならして裏込めとした（写真22）。その上に裏打ちとしてポリエステル樹脂（商品名：リゴラック）を染み込ませたガラス繊維を何層も重ねて貼っていった。最後に補強材として、組んだステンレスパイプをのせ、その上に再びポリエステル樹脂を流した（写真23）。

裏打ちが終了したのち遺物を反転させ（写真24）、表打ちに使用したガーゼを除去した（写真25）。ガーゼはB72により密着した状態であったため、除去には溶剤としてキシレンを使用した。ガーゼを完全に除去した後、地表面側の微小な欠落部分に土を込め、脆弱な部分は再びB72で強化するなどして細部の調整を行い、裏面および側面のポリエステル樹脂をアクリル絵の具により灰色に着色した。漆膜に関しては強化のため、10w% B72・キシレン溶液を塗布した。

表4 保存処理工程（漆塗り製品）



写真22



写真23

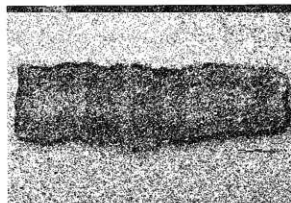


写真24



写真25

第3章 甲冑の立体復原法

1 目的

五ヶ山B2号墳から出土した甲冑は埋蔵中の土圧により大きく変形していた。また出土した段階では各鉄板の位置関係から各々の部位を特定することができたものの、特に短甲や冑は緩じ革の腐食により緊縛が解かれていたため、それぞれがばらばらの状態であった。この甲冑に保存処理を施すことによって資料館に展示できる状態まで復原するのが今回の大きな目的であったのだが、変形が著しいことから甲冑の立体的な組み上げには非常に困難を伴うことが予想された。さらに甲冑の保存処理を開始するにあたって、研究する側の立場からすると組み上げない方が甲冑の調査・研究に好都合であるという指摘を受けた。具体的には、通常甲冑を組み上げる場合は可逆性を有する接着剤を用いて板同士を接合していくのであるが、接着剤で組み上げることにより板の重複する部分や内側の調査がしにくくなるというのである。しかし一方で今回の保存処理は資料館展示が大前提であり、もし調査研究を優先して立体復原を行わないとするならば、資料館では板を平面的に展開した状態で展示するしかなく、一般見学者が甲冑をイメージするには分かりにくい展示となってしまう。資料館を訪れる一般の見学者の文化財理解という点を最優先するならば、立体的に組み上げた方が視覚的な訴えかけの点で勝っているのは疑うべくもない。実物とは別に立体レプリカを作成することも考えられるが、実物の立体復原の方が迫力の点で優っているのは言うまでもないであろう。

これらの問題一甲冑は歪みが著しく立体化が困難であるという問題と、保存処理の目的としての立体復原に対する考え方の対立一を解決するため、接着剤を使用しないで立体復原を行うという方法を探ることを決定した。つまり立体に組み上げるが、いつでも一枚板を単体にするができるという復原方法である。

2 方法

甲冑の一枚板を接合しないで立体復原するためには、板を据え付けるための内型を作成する必要がある。ここでまず問題となるのが、いかにして板を内型に密着させ、なおかつ落下しないようにするかである。そこで今回はマグネットを内型に埋め込むことにより、磁力によって板を内型に密着させることとした。これが可能となったのは、事前に五ヶ山B2号墳から出土した甲冑は一枚板全点がマグネットにつくということが確認できたためである。遺物は完全に錆化しているので磁性体として問題があるのではないかと当初は考えていたが、実験の結果、ある程度の磁性を有しているとの結論に達した。ただし錆化しているうえに表面も錆による凹凸があり、錆でない鉄板に比べると著しく磁性は悪くなるため、一枚板の保持にはマグネットだけに頼らず、外側から見えない部分で板を内型に押さえつけるような様々の工夫をした。内型も遺物内面を少し甘くトレースし、内型と遺物がびったりとフィットするが、フィットしすぎてかえって遺物が外れないということがないようにした。

以上のようにマグネットを埋め込んだ内型を作成し、一枚板はその型に取り付けて立体に組み立てるという方法が決定された。これにより板の着脱が自由にできるようになった。基本的に永久磁石を使用したので、劣化などにより短日数で磁力がなくなることはないと考えているが、マグネットに高温を加えると急激に磁力をなくすので、この点は注意しなければならない。

内型は作成方法の関係上、短甲は3分割で作成し、後でボルトによって合わせるようにした。鋳も変

形が著しかったので、内型を2分割して作成した。

内型を作成することによって胄・鎧・短甲・頸甲・左右の肩甲おのおのが立体的に組み上がったが、これらを最終的にひとつに組み立てるための骨組みは浅羽町教育委員会側で、鉄パイプなどを使用して製作された。

3 使用材料

内型には遺物と接する部分に付加タイプのシリコン樹脂（商品名：東芝シリコンTSE3453）を用い、更にその内側にいわゆるFRPを用いた。シリコン樹脂は大きく縮合タイプと付加タイプがあるが、その特性は表5に纏めたとおりである。このうち付加タイプを採用した理由として、反応副生成物がない点や収縮が少ない点、安定性の点などが挙げられる。実際、遺物安定台などで遺物に接触する部分にシリコン樹脂を使用することが多いが、いずれも付加タイプを使用している（鈴木・安田1996）。FRPはポリエステル樹脂とガラス繊維を用いた。FRPを用いることにより内型としての強度を持たせた。更に短甲に関しては、最も重量がかかる部位であるので、内側にポリエステル樹脂で土手をつくり、それを縦横に張り巡らせることで強度を確保した。

マグネットは磁力・サイズ・値段のバランスのとれたものを選択した。一枚板は強磁性体である鉄製とはいえ完全に錆びており、表面の凹凸もあるため、錆びていない鉄板と比べれば磁石の吸引力は著しく落ちるため、特に磁力に重点を置いた。その結果、ネオジウム（12mm×7mm×4mm）を使用することとした。磁力は3000ガウスであり、全部で約400個使用した。

シリコン樹脂とポリエステル樹脂は展示効果を考えて黒に着色した。黒色の着色について、ポリエステル樹脂には松煙を混入して着色したが、シリコン樹脂は付加タイプであり、顔料によっては硬化阻害がおきるため、シリコン樹脂専用の着色剤を使用した。

その他に内型作成のため、厚めの錫箔、発泡スチロール、石膏などを使用した。

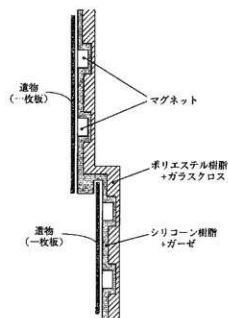


図3 甲冑内型断面模式図

表5 シリコン樹脂の特性

	縮 合 型	付 加 型
収縮率	付加型に比べてやや大。	小さい。
硬化阻害	なし。	あり。
反応副生成物	アルコールなどを放出。	なし。
電気絶縁性	厚物注型時、硬化過程で一時低下。	安定。
耐熱性	密封耐熱性に難点。	良好。
深部硬化性	大部分はあり。	あり。
金属の腐食性	なし。	なし。
強度、耐寒性、耐水性、耐湿性、耐薬品性等	ほぼ同等の性能。	

4 作成手順

作成手順に関しては次頁以降で短甲後胴を例に詳しく解説するので、ここでは作業の流れを概略的に記述したい。

- 第1段階 発泡スチロールで大まかに内型を作り、スチロールに一枚板を張り付けていく。この段階で一枚板の位置関係を確定するため、スチロールに板を張り付けた状態で専門家に確認していただき、不具合のある箇所は修正しておく。
- 第2段階 一枚板をそれぞれ錫箔で覆い、石膏で外型をとる。この外型は次の段階で行う取り外しが容易となるように割り型にする。
- 第3段階 石膏が硬化した後、石膏および一枚板をスチロールから取り外し、再び石膏の割り型を組み直して一枚板を石膏の内側に貼る。
- 第4段階 板の内側にマグネットを取り付けてシリコン樹脂を流し込み、ガーゼを張り付けていく。シリコン樹脂硬化後、更にその内側にポリエステル樹脂を染み込ませたガラス繊維を張り付けていく。
- 第5段階 ポリエステル樹脂が硬化した後、外型の石膏を解体して板を取り外し、板を覆っている錫箔を剥す。最後に内型の細部調整を行い、内型の完成となる。

5 本法の特徴と今後の課題

最大の特徴は板の着脱が自由にできることである。接着剤を用いて甲冑を立体復原する場合、たとえ剥離できる接着剤を使用したとしても、一枚板単体に戻すのは実際問題として簡単なことではない。しかしこの立体復原法により今までは手間のかかった甲冑内側の調査が容易となり、接着剤で立体復原すると調査ができなくなった板の重複部分も調査可能となった。それだけでなく甲冑の運搬に関しても、板を全て内型から外して梱包すれば、立体の甲冑をそのまま梱包するよりも安全に運搬できると思われる。

今後想定される問題としては、内型の経年変化がまず第一に挙げられる。マグネットの磁力低下や樹脂の劣化に伴う一枚板の落下が最も懸念される場所であり、経年変化を充分考慮した上で使用素材や復原方法を決定してきたが、今後も追跡調査を行っていく必要があるものと考えている。

遺物を保存処理する場合、どのような目的で処理するかがしばしば問題とされる。それは遺物の種類や劣化状態だけでなく、目的によって処理の方法や程度が違ってくるからである。遺物を調査するという目的を考えると過大な処理は慎むべきであると言え、場合によっては錆落しなどの処理は遺物の形状変更の恐れもあるので行わない方がよいという意見もあるものと思われる。しかし歴史にあまり詳しくない大多数の一般の人にも理解を得るための歴史教材としての意味を遺物に持たせるのならば、遺物を見た時に分かりやすいように取って推定による復原を行うことも考えられる。博物館等における先史時代の復原イメージの絵などはその最たる例であろう。今回行った甲冑の立体復原は、そのような目的の違いからくる遺物の処理方法のギャップを埋めようとした試みであると理解していただければ幸いです。

写真26 甲冑の立体復原を行う前に、劣化抑制等の処理を一枚板単位で行う。写真は短甲を展開した状態で、既にクリーニング、強化処理、接合、補填、彩色を終了している。内型作成後の補填や接合の修正は難しいので、内型を作成する前に補填を含めて一枚板を完全に修復しておかなければならない。ただし内型作成後も取り外しが可能であるので、写真のような展開はいつでも撮影できる。

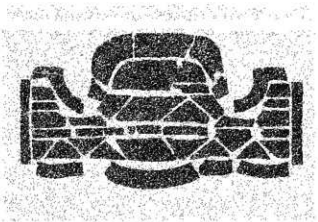


写真27 一枚板を仮組みする。仮の内型として発泡スチロールを使用し、更に紙粘土も用いて細部の位置決めを行う。スチロールへの板の据え付けには虫ピンやつまようじ等を利用する。遺物の状態や綴じ革等をもとにして一枚板同士の重なり具合や微妙な位置関係をみていき、専門家とも密に連携をとって位置を特定する。ただし、変形のためうまく組めない板は無理に接合せず、分離したままの状態を組み立てる。

