

夜須町峯遺跡出土金属遺物の保存修復研究

青木 繁夫・平尾 光良

1. はじめに

本研究は、夜須町教育委員会の依頼により行なったものである。研究対象は、夜須町峯遺跡 K-10 号甕棺および K-376 号甕棺から出土した遺物である。研究項目は、これら遺物の錆の安定化処理と修復、材質調査、原料産地推定などで、修復技術部と保存科学部が行なった。

研究の分担は以下の通りである。

保存修復

修復技術部：青木 繁夫

腐食生成物および材質調査

保存科学部：平尾 光良

原料産地推定

保存科学部：馬淵久夫，平尾光良

イオンクロマトグラフィー分析

保存科学部：門倉 武夫

X線透視撮影

保存科学部：石川 陸郎

写真撮影

情報資料部：橋本 弘次

2. 品質形状および保存状態

1) ガラス有孔円板 (図-5) 2 個

法 量

円板① 径 2.7~3.8 cm 厚さ 1.3~0.35 cm 重量 16.2346 g

円板② 径 3.45~3.5 cm 厚さ 0.35~0.45 cm 重量 15.5035 g

品質形状

K-10 号甕棺より出土。舶載のガラス壁を再加工した装飾品と考えられる。濃緑色を呈する円形のガラス板で、中央に小孔が穿たれている。穀粒状文を陰刻した一枚型の鑄型に熔融したガラスを流したらしく、片面は規則的な並列 (凡そ 0.4 cm) 間隔をもつ穀粒状文で埋められている。反対の面は、平滑で光沢がある。円板①の一部には、赤色顔料の付着が見られる。

2) 内行花文清白鏡 (図-6) 1 面

法 量

面径 17.2 cm 鈕高 1.3 cm 処置後重量 478.7 g

品質形状

K-10 号甕棺より出土。青銅製。内区は円鈕の周囲に十二曜文を配し、櫛歯文帯、凸帯をめぐらしている。その外側に八弧の内行花文がある。銘帯は、斜行櫛歯文に挟まれ、「潔 清 白

而事君志□□□□玄錫之流澤恐疏而日忘美人外承可児高靈□□□而」の銘文33文字が漢隸で鑄出している。

白緑色をしたブロンズ病と思われる錆が吹き出し、全体に細かく破損している。

3) 内行花文日光鏡 (図-7) 1 面

法 量

面径 6.65 cm 鈕高 0.6 cm 処置後重量 37.4 g

品質形状

K-10号甕棺より出土。青銅製。鈕を中心に内区には、鈕座から線文が八弧の内行花文の各弧頂に繋がる。外区は櫛歯文に挟まれた銘帯で、四個の渦文と状文を交互に挟んで、その間に一字ずつ「見日之光天下大明」の八字の銘文がある。

全体に錆が著しく、漆黒色をした表面層が剥がれやすくなっている。縁に損傷がある。赤色顔料の付着が一部に見られる。

4) 鉄 剣 (図-8) 1 口

法 量

長さ 31.6 cm 身長 22.8 cm 刃幅 3.7 cm 処置後重量 185.4 g

品質形状

K-10号甕棺より出土。身部は関より切先に向かって徐々にせばめ、扁平な菱形の断面を有するが、鑄は明瞭ではない。茎は断面方形で、茎尻に向かってわずかに狭める。X線写真の所見によれば、関の両側に一個ずつの目釘と茎尻より中央に目釘一個が残る。

錆が著しい。そのため鉄剣表面に付着して出土した有機物が、剥落して失われている。

5) 鉄 戈 (図-9) 1 口

法 量

長さ 41.7 cm 身幅 5.47 cm 関部長 19.3 cm 処置後重量 416.0 g

品質形状

K-10号甕棺より出土。身部の鑄は明瞭でないが、断面は扁平な菱形を呈する。関部は全体がやや外彎気味で柄を装着するための二孔があり、柄の木目が錆着して残る。茎は小さく、幅1.5 cm、長さ1.0 cmである。

錆が著しく、切先などは剥離している。しかし全体にその形をよく残している。

6) 鉄 鋸 子 (図-10) 1 口

法 量

長さ 9.3 cm 幅 2.05 cm 処置後重量 16.3 g

品質形状

K-10号甕棺より出土。鉄板(幅0.75 cm、厚さ0.4 cm)を二つに折り曲げて重ね基部を作る。この基部から先端に向ってくの字型に開くように作り弾性をもたせている。

錆が著しいが、全体の形をよく残している。

7) 細形銅剣 (図-11) 1 口

法 量

全長 26.4 cm 茎長 2.6 cm 関幅 2.2 cm 処置後重量 170.5 g

品質形状

K-376号甕棺より出土。いわゆる細形銅剣に属し、茎は短く茎幅1.3 cm、茎厚1.0 cmの楕円形断面をしている。関から先は菱形断面をしていて、鑄が身のくりこみから鋒部まで達している。関から8 cm程のところに節状部があり、これに対する応刃部もゆるく内彎し、幅広

の下部と尖細の上部とに接している。

損傷状態は、ゆるく内彎した刃部の腐食がひどく、崩れやすくなっている。切先部分にも細かな亀裂がある。

8) 鉄 剣 (図-12) 1 口

法 量

全長 29.5 cm 茎長 7.4 cm 処置後重量 87.7 g

品質形状

K-367 号甕棺より出土。茎は断面方形で細長く、茎尻に向って細くなる。その中央には、目釘が一箇所認められる。身部の断面は、扁平な菱形を呈する。柄は呑口式であつたらしく、柄の木質が身部まで続いている。

完全に腐食して身部の中心は空洞で金属の核が失われている。身部の中心部分で折損していたらしく発掘後合成樹脂で接着してあつた。

3. 材 質 調 査

遺物の材質組成を定性的に理解するためには、資料を非破壊で分析できる蛍光 X 線分析法が良い。試料を採取して分析することが可能ならば、ICP (プラズマ発光分光法)、AA (原子吸光法) などの方法も考えられ、また放射化分析法も有効である。

3-1 ガラス有孔円板

ガラス有孔円板の定性分析には蛍光 X 線分析法を、また粉状に劣化した部分から極く微量の試料が採取できたため、その試料を使って ICP、AA、AE (炎光分光法) を行ない、いくつかの元素の定量を行なった。

3-1-1 蛍光 X 線分析

分析条件

蛍光 X 線分析は、理学電気社製、波長分散型蛍光 X 線分析装置で行なった。測定条件は、Pt 管球を、35 KeV、16 mA の条件で使用し、角度10度から75度までを35分間で走査した。

測定結果

蛍光 X 線分析法でガラス有孔円板の主成分について調べた。その結果、鉛が非常に強く観測され、鉛の非常に多いガラスであることが判明した。弥生時代のガラスにはバリウムを含む場合がよくあるという報告がなされているので注意して分析したが、バリウムについてはよくわからなかった。ガラス有孔円板①には赤色の顔料が付着しており、水銀のピークが強く観測されたことからこの顔料は水銀朱 (HgS) であると推定した。

3-1-2 化学分析

有孔円板にはところどころ劣化変質していると思われる白い粉の吹き出している部分があり、その部分ならば資料を損うことがないと判断できたので一部を採取して分析に供した。定量分析は試料を酸で溶解し、ICP、AA、FE を利用した。結果を表-1 に示す。

分析結果

2 枚の有孔円板とも鉛ガラスであり、かなりのバリウムを含む。ただし試料は白色の粉状部分から採取したものであり、緑色のガラス部分ではない。そのためこれらの有孔円板の真の元素組成を示しているわけではない。

