

## 6 漆器の化学分析および薄片作成

（株）第四紀地質研究所 井上 巖

## 1 実験条件

## (1) 平成2年度

日本電子製JDX-8020 X線回折装置を用いた。条件は下記のとおりである。Target: Cu, Filter: Ni, Voltage: 40kV, Current: 30mA, ステップ角度: 0.02°, 計数時間: 0.5SEC。

## (2) 平成3年度

実験は日本電子製エネルギー分散型X線分析装置(BEI)を使用した。

実験条件は加速電圧: 15kV, 照射電流: 0.15mA, WD: 20mm, INS: 17mmで行った。

各々の漆器に外側2箇所、内側2箇所に対して分析を行った。

分析は倍率200倍におけるCRTに映し出された面に対して行った。

電子顕微鏡写真は通常のSEM(反射電子像)ではなくBEI(2次元電子像)で撮影したものである。倍率は×35と×200である。

分析は、Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Hg, Pbの14元素を分析指定元素として分析を行った。

漆器の塗膜層の分析は実体顕微鏡で行った。各漆器の外側と内側のサンプルを顕微鏡用のスライドガラスにエポキシ系の樹脂で埋め込み、表面をダイヤモンドカッターで切断し、研磨材の上で表面を研磨して、薄片を作成した。

各サンプルについては10倍、20倍、30倍の倍率で写真撮影を行った。

各漆器については外側と内側の2箇所を分析した。各漆器の塗膜層については漆器写真、顕微鏡写真(×10, ×20, ×30)を1枚の台紙に張りつけ、塗膜層の検討を行った。

塗膜層については、木部の木地を木胎、これを被覆する渋地は炭粉を混ぜたものについては炭粉渋地、炭粉を含まないものについては渋地、あるいは、木粉を含むものは木粉渋地とし、これを被覆する漆層は漆とした。漆が2層に分かれているものは2層、研ぎとした。研ぎについては確認はない。

## (3) 平成4年度

日本電子製エネルギー分散型X線分析装置JED-2000で行なった。実験条件は電圧: 15kV, 電流: 0.15mA, 作動距離: 20mm, 挿入距離: 17mm, 倍率: 200倍で行なった。

漆器の外側と内側の両方を分析し、色の成分の違いを検討した。また漆器の断面を薄片にし、実体顕微鏡で、漆の塗布状況を分析した。

塗膜層については、木部の木地を木胎、これを被覆する渋地は炭粉を混ぜたものについては炭粉渋地、炭粉を含まないものは渋地、あるいは木粉を含むものは木粉渋地とし、これを被覆する漆層は漆とした。漆が2層に分かれているものは研ぎとした。研ぎについては確認はない。断面写真は10倍と30倍で撮影した。

## (4) 平成5年度

実験は日本電子製2001型エネルギー分散型X線分析装置(EDS)を使って行った。分析は5400-LV型電子顕微鏡で分析位置を特定し、加速電圧: 15kV, 倍率: 200倍、分析法: スプリント法で行っ

た。

## 2 分析結果

### (1) 平成2年度

1はHgOが38~42%、SO<sub>2</sub>が25~29%の範囲にあり、明らかにHgO(辰砂)の組成を反映している。赤色の発色はこれによるものであろう。またFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>も14~16%と比較的高い値を示している。

2は黒色の漆で、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は63~74%に達する。黒色は鉄によるものだろう。

3は1と同様に辰砂によることがわかる。

電子顕微鏡による観察では、木地と下塗漆と上塗漆の3層にわかれる。

### (2) 平成3年度

実験の結果から明らかなように、水銀(Hg)を含む漆は全体に厚く塗られ、良質である。ベンガラ(Fe)を含むものでも厚く漆が塗られているものは良質である。これら2タイプのものはあるときには2層に分かれ、研ぎが認められるものが含まれる。

外側はベンガラ(Fe)を含む漆が塗られているが、内側には水銀(Hg)を含む漆が使われているものが認められる。

外側、内側ともにベンガラ(Fe)あるいは黒色の鉄(Fe)を含むものは漆が薄く、脆いのが特徴である。

化学分析結果に基づいて、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>図、HgO-SiO<sub>2</sub>図、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-HgO図を作成した。

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>図に示すように、IとIIの2つのグループに分けられる。IグループはFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が0~45%、SiO<sub>2</sub>が0~12%の領域に分布するもので、これらは水銀を含む漆である。これに対してIIグループは、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が50~90%、SiO<sub>2</sub>が0~12%の範囲にあるもので、ベンガラを主体とする鉄を含むものがこの領域に分布している。

HgO-SiO<sub>2</sub>では、水銀を含む漆はIグループに集中し、他のものはほとんど水銀を含んでいない。Iグループに属するものは、4・12・13・14・16というように、内外面が水銀を含む漆で構成されている。

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-HgOでは、水銀を含む漆はIグループ、ベンガラなどの鉄を主体とするグループはIIグループに集中する。IグループはFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が0~35%、HgOが30~55%の領域に分布し、水銀を含む漆の中にベンガラなどの鉄を混入していることが特徴的である。IIグループのベンガラを主体とする鉄を含む漆には、水銀は含まれておらず、鉄のみで構成されているのが特徴である。

実体顕微鏡と電子顕微鏡による漆の塗膜層の分析では、漆を厚く塗った良質のもの、漆が薄く、脆いものが認められた。厚く良質なものは赤褐色をし、水銀で発色しているものが多く、一部にはベンガラを含む漆で、厚く良質なものも認められた。漆を厚く塗ったものの中には2層に分かれ、研ぎがはいつているように見受けられるものが3点認められた。

これらとは対照的に、漆の層が薄く、脆いものはベンガラあるいは黒色の鉄を含む漆が塗られている。

化学分析結果によれば、水銀を含む良質の漆には鉄分が0~35%の範囲に含まれている。これに対して、ベンガラを主体とする鉄を含む漆には水銀は含まれていないのが特徴である。

### (3) 平成4年度

以上の結果から明らかなように、赤褐色を呈し、水銀による発色は24(外側)だけである。25(外側)、120(内側)は黒色を呈し、鉄で発色しているもので、漆が薄く、脆い。27(外側)、122(内側)は漆

が2層に塗布されており、研ぎが入る、良質のものであるが、褐色を呈し、発色はベンガラである。28（外側）、123（内側）は漆も厚く、良質である。褐色を呈し、発色はベンガラである。

漆の塗膜層と漆の発色の分析では、赤褐色を呈するものは水銀によるものであり、褐色を呈するものはベンガラによるものであり、黒色は鉄によるものであることが判明した。塗膜層の構造では漆が厚く塗布され、2層になっているものが1個ある。他は漆層は1層で、鉄による発色のものは漆層も薄く貧弱である。ベンガラによる発色のものは幾分漆層は厚い。

#### (4) 平成5年度

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ -HgO図に示すようにI～Xの10グループに分類された。

Iグループ：褐色で塗膜層の薄い漆で構成される。HgOが50%と高く、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は10%以下と低い。

IIグループ：褐色で塗膜層がやや厚い漆で構成される。HgOは35～45%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は10～20%の範囲にある。

IIIグループ：褐色で塗膜層がやや厚い漆で構成される。HgOは15～25%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は5～15%の範囲にある。

IVグループ：褐色で塗膜層が薄い漆が主体で、黒色で塗膜層が薄い漆、褐色で塗膜層がやや厚い漆などが共存する。HgOは0～15%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は5～15%の範囲にある。品位の低い漆で構成される。

Vグループ：蒔絵、その他などで構成される。HgOは0～5%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が0～15%の範囲にある。

VIグループ：褐色で塗膜層が厚い良質な漆で構成される。HgOは30～40%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が15～35%の範囲にある。

VIIグループ：褐色で塗膜層がやや厚い漆が集中する。HgOは15～20%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が20～30%の範囲にある。黒色で塗膜層の薄い漆、褐色で塗膜層が薄い漆が混在する。

VIIIグループ：黒色で塗膜層が薄い漆が集中する。褐色で塗膜層がやや厚い漆と、やや薄い漆が共存する。HgOは0～10%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が25～40%の範囲にある。品位の低い漆で構成される。

IXグループ：黒色で塗膜層が薄い漆と褐色で塗膜層が薄い漆で構成される。HgOは0～5%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が43～53%の範囲にある。塗膜層が薄く、品位が低い。

Xグループ：褐色で塗膜層がやや厚い漆、褐色で塗膜層が薄い漆が集中する。黒色で塗膜層が薄い漆が共存する。HgOは0～5%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が55～90%の範囲にある。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の値の広がりがあり、2つのグループに分れるかも知れない。

#### 3 まとめ

(1) HgOが30%以上の領域にあるI、II、VIの3グループに属する漆はHgOの含有量が高く、品位が高い。HgOが15～25%の領域にあるIIIとVIIの2グループは褐色で塗膜層がやや厚い漆が集中し、品位も比較的高い。HgOが15%以下の領域にはIV、V、VIII～Xのグループがある。これらのうち、Xグループを除く4グループは塗膜層が薄く、品位が低いものが多い。XグループはHgOの含有量は小さいが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の含有量が高く、品位は比較的高い。

このようにHgOの含有量で、漆の品位が分類できる傾向が認められた。

(2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は20%以下、20～40%、43～53%、55%以上の領域で明瞭に分れる傾向がある。

(3)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -HgOの相関で形成された漆の分類では比較的確に漆の品位を反映しているように見受けられた。

表49 漆器分析資料

外面新番号	旧番号	内面新番号	旧番号	登録番号	出土状況	色(内・外)	文様	年代	備考	分析年度
1	31			1A-1957	7層	赤	無	後期		平成2年度
2	32			1A-2194	土坑293	赤	無	後期		平成2年度
3	33			1A-2285	土坑296	赤	無	後期	板状	平成2年度
4	141-1			1A-166	土坑37	赤	無	江戸		平成3年度
5	143-1	100	144-1	1A-402	土坑67	赤・黒	無	後期		平成3年度
6	145-1	101	146-1	1A-432	溝7上層	赤	無	後期		平成3年度
7	147-1	102	148-1	1A-551	土坑140	赤・黒	無	後期	鉢状	平成3年度
8	149-1	103	150-1	1A-552	土坑140	赤・黒	無	後期		平成3年度
9	151-1	104	152-1	1A-614	上段最下層	赤	無	後期	板状	平成3年度
10	153-1	105	154-1	1A-730	6層	黒	無	後期		平成3年度
11	155-1	106	156-1	1A-1004	6層	黒	無	後期	板状	平成3年度
12	157-1	107	158-1	1A-1261	屋敷1	赤	無	後期	板状	平成3年度
13	159-1	108	160-1	1A-1263	屋敷1	赤	無	後期		平成3年度
14	161-1	109	162-1	1A-1264	屋敷1	赤	無	後期		平成3年度
15	163-1	110	164-1	1A-1876	土坑189	赤	無	後期	板状	平成3年度
16	165-1	111	166-1	1A-1988	谷1中層	赤	無	後期	板状	平成3年度
17	167-1	112	168-1	1A-2114	谷1上層	赤・黒	無	後期		平成3年度
18	169-1	113	170-1	1A-2129	土坑293	黒	無	後期		平成3年度
19	171-1	114	172-1	1A-2339	谷中・上層	黒	無	後期		平成3年度
20	173-1	115	174-1	1A-2582	土坑328	赤・黒	有	後期	板状	平成3年度
21	175-1	116	176-1	1A-2667	溝90上層	黒	有	後期		平成3年度
22	177-1	117	178-1	1A-2718	溝73	黒	有	後期		平成3年度
23	183-1	118	184-1	1B-197	土坑1	赤・黒	有	江戸		平成3年度
24	193-1	119	194-1	1A-1063	北6層	赤	有	後期		平成4年度
25	195-1	120	196-1	2D-451	井戸1	黒	有	前期		平成4年度
26	197-1	121	198-1	2D-453	6・7層	黒	有	後期		平成4年度
27	199-1	122	200-1	1A-2486	5・6a層	赤	有	後期		平成4年度
28	201-1	123	202-1	1A-2750	谷1上層	赤	有	後期		平成4年度
34	93-6			3A-462	8a層	赤	無	前期		平成5年度
35	93-7			3A-496	8a層	赤	有	前期		平成5年度
36	93-8			3A-552	8a層	赤	有	前期		平成5年度
37	93-9			3A-651	8a層	赤	有	前期		平成5年度
38	93-10			3A-676	8層	赤・黒	有	前期		平成5年度
39	93-11	124	11-2	3A-687	8b層	赤	有	前期		平成5年度
40	93-12			3A-701	8b層	赤・黒	無	前期		平成5年度
41	93-13			3A-792	7b層	赤	無	後期		平成5年度
42	93-14	125	14-2	3A-825	8a層	赤	有	前期		平成5年度
43	93-15			3A-870	7b層	赤・黒	有	後期		平成5年度
44	93-16			3A-2691	溝90下層	黒	無	前期		平成5年度
45	93-17			3A-2747	溝68	黒	無	前期		平成5年度
46	93-18			3A-2958	6a層	黒	無	後期		平成5年度
47	93-19	126	19-2	3B-32	池1	赤	無	後期		平成5年度
48	93-20	127	20-2	3B-46	池1東上層	黒	無	後期		平成5年度
49	93-21			3B-55	池1中層	赤	有	後期		平成5年度
50	93-22			3B-66	池1中層	赤	無	後期		平成5年度
51	93-23	128	23-2	3B-88	池1中層	赤・黒	有	後期		平成5年度
52	93-24	129	24-2	3B-93	池1	赤	有	後期		平成5年度
53	93-25			3B-119	池1中層	赤	無	後期		平成5年度
54	93-26	130	26-2	3B-652	8b層	赤	有	前期		平成5年度
55	93-27			3B-1041	8a層	赤・黒	無	前期		平成5年度
56	93-28	131	28-2	3B-1120	土坑34	黒	無	後期		平成5年度
57	93-29			3B-1132	8a層	赤	無	前期		平成5年度
58	93-30			1A-553	土坑140	赤・黒	有	後期		平成5年度
59	93-31	132	31-2	1A-801	溝35	赤	無	後期		平成5年度
60	93-32			1A-1026	土坑140	赤・黒	無	後期		平成5年度
61	93-33	133	33-2	1A-1063	6層	赤・黒	無	後期		平成5年度
62	93-34	134	34-2	1A-1371	屋敷1	赤	無	後期		平成5年度
63	93-35			1A-2344	土坑296	赤・黒	有	後期		平成5年度
64	93-36			1A-2655	屋敷3	赤	無	後期		平成5年度
65	93-37			1A-2719	土坑296	赤・黒	無	後期		平成5年度
66	93-38	135	38-2	3B-1217	溝35	赤	無	前期		平成5年度
67	93-39			3B-1168	溝34	赤	無	前期		平成5年度
68	93-40			3B-1197	6b層	赤・黒	無	前期		平成5年度
69	93-41	136	41-2	3B-1227	5~7層	赤	無	後期		平成5年度



外面新番号	旧番号	内面新番号	旧番号	登録番号	出土状況	色(内・外)	文様	年代	備考	分析年度
70	93-42			3B-1209	溝15	赤	無	前期		平成5年度
71	93-43			3A-3204	溝37上層	赤	有	前期		平成5年度
72	93-44			3A-3197	8 b 層	赤	有	前期		平成5年度
73	93-45			3A-3150	8 c 層	赤	無	前期		平成5年度
74	93-46	137	46-2	3A-552	8 a 層	赤	無	前期		平成5年度
75	93-47			3A-3034	井戸6	赤・?	無	前期		平成5年度
76	93-48			3A-705	溝40	赤・黒	無	前期		平成5年度
77	93-49			3A-764	7層	赤・黒	有	後期		平成5年度
78	93-50			3A-711	溝40	黒?(外)	無	前期		平成5年度
79	93-51			3A-1434	谷1上層	赤・?	?	後期		平成5年度
80	93-52			3B-47	池2上・中層	赤・黒	?	後期		平成5年度
81	93-53	138	53-2	3B-237	8 b 層	赤	有	前期		平成5年度
82	93-54	139	54-2	3B-193	8 a 層	赤	有	前期		平成5年度
83	93-55			3A-433	8 b 層	赤	有	前期		平成5年度
84	93-56	140	56-2	2D-308	井戸1	赤	有	前期		平成5年度
85	93-57			2D-457	6 b 層	赤・黒	有	後期		平成5年度
86	93-58			1A-2508	6 b 層	赤・黒	有	後期		平成5年度
87	93-59			3A-833	8 b 層	赤・黒	有	前期		平成5年度

註

- 1、旧番号は概要報告掲載時の番号。
- 2、登録番号は、遺物登録番号。
- 3、色は詳細な分類を選び、赤色系と黒をそれぞれ赤・黒と表示した。
- 4、年代は前期は豊臣前期、後期は豊臣後期である。
- 5、備考に器種の記載されているもの以外は、基本的に焼である。

表50 平成3年度成果報告

番号	色調	塗膜層	元素
4	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚みあり、良質)	水銀32%、ベンガラ28%
5	黒	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	鉄23%、銅11%、鉛19%
6	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(やや厚、脆い)	ベンガラ85%、鉛2%
7	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ68%、水銀4%、鉛2%
8	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ26%、鉛5%、銅5%
9	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ76%、水銀5%、鉛1%
10	黒	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	鉄38%、銅6%
11	褐色	木胎-木粉塗地-漆(厚く、2層、研ぎ)	ベンガラ35%、鉛3%、銅4%、水銀2%
12	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(やや厚、脆い)	水銀48%、鉄9%、鉛3%
13	赤褐色	木胎-木粉塗地-漆(やや厚く、2層、研ぎ)	水銀41%、鉄15%、鉛2%
14	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ90%、水銀24%、鉛2%
15	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ84%、鉛2%
16	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	水銀52%、鉄1%、鉛4%
17	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、2層、研ぎ)	ベンガラ65%、鉛4%
18	褐色	木胎-木粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ65%、鉛4%
19	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ82%
20	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ79%、鉛1%、銅1%
21	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ77%、鉛3%、銅1%
22	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ65%、鉛2%、銅1%
23	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ10%、鉛3%、銅4%
100	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	水銀50%、鉄6%
101	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(やや厚、脆い)	ベンガラ84%、鉛2%
102	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚みあり、良質)	ベンガラ76%、鉛1%
103	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	水銀32%、鉄10%、鉛2%
104	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ74%、水銀2%、鉛1%
105	黒	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、脆い)	鉄36%、鉛5%、銅2%
106	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、2層、研ぎ)	ベンガラ57%、鉛3%
107	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(やや厚、脆い)	水銀42%、鉄11%、鉛2%
108	赤褐色	木胎-木粉塗地-漆(やや厚く、2層、研ぎ)	水銀35%、鉄19%、鉛2%
109	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ32%、水銀33%、鉛3%
110	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ84%、鉛2%
111	赤褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	水銀52%、鉄3%、鉛3%
112	褐色	木胎-炭粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ70%、鉛2%、銅2%
113	褐色	木胎-木粉塗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ70%、鉛2%、銅1%

番号	色調	塗膜層	元素
114	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ84%、鉛1%、銅1%
115	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ72%、鉛3%
116	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く脆い)	ベンガラ77%、鉛3%、銅1%
117	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ69%、鉛2%、銅1%
118	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ43%、鉛4%、銅1%

表51 平成4年度成果報告

番号	色調	塗膜層	元素
24	赤褐色	木胎-炭粉洗地-漆	水銀51%、鉛22%
25	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く脆い)	鉄33%、鉛29%、水銀9%
26	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄い)	鉄81%
27	褐色	木胎-洗地-漆(2層、研ぎ)	ベンガラ49%、鉛15%
28	褐色	木胎-洗地-漆	ベンガラ59%、鉛7%
119	赤褐色	木胎-炭粉洗地-漆	ベンガラ44%、鉛7%
120	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く脆い)	鉄26%、鉛19%
121	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄い)	鉄54%、水銀14%、鉛11%
122	褐色	木胎-洗地-漆(2層、研ぎ)	ベンガラ78%、鉛14%
123	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、堅固)	ベンガラ75%、鉄7%

表52 平成5年度成果報告

番号	色調	塗膜層	元素
34	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、良質)	水銀22%、ベンガラ8%
35	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ23%、水銀20%
36	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ80%、水銀0.2%
37	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ60%、水銀2%
38	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ36%、水銀2%
39	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ80%
40	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀11%、ベンガラ9%
41	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ67%、水銀4%
42	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀17%、ベンガラ7%
43	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ65%
44	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い、火を受けて炭化)	鉄48%
45	灰褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ28%
46	黒	木胎-炭粉洗地-褐色漆-黒漆(漆2層で良質)	鉄39%
47	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ62%、水銀8%
48	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	鉄9%、水銀9%
49	褐色	木胎-洗地-漆(薄く、脆い)	鉄72%、水銀3%
50	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ63%
51	褐色+黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、やや脆い)	水銀13%、ベンガラ9%
52	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	鉄33%
53	黒	木胎-洗地-漆(薄く、脆い)	鉄28%、水銀4%
54	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ61%、水銀4%
55	暗褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ36%、水銀9%
56	黒	木胎-洗地-漆(やや厚い、火を受けている?)	鉄11%、銅8%
57	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ10%、水銀4%
58	褐色+黒	木胎-炭粉洗地(厚い)-漆(薄く、脆い)	ベンガラ18%、水銀11%
59	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ59%、水銀3%
60	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	鉄62%、銅1%、水銀1%
61	黒	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	鉄50%、水銀3%
62	褐色	木胎-木粉洗地-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ72%、水銀4%
63	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	水銀12%、ベンガラ6%
64	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ59%
65	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ63%、水銀6%
66	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀17%、ベンガラ15%
67	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ11%、水銀11%
68	褐色	木胎-洗地-漆(薄く、脆い)	水銀13%、ベンガラ11%
69	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ4%、水銀1%
70	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀23%、ベンガラ9%銅3%
71	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、脆い)	ベンガラ31%
72	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ32%、水銀8%
73	褐色	(木胎)-洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ47%、水銀5%

番号	色調	塗膜層	元素
74	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀15%、ベンガラ11%
75	褐色	木胎-炭粉洗地-漆地-漆(やや薄く、脆い)	ベンガラ36%、水銀2%
76	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ74%
77	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ96%
78	褐色	木胎-洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ79%、水銀3%
79	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ79%、水銀4%
80	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄いが良質)	ベンガラ45%、水銀3%
81	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、良質)	水銀12%、ベンガラ4%
82	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ26%、水銀18%
83	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ24%、水銀22%
84	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ24%、水銀18%
85	黒	木胎-洗地-漆(薄く、脆い)	鉄76%
86	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ76%、水銀6%
87	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ11%
124	褐色	木胎-洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ81%
125	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀29%
126	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ72%
127	黒色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	水銀11%
128	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ18%
129	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ33%
130	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ51%
131	黒	木胎-炭粉洗地-漆(やや厚く、炭化)	鉄13%
132	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ30%、水銀14%
133	褐色	木胎-炭粉洗地-漆(薄く、脆い)	ベンガラ29%、水銀19%
134	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ57%
135	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ23%、水銀8%
136	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀11%
137	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	水銀16%、ベンガラ12%
138	褐色	木胎-炭粉洗地-洗地-漆(厚く、良質)	ベンガラ10%、水銀7%
139	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ29%
140	褐色	木胎-洗地-漆(やや厚く、良質)	ベンガラ27%、水銀15%

表53 化学分析表(漆-外側)

No.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO	HgO	PbO	SO <sub>3</sub>	備考	
1	0.00	0.26	5.07	11.34	0.15	1.68	0.27	0.12	14.64	0.00	0.20	0.00	38.20	2.32	25.75	褐、やや厚、良質	
2	0.00	0.23	3.49	11.41	0.20	3.19	0.25	0.67	63.09	0.00	0.58	0.00	0.00	1.65	15.23	黒、やや厚、良質	
3	0.00	0.48	0.45	2.72	0.13	5.00	0.25	0.28	3.11	0.00	0.67	0.00	49.56	1.83	35.51	褐、やや厚、良質	
4	0.05	0.25	1.04	2.62	0.43	0.00	0.08	0.32	27.77	0.00	0.38	0.00	0.00	32.55	3.09	31.41	褐、厚、良質
5	0.14	2.14	3.86	6.93	0.17	6.75	0.42	1.05	23.27	0.00	10.84	0.00	0.00	7.62	36.80	黒、やや厚、良質	
6	0.38	0.12	0.53	1.11	0.00	0.03	0.08	1.74	84.91	0.00	0.00	0.00	0.00	1.77	9.32	褐、やや厚、良質	
7	0.17	1.00	2.18	5.04	0.00	0.53	0.00	1.16	68.61	0.00	1.52	0.00	4.08	1.61	13.90	褐、やや厚、良質	
8	2.24	2.50	5.06	6.11	0.00	3.45	2.71	0.29	26.54	0.70	5.20	0.00	0.00	5.33	39.88	褐、やや厚、良質	
9	0.00	0.15	0.88	1.90	0.15	0.00	0.00	1.47	78.93	0.00	0.47	0.00	3.18	1.42	11.45	褐、厚、良質	
10	0.00	0.45	14.84	23.36	0.92	0.67	0.73	0.69	37.49	0.00	4.29	0.00	0.00	0.77	15.78	黒、薄、脆い	
11	3.12	2.85	8.78	7.49	0.50	6.82	2.43	0.98	34.25	0.00	3.77	0.00	1.71	3.15	24.15	褐、厚、良質(研ぎ1層)	
12	0.00	0.15	1.41	7.21	0.04	0.10	0.00	0.00	9.44	0.00	0.27	0.00	48.42	3.06	29.85	褐、薄、脆い	
13	0.10	0.89	2.67	6.74	0.45	0.80	0.21	0.24	15.32	0.00	0.71	0.00	41.14	1.19	29.08	褐、やや厚、良質(研ぎ1層)	
14	0.00	0.29	0.79	2.38	0.12	0.00	0.00	1.41	49.35	0.00	0.30	0.00	23.78	2.25	19.33	褐、やや厚、良質	
15	0.00	0.01	0.67	1.16	0.00	0.11	0.00	1.75	84.45	0.00	0.76	0.00	0.00	1.64	9.44	褐、薄、脆い	
16	0.00	0.09	1.84	4.95	0.11	0.67	0.00	0.41	1.71	0.59	1.06	0.00	52.26	3.96	32.47	褐、薄、脆い	
17	0.51	0.82	1.36	3.07	0.21	0.00	0.00	1.63	82.16	0.00	1.17	0.00	0.00	0.82	8.24	褐、やや厚、良質(研ぎ1層)	
18	1.67	0.89	2.73	5.94	0.00	0.17	0.30	1.00	64.95	0.00	0.97	0.00	0.00	4.01	17.37	褐、厚、良質	
19	0.07	0.59	2.42	6.47	0.22	0.48	0.00	1.65	82.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.65	5.19	黒、薄、脆い	
20	0.00	0.18	2.42	5.43	0.09	0.00	0.00	1.31	79.32	0.00	1.81	0.00	0.00	1.17	8.27	褐、薄、脆い	
21	0.51	0.56	0.91	1.95	0.13	0.11	0.00	1.90	77.45	0.00	1.51	0.00	0.00	2.98	12.02	褐、薄、脆い	
22	0.06	0.47	4.62	9.84	0.28	0.51	0.00	1.39	65.81	0.00	1.25	0.00	0.00	2.68	13.09	褐、薄、脆い	
23	6.44	2.56	12.33	25.51	2.22	8.40	0.00	1.03	9.81	0.00	3.91	0.00	0.00	3.64	24.13	褐、厚、良質	
24	0.16	0.20	2.79	6.33	0.00	5.36	0.00	0.36	8.46	0.44	2.85	0.00	50.73	22.32	0.00	黒、薄、脆い	
25	0.00	0.70	5.26	17.45	1.06	2.21	0.32	2.91	31.52	0.00	0.13	0.10	9.25	29.10	0.00	黒、薄、脆い	
26	0.00	0.28	8.60	4.90	0.16	0.64	0.00	1.39	81.10	0.00	1.28	0.69	0.00	0.95	0.00	黒、薄、脆い	
27	1.67	0.21	8.03	22.97	0.11	0.75	0.00	0.89	48.88	0.00	0.50	0.00	1.38	14.61	0.00	黒、薄、脆い	
28	1.76	0.82	6.77	18.54	0.61	0.23	0.00	1.20	59.38	0.00	0.30	0.18	3.37	6.84	0.00	褐、薄、脆い	

No.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO	HgO	PbO	SO <sub>3</sub>	備考
34	0.32	0.00	8.35	12.31	0.11	0.47	0.17	0.80	8.18		0.56		22.60	0.00	46.14	褐、厚、良質
35	0.09	0.15	7.35	13.94	0.17	1.85	0.21	1.18	20.34		0.00		19.70	0.00	36.02	褐、やや厚、良質
36	0.91	0.22	1.04	0.93	1.23	0.20	0.03	0.63	79.75		0.00		0.19	0.00	14.87	褐、やや厚、良質
37	1.33	0.47	7.35	1.23	1.54	1.10	0.00	0.00	60.10		0.00		2.40	0.00	24.48	褐、やや厚、良質
38	0.64	0.61	11.50	20.44	1.17	0.64	0.43	0.82	36.07		0.37		1.64	0.00	25.67	褐、やや厚、良質
39	1.39	0.04	0.89	1.57	0.00	0.42	0.00	0.11	79.78		0.00		0.00	0.00	15.80	褐、厚、良質
40	0.00	0.92	2.51	6.68	0.00	1.62	0.55	0.00	9.22		0.00		11.41	0.00	67.09	褐、やや厚、良質
41	0.69	0.07	1.17	1.66	0.00	0.21	0.37	0.00	67.36		0.00		4.40	0.00	24.07	褐、やや厚、良質
42	0.79	0.00	3.62	16.82	0.20	0.52	0.56	0.00	7.14		0.05		16.72	0.00	53.58	褐、やや厚、良質
43	0.90	0.00	1.01	0.88	0.00	0.37	0.05	0.00	65.32		0.00		0.00	0.00	31.47	褐、やや厚、良質
44	1.03	0.05	10.01	21.21	2.63	0.24	0.25	0.00	48.48		0.00		0.00	0.00	16.12	黒、薄、脆い(火、炭化)
45	1.20	0.44	17.52	28.43	1.38	2.71	0.37	0.00	28.22		0.21		0.00	0.00	19.51	褐、厚、良質
46	1.43	0.69	13.15	18.72	1.77	1.65	0.64	0.00	38.79		0.02		0.00	0.00	23.14	黒、厚、漆2層+良質
47	0.65	0.12	5.35	7.37	1.14	0.23	0.00	0.00	61.80		0.00		7.55	0.00	16.77	褐、やや厚、良質
48	4.18	2.22	4.65	14.34	1.40	13.05	1.01	0.47	9.23		0.00		9.43	0.00	40.03	黒、厚、脆い
49	1.11	0.00	0.90	3.24	1.14	0.37	0.04	0.00	71.68		0.00		2.72	0.00	19.81	黒、薄、脆い
50	1.31	0.22	5.13	8.41	0.48	1.72	0.12	0.00	63.39		0.00		0.00	0.00	19.22	褐、やや厚、良質
51	0.00	1.22	6.14	8.01	0.11	7.15	0.08	0.79	9.05		0.00		12.58	0.00	54.88	褐+黒、薄、やや脆い
52	1.51	0.02	2.50	2.61	0.09	0.28	0.06	0.00	73.35		0.00		2.98	0.00	16.60	褐、薄、脆い
53	1.10	1.88	13.63	20.06	0.76	15.56	0.46	0.00	28.30		0.00		3.90	0.00	14.35	黒、薄、脆い
54	0.55	0.24	7.69	11.82	0.69	0.17	0.12	0.00	61.02		0.18		3.76	0.00	13.75	褐、やや厚、良質
55	0.43	0.50	5.01	6.52	0.00	2.30	0.24	0.00	35.79		0.00		8.84	0.00	40.38	暗褐、薄、脆い
56	0.00	1.48	31.53	23.62	0.61	19.53	0.37	0.37	11.02		8.37		0.00	0.00	3.10	黒、やや厚、(火、炭化?)
57	0.35	0.80	25.56	45.97	2.18	2.49	0.49	1.53	10.40		0.52		4.25	0.00	5.05	褐、薄、脆い
58	1.32	0.32	5.52	4.12	0.22	4.49	0.64	0.00	18.18		0.00		11.45	0.00	53.75	褐+黒、薄、脆い
59	0.87	0.11	6.78	10.00	0.54	0.67	0.05	0.00	58.76		0.00		2.79	0.00	19.44	褐、やや厚、良質
60	1.88	0.96	5.84	9.38	0.60	2.92	0.22	0.00	62.07		1.48		0.89	0.00	13.74	黒、薄、脆い
61	0.59	1.03	11.09	12.35	0.85	3.31	0.56	0.22	50.05		0.00		3.46	0.00	16.48	黒、薄、脆い
62	0.94	0.13	3.99	7.50	0.66	0.00	0.16	0.00	71.54		0.00		4.01	0.00	10.97	褐、やや厚、良質
63	0.79	0.49	7.34	12.00	0.72	3.24	0.00	0.07	5.58		1.10		12.07	0.00	56.60	褐、薄、脆い
64	0.83	0.00	8.86	16.30	0.72	0.07	0.00	0.00	59.09		0.00		0.00	0.00	14.14	褐、やや厚、良質
65	1.11	0.16	8.98	13.51	0.51	0.27	0.17	0.00	63.12		0.00		5.56	0.00	6.62	褐、薄、脆い
66	0.45	0.11	3.82	10.27	0.61	0.44	0.00	0.46	15.24		1.30		17.27	0.00	50.03	褐、やや厚、良質
67	1.36	0.28	14.28	25.52	2.11	0.71	0.02	0.64	10.75		0.00		10.55	0.00	33.78	褐、薄、脆い
68	0.62	0.51	10.03	16.02	0.62	5.83	0.22	0.00	11.49		0.71		12.58	0.00	41.39	褐、薄、脆い
69	0.01	0.87	29.52	48.02	1.97	0.75	0.53	0.21	4.28		2.12		0.87	0.00	10.85	褐、やや厚、良質
70	0.56	0.31	8.00	9.90	0.25	4.94	0.00	0.49	9.27		2.85		23.12	0.00	40.31	褐、やや厚、良質
71	0.36	0.81	18.45	27.04	1.52	0.39	0.07	0.14	31.34		0.82		0.00	0.00	19.07	褐、やや厚、良質
72	0.54	0.42	10.68	19.15	1.04	0.69	0.24	0.00	32.31		0.00		8.07	0.00	26.84	褐、やや厚、良質
73	0.77	0.12	11.40	17.83	0.97	0.33	0.02	0.00	47.25		0.00		4.84	0.00	16.47	褐、薄、脆い
74	0.89	0.33	4.99	13.54	0.11	0.62	0.08	0.00	10.68		0.17		15.71	0.00	52.86	褐、やや厚、良質
75	0.63	0.47	11.69	24.92	1.44	0.60	0.23	0.00	35.84		0.00		1.51	0.00	22.68	褐、やや厚、良質
76	1.17	0.05	0.59	0.47	0.70	0.25	0.06	0.00	74.21		0.00		0.00	0.00	22.51	褐、やや厚、良質
77	0.14	0.07	4.36	2.41	0.23	0.05	0.00	0.00	86.45		0.00		0.00	0.00	6.29	褐、やや厚、良質
78	0.88	0.00	0.34	0.48	0.00	0.08	0.00	0.00	79.28		0.00		2.84	0.00	16.00	褐、薄、脆い
79	1.62	0.32	1.95	3.82	0.00	0.19	0.15	0.00	78.08		0.00		4.26	0.00	10.62	褐、薄、脆い
80	2.47	0.63	5.33	5.53	0.26	2.87	0.04	0.00	45.45		0.64		3.09	0.00	33.69	褐、薄、良質
81	2.14	0.60	6.72	11.28	1.11	1.61	0.00	0.00	3.97		0.25		12.00	0.00	60.30	褐、厚、良質
82	0.49	0.00	7.36	10.17	0.03	0.34	0.08	0.00	25.74		0.18		17.91	0.00	37.70	褐、やや厚、良質
83	0.00	0.00	7.60	8.11	0.00	0.28	0.33	0.00	24.01		0.00		22.17	0.00	37.51	褐、やや厚、良質
84	0.88	0.00	4.00	9.56	0.19	0.50	0.00	0.00	14.24		0.00		17.99	0.00	41.56	褐、やや厚、良質
85	1.33	0.08	3.95	5.90	0.80	0.22	0.00	0.00	76.35		0.00		0.00	0.00	11.38	黒、薄、脆い
86	1.21	0.02	2.66	4.79	0.08	0.23	0.00	0.00	79.49		0.00		6.24	0.00	5.28	褐、やや厚、良質
87	0.35	1.54	26.00	45.36	1.51	4.29	0.75	0.40	11.31		0.00		0.00	0.13	8.36	褐、厚、良質

表54 化学分析表(漆-内側)

No.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO	HgO	PbO	SO <sub>3</sub>	備考	
100	0.00	0.40	0.90	1.76	0.00	1.09	0.00	0.00	5.67	0.00	0.92	0.00	0.00	48.76	3.32	37.19	褐、薄、脆い
101	0.83	0.00	0.21	0.05	0.11	0.00	0.01	1.68	84.36	0.54	0.86	0.00	0.00	1.71	8.63	褐、薄、脆い	
102	0.00	0.00	4.28	8.74	0.39	0.23	0.27	1.85	76.94	0.00	1.15	0.00	0.00	1.21	4.94	褐、やや厚、良質	
103	0.05	0.72	4.59	11.56	0.38	0.96	0.57	0.00	10.36	0.00	2.18	0.00	32.28	2.17	34.18	褐、薄、脆い	
104	0.00	0.54	4.15	4.63	0.16	0.12	0.00	1.57	76.54	0.00	1.29	0.00	1.42	1.18	8.40	褐、厚、良質	
105	0.43	1.37	7.46	11.10	0.34	1.50	0.00	0.59	36.56	0.00	2.32	0.00	0.00	5.46	32.87	黒、薄、脆い	