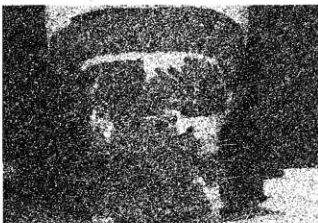


写真28 厚めの錫箔で一枚板をそれぞれ覆う。遺物表面の凹みとなっている部分は錫箔をつめてシリコン樹脂が入り込まないようにする。そうすることによって遺物表面の凹凸がシリコン樹脂に型取りされ、しかも型を甘くすることができ、取り外しやすくてなおかつぴったりフィットする内型ができあがる。

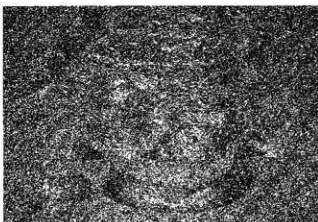
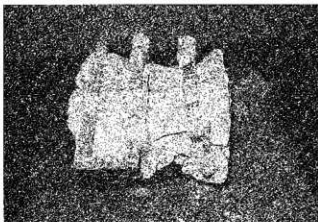


写真29 石膏を使用して外型を作成する。次の工程で外型を取り外しやすいうに、この段階で割り型を考えて石膏をのせていく。なお石膏強化のため、スタッフを混和させる。



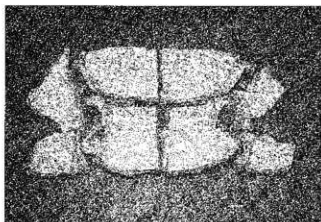


写真30 外型を取り外す。写真は外した石膏を内側を上にして展開した状態。これら割り型を接着剤等を使用して組み立てる。

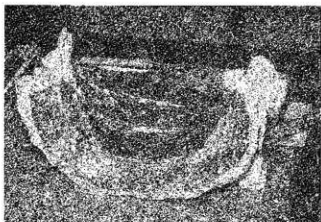


写真31 石膏外型の内側に一枚板を置いていく。石膏の内側には一枚板の形状が写し取られているので、一枚板それぞれを所定の位置に据えることができる。



写真32 甲冑は全体的に歪んでいるので、多くの場所で板と板の重複部分に空間ができてしまう。この空間をそのままにしておくと次の工程で使用するシリコン樹脂が甲冑表側に染み出してしまうため、空間部分にはすべて紙粘土をつめておく。この時紙粘土をきれいに つめていかないと、内型の仕上がり具合に差がでてしまう。



写真33 一枚板の内側にマグネットを置き、シリコン樹脂をたらす。マグネットは錫箔に包まれた一枚板の内側に直接置いていく。シリコン樹脂はマグネットを据えた後、施工する。シリコン樹脂は全体的に均一の厚さとなるように、しかもなるべく薄くなるように施工するため、少しずつたらすようにかけていく。

写真34 写真は内側全体にシリコーン樹脂を施工した状態。シリコーン樹脂を全体にたらした後、樹脂が硬化する前にガーゼを張り付けていき、樹脂の強度を確保する。

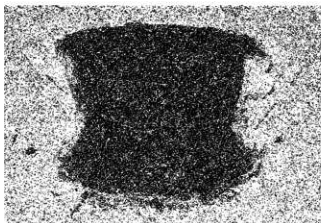


写真35 シリコーン樹脂が硬化した後、ポリエステル樹脂を染み込ませたガラス繊維をシリコーン樹脂の上に載せ、ポリエステル樹脂が硬化した後再び載せるという作業を数回繰り返す。また、ガラス繊維は人体に有害なので、一通り施工した後、再びポリエステル樹脂を全体に塗布し、ガラス繊維が表面に出ないようにする。なお、ポリエステル樹脂は硬化時に若干変形するので、角材等で変形を抑えるようにする。



写真36 ポリエステル樹脂が硬化した後、内型としての強度を確保するため、型の内側にポリエステル樹脂で土手を作る。土手は型の縦横に幅約1cmとなるように粘土で堤をつくり、その内側に樹脂を流し込む。ポリエステル樹脂の土手が硬化したら、粘土の堤を取り外す。



写真37 上下反転させて石膏の外型を上にし、石膏を解体する。解体はニッパ等を使用する。この時、一枚板はまだ内型についた状態にしておく。





写真38 写真は外型をすべて除去した状態。
一枚板はまだ内型に載ったままである。



写真39 作成した内型から一枚板を外していき、
板を被っている錫箔を剥す。この時慎重に作業
を進めていかないと、遺物が破損する恐れがある。

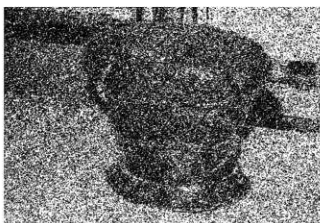


写真40 仕上げとして内型の縁の調整や、内面
の彩色等を行う。写真は完成した内型の外面。

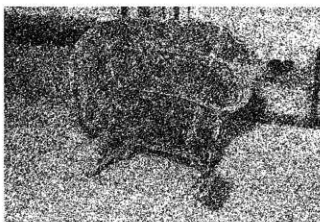


写真41 内型の内面。以上の工程と同様にして
前胴も製作し、それぞれの内型をボルト締め
により結合した。仮組みの段階で後胴だけで
なく前胴も併せて仮組みをしないと、この
段階で前胴と後胴の型が合わなくなる恐れ
がある。

写真42

青・鎧の内型



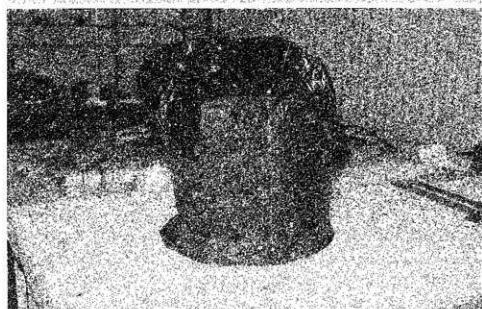
写真43

頸甲・肩甲の内型



写真44

短甲の内型



第4章 出土金属製品の脱塩処理

1 はじめに

遺跡から出土する金属製品は、そのほとんどが錆化している。このような出土遺物を適切な措置をとらずに放置しておくとう腐食が急激に進行し、場合によっては粉々に崩壊してしまうことすらある。文化財としての出土遺物には歴史を解明していく上での膨大な情報が内包されていると考えられるが、劣化が進行することにより、本来遺物から得られるはずの情報は急速に失われてしまうのである。それ故、保存処理による出土遺物の劣化抑制が重要になってくるといえる。

出土金属製品の腐食促進の要因として大気中の水分（湿気）や酸素等が挙げられるが、遺物中に存在する塩化物イオンをはじめとする陰イオンも、遺物の腐食に大きな影響を及ぼしていると考えられている。このことから金属製品の保存処理に際しては処理工程のひとつとして遺物中の陰イオンを除去するという作業が行われる。この作業は一般的に脱塩処理と呼ばれている。

脱塩処理は現在までに様々な方法が提唱されているが、その中でも液相中で処理する方法がよく利用されている。このうち水酸化リチウム（LiOH）法、水酸化ナトリウム（NaOH）法、セスキ炭酸ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）法等はアルカリ溶液に遺物を浸漬して塩化物イオンを溶出させる方法である。これらはアルカリ環境下では鉄は化学的に安定した状態を保つことができるという特徴を利用した方法であり、大掛かりな装置を必要としないことが利点として挙げられる一方で、遺物中に薬品が残留する恐れや、使用薬品の安全性や取り扱い等の問題が指摘されている。一方、近年提唱されているソクスレーによる脱塩処理（青木1992他）や全自動高圧蒸気滅菌装置（オートクレーブ）による脱塩処理（今津・肥塚1994他）はアルカリ溶液を使用しないことから先に述べたような問題は起こらないが、両者とも専用の処理装置を必要とすることから設備投資にかかる費用の問題が難点であるといえる。

現在、静文研ではオートクレーブ（写真45）による脱塩処理法を採用しており、五ヶ山B2号墳出土金属製品についても本装置を用いて処理を行った。しかし劣化抑制のための処理であるはずの脱塩処理中に、遺物の劣化が進行するという事態が発生した。そのため様々な試行錯誤を繰り返して劣化抑制に努めた。本章はその報告である。

2 方法

オートクレーブによる出土金属製品の脱塩処理は、いわゆる高温高圧脱酸素水による脱塩処理方法として学会等に報告され（今津・肥塚1994他）、各地で実用化されているものである。簡潔に言えば、本処理法は純水（今回は蒸留水を使用した、以後は処理液と称す）に遺物を浸漬した状態でオートクレーブ内に入れ、これに高温高圧をかけて遺物中の陰イオンを抽出するという方法である（図4）。処理中は高温高圧となるため純水が脱酸素状態になるといわれ、また水温が高くなるため脱塩効果が上がることが期待できる。本処理法の利点としては、NaOH法のような薬品の安全性や残留等の問題がなく、なおかつ処理期間が短く処理手順が簡単なこと等が挙げられる。しかし処理中の遺物の劣化を防ぐため、純水に腐食抑制剤（インヒビター）を添加する必要があるとされている。

使用している装置は（株）平山製作所製DSM-421Kである。この装置は温度を105℃から121℃まで、時間を1分から255分まで、それぞれ設定できる。ただしここで設定できる温度とは釜内の温度のことである。釜内中の純水（および純水中の遺物）の温度上昇は釜内温度よりも遅く、具体的にはおよ

その10で20分の遅れ時間が生じるとされている(図5)。

本装置による脱塩処理は次の手順で行っている。

- 1 ステンレス製のバットの中に遺物を入れる。
- 2 1のバットにインヒビターが添加された蒸留水を投入する。蒸留水量については、抽出された塩化物イオンの測定値を比較検討できるようにするため、遺物重量の10倍とする。
- 3 装置のドアを引き出し、2のバットをトレーに置き、ドアを押し込む。
- 4 缶内温度と処理時間を設定し、処理を開始する。

ここで装置が稼働を始め、以下のとおり自動運転される。

- 4-1 蒸気発生器に給水される。
 - 4-2 真空ポンプにより、缶内が減圧される。
 - 4-3 蒸気発生器ヒーターが入り、缶内温度が上昇する。温度が上昇するに伴い、缶内が減圧状態から加圧状態へと転じる。
 - 4-4 缶内が設定された温度に達するとタイマーが作動し、設定された時間中、缶内温度を一定に保つ。
 - 4-5 設定時間が終了すると缶内の温度・圧力を徐々に下げ始め、103℃まで自然冷却する。
 - 4-6 缶内に残った蒸気を、缶内圧力の変動を抑えながら排除する。
 - 5 缶内温度が96℃になると電子アラームが鳴り、処理終了となる。この時の缶内圧力はほぼ常圧である。
 - 6 ドアを引き出してバットを取り出す。なお、安全のため97℃以上ではドアが引き出せないようになっている。
- アラームが鳴った後は、いつでも遺物を取り出すことができる。ただアラームが鳴ってもそのまま放置しておくとし缶内は室温まで冷却され、冷却されることにより再び減圧状態に転じる。