表一1 ガラス有孔円板の化学分析値
Table 1 Analysis of the glass objects (Fig. 5)

元 素 Element	測 定 値 Observed value		分 析 法 Analytical method
	①	②	
重 量 (g) Weight	16.2346	15.5035	
比 重 Specific gravity		4.172	
推定分析試料量 Sample weight estimated	47 μg	250 μg	
PbO	26 μg	140 μg	*GFAAS
CaO	0.057	0.06	ICP
BaO	0.15	19	ICP
Na ₂ O	0.18	12	FE
K ₂ O	0.41	0.89	FE
CuO	0.34	2.0	*GFAAS

*GFAAS 炭素炉原子吸光法

バリウムは、円板①ではそれほど多いとはいえないが、円板②で鉛の約1/10であり、全体の約5%程度になると思われる。しかし分析した資料が劣化した粉末であることから、溶脱を受けていると考えられるので緑色部分ではバリウム濃度がもう少し高いと思われる。

緑色は銅と鉛によると推定される。表一1より銅は鉛の約1%（全体の約0.5%）検出された。これは自然の岩石などには見られないほど高い濃度なので、着色のために加えられたとすほうが妥当であろう。

3-2 内行花文鏡（2面）

内行花文清白鏡と内行花文日光鏡の材質組成を調査するために蛍光X線分析を行なった。また修復中に分析試料が採取できた内行花文清白鏡については、ICP分析により元素組成を測定した。

3-2-1 蛍光X線分析

分析条件

蛍光X線分析はフィリップス社製のPW 1404 LS 波長分散型蛍光X線分析装置で行なった。測定条件はSc管球を60 kV, 50 mAで使用し、角度10度~75度までを35分かけて走査した。検出器はシンチレーションカウンターを用いた。内行花文清白鏡は3カ所、内行花文日光鏡は表面の荒れていない場所を選び、1カ所測定した。測定結果の一部を図一1に示す。

測定結果

内行花文清白鏡は、スズの比較的多い青銅である。銅、スズ、鉛を主成分とし、少量の銀とアンチモンが検出された。内行花文日光鏡も銅、スズ、鉛を主成分とした青銅である。これにも少量の銀とアンチモンが含まれている。内行花文日光鏡の鈕の近くに朱色の部分があった。この部分からは水銀が認められ、朱色は水銀朱(HgS)と推定した。

上記2種の鏡に組成上大きな差は認められず、測定箇所の違いによる元素組成の差もほとん

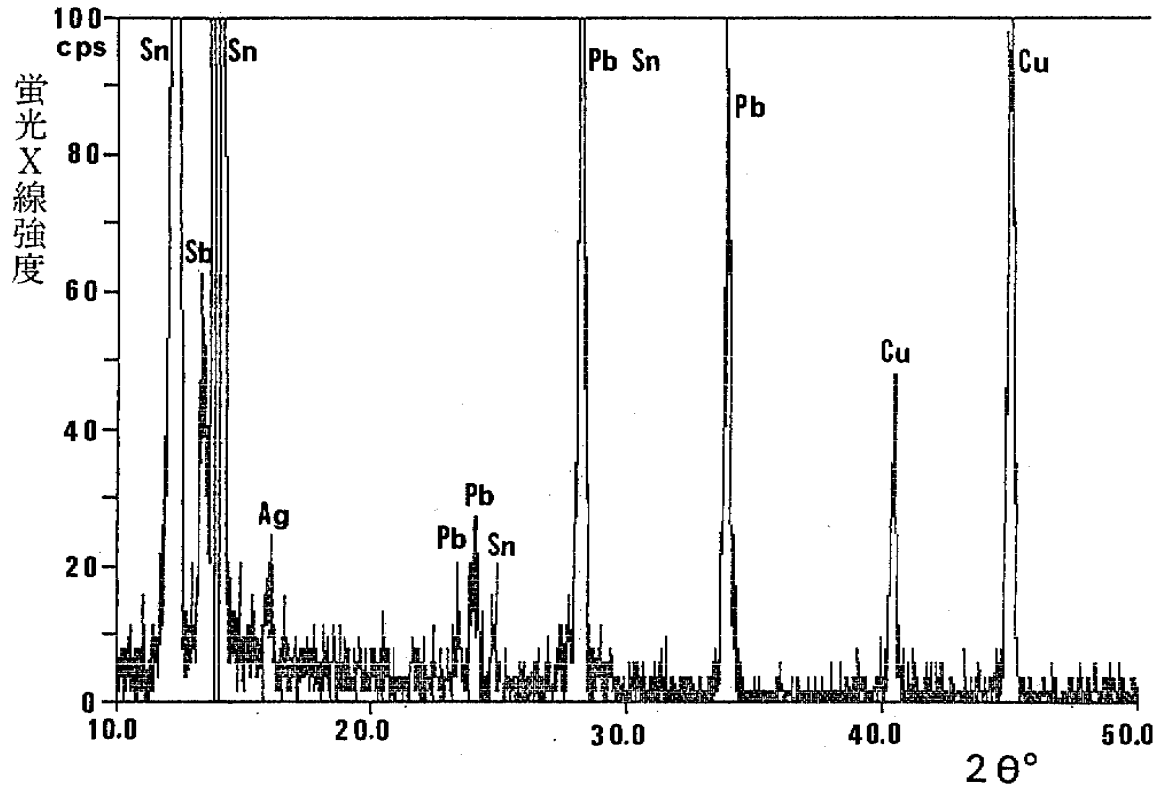


図-1 内行花文清白鏡蛍光X線スペクトル

Fig. 1 X ray fluorescence spectrum of a bronze mirror

表-2 内行花文清白鏡の化学分析

Table 2 Chemical composition of mirror (Fig. 6) materials

元素名 Element	含有量 (%) Concentration	
	a) 金属の多い部分 Almost metal core	b) 錆の多い部分 Patinarich part
Cu	60.4	42.9
Pb	4.64	2.54
Sn	24.5	29.0
Zn	0.0037	0.0069
Fe	0.091	0.12
As	0.33	0.37
Sb	0.30	0.31
Co	0.040	0.031
Ni	0.10	0.088
Ag	0.13	0.17
Mn	0.00067	0.0010
Total	90.5	75.5
試料重量 (mg) Sample weight	51.3	31.3

ど無かった。

3-2-2 化学分析

内行花文清白鏡から採取した試料を用いて、ICP 分析法により元素組成を測定した。その結果を表一2に示す。

分析値 a) の合計が90.5%と100%より低いのは、試料が完全な金属部分ではなかったためと思われる。100%に足りない元素は、鍍に含まれていた酸素の部分と考えられる。a) の90.5%からb) の75.5%となっているのはこのことを裏付けている。鍍の多い部分b) で銅が少なく、相対的にスズが多くなっているのは一般的な傾向である。