No.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO	HgO	PbO	SO <sub>3</sub>	備 考
106	0.00	0.80	5.58	6.72	0.08	5.77	0.73	1.47	57.09	0.00	4.07	0.00	0.72	3.06	12.80	褐、厚、良質 (研ぎ1層)
107	0.00	0.13	3.44	12.26	0.23	0.49	0.00	0.58	11.46	0.00	0.66	0.00	42.40	1.62	26.73	褐、やや厚、良質
108	0.00	0.56	3.68	8.40	0.03	1.19	0.04	0.64	19.23	0.14	1.18	0.00	34.79	2.38	27.74	褐、厚、良質 (研ぎ1層)
109	0.00	0.14	1.17	3.94	0.12	0.16	0.00	0.76	32.38	0.00	0.34	0.00	33.47	3.22	24.30	褐、厚、良質
110	0.07	0.00	0.80	1.56	0.03	0.19	0.13	1.70	84.08	0.00	0.47	0.00	0.08	1.77	9.11	褐、やや厚、良質
111	0.00	0.10	2.01	3.15	0.35	0.12	0.09	0.39	2.66	0.00	1.68	0.00	51.76	2.29	35.41	褐、薄、脆い
112	0.00	0.00	1.70	2.72	0.00	0.04	0.13	2.02	83.31	0.00	0.46	0.00	0.00	2.03	7.61	褐、やや厚、良質
113	1.03	0.84	2.27	9.09	0.00	1.05	0.31	1.56	69.67	0.16	1.52	0.00	0.00	1.93	10.36	褐、薄、脆い
114	0.00	0.53	1.32	3.31	0.00	0.22	0.00	2.02	84.21	0.00	1.12	0.00	0.00	1.10	6.17	褐、薄、脆い
115	0.57	0.00	0.29	1.03	0.36	0.94	0.00	1.57	72.20	0.00	0.58	0.00	0.00	3.40	19.16	褐、やや厚、良質
116	0.27	0.39	0.73	1.60	0.14	0.23	0.00	1.82	77.55	0.00	1.53	0.00	0.00	2.73	13.02	褐、薄、脆い
117	1.30	0.60	3.85	8.05	0.31	0.25	0.06	1.74	69.56	0.00	1.25	0.00	0.00	1.80	11.21	褐、厚、良質
118	0.78	1.17	2.78	14.53	0.04	3.08	0.83	1.19	43.74	0.46	1.43	0.00	0.00	4.53	25.46	褐、厚、良質
119	0.00	0.38	16.66	16.46	1.00	3.56	0.00	0.00	43.76	1.58	5.52	1.76	2.28	7.05	0.00	褐、脆い
120	0.12	0.00	10.84	31.31	1.65	1.43	0.55	2.21	25.85	0.78	1.06	1.76	3.90	18.55	0.00	黒、薄、脆い
121	1.39	0.87	4.36	11.06	0.21	1.12	0.13	0.96	54.93	0.03	0.09	0.00	13.53	11.30	0.00	黒、薄、脆い
122	0.00	0.42	1.19	1.14	0.00	0.30	0.00	1.98	78.32	0.00	0.04	0.00	2.65	13.97	0.00	褐、薄、脆い
123	0.45	0.45	2.43	7.48	0.33	0.00	0.04	1.88	75.37	0.00	0.69	0.38	3.90	6.61	0.00	褐、やや厚、良質
124	0.96	0.07	0.92	1.68	0.08	0.22	0.00	0.40	81.49	0.00	0.00	0.55	0.11	13.53	0.00	褐、厚、良質
125	0.00	0.24	1.81	11.56	0.52	0.73	0.00	0.00	4.61	0.37	0.00	26.76	0.00	51.38	0.00	褐、やや厚、良質
126	0.88	0.07	7.30	12.42	0.43	0.28	0.10	0.00	71.87	0.00	0.00	0.00	0.00	6.65	0.00	褐、やや厚、良質
127	2.76	1.66	6.99	19.57	0.82	7.72	0.00	6.71	6.90	5.04	0.00	10.74	0.00	31.08	0.00	黒、薄、脆い
128	1.98	2.25	8.10	14.20	0.40	16.74	0.00	0.00	18.17	1.91	0.00	0.00	0.00	36.26	0.00	褐、薄、脆い
129	0.74	0.31	9.75	13.58	0.43	3.85	0.60	0.00	33.02	0.00	0.00	0.00	0.00	37.71	0.00	褐、薄、脆い
130	0.72	0.38	13.94	22.29	0.99	0.22	0.29	0.00	50.63	0.00	0.00	0.00	0.00	10.55	0.00	褐、やや厚、良質
131	8.99	0.72	27.64	24.06	7.15	6.44	0.59	0.72	12.97	0.96	0.00	1.35	0.00	8.41	0.00	黒、やや厚、(火、炭化?)
132	1.82	0.00	3.19	5.44	0.00	1.20	0.32	0.10	30.18	0.00	0.00	13.74	0.00	44.00	0.00	褐、やや厚、良質
133	0.60	1.69	7.39	8.43	0.87	4.09	0.14	0.00	28.69	0.04	0.00	18.96	0.00	29.10	0.00	褐、薄、脆い
134	0.76	0.74	10.74	16.29	0.73	0.04	0.33	0.03	57.16	0.00	0.00	1.86	0.00	11.31	0.00	褐、やや厚、良質
135	1.34	0.09	6.52	12.33	1.56	0.51	0.00	0.50	22.99	0.00	0.00	8.21	0.00	45.94	0.00	褐、やや厚、良質
136	0.00	0.92	19.39	26.75	0.47	1.37	0.35	0.00	1.81	4.07	0.00	11.23	0.00	33.64	0.00	褐、やや厚、良質
137	1.08	0.68	5.08	16.52	0.57	1.94	0.44	0.11	11.88	0.00	0.00	16.13	0.00	45.57	0.00	褐、やや厚、良質
138	2.18	0.47	7.29	10.43	0.00	2.49	0.00	1.64	10.32	0.00	0.00	6.82	0.00	58.34	0.00	褐、厚、良質
139	0.44	0.33	12.96	23.32	0.74	0.25	0.32	0.36	29.35	0.00	0.00	1.86	0.00	30.17	0.00	褐、やや厚、良質
140	0.85	0.33	2.28	15.30	0.78	0.83	0.00	0.00	26.76	0.40	0.00	14.65	0.00	37.81	0.00	褐、やや厚、良質

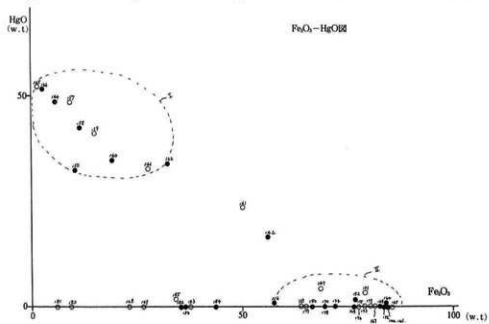
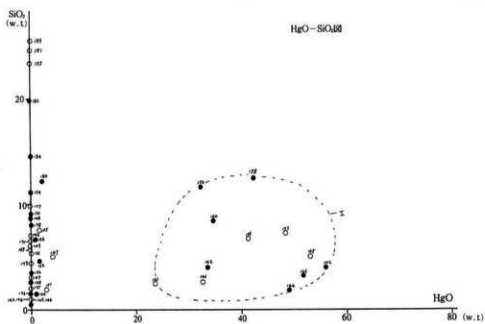
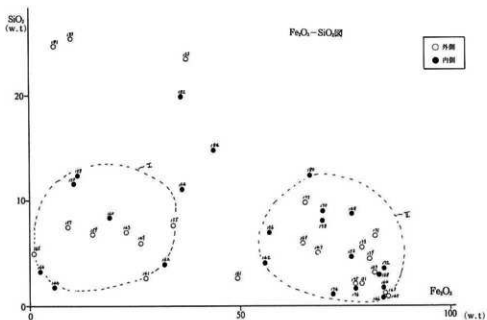


図425 漆器分析グラフ 1

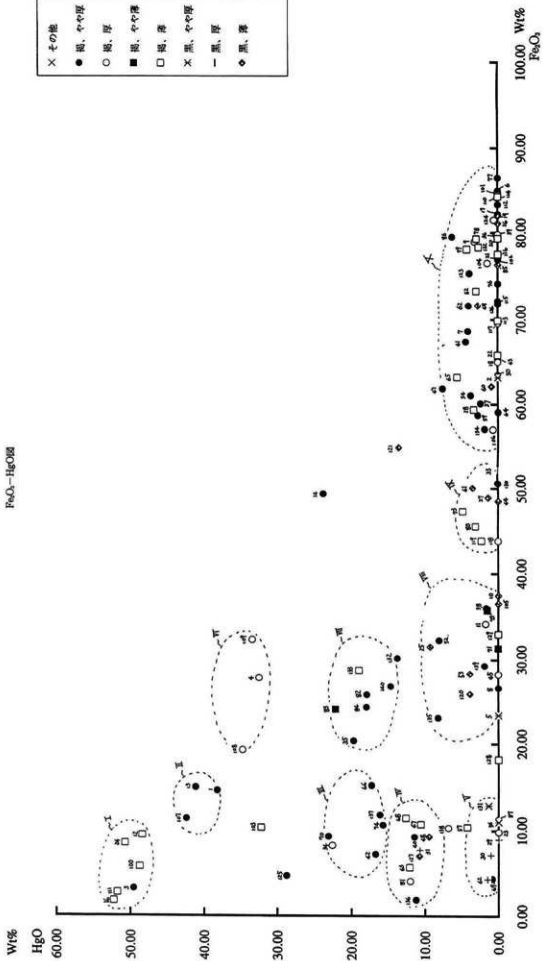
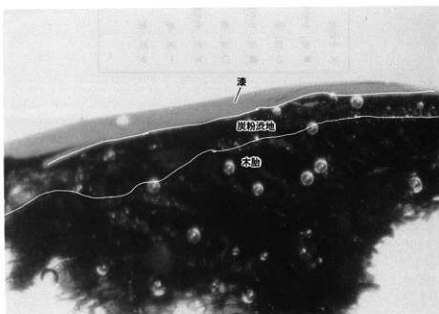


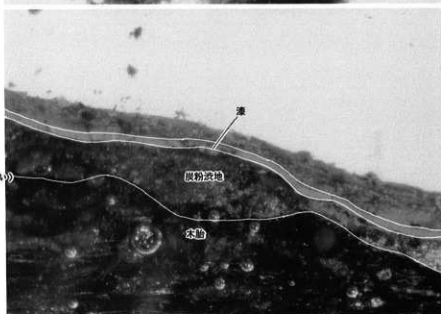
図425 漆器分析グラフ2

写真図版376 漆膜断面顕微鏡写真1

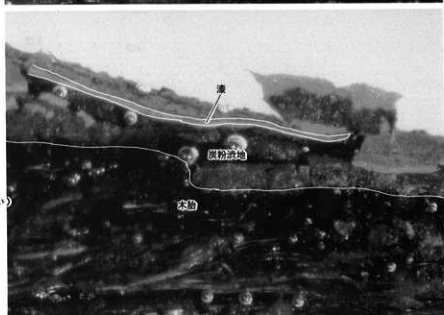
試料番号 100 (内側)  
 形状 塊  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (薄く、脆い)  
 元素 水銀50%、鉛6%



試料番号 6 (外側)  
 形状 塊  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (やや厚いが脆い)  
 元素 ベンガラ85%、鉛2%

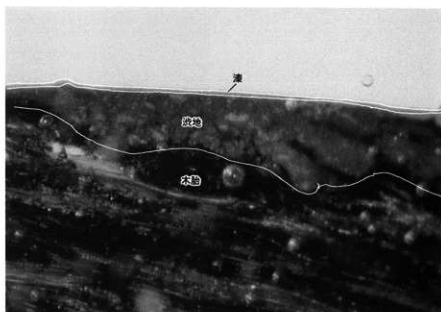


試料番号 101 (内側)  
 形状 塊  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (やや厚いが脆い)  
 元素 ベンガラ84%、鉛2%

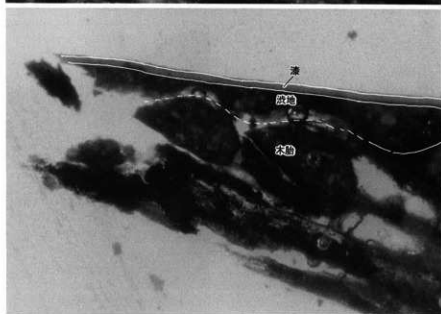




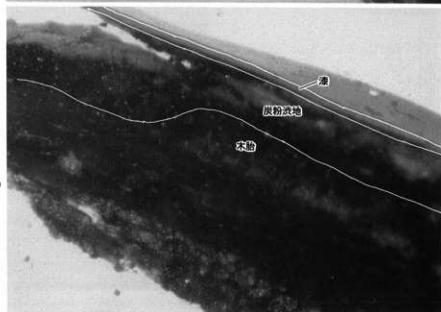
試料番号 7 (外側)  
 形状 絲  
 色調 褐色  
 塗膜層 木粉-渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 ベンガラ68%、水銀4%、鉛2%



試料番号 102 (内側)  
 形状 絲  
 色調 褐色  
 塗膜層 木粉-渋地-漆 (厚く、良質)  
 元素 ベンガラ76%、鉛1%

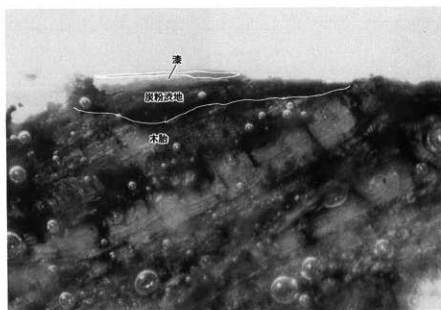


試料番号 8 (外側)  
 形状 襷  
 色調 褐色  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (厚く、良質)  
 元素 ベンガラ26%、鉛5%、銅5%

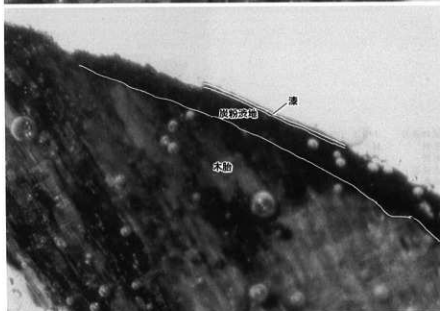


写真図版378 漆膜断面顕微鏡写真3

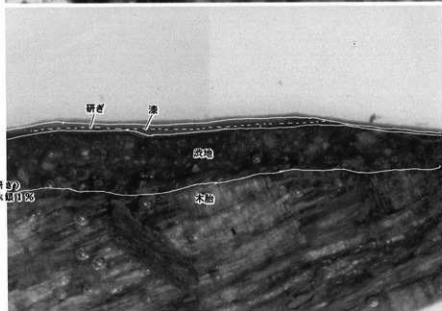
試料番号 10 (外側)  
 形状 板  
 色調 黒  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 鉄3.8%, 銅6%



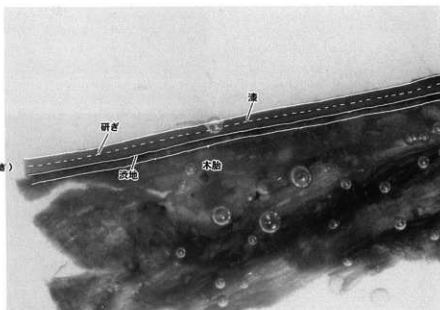
試料番号 105 (内側)  
 形状 板  
 色調 黒  
 塗膜層 木粉-炭粉渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 鉄3.6%, 鉛5%, 銅2%



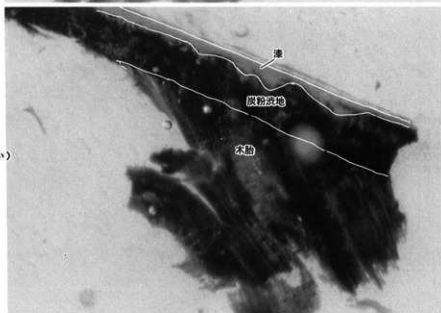
試料番号 11 (外側)  
 形状 板状物  
 色調 褐色  
 塗膜層 木粉-木粉渋地-漆 (厚く、2層、研ぎ)  
 元素 ベンガラ3.4%, 鉛3%, 銅4%, 水銀0.5%



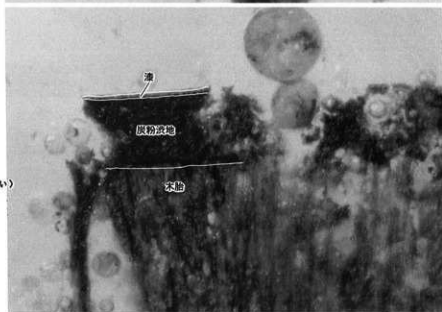
試料番号 106 (内側)  
 形状 板状漆  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-洗地-磨-漆 (厚く、2層、研ぎ)  
 元素 ペンガラ57%、鉛3%



試料番号 12 (外側)  
 形状 板状漆  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉洗地-磨 (やや厚く、靱い)  
 元素 水銀48%、鉄9%、鉛3%



試料番号 107 (内側)  
 形状 板状漆  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉洗地-磨 (やや厚く、靱い)  
 元素 水銀42%、鉄11%、鉛2%

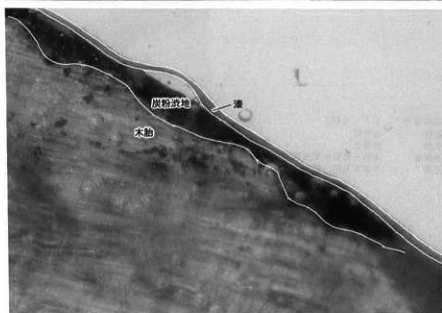


写真図版380 漆膜断面顕微鏡写真5

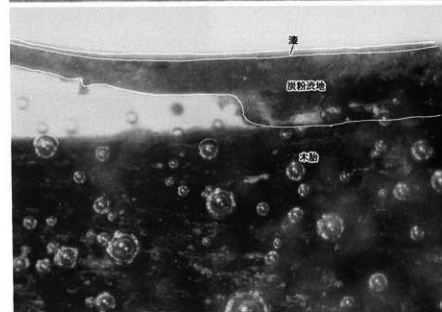
試料番号 109 (内側)  
 形状 圓  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木胎-渋地-漆(厚く、真鍮)  
 元素 水銀33%、ベンガラ32%、鉛3%



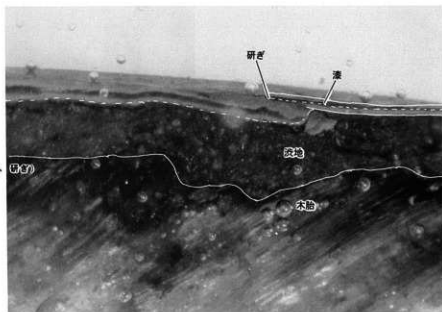
試料番号 15 (外側)  
 形状 板状漆  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉渋地-漆(薄く脆い)  
 元素 ベンガラ84%、鉛2%



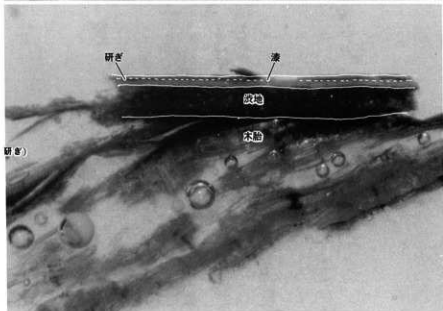
試料番号 110 (内側)  
 形状 板状漆  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉渋地-漆(薄く脆い)  
 元素 ベンガラ84%、鉛2%



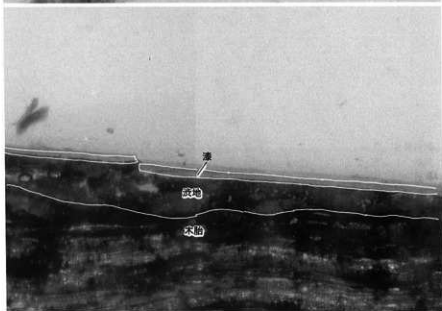
試料番号 13 (外側)  
 形状 鱗  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-木粉漆地一層(やや厚く、2層、研ぎ)  
 元素 水銀4.1%、鉄1.5%、鉛2%



試料番号 108 (内側)  
 形状 鱗  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-木粉漆地一層(やや厚く、2層、研ぎ)  
 元素 水銀3.5%、鉄1.9%、鉛2%

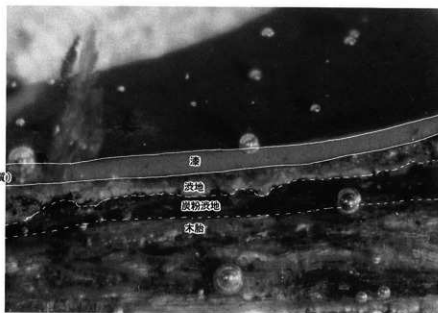


試料番号 14 (外側)  
 形状 鱗  
 色調 赤褐色  
 塗膜層 木粉-漆地一層(やや厚く、良質)  
 元素 ベンガラ6.0%、水銀2.4%、鉛2%



写真図版382 漆膜断面顕微鏡写真7

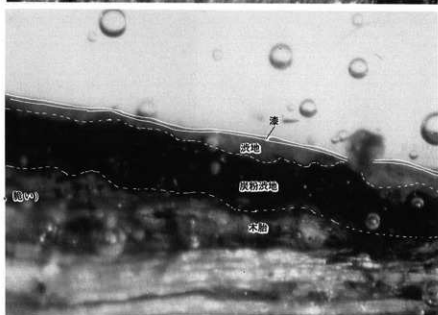
試料番号 45  
 形状 碗  
 色調 灰褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉渋地-渋地-漆(厚く、良質)  
 元素 ベンガラ28%



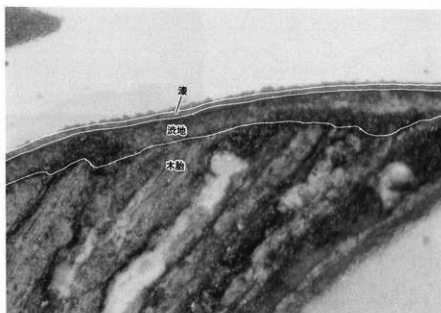
試料番号 46  
 形状 碗  
 色調 黒  
 塗膜層 木胎-炭粉渋地-褐色漆-黒漆(漆2層で良質)  
 元素 鉄3.9%



試料番号 75  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉渋地-渋地-漆(やや厚く、良質)  
 元素 ベンガラ36%、水銀2%



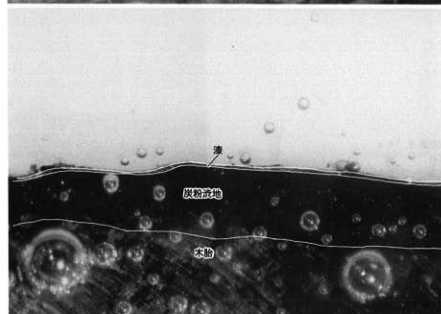
試料番号 112 (内側)  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 ペンガラ70%、鉛2%、銅2%



試料番号 118 (外側)  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-木粉渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 ペンガラ65%、鉛4%

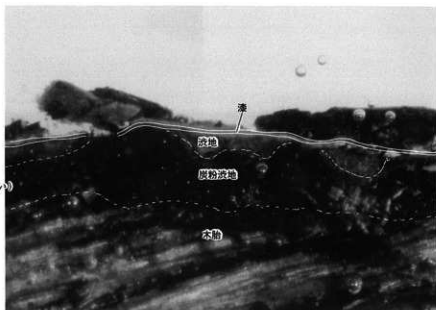


試料番号 113 (内側)  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-木粉渋地-漆 (薄く脆い)  
 元素 ペンガラ70%、鉛2%、銅1%

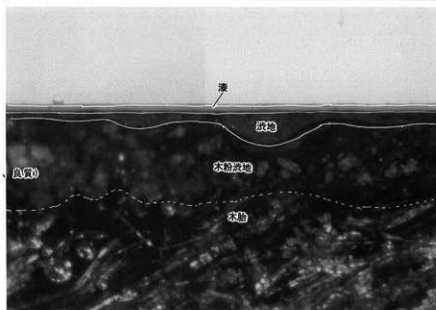


写真図版384 漆膜断面顕微鏡写真9

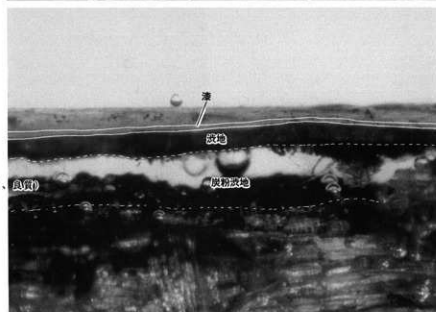
試料番号 57  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉漆地-漆地-漆 (薄く、脆い)  
 元素 ベンガラ10%、水銀4%



試料番号 62  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-木粉漆地-漆地-漆 (やや厚く、  
 元素 ベンガラ72%、水銀4%

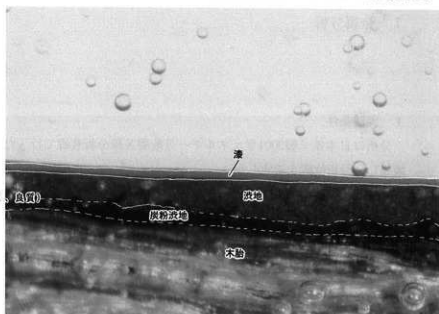


試料番号 64  
 形状 碗  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉漆地-漆地-漆 (やや厚く、  
 元素 ベンガラ59%

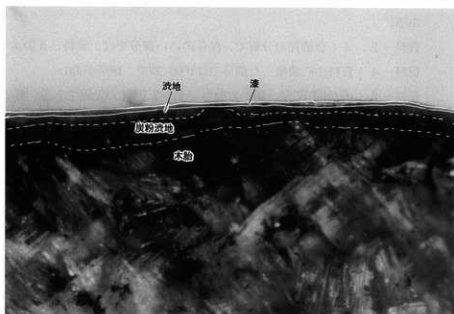




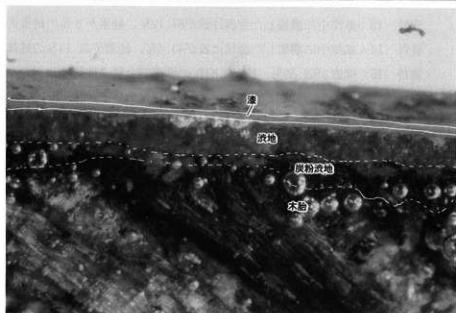
試料番号 50  
 形状 板  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉洗地-洗地-漆 (やや厚く、良質)  
 元素 ベンガラ63%



試料番号 136  
 形状 板  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉洗地-洗地-漆 (やや厚く、良質)  
 元素 水銀11%



試料番号 138  
 形状 板  
 色調 褐色  
 塗膜層 木胎-炭粉洗地-洗地-漆 (厚く、良質)  
 元素 ベンガラ10%、水銀7%



## 7 金属分析

（株）第四紀地質研究所 井上 巖

### 1 実験条件

分析は日本電子製2001型エネルギー分散型X線分析装置で行った。5400-LV型電子顕微鏡で試料を観察し、分析位置を決定した。

実験条件は加速電圧：15KV、倍率：35倍、200倍、分析法：スプリント法で行った。

分析試料は大坂城跡（その4）から出土したトリベ、金箔瓦を含む、鉱滓14個の合計17個を分析した。

### 2 分析結果

表55元素分析表に示すように、大きく分けて5種類がある。トリベの中の金と銀の合金、瓦の金箔、青銅の鉱滓、鉄の鉱滓、金属不明の鉱滓である。

資料-1：トリベの中に付着していた直径1～2mmの金色の金属は金が74.45%、銀が25.55%の合金である。

資料-2、3：金箔瓦の分析で、保存のいい部分では、資料-3のように金が96.85%と高い値を出す。

資料-4：資料中に濃集した部分では100%鉄で、純度が高い。

資料-5：銅が93.65%、錫が3.34%、鉛が2.04%の青銅である。錫と鉛の含有量が低く、美術青銅的な組成である。

資料-6：鉱滓の中に残留する微量な金属部分の分析では銅が98.52%で、錫と鉛を含まない。

資料-7：鉱滓中に濃集した金属は鉄100%である。

資料-8：鉱滓の中に残留する微量な金属部分の分析では銅が97.15%、錫が2.67%、鉛が0.18%の青銅である。組成的には資料-5に近い。

資料-9：鉱滓中に濃集する金属は鉄で、97.7%である。

資料-10：鉱滓はほとんど金属がなく、炉体なのか鉱滓なのか不明である。

資料-11：鉱滓中に濃集した金属は鉄が69.25%、珪素が20.36%の鉄滓である。

資料-12：鉱滓中に濃集した金属は鉄が63.63%、珪素が24.94%の鉄滓である。

資料-13：鉱滓中に濃集した金属は鉄が87.12%、珪素が8%の純度の比較的高い鉄である。

資料-14：鉱滓中に濃集した金属は鉄が43.4%、珪素が44.14%の鉄滓である。

資料-15：珪素が63.85%、鉄が7.84%の鉱滓で金属の種類はわからない。

資料-16：鉱滓中に濃集した金属は鉄が74.58%、珪素が22.75%の比較的高い純度の鉄である。

資料-17：鉱滓中に濃集した金属は鉄が80.24%、珪素が16.21%の純度の比較的高い鉄である。

### 3 まとめ

a、トリベの金属粒は金が74.45%、銀が25.55%の合金で、金箔瓦の金箔の金96.85%、金蒔絵の金が58.51%などの組成とは明らかに異なり、他の目的で作られた合金であろう。

b、他の資料は銅の含有量が97%以上、錫が3%、鉛が2%程含まれ、青銅と判断されるものと、鉄が100%の純鉄、60～80%の鉄の2種類が検出された。

表55 元素分析表

序号	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Cu	Sn	Pb	Au	Ag	Hg	Total	備考
1												74.45	25.55		100.00	埋填付着物
2			10.62	16.19				6.58					66.60		99.99	金箔瓦
3			0.66	1.45				1.03					96.85		99.99	金箔瓦
4								100.00							100.00	鉛、鉄
5				0.75	0.17		0.04		93.65	3.34	2.04				99.99	鉛、青銅
6				1.39	0.03		0.06		98.52	0.00	0.00				100.00	鉛、銅
7								100.00							100.00	鉛、鉄
8									97.15	2.67	0.18				100.00	鉛、青銅
9				2.30				97.70							100.00	鉛、鉄
10	2.28	2.34	21.52	46.08		5.50	1.15	21.13							100.00	鉛、鉄
11	0.71	0.62	4.58	20.36		1.94	2.53	69.25							99.99	鉛、鉄
12	1.58	0.15	5.76	24.94		3.01	0.92	63.63							99.99	鉛、鉄
13	2.41	0.19	1.62	8.00		0.35	0.32	87.12							100.01	鉛、鉄
14			8.69	44.14		3.77		43.40							100.00	鉛、鉄
15			13.09	63.85		15.21		7.84							99.99	鉛、鉄
16			1.96	22.75		0.71		74.58							100.00	鉛、鉄
17			2.82	16.21		0.73		80.24							100.00	鉛、鉄

## 8 大坂城跡出土鍛冶・鑄造関連遺物の金属学的調査

(株)九州テクノロジーサーチ・TACセンター 大澤正己・鈴木瑞穂

### 1 いきさつ

大坂城跡の発掘調査に伴い出土した鍛冶・鑄造関連遺物・鉄製品などの金属学的調査を複数回（平成2～4年度・平成10年度）実施している。金属学的な調査を行ったものは多岐にわたるが、平成2年度は惣構築造期～幕末期の近世全般の鉄滓を、平成3年度は6～7世紀の鉄滓と豊臣期の鉄製品を、平成4年は豊臣前期（1583～1598）に比定される鉄製品・鑄造関連遺物を、平成10年度には6世紀後半から7世紀初頭及び豊臣期に比定される鉄製品・碗形鍛冶滓の調査を行った。これらの結果を併せて報告する運びとなった。

### 2 調査方法

#### 2-1 供試材

表56に示す。平成2年度に鉄滓25点、平成3年度に鉄製品及び鉄滓5点、平成4年度に鉄製品や鑄造関連遺物など14点、平成10年度に鉄製品と出土碗形鍛冶滓32点の調査を行なった。

#### 2-2 調査項目

##### (1) 肉眼観察

遺物の肉眼観察所見。これらの所見をもとに分析試料採取位置を決定する。

##### (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倍もしくは20倍で撮影したものを指す。当調査は、顕微鏡検査によるよりも広い範囲にわたって、組織の分布状態、形状、大きさなどの観察ができる利点がある。

##### (3) 顕微鏡組織

切り出した試料をベークライト樹脂に埋込み、エメリー研磨紙の#150、#240、#320、#600、#1000と順を追って研磨し、最後は被研磨面をダイヤモンド粒子の3 $\mu$ と1 $\mu$ で仕上げて光学顕微鏡観察を行った。なお、金属鉄は3%ないしは5%ナイトル（硝酸アルコール液）で、腐食（Etching）している。

##### (4) ピッカース断面硬度

鉄滓の鉱物組成と、金属鉄の組織同定を目的として、ピッカース断面硬度計（Vickers Hardness Tester）を用いて硬さの測定を行った。試験は鏡面研磨した試料に136°の頂角をもったダイヤモンドを押し込み、その時に生じた窪みの面積をもって、その荷重を除いた商を硬度値としている。試料は顕微鏡用を併用した。

##### (5) CMA（Computer Aided X-Ray Micro Analyzer）調査

E PMA（Electron Probe Micro Analyzer）にコンピューターを内蔵させた新鋭分析機器である。旧式装置は別名X線マイクロアナライザーとも呼ばれる。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。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が可能である。

#### (6) 化学組成分析

供試材の分析は次の方法で実施した。

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

炭素 (C)、硫黄 (S) : 燃焼容量法、燃焼赤外吸収法

二酸化硅素 (SiO<sub>2</sub>)、酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、酸化カルシウム (CaO)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化カリウム (K<sub>2</sub>O)、酸化ナトリウム (Na<sub>2</sub>O)、酸化マンガン (MnO)、二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>)、酸化クロム (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、五酸化磷 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、バナジウム (V)、銅 (Cu) : ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer) 法 : 誘導結合プラズマ発光分光分析。

#### (7) 耐火度

耐火度の加熱に耐える温度とは、熔融現象が進行の途上で軟化変形を起こす状態の温度で表示することを定め、これを耐火度と呼んでいる。試験には三角コーン、つまりゼーゲルコーンが溶倒する温度と比較する方法を用いている。

### 3 調査結果

#### 3-1 平成2年度調査

江戸時代後期～幕末期、大坂夏の陣期 (1615)、三の丸築造期 (1598)、惣構築造期 (1594) と、ほぼ近世全般に亘る時期の大坂城内出土鉄滓を調査して次のことが判明した。

〈1〉鉄滓は、各時期共に鉄器製作に際しての鉄素材成分調整の精錬鍛冶 (大鍛冶的要素をもつ) から、鉄器製作熱処理までの鍛錬鍛冶 (小鍛冶) の作業時に排出された滓であった。

ただし、鉄素材は、荒鉄 (製鉄炉還元直後の還元鉄塊) 使用ではなく、精製された鉄素材や廃棄鉄器の二次転用材の可能性が高い。

〈2〉鍛冶作業では、赤熱鉄素材を鉄床石上で鍛打を加える時に鉄肌から、薄い (10~15 μ) 酸化被膜 (スケール) の鍛造剥片が剥落する。これが鉄滓中の鉄酸化物 (Geothite : α-FeO·OH) に付着して検出された。脱炭剤としての添加までの断定は出来ない。鍛造剥片は、鍛冶作業を実証する重要考古遺物である。

〈3〉各時期の碗形状鉄滓25点を調査した。試料履歴は表56に示す。調査試料の大半は碗形鉄滓で、鍛冶炉の炉底に堆積生成した滓である。

〈4〉写真図版386~389⑤まで江戸時代後期～幕末期の出土碗形滓の顕微鏡組織を示す。鉱物組成は、白色粒状で大きく成長したヴスタイト (Wustite : FeO)<sup>(2)</sup> と淡灰色長柱状結晶のファイヤライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>)、それに僅かの基地の暗黒色ガラス質スラグから構成される。鉄素材の繰り返し折り曲げ鍛接の高温作業で排出された鍛錬鍛冶滓の晶癖である。写真図版386の⑤のファイヤライト主体組織は、碗形滓の底部に当たる位置で観察される組織である。⑥、⑦に示した白色小板状組織が鍛造剥片である。包丁状に成型された鉄素材を赤熱状態に加熱して、鉄器製作の為鍛打を加えると、鉄肌表面から酸化被膜が剥落する。この酸化被膜 (スケール) を鍛造剥片と呼んでいる。鍛冶工房内で、鉄床石を中心とする土壌を採取し、水洗・乾燥・磁選で検出できる。

〈5〉4時期の鉄滓の分析結果を表57に示す。写真図版386の1A-250鉄滓は鉄分が多くガラス質成分は少ない。鍛錬鍛冶滓の特徴をよく呈している。全鉄分 (Total Fe) は54.74%、ガラス質成分

( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) は16.177%となる。

なお、砂鉄系始発製鉄原料のパロメーターとなる二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.10%、バナジウム (V) 0.007%と低目は砂鉄系が否定されそうに見えるが、腐鉄使用の鍛冶においてはこのような傾向が認められる<sup>(3)</sup>。

夏の陣期の1A-1515鉄滓は、鉄分5.4%以下でガラス質成分が87%以上と多い。これは羽口先端から溶解物の可能性をもつ。1A-2015鉄滓は鉄分39%、ガラス質成分44.1%の鍛錬鍛冶滓である。鉱物組成はファイヤライト主体となる。鉄素材の酸化防止に粘土汁の塗布のあった鍛冶滓である。

三の丸築造期、惣構築造期の鉄滓はおしなべて夏の陣期鉄滓に近似する組成であった。

表58に調査結果のまとめを示す。今回調査試料は約250年間の4時期にわたる鍛冶滓である。いずれも脈石成分 (Ti, V, Mn) の値が低く、原料鉄や産地に関する顕著な動向が捉え難い結果であった。これは、鍛冶作業が最終段階の鍛錬鍛冶、いわゆる鉄器製作時の排出滓のためである。製錬→精錬→鍛鉄→腐鉄器鍛錬などの作業の進行により、脈石成分が薄まって情報がとり難くなっている。

### 3-2 平成3年度調査

大坂城跡の谷1の下部層 (6~7世紀) より出土した4点の鉄滓と、井戸4出土で豊臣時代の包丁破片を調査した。

<1> 出土鉄滓は、鉱石系鉄素材の成分調整時排出の精錬鍛冶滓と、鉄器製作時の鍛接高温作業時排出の鍛錬鍛冶滓、更には焼入れ熱処理時の粘土汁使用ガラス質滓等が検出できた。鉄器製作一貫作業の鉄滓と推定される。「韓鍛冶」技術集団との関わり等で注目される。

<2> 豊臣時代の包丁破片は、包丁の芯金相当部と推定される極低炭素鋼 (C: 0.005%前後)。鍛接折り返しを示す酸化鉄 (FeO) 系介在物が認められる。鉄素材は砂鉄系と考えられるが、結論を出すにはCMA (Computer Aided X-Ray Micro Analyzer) 調査が必要である。

#### 調査結果

OUKL-1: 鍛冶炉の炉底で堆積形成した塊形滓。鉱物組成はFayalite ( $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) 主体に少量のWüstite (FeO) を晶出する。Total Fe43.4%、ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 42.51%と多い。 $\text{TiO}_2$ は0.40%、V 0.003%も少ない。Cuは0.009%と多い。磁鉄鉱を始発原料とする鉄素材の成分調整を行った精錬鍛冶滓に分類される。

OUKL-2: 小型塊形滓の欠損品。鉱物組成はWüstite+Fayaliteで鍛錬鍛冶滓の晶癖を示す。Total Fe52.50%、ガラス質成分26.44%、 $\text{TiO}_2$  20.17%、V 0.003%・Cu 0.005%の成分系も鍛錬鍛冶滓となる。(前述の精錬鍛冶滓のOUKL-1に比べてガラス質成分少なく、鉄分は多い。)

OUKL-3: ガラス質小型塊形滓欠損品。鉱物組成はFayaliteに少量のMagnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) を晶出する。Magnetiteの硬度は677Hv、Fayaliteは701Hvであった。鉄分少なくガラス質成分が多い。Total Fe 20.65%、ガラス質成分71.10%、 $\text{TiO}_2$ 20.36%、V 0.003%、Cu 0.012%、刃物等の焼入れ等の熱処理に粘土汁を灌ぐが、これにもとづいて生成された滓である。

OUKL-4：小型扁平碗形。Wüstiteが大きく成長し、その粒間にFayaliteが晶出する。

Total Fe 49.35%と多く、ガラス質成分は34.30%、TiO<sub>2</sub>0.26%、V0.003%、Cu0.004%で鍛錬鍛冶滓であるが、前述した7世紀代の鉄滓とは成分系が異なる。鍛冶に供した鉄素材の産地が異なると推定される。

OUKL-5：包丁の破片。金属鉄が残留し、鋳造時の折返し時の鍛接線が確認できた。鍛接面は、赤熱加熱時に酸化膜が形成され、鍛錬時に残ったものである。介在物組成はWüstite (FeO) である。該品は炭素含有量は少なく純鉄レベルで結晶粒界にはCementite (Fe<sub>3</sub>C) がほとんど認められない。極低炭素鋼に分類される。硬さの測定結果は140Hvであった。包丁は芯金の軟鋼に対して、皮金に高炭素鋼の硬い材質で包まれたと推定される。芯金に軟鋼を使用するのは衝撃性をあげる目的である。今回の調査では皮金部は欠損していて調査することが出来なかった。

### 3-3 平成4年度調査（豊臣前期出土品）

#### OOSA-1 鉄鍋

① 肉眼観察：表面石英粒を含む酸化土砂に覆われた鉄鍋の小破片である。また、木炭も3箇所ほど付着している。錆化が進行しており金属探知器の反応はみられない。更に磁性も弱い。

② マクロ組織：写真図版406に示す。錆化鉄 (Geothite:  $\alpha$ -FeO·OH) となっており、金属鉄は遺存していない。

③ 顕微鏡組織：写真図版395に示す。①に断面全体を示す。片側表層にごく薄く共晶組成 (4.23% C) 白鈔鉄組織痕跡が残存する。白色部はセメントタイト、黒色部はオーステナイトから変化したパーライト、蜂の巣状の部分はセメントタイトとオーステナイトの共晶であるレデブライト組織痕跡である。他の部分はパーライト基地に片状黒鉛が析出するねずみ鈔鉄組織痕跡が確認された。②は表層白鈔鉄組織痕跡、③は断面中央部、④⑤は②と反対側の表層部分の拡大である。

表層片側と他の部分の組織の違いは、鋳造時に鈔型に接触する部分の冷却速度がより速いために生じたものと考えられる。片側のみ白鈔鉄組織が確認されたのは錆化の影響で本来は両表層が白鈔鉄組織であった可能性がある。