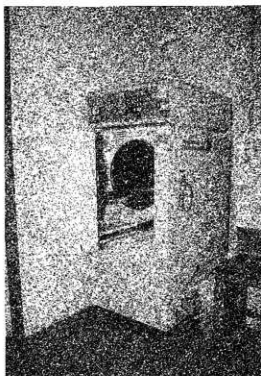


写真45

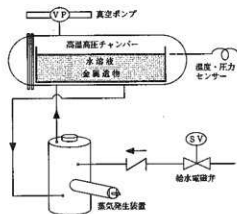


図4 DSM-421K構造略図
(今津・肥塚1994を基に作成)

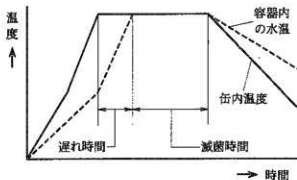


図5 容器内水溶液の遅れ時間(模式)

- 7 蒸留水中から遺物を取り出す。蒸留水は塩化物イオン濃度測定のために最大で100ccをサンプリングし、残りは廃棄する。

以上の1～7でオートクレーブによる処理を1回行ったこととなるが、この作業を塩化物イオンがほとんど溶出しなくなるまで何回も繰り返すのである。なお、1回に要する時間は設定温度・時間等の要素により変化するが、121℃・60分で設定した場合、およそ4時間が目安である。

オートクレーブによる処理の終了判断は、処理後の蒸留水の状態観察と硝酸銀滴下の両面から行っているが、特に問題の生じない遺物に関しては5日間で終了するようにしている。具体的には月曜日の朝にオートクレーブによる処理を開始して金曜日の夕方に終了させ、処理の終了した遺物をそのまま恒温乾燥機に入れて105℃で強制乾燥処理を施し、翌週の月曜日に乾燥機から取り出すという工程である。これは脱塩処理を恒常的に運用していく上で、休日である土・日曜日はオートクレーブ処理を外す必要があるからである。

ちなみに、通常はプザーが鳴ったと同時に遺物を装置から取り出すのであるが、夕方にオートクレーブの稼働を開始した場合は、勤務時間の関係で翌日早朝に取り出すこととしている。そのためこの回に関しては、装置中に遺物が12時間以上入ったままとなる。当然缶内温度は常温まで低下するため、缶内圧力は減圧状態となる。

以上のルーチンにより121℃・60分の設定で脱塩処理を実施した場合、事前準備や事後の処置も考え併せるとおよそ12回から14回、オートクレーブによる処理を行うこととなる。

抽出塩化物イオン濃度の測定は、オリオン（株）製イオンメーターEA940を使用している。測定値の有効数字桁数は3桁で設定している。イオンメーターの校正は10ppmCl⁻と100ppmCl⁻の2種類を用いているが、高濃度であると予測される場合は1000ppmCl⁻も加えた3種類で行っている。この際、100ppmおよび1000ppmは市販品を使用し、10ppmは100ppmの市販品を蒸留水で10倍に希釈したものを使用している。このEA940で水道水を測定したところ、5.78ppmという数値が得られた。また蒸留水を測定したところ、0.408ppmという数値が得られた。

なお、本章で提示した遺物のうち何点かは、青木繁夫氏の御好意により東京国立文化財研究所にて陰イオン濃度を測定させていただいた。測定装置は島津製作所製イオンクロマトグラフィーPIA-1000である。分析試料はEA940で測定したものと同一のものをを用いた。その結果、EA940による測定値はPIA-1000の測定値とほぼ同じであることが確認された。ただし、PIA-1000にて先の蒸留水を測定したところ、塩化物イオン濃度は0ppmであった。以後、本章で使用する塩化物イオン濃度のデータは全てEA940で測定されたものである。

3 処理によって生じた問題

(1) 概略

五ヶ山B2号墳出土金属製品の脱塩処理は、先ず銀鍍先等の小型品から開始した。オートクレーブで処理したところ、処理液の変色や遺物の劣化・変色等の変化が全くみられず、非常に良好な状態で脱塩処理を終了することができた。この時の処理条件は設定温度121℃、設定時間60分、圧力1.2kgf/cm²であり、添加したインヒビターはホウ砂（Na₂B₄O₇）とベンゾトリアゾール（C₆H₃N₃、以下BTAと略す）である。しかし混合インヒビターのうちBTAがイオンメーターの妨害因子となって塩化物イオンの測定に影響を及ぼすことが判明した。そのため混合インヒビターを使用せずに蒸留水のみで脱塩処理を試みてみたところ、インヒビターが無添加でも遺物に劣化や変色等が生じなかったため、以後混合インヒビターの使用は見合わせることにした。この時の処理液を測定したところ、いずれも抽出塩化物イオン

濃度は極めて低い数値を示していた。

遺物に劣化や変色等の問題が生じないことや抽出塩化物イオンが非常に低濃度であったこと等から、さきの条件で処理を行っていくこととした。そして鉄鏝・農工具と順次処理を進めていき、そのほとんど全ては問題なく終了した。しかし刀や剣などの処理を始めたところ、処理中に劣化が進行するという事態が生じた。

問題が生じた遺物は刀、槍、剣、鉦全点と斧6である。処理液はいずれも橙色を呈している。この処理液をしばらく放置しておくと、やがて橙色の粉が沈殿する。遺物表面も橙色～黄褐色を呈して部分的にクラックを生じ、遺物が脆弱化して、中には持ち上げただけで破損するものもある。破損した遺物の断面を観察すると、芯が黒粉化している。以上のような変化があらわれたためオートクレープによる処理を一時中断し、処理法の変更を充分検討した上で脱塩処理を再開することとした。

(2) 問題の生じた遺物の測定値

最初の段階で脱塩処理を行った鉦鏝先1・2・3の抽出塩化物イオン濃度の測定値を示す(表6、図6)。3点とも1回目こそ2.5ppm～5 ppmの数値を示しているが、2回目以降は2 ppm以下であり、最終的には約0.5ppmで一定となっている。蒸留水の計測値が約0.4ppmであることを考えると、5回目以降は

表6 鉦鏝先1・2・3 抽出塩化物イオン濃度

(単位: ppm)

処理回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
鉦鏝先1	4.68	1.14	0.832	1.03	0.553	0.512	0.545	0.432	0.525	0.412	0.461	0.430
鉦鏝先2	2.62	1.56	1.01	0.626	0.442	0.561	0.525	0.470	0.824	0.653	0.617	0.512
鉦鏝先3	2.84	1.30	1.91	0.885	0.602	0.599	0.580	0.540	0.844	0.718	0.500	0.535

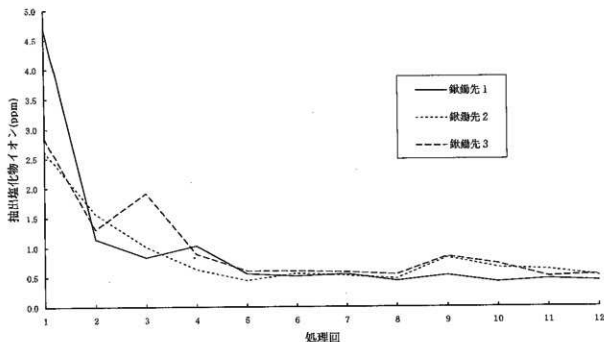


図6 鉦鏝先1・2・3 抽出塩化物イオン濃度

表7 剣3 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
1	970512	昼	121	60	1.2	なし	300
2	970512	夕	121	60	1.2	なし	257
3	970513	朝	121	60	1.2	なし	71.6
4	970513	昼	121	60	1.2	なし	46.8
5	970513	夕	121	60	1.2	なし	72.0
6	970514	朝	121	60	1.2	なし	26.4
7	970514	昼	121	60	1.2	なし	19.6
8	970514	夕	121	60	1.2	なし	33.8
9	970515	朝	121	60	1.2	なし	15.0
10	970515	昼	121	60	1.2	なし	11.9
11	970515	夕	121	60	1.2	なし	20.1
12	970516	朝	121	60	1.2	なし	10.6
13	970519		121	60	1.2	なし	12.1
14	970519		121	60	1.2	なし	173
15	970520		121	60	1.2	なし	23.0
16	970520		121	60	1.2	なし	47.6
17	971104	10:40	121	60	1.2	なし	397
18	971104	14:05	105	60	0.25	なし	28.8
19	971104	16:30	105	20	0.25	なし	11.9
20	971104	18:20	105	20	0.25	なし	21.0
21	971105	8:50	105	20	0.25	なし	4.86
22	971105	10:35	105	20	0.25	なし	4.11
23	971105	12:10	105	20	0.25	なし	3.21
24	971105	13:50	105	20	0.25	なし	3.52
25	971105	15:30	105	20	0.25	なし	3.21
26	971105	17:05	105	20	0.25	なし	2.89
27	971105	18:53	105	20	0.25	0.2% DICAN	6.35
28	971106	8:45	105	10	0.25	なし	2.23
29	971106	10:20	105	10	0.25	なし	1.59
30	971106	11:55	105	10	0.25	なし	1.70
31	971106	13:45	105	10	0.25	なし	2.54
32	971106	15:10	105	10	0.25	なし	2.36
33	971106	16:35	105	10	0.25	なし	4.24
34	971107	8:50	105	10	0.25	なし	2.18
35	971107	10:30	105	10	0.25	なし	2.13
36	971107	12:00	105	10	0.25	なし	1.91
37	971107	13:35	105	60	0.25	なし	2.49

処理液に塩化物イオンがほとんど含まれていないといえる。このような抽出塩化物イオン濃度が極端に低い（10ppmを越える処理回がほぼ皆無である）傾向は鉄鍍や農具のほぼ全点に共通している。また試験的に実施した甲冑に関しても同様の傾向であった。処理液も濁ることがなく、処理中の遺物の劣化も見られないことからインヒビターの使用についても必要性を全く感じないものであった。

次に処理中に劣化を生じた遺物のうち、剣3と鉾5の測定値を示す。剣3（表7、図7）は1回目から12回目までは月～金曜日のうちに実施したが、処理液が橙色を呈する状況が最後まで続いたため、12回目終了後に遺物をデシケータに入れて2日間保管し、翌週月曜日に脱塩処理を再開した。しかし遺物の劣化が急速に進行したため一旦処理を中断し、強制乾燥を105℃で2日間行った。半年後、処理方法の改善を検討した結果、設定温度と設定時間を最小に抑える方向で処理を再開し、37回目まで行って終了した。17回目から37回目までは4日間を要した。処理液の色調が最終的に透明度の高いものとなったので、塩化物イオンの測定値と併せて処理終了を判断した。処理液の色調を処理終了の判断材料のひとつとしたのは、塩化物イオンの抽出量が少ない時の処理液は無色透明のままであることを経験的に知っていたためである。図7をみると、5回目、8回目に濃度の上昇がみられるが、これらはいずれも夕方から翌朝まで遺物がオートクレープに入っていた回であり、他の回と比べて処理液に浸漬している時間が長いためである。それでも回数を重ねる毎に抽出される塩化物イオンの量は少なくなっており、13回目には約12ppmにまで下がっている。しかし14回目には173ppmにまで跳ね上がっている。これから、一見順調に抽出量が減少しているようにみえても、単に溶出しやすい塩化物イオンが減少しただけであり、遺物中にはまだ塩化物イオンが含まれているということが考えられる。更に半年後に処理を再開した17回目には、実に397ppmにまで跳ね上がっている。この14回目および17回目の抽出量の増加は、遺物にクラックが入るなどの劣化が進んだ結果、最初の段階では溶出しにくかった遺物内部に存在する塩化物イオンが溶出するようになったためではないかと解釈できる。興味深いのは塩化物イオンの濃度値が増大するのは再開直後の13回目でなく14回目だということである。仮にデシケータでの一時保管中に劣化が進行したとするならば、13回目に測定値が増大することが予測されるのであるが、実際には14回目に増大している。このことから遺物の劣化促進が一時保管中ではなく13回目の処理の際に起こったと