表一2からこの内行花文清白鏡はスズの多い青銅であることがわかる。

3-3 細形銅剣

細形銅剣は、試料の採取が出来なかったので、蛍光X線分析法で化学組成を定性的に調べた。

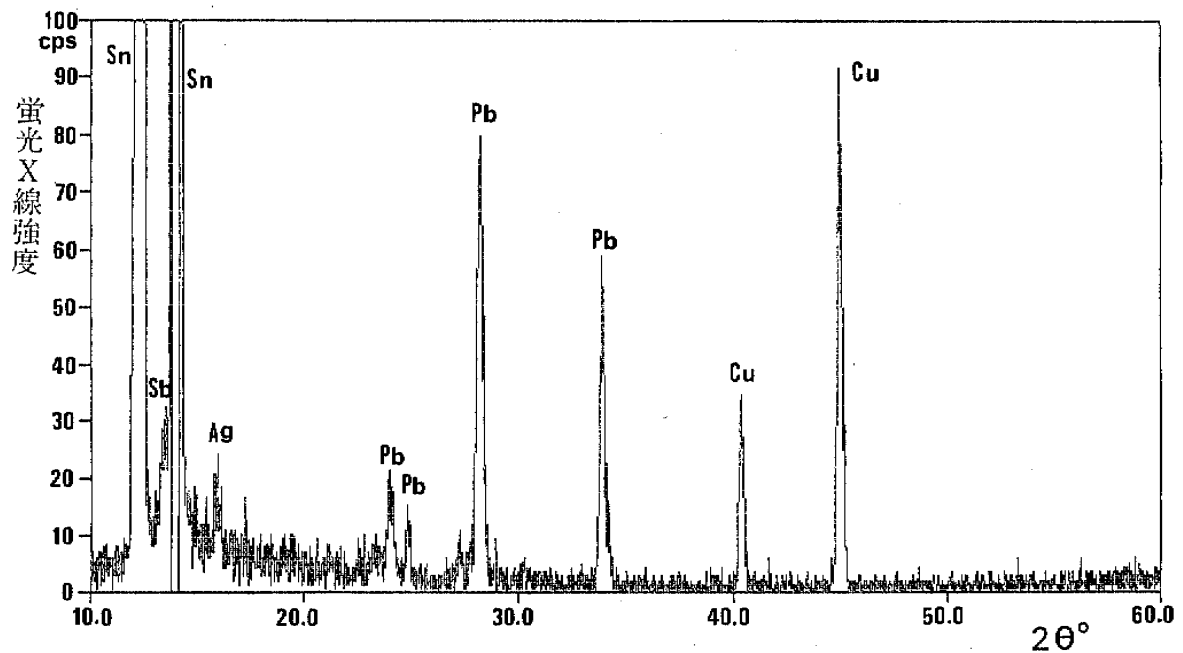


図-2 細形銅剣蛍光X線スペクトル

Fig. 2 X ray fluorescence spectrum of a bronze sword

3-3-1 蛍光X線分析

分析条件

3-2-1の内行花文鏡と同一条件で測定した。

測定結果

測定結果を図-2に示す。これからすれば銅、スズ鉛を主成分とする青銅である。

3-4 鉄 戈

修復処理中に採取することが出来た金属試料の中性子放射化分析を行ない元素組成の調査をした。

3-4-1 放射化分析法

資料の準備

鉄戈の一部をメタノールで洗浄した後、やすりで錆部を除去した。次に試料を2つに切断し、メタノール中で超音波洗浄した。その際できるだけ錆部が本体に残らないように注意した。

試料約 30 mg を取り、ポリエチレン袋の中へ入れてシールした。これを同一条件下で比較標準試料とともに原子炉で中性子照射した。

測定

中性子放射化分析法を利用した。武蔵工業大学原子力研究所の TRIGA II 型原子炉で資料を個体のまま表-3 の条件で中性子照射し、資料から放出される γ 線を4096チャンネル PHA

表-3 中性子照射・ γ 線測定条件Table 3 Neutron irradiation condition and γ -ray measurement condition

熱中性子束 ($n \cdot cm^{-2} \cdot sec^{-1}$) Thermal neutron flux 照射場所	照射時間 Irradiation time	冷却時間 Cooling time	γ 線 測定時間 Measurement time (s)	測定位置 Measurement position (mm)	分析元素 Observed elements
1.5×10^{12} 気送管	30 s	2m	300	80	Mg, Al, Cl, Ca, V
		45m	600	10	Na, Cu, Sr, Ba, Dy, Mn
8.0×10^{11} 照射溝	5 h	2 d	3,000	30	K, Ga, As, Br, Sb, La Sm, W
		7 d	3,000	2	Sc, Cr, Fe, Co, Mo, Ce, Vb, Hf, Th, U

表-4 鉄戈の定量結果

Table 4 Result of the determination of iron object (Fig. 9)

元 素 Element	濃 度 (ppm) Concentration	元 素 Element	濃 度 (ppm) Concentration
Na	72	As	270
Mg	1,600	Br	4.4
Al	600	Mo	<12
Cl	580	Sb	22
K	<85	Ba	<90
Ca	790	La	<0.3
Sc	< 0.28	Ce	<11
Ti	69	Sm	< 0.11
V	2.4	Dy	< 0.41
Cr	<17	Yb	< 2.5
Mn	180	Hf	< 2.2
Fe	96%	W	6.0
Co	430	Au	0.036
Cu	100	Th	< 1.3
Ga	<5.4		
使用資料量 Sample weight	32.5 mg		

と連結した 50 ccGe (Li) で測定した。放射化された元素が放出する元素固有の放射能の半減期および γ 線のエネルギーで元素を同定し、強度より元素量を計算した。

測定された元素濃度を表一4に示す。

4. 原料産地の推定

原料産地の推定については、質量分析計を用いて鉛同位体比を測定して判断した。

4-1 ガラス有孔円板

ガラス有孔円板の化学組成を測定した残りの液から鉛同位体比用に鉛を電解分離し、常法によって鉛同位体比を測定した。

鉛同位体比は表一5の様になり、有孔円板①、②は同一の値を示し、同一の原料であることが示された。またこれらの値は中国産の鉛であることを示している。

表一5 ガラス有孔円板の鉛同位体比
Table 5 Lead isotope ratios of Glass Objects (Fig. 5)

Glass objects No.	Lead isotope ratio	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
円板 ①		17.498	0.8867	2.1974
円板 ②		17.497	0.8869	2.1974

4-2 銅製品

2面の内行花文鏡および細形銅剣の鍍を一部採取し、鉛同位体比を測定した。

表一6の値からすると、細形銅剣は朝鮮半島産の材料を使用していると判断できる。内行花文清白鏡、内行花文日光鏡で多少の違いはあるが、両鏡とも中国北部産の鉛を使用したと判断できる。

表一6 銅製品の鉛同位体比
Table 6 Lead isotope ratio of copper object

Objects	Lead isotope ratio	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
細形銅剣 Sword blade (Fig. 11)		19.203	0.8215	2.0727
内行花文清白鏡 2) Mirror (Fig. 6)		17.861	0.8718	2.1574
内行花文日光鏡 Mirror (Fig. 7)		17.754	0.8737	2.1650

5. 腐食生成物調査

腐食生成物とくにブロンズ病の鍍の分析には、塩化物イオンを定量する必要がある。同時に銅の含量も必要である。これら両者を同時に測定する方法として中性子放射化分析法がある。

イオンクロマト法もあるがまだ十分なデータを出すに至っていないため、今回は放射化分析法を利用した。

武蔵工業大学原子力研究所の TRIGA II 型原子炉の気送管照射孔（中性子密度 2×10^{11} 中性子/cm²/sec）で10秒間中性子を照射し、1分冷却後、4096チャンネルPHAと連結した検出器を用い、離れた所で銅と塩素の放出する線の強度を5～10分測定した。銅および塩素の比較標準は塩化ナトリウムおよび硫酸銅の特級品を溶液とし、その一部を用いた。測定に用いた核種の特性を表一7で示す。