#### OOSA-2 鉄釘

① 肉眼観察：完形の鉄釘である。頭部は変形し、先端部にも反りが認められる。頭部側から供試材を採取した。

② マクロ組織：写真図版406に示す。横断面を調査している。表層側に2条と中央から外れた片端で6条程度の不規則な鍛接線を残す。丸鍛えに近い加工である。

③ 顕微鏡組織：写真図版396に示す。①、③～⑤は金属鉄を5%ナイトル (硝酸アルコール液) で腐食 (Etching) して現れた組織である。①大部分がフェライト組織の極低炭素鋼であり、表層側に一部パーライト基地にフェライトが析出する比較的高炭素部分が認められる。極低炭素鋼を鍛打成形した後浸炭処理を施して硬化している。③は表層浸炭部の、④は中央部の拡大である。フェライト結晶粒は細粒となり歪とり焼鈍が施されていた。②には鉄中非金属介在物を示す。介在物中にFe-Ti系結晶の晶出が確認でき、砂鉄を原料とする鉄素材を用いて製作されたことが明らかになった。後のCMA調

査の項で詳述する。

④ ピッカース断面硬度：写真図版396⑤にフェライト組織部分の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は110Hvであった。値は若干硬質に出たが微小結晶粒と時効硬化を配慮すればほぼ妥当であろう。

⑤ CMA調査：写真図版407に鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値を示す。SE（2次電子像）に1の番号をつけた結晶の定量分析値は58.9%FeO-32.1%TiO<sub>2</sub>-5.6%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・TiO<sub>2</sub>）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の混合組成の可能性をもつ。2の番号をつけた個所の定量分析値は65.1%FeO-12.9%TiO<sub>2</sub>-7.6%SiO<sub>2</sub>-9.9%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。これはウルボスピネル系にムライト（Mullite：3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・2SiO<sub>2</sub>）の混合組成に近い鉱物相である。3の番号をつけた結晶は76.6%FeO-14.8%SiO<sub>2</sub>であった。ファイヤライト（Fayalite：2FeO・SiO<sub>2</sub>）系に近い鉱物である。いずれにしても砂鉄特有成分のチタン分を含有していて鉄素材は砂鉄原料を鮮明に表示する。

### OOSA-3 鉄釘

① 肉眼観察：先端部を欠損する鉄釘である。現存先端部側より供試材を採取した。

② マクロ組織：写真図版406に示す。OOSA-2鉄釘と同様横断面の調査である。OOSA-2の金属組織と比較して炭素含有量の多い組織である。前者が極軟鋼に対して、後者は共析鋼に近い材質であった。

③ 顕微鏡組織：写真図版397に示す。①、③～⑤は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織である。①全体がパーライト素地に僅かに初析フェライトが析出する亜共析組織を呈する。一部表層の割れ、及び展伸した非金属介在物の周囲は脱炭されてフェライト（白色部）の量の多い組織を呈している。③は表層脱炭部の、④は中央部の拡大である。②には鉄中非金属介在物を示す。後のCMA調査の項で詳述するが介在物組成は珪酸塩系である。

④ ピッカース断面硬度：写真図版397⑤に金属鉄組織の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は274Hvであった。共析鋼（0.77%C）に近い炭素量なので硬質であり、妥当な値であろう。

⑤ CMA調査：写真図版408に鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値を示す。4の番号をつけた介在物部分の定量分析値は49.8%SiO<sub>2</sub>-11.2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-14.1%CaO-2.2%MgO-5.4%K<sub>2</sub>O-1.7%Na<sub>2</sub>O-11.8%FeO-2.8%TiO<sub>2</sub>であった。珪酸塩系の介在物で、11.8%FeOはファイヤライト（Fayalite：2FeO・SiO<sub>2</sub>）の微小結晶の影響と考えられる。なお2.8%TiO<sub>2</sub>の値が得られたが、特性X線像のチタン（Ti）をみてもごく弱い介在物全体に白色輝点が認められる。やはり砂鉄を原料とする鉄素材を用いて製作された鉄釘といえる。

### OOSA-4 鉄製品（金具）

① 肉眼観察：L字形を呈する棒状の鉄製品である。横断面は長方形で先端側は幅・厚みを減じる。長辺側先端部は欠損。供試材は長辺側先端部より採取した。

② マクロ組織：写真図版406に示す。横断面の調査である。炭素量の異なる異材の鍛接痕跡が明瞭に認められる。

③ 顕微鏡組織：写真図版398・399に示す。写真図版398①・399①に供試材全体の金属組織を示す。含有炭素量の差から大きく3傾向に分類できる。写真上側は微細な酸化物系介在物が分散するフェライ



ト基地にごく微量のパーライトが析出する極低炭素部分 (0.01% C) である。中間部は微細フェライトとパーライトで構成される (0.05% C)。下面中央部分が比較的炭素量の高い部分でフェライトと針状のベニティックパーライトからなる (C: 0.4% 程度)。写真図版399②はその拡大である。写真図版398⑥⑦それぞれ含有炭素量の異なる組織間で鍛接線が認められ、炭素量の異なる異材を合せ鍛えて製作されたと推定される。廃鉄器を鉄素材とした再生品である可能性が考えられる。写真図版398②～⑤は鍛打により展伸した大型の非金属介在物を示す。CMA調査の項で詳述するがチタン系 (Ti) の結晶が多数品出しており、砂鉄を原料とした鉄素材を用いていることが判明した。

④ ピッカース断面硬度：写真図版399③～⑤に硬度測定の変痕を示す。硬度値は③が183Hv、④が219Hv、⑤が197Hvであった。軟鋼レベルの炭素量であって、結晶粒に歪を残し、これに起因して硬質となっている。

⑤ CMA調査：写真図版409・410に鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値を示す。写真図版409のSE (2次電子像) に6の番号をつけた多角形結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti) に白色輝点が集中する。定量分析値は80.5%TiO<sub>2</sub>-7.7%FeO-5.0%MgO-2.4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。ルチル (Rutile: TiO<sub>2</sub>) 系の結晶といえよう。また5の箇所はガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na) に白色輝点が集中して、定量分析値は41.7%SiO<sub>2</sub>-10.3%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-14.5%CaO-2.8%MgO-3.1%K<sub>2</sub>O-14.4%TiO<sub>2</sub>であった。珪酸塩系にチタンを固溶した組成である。

また、写真図版410のSE (2次電子像) に9の番号をつけた多角形結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti) に白色輝点が集中し、定量分析値は56.0%FeO-27.1%TiO<sub>2</sub>であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel: 2FeO・TiO<sub>2</sub>) に同定される。8の番号をつけた多角形結晶の周囲ではガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na) に白色輝点が集中し、定量分析値は40.4%SiO<sub>2</sub>-9.1%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10.7%CaO-2.1%MgO-3.3%K<sub>2</sub>Oであった。珪酸塩系に同定される。なお、25.6%FeOの検出は微細なファイヤライト、もしくは分析面積が狭いので地鉄の影響が現われた可能性をもつ。

## OOSA-5 包丁

① 肉眼観察：薄手で梯形状の小破片である。錆化の進行が著しく、磁性は弱い。

② マクロ組織：写真図版406に示す。大部分が錆化鉄 (Geothite:  $\alpha$ -FeO・OH) となっている。層状の剝離痕跡がみられ鍛造品と判る。なお、僅かに認められる白色部は残存金属鉄である。芯金に位置すると考えられる。

③ 顕微鏡組織：写真図版400①～⑤に示す。①②は錆化鉄中に残存する介在物で鍛打により展伸した。白色粒状結晶はヴスタイト (Wüstite: FeO) である。④⑤は僅かに残存する金属鉄部分で、5% ナイタルで腐食して現れた組織を示す。フェライト基地に微量のパーライトを析出した亜共析組織であった。これも極軟鋼に分類される。

④ ピッカース断面硬度：写真図版400③に金属鉄組織の硬度測定の変痕を示す。硬度値は142Hvであった。組織に対してやや硬質に現われている。風化の影響であろうか。

⑤ CMA調査：写真図版411に錆化鉄中の介在物の特性X線像と定量分析値を示す。SE (2次電子像) に7の番号をつけた箇所の定量分析値は73.9%FeO-23.4%SiO<sub>2</sub>-14.0%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が主要鉱物でアルマンダイト (Almandite: 3FeO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・3SiO<sub>2</sub>) 系であろう。これに4.0%CaO-5.9%K<sub>2</sub>Oを固溶する。チタン (TiO<sub>2</sub>) の検出がなく鉱石系鉄素材が想定される。

## OOSA-6 小柄

① 肉眼観察：先端半丸形。柄元側は袋状を呈し、一部外装がめくれて破損している。刃部は錆化して金属鉄は残存しない。外装に用いられている銅部に金属探知器の反応があるため、めくれ部分から供試材を採取した。

② マクロ組織：写真図版406に示す。厚さ1mm程のごく薄手の銅板であるが、金属銅の遺存は良好であった。

③ 顕微鏡組織：写真図版400⑥～⑧に示す。⑥⑦は自然腐食を受けてかすかに結晶粒界痕跡が確認される。均一な多角形結晶粒（ $\alpha$ 相）の痕跡である。なお粒界に沿って斑点状の亜酸化銅（ $\text{Cu}_2\text{O}$ ）が多数認められる。

④ ピッカース断面硬度：写真図版400⑧に銅素地部分の硬度測定の結果を示す。硬度値は63.6HVであった。

⑤ CMA調査：写真図版412に小柄の外装銅部分の特性X線像を示す。銅（Cu）は全面に強く白色輝点が集中する。また錫（Sn）にも部分的に白色輝点が認められ、少量の錫が添加された青銅製品と判明した。（なお、現代工業用の展伸用青銅の組成範囲はSn4～12%である。）ただしピッカース断面硬度値が63.6HVと軟質であることから、錫はごく少量であったと考えられる。さらに僅かに鉛（Pb）、砒素（As）、硫黄（S）にも僅かに白色輝点が認められる。この微量元素は随伴微量元素であって添加物ではない。

## OOSA-7 埴塙（破片）

① 肉眼観察：内面が溶融して黒色ガラス質化した埴塙底部の小破片である。銅粒が薄く付着している。内面の溶融ガラス質部分を一部供試材とした。

② マクロ組織：写真図版406に供試材全体を示す。被熱により暗黒色ガラス質化している。

③ 顕微鏡組織：写真図版401①～③に示す。ガラス質滓中に微小金属粒の晶出が認められる。

④ CMA調査：写真図版413にガラス質滓中の微小析出物の特性X線像を示す。SE（2次電子像）中央の不定形結晶はチタン（Ti）に強く白色輝点が集中しており、チタン系の結晶と考えられる。また白色環状の晶出物は鉄（Fe）に僅かに白色輝点が認められ錆化鉄粒の可能性のあるもの定かでない。調査の結果銅の確認はできず、チタン系の結晶や鉄粒痕跡の可能性のある晶出物がみられたが、特定できる非鉄金属の検出はなかった。小型埴塙使用であるので鉄以外の金属とみてよからう。

## OOSA-8 埴塙（完形）

① 肉眼観察：小型で完形の埴塙である。底部周辺に銅粒が滓に混じり散在する。滓の色調は青色、一部金、及び紅色を呈する。内面の溶融ガラス質滓と付着銅粒を採取して供試材とした。

② マクロ組織：写真図版406に示す。埴塙内面の付着銅粒は2箇所に分散し、上部は遺存度がよくて下部は風化が著しい。その周囲は付着するガラス質滓がある。

③ 顕微鏡組織：写真図版402に示す。①⑦⑧はマクロ組織の上側に示した付着銅粒である。結晶粒界に沿って自然腐食が進行している。均一な多角形結晶粒（ $\alpha$ 相）の痕跡といえる。④～⑥はマクロ組織の下側に示した付着銅粒である。銅粒の周縁部では結晶粒がやや未凝集の状態ではガラス質滓中に晶出している。全体に金属粒の凝集が弱く、そのために錆化が進行している可能性がある。②③は埴塙内面

の熔融ガラス質滓部分で、多数の白色円弧状析出物や微小金属粒が晶出する。同様の白色円弧状析出物は他の鋳鋼関連遺跡の炉壁片や坩堝熔融物中にも散見される。

④ ビッカース断面硬度：写真図版402⑨に鋼粒の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は46.0Hvであった。錫 (Sn) など添加元素を含まぬ純銅の値である。

⑤ CMA調査：写真図版414に坩堝内面に付着する鋼粒の特性X線像を示す。銅 (Cu) にのみ白色輝点が集中する。このためSE (2次電子像) にみられる粒状の暗色部は亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O) と推定される。錫 (Sn) は検出されなかった。なお僅かに砒素 (As)、磷 (P) に白色輝点が認められた。これらは随伴微量元素である。

また、写真図版415にガラス質滓中の微小析出物の特性X線像を示す。片状析出物は鉄 (Fe)、銅 (Cu) に白色輝点が集中し、Fe-Cu系の化合物である。また粒状の晶出物は銅 (Cu) に白色輝点が強く集中し鋼粒に同定される。なお素地部分は珪素 (Si)、アルミニウム (Al) に白色輝点がみられガラス質であることを示している。

#### OOSA-9 坩堝 (半分)

① 肉眼観察：内面灰黒色を呈する中型の坩堝の約1/2破片である。内面には青色の滓が付着する。胎土は大粒の石英粒を混和しており、裏面は酸化により赤褐色に変色している。炉壁内面付着鋼粒と内面の熔融ガラス質部分を採取して供試材とした。

② マクロ組織：写真図版406に供試材全体を示す。ガラス質滓には細かい気孔がやや密にみられ、大型金属粒1点と微小金属粒の晶出が数点認められる。大型鋼粒は表面やや凹凸のある楕円状である。

③ 顕微鏡組織：写真図版401④～⑧に示す。④⑤白色部は鋼粒、暗黒色部は熔融ガラス質滓で微細な析出物や鋼粒が認められる。⑥はガラス質滓中に多数の鋼粒が晶出する。

④ ビッカース断面硬度：写真図版401⑦⑧に鋼の硬度測定の圧痕を示す。⑦は微細鋼粒で硬度値は59.6Hv、⑧はまとまりのある炉壁内面付着鋼粒で硬度値は55.1Hvであった。両方共に純銅の値であり軟質である。

⑤ CMA調査：写真図版416に熔融ガラス質滓中の鋼粒及び微小析出物の特性X線像を示す。SE (2次電子像) の白色部は銅 (Cu) にのみ強く白色輝点が集中する。ビッカース断面硬度の数値からも純銅と考えられる。また、多角形結晶は鉄 (Fe) に白色輝点が認められた。マグネタイト (Magnetite: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) であろう。素地部分はガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na) に白色輝点が認められる。マグネタイトの一部には鋼粒を付着する結晶も散見された。

#### OOSA-10 坩堝 (破片)

① 肉眼観察：中型坩堝の破片である。内面の被熱・熔融が著しく、底部に鋼粒が付着している。内面表層に付着する銅を採取して供試材とした。

② マクロ組織：写真図版406に示す。金属銅がごく薄く板状にみえるのは底面付着の断面のためである。

③ 顕微鏡組織：写真図版403①～⑤に示す。結晶粒界に沿って自然腐食が進行している。特に表層側の腐食が著しい。樹枝状組織が認められる。α相の痕跡といえる。また粒状の茶褐色部分は亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O) である。

④ ビッカース断面硬度：写真図版403⑤に硬度測定のパ痕を示す。硬度値は74.5Hvであった。風化の影響が現われてやや硬め傾向の値であった。

⑤ CMA調査：写真図版417に増幅内面に付着する銅の特性X線像を示す。銅 (Cu) にのみ強く白色輝点が集中する。錫 (Sn) は検出されず純銅と推定される。SE (2次電子像) の粒状の暗色部は亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O) であろう。なお僅かに砒素 (As)、磷 (P) に白色輝点が認められた。これらは随伴微量元素である。

#### OOSA-11 鉄塊 (鉄鉄)

① 肉眼観察：不定形で扁平な鉄塊である。全体が黒錆に覆われ、表面ごく僅かにガラス質滓の付着が認められる。比重が大きく磁性も強いので、金属鉄が良好に遺存するものと考えられる。

② 顕微鏡組織：写真図版403⑥～⑧に示す。⑥は鉄中非金属介在物を示す。微小粒状介在物はFe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>Pの三元系共晶のステダイト (Steadite) と推定される。⑦⑧は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織である。全面が共晶組成白銹鉄であった。径0.05mm程のごく小さな気孔が僅かに散在するがまとまりのよい鉄塊である。全体に組織が細かいのは冷却速度の速さを反映したものであろうか。

③ ビッカース断面硬度：写真図版403⑧にセメントタイト部分の硬度測定のパ痕を示す。硬度値は782Hvであった。組織に見合った値である。

④ 化学組成分析：表58に示す。鉄分主体で僅かにガラス質分などを含む成分系であった。全鉄分 (Total Fe) 83.84%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 76.73%、酸化第1鉄 (FeO) 2.08%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 4.10%の割合で、ほぼ金属鉄で占められる。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO) は4.33%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) は0.47%であった。これらは表層の汚染物質由来のものであろう。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.01%、バナジウム (V) 0.005%と低値であった。非金属介在物が僅少なために、このように小さい値となっている。なお五酸化磷 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) は0.524%であった。表面の滓の付着など不純物はあまりない鉄鉄塊といえる。これもチタン (Ti) 分の検出はあまりないが砂鉄系鉄塊の可能性をもつ。

#### OOSA-12 鍛冶滓

① 肉眼観察：小型の鍛冶滓片である。色調は灰黒色で、上面は一部流動状を呈する。下面側では気孔が散在する。

② 顕微鏡組織：写真図版404①～③に示す。鉱物組成は灰褐色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO·SiO<sub>2</sub>)、白色樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鉄素材の繰返し折り曲げ鍛接で排出された鍛錬鍛冶滓の晶癖といえよう。赤熱鉄素材の酸化防止に粘土汁を多用した滓と推定される。

#### OOSA-13 炉壁 (溶解炉)

① 肉眼観察：内面が被熱により熔融黒色ガラス質化した溶解炉の炉底部破片と考えられる。黒色ガラス質表面には気孔が密に認められる。胎土部分は被熱により一部赤褐色に変色する。

② 顕微鏡組織：写真図版404④～⑧に示す。④～⑥は黒色ガラス質滓部分の調査である。微小金属鉄粒と片状結晶の晶出が認められる。⑦⑧は木炭の繊維組織に鉄が置換した黒鉛化木炭が付着する。そ

れに接して複数微小金属鉄粒がより集まって晶出する。

③ ビッカース断面硬度：写真図版404④に微小金属鉄粒の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は299Hvであった。当鉄粒が金属鉄が完全に残っていると仮定するならば、セメントタイトを析出していると考えられる。

④ CMA調査：写真図版418に炉壁内面ガラス質滓中の晶出物の特性X線像を示す。SE（2次電子像）中央の粒状晶出物は鉄（Fe）にのみ白色輝点が集まる。金属鉄粒に同定される。また微小析出物は硅酸塩系の結晶と推定されるが、素地のガラス質滓と比較すると特に珪素（Si）、カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）に強く白色輝点が集まる。鉱物相は高温溶融物（1、110℃）のモンティセライト（Monticellite：CaO・MgO・SiO<sub>2</sub>）あたりであろう。

⑤ 化学組成分析：表58に示す。OOSA-13Aは被熱溶融した暗黒色のガラス質滓部分の分析値である。全鉄分（Total Fe）7.54%に対して、金属鉄（Metallic Fe）3.35%、酸化第1鉄（FeO）2.08%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）3.68%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO）80.04%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）4.41%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）0.60%、バナジウム（V）0.008%で、胎土部分もほぼ同様の値を示すことから胎土中の混入砂鉄由来と考えられる。

ガラス質成分が大半を占め、晶出する微小金属鉄粒を反映して若干の鉄分が確認された。鉄粒は胎土中の鉄分由来の可能性もあって一概に鉄の鋳造用に用いられた溶解炉の破片であるとはいきれない。

またOOSA-13Bは炉壁胎土部分の分析値である。強熱減量（lg loss）2.88%と低めで、熱影響をうけて結晶構造水の飛散が進んだ状態での分析である。鉄分（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）5.26%と高く、酸化アルミニウム（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）は17.54%と低めで、やや耐火性に不利な成分系である。自媒剤となる塩基性成分（CaO+MgO）は2.16%であった。

⑥ 耐火度：胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に作り、1分間当たり10℃の速度で温度上昇させ、変化が起ると4℃に昇温速度をおとし、試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度が1325℃であった。この耐火度であれば鋼の溶解炉としては十分に耐えうる材質であろう。

#### OOSA-14 羽口片？（溶解炉）

① 肉眼観察：溶解炉の羽口（中口径）先端部付近の破片と考えられる。外面表層は被熱によりガラス質化して内面は僅かに弧を描く。胎土は赤褐色で石英粒を多く混和する。外面側のガラス質部分を採取して供試材とした。

② マクロ組織：写真図版406に供試材断面を示す。溶融ガラス質化が進んでいる。金属粒も超微細なものしか存在しない。

③ 顕微鏡組織：写真図版405に示す。①暗黒色ガラス質滓中に木炭片や多数の微小金属粒が晶出している。②は木炭の繊維組織の拡大で、中に微小金属粒の晶出が認められる。④非常に微細な金属粒が多数晶出する。③⑤は胎土中に混入した砂鉄粒子である。

④ CMA調査：写真図版419にガラス質滓中の粒状晶出物の特性X線像を示す。鉄（Fe）に強く白色輝点が集まり、鉄粒とわかった。また粒内では磷（P）に弱く白色輝点が集まる。基地ではガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）に白色輝点が集まる。該品が鉄か鋼かのどちらかに特定するために決め手となる情報にこと欠く試料であった。

## 小結

〈1〉出土鉄製品の調査結果、鉄釘（OOSA-2・3）、金具（OOSA-4）の介在物中からチタンが検出された。該期（豊臣前期）の試料であれば、国内の砂鉄を原料とする鉄素材を用いたものと推定される。また、金具（OOSA-4）は炭素量の異なる複数の異材を合せ鍛えした痕跡が明瞭で、廃鉄器を原料としたリサイクル鍛冶製品の可能性をもつ。

各鉄器は極低炭素鋼（C：0.001%前後）から共析鋼（C：0.77%前後）までが充當されている。なお、鉄釘は極低炭素鋼に浸炭処理を施して硬化をはかったものから共析鋼（0.77% C）に近いものの丸鍛えまで存在し、用途に対応した処理技術をもって製作されたことが窺える。

〈2〉鑄造関連遺物のうち、⑦トレンチより出土した埴塙3点（OOSA-8～10）は内面の熔融ガラス質部分から銅粒が確認されて、鑄鋼に使用されたことが明らかになった。銅粒はいずれも軟質傾向を示し、CMA調査においてほぼ純銅に近い成分が得られた。極く微量の砒素（As）、鉛（Pb）を含むがこれは添加物でなくて随伴微量元素であろう。

また⑥トレンチ西より出土した溶解炉の炉底破片（OOSA-13）、羽口片（OOSA-14）はいずれも金属鉄粒の品出のみが確認されている。また⑥トレンチ東出土埴塙の内面熔融ガラス質部分からは銹化鉄痕跡やチタン系の結晶の品出がみられるが、鑄鋼か鑄鉄かを決定することは難しい。今後の研究課題である。鉄塊（OOSA-11）は原料鉄ないしは鑄鉄作業に伴う派生品の可能性も考えられる。

〈3〉鉄滓（OOSA-12）は鉱物組成がファイヤライト（Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）、ヴスタイト（Wüstite:  $\text{FeO}$ ）であり、鉄器製作の際に排出された鍛錬鍛冶滓に分類される。

### 3-4 平成10年度調査（6世紀後半～7世紀初）

分析試料のうち袋状鉄斧（OKS-1）、釘（OKS-21）鏃（OKS-23）については、残存する形状をなるべく保つため、非破壊調査を採用し、試料の表面を研磨して調査面を設ける方法を実施した。そのため上記3試料については写真図版を最後にまとめて提示している。

#### （1）6世紀後半～7世紀初頭出土鉄製品・梘形鍛冶滓

##### OKS-1 袋状鉄斧（非破壊調査）

① 肉眼観察：完形の袋状鉄斧である。縦長で、袋部は刃部より僅かに幅が狭く横断面は楕円形を呈する。袋部の合わせ目は端部が隅丸形のため隙間が生じているが大きなものではない。刃部の側面片側を研磨して調査を実施した。

② マクロ組織：写真図版462に示す。鍛打による展伸した形状の非金属介在物が多数認められる。また、断面に濃淡の差異がみられるのは炭素量の異なる組織層がブロック状に存在し、数種類の炭素量の異なる素材の鍛接がなされていることが推定される。

③ 顕微鏡組織：写真図版464は腐食なしで鉄中非金属介在物を示している。上段の介在物は非晶質珪酸塩系。中・下段では介在物中に粒状結晶ヴスタイト（Wüstite:  $\text{FeO}$ ）が認められる。鉄素材は低溫還元直接製鉄法にもとづく塊煉鉄が原料となる。

また3%ナイタルで腐食して現れた組織を刃先から10、20、30、60mmの位置で観察した。刃先先端から10mm断面ではほぼフェライト組織で、含有炭素量は0.1%以下の極低炭素鋼であった。20～30mm断面ではほぼフェライト主体の組織とフェライト粒界に微量のパライト析出する組織が層状に認められる。

60mm断面では、中央部にパーライト組織中に微細なフェライトが点在する組織が認められる。この個所の含有炭素量は0.6%程度と推定される。これらの状況から本試料は炭素量の異なる異材を合せ鍛えして製作されたと考えられる。

④ ビッカース断面硬度：図439に先端から10、20、30、60mm断面での硬度測定の結果を示す。含有炭素量の多寡を反映して、先端部よりも内部の60mm断面で硬さが高い傾向が認められた。このことから刃先が軟質で、粘り気があり欠損し難いもの、あまり硬い対象物には適さないと考えられる。ただし、該品は最表層は錆化されて、高炭素皮金の有無は不明瞭であって、今後の検討課題は残す。

## OKS-2 紡錘車

① 肉眼観察：軸の両端部が欠損した紡錘車である。全体に錆化が進んでおり、比重が軽く、磁性も弱い。紡錘部の端部を一部供試材に用いた。

② マクロ組織：写真図版444に示す。全体が錆化しており、金属鉄は遺存しない。表層側からの剝離・欠損が進行している。

③ 顕微鏡組織：写真図版420①～⑤に示す。①は非金属介在物が剝落した痕跡である。鍛打により展伸した形状を呈し、鍛造品と判る。②～⑤金属鉄は残存していないが、錆化鉄中に微かにフェライト粒界及び少量のパーライト組織痕跡が確認できた。亜共析組織（0.77%以下）であったと推測される。

④ CMA調査：写真図版448のSE（2次電子像）に示す錆化鉄部分の高速定性分析結果が図426である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、珪素（Si）、燐（P）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版448である。SEに11・12と番号をつけた個所の定量分析値は11が93.0%FeO、12が73.0%FeO-5.2%SiO<sub>2</sub>であった。いずれも錆化が激しくて鉄中の非金属介在物をうまく捉えきっていない。12の番号の5.2%Siは汚染物質の侵入と理解すべきであろう。ただし、該品は高速定性分析でチタン（Ti）検出のあるところから砂鉄系素材の可能性は配慮してよからう。

## OKS-3 円盤状鉄製品

① 肉眼観察：平面楕円状で厚み4mm程の鉄製品である。比重が重く金属探知器のL（●）で反応があり、金属鉄が良好に遺存するものと考えられる。端部から供試材を採取している。

② マクロ組織：写真図版444に示す。全面パーライト・セメンタイト基底に片状黒鉛が析出するねずみ銹鉄であった。

③ 顕微鏡組織：写真図版421に示す。①中央の黄褐色異物は鉄中非金属介在物で硫化鉄（FeS）である。②～⑨は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織で、黒鉛が黒灰色をして長く伸び、基底はパーライトで層状組織が観察されてねずみ銹鉄に分類される。

④ ビッカース断面硬度：写真図版421⑥～⑨に硬度測定の結果を示す。⑥はパーライト部分で硬度値は207Hv、⑦は片状黒鉛部分で硬度値は126Hv、⑧はセメンタイト部で333Hv、⑨はパーライト部分で223Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

⑤ CMA調査：写真図版449のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が図427であった。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、燐（P）、硫黄（S）、酸素（O）である。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版449である。SEに10の番号を

つけた黄褐色異物は硫黄 (S) に白色輝点が集中し、定量分析値は66.2%FeO-39.8%S-12.7%MnO-7.0%TiO<sub>2</sub>-1.9%V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>であった。硫化鉄 (FeS) に同定される。なお、チタン (Ti)、バナジウム (V) など砂鉄特有成分の固溶が認められることから、砂鉄、ないしは含チタン磁鉄鉱を原料とした鉄素材を用いて作られた可能性が考えられる。更に硫化鉄の周辺部分で磷 (P) に強く白色輝点が集中する箇所が認められる。Fe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P三元系共晶のステダイト (Steadite) といえる。該品は鉄中の非金属介在物に硫化鉄 (FeS) を介在し、これにチタン (Ti)、バナジウム (V) を含有するので高温操業の産物と想定される。列島内でもこの時期になると鉄製錬はなされた可能性は充分にありうるが、高温還元の前製鉄品を製造するまでには至っていないものと考えている。そうすると該品は国内産は否定されて大陸からの搬入品の可能性が高い。

#### OKS-4 摘録

- ① 肉眼観察：折返し部の片方のみが残存する摘録破片である。錆化が進んでおり、金属探知器H (○) で反応が安定しない。破面に沿って縦方向に供試材を採取した。
- ② マクロ組織：写真図版444に示す。錆化鉄となっており、金属鉄は遺存しない。層状の剝離痕跡から鍛造品と推定される。また端部が欠損するためとも考えられるが、刃部が明瞭でなく本当に刃部が設けられていたか疑問が残る。
- ③ 顕微鏡組織：写真図版420⑥～⑧に示す。金属鉄は遺存していないが、フェライト粒界及び少量のパーライト組織痕跡が認められる。この箇所の含有炭素量が0.2%程度の軟鋼と推定される。
- ④ CMA調査：写真図版450のSE (2次電子像) 箇所の高速定性分析結果が図428である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、銅 (Cu)、珪素 (Si)、アルミニウム (Al)、酸素 (O) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版450である。SEに24と26の番号をつけた箇所の定量分析値は24が77.2%FeO、26が91.2%FeOであった。素地の錆化鉄である。25の番号をつけた白色粒状部分は銅に白色輝点が強く集中し、定量分析値は147.0%CuO-9.8%FeOである。酸化物定量のためCuOは100%を越える値となっているが銅粒 (Cu) と推定される。  
鉄製品中からこのように銅粒が検出されることはあまり類例がなく、原料鉱物に由来するものか、鉄製品を原料として再生する際に混入したものか、今後の検討を要する問題である。

#### OKS-5 鋸

- ① 肉眼観察：先端・基部を欠損する鋸の身部?である。全体に錆化の進行が著しい。片側端部よりから横方向に試料を採取した。
- ② マクロ組織：写真図版445に示す。錆化による亀裂が進んでいるため、試料採取時に破片となった。錆化が進み金属鉄は遺存していない。3片共に中核部は鬆となる。
- ③ 顕微鏡組織：写真図版422に示す。金属鉄は遺存していないがフェライト粒界とパーライト組織痕跡が多く箇所で確認できた。これらの組織痕跡からは含有炭素量が0.15%程度の軟鋼と推測される。また②③には非金属介在物の痕跡を示す。珪酸塩系の素地中に白色粒状結晶「ヴスタイト (Wüstite : FeO) が多数晶出する。
- ④ CMA調査：写真図版451のSE (2次電子像) に示す非金属介在物の高速定性分析結果が図429である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、珪素 (Si)、硫黄 (S)、酸素 (O)。この高速定性分析



結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版451である。SEに8の番号をつけた白色粒小結晶は鉄(Fe)、酸素(O)に白色輝点が集中し、定量分析値は98.9%FeOであった。ウスタイト(Wüstite: FeO)に同定される。その周囲では珪素(Si)に白色輝点が集中し、珪酸塩系の残渣物と汚染物質が混在する。なお9は素地の銹化鉄部分で定量値は91.4%FeOである。

#### OKS-6 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：ほぼ完形の椀形鍛冶滓である。上面には羽口先端溶融物である黒色ガラス質滓部分が認められる。下面側は径1mm程の気孔が散在し、縁辺部に青灰色の炉床粘土が付着する。

② 顕微鏡組織：写真図版423①～⑤に示す。淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、白色多角形結晶マグネタイト(Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。粘土汁多用の鉄素材で繰返し折り曲げ鍛接で排出された鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版423④⑤に淡灰色木ずれ状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は④が684Hv、⑤が674Hvであった。ファイヤライトの文献硬度値600～700Hvの範囲内でありファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )<sup>(6)</sup>に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。鉄分低くガラス質主体の成分系であった。全鉄分(Total Fe) 9.15%に対して、金属鉄(Metallic Fe) 0.26%、酸化第1鉄(FeO) 4.03%、酸化第2鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 8.23%の割合であった。ガラス質成分( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 84.91%で、このうち塩基性成分( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 3.19%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ ) 0.76%、バナジウム(V) <0.01%など少量含み、また酸化マンガン(MnO) 0.37%、銅(Cu) 0.004%など含有されるので、砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。なお、該品は酸化クロム( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )が0.13%と高めで、かつ、五酸化磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )も0.42%を含み、後述するOKS-13椀形滓の成分系に近似する。

#### OKS-7 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：半円形の平面を呈する、扁平な椀形鍛冶滓の1/2破片である。上面には僅かにガラス質滓の付着が認められる。滓の地の色調は灰色で、破面の気孔はほとんど確認されず、緻密な滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版423⑥～⑧に示す。⑥は白色粒状結晶ウスタイト(Wüstite: FeO)と淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。⑧のように微小白色多角形結晶マグネタイト(Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )晶出が点在する箇所もある。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版423の⑦⑧に淡灰色木ずれ状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。⑦の硬度値は499Hvとかなり軟質の値を示したが測定時の亀裂の影響などによる誤差であろう。また⑧は619Hvであった。両結晶ともファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )と推定される。

④ CMA調査：写真図版452のSE(2次電子像)に示す鉱物相の高速度定性分析結果が図430である。A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、ガラス質成分(Si+Al+Ca+K+Na)、磷(P)、酸素(O)、B-Rankで検出された元素はチタン(Ti)であった。この高速度定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版452である。SEに5の番号をつけた多角形結晶は鉄(Fe)、酸素(O)、チタン(Ti)に白色輝点が集中し、定量分析値88.3%FeO-5.3% $\text{Al}_2\text{O}_3$ -3.7% $\text{TiO}_2$ であった。マグネタイト(Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )に同定される。なお僅かにAl、Tiの固溶が認められる。6の番号をつけ

た淡灰色木ずれ状結晶は鉄 (Fe)、珪素 (Si) に白色輝点が集集中し、定量分析値79.3%FeO-31.3%SiO<sub>2</sub>であった。ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。また7の番号をつけた範囲の定量分析値は51.7%SiO<sub>2</sub>-12.2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2.8%CaO-6.3%K<sub>2</sub>O-28.6%FeOであった。ファイヤライトの微小結晶と素地のガラス質滓の混合組成といえる。

次に、写真図版453のSE (2次電子像) に示す白色粒状結晶を中心とする鉱物相の高速定性分析結果が図431である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、ガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+Na)、磷 (P)、酸素 (O)、B-Rankで検出された元素はチタン (Ti)、カリウム (K) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版453である。SEに1と4の番号をつけた素地部分の定量分析値は1が40.5%SiO<sub>2</sub>-16.3%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-12.5%CaO-2.3%K<sub>2</sub>O-2.8%Na<sub>2</sub>O、4が66.3%SiO<sub>2</sub>-26.3%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-7.2%K<sub>2</sub>Oであった。珪酸塩系の成分であった。2の番号をつけた粒状結晶は鉄 (Fe)、酸素 (O) に白色輝点が集集中して、定量分析値は101.0%FeOであった。ヴスタイト (Wüstite: FeO) に同定される。3の淡灰色木ずれ状結晶は鉄 (Fe)、珪素 (Si) に白色輝点が集集中し、定量分析値は72.6%FeO-31.3%SiO<sub>2</sub>であった。(Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。砂鉄系鉄素材の充当が想定される。

⑤ 化学組成分析: 表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 38.12%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.27%、酸化第1鉄 (FeO) 39.68%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 10.02%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 48.39%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.37%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.26%、バナジウム (V) <0.01%と低値で、酸化マンガ (MnO) 0.08%、銅 (Cu) 0.012%であった。該品も砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛治滓に分類される。

#### OKS-8 梔形鍛治滓 (含鉄)

① 肉眼観察: ほぼ完形の梔形鍛治滓である。上面は平坦気味で、中小の気孔や、木炭痕が散在する。底面は一部突出部が認められる。滓の地は黒灰色、緻密で重量感のある滓である。含鉄部が存在するため金属探知器のL (●) で反応がある。

② マクロ組織: 写真図版445に示す。滓は大部分がマグネタイトとファイヤライトの微小結晶で構成され、局部的にヴスタイトが晶出する。鉄部は板状の小片で、鍛打作業中に滓中に落下したものであろうか。

③ 顕微鏡組織: 写真図版424に示す。①~③は滓部で、①が主要鉱物相で発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>)、微小多角形結晶マグネタイト (Magnetite: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。②③は局部的にみられる白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO) の凝集部分である。④~⑧は含鉄部を示す。④中央は非金属介在物である。後のCMA調査の項で詳述する。⑤~⑧は5%ナイタルで腐食して現れた組織で、パーライト素地に網目状セメントライトが析出する過共析組織であった。組織から含有炭素量は1.3%程度と推定される。該品も鍛錬鍛治滓に分類される。

④ ビッカース断面硬度: 写真図版424⑤にパーライト部分の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は295 Hvであった。組織に見合った値といえる。

⑤ CMA調査: 写真図版454のSE (2次電子像) に示す含鉄部の非金属介在物の高速定性分析結果を図432に示す。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、銅 (Cu)、マンガ (Mn)、珪素 (Si)、磷

(P)、硫黄 (S) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版454である。中央の黄褐色異物はマンガン (Mn)、硫黄 (S) に白色輝点が集中し、定量分析値は63.8%MnO-20.2%FeO-33.6%Sであった。硫化マンガン (MnS) と硫化鉄 (FeS) との混合組成であろう。

また写真図版455のSE (2次電子像) に示す滓部の鉱物相の高速定性分析結果が図433である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na)、磷 (P)、酸素 (O) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版455である。SEに27の番号をつけた多角形結晶は鉄 (Fe)、酸素 (O)、チタン (Ti) に白色輝点が集中し、定量分析値は90.1%FeO-3.2%TiO<sub>2</sub>-1.3%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。マグネタイト (Magnetite: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) に同定される。また僅かにAl、Tiの固溶が認められる。28は淡灰色木ずれ状結晶で鉄 (Fe)、珪素 (Si) に白色輝点が集中し、定量分析値は72.2%FeO-31.9%SiO<sub>2</sub>であった。ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。29の暗黒色ガラスと木ずれ状結晶を含めた範囲での定量分析値は52.5%SiO<sub>2</sub>-9.9%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-4.8%CaO-4.8%K<sub>2</sub>O-28.7%FeOであった。ファイヤライト結晶と珪酸塩系の素地の混合組成といえる。

⑥ 化学組成分析: 表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 43.65%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.16%、酸化第1鉄 (FeO) 20.28%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 39.64%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 38.54%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 2.00%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.25%、バナジウム (V) <0.01%などと共に、酸化マンガン (MnO) を0.14%含有している。砂鉄系鉄素材の鍛冶で排出された滓である。銅 (Cu) は少々高め0.014%であった。

## OKS-9 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察: 平面扇形を呈する椀形鍛冶滓の約1/4破片である。上面は平坦気味で、細かい気孔や木炭痕が散在する。一部ガラス質滓の付着も認められる。破面では中央部に大きな気孔が集中している。裏面は全面に灰白色の鍛冶炉床粘土が付着する。色調は緑灰色を呈し、表面やや風化気味の質感を呈する。

② 顕微鏡組織: 写真図版425に示す。①~②は溶融した滓中に捲込まれた鍛造剝片を示す<sup>(7)</sup>。内層ヴスタイトが非晶質化しており、鍛打工程が進んだ段階での派生物と推定される。