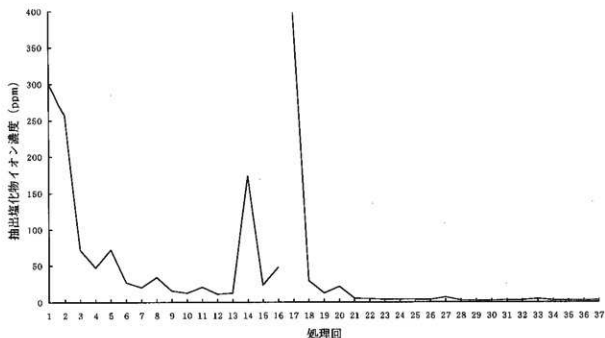


図7 剣3 抽出塩化物イオン濃度

表 8-1 鉢 5 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
1	970512	昼	121	60	1.2	なし	41.3
2	970512	夕	121	60	1.2	なし	101
3	970513	朝	121	60	1.2	なし	29.4
4	970513	昼	121	60	1.2	なし	18.7
5	970513	夕	121	60	1.2	なし	34.6
6	970514	朝	121	60	1.2	なし	13.8
7	970514	昼	121	60	1.2	なし	12.5
8	970514	夕	121	60	1.2	なし	23.0
9	970515	朝	121	60	1.2	なし	9.57
10	970515	昼	121	60	1.2	なし	8.93
11	970515	夕	121	60	1.2	なし	16.3
12	970516		121	60	1.2	なし	7.90
13	970519		121	60	1.2	なし	6.69
14	970519		121	60	1.2	なし	121
15	971201	9:30	105	10	0.25	1%DICAN	190
16	971201	11:30	105	10	0.25	1%DICAN	76.1
17	971201	13:20	105	10	0.25	1%DICAN	42.4
18	971201	15:10	105	10	0.25	0.5%DICAN	32.8
19	971201	16:55	105	10	0.25	1%DICAN	94.9
20	971202	8:55	105	10	0.25	0.5%DICAN	22.0
21	971202	11:40	105	10	0.25	0.5%DICAN	18.0
22	971202	13:15	105	10	0.25	0.5%DICAN	14.0
23	971202	14:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	13.9
24	971202	16:25	105	10	0.25	1%DICAN	42.0
25	971203	8:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	8.06
26	971203	10:40	105	10	0.25	0.5%DICAN	12.6
27	971203	12:20	105	10	0.25	0.5%DICAN	7.51
28	971203	14:15	105	10	0.25	なし	7.88
29	971203	15:55	105	10	0.25	なし	12.6
30	971203	18:00	105	10	0.25	1%DICAN	23.7
31	971204	9:05	105	10	0.25	なし	5.97
32	971204	11:05	105	10	0.25	なし	10.8
33	971204	13:30	105	10	0.25	なし	7.92
34	971204	15:10	105	10	0.25	なし	7.22
35	971204	16:45	105	10	0.25	1%DICAN	15.3
36	971205	8:55	105	10	0.25	なし	3.18

表8-2 鉾5 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
37	971205	10:55	105	10	0.25	なし	4.39
38	971205	13:30	105	10	0.25	なし	3.70
39	971205	15:15	105	10	0.25	なし	3.42
40	971208	10:15	105	10	0.25	0.6%DICAN	2.38
41	971208	12:00	105	1	0.25	なし	1.43
42	971208	13:30	105	10	0.25	なし	1.80
43	971208	15:05	105	10	0.25	なし	1.98
44	971208	16:45	105	10	0.25	なし	9.00
45	971209	8:50	105	10	0.25	なし	2.10
46	971209	10:35	105	10	0.25	なし	1.58
47	971209	12:05	105	10	0.25	なし	1.95
48	971209	13:45	105	10	0.25	なし	1.78
49	971209	15:10	105	10	0.25	なし	1.74
50	971209	16:50	105	10	0.25	なし	8.35
51	971210	8:45	105	10	0.25	なし	1.26
52	971210	10:30	105	10	0.25	なし	1.30
53	971210	12:05	105	10	0.25	なし	2.05
54	971210	13:35	105	10	0.25	なし	1.89
55	971210	15:05	105	10	0.25	なし	1.40

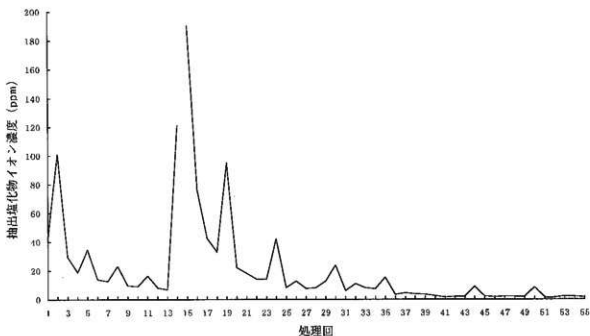


図8 鉾5 抽出塩化物イオン濃度

いうことが考えられる。ただし2日間の一時保管がこの遺物劣化に影響を及ぼしていることは確かである。

鉾5(表8、図8)は1回目から12回目までは月～金曜日のうちに実施したが、処理液が橙色を呈する状況が最後まで続いたので、12回目終了後に遺物をデシケートに入れて2日間保管し、翌週月曜日に脱塩処理を再開した。しかし遺物の劣化が急速に進行したため一旦処理を中断し、強制乾燥を105℃で2日間行った。その後脱塩処理を再開するまで約半年間の時間の経過があり、この間に実測等の調査を行ったのであるが、この時遺物の崩壊が急激に進行してしまった。オートクレーブによる処理を再開して5日間(計25回)実施したのであるが、それでも処理液の橙色は薄まることがなかったので、39回目終了後に100%エタノールに浸漬し(計2日間)、翌週月曜日から3日間、再び処理を行った。全55回の処理を繰り返し、ようやく処理液の色調が透明に近くなったので、処理を終了することとした。抽出された塩化物イオンの測定値の傾向は剣3とほぼ同じ様相を呈していることから、鉾5にも剣3と同じことが起きていることが分かる。

なおインヒビターについて、鉍錯先や鉄錯などの先例から、剣や鉾などの処理にも当初は蒸留水に何も添加していなかったが、問題が生じることが明らかとなってからはホウ砂・BTAの使用を再開した。しかし処理液や遺物の状態を観察する限りでは何ら改善の兆しが見えず、相変わらず処理液は橙色を呈して遺物は脆弱化した。そのため安息香酸ナトリウムの使用も試してみたが、これもホウ砂・BTAと同様、効果を認めることはできなかった。

(3) 原因

あらためて今回生じた問題について整理してみたい。処理中に劣化が起こった遺物は刀、槍、剣、鉾全点と斧6である。これらはいずれも処理液が橙色に濁る、遺物表面が橙色～黄褐色に変色する、遺物の芯が黒色の粉状に変化して脆弱化する、抽出された塩化物イオンは高濃度を示す(処理液が濁っているものほど高濃度を示す)、という状況が共通している。

問題の起きなかった遺物と問題の生じた遺物を比較すると、問題の起きなかった遺物はいずれも小さく、薄く、軽いという外見的特徴があり、全てが芯まで完全に錆化している。一方で問題の生じた遺物はそのほとんどが武器(ただし鉄鏃を除く)であるだけでなく、いずれも大型、肥厚、かつ重いという点で共通しており、芯に金属鉄が遺存している。最近の研究によって塩化物イオンは遺物中に均一に存在しているわけではなく、表面腐食層と芯の金属鉄部分との界面に偏在しているということが明らかにされている(村上1996他)ことから、今回の脱塩処理で現出した、芯に金属鉄が遺存している遺物からの塩化物イオンの抽出量が多いという状況や、一見脱塩処理が終了したかにみえても再度処理を行うと多量の塩化物イオンが溶出するという状況については、金属鉄界面(表面よりも深い部分)に塩化物イオンが偏在しているためであると説明することができよう。

処理中に生じた変化について、処理液に沈殿した粉は、遺物から発生した錆粉ではないかと考えられる。また遺物の芯が黒粉状になり脆弱化したことに関しては、芯にマグネタイトが生成したのではないかと考えられる。これら変化が起こった原因について、高温度・高圧力・インヒビター・処理工程という4つの視点から考えてみたい。

オートクレーブで遺物を処理した場合、室温で蒸留水に浸漬した場合と比べても腐食の促進が顕著であることから、高い温度と圧力が原因のひとつとなっているのは間違いないものと思われる。一般的に、溶存酸素のある水中での鉄の腐食速度は温度10℃の上昇によって約30%増加するといわれている(伊藤1969)。しかし温度上昇によって対流や拡散は促進されるが、酸素の溶解度は減少していく。図9にみられるとおり、約80℃以上になると酸素の欠乏のために腐食速度が低下しはじめ、沸点に達す

ると溶存酸素がほとんど零になるため腐食速度もまた零になる。だが容器が密閉されていて、水中より逃げ出した酸素によって水に接する大気中の酸素分圧が高くなる場合には、腐食速度は温度上昇とともに連続的に増加する。今回の件に関しては、処理液を安置した缶内は加圧された状態であることから酸素分圧が高い可能性が考えられる。ただし加温する前に減圧していることから、この段階で既に缶内の酸素がある程度除去されているということも考えられる。

処理液に沈殿する橙色の粉について、遺物から発生した錆粉と仮定するならば、この粉は処理によって新たに錆化が促進したと考えられる一方で、遺物中の塩化物イオンを取り込んだ錆があたかも膿を出すごとく排出されたとも考えることもできる。

遺物の芯が黒い粉状に変化したものは著しく脆弱化しているため、持ち上げただけでも破損してしまう。この黒色の粉はマグネタイト (Fe_3O_4) であると考えている。一般的に高温下では、酸素がなくても水と鉄とが直接反応し、マグネタイトが生成される。



この反応は次の2段階の反応に分けられる。



このうち第2段階の反応はSchikorr反応と呼ばれる(伊藤1969)。今回の黒粉化を、水酸化鉄がマグネタイトに変質したものとするならば、脱塩処理中の遺物にSchikorr反応が起っていたということも考えられるだろう。