表一7 測定核種の核特性
Table 7 Nucleus data for induced nuclides

目的核種 Nuclide	半減期 (m) Half life	放出γ線エネルギー (keV) Energy of γ-ray emitted
⁶⁶ Cu	5.1	1,039
³⁸ Cl	37.3	1.642.2, 2.167.6

5-1 内行花文清白鏡の腐食生成物

三カ所から白緑色部分の錆を採取し、それぞれをα、β、γとした。得られた結果を表一8に示す。

表一8 銅錆中の銅と塩素の含有量
Table 8 Determination of copper and chlorine in patina of mirror (Fig. 6)

資料名 Sample	重量 (mg) Weight	銅 (%) Cu	塩素 (%) Cl
α	5.5	36.4	0.50
β	8.9	35.2	0.087
γ	11.2	42.6	0.079

表一8の値から銅と塩素を原子比に換算すると表一9となり、銅は塩素に比べて桁違いに多い。

表一9 錆成分中の銅と塩素の原子比
Table 9 Atomic ratio of copper and chlorine in patina

資料名 Sample	銅 : 塩素 Cu : Cl
α	1 : 0.025
β	1 : 0.0044
γ	1 : 0.0033

表一8の塩素濃度からすると資料αの場合は0.5%と比較的多くは存在しているが、β・γの場合の0.1%未満とも考えあわせるとかなり少ない。少なくとも銅の濃度からすると銅の塩化物は主成分であるとは考えられない。この錆をX線回折分析をしてみると確かにCuCl(OH)・(OH)₂は検出された。しかしその量的な事を考えるとこれが錆を進行させているかどうかについては何とも言えない状態である。

6. 保 存 修 復

6-1 鉄 製 品

① クリーニング

遺物の形状を明確にするために錆瘤などはニッパやタガネを用いて除き、付着している泥は、エアブラッシュを使用して落とす。

② 脱塩処理

フラスコに入れた水を加熱して水蒸気を発生させ、その水蒸気を遺物が入った容器の上部にセットした冷却器内で冷却して蒸留水を作る。出来た蒸留水を遺物が入った容器に導き、その水のなかに遺物からの塩化物イオンを溶出させる。容器内に塩化物が溶けた蒸留水が一定量以上溜まるとサイホンの働きによって蒸留水は元のフラスコに戻る。水蒸気の上りを早めるためと、脱塩処理中の腐食を防止するために窒素ガスを毎分2リットル程度注入してソクスレー（図-3）内部を窒素ガス雰囲気にしなが、ソクスレー内部を200 mm/Hg程度に減圧して脱塩処理した。イオンクロマトグラフィー（図-4）で蒸留水に溶けた塩化物イオンと硫酸イオンの定量を行なった。

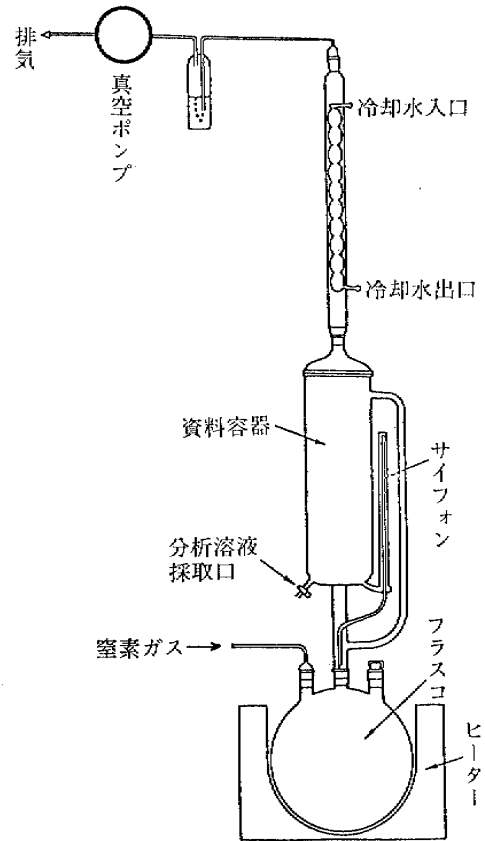


図-3 ソクスレー脱塩装置
Fig. 3 Soxhlet System for desalting treatment

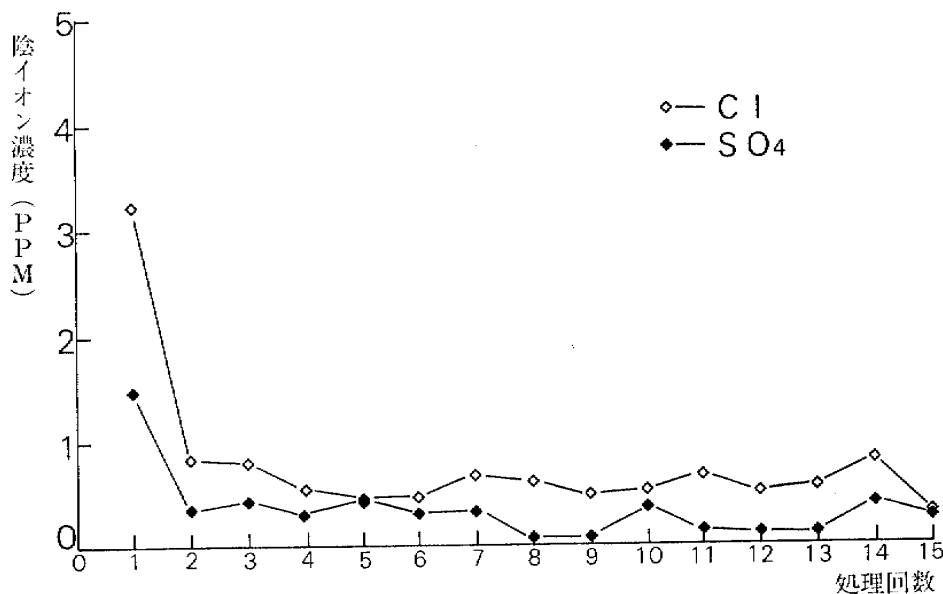


図-4 鉄戈の脱塩処理における塩素イオンと硫酸イオン減衰
Fig. 4 Desalting Treatment of Iron hallberd

③ 錆の安定化処理

オキシ水酸化鉄を安定化するためと錆とアクリル樹脂間の接着を改良するためにシランカップリング処理を行なった。処理方法は、鉄製品重量の2%のシランカップリング剤 (γ -Methacryloxypropyltrimethoxysilane NUC A-174)、鉄製品が完全に浸漬できる量のトルエン、トルエン重量の1%のトリエタノールアミンを加えた混合溶液を60°Cに加熱保温し、その中に約20時間浸漬して処理した。

この処理に使用したシランカップリング剤 (NUC A-174) は、有機相と無機相間の接着を改良するので、鉄製品の錆とアクリル樹脂との接着性の向上を期待できる。また樹脂塗膜では到達できない錆の微細な欠陥にまで浸透し、さらに錆表面を疎水化することが出来るので、錆表面から錆の原因になる水を排除することが可能である。このシランカップリング剤は、水酸化鉄が持つ水酸基と反応して水酸基を封鎖することも出来ると考えられる。