滓の鉱物組成は淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) と少量の白色多角形結晶マグネタイト (Magnetite: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する鍛錬鍛冶滓に分類される。

③ ピッカース断面硬度: 写真図版425⑧⑨に硬度測定の際の圧痕を示す。⑧は淡灰色木ずれ状結晶で硬度値は653Hvであった。ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。⑨は白色多角形結晶硬度値は675Hvとマグネタイトとしては硬質の値を示すが、測定時の亀裂などの影響が考えられる。

④ 化学組成分析: 表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 41.65%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.17%、酸化第1鉄 (FeO) 46.63%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 7.48%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 43.26%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.78%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.32%、バナジウム (V) <0.01%と低値ながら砂鉄系

鉄素材の鍛錬鍛冶滓としての成分傾向を示す。また酸化マンガン (MnO) 0.14%、銅 (Cu) 0.006%であった。この2元素が砂鉄系鉄素材の裏付け成分となる。

#### OKS-10 碗形鍛冶滓

① 肉眼観察：大型で平面楕円状の完形に近い碗形鍛冶滓である。上面は中央が窪む形状で、木炭痕が散在する。下面は緩やかな碗形を呈する。破面は径1~3mm程の気孔が散在するが緻密である。色調は黒灰色で部分的にやや紫がかっている。

② 顕微鏡組織：写真図版426①~⑤に示す。発達した淡灰色盤状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、白色樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版426①に白色樹枝状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は443 Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値の下限を僅かに下回るが、誤差の範囲内といえよう。当結晶はヴスタイトに同定できる。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 45.73%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.38%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 46.41%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 13.26%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 36.23%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 2.10%を含む。二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.26%、バナジウム (V) <0.01%など低値であるが、酸化マンガン (MnO) は0.20%あれば砂鉄系ともとれるが、銅 (Cu) が0.048%と高い数値を示すのは鉱石系鉄素材の可能性も充分にありうる。

#### OKS-11 碗形鍛冶滓

① 肉眼観察：周縁部がやや不規則な凹凸を呈する碗形鍛冶滓である。側面の抉れたような凹部は羽口からの送風によって生じた可能性がある。上面はガラス質部分がひろがる。また砂粒が多量に付着している。2次の付着であろうか。裏面は約1/2の範囲で炉床粘土が固着している。

② 顕微鏡組織：写真図版426⑥~⑧に示す。発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、白色多角形結晶マグネタイト (Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版426⑥に淡灰色木ずれ状結晶硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は696 Hvであった。ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。鉄分低くガラス質の高い成分系であった。全鉄分 (Total Fe) 26.81%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.28%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 26.94%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 7.99%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 63.21%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 2.72%を含む。二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.18%、バナジウム (V) <0.01%、また酸化マンガン (MnO) も0.05%と脈石成分 ( $\text{TiO}_2$ , V, MnO) の低減した値を示し、銅 (Cu) は0.004%であった。粘土汁多用の鍛錬鍛冶滓である。

#### OKS-12 碗形鍛冶滓

① 肉眼観察：平面やや楕円形を呈する完形に近い碗形鍛冶滓である。側面2面の破面は比較的新し

い時期の欠損である可能性が高い。上面は部分的に2次的な土砂の付着が著しい。滓の色調は部分的に緑がかった黒灰色で、全体に風化の進んだ質感を呈する。

② 顕微鏡組織：写真図版427①～③に示す。白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。風化気味の結晶である。鍛錬鍛冶滓の晶癖を呈する。

③ ピッカース断面硬度：写真図版427①に白色粒状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は366Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値を大きく下回るが、風化や測定時の亀裂の影響が考えられる。ヴスタイトといえよう。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 35.88% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.10%、酸化第1鉄 (FeO) 35.21%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 12.03% の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 45.60% で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.41% を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.19%、バナジウム (V) <0.01% と低く、酸化マンガン (MnO) は0.43% と高い。銅 (Cu) は0.011% であった。砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類されよう。

#### OKS-13 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：大型で厚みのある、ほぼ完形の椀形鍛冶滓である。上面は平坦気味で細かい気孔が散在し、中央には幅1.5cm程の大きさの木炭痕が認められる。裏面は滑らかな曲面を呈し、鍛冶炉床粘土が付着する。表面やや風化気味の質感を呈する。

② 顕微鏡組織：写真図版427④～⑥に示す。淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>)、白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO) で構成され、発達したヴスタイト結晶が凝集気味に晶出する個所と、微小樹枝状結晶が晶出する個所が認められた。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ピッカース断面硬度：写真図版427④に白色粒状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は459Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値の範囲内であり、ヴスタイトに同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 42.73% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.17%、酸化第1鉄 (FeO) 46.56%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 9.11% の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 39.84% で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 3.24% を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.22%、バナジウム (V) <0.01%、また酸化マンガン (MnO) 0.27%、銅 (Cu) 0.007% であった。砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。なお、該品はOKS-6 椀形滓に続いて酸化クロム (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) が0.080% と高く、これに加えて五酸化リン (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) も0.44% と近似した成分系となっている。

#### OKS-14 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：表面に酸化土砂が分厚く固着する椀形鍛冶滓片である。1個所須恵器口縁部破片が付着する。2次のな付着である。上面は平坦気味で僅かに気孔が散在する。色調は緑灰色で全体に緻密な滓であるが、表面風化が進行している。

② 顕微鏡組織：写真図版428①～⑤に示す。白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO)、淡灰色盤状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。部分的に

風化が認められる。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版428①に硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は441Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値の下限を僅かに下回るが、誤差の範囲内といえよう。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 49.49% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.08%、酸化第1鉄 (FeO) 42.24%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 23.70%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 30.51%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.28%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.19%、バナジウム (V) <0.01%と低値で、酸化マンガン (MnO) は0.11%、銅 (Cu) は0.016%とやや高めであった。この成分範囲であればやはり砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-15 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：黄褐色の酸化土砂が厚く固着する椀形鍛冶滓である。側面3面は破面。僅かに覗く地の色調は緑灰色を呈し、風化が顕著である。破面では下面側に径1~3mmの気孔がやや密にみられるが、緻密で重量感のある滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版428⑥~⑧に示す。発達した淡灰色盤状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>)、微量の白色微小樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。⑧は滓中の錆化鉄部分である。錆化が進み金属鉄組織痕跡も不明瞭である。これも鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版428⑥に淡灰色盤状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は655 Hvで、ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 34.69% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.14%、酸化第1鉄 (FeO) 26.13%、錆化鉄を若干含有して酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 20.36%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 46.42%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.84%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.30%、バナジウム (V) <0.01%と少量である。酸化マンガン (MnO) は0.12%であり、銅 (Cu) は0.019%とやや高値であるが砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-16 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：やや小型の椀形鍛冶滓である。側面1面が大きく破面。全体に酸化土砂の付着が著しい。僅かに覗く地の部分は表面赤紫色を呈し、破面は緑灰色であった。気孔の少ない緻密な滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版429①・②に示す。発達した淡灰色短柱状結晶ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>)、少量の白色微小樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite: FeO) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版429①に淡灰色短柱状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は691 Hvであった。ファイヤライト (Fayalite: 2FeO・SiO<sub>2</sub>) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 40.04% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.08%、酸化第1鉄 (FeO) 40.77%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 11.82%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 42.54%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 1.04%

を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.27%、バナジウム (V) <0.01%と低値で、酸化マンガ (MnO) も0.09%と低い。また銅 (Cu) は0.024%とやや高い値を示した。鉱石系鉄素材の可能性も無視できない。

#### OKS-17 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：平面はやや楕円形で扁平な形に近い椀形鍛冶滓である。上面は平坦気味で黒色ガラス質部分が認められる。下面は黄褐色の酸化土砂の付着が著しい。破面では径1mm程の細かな気孔が散在するも緻密な滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版429④～⑧に示す。白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ )、淡灰色短柱状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ピッカース断面硬度：写真図版429④に白色粒状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は425Hvとヴスタイトの文献硬度値の下限を僅かに下回るが測定時の亀裂などによる誤差と考えられる。当結晶はヴスタイトに同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 35.70%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.21%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 32.14%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 15.02%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 46.10%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 2.26%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.21%、バナジウム (V) <0.01%、酸化マンガ (MnO) 0.23%、銅 (Cu) が0.029%と若干高値であった。前述したOKS-16椀形滓に近似した成分系であり、鉱石系鉄素材の鍛冶滓に際して排出された滓である。ただし、該品は五酸化燐 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) が0.95%と突出した含有量であり、他の鍛冶滓とも異なる鉄素材の充当が考えられる。

#### OKS-18 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：大型で厚手の完形に近い椀形鍛冶滓である。風化の影響か4片に割れている。上下面ともに細かい木炭痕がみられ、表面はごく粗い質感を呈する。破面では径1～5mm程の気孔が密にみられ、ガスが抜けきっていない質感の滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版430①～⑤に示す。発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、少量の白色微小樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。局部的に②で示すような暗黒色ガラス質滓部分が認められる。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ピッカース断面硬度：写真図版430①に淡灰色木ずれ状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は615Hvであった。ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 40.56%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.07%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 39.38%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 14.13%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 40.24%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 1.13%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.32%、バナジウム (V) <0.01%、また酸化マンガ (MnO) も0.10%と低値で、銅 (Cu) は0.007%であった。砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-19 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：周縁部が欠損するも完形に近い椀形鍛冶滓である。全体に黄褐色の酸化土砂が分厚く固着する。裏面には2次的に奈良時代の土師器杯片が固着する。僅かに覗く地の色調は緑灰色～黒灰色を呈する。緻密で重量感のある滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版430⑥～⑧に示す。発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、白色微小樹枝状結晶ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。また局部的にヴスタイトが成長した粒状結晶を呈する部分がある。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版430⑥に白色粒状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は441Hvと僅かにヴスタイトの文献硬度値の下限を下回るが、測定時の亀裂などによる誤差といえよう。当結晶はヴスタイトに同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 30.77%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.08%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 21.67%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 19.80%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 50.43%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 1.45%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.30%、バナジウム (V) <0.01%、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) は0.07%と低値で、銅 (Cu) は0.012%であった。マンガンが低めであるが砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓の成分系である。

#### OKS-20 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：黄褐色の酸化土砂の付着が著しい椀形鍛冶滓である。側面2面は破面。上面中央が窪む形状を呈する。僅かに覗く地の色調は黒灰色で、上面には微かに木炭痕も認められる。緻密な質感の滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版431①～③に示す。発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )、白色多角形結晶マグネタイト (Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版431①に淡灰色木ずれ状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は635Hvであった。ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 41.99%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.30%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 28.77%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 27.63%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 40.38%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 0.99%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.21%、バナジウム (V) <0.01%と低値で、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) も0.07%と低く、銅 (Cu) は0.005%であった。前述OKS-19椀形滓に準じた成分系の鍛錬鍛冶滓である。

#### 小結

<1> 出土鉄製品の調査の結果、袋状鉄斧 (OKS-1) は複数の異材を合せ鍛えて作製されたものと推定される。なお、先端部の方が基部側より炭素含有量の少ない軟質の組織を呈し、硬い対象物には強度の点で問題のある構造であった。ただし、これらの結論は最表層皮金を無視 (消滅) したところでの所見である。



円盤状鉄製品（OKS-3）はねずみ銻鉄であった。用途の特定は困難であるが、鍛冶原料鉄としての想定もできよう。また、CMA調査の結果介在物からチタン（Ti）、バナジウム（V）が検出され、砂鉄ないしは含チタン磁鉄鉱を始発原料としている可能性が考えられる。朝鮮半島における含チタン磁鉄鉱に関しては、鏡北道茂山郡の茂山鉄山鉱石の二酸化チタン（ $TiO_2$ ）19.6%、バナジウム（V）不明（8）、京畿道漣川郡の漣川鉱石の二酸化チタン（ $TiO_2$ ）20.65%、バナジウム（V）0.28%、酸化ジルコニウム（ $ZrO$ ）、0.01%<sup>(8)</sup>黄海道紅（紅は江の誤植か？）華島、江華島チタン鉄鉱の二酸化チタン（ $TiO_2$ ）15.76%、バナジウム（V）不明などの分析値があるものの未だ調査事例が少ない。更に砂鉄製錬となると15世紀以前の遺跡は未検出である。金属学的調査を通じて特に古い時期の鉄・鉄器生産の実態を検討する際、朝鮮半島各地域の原料鉱石の成分系や製品までの各工程での元素の挙動の特徴を把握していくことが不可欠で、今後の重要な検討課題である。

他の該期の鉄製品はいずれも金属鉄が残存せず、僅かに残る組織痕跡からいずれも軟鋼を用いていると推定される。

〈2〉出土鉄滓はいずれも外観からは鍛冶炉の炉底に堆積形成された碗形鍛冶滓に分類される。化学組成はガラス質分が高い傾向にあり、鉄分は低めの傾向を示す。一方脈石成分（ $TiO_2$ 、V、MnO）は低減した値を示すことから、鉄滓は鍛錬鍛冶滓に分類されて鉄器製作の鍛打工程が主体に行われていた可能性が高いと考えられる。なお碗形滓表面に付着した鍛造剥片からも鍛打工程が行われたことが傍証される。また、銅（Cu）の含有量は0.004~0.048%とばらつきが認められた。銅の分析値が高い傾向のものは、鉱石系（含銅磁鉄鉱など）を始発原料とした鉄素材の加工時の派生物であり、搬入された原料鉄は砂鉄系を含めて成分系の違いを反映していることが指摘できる。

鉱物組成はファイヤライト（Fayalite： $2FeO \cdot SiO_2$ ）主体で、マグネタイト（Magnetite： $Fe_3O_4$ ）が晶出するものと、ヴスタイト（Wüstite： $FeO$ ）が晶出するもの、双方が認められるものがある。ヴスタイトが晶出するものでも、鍛冶滓に普通みられる全体に成長した粒状結晶が晶出するものがない。ファイヤライト（Fayalite： $2FeO \cdot SiO_2$ ）主体の碗形鍛冶滓は多くが古墳時代の鍛冶遺跡で散見される<sup>(10)</sup>。これらの特徴が原料鉄を含めて作業工程・作業温度・鉄器製作技術などの何を反映したものか今後の検討課題である。

## （2）豊臣期出土鉄製品・碗形鍛冶滓

### OKS-21 釘（非破壊調査）

① 肉眼観察：半球形の頭部を持つ大型でほぼ完形の鉄釘である。一部錆化による表層の剥落が認められるが、金属鉄の遺存は良好である。頭部側面を研磨して調査を行なった。

② マクロ組織：頭部断面マクロ組織では左側はフェライトの面積率の大きい低炭素域で、右側は比較的パーライト組織の割合の高い高炭素域である。釘の頭部の造り出しは、熱間において先端を折り込むような加工を施して成形され、この折り曲げが一部脱炭されて低炭素化している。

③ 顕微鏡組織：写真図版469の非金属介在物写真は腐食なしで、鉄中非金属介在物を示す。鍛打により展伸した形状の介在物が層状に認められる。内部に晶出する粒状結晶はヴスタイト（Wüstite： $FeO$ ）である。

また3%ナイトルで腐食して現れた組織を写真図版465~468に示している。ほぼフェライトからなる組織、微細なフェライト・パーライトで構成される組織、パーライト素地に網目状に初析フェライトの

析出する組織が層状に認められる。組織から推定される含有炭素量は0.1%以下から0.7%程度の幅を有しており、炭素量の異なる異材を合わせ鍛えて、頭部は折り返しにより製作したと推定される。

④ ピッカース断面硬度：頭部を中央幅方向・長手方向でそれぞれ硬度分布を測定した。幅方向はほぼパーライト素地に網目状に初析フェライトの析出する高炭素域であったため硬度値の変動が少なく、180Hv前後で推移しており、長手方向での硬度分布ではマクロ組織の白色部に対応する位置で90Hvまでの軟質な値を示した。丸鍛えに近い造りであろう。

#### OKS-22 鋳

① 肉眼観察：やや先端部が開くコの字状を呈する鉄製の鋳である。基部側の横断面は正方形に近い形状を呈し、先端になるに従い幅・厚みを減じる。表面は錆化しており、特に曲がり部や先端は錆化が進んでいる。基部側を一部供試材として採取した。

② マクロ組織：写真図版446に示す。横断面の調査である。極軟鋼の丸鍛えて成形後に浸炭処理を施した痕跡が認められる。中央付近から右側面中央にかけて鍛打により展伸した大型の介在物を捲込んでいる。この介在物に沿って粗大なフェライト粒が生じている。断面上部の黒い箇所が浸炭部で下側の白い内側が地の組織である。表面は浸炭されて炭素量が増し、共析鋼の近い処理がなされていたと考えられるが、現状では最表層は錆化を受けて主に拡散層が残されている。内部の白い箇所はフェライトであって、これが地の組織である。

③ 顕微鏡組織：写真図版432～434に示す。写真図版432はマクロ組織の右側面部の拡大、写真図版433はマクロ組織の左側面部の拡大である。両方ともに上部相当箇所は浸炭されてパーライトが大量に析出し、内部は少量のパーライトとフェライトで構成される。写真図版434①～③は鉄中非金属介在物である。鉱物相に関してはCMA調査の項で詳述するが、砂鉄原料にもとづくウルボスピネルが検出された。

④ ピッカース断面硬度：写真図版434⑤～⑨に炭素量の変動とフェライト結晶粒の大小での硬度測定の結果を示す。⑤はフェライト基地に少量パーライトが析出する箇所硬度値は144Hv、⑥⑧はフェライト単相部分で⑥は普通粒107Hv、⑧は粗大粒で97Hvであった。⑦は粒界フェライトを伴うパーライト組織で硬度値は196Hv、⑨は微細なフェライト・パーライト組織で硬度値は154Hvであった。それぞれ組織に見合った値といえる。

⑤ CMA調査：写真図版456のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が図434である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K）、硫黄（S）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版456である。SEに22の番号をつけた素地部分の定量分析値は49.0% SiO<sub>2</sub>-13.0% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3.3% CaO-2.4% K<sub>2</sub>O-27.9% FeOであった。珪酸塩にファイヤライトの微小析出を含む。23の番号をつけた多角形結晶はチタン（Ti）に白色脚点が集中し、定量分析値は58.1% FeO-31.0% TiO<sub>2</sub>-5.5% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-4.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・TiO<sub>2</sub>）に同定される。なお僅かにAl、Vの固溶が認められた。砂鉄原料の鉄素材であった。

#### OKS-23 鋳（非破壊調査）

① 肉眼観察：完形の鋳で、OKS-22より厚手の試料である。先端部の片側が折れ曲がって一部は

ささくれだっており、使用時の衝撃による変形の可能性が考えられる。表面は薄く錆化するものの金属鉄の遺存は良好である。

② マクロ組織：断面に繊維状組織（Metal flow）が残る展伸した介在物が層状に認められる。繰り返し折り曲げ鍛接の痕跡といえる。なお、表層の一部に高炭素域を残し浸炭処理の可能性も考えられる。

③ 顕微鏡組織：写真図版470に示す。腐食なしで鉄中非金属介在物である。組成は非晶質硫酸塩系及び、粒状結晶ウスタイト（Wüstite: FeO）が晶出する。また、3%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。炭素含有量が0.1%未満のフェライトを主体とした組織で、フェライト粒が多角形の領域（ポリゴナルフェライト）と針状の領域（ペーニティックフェライト＝アシキュラーフェライト）が層状に認められる。

④ ビッカース断面硬度：厚み方向に硬さ分布を測定している。平均で120Hv程度を有しており強度的には低めの値を示すが、靱性を有し折れにくい性質を保持する。

#### OKS-24 小柄

① 肉眼観察：茎部先端及び刃部を僅かに2箇所ほど欠損するも完形に近い小柄である。刃部・茎部とも断面形は三角形で、関は両側に直角に設けている。関側の刃部と茎部と2箇所試料を採取して調査を行なった。

② マクロ組織：写真図版446に示す。写真上側は茎部の、下側は刃部の横断面を示す。該品も繊維状組織を残し展伸した介在物の分布状況などから、多数の繰り返し折り曲げ鍛接が施されていることが明らかになった。

③ 顕微鏡組織：写真図版435は茎部の、写真図版436・437は刃部の組織である。茎部・刃部ともに表層部は微細なフェライト素地に少量のパーライトが析出する。組織から炭素含有量は0.15%程度と推定される。写真図版437の④⑤は刃先の組織である。表皮側はパーライトが多く浸炭拡散層の形跡を残す。

内部はほぼフェライト単相で、微細な介在物が点列状に分散した状態である。介在物周辺にフェライト組織が形成しており、介在物が脱炭反応に寄与した可能性が考えられる。また介在物が多数微細に分散することで、硬さの向上にも寄与するものと推測される。軟質心金に対して硬質浸炭皮金をもつ材質の可能性がすこぶる高い刃物である。なお鉄中非金属介在物の組成に関しては、後のCMA調査の項で詳述する。

④ ビッカース断面硬度：写真図版437⑦～⑨に硬度測定の圧痕を示す。⑦⑨は表層の微細なフェライト粒と少量のパーライトで構成される組織で硬度値は⑦が197Hv、⑨が179Hvであった。⑧は内部のフェライト組織で硬度値は154Hvとなる。組成に見合った値である。

⑤ CMA調査：介在物の分析を2種順行った。まず第1は写真図版457のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が図435である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、ジルコニウム（Zr）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版457である。SEに20の番号をつけた介在物中の微小結晶はチタン（Ti）に白色輝点が集積し、定量分析値は80.2% TiO<sub>2</sub>-4.5% FeO-3.3% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>であった。ルチル（Rutile: TiO<sub>2</sub>）系の結晶に同定できよう。また21の番

号をつけた素地部分はガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、定量分析値は57.6%SiO<sub>2</sub>-17.3%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-6.2%CaO-2.5%MgO-5.0%K<sub>2</sub>Oであった。珪酸塩系に同定される。この結果から、砂鉄を原料とした鉄素材を用いて製作されたことが明らかとなった。

次に2つ目である写真図版458のSE (2次電子像) に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果を図436に示す。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、ガラス質成分 (Si+Al+K)、酸素 (O) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版458である。SEに18の番号をつけた粒状結晶は鉄 (Fe)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、定量分析値は100%FeOであった。ウスタイト (Wüstite: FeO) に同定される。19の番号をつけた個所の定量分析値は97.7%FeOであった。錆化鉄であろう。小柄の鉄素材も砂鉄系であった。介在物にルチルを検出したことは高温操業での鉄塊が供給されたことになる。

#### OKS-25 金箸

① 肉眼観察：基部から約1/3程の個所でくの字状に折れ曲がった細手 (6mmφ) の金箸である。横断面はほぼ円形を呈する。欠損部はなく、重量もあり金属鉄の遺存は良好と予想される。基部側先端から供試材を採取した。

② マクロ組織：写真図版447に示す。粗大化したフェライト組織からなる。鉄素材を二つ折り程度で丸鍛えに近い成形であり、鍛造比もあまり大きくない造りである。

③顕微鏡組織：写真図版438に示す。①フェライト単相の極低炭素鋼であり、鍛造比の低いところでの加工であって粒の粗大化が著しい。②③は非金属介在物である。組成についてはCMAの項で詳述する。

④ ビッカース断面硬度：写真図版438⑤にフェライト組織の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は99Hvであった。組織に見合った値といえる。

⑤ CMA調査：写真図版459のSE (2次電子像) に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果を図437に示す。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 (Si+Al+Mg)、酸素 (O)、B-Rankで検出された元素はカリウム (K)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr) であった。高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版459である。SEに15の番号をつけた結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、クロム (Cr)、アルミニウム (Al)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、定量分析値は56.6%FeO-16.6%Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-14.4%TiO<sub>2</sub>-7.1%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3.2%V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>であった。また16の番号をつけた結晶の定量分析値は76.2%FeO-16.0%TiO<sub>2</sub>-4.2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1.3%Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel: 2FeO・TiO<sub>2</sub>) とヘーシナイト (Hercynite: FeO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の混合組成近いものである。17の番号をつけた結晶の定量分析値は97.4%FeO-1.2%TiO<sub>2</sub>であった。ウスタイト (Wüstite: FeO) に同定される。また僅かにTiの固溶が認められる。

Fe-Ti系結晶が確認されることから、砂鉄を原料とする鉄素材が用いられている可能性が考えられる。またCrの検出が注目される。クロム (Cr) を含む砂鉄は四国方面で発見されていることから、高知方面の鉄製品としての可能性を追求する必要がある<sup>(18)</sup>。

#### OKS-26 金箸

① 肉眼観察：基部先端を環状に成形している金箸である。中央付近から緩く「く」の字状に曲がっ

ている。欠損はなく金属鉄の遺存も良好と推測される。先端部から展伸方向と横断方向の2箇所から供試材を採取した。

② マクロ組織：写真図版447に示す。写真上側は先端部を長手方向に半載したもので、写真下側は横断面である。横断面にみられる介在物の形状や分布状態から丸鍛えに近い加工であろう。

③ 顕微鏡組織：写真図版439は縦断面の組織を示す。①は鍛打により展伸した非金属介在物である。②～⑨は5%ナイトルで腐食して現れた組織である。②～⑤は先端部で、写真左側はパーライト素地に網目状の初析フェライトを析出したやや高炭素域である。この部分の組織から推定される含有炭素量は0.6%程度である。写真中央～右側はフェライト微細粒及び少量のパーライトが析出する。この組織から含有炭素量は0.1%程度と推定される。⑥～⑨は試料基部側で、内部はパーライト素地に網目状の初析フェライトが析出するやや高炭素域で、表層部にはフェライト微細粒と少量のパーライトからなる組織である。

写真図版440は横断面の組織である。②は鍛打による展伸が小さく現われた非金属介在物を示す。③～⑩は5%ナイトルで腐食して現れた組織である。③⑤に示すように、中央部で鍛打より引き延ばされた組織が層状に認められる。鍛冶炉中で鉄素材を加熱・鍛打を加えた際の温度がオーステナイトに変態するギリギリの領域であったため、中央部はオーステナイト変態が起らずに鍛打を受けた可能性が考えられる。

④ ビッカース断面硬度：写真図版440⑦～⑩に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は⑦が253Hv、⑧は244Hv、⑨は238Hv、⑩は254Hvであった。それぞれの組織に見合った値である。

⑤ CMA調査：写真図版460のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果を図438に示す。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はカリウム（K）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値が写真図版460である。SEに13の番号をつけた微小析出物の定量分析値は7.4%CaO-38.1%TiO<sub>2</sub>-17.4%SiO<sub>2</sub>のチタナイト（Titanite）と、7.1%FeO-17.4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の混合組成の可能性をもつ。14の素地部分は35.4%SiO<sub>2</sub>-25.1%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-15.1%CaO-1.4%MgO-3.60%K<sub>2</sub>Oのガラス質の珪酸塩が同定された。これには11.5%TiO<sub>2</sub>を固溶する。該品も砂鉄系鉄原料の鉄素材であった。

#### OKS-27 碗形鍛冶滓

① 肉眼観察：2つの碗形鍛冶滓がねじれた位置で固着した可能性が考えられる。片方の滓の色調は赤紫色を呈し、気孔が密に認められる。一部木炭を噛み込んでいる。もう一方は青灰色の緻密質の滓である。後者側より分析試料を採取した。

② 顕微鏡組織：写真図版431④～⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2FeO・SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質滓中に認められる。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版431⑦⑧に白色粒状結晶の硬度測定の前痕を示す。⑦の硬度値は494Hvとヴスタイトの文献硬度値の範囲内であるが、⑧の硬度値は184Hvと異常値となった。後者は切捨るべき値である。

④ 化学組成分析：表58に示す。鉄分高めで、脈石成分（TiO<sub>2</sub>、V、MnO）の低減した値を示す。

全鉄分 (Total Fe) 50.05% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.36%、酸化第1鉄 (FeO) 44.21%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 21.91%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) は32.65%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) を高めの3.48%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.40%、バナジウム (V) 0.03%など両者は少なく、また酸化マンガン (MnO) も0.15%と低値で、銅 (Cu) は0.004%であった。鍛錬鍛冶滓に分類される。この場合の鉄素材は砂鉄であろう。

#### OKS-28 梘形鍛冶滓

① 肉眼観察：平面楕円形に近い形状の梘形鍛冶滓である。側面4面は破面。上面は中央がやや窪んだ形状で、上下面ともに面とも細かい木炭痕が密に認められる粗い質感の滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版441に示す。①、⑥～⑨は滓部で、白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite : 2FeO · SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に認められる。①～⑤は付着酸化土砂中の鍛造剥片を示す。②③は内層ヴスタイトが結晶粒界痕跡を留めつつも凝集する。鍛打工程中間段階の派生物と考えられる。④⑤は内層ヴスタイトの非晶質化が進んだ工程の後半段階の派生物と推定される。当鉄滓も鍛錬鍛冶滓に分類される。

③ ビッカース断面硬度：写真図版441①に白色粒状結晶の硬度測定印痕を示す。硬度値は430Hvとヴスタイトの文献硬度値の下限を若干下回るが、測定時の亀裂による誤差などが考えられてヴスタイトに同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。こちらも鉄分高く、ガラス質成分及び脈石成分の少ない成分系である。全鉄分 (Total Fe) 54.03% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.76%、酸化第1鉄 (FeO) 49.48%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 21.17%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 21.84%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) 2.90%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.34%、バナジウム (V) 0.01%など低値で、酸化マンガン (MnO) も0.11%と低く、銅 (Cu) 0.005%であった。砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-29 梘形鍛冶滓

① 肉眼観察：平面はやや小振りの楕円形で、完形の梘形鍛冶滓である。上面は平坦気味で、1箇所ガラス質滓が付着する。木炭の噛み込みや木炭痕も疎らに認められる。

② 顕微鏡組織：写真図版442①～⑤に示す。白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite : 2FeO · SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版442④⑤に白色粒状結晶の硬度測定印痕を示す。④の硬度値は405Hv、⑤の硬度値は393Hvとヴスタイトとしては少々軟質の値を示した。風化気味の鉱物相のためであろうか。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 40.21% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.87%、酸化第1鉄 (FeO) 26.28%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 27.04%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 36.22%で、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) はやや低めの1.06%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.18%、バナジウム (V) <0.01%と低値

で、酸化マンガン (MnO) は0.23%、銅 (Cu) 0.004%であった。これも砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-30 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：大型の椀形鍛冶滓である。側面3面は破面。上面は中央が僅かに窪む形状で、木炭痕が疎らに認められる。下面にも細かい木炭痕による凹凸がみられる。滓の地の色調は黒灰色で、緻密な滓である。

② 顕微鏡組織：写真図版442⑥～⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶「ウスタイト (Wüstite: FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。ウスタイトは部分的に凝集気味に晶出する個所がある。これも鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版442⑥に白色粒状結晶の硬度測定印の圧痕を示す。硬度値は475Hvであった。ウスタイト (Wüstite: FeO) に同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。鉄分はやや低下してガラス分が増加気味の成分系である。全鉄分 (Total Fe) 39.54%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.26%、酸化第1鉄 (FeO) 20.94%、錆化鉄含んで酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 32.89%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 44.77%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 2.59%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.30%、バナジウム (V) 0.01%、酸化マンガン (MnO) 0.12%と低く、銅 (Cu) 0.003%であった。砂鉄系鉄素材を処理した鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-31 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：やや細長い形状をした厚手で完形の椀形鍛冶滓である。上面は流動状で、ややガスが抜けきっていない質感を呈する。木炭の噛み込みが数箇所認められる。

② 顕微鏡組織：写真図版443①～③に示す。白色粒状結晶「ウスタイト (Wüstite: FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に認められる。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③ ビッカース断面硬度：写真図版443①に白色粒状結晶の硬度測定印の圧痕を示す。硬度値は495Hvであった。当結晶はウスタイトに同定される。

④ 化学組成分析：表58に示す。全鉄分 (Total Fe) 50.71%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.24%、酸化第1鉄 (FeO) 55.34%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 10.66%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 30.39%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) は多くて3.34%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.19%、バナジウム (V) <0.01%と低値で、酸化マンガン (MnO) 0.25%、銅 (Cu) 0.002%であった。これも砂鉄系鉄素材の鍛錬鍛冶滓に分類される。

#### OKS-32 椀形鍛冶滓

① 肉眼観察：ガラス質滓で完形の椀形鍛冶滓。上下面とも全面木炭痕による凹凸が著しい。軽質滓 (270g) である。

② 顕微鏡組織：写真図版443④～⑧に示す。④は暗黒色ガラス質滓中に晶出する微小金属鉄粒を示

す。⑤⑥は発達した淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) と淡褐色多角形結晶ヘーシナイト (Hercynite:  $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) が晶出する。また⑦⑧では白色多角形結晶マグネタイト (Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) とファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) は完全に結晶化しきれずに広がる。該品は赤熱鉄素材に粘土汁を多用したために滓化した碗形滓である。これも鍛錬鍛冶に際して排出されたものである。

③ 化学組成分析: 表58に示す。鉄分低くガラス質成分主体の成分系であった。全鉄分 (Total Fe) 10.11%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.14%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 2.93%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 11.00%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 83.43%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) は大きくて13.28%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.58%、バナジウム (V) 0.02%で、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) 0.18%、銅 (Cu) 0.002%であった。粘土汁の成分が反映されている。

#### 小結

〈1〉出土鉄製品は、いずれも鉄中の非金属介在物からFe-Ti化合物が検出される。該期 (豊臣期) の試料であれば、国内の砂鉄を原料とする鉄素材を用いたものと推定される。さらに金箸 (OKS-25) からはクロム (Cr) が検出された。今後産地同定の手がかりとなりうる元素の一つとして注目される。現在のところ高知県側の中村市所在の砂鉄なども含Cr砂鉄であって1つの候補となろう<sup>(18)</sup>。また、鉄釘 (OKS-21) は炭素量の異なる異材を合せ鍛えたと考えられ、廃鉄器を原料としている可能性がある。更に鋸 (OKS-22) になると極軟鋼の丸鍛えて成形後の浸炭処理が施されている。

各鉄器はほぼフェライト組織からなる極低炭素鋼 (C: 0.001%前後) から亜共析鋼 (C: 0.77%以下) が充当されている。鋸 (OKS-23)、小柄 (OKS-24) は炭素の含有量の少ない極軟鋼が使用されており、これは芯金の材質であって表層の皮金は錆化消滅しているが浸炭処理の痕跡を残す。更に両者は丹念に繰返し折り曲げ鍛接を施すことで、素材の性質を補った可能性が考えられる。また金箸 (OKS-25・26) はそれぞれ炭素含有量の異なる組織が認められた。前者は極軟鋼、後者は共析鋼に近い材質であった。これらはあまり機能から素材の選択を考慮する必要がないからであろう。

〈2〉出土鉄滓はいずれも外観からは鍛冶炉の炉底に堆積形成された碗形鍛冶滓に分類される。ガラス質主体のOKS-32を除き、化学組成は鉄分高く、脈石成分 ( $\text{TiO}_2$ , V, MnO) の低減した値を示す。鉱物組成はヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ )、ファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) などを晶出し、前述した鉄器に連動した砂鉄系鉄素材の繰返し折り曲げ鍛接を行った際に排出された鍛錬鍛冶滓に分類される。更に碗形鍛冶滓の表面に付着した鍛造剝片からも鍛打工程が確認できる。ある程度精製された鉄素材が搬入され鉄器製作が主に行われていたと推定される。なお鉄器の分析と併せて考えれば、一部に廃鉄器を原料とした鍛冶の存在も指摘できよう。

#### 4 まとめ

大坂城跡から出土した古墳時代 (6C後半~7C初)、豊臣期 (16C後半) の鍛冶・鋳造関連遺物・鉄製品などを調査して次の点が明らかになった。

##### 4-1: 古墳時代 (6C後半~7C初)



## (1) 鉄製品

## ① 円盤状鉄製品 (44×38×4 mm、17g)

鍛冶原料鉄の可能性を秘めた注目すべき遺物である。4 cm前後の円盤形状と4 mm厚みであれば、そのままの姿で鍛冶炉内に装入も出来、適度の大きさといえよう。材質はねずみ鑄鉄 (Gray cast iron) で、鉄中の非金属介在物 (鉄鋼中に介在する固形体の非金属製不純物、つまり鉄やマンガン、珪素および燐などの酸化物、硫化物、珪酸塩などの総称) 組成は、66.2%FeO-39.8%S-12.7%MnOから鉱物相は硫化鉄 (FeS)と硫化マンガン (MnS)の複合組成である。更にこれには7.0%TiO<sub>2</sub>-1.9%V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を固溶するので、製鉄原料は砂鉄もしくはチタン磁鉄鉱あたりが候補に挙がる。この場合、マンガン (Mn)を含むので砂鉄原料が有力であり、チタン鉄鉱は看過できないまでも一時保留しても問題なからう。

この硫化鉄 (FeS) 系介在物は、高温還元製鉄法にもとづく特有介在物である。更にこの介在物には、鉄の融点よりも約250℃高いチタン (Ti: 融点1、788℃) を固溶するのは安定した高温操業の産物とみて差支え無い遺物である。

一方、列島内での古墳時代の製鉄法は、箱形炉を用いた低温還元直接製鋼法による塊煉鉄の生産であった。この時期には円盤状鉄製品のような鉄製品の大量生産は出来ないと思われる。該品の産地は朝鮮半島側に求める方が妥当であろう。ただし、この時期に朝鮮半島で砂鉄製錬を証明する遺跡が発見されていないのが実状である。今後の研究課題とならう。

参考までに列島内でも出土した弥生時代から古墳時代へかけての含チタン (Ti) 鉄器や砂鉄・鉄滓の一覧表を表59に示しておく。それらのうち鑄造鉄片や鉄片は弥生時代中期以降のもので、中国東北部あたりからの舶載品の可能性をもつ。中国大陸での戦国時代末から漢代における砂鉄製錬を示唆する遺物群である。更に古墳時代に属する遺物のうち、砂鉄や鉄滓などは国内砂鉄製錬の起源に何らかのかたちで関わってくるものである。

## ② 鍛造鉄製品：袋状鉄斧

鉄斧の形状は、基部幅と刃部幅は大差なく、中央部が僅かに膨らみをもつ。袋部の折り返しは、両端が突き合わされてほぼ密着された端正な造りである。鉄素材の製造履歴は、鉄中の非金属介在物からみて酸化鉄のヴスタイト (Wüstite: FeO) 主体であるので低温還元直接製鋼法の塊煉鉄由来の製品である。材質は最表層皮金は錆化消滅するが、内部組織は刃先先端部が極軟鋼の0.1%C未満の炭素量で鋭利性に欠け、現存刃先から約60mm内側が0.6%Cとなり、ここで強度を保つ構造である。この鉄斧は生産工具として機能したのか、それとも鉄製威信財として存在したのか興味を呼ぶ産物である。更に穿った見方をすれば伐採具としての鉄斧でなくて鍛造品の起耕具が存在しなかったかとの発想を感じさせる材質であった。

## ③ 鍛造鉄製品：紡錘車、摘鎌、鋌

標記した3点の鉄器は、いずれも錆化鉄 (Goethite:  $\alpha$ -FeO·OH) となり金属鉄の組織は得られず正確な情報は得られない。しかし、介在物の剥落具合からみてヴスタイト (Wüstite: FeO) 系介在物が想定されるので、低温還元直接製鋼法の塊煉鉄素材が推定される。また、錆化鉄には局部的ではあるがパーライト痕跡を残すので、これから0.15%C以下の極軟鋼の充当が読み取れる。

一方、鉄製紡錘車の製造方法は、「焼き嵌め法」という鉄素材の加熱時の膨張と、冷却時の収縮性を利用して紡輪と紡茎を固定する方法がとられるので、紡輪側に焼入れ組織の析出を期待したがその確認は出来なかった。

#### ④ 梃形鍛冶滓

出土鉄滓の多くは鍛冶炉の炉底に堆積形成された梃形鍛冶滓である。鉄器製作に際して排出された鍛錬鍛冶滓に分類される。鍛冶作業は、不純物の少ない鉄素材を繰返し折り曲げ鍛接の高温作業を行ない、酸化防止に粘土汁を多用した形跡がみられる。これは鉄滓の鉱物組成にファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) を多く品出しているところから裏付けられる。

次に鉄素材の始発原料は砂鉄系から鉱石までを想定できよう。特に前述した円盤状鉄製品クラスは、砂鉄系の可能性が高く、OKS-7、8、9、11、12、14、16、18、19、20梃形滓に結びつき、OKS-6、13は高クロム含有系の鉱物となり、OKS-10、16、17は高銅 (Cu) 系から磁鉄鉱が推定される。一方、円盤状鉄製品を海外製品に推定したが、これを別物として、国内鉄素材説を配慮した場合、普通砂鉄系であれば兵庫・岡山方面、高クロム系は四国方面、高銅鉱石は岡山・滋賀方面を視野に入れるべきであろう。列島内では6世紀後半から7世紀代は箱形製鉄炉による鉄生産の軌道に乗り出した時期であり、大坂城跡の生産現場がどのような政治背景のもとに操業されたのかが問題となろう。