インヒビターに関しては、BTA・ホウ砂の混合インヒビターや安息香酸ナトリウムでは効果が見られなかったが、今回の結果だけでこれら薬剤の効果を否定するのは早計である。しかし少なくとも今回に関しては効果がなかったのも事実であるので、あらたなインヒビターの選択・使用が必要である。

しかし、おそらく最も大きな原因であったと思われるのは処理工程のあり方である。特に夕方開始して翌朝取りだすという工程と、休日時の一時保管方法に問題があったと考えられる。前者については夕方から翌朝にかけて処理する場合、1回の処理時間は4時間程度であるので、残り10時間程度はただ蒸留水中に遺物が浸漬された状態にあるため、この時錆化が促進している可能性がある。後者についてはオートクレーブから取り出したあ

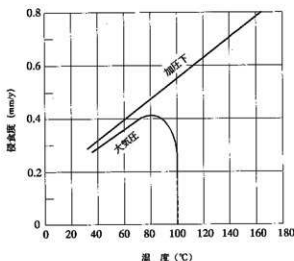


図9 溶存酸素による鉄の腐食速度に及ぼす温度の影響

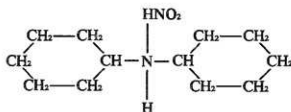


図10 DICANの構造式

表9 脱塩処理内容の主な変更点

	設定温度	設定時間	圧力	処理時間	処理回数	インヒビター
変更前	121℃	60分	1.2kgf/cm ²	3～4時間	約12回	なし、もしくはホウ砂・BTA
変更後	105℃	1～10分	0.25kgf/cm ²	約1時間半	約25回	なし、もしくはDICAN

と水分が十分に除去しきれておらず、遺物中に残留して錆化を促進させている可能性がある。

以上、様々な問題について考察してきたが、いずれも仮説の段階であり、今後化学的に実証していく必要があるものと思われる。

(4) 対処方法

脱塩処理法の改善については検討委員である青木繁夫氏に指導を仰ぎつつ、静文研に導入されたオートクレーブの使用を前提として進めていった。その結果、前項で既に少し触れたがなるべく低い温度と低い圧力、そして1回に要する時間を短くして処理回を多くし、1週間で処理が完結するようにとの方向で処理を行うこととなった。具体的には本装置の最低設定温度である105℃と設定時間1～10分で圧力は0.25kgf/cm²、処理回数は1日に5回とし、月曜日から金曜日にかけて全25回実施するということとした(表9)。脱塩処理後の強制乾燥処理についても、2ヶ月という長期の設定で行うこととした。

またインヒビターに関しては、亜硝酸ジシクロヘキシルアミン ((C₆H₁₁)₂NHNO₂, dicyclohexyl ammonium nitrite, 略名: D I C A N) を使用することとした(犬竹1998)。この薬剤は気化性防錆剤であり、常温では0.2%程度でも効果があるとされている。本薬剤はイオンメーターEA940の妨害因子にはならないが、イオンクロマトグラフィーによる陰イオンの測定ではNO²⁻が検出されるので注意しなければならない。D I C A Nの効果については本薬剤を高温高压下で使用するため、常温常圧下で使用する場合と同様の効果を得られるかが心配される点であるが、添加しない場合と比べると遺物の状態は良好であり、処理液の色調も無添加の場合より透明に近い、相応の効果はあるものと考えている。

ところで槍1・剣2・鉾6に関しては、従前どおり処理すると問題が生じることが充分予測されたため、オートクレーブによる脱塩処理の前にプラズマ処理を行うこととした。プラズマ処理は、プラズマ化した水素や酸素などの元素を出土金属遺物の錆の原因である塩素や不安定な錆と衝突させ、その化学反応によって錆を安定化させる処理法である(青木1991他)。この処理法は気相中で処理することができるという点特徴である。このプラズマ処理だけでは塩化物イオンは除去されないが、プラズマ処理にソックスレー処理を併用すると、非常に効率的な脱塩処理が可能となる。同様にオートクレーブによる処理とプラズマ処理の併用により、効率的な脱塩処理が見込める。プラズマ処理は東京国立文化財研究所所有の神港精機(株)製「MPT1017型プラズマ表面処理装置」を使用して行った(図11)。処理条件は次のとおりである。

出力: 3 kW

処理温度: 約300℃

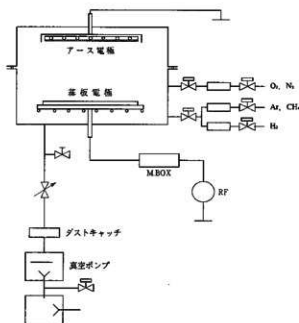


図11 プラズマ装置構造略図
(青木1991を基に作成)

表10 プラズマ処理による遺物の重量変化

(単位: g)

	処理前	処理後	変化量
槍1	399.9	376.8	-23.1
剣2	51.130	49.219	-1.911
鉾6	180.061	171.348	-8.713

表11 槍1・剣2・鉾6 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物イオン濃度(ppm)		
							槍1	剣2	鉾6
1	971215	9:40	105	10	0.25	1%DICAN	90.5	14.8	333
2	971215	11:45	105	10	0.25	1%DICAN	47.8	3.13	72.5
3	971215	13:30	105	10	0.25	1%DICAN	27.5	1.74	36.7
4	971215	15:10	105	10	0.25	1%DICAN	22.8	1.50	26.1
5	971215	16:55	105	10	0.25	1%DICAN	55.6	1.88	63.4
6	971216	9:05	105	10	0.25	1%DICAN	13.7	1.17	7.98
7	971216	10:50	105	10	0.25	1%DICAN	13.3	1.61	9.45
8	971216	13:10	105	10	0.25	1%DICAN	9.53	1.23	6.23
9	971216	15:00	105	10	0.25	1%DICAN	8.85	1.16	5.68
10	971216	16:45	105	10	0.25	1%DICAN	18.2	1.31	15.4
11	971217	8:53	105	10	0.25	1%DICAN	8.93	1.02	4.44
12	971217	10:40	105	10	0.25	0.5%DICAN	8.82	0.974	6.25
13	971217	13:15	105	10	0.25	0.5%DICAN	7.00	1.27	3.57
14	971217	14:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	6.17	1.31	3.83
15	971217	16:30	105	10	0.25	0.5%DICAN	11.9	1.25	8.48
16	971218	8:43	105	10	0.25	0.5%DICAN	5.89	0.909	3.32
17	971218	10:20	105	10	0.25	0.5%DICAN	5.40	0.874	2.84
18	971218	11:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.97	0.840	2.46
19	971218	13:20	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.84	0.741	2.58
20	971218	14:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.70	0.855	2.52
21	971218	16:35	105	10	0.25	0.5%DICAN	10.8	1.14	5.26
22	971219	8:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	5.56	0.901	2.33
23	971219	10:33	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.23	0.706	1.88
24	971219	12:05	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.02	0.852	1.63
25	971219	13:45	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.50	0.840	1.86

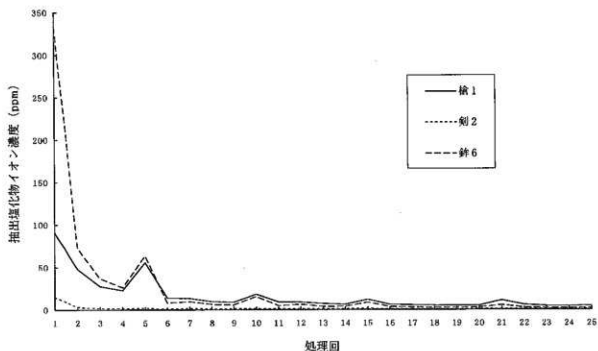


図12 槍1・剣2・鉾6 抽出塩化物イオン濃度

処理時間：90分

ガ ス： $H_2=40\%$ 、 $N_2=40\%$ 、 $Ar=20\%$

処理圧力： $1.45 \times 10^{-3} \text{ mmHg}$

実際に処理を行ったところ、各遺物は表10の如く重量が変化した。皆一様に重量が減少しているのが分かる。肉眼的には遺物表面はやや黒化し、表面が部分的に剥離するところもあった。剥離が起こったのは、遺物に残留する塩化物イオンの影響であると思われる。この後オートクレーブで処理したが、他の刀剣類と比べて早い段階で塩化物イオンの抽出量が少なくなっており、プラズマ処理により効率的に塩化物イオンが溶出したのが分かる（表11、図12）。なお、遺物の色調は最終的には元に近い状態まで回復した。

4 他遺跡から出土した遺物の処理例

これまでみてきたように、五ヶ山B2号墳より出土した刀剣類等からは多量の塩化物イオンが抽出され、様々な問題が起こった。これらは単に抽出量が多いだけでなく、一見脱塩処理が終了したかにみえても、その後も劣化が進行してしまうという傾向がある。だが同じ古墳から出土している鉄器や農具には劣化が起こらなかった。では他の遺跡から出土した金属製品はどうであろうか。静学研では現在も出土金属製品の脱塩処理を継続しており、データの蓄積を進めているが、この中からいくつかの事例を提示し、簡単にその状況を記した上で五ヶ山B2号墳出土金属製品と対比してみたい。

(1) 上石野古墳群（静岡県袋井市） 表12、図14

上石野古墳群は小笠山総合運動公園建設に伴い、平成6年度から8年度にかけて調査が実施された遺跡である。この古墳群は小笠山丘陵の北西麓に位置する。小笠山丘陵は標高264mで、その大部分が小笠山礫層と呼ばれる大井川系の河川に由来すると考えられる硬質砂岩の石礫を主体とした層からなっている。古墳群の時期は5世紀末から6世紀前半にかけてと考えられている。本遺跡から出土した金属製品は鉄器、大刀、馬具、刀装具などで、平成9年度に保存処理を実施した。このうち3号墳から出土した大刀（大刀31、報告書掲載番号49）の測定値を示す。この大刀は全長96.2cm、刃部幅2.7～3.9cm、棟厚0.9cmであり、完形である。錆は橙褐色を呈しており、表面は錆瘤に覆われているが層状剥離は認められない。芯には金属鉄が残る。抽出された塩化物イオンは高濃度であり、処理液等の様相も五ヶ山B2号墳の刀剣類と酷似している。大刀31以外にも数点の刀剣が今回の発掘調査で出土しているが、それら全てに五ヶ山B2号墳と同じような問題が生じた。鉄器や刀装具といった小型品からの抽出塩化物イオンが低濃度であることも共通した事象である。