④ 強化処理

脆弱化したこれらの遺物を強化するために、アクリル樹脂エマルジョン(プライマル MV-1)を減圧含浸した。

⑤ 復元処理

折損した破片の接着は、エポキシ樹脂を用い、欠失部の復元にはフェノール樹脂マイクロバルーンとエポキシ樹脂を混合して補修した。

6-2 銅 製 品

X線回折分析と中性子放射化分析の結果、ブロンズ病の原因と思われる塩基性塩化銅が少量ではあるが検出された。水が存在する環境下では、塩基性塩化銅が反応し、銅を錆びさせると言われている。そこで脱塩処理と錆の安定化処理を行なうことにした。

① クリーニング

表面に付着している土や錆は、エチルアルコールの中でブラッシングして落とす。より強固に着いている錆には、ガラスブラッシュ、超音波メスを用いて除去した。

② 脱塩処理

窒素ガス雰囲気にして蒸留水を循環させたソクスレーを用いて脱塩を行ない、イオンクロマトグラフィーにて塩化物イオンを測定した。

③ 錆の安定化処理

ベンゾトリアゾール3%エチルアルコール溶液を減圧含浸し、そのまま30日間浸漬した。

④ ベンゾトリアゾール処理の終わった各遺物を高湿度下に1週間置き処理効果を判定した。

今までの実験では、ベンゾトリアゾール処理の効果がないものは2日程でブロンズ病の特徴である明るく白っぽい粉状の緑青が発生するが、今回1週間放置してもなんら変化が認められなかったのでベンゾトリアゾール処理が有効であると判定した。

⑤ 強化処理

各遺物を強化するためにベンゾトリアゾールを含有したアクリル樹脂(インクラック)を30 mm/Hgに減圧して含浸させた。

⑥ 復元処理

破片の接合面がぴったり一致するところには、シアノアクリート系接着剤(アロンアルファ)を使用し、隙間のある接着面を有するもの場合には、エポキシ樹脂を用いて接着復元した。

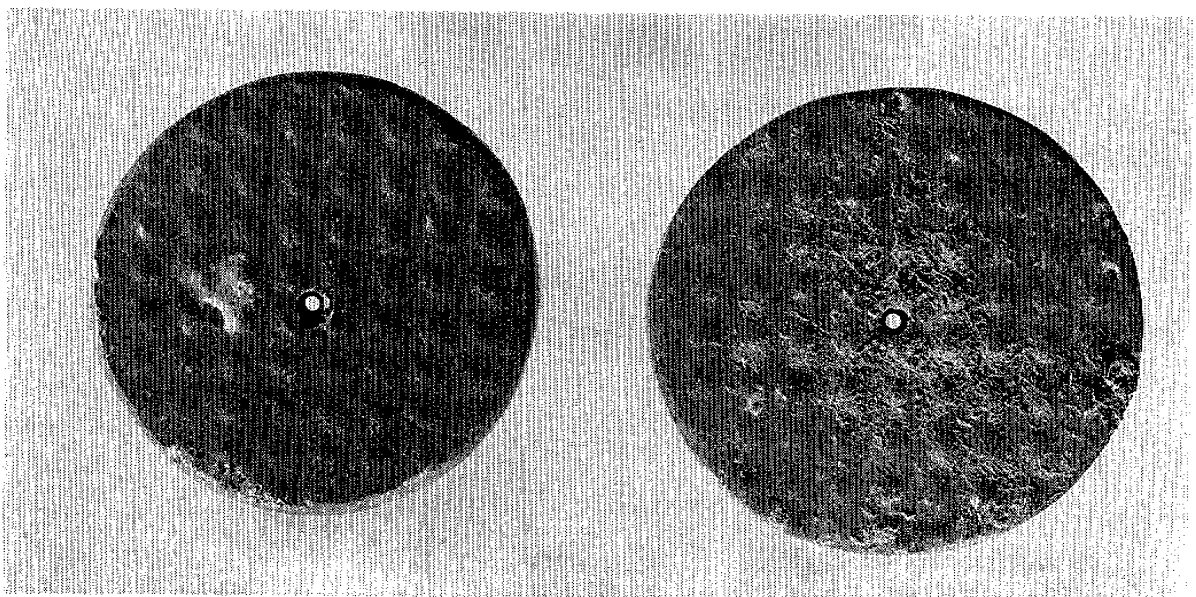
7. お わ り に

以上述べたような方法で材質調査と保存修復処置がなされた。錆の安定化処理をしたとはいえ、相対湿度が高いところに保存すれば、錆が発生する危険性が大きい。今後は水が露結しないように相対湿度40%以下の環境で保存管理することが望ましい。

中性子放射化分析に関しては武蔵工業大学、原子力研究所の平井昭司助教授に御助力頂いた、記して謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 馬淵久夫・平尾良光「鉛同位体比法による漢式鏡の研究」『Museum』370号(1982)
- 2) 馬淵久夫・平尾良光「鉛同位体比法による漢式鏡の研究(二) —西日本出土の鏡を中心として—」『Museum』382号(1983)
- 3) 馬淵久夫「青銅文化の流れを追って —鉛同位体比法の展開—」『続考古学のための化学10章』東京大学出版会(1986)
- 4) David A. SCOTT and Nigel J. SEELY, 'The washing of fragil iron artifacts', *Studies in Conservation*, Vol. 32—2 (1987)
- 5) Shigeo AOKI, 'Conservation of Excavated Iron Objects in Japan', *Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts* (1987)
- 6) Madsen H. Brinch 'A preliminary Note of the Use of Benzotriazol for Stabilizing Bronze Objects', *Studies in Conservation*, Vol 12—4 (1967)
- 7) "Bronze Disease and Its Treatment" The Bangkok National Museum (1975)
- 8) 青木繁夫「青銅製品の保存修復」『Museum』381号(1982)
- 9) 沢田正昭「青銅鏡にみられるサビの構造と組成」『古文化財に関する保存科学と人文・自然科学』同朋舎出版(1984)
- 10) 青木繁夫「福岡市樋渡遺跡出土銅製品の保存修復研究」『保存科学』25号(1986)
- 11) 青木繁夫「三ヶ日町猪久保遺跡出土銅鐸の保存修復に関する研究」『保存科学』27号(1988)