### 4-2: 豊臣期 (16世紀)

#### (1) 鉄製品

鉄製品の調査は、鉄鍋破片、鉄釘、鋸、小柄、金箸、金具、包丁などである。該期になると鉄素材は国内砂鉄製錬材で、鉄中の非金属 inclusion から Fe-Ti 化合物が検出される。更に鉄器の炭素含有量は極軟鋼から硬鋼までが充当される。加工は、丸鍛えから繰返し折り曲げ鍛接の合せ鍛えまでが存在し、これに廃鉄器の再生鍛冶までが確認された。

一方熱処理は、極軟鋼使用の鋸は浸炭処理が施され、包丁など刃物には焼なましがあった。これらは鍛冶一般作業の実態であり、鉄鍋破片や鉄塊塊の存在は「下げ」(脱炭)鍛冶の操業も配慮してよい出土遺物であった。

#### (2) 鋳造関連遺物

大坂城跡では鉄鍛冶のみではなく、非鉄金属製品の製作のあった痕跡が窺われた。砲弾型の超小型埴場でなくて、梃形埴場を使用した鋼細工である。埴場内面の残渣物の中には鋼粒が含まれるが、これからは合金元素 (Sn, Zn) は検出されず、随伴微量元素としての極く微量の砒素 (As)、鉛 (Pb) の検出に留まった。

小柄の外装に青銅板の使用があったが、このような細工物の製作であったろうか。

なお、溶解炉の炉壁や大口径羽口破片らしき遺物も存在し、大物鋳造品の製造も配慮されよう。

#### (3) 梃形鍛冶滓

豊臣期においても大量の梃形鍛冶滓が出土している。鉄滓の大部分は鍛錬鍛冶滓であり、鉱物組成はヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) とファイヤライト (Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) で構成される。化学組成は大きな変動はなく砂鉄系鉄素材を充当した鉄器製作が想定された。なお、梃形滓に1点ではあるが高銅材 (OKS-28) があって、これが鹿児島方面の鉄素材の可能性があれば秀吉と島津との関係、それに

鉄器で金筈の非金属介在物にクロムを検出したところから高知の長宗我部と秀吉といった構図が呼び上がってくるが、これは穿ち過ぎであらうか。

(注)

- (1) ①大澤正己「大坂城跡出土鉄洋の金属学的調査」『大坂城跡の発掘調査』1 朝大坂文化財センター 1991
- ②大澤正己「鉄洋及び包丁の金属学的調査」『大坂城跡の発掘調査』2 朝大坂文化財センター 1992
- ③大澤正己「金属関連遺物の調査」(速報)『大坂城跡の発掘調査』3 朝大坂文化財センター 1993
- (2) ヴスタイト (Wüstite) の文献上のピッカース断面硬度値は450～500Hvである。写真図版386の⑧に示した白色粒状結晶の硬度値は397～401Hvであった。実測値は若干低目傾向にあるがヴスタイトとされる。  
文献：日刊工業新聞社『焼結組織写真および識別法』1968
- (3) 大澤正己「岡山城二の丸遺構出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『岡山城二の丸跡(岡山県埋蔵文化財報告78)』岡山県教育委員会 1991
- (4) 銅洋からのチタン (Ti) の検出される例がある。未発表資料などもあるので次に代表例を挙げておく。大澤正己「(続)下徳力遺跡跡第3地点出土銅洋の金属学的調査」『古文化談叢』第28集 九州古文化研究会 1992.10
- (5) 大澤正己・鈴木瑞穂「金平遺跡出土鋳造関連遺物の金属学的調査」『金平遺跡II』～嵐山町平沢土地区画整理事業に伴う発掘調査報告書～(嵐山町遺跡調査会報告9) 嵐山町遺跡調査会 2000
- (6) 日刊工業新聞社『焼結組織写真および識別法』1968 当刊行物にはヴスタイトの硬度値は450～500Hv、マグネタイト500～600Hv、ファイヤライトが600～700Hvとある。
- (7) 鍛造割片とは鉄素材を大気中で加熱、鍛打したとき、表面酸化膜が剝離、飛散したものを指す。俗に鉄肌(金肌)やスケールとも呼ばれる。鍛冶工程の進行により、色調は黒褐色から青味を帯びた銀色(光沢を発する)へと変化する。粒状滓の後続派生物で、鍛打作業の実証と、鍛冶の段階を押える上で重要な遺物となる。  
鍛造割片の酸化膜相は、外層は微厚のヘマタイト (Hematite:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、中間層マグネタイト (Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、大部分は内層ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) の3層から構成される。鍛造割片を王水(塩酸3:硝酸1)で腐食すると、外層ヘマタイト (Hematite:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) は腐食しても侵されず、中間層マグネタイト (Magnetite:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) は黄変する。内層のヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) は黒変する。また鍛打作業前半段階では内層ヴスタイト (Wüstite:  $\text{FeO}$ ) が粒状化を呈し、鍛打仕上げ時になると非晶質化する。鍛打作業工程のどの段階が行われていたか推定する手がかりともなる。
- (8) 大澤正己「古墳時代初頭・沖塚遺跡鍛冶工房出土遺物の金属学的調査」『八千代市沖塚遺跡、上の台遺跡他』東葉高速鉄道埋蔵文化財調査報告書 00千葉県文化財センター調査報告書第245集 1994
- (9) 大澤正己「環日本海地域の鉄の金相学的調査～弥生の鉄の一樣相～」『人間・社会・環境との新しい調和を求めて～環日本海地域の鉄文化の展開～』日本鉄鋼協会(平成11年度秋季)講演大会社会鉄鋼工学シンポジウム資料 1999
- (10) 長谷川熊彦『改訂増補 砂鉄』技術書院 1963。江華島チタン鉄鉱はチタンのほかに3.15%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、1.79% Mn など随伴微量元素が高め傾向をもつ。
- (11) 大澤正己「柳道跡出土焼形鍛冶洋の金属学的調査」『塩津丘陵遺跡群』<塩津丘陵遺跡群・竹ヶ崎遺跡・柳道跡・附亀ノ尾古墳>(一般国道9号<安米道路>建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書～西地区IX)建設者松江国道工事事務所・島根県教育委員会 1998
- (12) 大澤正己・鈴木瑞穂「矢野遺跡出土鉄製品砂鉄等の金属学的調査」『矢野遺跡(1)』～徳島南環状道路建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告～(徳島県埋蔵文化財センター調査報告書第33集)徳島県教育委員会・06徳島県埋蔵文化財センター・建設者四国地方建設局 2001
- (13) 大澤正己・鈴木瑞穂「入野南山ノ陰遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」～高知県香美郡土佐山田所～『入野南山ノ陰遺跡発掘調査報告書』(土佐山田町埋蔵文化財報告書第 集)土佐山田町教育委員会 2001

表56 供試材の履歴と調査項目（平成2年度）

№	符 号	遺跡名	出土位置	遺物名	遺物名所	推定年代	計 測 値		メタル度	調 査 項 目				備 考	
							大きさ(mm)	重量(g)		マクロ組織	顕微鏡組織	ピッカース断面硬度	X線回折		EPMA
1	1A-250①	大坂城	土坑53	鉄滓		幕末期	115×105×50	587.7							
2	1A-251②	大坂城	土坑53	鉄滓		幕末期	90×118×45	560.0							
3	1A-252①	大坂城	土坑52	鉄滓		幕末期	130×150×70	1000.0							
4	1A-252②	大坂城	土坑53	鉄滓		幕末期	80×120×50	480.0							
5	1A-255	大坂城	土坑54	鉄滓		幕末期	85×120×70	620.0							
6	1A-124①	大坂城	土坑258	鉄滓		幕末期	50×70×40	100.0							
7	1A-124②	大坂城	土坑259	鉄滓		幕末期	60×100×50	190.0							
8	1A-124③	大坂城	土坑260	鉄滓		幕末期	57×85×30	140.0							
9	1A-1515	大坂城	溝48	鉄滓		夏の陣期	36×30×13	13.2							
10	1A-2015	大坂城	VI層	鉄滓		夏の陣期	70×120×65	320.0							
11	1A-364	大坂城	土坑67	鉄滓		三の丸築造期	43×38×22	30.0							
12	1A-557	大坂城	土坑140	鉄滓		三の丸築造期	70×50×65	60.0							
13	1A-568	大坂城	土坑141	鉄滓		三の丸築造期	115×130×55	380.0							
14	1A-588	大坂城	溝15	鉄滓		三の丸築造期	82×62×19	80.7							
15	1A-587	大坂城	土坑188	鉄滓		惣構築造期	90×110×50	1000.0							
16	1A-640	大坂城	土坑219	鉄滓		惣構築造期	60×63×55	70.0							
17	1A-652	大坂城	?	鉄滓		惣構築造期	53×80×50	220.0							
18	1A-660	大坂城	?	鉄滓		惣構築造期	45×55×40	80.0							
19	1A-669	大坂城	溝23	鉄滓		惣構築造期	80×130×45	400.0							
20	1A-1800①	大坂城	土坑287	鉄滓		惣構築造期	60×80×45	160.0							
21	1A-1800②	大坂城	土坑288	鉄滓		惣構築造期	60×92×30	150.0							
22	1A-1800③	大坂城	土坑289	鉄滓		惣構築造期	72×100×40	300.0							
23	1A-603	大坂城	包含層	鉄滓		惣構築造期	28×37×29	50.9							
24	1A-606	大坂城	段下最下層	鉄滓		惣構築造期	105×110×70	450.0							
25	1A-615	大坂城	段下最下層	鉄滓		惣構築造期	80×95×67	210.0							

(注) 大坂夏の陣期(1615)、三の丸築造期(1598)、惣構築造期(1594)

表55 供試材の履歴と調査結果 (平成3年度)

符 号	遺跡名	出土位置	遺物№	遺物名称	推定年代	計 測 値		調 査 結 果
						大きさ(m)	重量(g)	
OUKL-1	大板城跡 谷1南東端部9a層			陶形鉢鉄片	7c代	82×70×20	150g	鉱石系精錬酸治済
OUKL-2	大板城跡 谷1南東9a層			陶形鉢鉄片	7c代	30×35×18	32g	鉱石系精錬酸治済
OUKL-3	大板城跡 谷1北部9a層			小型陶形鉄片	7c代	50×55×23	75g	鉱石系精錬酸治済(ガラス質；熱処理済)
OUKL-4	大板城跡 谷1底部土層群下			陶形破片	6c代	60×35×20	60g	鉱石系精錬酸治済
OUKL-5	大板城跡 井戸4			包丁破片	豊臣時代	10×9×0.5 9×7×0.5		極低炭素鋼(C:0.005%)砂鉄系？

表56 供試材の履歴と調査項目 (平成4年度)

符 号	遺跡名	出土位置	遺物№	遺物名称	推定年代	計 測 値		調 査 項 目				備 考		
						大きさ(m)	重量(g)	メタル度	マクロ組織	組織	脱炭素度		X線回折(CMA)	化学分析
OOSA-1	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-673	鉄鍋	豊臣前期	16×36×8	5g	5納化	○	○				破片
OOSA-2	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-392	鉄釘(1)	豊臣前期	3×5×74	3g	あり	○	○	○			
OOSA-3	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-392	鉄釘(2)	豊臣前期	3.5×4×53	4g	あり	○	○	○			角釘
OOSA-4	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-484	鉄製皿(金具)	豊臣前期	5×8×76	15g	あり	○	○	○			返却希望
OOSA-5	大板城跡 3A⑥トレンチ東		3A-467	包丁	豊臣前期	9×16×1	0.3g	あり	○	○	○			破片(刃部)
OOSA-6	大板城跡 3A⑥トレンチ東		3A-783	小柄	豊臣前期	14×81×4		24/外表面あり	○	○	○			内部(表)と外部(裏)
OOSA-7	大板城跡 3A⑥トレンチ東		3A-557	母堀(破片)	豊臣前期	24×37×12	11g	なし	○	○	○			
OOSA-8	大板城跡 3A⑦トレンチ		3A-613	母堀(完形)	豊臣前期	D65・H25	55g	あり	○	○	○			解する他の金属 非破壊・返却希望
OOSA-9	大板城跡 3A⑦トレンチ		3A-657	母堀(半分)	豊臣前期	70×20×8t	35g	あり	○	○	○			非破壊・返却希望
OOSA-10	大板城跡 3A⑦トレンチ		3A-1339	母堀(破片)	豊臣前期	29×50×10	12g	あり	○	○	○			返却希望
OOSA-11	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-392	鉄塊(鉄銃)	豊臣前期	38×55×12	40g	あり	○	○	○			
OOSA-12	大板城跡 3A⑦トレンチ		3A-656	鍛冶片	豊臣前期	13×20×8	3g	なし	○	○	○			小片
OOSA-13	大板城跡 3A⑥トレンチ西			炉壁(溶解炉炉壁)	豊臣前期	73×97×43	230g	なし	○	○	○			溶解炉底部出土
OOSA-14	大板城跡 3A⑥トレンチ西		3A-537	羽口片？(溶解炉)	豊臣前期	48×65×16	49g	なし	○	○	○			炉壁か？返却希望

表56 供試材の履歴と調査項目（平成10年度 その1）

符 号	遺跡名	出土位置	遺物№	遺物名称	推定年代	計 測 値		メタル度	調 査 項 目				備 考	
						大きさ(mm)	重量 (g)		マトロニクス組	顕微鏡断面観察	ビッカースX線硬度	EDX分析		耐火度
OXS-1	大坂城跡	土坑359	3A-1727	袋状鉄弁	6c後半 7c初	96×52×9	506.6	L(●)	○	○	○	○	○	非破壊
OXS-2	大坂城跡	谷1	2B-46	紡草	6c後半 7c初	幅 41×20×7 紡草初×初×5	20	H(○)~ M(○)	○	○	○	○	○	
OXS-3	大坂城跡	9～10層	3A-1178	円盤状鉄製品	6c後半 7c初	44×38×4	17	L(●)	○	○	○	○	○	
OXS-4	大坂城跡	谷1	2B-22	銅鏃	6c後半 7c初	33×45×5	17	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-5	大坂城跡	ピット66	3A-2286	鏃	不明	79×12×8		H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-6	大坂城跡	谷1	2B-114	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	102×83×23	183	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-7	大坂城跡	9a層	3A-1408	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	75×55×17	97	なし	○	○	○	○	○	
OXS-8	大坂城跡	10層	3A-1770	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	90×87×57	507	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-9	大坂城跡	土器溜まり1	3A-1868	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	74×72×36	235	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-10	大坂城跡	10層	3A-3353	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	140×113×31	729	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-11	大坂城跡	10層	3B-140	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	95×80×43	206	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-12	大坂城跡	10層	3B-257	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	102×79×30	259	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-13	大坂城跡	10層	3B-276	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	100×80×30	479	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-14	大坂城跡	土器群26	5B-642	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	77×62×32	216	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-15	大坂城跡	土器群26	5B-642	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	102×70×42	372	M(◎)	○	○	○	○	○	
OXS-16	大坂城跡	土器群26	5B-916	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	61×57×39	203	H(○)	○	○	○	○	○	
OXS-17	大坂城跡	土器群22	5B-916	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	107×85×18	163	なし	○	○	○	○	○	
OXS-18	大坂城跡	ピット156	5B-1226	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	124×114×40	305	なし	○	○	○	○	○	
OXS-19	大坂城跡	土坑233	5B-1368	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	90×87×42	396	なし	○	○	○	○	○	
OXS-20	大坂城跡	ピット255	6A-607	陶形鐵治滓	6c後半 7c初	76×61×34	169	なし	○	○	○	○	○	



表57 出土遺物の調査結果のまとめ(平成2年度)

No.	No. 符	遺跡名	出土位置	遺物名称	指定年代	顕微鏡組織	調査項目						所見			
							Total Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	塩基性成分	TiO <sub>2</sub>	V	ガラス成分	Cu	外観	分類	備考
1	1A-250①	大坂城 土坑53	鉄滓	幕末期	W+F、鍛造割片		54.74	40.94	0.81	0.06	0.007	0.10	16.987	0.007	焼締鉄渣滓	
2	1A-251②	大坂城 土坑53	鉄滓	幕末期	W+F、鍛造割片		50.91	36.41	1.13	0.07	0.00	0.11	18.150	0.001	焼締鉄渣滓	
3	1A-252①	大坂城 土坑52	鉄滓	幕末期	W+F		46.91	44.47	1.01	0.10	0.01	0.11	23.514	0.006	焼締鉄渣滓	大型製品製作か
4	1A-252②	大坂城 土坑52	鉄滓	幕末期	W+F		44.40	51.65	0.64	0.09	0.01	0.09	24.830	0.002	焼締鉄渣滓	
5	1A-255	大坂城 土坑54	鉄滓	幕末期	W+F、鍛造割片		54.02	39.31	0.97	0.06	0.00	0.11	17.270	0.001	焼締鉄渣滓	
6	1A-124④	大坂城 土坑258	鉄滓	幕末期	G+M		15.76	8.86	2.86	0.41	0.00	0.10	78.380	0.001	流動状 焼締鉄渣滓	粘土汁多用
7	1A-124②	大坂城 土坑259	鉄滓	幕末期	F+W		42.55	35.51	1.38	0.20	0.00	0.10	30.202	0.001	焼締鉄渣滓	
8	1A-124③	大坂城 土坑290	鉄滓	幕末期	F+W		43.66	22.91	1.71	0.12	0.01	0.06	35.165	0.001	焼締鉄渣滓	
9	1A-1515	大坂城 溝48	鉄滓	夏の時期	G+微小Me、ガラス質溶融物		5.39	1.78	4.41	0.43	0.010	0.18	91.770	0.000	焼締鉄渣滓?	河口先端溶融物?
10	1A-2015	大坂城 門欄	鉄滓	夏の時期	F		39.07	16.59	1.98	0.30	0.00	0.08	44.144	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
11	1A-364	大坂城 土坑67	鉄滓	三の丸築造期	F		45.52	2.26	1.53	0.18	0.009	0.88	48.098	0.002	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
12	1A-557	大坂城 土坑140	鉄滓	三の丸築造期	W+F		47.95	34.67	1.49	0.56	0.01	0.42	24.062	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁多用
13	1A-568	大坂城 土坑141	鉄滓	三の丸築造期	G、ガラス質溶融物		13.76	7.86	2.09	0.40	0.01	0.28	79.699	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁多用
14	1A-588	大坂城 溝15	鉄滓	三の丸築造期	F		14.82	10.86	1.30	0.38	0.007	0.05	71.835	0.005	焼締鉄渣滓	粘土汁多用
15	1A-597	大坂城 土坑188	鉄滓	惣構築造期	F+W		50.32	12.06	1.57	0.80	0.01	0.16	34.354	0.002	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
16	1A-640	大坂城 土坑219	鉄滓	惣構築造期	G+Me(hy+s)、ガラス質溶融物		13.32	8.52	1.63	0.35	0.03	0.21	82.060	0.001	流動状 焼締鉄渣滓	粘土汁使用
17	1A-652	大坂城 ?	鉄滓	惣構築造期	F+W		36.26	6.17	1.76	0.16	0.01	0.24	50.208	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
18	1A-660	大坂城 ?	鉄滓	惣構築造期	F+Go(hy+s)		38.18	17.37	2.66	0.13	0.01	0.32	34.655	0.002	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
19	1A-669	大坂城 溝23	鉄滓	惣構築造期	F+W		44.77	6.94	2.97	0.24	0.00	0.26	40.285	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
20	1A-1800①	大坂城 土坑287	鉄滓	惣構築造期	F+W		49.58	16.31	2.05	0.17	0.01	0.28	28.692	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
21	1A-1800②	大坂城 土坑288	鉄滓	惣構築造期	F+W		48.10	11.04	1.73	0.27	0.01	0.27	30.622	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
22	1A-1800③	大坂城 土坑289	鉄滓	惣構築造期	F+Go、鍛造割片		43.51	27.18	2.03	0.82	0.01	0.75	22.125	0.002	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
23	1A-603	大坂城 包舎南	鉄滓	惣構築造期	F		45.52	3.01	2.27	0.20	0.008	0.13	43.284	0.005	流動状 焼締鉄渣滓	粘土汁多用
24	1A-606	大坂城 段下段下層	鉄滓	惣構築造期	F+W		40.99	12.04	1.11	0.23	0.03	0.38	28.202	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用
25	1A-615	大坂城 段下段下層	鉄滓	惣構築造期	F+W		43.95	16.30	1.58	0.47	0.01	0.33	28.282	0.001	焼締鉄渣滓	粘土汁使用

注) 大坂夏の時期(1615)、三の丸築造期(1598)、惣構築造期(1594)

W: Wustite(FeO), F: Fayalite(2FeO·SiO<sub>2</sub>), G: ガラス質溶融物M: Magnetite(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), Me: Metal(鉄粒), Co: Coethite( $\alpha$ -FeO·OH)

hy+s: hyperenctectoid steel(過共析鋼)



表58 供試材の組成 (平成2年度)

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	鑑定年代	全鉄分 (Total Fe)	金属純度 (Metallic Fe)	酸化第1層 (FeO)	酸化第2層 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	二酸化錳 (MnO <sub>2</sub> )	二酸化アルミニウム (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	二酸化カルシウム (CaO)	二酸化マグネシウム (MgO)	二酸化ケイ素 (SiO <sub>2</sub> )	二酸化チタン (TiO <sub>2</sub> )	二酸化クロム (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	五酸化リン (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	炭素 (C)	バネジウム (V)	銅	耐水質	遺成分		注		
																					Total Fe	Total Fe			
IA-290①	大板城	土坑53	鉄片	幕末期	54.74	0.14	34.22	40.04	12.88	1.94	0.54	0.27	0.404	0.143	0.10	0.06	0.034	0.058	0.60	0.51	0.007	0.007	16.177	0.266	0.001
IA-291②	大板城	土坑53	鉄片	幕末期	50.91	0.39	32.23	36.41	12.98	1.94	0.54	0.27	0.370	0.150	0.10	0.07	0.01	0.066	0.75	1.58	0.001	0.001	17.080	0.334	0.001
IA-292①	大板城	土坑52	鉄片	幕末期	46.91	0.24	20.03	44.47	17.24	3.12	0.69	0.32	0.950	0.194	0.11	0.10	0.02	0.048	0.70	0.70	0.01	0.006	22.504	0.480	0.002
IA-292②	大板城	土坑53	鉄片	幕末期	44.40	0.24	10.34	51.65	19.73	2.97	0.44	0.20	0.996	0.294	0.09	0.09	0.01	0.054	0.84	0.67	0.01	0.002	24.190	0.545	0.002
IA-295	大板城	土坑54	鉄片	幕末期	54.02	0.30	33.74	39.31	12.35	3.26	0.66	0.31	0.865	0.185	0.11	0.06	0.00	0.070	0.79	0.60	0.001	0.001	16.300	0.930	0.001
IA-1244①	大板城	土坑258	鉄片	幕末期	15.76	0.21	12.03	8.86	51.64	13.72	2.04	0.82	4.220	3.090	0.10	0.41	0.00	0.018	0.41	0.26	0.001	0.001	75.520	4.792	0.026
IA-1244②	大板城	土坑258	鉄片	幕末期	42.55	1.85	20.41	35.51	21.93	4.39	1.00	0.38	0.880	2.240	0.10	0.20	0.02	0.127	0.60	0.96	0.001	0.001	28.822	0.677	0.005
IA-1244③	大板城	土坑260	鉄片	幕末期	43.66	0.29	35.18	22.91	25.44	4.38	1.27	0.44	1.440	0.685	0.06	0.12	0.00	0.132	0.55	0.72	0.01	0.001	33.455	0.765	0.003
IA-1515	大板城	溝46	鉄片	夏の時期	5.39	0.40	4.82	1.78	63.18	12.51	3.24	1.17	6.020	1.240	0.18	0.43	0.100	0.181	0.54	0.14	0.010	0.000	87.360	16.208	0.080
IA-2015	大板城	有層	鉄片	夏の時期	39.07	0.24	35.03	16.59	31.34	7.25	1.20	0.78	1.240	0.354	0.06	0.30	0.01	0.094	0.28	0.34	0.001	0.001	42.164	1.079	0.008
IA-364	大板城	土坑67	鉄片	三の丸遺跡	45.52	0.21	56.26	2.26	32.02	4.67	1.07	0.46	7.600	0.688	0.18	0.034	0.046	0.35	0.11	0.009	0.002	0.002	46.598	1.023	0.004
IA-557	大板城	土坑140	鉄片	三の丸遺跡	47.95	0.44	29.93	34.67	16.61	3.33	1.11	0.36	0.900	0.272	0.42	0.56	0.00	0.102	0.65	0.29	0.01	0.001	22.602	0.471	0.012
IA-568	大板城	土坑141	鉄片	三の丸遺跡	13.76	0.39	10.13	7.86	61.50	10.34	1.24	0.85	2.890	0.789	0.28	0.40	0.01	0.263	0.13	0.62	0.01	0.001	77.609	5.640	0.029
IA-588	大板城	溝15	鉄片	三の丸遺跡	14.62	0.19	9.05	10.86	59.26	8.26	0.81	0.39	2.410	0.505	0.55	0.38	0.054	0.010	0.67	0.07	0.007	0.005	70.635	4.766	0.026
IA-597	大板城	土坑188	鉄片	惣構築時期	50.32	0.47	53.28	12.06	25.34	4.23	1.10	0.47	1.240	0.404	0.16	0.80	0.01	0.020	0.16	0.10	0.01	0.002	32.784	0.652	0.016
IA-640	大板城	土坑219	鉄片	惣構築時期	13.32	0.50	8.85	6.52	65.10	9.11	1.19	0.44	3.960	1.300	0.21	0.35	0.01	0.056	0.11	0.70	0.03	0.001	80.400	6.088	0.086
IA-662	大板城	?	鉄片	惣構築時期	36.26	0.19	40.85	61.17	39.08	6.19	1.38	0.36	1.900	0.526	0.24	0.16	0.01	0.062	0.18	1.58	0.01	0.001	48.448	1.336	0.004
IA-660	大板城	?	鉄片	惣構築時期	38.16	2.02	30.80	17.37	23.36	4.59	2.26	0.49	1.030	0.335	0.32	0.13	0.00	0.233	0.49	2.66	0.01	0.002	31.995	0.838	0.003
IA-669	大板城	溝23	鉄片	惣構築時期	44.77	0.24	51.04	6.94	26.67	5.39	1.79	1.18	1.800	0.405	0.26	0.24	0.01	0.062	0.27	1.20	0.001	0.001	37.315	0.833	0.005
IA-1800①	大板城	土坑287	鉄片	惣構築時期	49.58	0.90	47.95	16.31	19.68	3.44	1.57	0.48	1.220	0.252	0.28	0.17	0.04	0.033	0.35	1.55	0.01	0.001	26.642	0.537	0.003
IA-1800②	大板城	土坑288	鉄片	惣構築時期	48.10	0.39	51.45	11.04	21.33	4.14	1.30	0.43	1.310	0.382	0.27	0.27	0.01	0.031	0.26	2.78	0.01	0.001	28.862	0.601	0.006
IA-1800③	大板城	土坑289	鉄片	惣構築時期	43.51	0.38	57.17	27.18	13.96	3.16	1.02	0.41	0.661	0.294	0.75	0.80	0.05	0.125	0.39	5.713	0.01	0.002	30.695	0.462	0.019
IA-600	大板城	包合層	鉄片	惣構築時期	45.52	0.13	55.71	30.51	30.93	3.33	1.64	0.63	1.779	0.705	0.13	0.20	0.045	0.016	0.26	0.06	0.008	0.005	41.014	0.901	0.004
IA-606	大板城	段下層	鉄片	惣構築時期	40.59	0.48	41.28	12.04	19.95	4.17	0.77	0.34	1.430	0.432	0.38	0.22	0.00	0.032	0.29	9.94	0.03	0.001	27.062	0.661	0.006
IA-615	大板城	段下層	鉄片	惣構築時期	43.95	0.17	41.66	16.30	20.04	3.61	1.11	0.47	1.080	0.392	0.33	0.47	0.00	0.033	0.43	6.67	0.01	0.001	26.702	0.608	0.011

注) 大板城の時期 (1615)、三の丸遺跡 (1594)





表59 弥生時代以降チタン系鉱物含有遺物一覧表

No.	遺跡	遺構	府県	遺物	推定年代	TiO <sub>2</sub> 介在物組成
1	梅ノ木	G5982-C	熊本	鑄造鉄斧片	弥生中期後半 ～後期中葉	非金屬介在物 24.8%TiO <sub>2</sub> -24.4%FeO-47%MnO-24.3%S-1.3%VO <sub>2</sub>
2	〃	216-SI	〃	〃	弥生中期中葉 ～後葉	非金屬介在物 2.9%TiO <sub>2</sub> -81.7%FeO-28.1%MnO-17.6%S
3	〃	攪乱排水路	〃	鑄造鉄斧片 転用ノミ状鉄器	不明	非金屬介在物 2.4%TiO <sub>2</sub> -64.7%FeO-14.9%MnO-35.8%S
4	〃	169-SI	〃	鑄造鉄斧片	弥生中期後葉 ～後期前葉	非金屬介在物 3.7%TiO <sub>2</sub> -61.7%FeO-38.3%MnO-20.2%S
5	梅ノ木	101-SI	熊本	鑿状鉄器	弥生中期後葉 ～後期後葉	非金屬介在物 2.7%TiO <sub>2</sub> -8.5%VO <sub>2</sub> -93.8%FeO-24.3%S
6	貝元(KAI-2)	土89底面	福岡	鑄造鉄斧片	弥生中期初葉	非金屬介在物 1.7%TiO <sub>2</sub> -51.1%FeO-43.4%MnO-26.9%S
7	貝元(KAI-6)	住62	〃	〃	弥生後期前葉	非金屬介在物 29.5%TiO <sub>2</sub> -78.4%FeO-11.1%MnO-6.3%S
8	貝元(KAI-8)	土4No.5	〃	〃	弥生時代	非金屬介在物 1.6%TiO <sub>2</sub> -93.3%FeO-28.7%MnO-11.8%S
9	小糸山	59.60 住居跡	熊本	鉄片 (鑄鉄脱炭鋼)	弥生後期	非金屬介在物 1.5%TiO <sub>2</sub> -54.6%FeO-44.8%MnO-23.8%S
10	〃	〃	〃	〃	〃	非金屬介在物 2.9%TiO <sub>2</sub> -64.0%FeO-39.1%MnO-23.1%S
11	〃	〃	〃	〃	〃	非金屬介在物 4.2%TiO <sub>2</sub> -71.5%FeO-35.6%MnO-17.3%S
12	向山	住居跡 (6号)	埼玉	二条凸帯 鑄造鉄斧	〃	非金屬介在物 22.4%TiO <sub>2</sub> -1.3%VO <sub>2</sub> -0.1%ZrO <sub>2</sub>
13	〃	住居跡 (13号)	〃	鍛造袋状鉄斧	〃	非金屬介在物 22.7%TiO <sub>2</sub> -1.4%VO <sub>2</sub> -0.08%ZrO <sub>2</sub>
14	奈良岡	住居跡 (SH01)	京都	鉄片(切片)	弥生中期末	硫化マンガンの周縁部Ti, V特性X線像検出
15	一本桜南	住居跡	千葉	朱塗り壺入り 砂鉄(520g)	4C後半	4.8%TiO <sub>2</sub>
16	伊佐山墳墓	古墳	兵庫	被葬者枕元供獻 砂鉄(500g)	4C末	9.7%TiO <sub>2</sub>
17	沖塚	鍛冶工房跡	千葉	棒状鉄片	4C初	非金屬介在物 6.5%, 62.0%TiO <sub>2</sub>
18	湯谷悪谷	住居跡	鳥根	鉄滓(製錬滓・ 精錬鍛冶滓)	4C初	製錬滓 9.4%TiO <sub>2</sub> 精錬鍛冶滓 2.4%TiO <sub>2</sub>
19	左坂C-15号墳	古墳	京都	鉄滓 (精錬鍛冶滓)	5C後半	3.9%TiO <sub>2</sub>
20	押入西1号墳	古墳	岡山	鉄滓 (精錬鍛冶滓)	5C中頃	1.3%TiO <sub>2</sub>
21	郡津浜り	ピット	大阪	枚鉄 (板状鉄製品)	5C後半～6C前半	非金屬介在物 8.1%TiO <sub>2</sub>
22	御藏山中	住居跡	埼玉	鉄鏝	5C中頃	非金屬介在物 27.2%, 6.3%TiO <sub>2</sub>
23	潤崎	祭祀土坑	福岡	鉄滓(製錬滓・ 精錬鍛冶滓)	5C後半	製錬滓 20.4%TiO <sub>2</sub> 精錬鍛冶滓 5.7%TiO <sub>2</sub>
24	夏崎	古墳	佐賀	ねずみ鋤鉄	5C末～6C前半	非金屬介在物 3.0%TiO <sub>2</sub> -0.22%VO <sub>2</sub> -0.06%ZrO <sub>2</sub>
25	河边上原	古墳	岡山	梯形鑄造鉄斧	6C後半	非金屬介在物 1.0%Ti-67%Fe-31%S
26	大板城跡	9～10層	大阪	円盤状鉄製品	6C後半～7C初頭	非金屬介在物 7.0%TiO <sub>2</sub> -1.9%VO <sub>2</sub> -66.2%FeO-39.8%S-12.7%MnO

## 表59 注

- 1～5 大澤正己・鈴木瑞穂「梅ノ木遺跡出土弥生鉄製品の金属学的調査」『梅ノ木遺跡』（熊本県文化財調査報告第集）熊本県教育委員会 2001
- 6～8 大澤正己・鈴木瑞穂「貝元遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『貝元遺跡II 下巻』福岡県教育委員会 1999
- 9～11 拙稿「小糸山出土鉄製品の金属学的調査」熊本市教育委員会 報告書準備中
- 12, 13 大澤正己・塚本敏夫「向山遺跡出土鉄製品の金属学的調査」～二条凸帯鋳造鉄斧・鍛造袋状鉄斧～『埼玉県朝霞市教育委員会記者発表資料』朝霞市教育委員会（1997.4.26新聞記事）
- 14 拙稿「奈良岡遺跡出土鉄製品・鉄片（切片）の金属学的調査」『京都府遺跡調査概報第76冊』～奈良岡遺跡～（京都市埋蔵文化財調査研究センター 1997）
- 15 郷堀英司・大澤正己「一本桜南遺跡出土の砂鉄について」『研究連絡誌第25号』（京千葉県文化財センター 1989）
- 16 拙稿「列島における鉄生産の始源をめぐって」～鉄滓の分析を中心に～特定研究『日本人の技術と生活に関する歴史的研究』（在来技術の伝統と継承）研究会資料 歴史民俗博物館 1990
- 17 拙稿「古墳時代初頭・沖塚遺跡鍛冶工房出土の遺物の金属学的調査」『八千代市 沖塚・上の台遺跡他』（京千葉県文化財センター 1994）
- 18 拙稿「湯谷悪谷遺跡出土鉄滓の金属学的調査」鳥根県石見町教育委員会への提出原稿報告書準備中 1994.3.24
- 19 増田孝彦「丹後の鉄生産」『京都府埋蔵文化財論集第2集』（京都市埋蔵文化財調査研究センター 1991）鉄滓分析結果は未発表 後日報告予定
- 20 拙稿「古代鉄生産」～金属学的見地からのアプローチ『日本古代の鉄生産』1987年度たたら研究会 1987
- 21 拙稿「交野市森遺跡とその周辺遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『森遺跡III』（交野市埋蔵文化財調査報告1990-I）交野市教育委員会1991 この鉄製品は奈良・平安時代のものの可能性あり。
- 22 拙稿「御蔵山中遺跡出土鉄滓と鉄器の金属学的調査」『御蔵山中遺跡』（大宮市遺跡調査会報告第26集）1989
- 23 拙稿「潤崎遺跡祭祀土壇出土鉄滓の金属学的調査」『潤崎遺跡』（北九州市埋蔵文化財調査報告書第49集）財団法人北九州市教育文化事業団埋蔵文化財調査室 1986
- 24 拙稿「夏崎古墳出土鉄製品の金属学的調査」『夏崎遺跡』伊万里市教育委員会報告書準備中
- 25 拙稿「河边上原古墳群より出土した鉄滓と鉄器の金属学的調査」『河边上原遺跡』（津山市埋蔵文化財発掘調査報告第54集）津山市教育委員会 1994
- 26 本稿

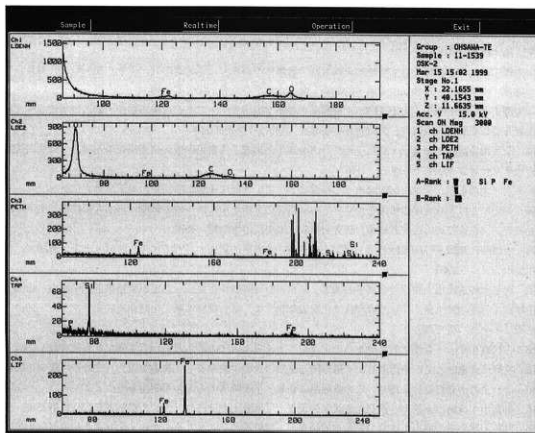


図426 紡錘車 (OKS-2) 錆化鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版448に対応)

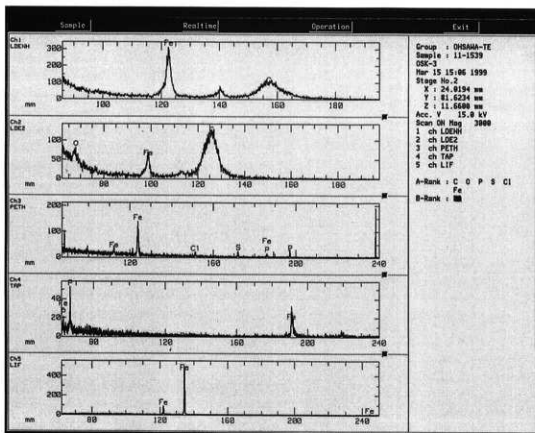


図427 円盤状鉄製品 (OKS-3) 鉄中非金属介在物及び片状黒鉛のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版449に対応)

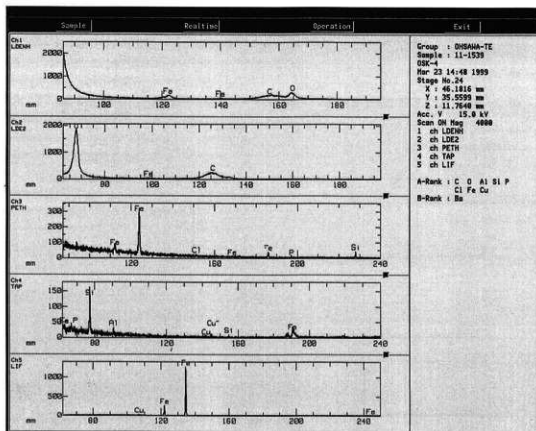


図428 摘鎌 (OKS-4) 錆化鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版450に対応)

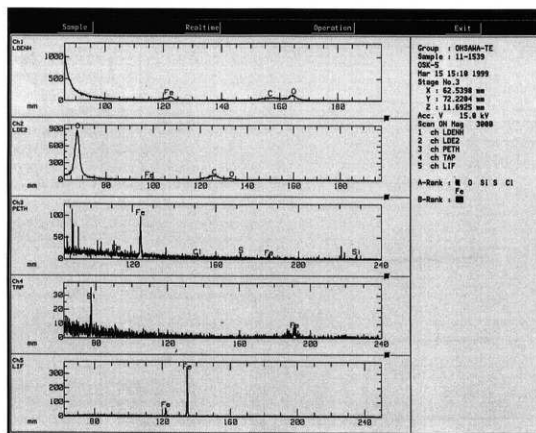


図429 鋳 (OKS-5) 錆化鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版451に対応)