図13 遺跡位置図

(2) 生茨沢遺跡(静岡県三島市) 表13、図15

生茨沢遺跡は箱根外輪山の西麓に形成された丘陵端部に位置する。箱根西麓の丘陵は、箱根古期外輪山が箱根山第3期の活動に伴う火砕流堆積物によって覆われ、さらに富士火山の降灰が厚く堆積して形成されたものである。遺跡は2つの河川に挟まれた、河川により浸食を受けて形成された丘陵の痩せ尾根の西側斜面に立地している。調査は平成9年度から10年度にかけて実施されたが、この遺跡から古墳が1基出土した。床面の標高は約95mである。時期は6世紀後葉から7世紀前葉にかけてと考えられている。本古墳から出土した金属製品は鉄鍔、刀、刀装具などで、平成10年度に保存処理を実施した。このうち大刀(M-8、報告書掲載番号16)の測定値を示す。この大刀は全長100.5cm、身幅3.9cm、棟厚0.8cmであり、数点に折れていた。刃部は芯に金属鉄が遺存しているものの、表面は部分的に薄く剥離しているところがある。鍔は茶褐色を呈しており、鍔瘤がところどころに生成しているが、鍔瘤内は空洞ではなく、あたかも金属鉄が詰まっているような感じである。しかし塩化物イオンの抽出量は当初の予想に反し、五ヶ山B2号墳の刀剣類と比べて多くはなかった。この大刀は脱塩処理が終了して半年経過した現在でも特に劣化等の問題が生じていない。なお鉄鍔や刀装具に関しても抽出塩化物イオンは低濃度であった。

(3) 辰ケ口岩陰遺跡(静岡県西伊豆町) 表14、図16

辰ケ口岩陰遺跡は伊豆半島南西部の海岸近く、現在の汀線から約20m、海岸に突出した山地の尾根の西斜面に位置する。遺跡付近は伊豆半島をつくる新第三紀の白浜層群が分布し、岩質は粗粒な火山灰と火山岩角礫が固結した凝灰角礫岩層からできている。この遺跡は墓跡であり、伊豆半島の地質構造に特徴的な板状の岩(厚さ1m以上)が岩盤から離れてずれ落ちて岩陰となったものを埋葬施設として利用したものである。岩陰内表土の標高は約12mである。なお波浪が侵入した痕跡は認められないとのことである。発掘調査は平成9年度に実施された。時期は出土遺物から6世紀後半に位置づけられている。本遺跡から出土した金属製品は釣針、鉄鍔、大刀破片、板状製品などで、平成9年度に保存処理を実施した。このうち大刀刀身破片(大刀2、報告書掲載番号大刀身7)の測定値を示す。この遺物は全長18.5cm、刃幅3.8cm、厚さ1.8cmである。層状の剥離が著しく芯にまで及んでおり、特に棟は層状剥離のため蛇腹状を呈している。しかし刀としての形状は一応保たれている状況である。鍔は灰褐色を呈しており、鍔瘤は生成していない。芯まで完全に錆化している。抽出塩化物イオンの測定値をみると、五ヶ山B2号墳の鉄鍔や農具と同じく非常に低濃度であることが分かる。本遺跡から出土した金属製品は全て抽出量は微量であった。海岸線近くからの出土であることから塩類の影響を非常に受けやすいと考えられるのであるが、抽出量が微量であるのは完全に錆化しているためであろうか。

(4) 明ヶ島古墳群(静岡県磐田市) 表15、図17

明ヶ島古墳群は、磐田市北部の大半を占める磐田原台地の東南部に位置し、湧き水を集めた小川などによって開析されてきた、標高37m程度の細長い丘陵上に立地する。この磐田原台地の縁辺には、600基を超える古墳が造営されている。明ヶ島古墳群は全体で25基の古墳があり、時期は5世紀から6世紀にかけてと考えられている。今回脱塩処理を行った遺物は、5号墳から出土した全長52.2cm、幅4cm、厚さ0.7cmの剣(No.12)である。大きく5片に割れており、完全に錆化している。表面には鍔瘤が形成しているが層状剥離は認められない。抽出された塩化物イオンは非常に低濃度であり、処理液も全く濁らず無色透明であった。この剣も抽出量が微量であるのは、辰ケ口岩陰遺跡の大刀破片と同じく完全に錆化しているためであろうか。

表12 上石野古墳群出土大刀（大刀31） 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
1	980126	9:40	105	10	0.25	1%DICAN	16.5
2	980126	11:20	105	10	0.25	1%DICAN	32.1
3	980126	13:20	105	10	0.25	1%DICAN	16.3
4	980126	14:55	105	10	0.25	1%DICAN	12.5
5	980126	16:35	105	10	0.25	1%DICAN	129
6	980127	9:15	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.81
7	980127	10:55	105	10	0.25	0.5%DICAN	10.5
8	980127	13:17	105	10	0.25	0.5%DICAN	3.84
9	980127	14:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	4.23
10	980127	16:20	105	10	0.25	0.5%DICAN	48.7
11	980128	8:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	3.03
12	980128	10:30	105	10	0.25	0.5%DICAN	27.6
13	980128	16:40	105	10	0.25	0.5%DICAN	40.0
14	980129	8:50	105	10	0.25	0.5%DICAN	1.89
15	980129	10:35	105	10	0.25	0.5%DICAN	1.98
16	980129	12:00	105	10	0.25	0.5%DICAN	1.77
17	980129	14:00	105	10	0.25	0.5%DICAN	2.69
18	980129	16:05	105	10	0.25	0.5%DICAN	8.25
19	980130	8:55	105	10	0.25	なし	1.73
20	980130	10:35	105	10	0.25	なし	1.94
21	980130	12:05	105	10	0.25	なし	1.62
22	980130	13:35	105	10	0.25	なし	1.49
23	980130	15:05	105	10	0.25	なし	1.19

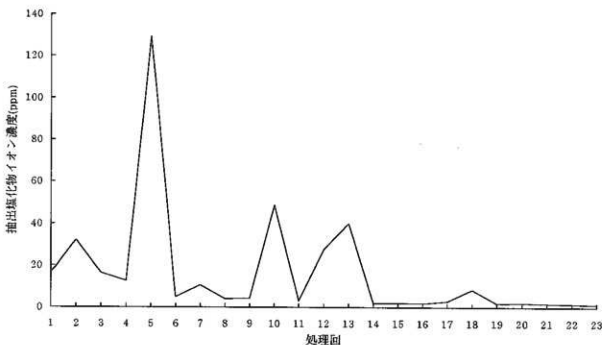


図14 上石野古墳群出土大刀（大刀31） 抽出塩化物イオン濃度

表13 生灰沢遺跡出土大刀 (M-8) 脱塩処理表

処理回	処理日	処理開始時間	設定温度(℃)	設定時間(分)	圧力(kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物イオン濃度(ppm)
1	981026	9:55	105	10	0.25	0.3% DICAN	34.6
2	981026	12:00	105	10	0.25	0.3% DICAN	35.9
3	981026	14:35	105	1	0.25	0.3% DICAN	22.9
4	981026	16:25	105	1	0.25	0.5% DICAN	68.9
5	981027	9:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	15.9
6	981027	11:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	15.3
7	981027	13:25	105	1	0.25	0.3% DICAN	10.2
8	981027	15:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	8.30
9	981027	16:45	105	1	0.25	0.5% DICAN	26.5
10	981028	9:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	7.16
11	981028	10:40	105	1	0.25	0.3% DICAN	5.53
12	981028	12:05	105	1	0.25	0.3% DICAN	6.06
13	981028	13:55	105	1	0.25	0.3% DICAN	6.79
14	981028	16:15	105	1	0.25	0.5% DICAN	15.0
15	981029	9:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	4.98
16	981029	10:40	105	1	0.25	0.3% DICAN	4.10
17	981029	12:05	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.57
18	981029	13:35	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.54
19	981029	15:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.59
20	981029	16:40	105	1	0.25	0.5% DICAN	8.63
21	981030	8:50	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.44
22	981030	10:25	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.07
23	981030	11:50	105	1	0.25	0.3% DICAN	3.11
24	981030	13:30	105	1	0.25	0.3% DICAN	2.96
25	981030	15:00	105	1	0.25	0.3% DICAN	2.77

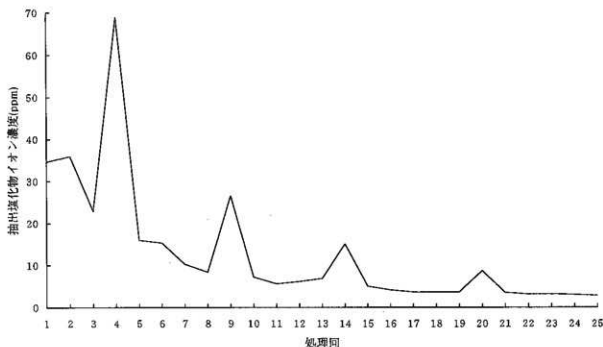


図15 生灰沢遺跡出土大刀 (M-8) 抽出塩化物イオン濃度

表14 辰ヶ口岩陰遺跡出土大刀破片（大刀2）脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
1	980803	9:45	105	10	0.25	なし	5.55
2	980803	11:50	105	10	0.25	なし	2.37
3	980803	13:45	105	10	0.25	なし	2.66
4	980803	16:20	105	10	0.25	なし	4.11
5	980804	9:05	105	10	0.25	なし	2.01
6	980804	10:50	105	10	0.25	なし	1.74
7	980804	13:25	105	10	0.25	なし	1.58
8	980804	15:05	105	10	0.25	なし	1.27
9	980804	16:45	105	10	0.25	なし	2.63
10	980805	9:05	105	10	0.25	なし	0.801
11	980805	11:00	105	10	0.25	なし	1.51
12	980805	13:30	105	10	0.25	なし	1.20
13	980805	15:05	105	10	0.25	なし	1.21
14	980805	16:45	105	10	0.25	なし	2.71
15	980806	8:55	105	10	0.25	なし	1.67
16	980806	10:45	105	10	0.25	なし	0.947
17	980806	13:30	105	10	0.25	なし	1.03
18	980806	15:10	105	10	0.25	なし	0.869
19	980806	16:40	105	10	0.25	なし	1.60
20	980807	9:00	105	10	0.25	なし	1.12
21	980807	10:45	105	10	0.25	なし	1.52
22	980807	13:25	105	10	0.25	なし	1.46
23	980807	14:55	105	10	0.25	なし	1.44