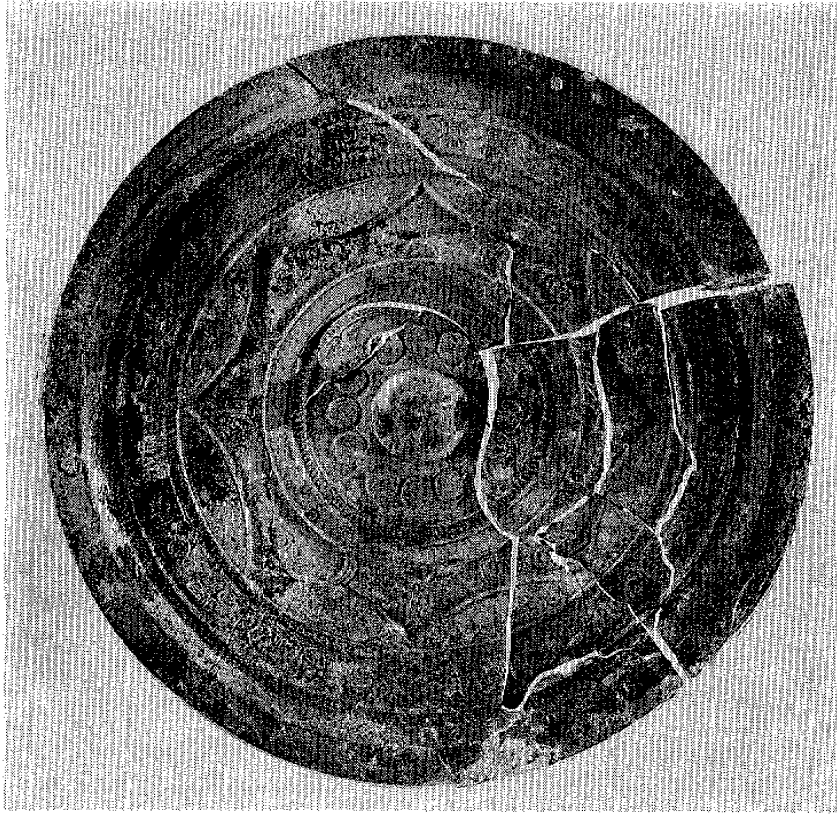


処 置 前

Before treatment

図—5 ガラス有孔円板

Fig. 5 Glass objects

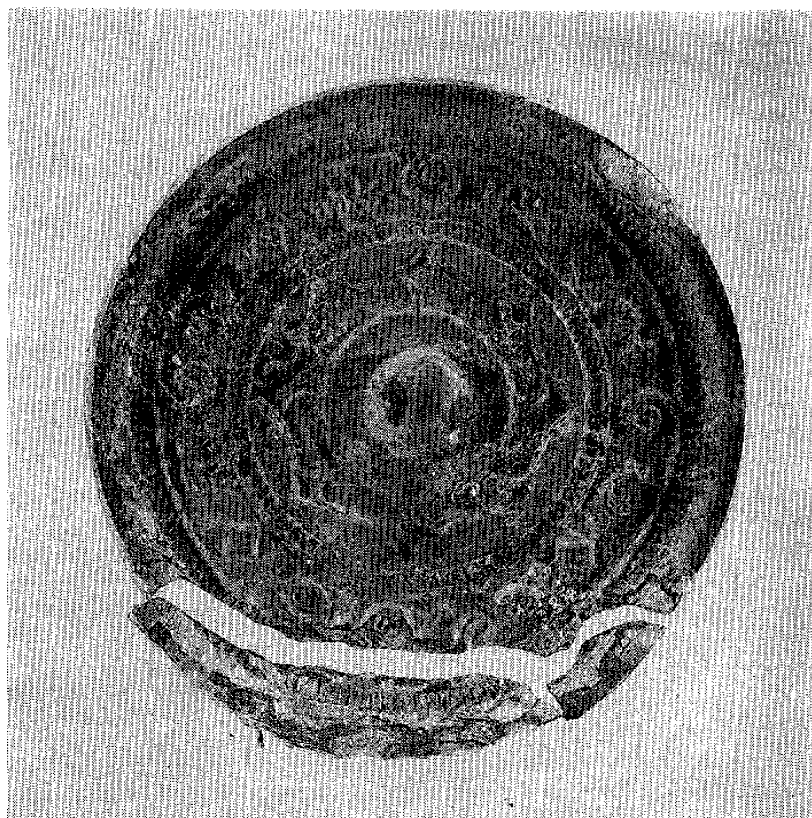


処置前
Before treatment

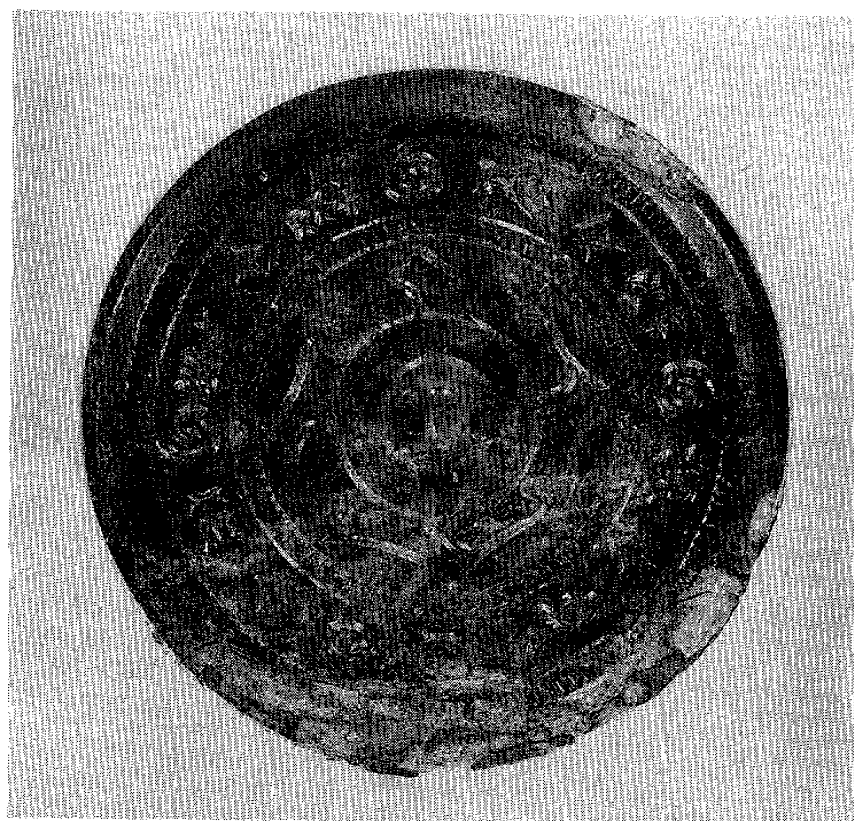


処置後
After treatment

図-6 内行花文清白鏡
Fig. 6 Bronze mirror

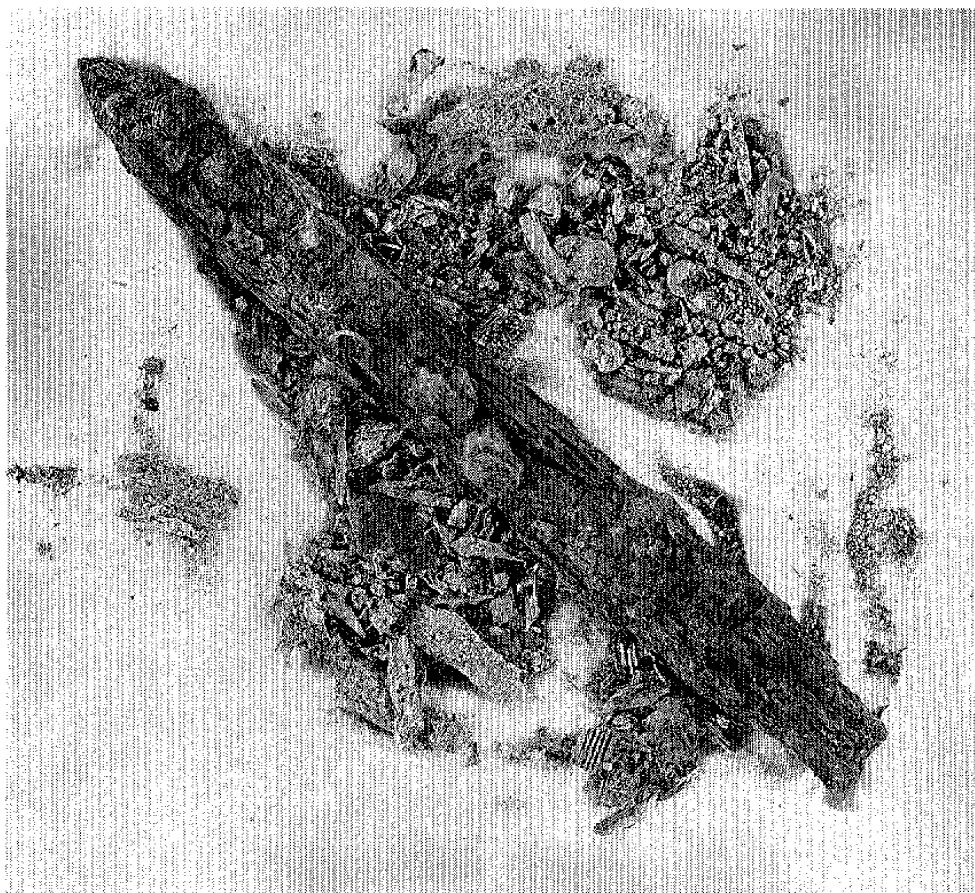


処置前
Before Treatment

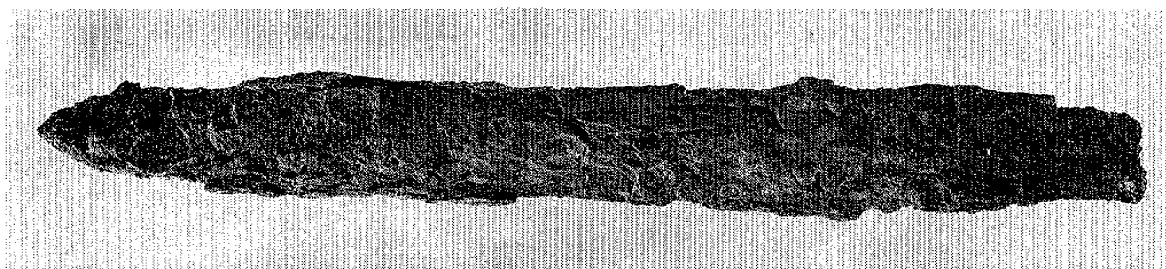


処置後
After treatment

図一7 内行花文日光鏡
Fig. 7 Bronze Mirror

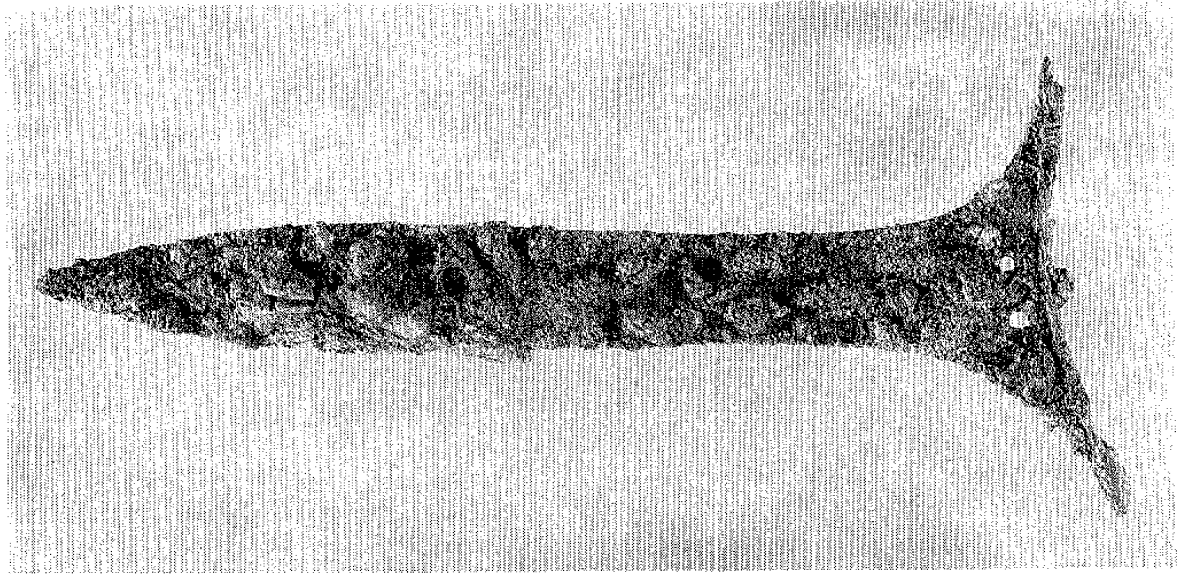


刃 置 前
Before treatment

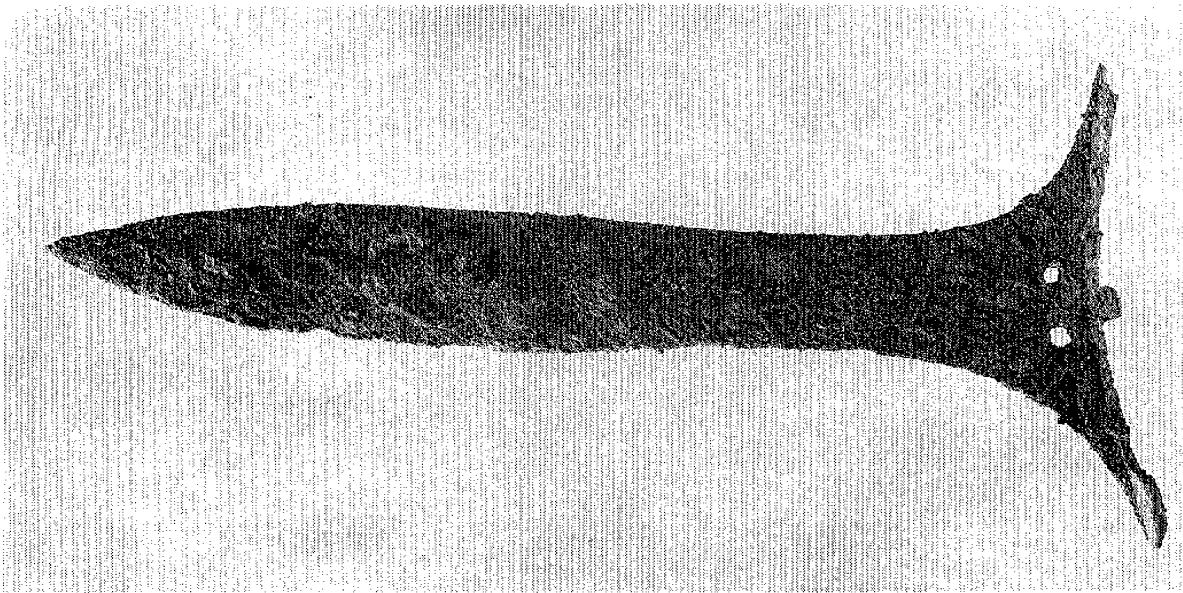


刃 置 後
After treatment

図-8 鉄 剣
Fig. 8 Iron sword

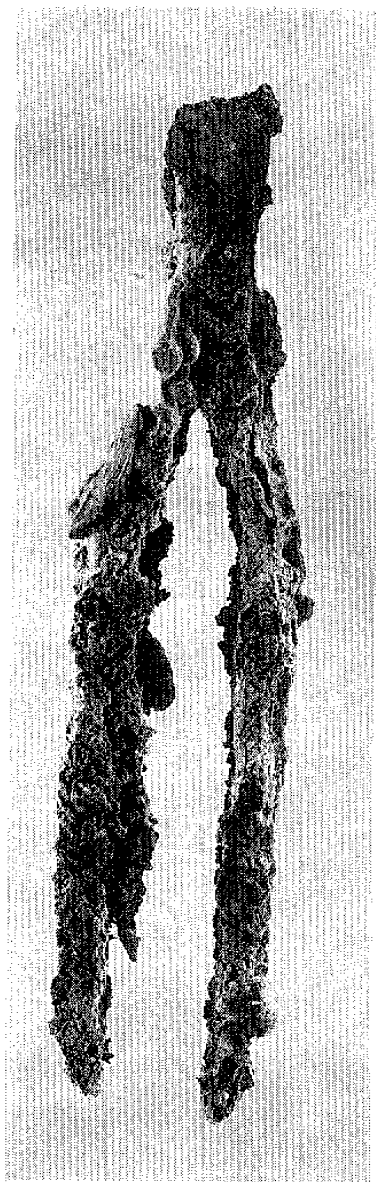


処 置 前
Before Treatment

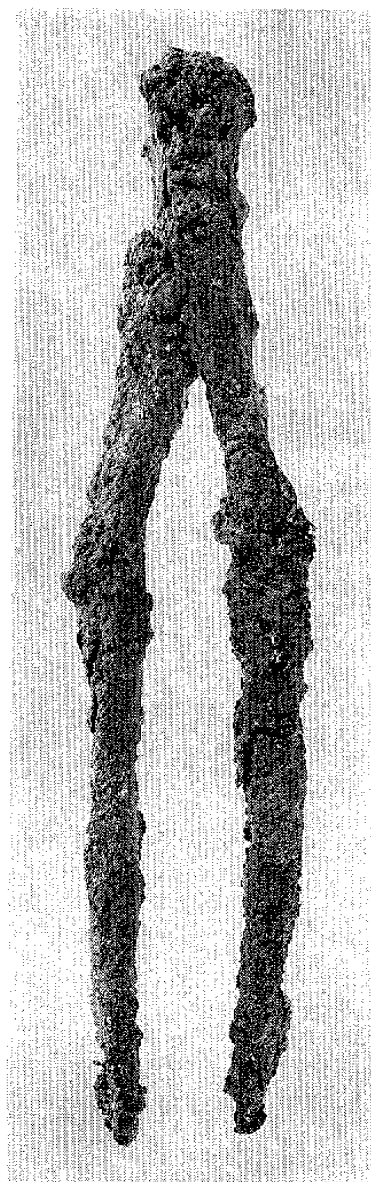


処 置 後
After treatment

図-9 鉄 戈
Fig. 9 Iron halberd

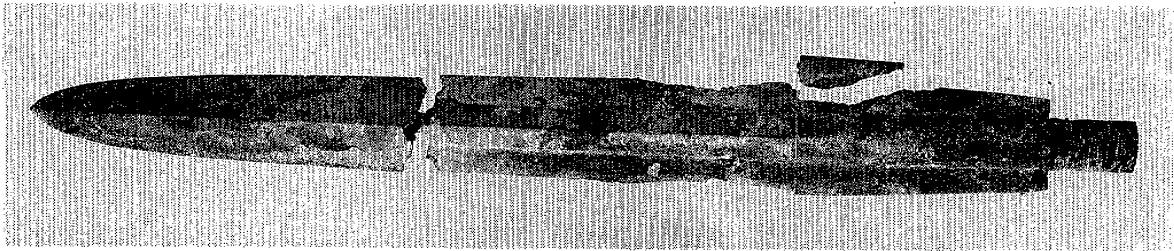


処置前
Before treatment

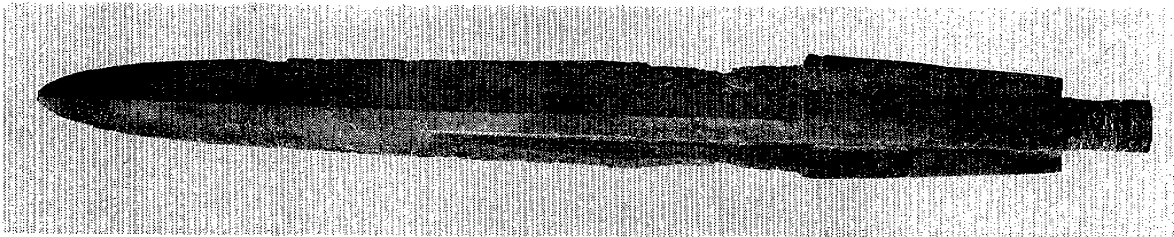


処置後
After treatment

図-10 鉄 鑷 子
Fig. 10 Iron tweezers



刃 置 前
Before treatment

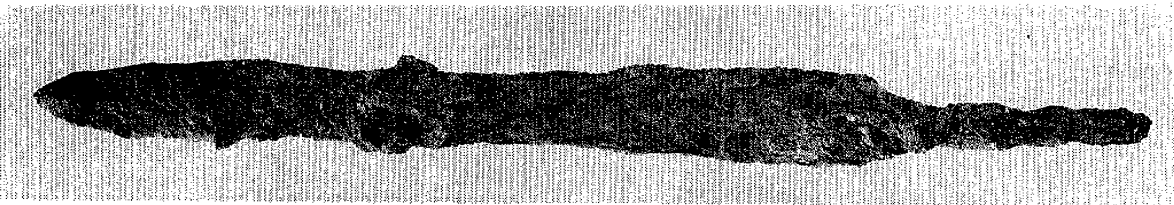


刃 置 後
After treatment

図-11 細形銅劍
Fig. 11 Bronze sword



刃 置 前
Before treatment



刃 置 後
After treatment

図-12 鉄 劍
Fig. 12 Iron sword