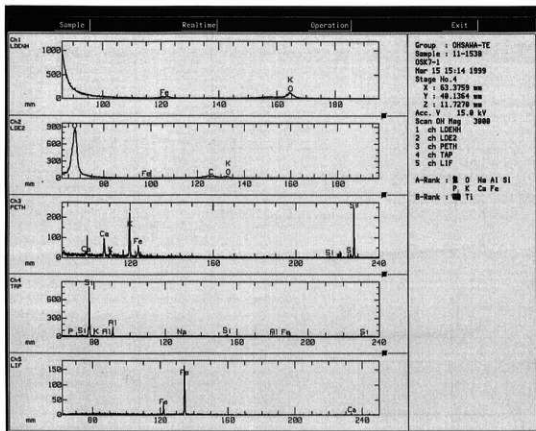


図430 純形洋 (OKS-7-1) 鉱物相のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版452に対応)

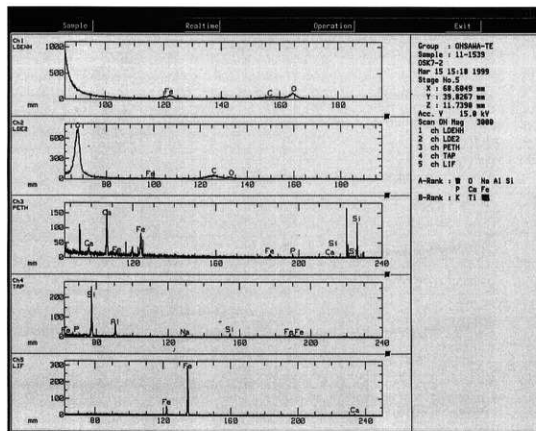


図431 純形洋 (OKS-7-2) 鉱物相のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版453に対応)



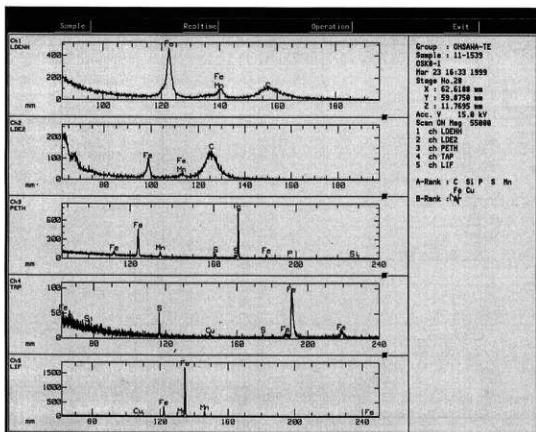


図432 碗形鉢 (OKS-8-1) 鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版454に対応)

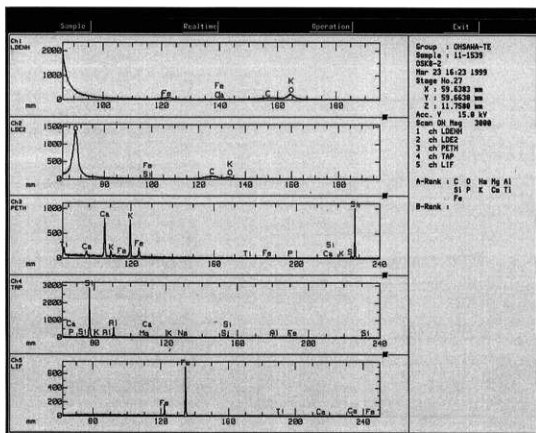


図433 碗形鉢 (OKS-8-2) 鉱物相のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版455に対応)

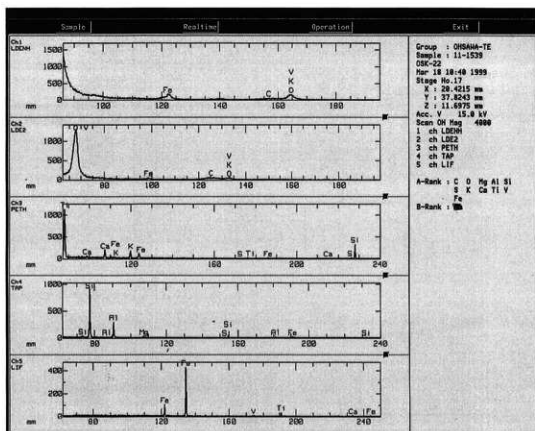


図434 鋼 (OKS-22) 鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版456に対応)

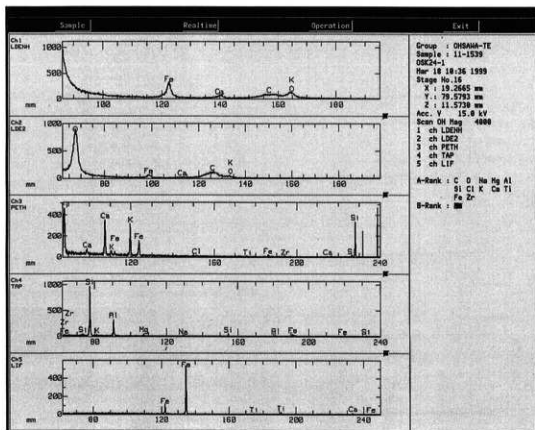


図435 小鋼 (OKS-24-1) 鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版457に対応)

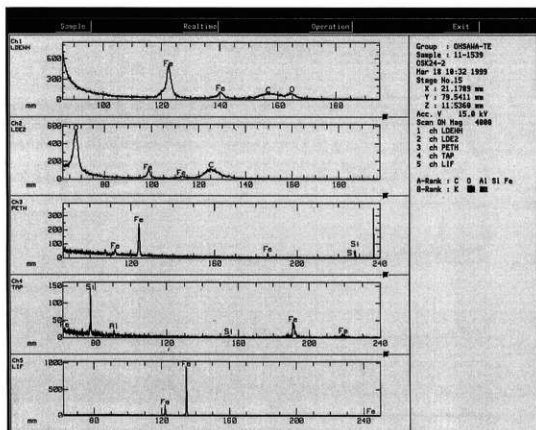


図436 小柄 (OKS-24-2) 鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版458に対応)

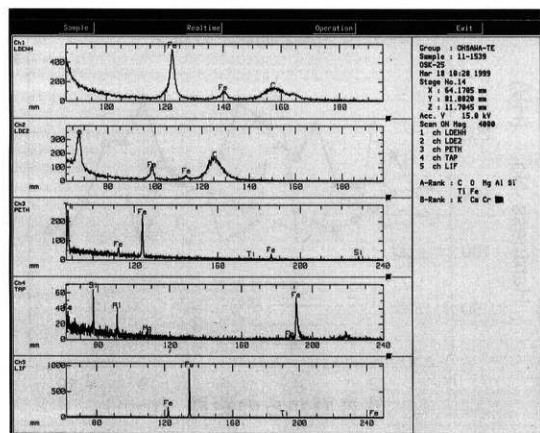


図437 金箸 (OKS-25) 鉄中非金属介在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版459に対応)

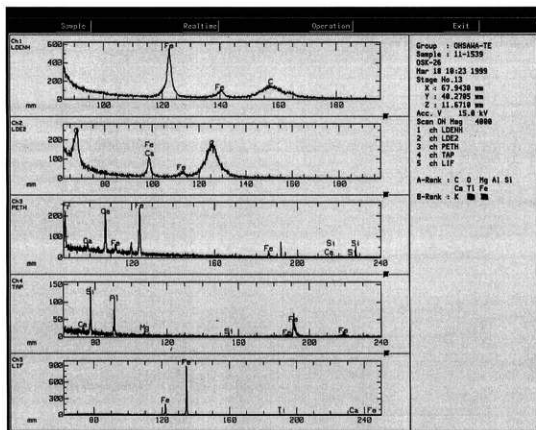


図438 金著 (OKS-26) 鉄中非金属分在物のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果 (写真図版460に対応)

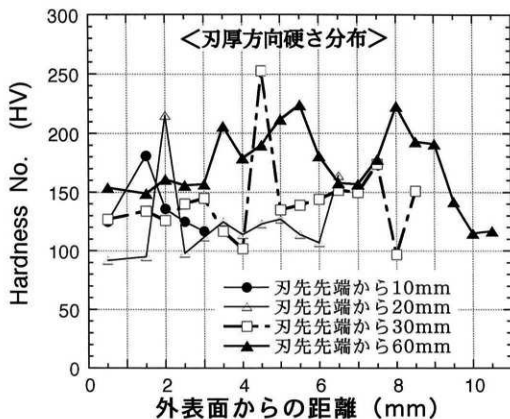


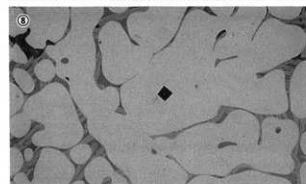
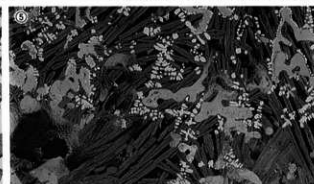
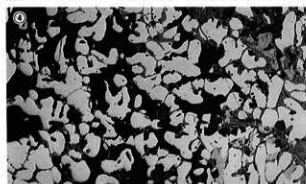
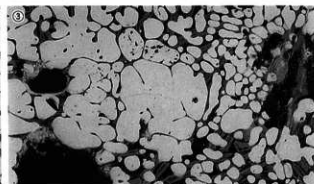
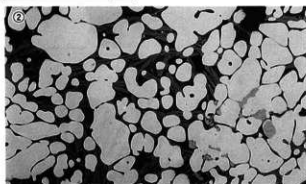
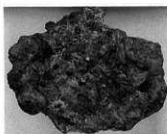
図439 袋状鉄斧 (OKS-1) ピッカース断面硬度

1A-250①  
鍛鍊鍛冶滓

①~⑦ ×90

⑧ ×180

外觀写真 約1/3

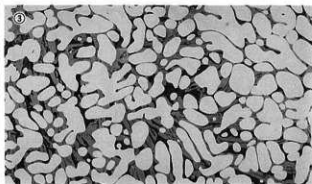
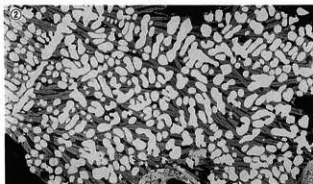
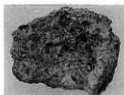


⑥, ⑦: 鉄滓底部表層部に白色板状の鍛造剥片が捲込まれている。  
鍛冶作業のあったことを証明する。

⑧: Wüstiteの結晶の硬度圧痕 397Hv, 401Hv  
荷重 100g

1 A - 250②  
碗形鍛冶滓

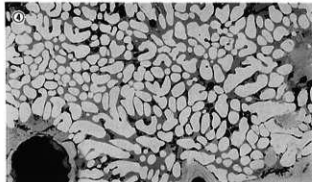
①×100 鍛造剥片  
②, ③×100  
Wüstite + Fayalite



1 A - 252①  
碗形鍛冶滓

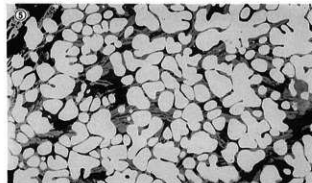
④×100  
Wüstite + Fayalite

硬度圧痕 photo 8  
417Hv : 荷重100g  
(Wüstite)



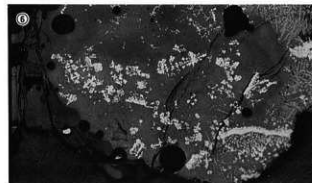
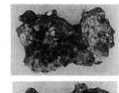
1 A - 252②  
碗形鍛冶滓

⑤×100  
Wüstite + Fayalite



1 A - 1244①  
ガラス質滓

⑥×100  
ガラス質溶融物中の  
Magnetite



写真図版387 鉄滓の顕微鏡組織

1 A - 255  
椀形鍛冶滓

①×100

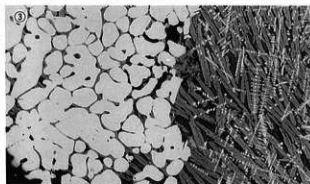
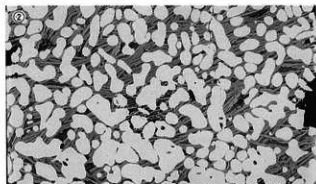
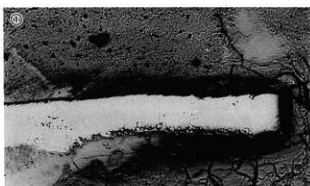
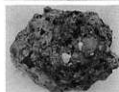
表面付着 鍛造剝片

②, ③×100

Wüstite + Fayalite

硬度圧痕 Photo 8

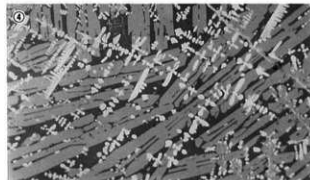
480Hv : 50 g, Wüstite



1 A - 1244②  
椀形鍛冶滓

④×400

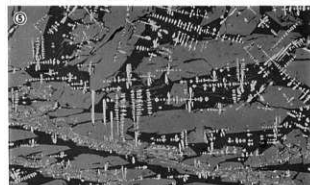
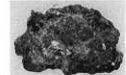
Fayalite + Wüstite



1 A - 1244③  
椀形鍛冶滓

⑤×100

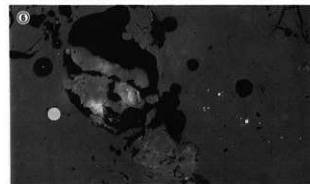
Fayalite + Wüstite



1 A - 1515  
ガラス質滓

⑥×100

ガラス質溶解物中の鉄粒



1 A - 2015  
梡形鍛冶滓

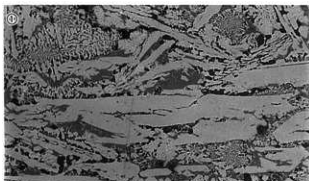
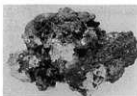
①×100

Fayalite

硬度圧痕 Photo 8

627Hv、荷重100g

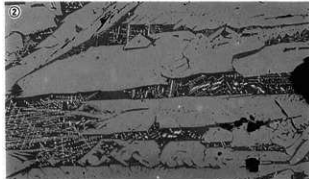
Fayalite



1 A - 364  
梡形鍛冶滓

②×100

Fayalite



1 A - 557  
梡形鍛冶滓

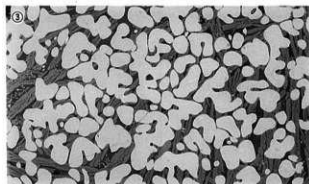
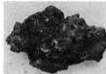
③×100

Wüstite + Fayalite

硬度圧痕 Photo 8

483Hv、荷重100g

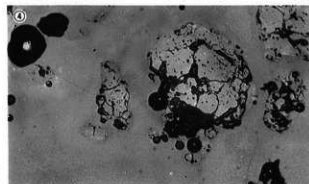
(Wüstite)



1 A - 568  
ガラス質滓

④×100

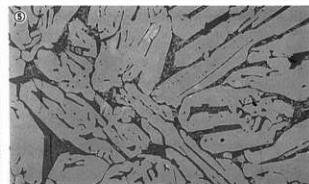
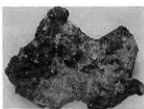
ガラス質溶解物中の石英  
か



1 A - 588  
梡形鍛冶滓

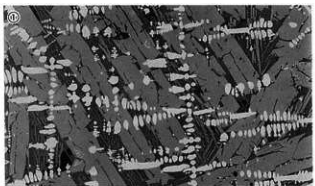
⑤×100

Fayalite

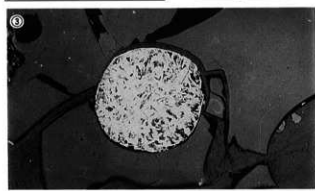




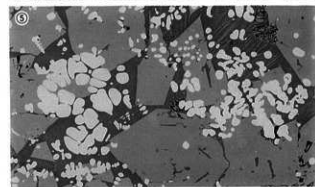
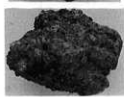
1 A - 597  
 碗形鍛冶滓  
 ①×100  
 Fayalite+Wüstite



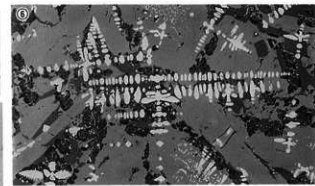
1 A - 640  
 ガラス質滓  
 ②×100 no etch  
 ガラス質溶融物中の鉄粒  
 ③×100、④×400  
 ナイタル etch  
 セメンタイト+パーライト  
 硬度：383Hv、photo 8



1 A - 652  
 碗形鍛冶滓  
 ⑤×100  
 Fayalite+Wüstite



1 A - 669  
 碗形鍛冶滓  
 ⑥×100  
 Fayalite+Wüstite



1 A - 660  
椀形鍛冶滓

①×100

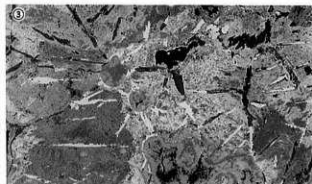
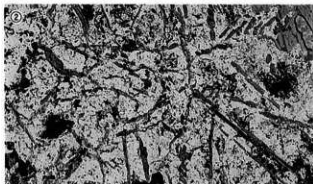
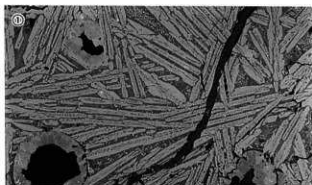
Fayalite

②③×100

Goethite  $\alpha\text{-FeO}\cdot\text{OH}$

初析セメントイト析出過

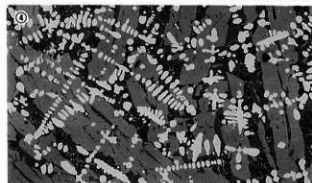
共析鋼痕跡



1 A - 1800①  
椀形鍛冶滓

④×100

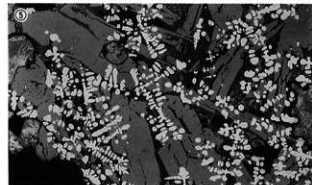
Fayalite+Wüstite



1 A - 1800②  
椀形鍛冶滓

⑤×100

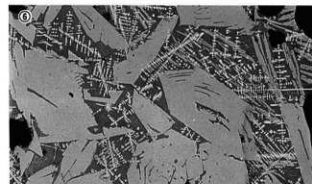
Fayalite+Wüstite



1 A - 603  
椀形鍛冶滓

⑥×100

Fayalite



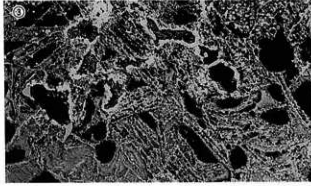
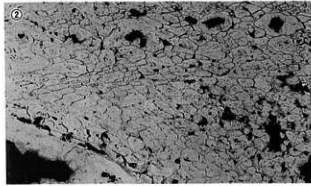
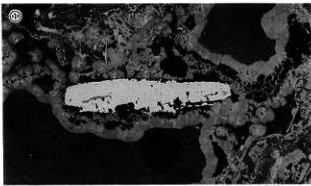
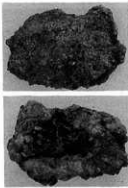
写真図版391 鉄滓の顕微鏡組織

1 A - 1800③  
 梘形鍛冶滓

①×100  
 付着鍛造剝片

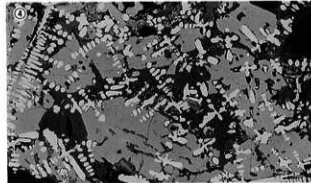
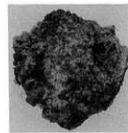
②×100  
 木炭木質組織

③×100  
 Fayalite 風化組織



1 A - 606  
 梘形鍛冶滓

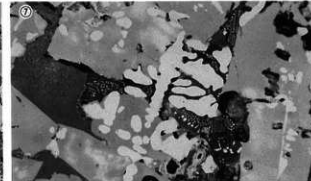
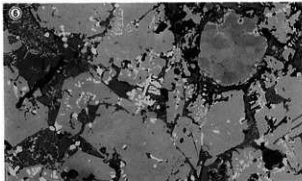
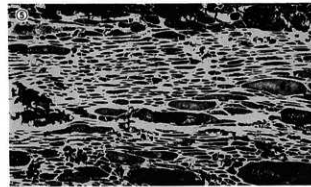
④×100  
 Fayalite+Wüstite



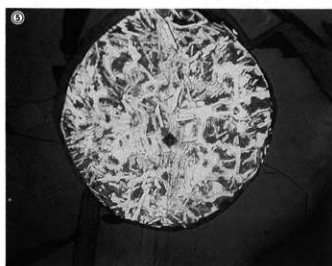
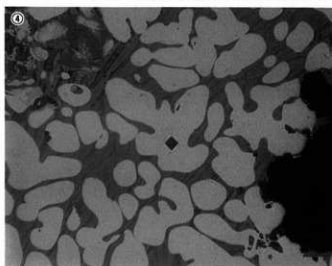
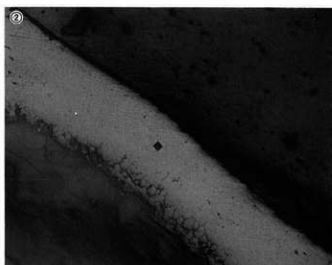
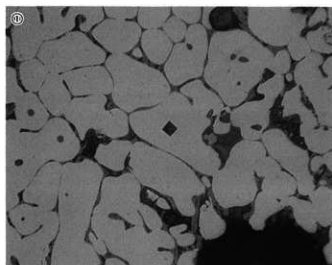
1 A - 615  
 梘形鍛冶滓

⑤×100  
 木炭木質組織

⑥×100 ⑦×100  
 Fayalite+Wüstite



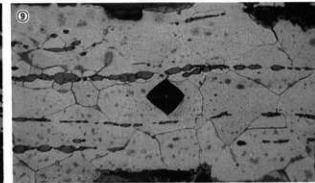
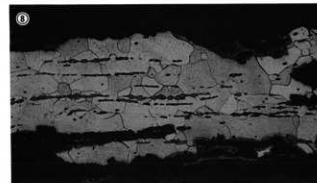
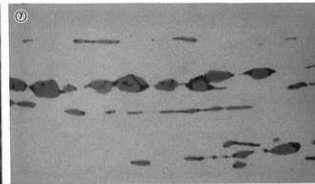
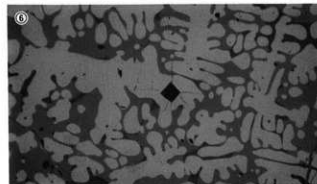
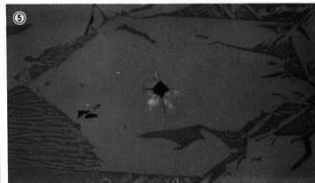
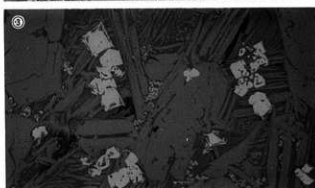
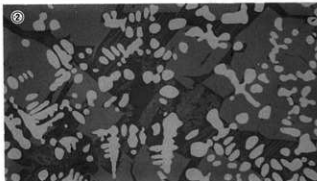
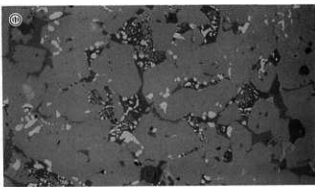
写真図版392 鉄滓の顕微鏡組織



① 1 A - 252 Wüstite : 417Hv 荷重 : 100 g	② 1 A - 255 Wüstite : 480Hv 荷重 : 100 g
③ 1 A - 2015 Fayalite : 417Hv 荷重 : 100 g	④ 1 A - 557 Wüstite : 483Hv 荷重 : 100 g
⑤ 1 A - 640 鉄粒 : 383Hv 荷重 : 100 g	

写真図版393 硬度測定圧痕組織写真

大坂城下層出土品		①OUKL-1 精錬鍛冶滓 ×90
OUKL-1: 鉄滓	7c代	③OUKL-3 鍛錬鍛冶滓 ×90
OUKL-2: 鉄滓	7c代	⑤OUKL-3 ×180 硬度圧痕 677Hv 荷重 200g
OUKL-3: 鉄滓	7c代	⑦OUKL-3 ×180 硬度圧痕 701Hv 荷重 200g
OUKL-4: 鉄滓	6c代	⑨OUKL-5 ×180 包丁: 介在物 ×300
OUKL-5: 包丁	豊臣時代	⑪OUKL-5 ×180 硬度圧痕 140Hv 荷重 200g
		⑫ ナイタルetch フェライト結晶粒



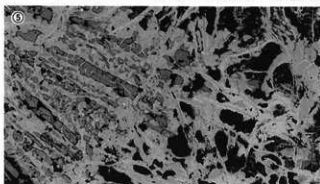
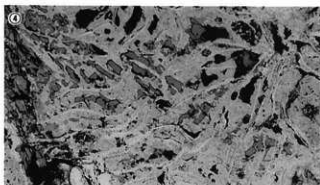
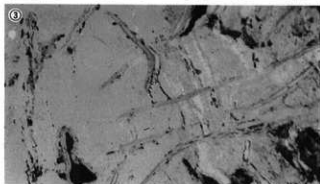
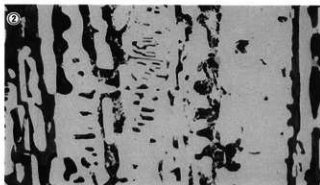
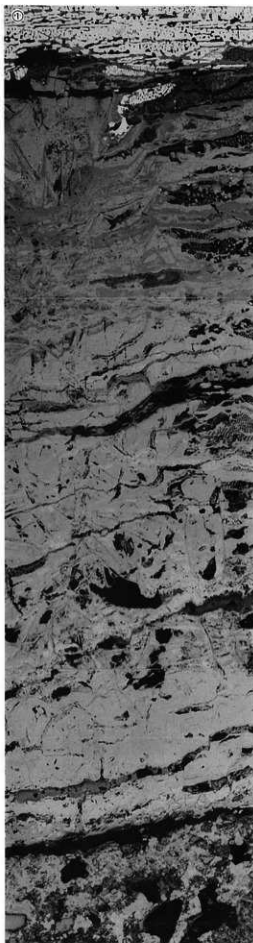
写真図版394 鉄滓及び包丁の顕微鏡組織

OOSA-1  
鉄鍋（錆化）

- ①×50 表層白錆鉄  
内側ねずみ錆鉄
- ②×400 表層拡大
- ③×400 内側拡大
- 片状黒鉛析出
- ④×100、⑤×400  
表層拡大



外観写真 1/1.1



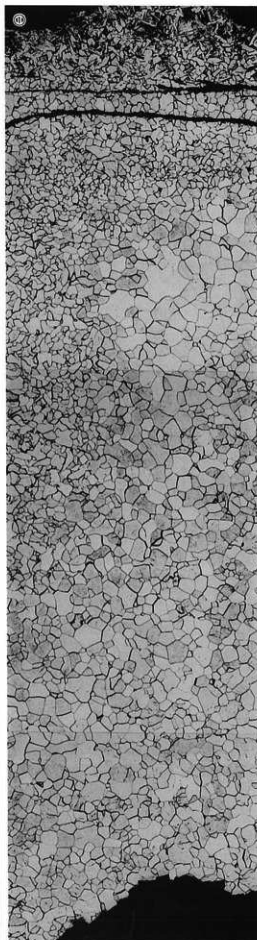
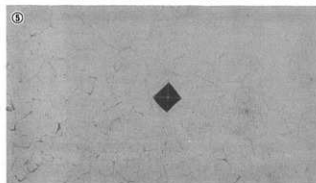
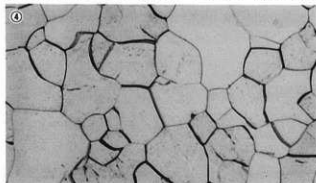
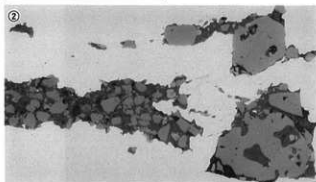
写真図版395 鉄鍋の顕微鏡組織

OOSA-2  
鉄釘 (丸鍛え)

- ①×100 ナイタル etch
- ②×400 no etch
- 非金属介在物
- ③×400 表層浸炭組織
- ④×400 中央①の拡大
- ⑤×200 硬度圧痕
- 中央：フェライト110Hv



外観写真  
1/1.7

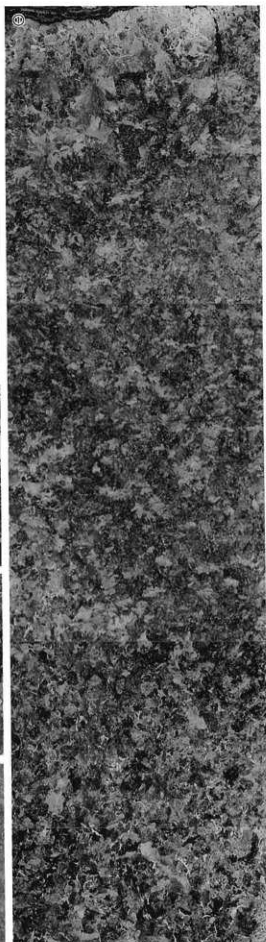
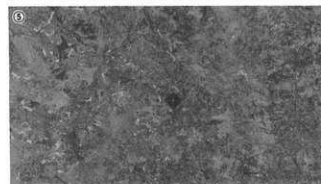
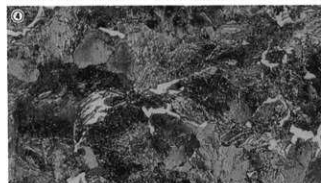
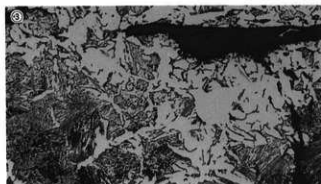


OOSA-3  
鉄釘 (丸鍛え)

- ①×100 ナイタル etch  
全面パーライト
- ②×400 非金属介在物
- ③×400 表層割れ部脱炭
- ④×400 ①中央拡大
- ⑤×200 硬度圧痕  
274Hv 荷重200g



外観写真  
1/1.25

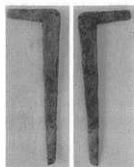


写真図版397 鉄釘の顕微鏡組織

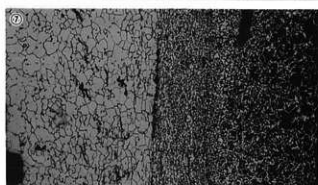
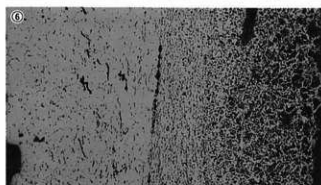
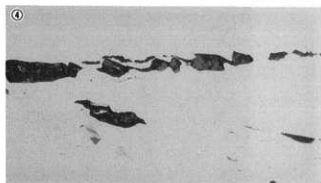
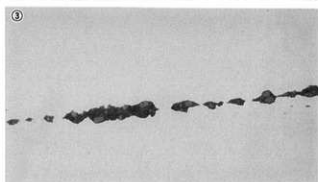
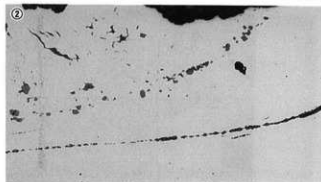
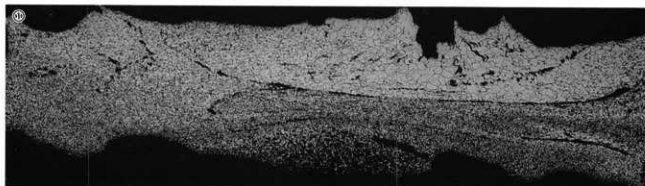


OSA-4 (その1)  
鉄製品 (金具)  
(廃鉄器再生品)

- ①×50 ナイタル etch  
②×100 ③~⑤×400  
非金属介在物  
⑥×100 ピクラル etch  
⑦×100 ナイタル etch  
高・低炭素鋼組合せ



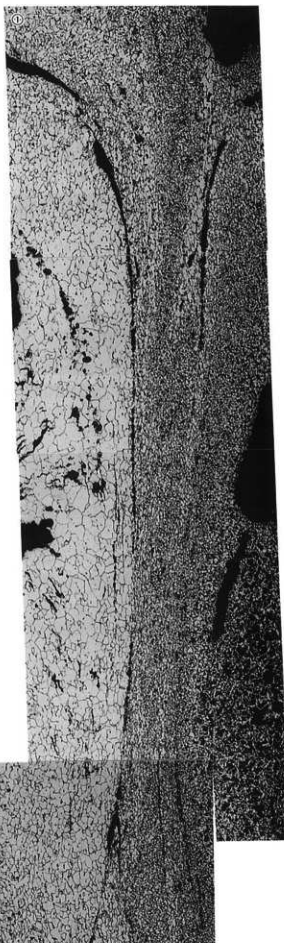
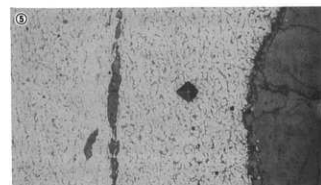
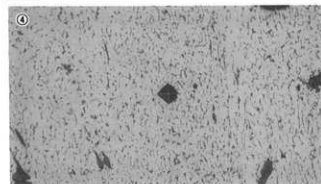
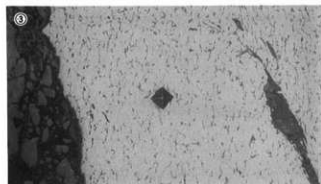
外観写真 1/1.9



写真図版398 鉄製品 (金具) の顕微鏡組織

〇〇SA-4 (その2)  
鉄製品 (金具)

- ①×100 ナイタル etch  
②×400 ①高炭素域拡大  
③~⑤×200 硬度圧痕  
③: 183Hv  
④: 219Hv  
⑤: 197Hv



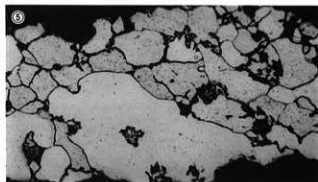
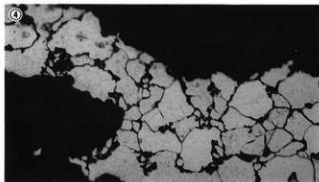
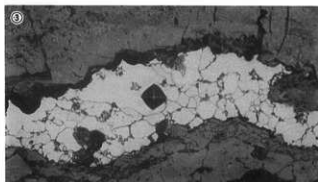
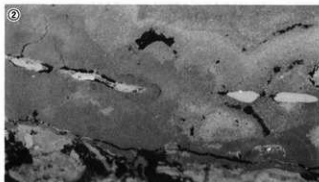
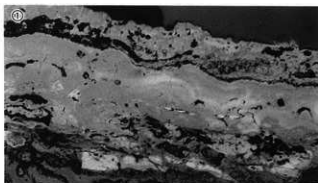
写真図版399 鉄製品 (金具) の顕微鏡組織

OOSA-5  
包丁

- ①×100 ②×400  
 錆化鉄中のヴスタイト  
 ③×200 硬度圧痕  
 フェライト基中に微量パー  
 ライト  
 142Hv  
 ④⑤×400 残留金属鉄



外観写真 1.2

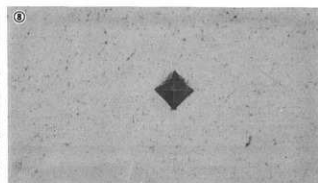
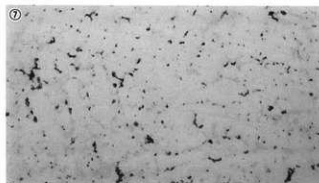
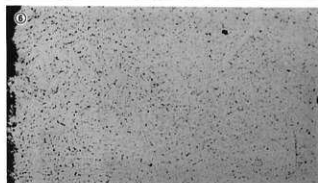


OOSA-6  
小柄外装(鋼)

- ⑥×100 ⑦×400  
 微小斑点：自然腐食から  
 生じた亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O)  
 (均一な多角結晶の鍛造  
 組織をもつ：no etch)  
 ⑧×200 硬度圧痕  
 636Hv：α相



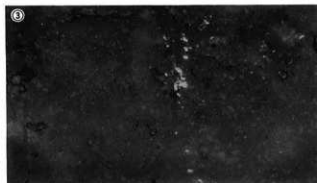
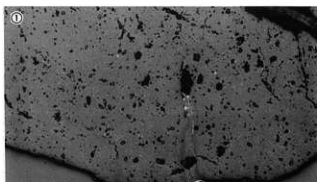
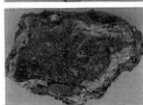
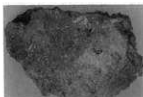
外観写真 1/2.1



OOSA-7  
 増場内溶融物

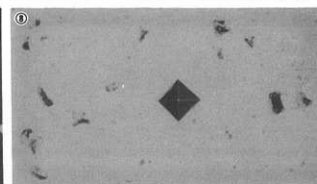
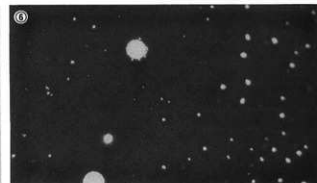
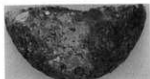
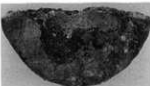
①×50 ガラス質スラグ  
 ②③×400  
 ①の拡大

外観写真 1/1



OOSA-9  
 増場内溶融物

④×50 no etch  
 左側暗黒色：ガラス質  
 右側白色部：銅  
 ⑤×100 ⑥×400  
 ⑦⑧×200 硬度圧痕  
 ⑦69.6Hv ⑧55.1Hv  
 外観写真 1/1.8



写真図版401 増場内面溶融物の顕微鏡組織

OOSA-8

培場内溶解物

①×400 ⑦×100 ⑧×400

銅粒 (マクロの上部塊)

④×100 ⑤×100 ⑥×100

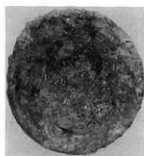
銅粒風化気味 (マクロの

下部塊)

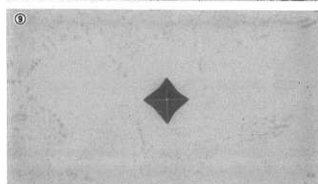
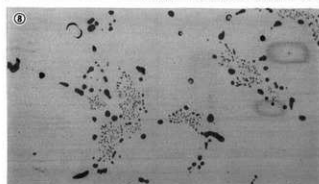
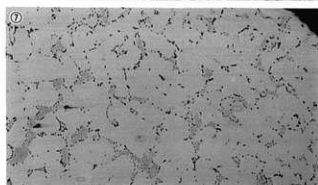
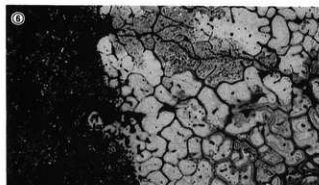
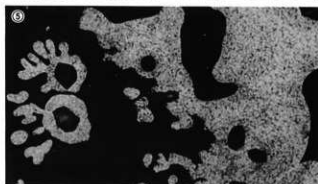
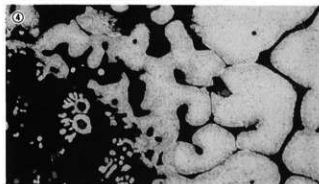
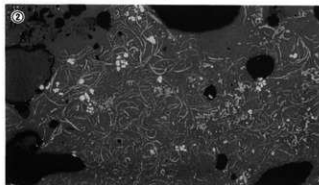
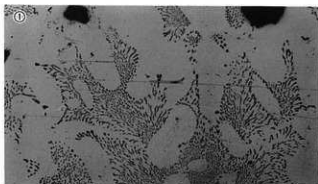
②×100 ③×400 ガラス質

⑨×200 硬度圧痕

46.0Hv :  $\alpha$ 相



外観写真 1/1.8



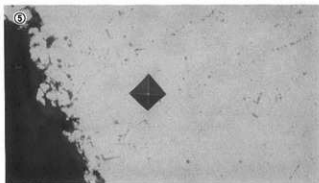
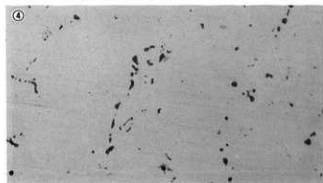
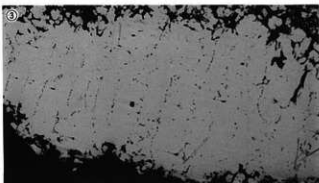
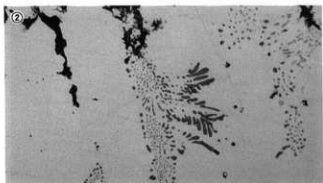
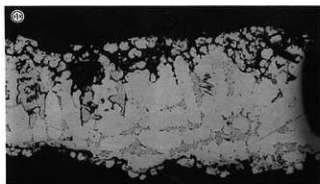
写真図版402 培場内面溶解物の顕微鏡組織