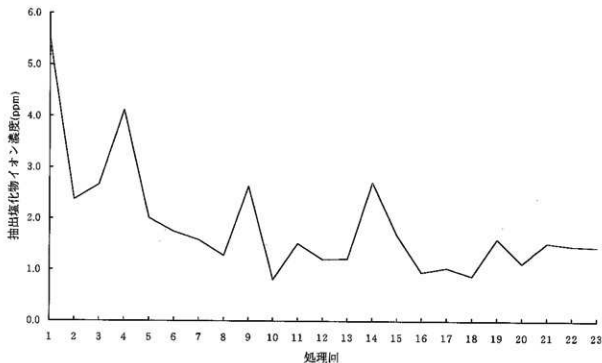


図16 辰ヶ口岩陰遺跡出土大刀破片（大刀2）抽出塩化物イオン濃度

表15 明ヶ島古墳群出土剣 (No.12) 脱塩処理表

処理 回	処理日	処理 開始時間	設定 温度(℃)	設定 時間(分)	圧力 (kgf/cm ²)	インヒビター	抽出塩化物 イオン濃度(ppm)
1	990222	9:15	105	1	0.25	なし	4.59
2	990222	11:05	105	1	0.25	なし	4.55
3	990222	13:20	105	1	0.25	なし	2.27
4	990222	14:50	105	1	0.25	なし	1.18
5	990222	16:20	105	1	0.25	なし	2.91
6	990223	8:45	105	1	0.25	なし	1.90
7	990223	10:45	105	1	0.25	なし	1.63
8	990223	12:05	105	1	0.25	なし	1.76
9	990223	13:45	105	1	0.25	なし	1.69
10	990223	15:05	105	1	0.25	なし	1.56
11	990223	16:40	105	1	0.25	なし	2.06
12	990224	8:45	105	1	0.25	なし	1.52
13	990224	10:20	105	1	0.25	なし	1.59
14	990224	11:50	105	1	0.25	なし	0.554
15	990224	13:20	105	1	0.25	なし	1.56
16	990224	14:50	105	1	0.25	なし	1.48
17	990224	16:25	105	1	0.25	なし	1.70
18	990225	8:45	105	1	0.25	なし	1.59
19	990225	10:15	105	1	0.25	なし	1.49
20	990225	11:40	105	1	0.25	なし	1.48
21	990225	13:15	105	1	0.25	なし	1.32
22	990225	14:40	105	1	0.25	なし	1.37
23	990225	16:15	105	1	0.25	なし	1.51
24	990226	8:50	105	1	0.25	なし	1.32
25	990226	10:20	105	1	0.25	なし	1.41
26	990226	11:45	105	1	0.25	なし	1.37
27	990226	13:25	105	1	0.25	なし	1.37

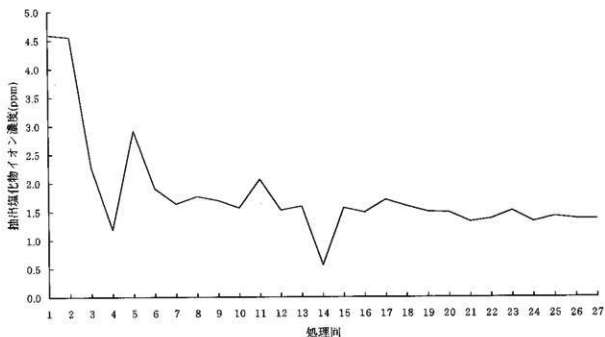


図17 明ヶ島古墳群出土剣 (No.12) 抽出塩化物イオン濃度

5 今後の課題

現在行われている出土金属製品の保存処理は、あくまで劣化を抑制するための処理である。遺物は保存処理によって劣化しない物質に変化するわけではなく、ましてや脱塩処理で陰イオンを除去したからといって遺物が劣化しなくなるわけではないので、保存処理後の遺物の保管環境には十分注意を払う必要があることを忘れてはならない。

今回、問題の生じた刀剣類に対して応急処的に処理を行ったが、オートクレーブで処理を進めるに際して夕方から翌日朝にかけて遺物をどのような状況に置いておくかという問題や、金曜日に処理が終了しなかった場合において土・日曜日の2日間をどのように一時保管するかという問題は残されたままとなってしまった。

また本章で提示してきた塩化物イオンのデータはいずれも処理液中に含まれる抽出量を測定したものであり、これらから溶出量の推移を知ることはできたが、遺物に含まれる全塩化物イオン量を定量していないので、全含有量に対する抽出量の割合は不明であり、脱塩処理終了とした遺物中にどの程度塩化物イオンが残留しているかが全く把握されていない状況である。そもそも遺物中の塩化物イオンは除去すればするほど良いとされているが、では具体的にどの程度まで除去しておけば脱塩処理が完了したことになるのか、という根本的な問題もあるだろう。

このような処理工程や測定方法の問題の他に、インヒビターの効果や問題の生じる遺物の事前把握など、まだ多くの課題が未解決のまま残されている。今後も遺物劣化の原因を追求した上で、処理方法の改善に努めていきたいと考えている。

なお、この結果は即オートクレーブによる脱塩処理法を否定するものではない。本旨はオートクレーブによる脱塩処理法の運用に関わる問題の顕示と、その方法改善の試みにあると理解していただければ幸いである。

第5章 漆塗膜と有機質遺物

1 試料について

浅羽町五ヶ山B2号墳からは甲冑や武器などの金属製品以外に漆の塗膜だけが遺存した盾や鉾の長柄が出土した。また、鉾や剣には鉾物質化した木材が遺存していた。さらに、甲冑解体作業において、冑外面に密着する獣毛を確認した。この章では、これらの漆塗膜と有機質遺物について実施した漆塗膜の構造調査と木材の樹種同定結果等について報告する。調査は各遺物から小片を採取し、断面プレパラート標本を作製し、生物顕微鏡および実体顕微鏡で検鏡することで行った。

短甲の漆塗膜試料は、甲冑の解体作業から立体復原作業にいたる過程で、接合することができなかった覆輪と内外面の綴じ革小片であるが、短甲での部位は明らかではない。また、冑外面の獣毛については、解体作業時に鉄板から剥離したものであるが、冑2に伴うものである。

盾・鉾の長柄の漆塗膜試料は、保存処理後の遺物から採取している（写真46）。採取箇所は（写真52、53）に示す。また、武器・刀剣類に遺存する木材試料の採取箇所は実測図に図化されている木質部分から採取している。

塗膜および樹種の断面プレパラート標本の作製は、研磨法で行った。遺物から採取した小片を方向を変えて、なるべく多くの断面標本を作製することを心がけた。盾については同一個体から部位の異なる4箇所から採取した（図18）。また、木材の樹種を同定するためのプレパラート標本では、同定するために必要な木口・柃目・板目の3断面を作製することが原則であるが、試料の形状、大きさから作製できなかったものもある。

研磨法による作業工程は、試料小片の断面方向を確認した後、透明エポキシ樹脂に包埋し（写真47）、スライドガラスに固定後、#400の耐水サンドペーパーから研磨し、最終的には#4000の研磨粉を使用して、透過光で顕微鏡観察できる厚さまで研磨した。

なお、作製した標本はすべて当研究所清水整理事務所で保管している。



図18 盾1の試料採取箇所



写真46

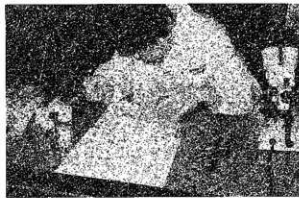


写真47

2 短甲の塗漆膜構造

甲冑本体の素材は、鉄製のほかに木、革、植物繊維などの有機質製のものがあるが、いずれの場合もその表面には、何らかの塗装や装飾が施されていた場合が多い。弥生後期の浜松市伊場遺跡からは木製の甲が出土しており、その表面には渦巻き文などの文様が彫刻され、赤色に彩色されている。奈良県天理市の東大寺山古墳からは革製、京都府瓦谷古墳からは有機質製の甲が検出されている。また、堺市の下田遺跡からは装飾のない筒状の胴部が出土している。

また、塗漆膜構造が明らかになったものとしては、福岡市雀居遺跡の弥生時代後期後半の弧帯文や連続菱形文を刻んだ黒塗りの木製甲と滋賀県松原内湖遺跡の4世紀の黒塗りの木製甲がある。

五ヶ山B2号墳の短甲は、鉄製の三角板を革紐で連結して組み上げる三角板革綴短甲である。発掘現場では出土状態のまま発泡ウレタンで下面の土ごと梱包して取り上げ、室内において解体作業を行った。

短甲の塗漆膜試料は、短甲での部位は明らかではないが、その形状と構造から外面の綴じ革、内面の綴じ革、覆輪であると特定することができる。

塗膜断面の顕微鏡写真の解説は塗膜順位に従い、素地をa層、下地をb層、漆層をc層とし、繰り返し塗られたものについては、b1, b2・・, c1, c2・・と表記する。

試料1 短甲外面の綴じ革

短甲外面の綴じ革部の塗膜断面(巻頭図版7-1) プレパラート標本から確認できる塗膜は3層である。c1層は、層中に粒径1~2 μ mの黑色物質(スス)が散在する淡黄褐色層で、層厚は20~60 μ m。

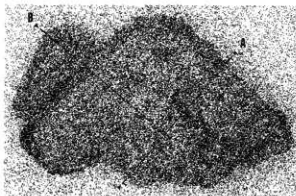


写真48



写真50

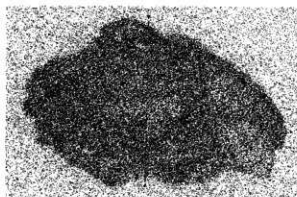


写真49

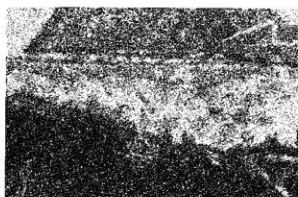


写真51

また、下面が平滑であるため、何らかの下地を施したと思われるが、現状では不明である。中間のc2層は、c1層と同じ黒色物質が密に分布する褐色層で、層厚は10~70 μm 、上面は平滑である。最上層のc3層は、層厚5 μm の均一な黄褐色の透明層である。

塗膜の残存する位置は、綴じ革が鉄板の孔に差し込まれた部分の接触部にあたり、塗膜は、綴じ革の表面から連続して鉄板の表面に向かっている。綴じ革の表面に沿うかたちではないことから、鉄板を綴じ革で連結した後に漆を塗布していることが推測できる。

試料2 短甲内面の綴じ革

短甲内面の綴じ革部の塗膜A断面（巻頭図版7-2,3） 短甲内面の綴じ革部を方向を変えて2方向の断面プレバート標本を作製する（写真48）。綴じ革には浸透性がよく、革組織内部の微細な空隙に入り込んでいる黒色の下地b1層がある。層厚は最大250 μm 。c1層は、層中に直径1~2 μm の黒色物質（ス）が散在する淡黄褐色層で、層厚は0~70 μm 。c2層は、c1層と同じ黒色物質がやや密に分布する褐色層で、層厚は0~50 μm 。

試料3 短甲内面の綴じ革

短甲内面の綴じ革部の塗膜B断面（巻頭図版7-4,5、写真50、図19） 試料1と同様に鉄板部分と綴じ革部分が観察できる標本である。綴じ革には試料2と同様な下地層とc1層がある。しかし、c2層は、鉄板の孔に入り込んだ接触部には観察されない。さらに、c2層は、綴じ革部と鉄板部とに連続して塗られている。層厚は、接触部の窪みで最大200 μm ある。

なお、写真50は拡大箇所イである。

試料4 短甲の覆輪

短甲の覆輪の塗膜断面（巻頭図版8-3、写真51） 断面箇所を（写真49）に示す。プレバート標本から確認できる塗膜は3層である。c1層は、層中に粒径2~3 μm の黒色物質（ス）が散在する（粒子のなかには5~10 μm 大に凝縮したものもある）淡黄褐色層で、層厚は15~50 μm 。下面は波状を呈するが平滑であるため、何らかの下地を施したと思われるが、現状では不明である。中間のc2層は、c1層と同じ黒色物質が密に分布する褐色層で、層厚は0~60 μm 、上面は平滑である。最上層のc3層は、層厚5~10 μm の透明層である。短甲外面の綴じ革の塗膜と類似する構造である。