Conservation Treatment of Metal Objects Excavated at Mine Site, Fukuoka Prefecture

Shigeo AOKI and Yoshimitsu HIRAO

Conservation treatment was carried out for metal and other objects which were excavated in 1986 from burial-jar tumuli of about first century AD at "Mine" site in Fukuoka prefecture. During the process, scientific examination was applied for the analysis of the objects. Following results were obtained:

1) Glass objects (Fig. 5) contained high lead and barium (Table 1). Lead isotope ratios of the patina of the two glass objects (Table 5) showed the same values, suggesting that the glass objects were made at the same time with the same material. Lead isotope ratios also indicated that the glass material had been brought from China.

2) Two bronze mirrors were found to be made of typical Han-type bronze (Table 2). Lead isotope ratios (Table 6) also showed that these mirrors contained lead from northern China.

3) Whitish-green patina on the bronze mirror (Fig. 6) contained less than 1% chlorine in contrast to more than 40% copper (Table 8). The result suggests that basic copper chloride (Atakamite), which was thought to be the cause of bronze disease, was not a main component of the patina, even though its existence was detected by X-ray diffraction method.

Details of conservation treatment steps taken were as follows:

1) Iron object

- a) Iron objects were cleaned by airbrasive.
- b) The objects were desalted in distilled water by Soxhlet system (Figs. 3 4).
- c) They were treated with organo-functional silane for rust stabilization
- d) They were impregnated with an acrylic resin emulsion (Primal MV-1) under reduced pressure for consolidation.
- e) They were restored by assembling the fragments using nitrocellulose resin and epoxy resin adhesive.

2) Bronze objects

- a) Bronze objects were cleaned by a soft glass-fiber, a bamboo spatula and ultrasonic scalpel.
- b) The objects were desalted in distilled water by Soxhlet system.
- c) They were immersed in a 3% ethylalcohol solution of benzotriazole for stabilization.
- d) They were impregnated with an acrylic resin solution (Incralac) under reduced pressure for consolidation.

- e) They were restored by assembling fragments using alpha-cyano acrylate resin and epoxy resin adhesive.