OOSA-10  
 坩埚内溶融物

①③×100 ②④×400  
 no etch 銅  
 ⑤×200 硬度圧痕  
 74.5Hv



外観  
 写真  
 1/1.1

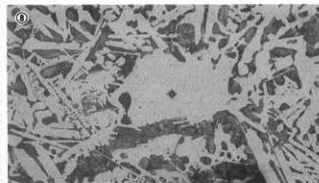
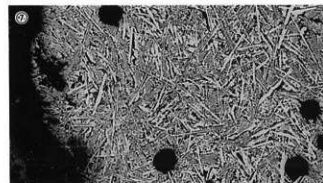


OOSA-11  
 鉄塊 (鉄鉄)

⑥×400  
 ステダイト痕跡  
 ⑦×100 ナイタル etch  
 共晶組成 自銲鉄  
 ⑧×200 硬度圧痕  
 782Hv:セメントタイト



外観写真 1/1.3



写真図版403 坩埚内面溶融物と鉄塊 (鉄鉄) の顕微鏡組織

OOSA-12  
鍛冶滓

①②×100 ③×400  
ファイヤライト+グスタ  
イト

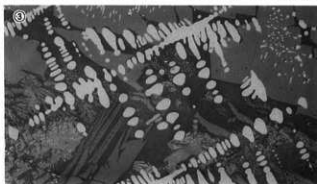
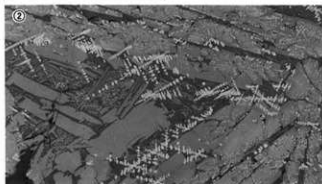
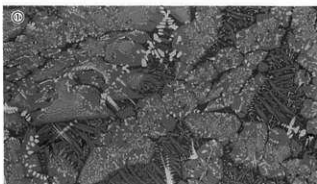


表側



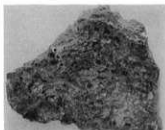
裏側

外観写真 1/1.2

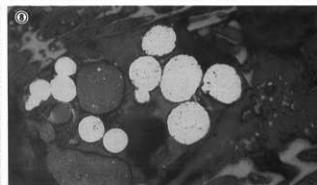


OOSA-13  
溶解炉炉壁

④×200 硬度圧痕  
鉄粒 299Hv  
⑤×100 ⑥×400  
ガラス質スラグ中の鉄  
粒  
⑦×100 ⑧×400  
黒鉛化木炭と鉄粒



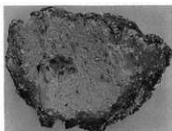
外観写真 1/2.4



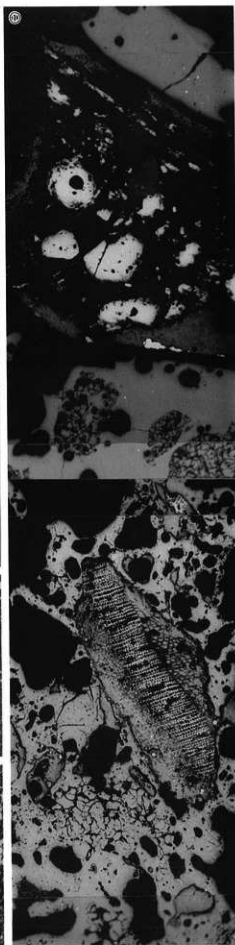
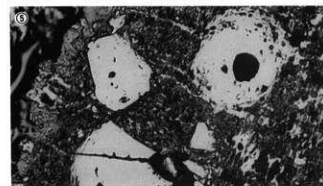
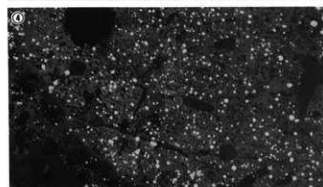
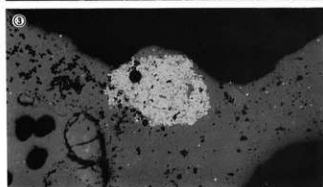
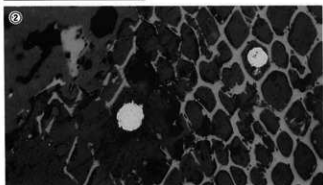
写真図版404 鉄滓（鍛冶滓）と溶解炉炉壁の顕微鏡組織

OOSA-14  
羽口片？

- ①×50  
②×400 木炭と鉄粒  
③×100  
ガラス質滓と混合砂鉄  
④×400 微細鉄粒  
⑤×100 胎土中の混入  
砂鉄粒子

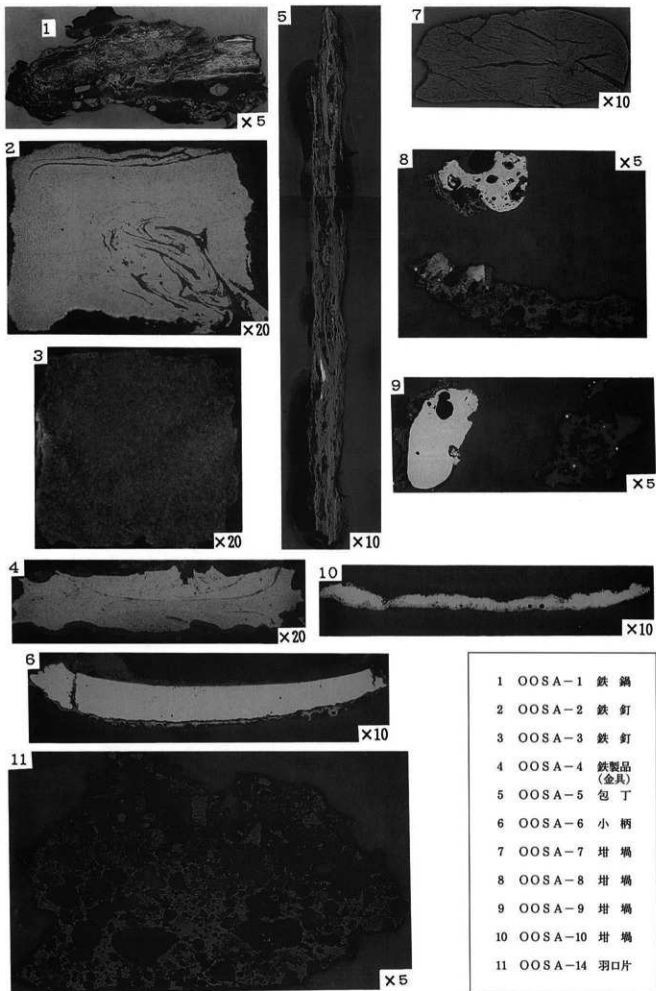


外観写真 1/1.5



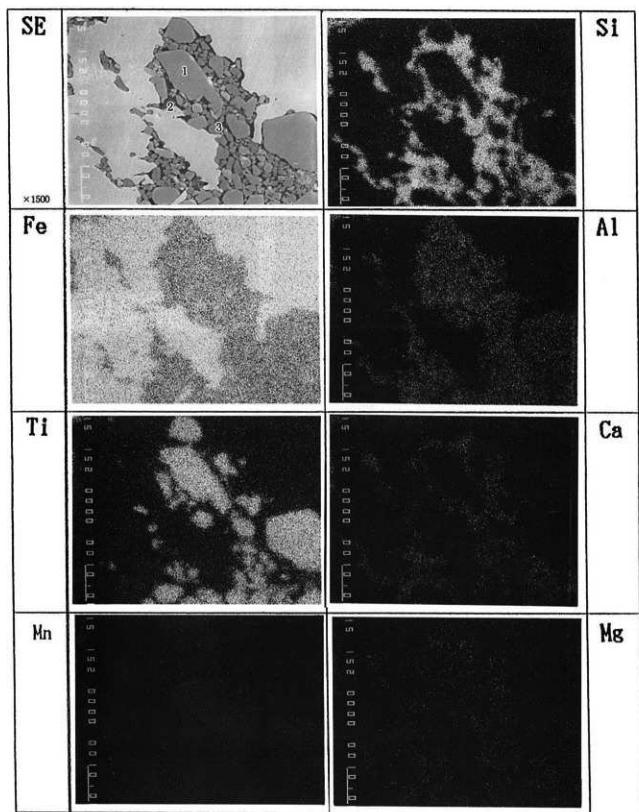
写真図版405 羽口片の顕微鏡組織





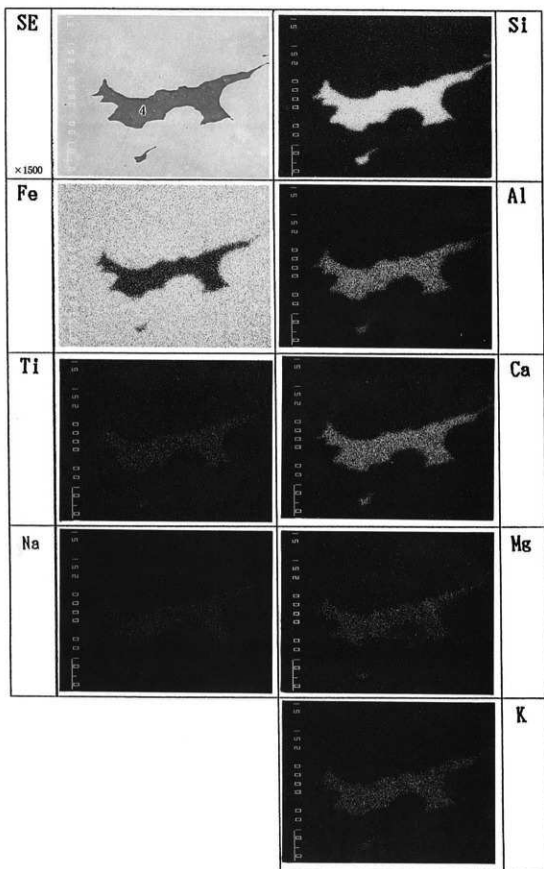
- |    |         |             |
|----|---------|-------------|
| 1  | OOSA-1  | 鉄 鍋         |
| 2  | OOSA-2  | 鉄 釘         |
| 3  | OOSA-3  | 鉄 釘         |
| 4  | OOSA-4  | 鉄製品<br>(金具) |
| 5  | OOSA-5  | 包 丁         |
| 6  | OOSA-6  | 小 柄         |
| 7  | OOSA-7  | 坩 堝         |
| 8  | OOSA-8  | 坩 堝         |
| 9  | OOSA-9  | 坩 堝         |
| 10 | OOSA-10 | 坩 堝         |
| 11 | OOSA-14 | 羽口片         |

写真図版406 各供試材埋込み試料のマクロ組織




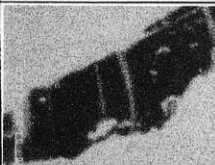



	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL
1	0.024	0.665	0.000	5.594	58.854	0.000	0.217	0.000	0.000	0.086	32.051	0.000	0.723	98.244
2	7.624	0.407	0.189	9.869	65.062	0.190	0.069	0.000	0.000	0.156	12.902	0.229	0.089	96.786
3	14.755	2.168	0.017	0.442	76.585	2.933	1.282	0.000	0.000	0.079	1.130	0.059	0.065	99.514

写真図版407 鉄釘 (OOSA-2) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



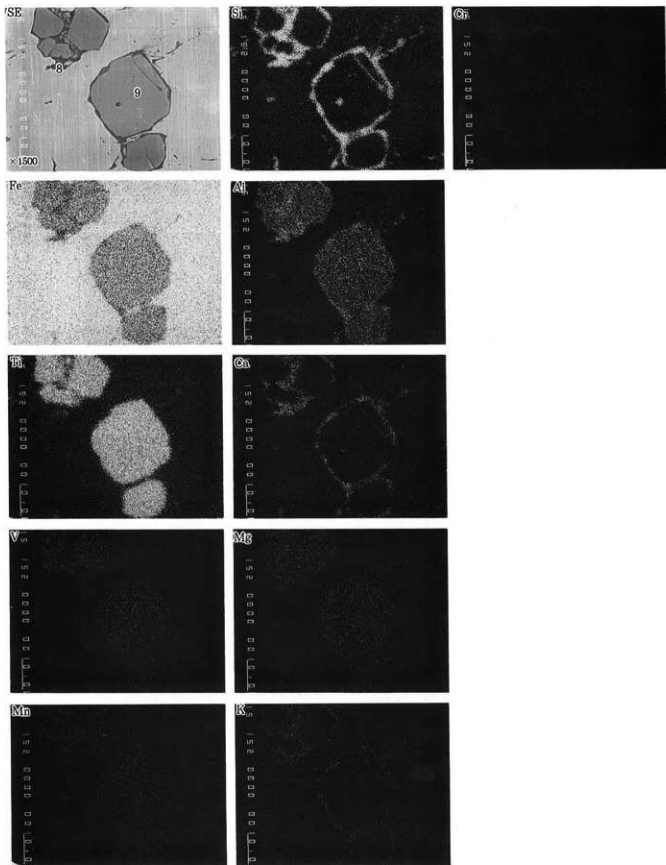
	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL
4	49.777	0.378	0.000	11.185	11.814	14.089	2.200	1.718	0.051	0.570	2.813	5.374	0.000	99.948

写真図版408 鉄釘 (O S A - 3) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

SE		Si
×1500		
Fe		Al
Ti		Ca
Mn		Hg
Na		K

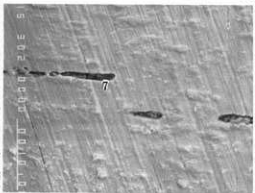







	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL
5	41.674	3.500	0.000	10.279	6.068	14.532	2.843	0.429	0.000	0.785	14.446	3.108	0.126	97.790
6	0.223	1.815	0.000	2.380	7.740	0.578	5.039	0.000	0.208	0.393	80.533	0.078	0.693	99.594

写真図版409 鉄製品（金具）（OOSA-4-1）鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



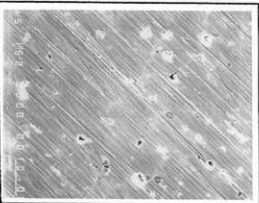

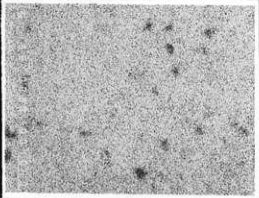


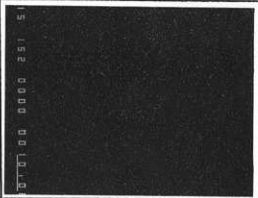
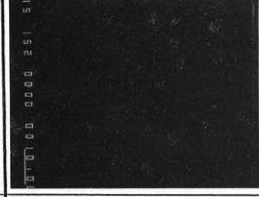
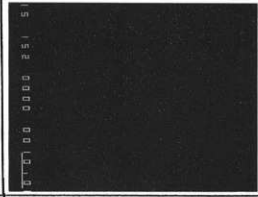


	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL
8	40.363	1.332	0.001	9.061	25.580	10.716	2.050	0.452	0.000	0.515	3.467	3.264	0.042	96.843
	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TOTAL
9	0.089	1.415	0.000	5.033	56.037	0.073	1.769	0.023	0.112	27.061	2.268	6.491	0.006	100.377

写真図版410 鉄製品（金具）（OOSA-4-2）鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

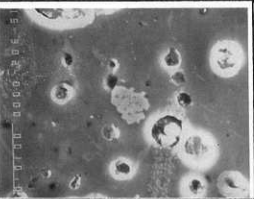
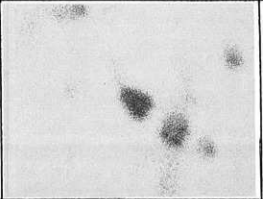

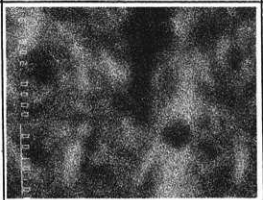
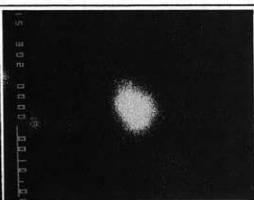
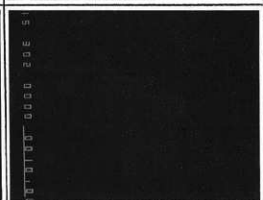



SE			Si
Fe			Al
Ti			Ca
K			Mg

	SiO <sub>2</sub>	MnO	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TOTAL
7	23.422	0.175	0.139	14.032	73.902	3.959	0.206	1.558	0.000	0.501	0.404	5.911	0.000	124.207

写真図版411 包丁 (OOSA-5) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

SE  ×1500			S
Cu			Ag
Sn			Ba
Pb			Sb
As			P

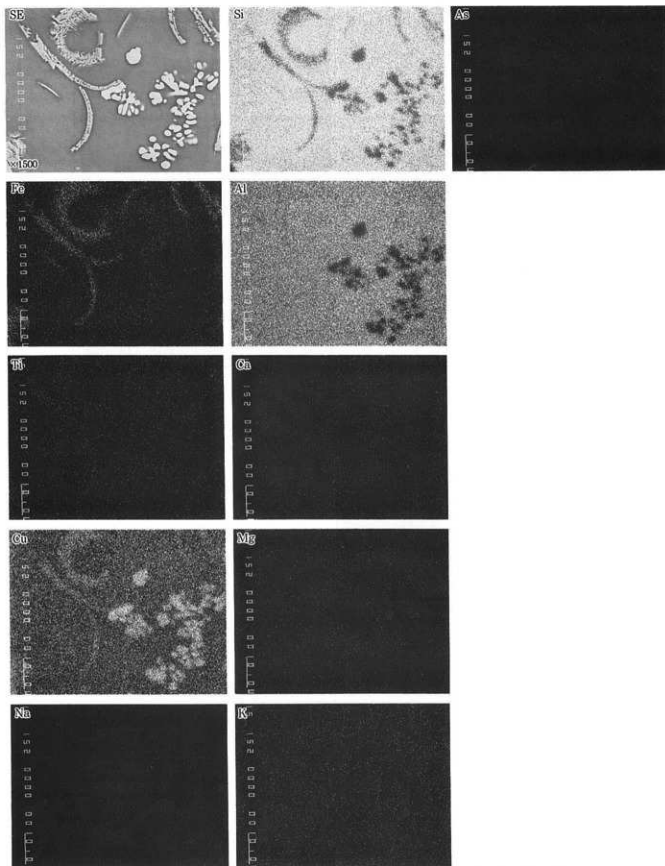
写真図版412 小柄（OOSA-6）外表銅部分の特性X線像

SE  × 3000			Si
Fe			Al
Ti			Ca
Na			Mg
			K

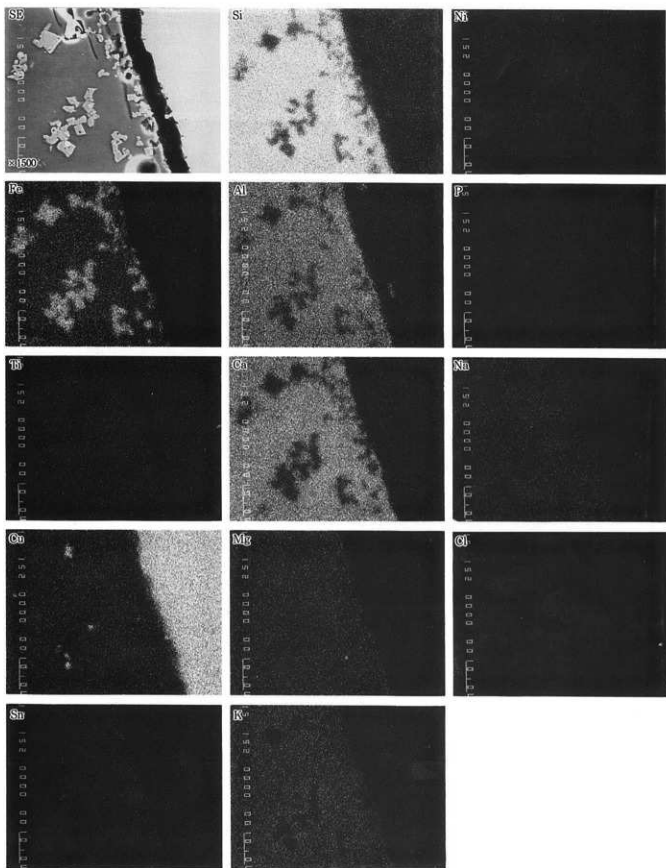
写真図版413 埴場 (OOS A-7) 内面溶融ガラス質中の微小析出物の特性X線像



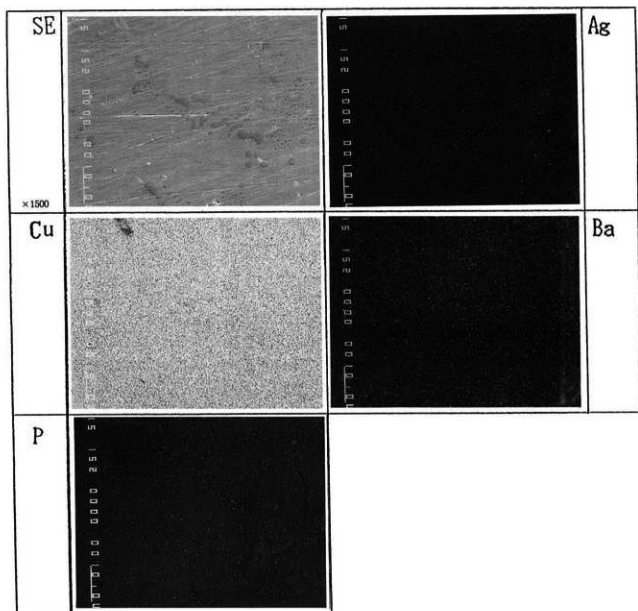




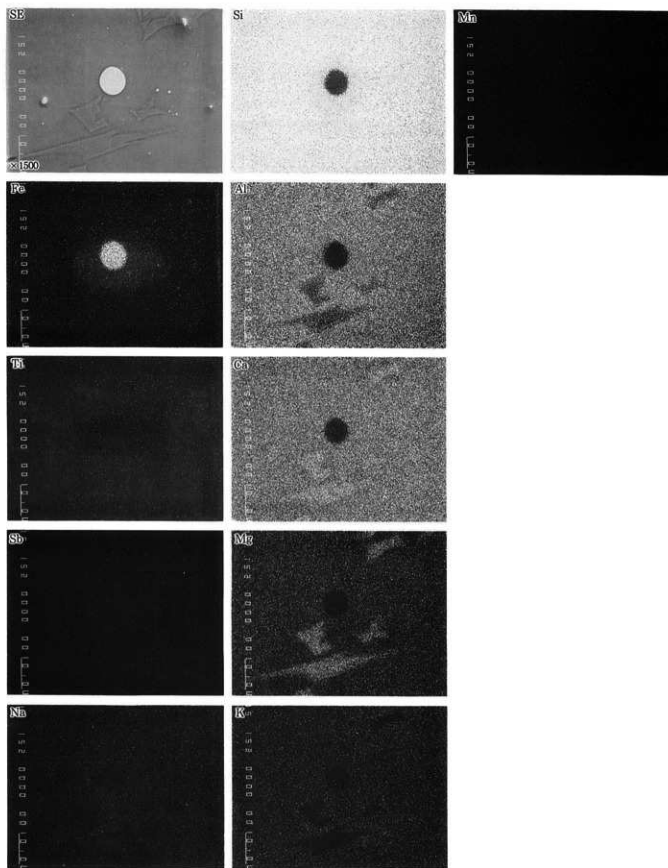
写真図版415 増嶋（OOSA-8-2）内面溶融ガラス質凍中の微小析出物の特性X線像



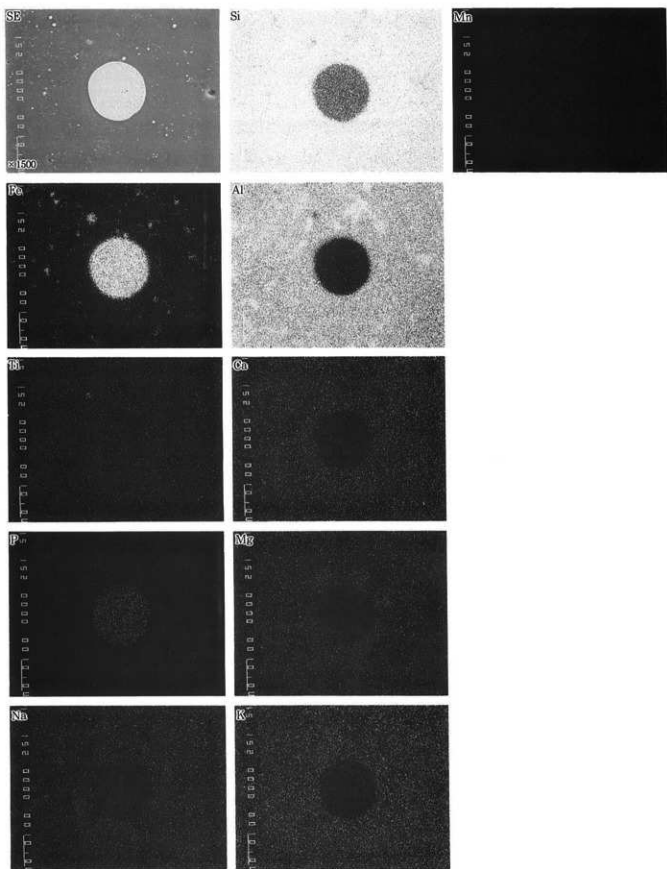
写真図版416 増嶋（OSA-9）内面溶融ガラス質洋中に入する銅及び微小析出物の特性X線像



写真図版417 増嶋 (OOSA-10) 内面熔融ガラス質中に貫入する銅素地の特性X線像



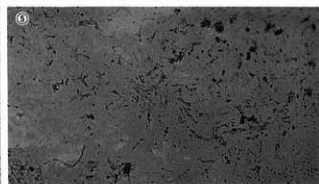
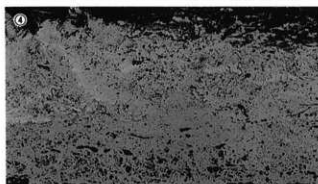
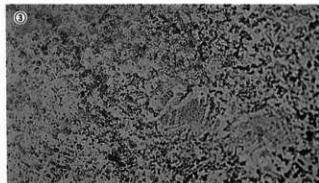
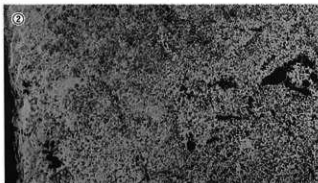
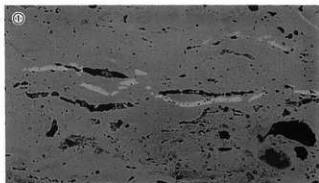
写真図版418 炉壁（OOSA-13）内面溶融ガラス質津中に晶出する微小鉄粒の特性X線像



写真図版419 炉壁（OOSA-14）内面溶融ガラス質中に晶出する微小鉄粒の特性X線像

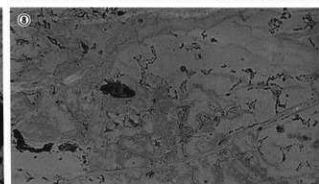
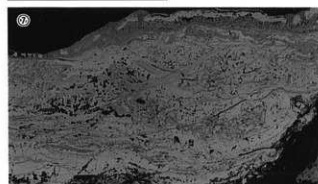
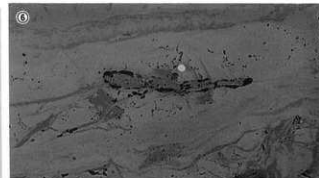
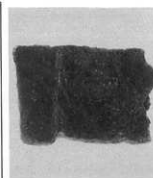
OKS-2  
紡錘車

- ①×400 介在物剥落跡  
②×100 ③×400  
錆化鉄：ゲーサイト  
パーライト痕跡  
④×100 ⑤×400  
フェライト痕跡



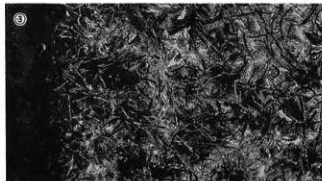
OKS-4  
換錘

- ⑥×400 介在物  
ヴスタイト (FeO)  
⑦×100 ⑧×400  
フェライト地にパーラ  
イト痕跡 (錆化鉄)



OKS-3  
円盤状鉄製品

- ①×400 片状黒鉛とFeS  
②×500 ③×100 ④⑤×400  
ナイトルetch ねずみ銻鉄  
⑥~⑨×200 硬度圧痕  
⑥パーライト: 207Hv 200g  
⑦片状黒鉛: 126Hv 200g  
⑧セメントタイト: 333Hv (50g)  
⑨パーライト: 223Hv (50g)

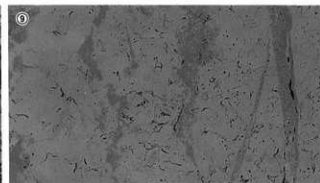
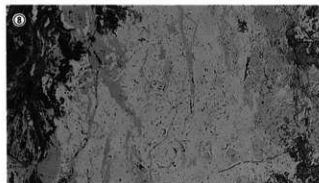
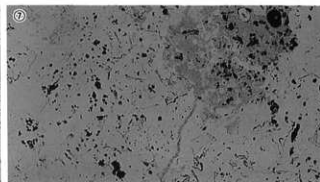
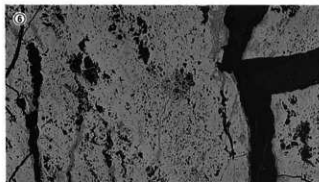
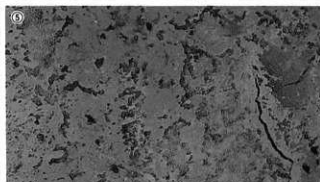
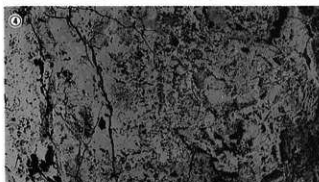
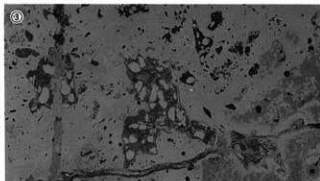
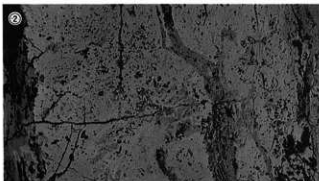
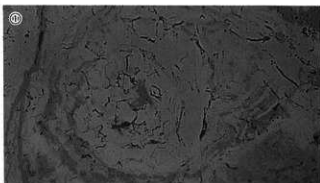
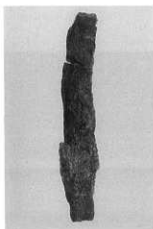


写真図版421 鉄製品の顕微鏡組織



OKS-5  
鋳

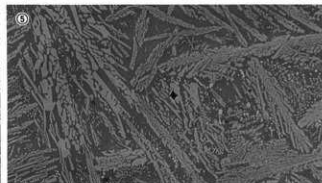
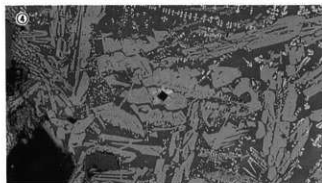
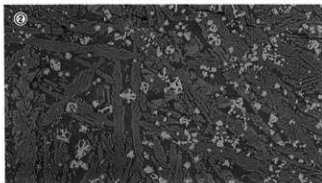
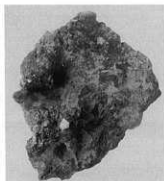
- ①×400 錆化鉄フェライト  
痕跡 パーライト少量析出  
②×100 ③×400  
介在物：ウスタイト (FeO)  
④×100 ⑤×400  
パーライト痕跡  
⑥⑧×100 ⑦⑨×400  
パーライト痕跡



写真図版422 鉄製品の顕微鏡組織

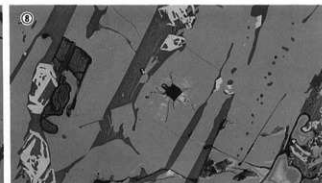
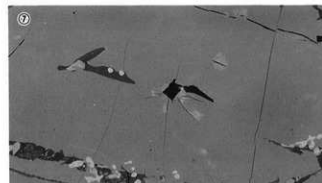
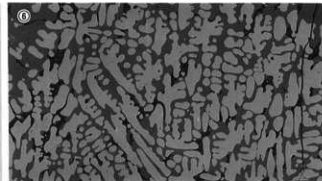
OKS-6  
 碗形鍛冶滓

- ①×100 ファイヤライト  
 ②×200 ③×400  
 マグネタイト+ファイヤライト  
 ④⑤×200 硬度圧痕  
 ⑥ファイヤライト：684Hv 100g  
 ⑦ファイヤライト：674Hv 50g



OKS-7  
 碗形鍛冶滓

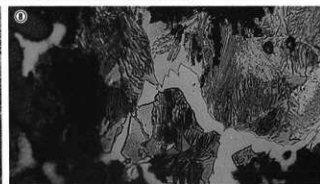
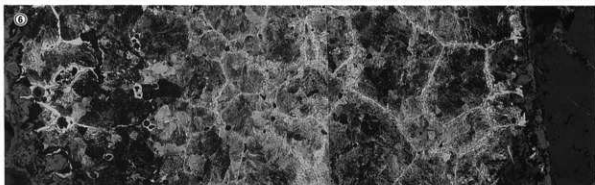
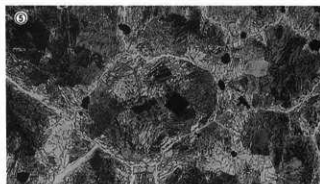
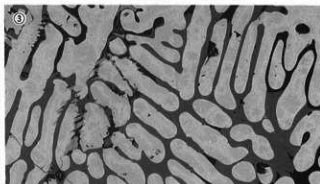
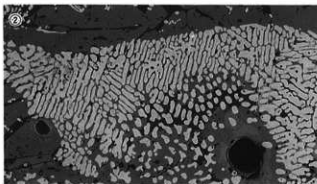
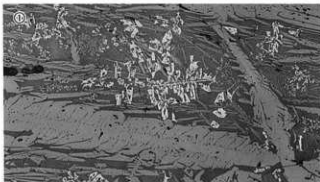
- ⑥×100  
 ユスタイト (FeO) +  
 マグネタイト  
 ⑦⑧×200 硬度圧痕  
 ⑦ファイヤライト：499Hv  
 異常値  
 ⑧ファイヤライト：619Hv



写真図版423 鉄滓の顕微鏡組織

OKS-8  
鉄片入り碗形鐵冶滓

- ①×100 マグネタイト  
②×200 ③×400  
ウスタイト  
④×400 介在物 FeS  
⑤×200 硬度圧痕  
パーライト: 295Hv 200g  
⑥×100 ⑦⑧×400  
初析セメンタイトとパー  
ライト 過共析鋼



写真図版424 鉄片入り鉄滓の顕微鏡組織

OKS-9

梘形鐵渣滓

①②×100 ③④×400

鐵渣剝片 (內層非晶質)

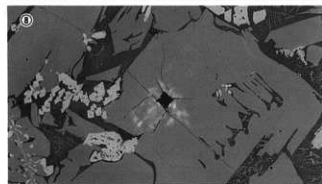
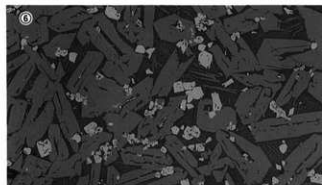
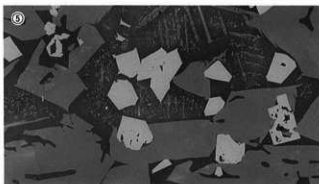
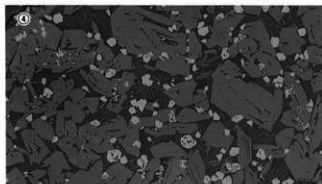
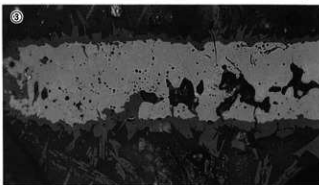
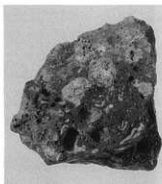
④⑥×100 ⑤⑦×400

ファイヤライト+マグネ  
タイト

⑧⑨×200 硬度圧痕

⑧ファイヤライト: 653Hv

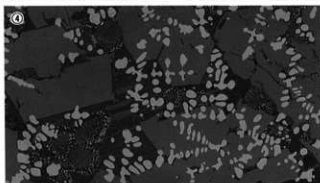
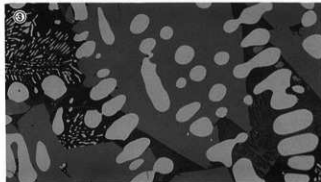
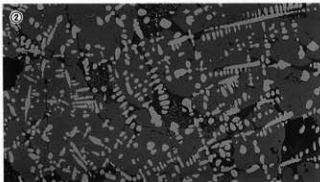
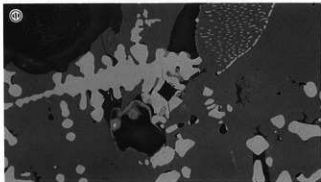
⑨マグネタイト: 675Hv



写真図版425 鉄滓の顕微鏡組織

OKS-10  
 輪形鍛冶滓

①×200  
 硬度圧痕 200g  
 ゴースタイト: 443Hv  
 ②④×100 ③⑤×400  
 ゴースタイト+ファイヤ  
 ライト



OKS-11  
 輪形鍛冶滓

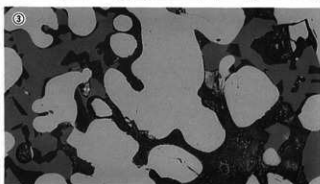
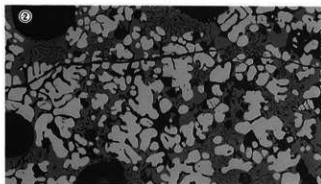
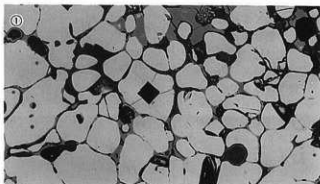
⑥×200 硬度圧痕  
 ファイヤライト:  
 443Hv?  
 ⑦×100 ⑧×400  
 ファイヤライト+マグ  
 ネット



写真図版426 鉄滓の顕微鏡組織

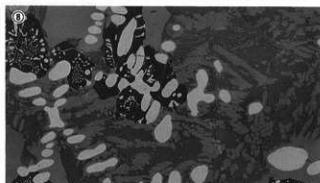
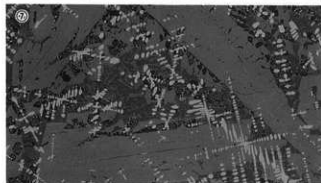
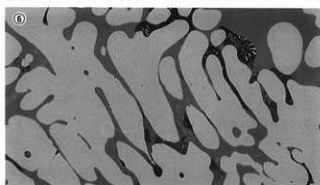
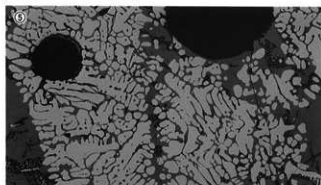
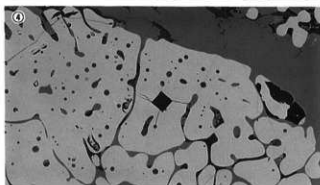
OKS-12  
碗形鍛冶滓

- ①×200 硬度圧痕200g  
ヴスタイト：366Hv  
②×100 ③×400  
ヴスタイト+ファイヤライ  
ト



OKS-13  
碗形鍛冶滓

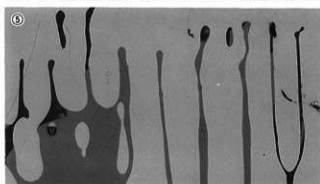
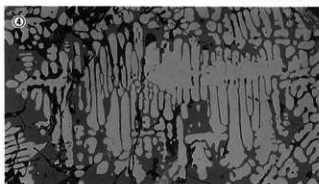
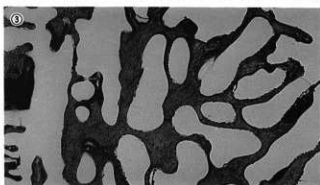
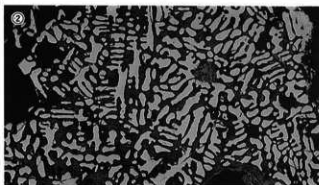
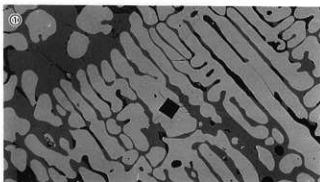
- ④×200  
硬度圧痕 200g  
ヴスタイト：459Hv  
⑤×100 ⑥×400  
ヴスタイト凝集晶出  
⑦×100 ⑧×400  
ファイヤライト+ヴ  
スタイト