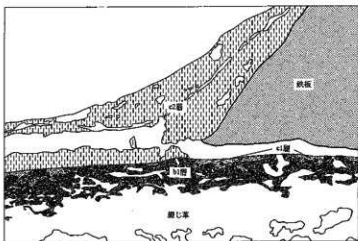


図19 試料3 短甲内面の綴じ革部 塗膜断面構造模式図

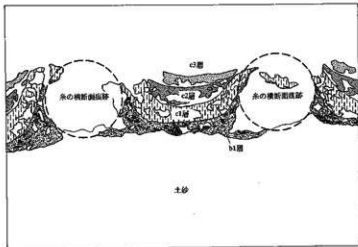


図20 試料6 鈴の長柄 漆膜断面構造模式図

3 盾1・鉾の長柄の漆塗膜構造

盾や鉾の柄の本体である木材や革は、すでに腐朽、消失しており、そのかわりに土砂が支持体となり形状は保っているものの遺物としては、漆塗膜だけである。盾1、鉾の長柄ともにアクリル樹脂パラロイドB72で強化処理した後に試料を採取した。採取箇所を（写真52,53）に、断面箇所を（写真54,55）に示す。

試料5 盾1

盾1の塗膜断面（巻頭図版8-1,2） 下地のb1層は、層中に微細な黑色物質（ス）を密に含む黒色層で、全体的にススの凝縮が観察できる。層厚は10~50 μ m。c1層は、微細な黑色物質がやや密に散在する明褐色層で、層厚は30~35 μ m。c2層は、黑色物質が混在しない黄褐色の透明層である。層厚は最大150 μ m。

顕微鏡写真（巻頭図版8-2）の左上方に観察されるb1層の半円形の形状は、糸の横断面の痕跡であるが、径は、鉾の長柄のそれよりもやや細い220 μ mである。また、表層に朱の粒子が点在する。

試料6 鉾の長柄

鉾の長柄の塗膜断面（巻頭図版8-5,6,7、図20） 下地のb1層は、層中に微細な黑色物質（ス）を密に含む暗茶褐色層で、部分的にススの凝縮が観察できる。水平部分の層厚は40 μ m。c1層は、層中にスス粒子がやや密に散在する明褐色層で、水平部分の層厚は50~60 μ m。c2層は、c1層より密にスス粒子が散在する明褐色層で、水平部分の層厚は50~60 μ m。c3層は、スス粒子をわずかに含む透明度の高い明褐色層で、水平部分の層厚は40~50 μ m。

顕微鏡写真（巻頭図版8-7）には、2箇所文様を構成する糸の横断面の痕跡が観察できる。糸の径は260~300 μ m。糸の間隔は0.8~1.0mmで、密度は1cmあたり10本である。

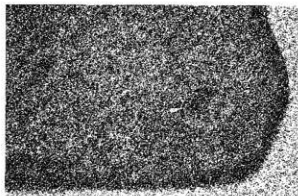


写真52

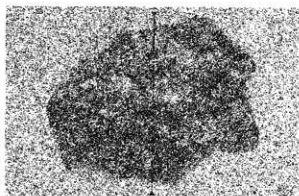


写真54

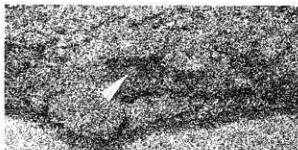


写真53

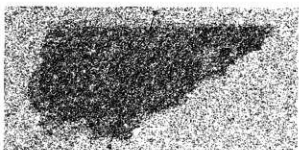


写真55

4 胄外面の獣毛と頭上装飾の痕跡

大阪府藤井寺市野中古墳から出土した胄は、近つ飛鳥博物館に、その復原レプリカが展示されているが、その胄の表面は鹿の獣毛らしい毛皮に覆われており、また、頭頂部には雉の羽根が後方に向かって華麗に伸びているのが印象的な甲胄である。

野中古墳の墳頂部から短甲10領が一行をなし出土したが、そのうちの8・9・10号短甲内部に革製衝角付胄の痕跡が3固体確認された。報告書には「9号短甲の底部付近には獣毛の接着した黒漆膜が広がり、板鍔の内面にも獣毛の付着があり、さらに三尾鉄の下面に獣毛が広く錯着していることから、毛皮獣の皮革を外側に獣毛をつけたまま縫い合わせ、黒漆を塗布して硬化したものであったと思われる。」という記述がある。

試料7 胄外面の獣毛

胄外面の獣毛断面 (巻頭図版8-4)

五ヶ山B2号墳甲胄の解体作業において、短甲内から検出された胄の三角板、伏板、腰巻板の外面に密着する獣毛を確認する(写真56,57,58)。残存状態から胄外面全体に獣毛が覆っていたことが推測される。獣毛の表面は比較的なめらかで、長さは、本末が不明瞭で特定できないが1~2cm程である。断面の形状は鱗などの鉱物質が沈着して形状を保っているが、髓などの内容物はほとんど溶出している。断面形はほぼ円形を呈し、直径は60 μ m前後である。また、接着剤の有無、あるいはその方法等については、現時点では不明である。

和歌山県大谷古墳出土の馬甲の表面に付着した毛皮様のものを、東京国立文化財研究所の木川りか氏、小泉雅子氏がDNA解析を実施し、第15回日本文化財科学学会にて結果報告している。それによると毛皮は、アカシカのものであることが判明した。

頭上装飾の痕跡 (巻頭図版8-8)

甲胄の解体作業に際して、後胴地板第2段を撤去後、直下に胄の伏板が検出されるが、伏板中央部やや前方から右斜め後方に向かって、明らかに周囲と異なる色調の土砂および錆の広がりが観察された。この部分は、伏板に4カ所の孔があることや位置的にみて頭上装飾としての有機質の痕跡である可能性は極めて高い。痕跡およびその周辺からは頭上装飾の材質を特定するための物証は観察されなかった。

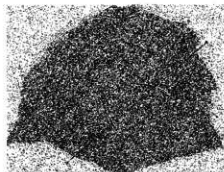


写真56

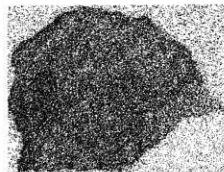


写真57

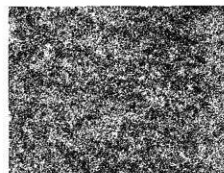


写真58

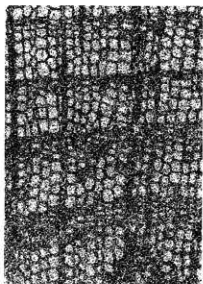


写真59

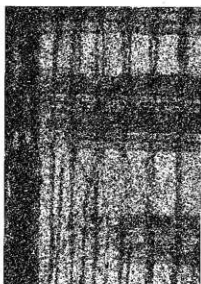


写真60



写真61

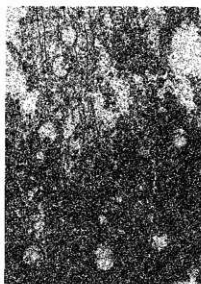


写真62

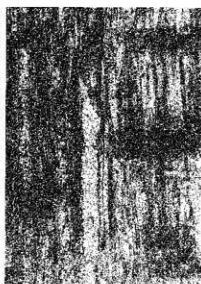


写真63



写真64

5 武器・刀剣類の木材の樹種

試料を採取した遺物は、鉾の長柄3点、刀剣の鞘?4点の計7点である。試料はいずれも小片で、3断面(木口、柃目、板目)の顕微鏡観察用プレパラート標本が作製できたのは2点である。試料の性状は、木質部が鉱物質(錆や土砂)のもので沈着し、硬質化したものである。

試料No	遺物	樹種
8	鉾2の長柄(蛇行鉾)	スギ (<i>Cryptomeria Japonica</i> Linn.f. D.Don)
9	鉾3の長柄	スダジイ (<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i> Nakai)
10	鉾4の長柄	スダジイ?
11	槍1の鞘?	針葉樹(スギ?)
12	剣破片58-1	針葉樹(スギまたはヒノキ?)
13	刀破片58-2	針葉樹(スギまたはヒノキ?)
14	刀破片58-3	針葉樹(スギまたはヒノキ?)

判明した樹種は、スギ、スダジイの2種である。その他にスギまたはヒノキの可能性が高い針葉樹と木口面から判断するとスダジイと推定できる広葉樹である。同定の方法は、プレパラート標本を生物顕微鏡によって40~400倍で観察し、現生標本と比較しながら行った。プレパラート標本の作製は、漆塗膜と同様に樹脂で包埋し、検鏡できる厚さまで研磨する方法で行った。以下に樹種の同定に利用した材の解剖学的特徴を示す。

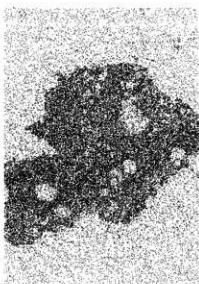


写真65

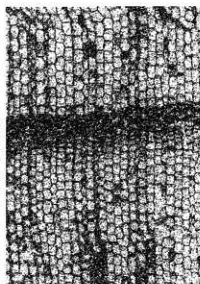


写真67

1 スギ (*Cryptomeria Japonica* Linn.f. D.Don) スギ科

針2の長柄(蛇行針)

仮導管、樹脂細胞および放射柔細胞の3種の構成からなる。早材から晩材への移行はやや急で晩材部の幅がやや広く、年輪は明瞭である。樹脂細胞は晩材部付近にやや接線方向に連なって散在する。樹脂細胞の内容物は暗褐色を呈することが多く、樹脂細胞の水平壁は平滑で薄いものが多い。分野壁孔は楕円形

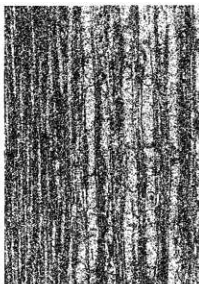


写真66

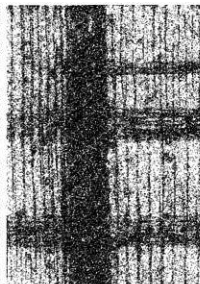


写真68

の大型で、開孔部がほぼ水平に開いた厚いレンズ状をしたスギ型で通常1分野に2個存在する。放射組織は単列で、細胞高は1~10高である。

以上の形質によりスギと同定した。(写真59,60,61)

スギ材は県内で最も多く出土する材であり、様々な器種に利用されるが、大井川以西では出土量が減少する。

2 スダジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai) ブナ科

針3の長柄

年輪界に沿って丸い中~大型の道管が1~2, 3列並ぶ選孔性の放射孔材である。孔圏外の道管は小型、多角形で集団をなし、火炎状に配列する。道管は単せん孔で、柁目ではせん孔縁が内腔側に突出している。道管と放射組織が接する壁には、大型で櫛状の壁孔が存在する。材の大部分は木繊維で、柔細胞は短接線状および散在状に分布する。放射組織は単列で多数存在し、すべて平伏細胞からなる同性である。細胞高は1~15高である。また、この標本では集合放射組織は認められない。