写真図版427 鉄滓の顕微鏡組織

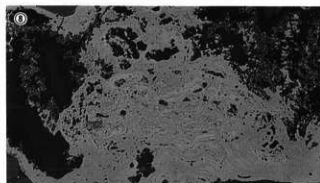
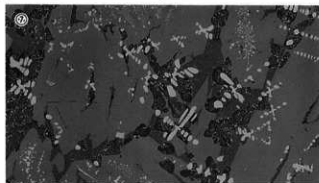
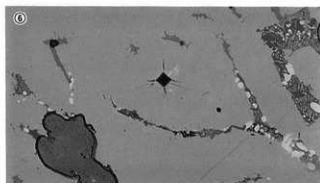
OKS-14  
碗形鍛冶滓

①×200 硬度圧痕  
ヴスタイト：441Hv 200g  
②④×100 ③⑤×400  
ヴスタイト+ファイヤライト



OKS-15  
碗形鍛冶滓

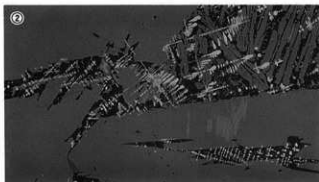
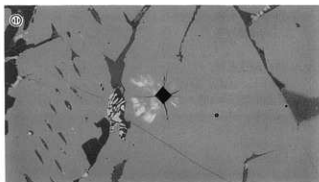
⑥×200 硬度圧痕  
ファイヤライト：655Hv  
⑦×100  
ファイヤライト+ヴスタイト  
⑧×100 錆化鉄  
ゲーサイト ( $\alpha$ -FeO·OH)



写真図版428 鉄滓の顕微鏡組織

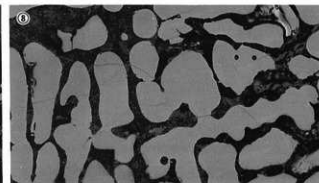
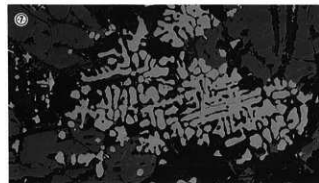
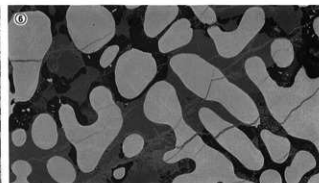
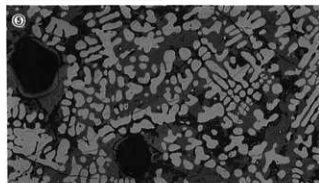
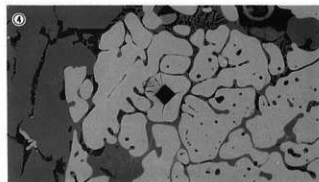
OKS-16  
 碗形鐵冶滓

- ①×200 硬度圧痕  
 ファイヤライト：  
 691Hv  
 ②×100 ③×400  
 ファイヤライト+ヴス  
 タイト



OKS-17  
 碗形鐵冶滓

- ④×200 硬度圧痕 200g  
 ヴスタイト：425Hv  
 ⑤⑦×100 ⑥⑧×400  
 ヴスタイト+ファイヤ  
 ライト

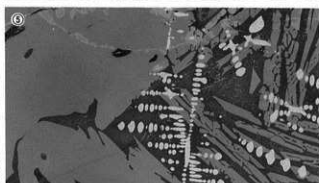
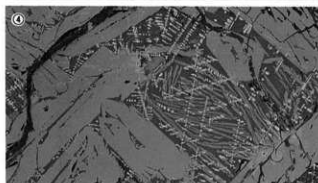
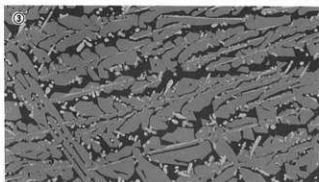
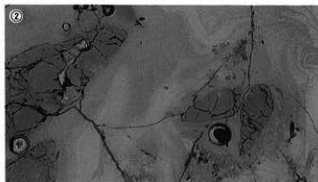
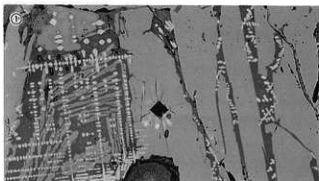


写真図版429 鉄滓の顕微鏡組織



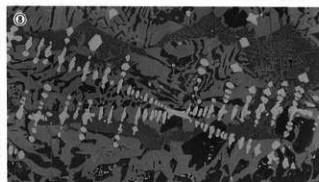
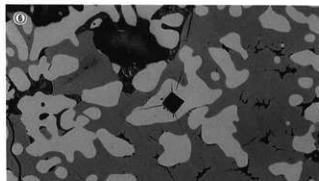
OKS-18  
碗形鍛冶滓

- ①×200 硬度圧痕  
ファイヤライト: 615Hv 200g  
②×100 暗黒色ガラス質スラグ  
③×400  
ファイヤライト+ヴスタイト  
④×100 ⑤×400  
ファイヤライト+微小ヴスタイト



OKS-19  
碗形鍛冶滓

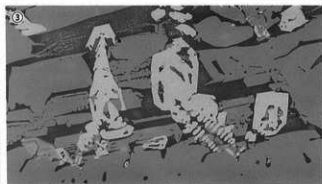
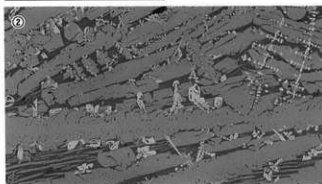
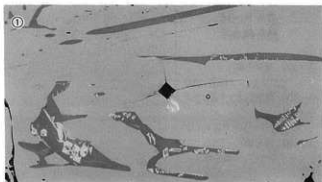
- ⑥×200 硬度圧痕  
ヴスタイト: 441Hv 200g  
⑦×100 ⑧×400  
ファイヤライト+微小ヴスタイト



写真図版430 鉄滓の顕微鏡組織

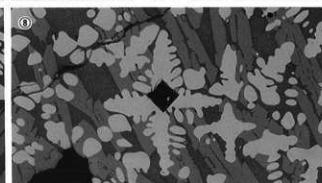
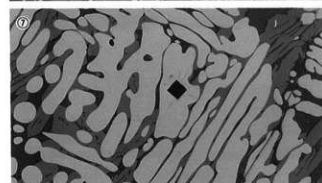
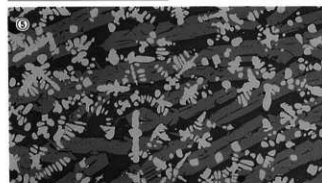
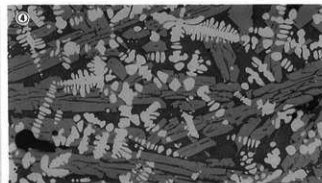
OKS-20  
碗形鍛冶滓

- ①×200 硬度圧痕 200g  
ファイヤライト: 635Hv  
②×100 ③×400  
ファイヤライト+マグネ  
タイト



OSK-27  
碗形鍛冶滓

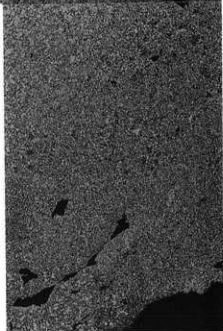
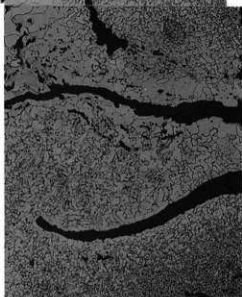
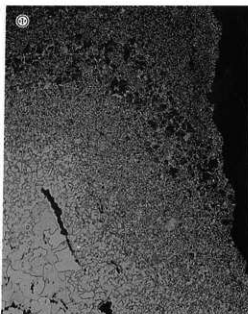
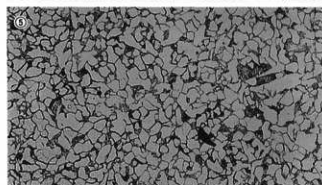
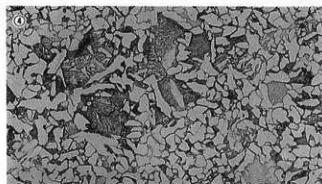
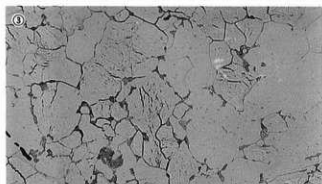
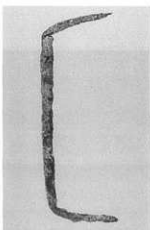
- ④⑤×100 ⑥×400  
グスタイト+ファイヤ  
イト  
⑦⑧×200 硬度圧痕  
⑦グスタイト: 494Hv  
⑧グスタイト: 184Hv?  
(異常値)



写真図版431 鉄滓の顕微鏡組織

OKS-22①  
錠

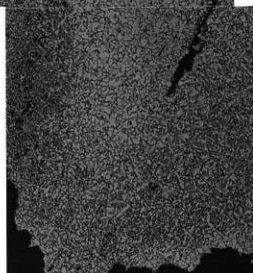
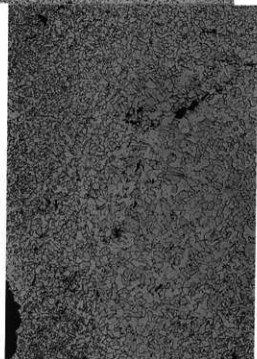
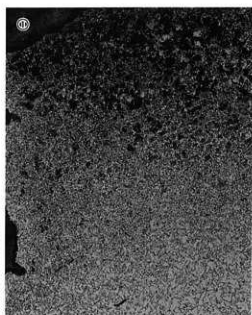
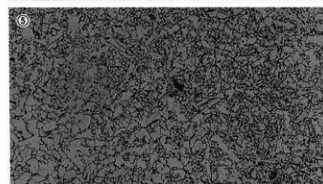
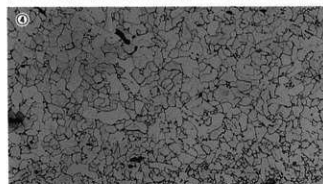
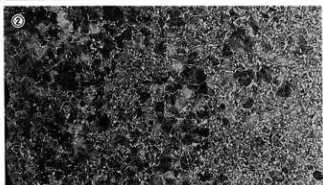
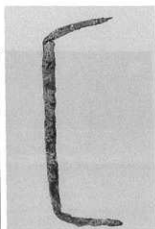
- ①×50 ナイタル etch
- ②×400
- ①の上部浸炭組織
- ③×400 母材フェライト
- ④×400 浸炭拡散層
- ⑤×400 浸炭拡散層



写真図版432 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-22②  
錠

- ①×50 ナイタルetch  
②×100 ③×400  
①の上部拡大 浸炭組織  
④⑤×100

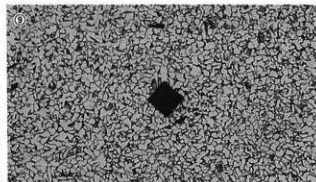
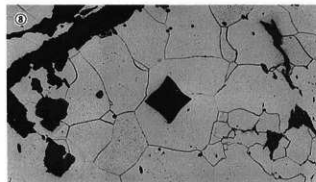
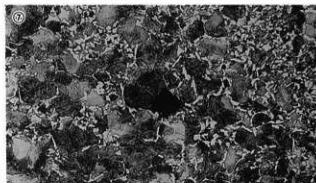
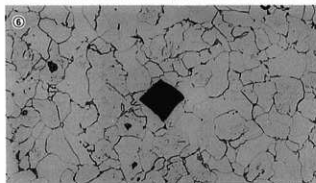
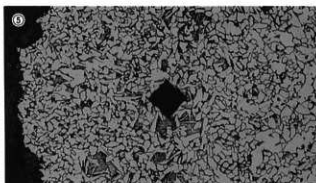
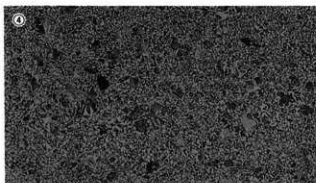
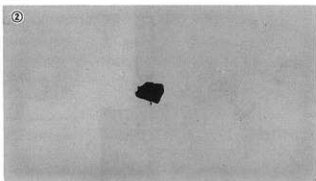
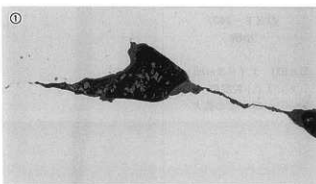


写真図版433 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-22③

鋳

- ①×400 介在物 (ウルボ)
- ②×100 ③×400 介在物
- ④×100 ナイタルetch
- ⑤~⑧×200 硬度圧痕
- ⑤微量パーライト: 144Hv
- ⑥⑦フェライト粗大粒:  
107Hv、97.0Hv
- ⑧パーライト・フェライト:  
196Hv
- ⑨フェライト微細粒: 154Hv



写真図版434 鉄製品の顕微鏡組織

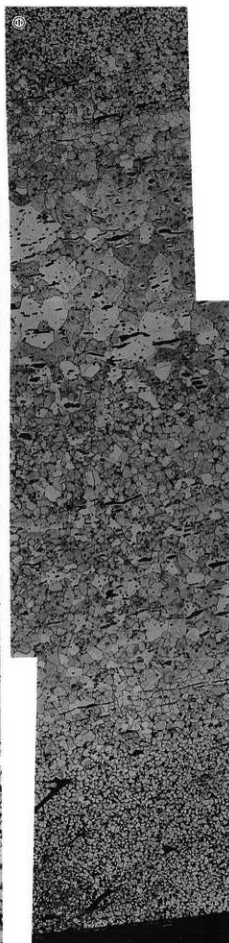
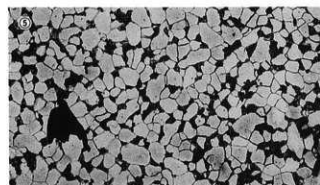
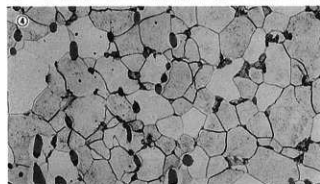
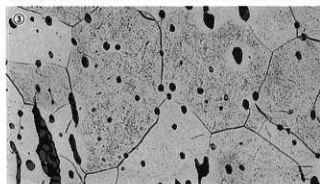
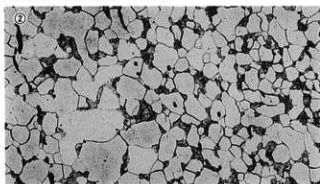
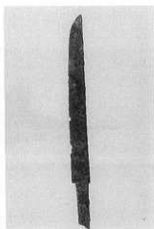
OKS-24①

小柄

①×100 ナイタルetch

フェライト粒混粒

②~⑤×400 ①の拡大



写真図版435 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-24②

小柄

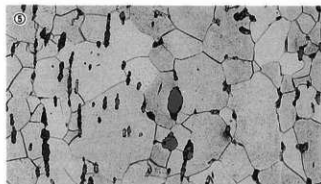
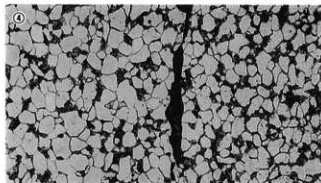
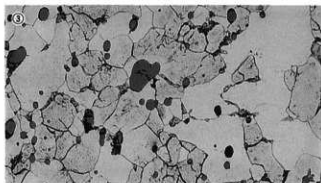
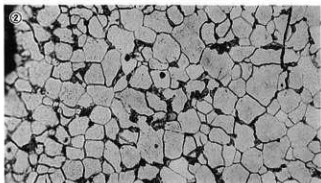
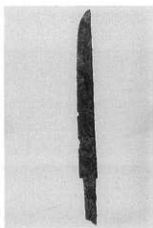
①×100 ナイタルetch

フェライト混粒

折返し曲げ鍛接

②~⑤×400

②~④は①の拡大



写真図版436 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-24③

小柄

①×400 介在物：イルミナイト

②×400 ③×400 ヴスタイト

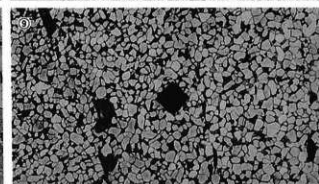
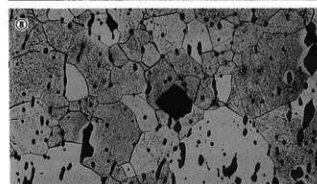
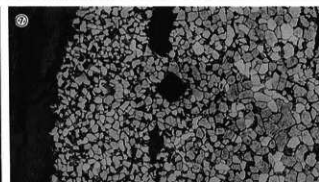
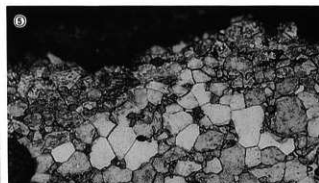
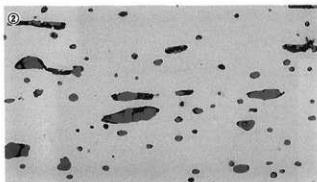
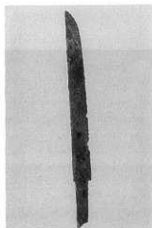
④×100 ⑤×400 先端

⑦~⑨×200 硬度圧痕

⑦フェライト微細粒 197Hv

⑧フェライト微細粒 154Hv

⑨フェライト微細粒 179Hv

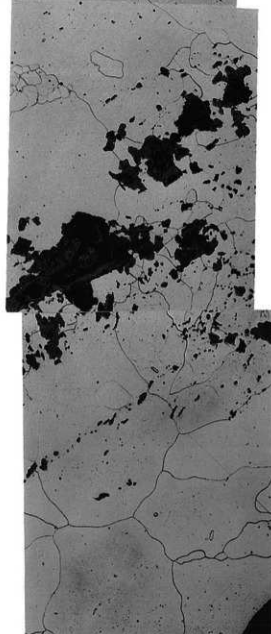
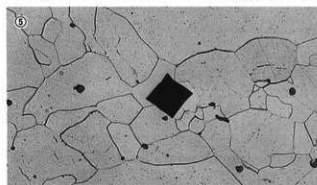
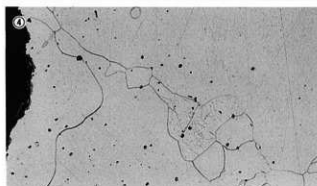
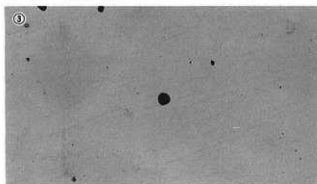
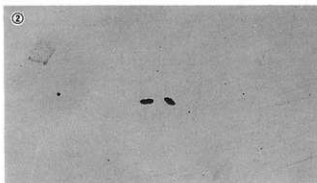
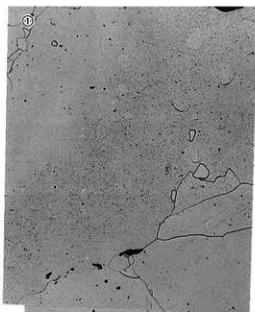
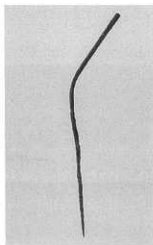


写真図版437 鉄製品の顕微鏡組織



OXS-25  
金箸

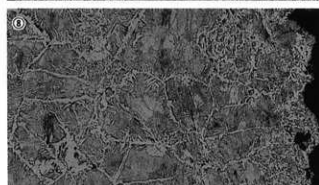
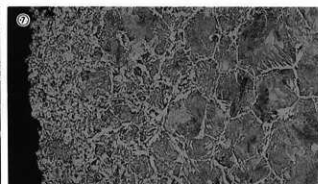
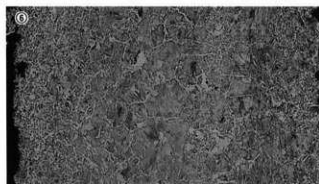
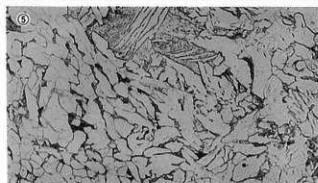
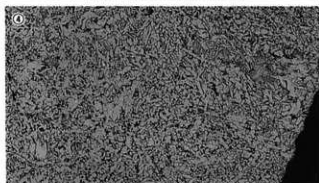
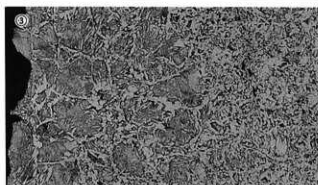
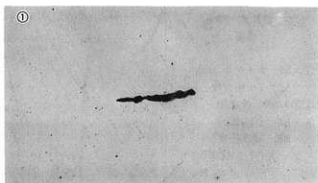
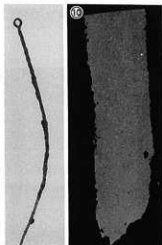
- ①×50 ナイタル etch  
フェライト粗大粒  
②③×400 介在物  
④×100 ①の拡大  
⑤×200 硬度圧痕  
フェライト：99.0Hv



写真図版438 鉄製品の顕微鏡組織

O K S - 26 L 方向  
金箸

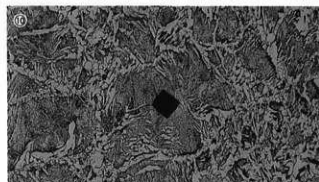
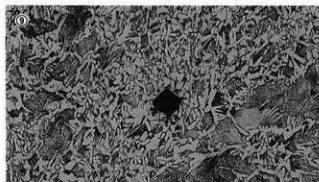
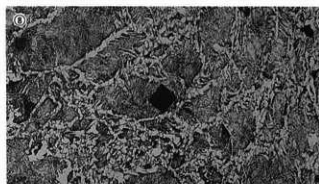
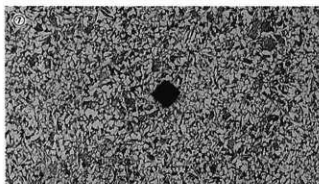
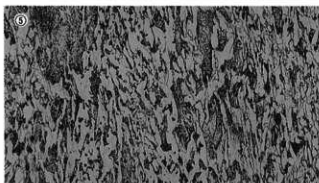
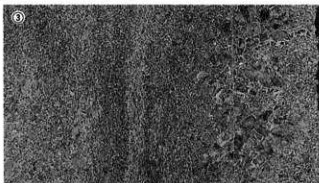
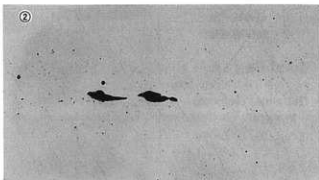
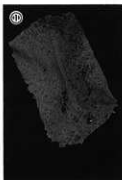
- ①×400 介在物  
②×50 ③④×100 ⑤×400  
フェライト・パーライト  
⑥×50 ⑦⑧×100 ⑨×400  
フェライト・パーライト  
⑩マクロ組織×10



写真図版439 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-26 C方向  
金箸

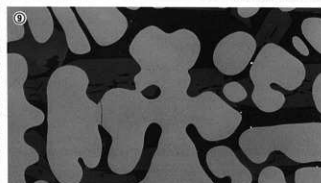
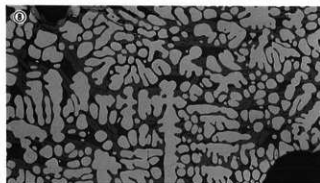
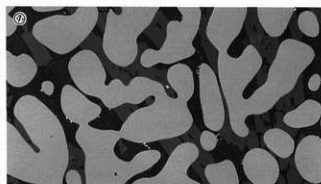
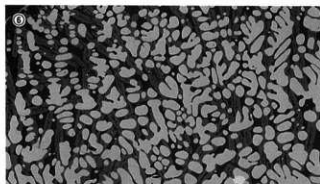
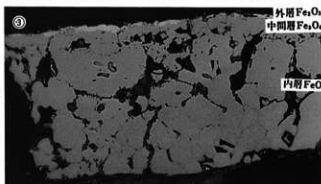
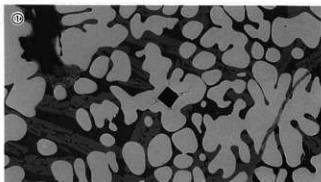
- ①×10 マクロ組織  
 ②×400 介在物  
 ③×100 ナイタルetch  
 ④~⑥×400 ③の拡大  
 ⑦~⑨×200 硬度圧痕  
 フェライト・パーライト  
 ⑦253Hv ⑧244Hv  
 ⑨238Hv ⑩254Hv



写真図版440 鉄製品の顕微鏡組織

OKS-28  
碗形鍛冶滓

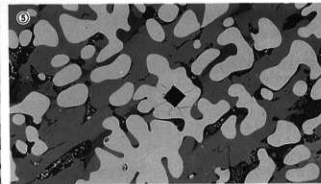
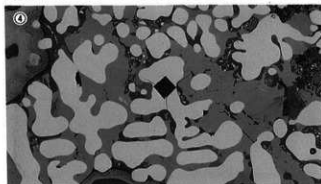
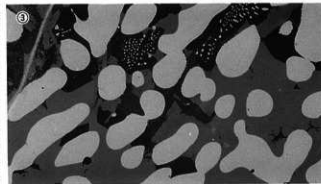
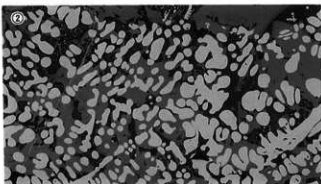
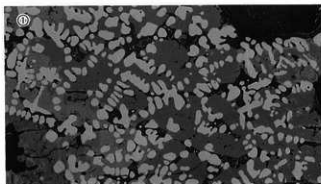
- ①×200 硬度圧痕  
ヴスタイト: 430Hv 200g  
②④×100 ③⑤×400  
鍛造切片  
⑥⑧×100 ⑦⑨×400  
ヴスタイト+ファイヤラ  
イト



写真図版441 鉄滓の顕微鏡組織

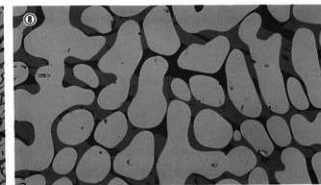
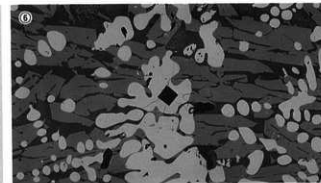
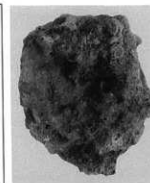
OKS-29  
 梔形鍛冶滓

①②×100 ③×400  
 ヴスタイト+ファイヤラ  
 イト  
 ④⑤×200 硬度圧痕  
 ④ヴスタイト：405Hv  
 ⑤ヴスタイト：393Hv

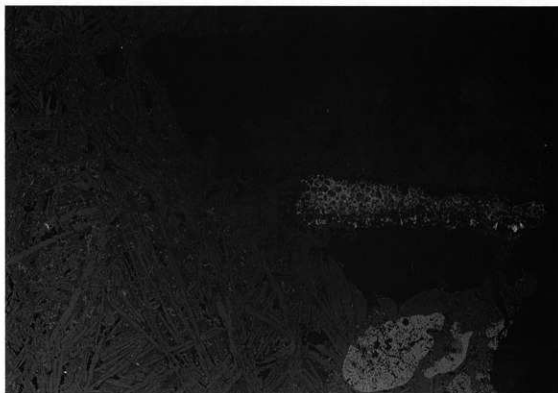


OKS-30  
 梔形鍛冶滓

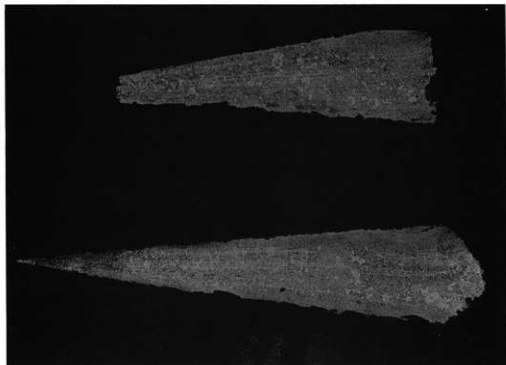
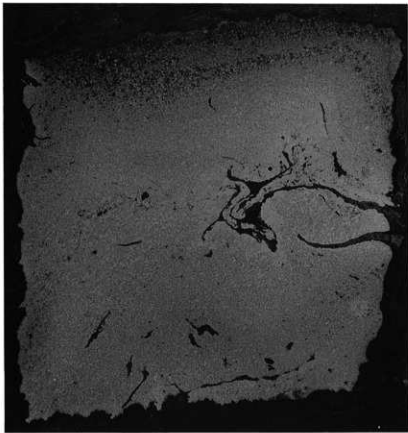
⑥×200 硬度圧痕  
 ヴスタイト：475Hv 200g  
 ⑦×100 ⑧×400  
 ヴスタイト+ファイヤラ  
 イト



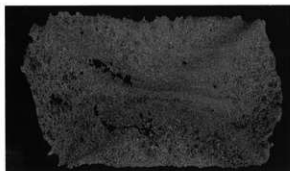
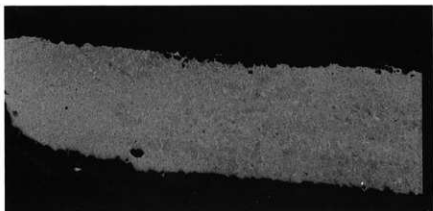
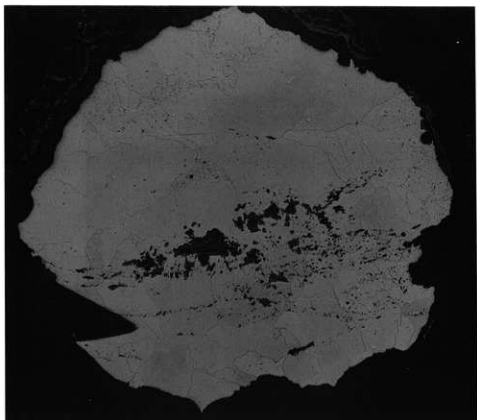
写真図版442 鉄滓の顕微鏡組織



上段：鋳 (OKS-5) のマクロ組織 (×10)  
下段：塊形棒 (OKS-8) のマクロ組織 (×10)  
写真図版445 鉄製品のマクロ組織



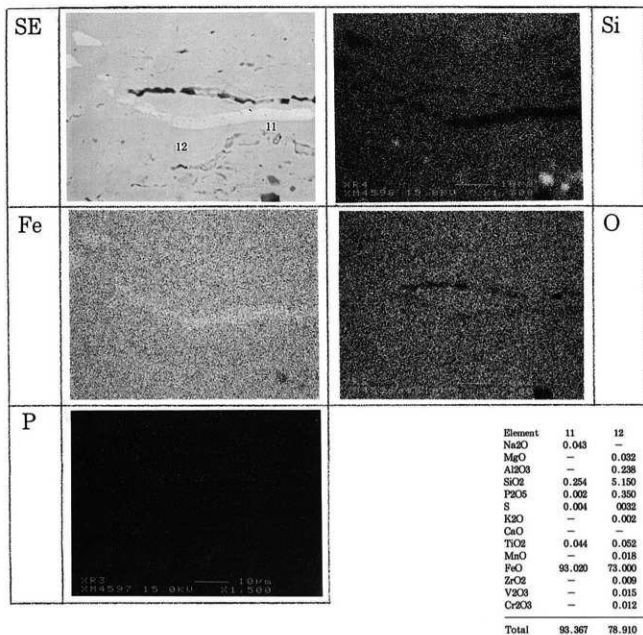
上段：鉄 (OKS-22) のマクロ組織 (×20)  
下段：小柄 (OKS-24) のマクロ組織 (×10)  
写真図版446 鉄製品のマクロ組織



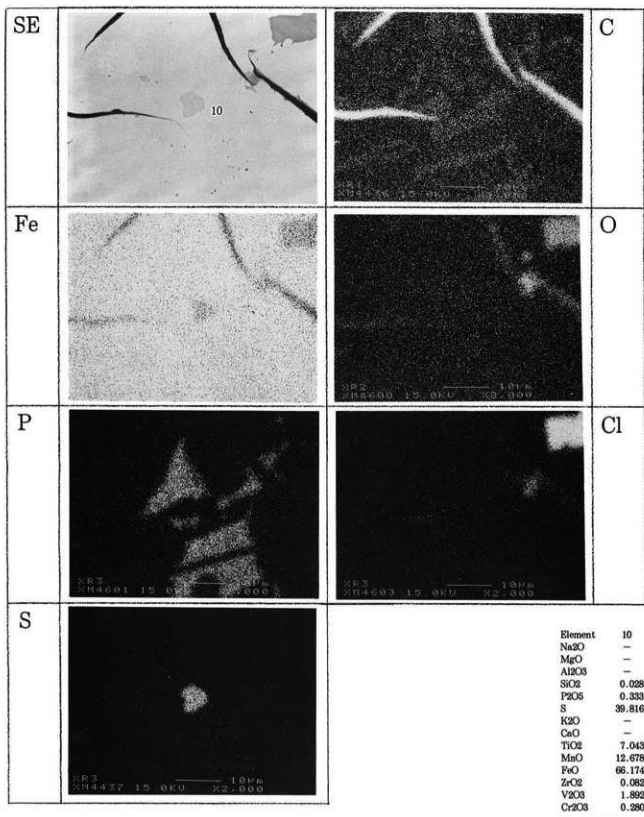
上段：金管（OKS-25）のマクロ組織（ $\times 20$ ）  
中段：金管（OKS-26）（鍛伸方向）のマクロ組織（ $\times 20$ ）  
下段：金管（OKS-26）（断面方向）のマクロ組織（ $\times 20$ ）

写真図版447 鉄製品のマクロ組織

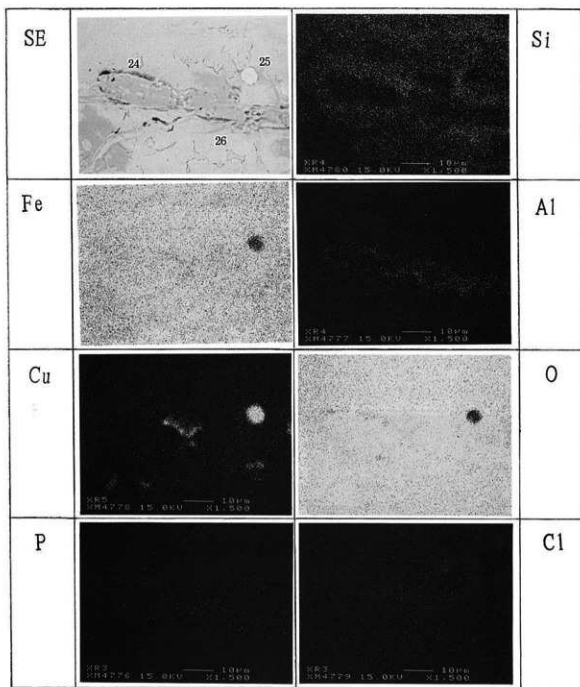




写真図版448 紡錘車 (OKS-2) 錆化鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

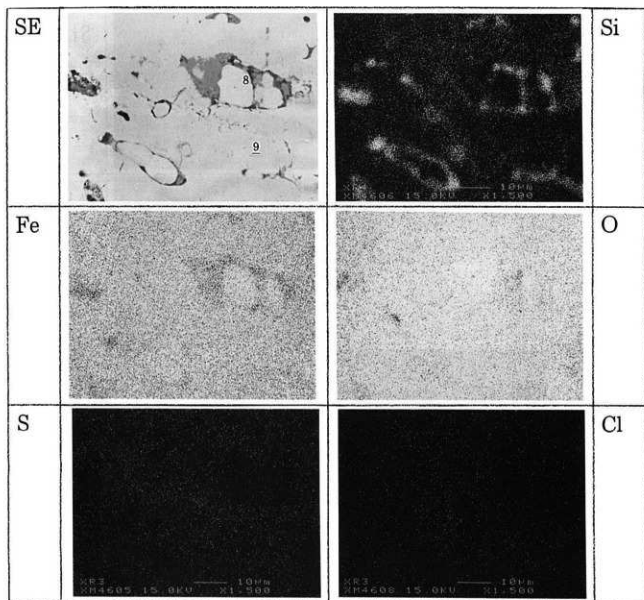


写真図版449 円盤状鉄製品 (OKS-3) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値及び片状黒鉛の特性X線像



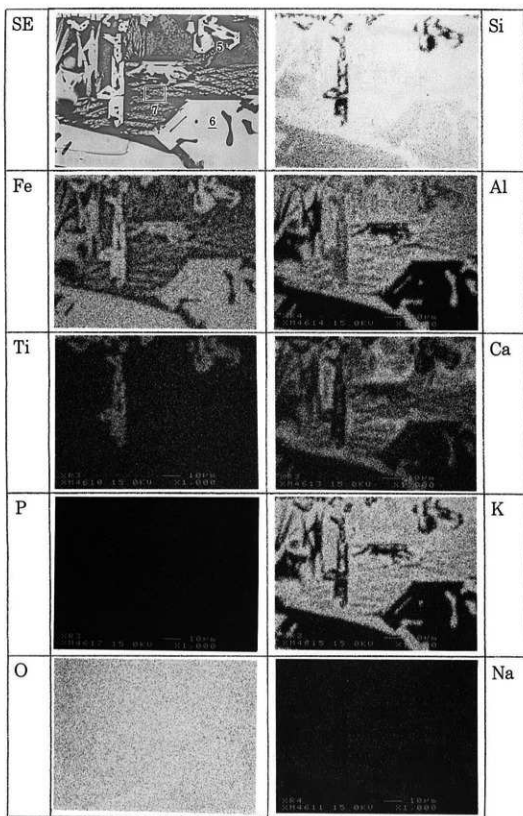
Element	24	25	26
Na <sub>2</sub> O	0.018	—	—
MgO	0.022	0.014	0.001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.154	—	—
SiO <sub>2</sub>	0.308	—	0.377
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.203	0.416	0.002
S	0.019	0.062	0.025
K <sub>2</sub> O	—	—	—
CaO	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.058	0.099	0.048
MnO	0.053	—	—
FeO	77.245	9.788	91.193
ZrO <sub>2</sub>	—	—	0.009
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—
Cu <sub>2</sub> O	0.263	147.010	0.004
Total	78.363	157.389	91.659

写真図版450 鋼鉄 (OKS-4) 鋳化鉄中の銅粒の特性X線像と定量分析値



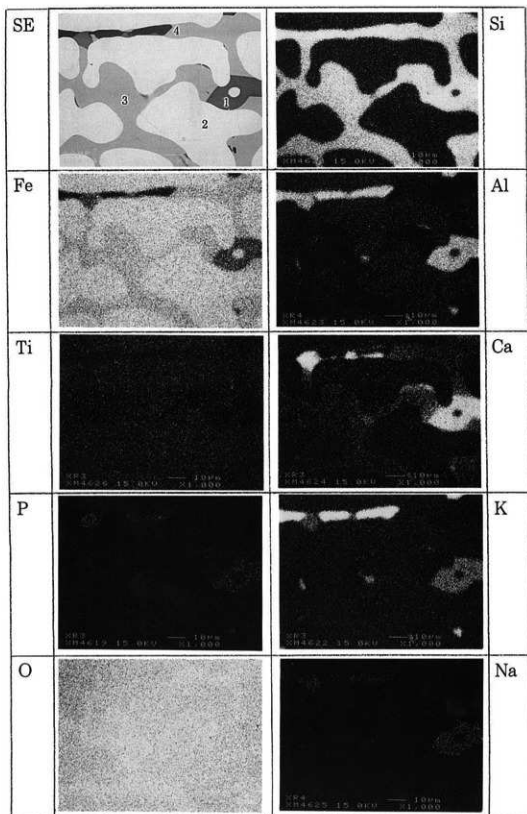
Element	8	9
Na <sub>2</sub> O	—	0.032
MgO	0.384	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.116	0.024
SiO <sub>2</sub>	0.068	0.347
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.002
S	—	0.199
K <sub>2</sub> O	—	—
CaO	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.145	0.007
MnO	0.426	0.010
FeO	98.859	91.421
ZrO <sub>2</sub>	—	—
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.028	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.016	0.036
Total	100.042	92.078

写真図版451 鋳 (OKS-5) 錆化鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



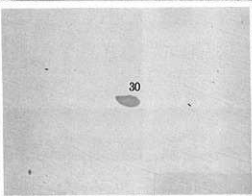

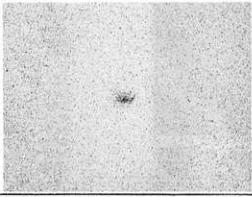


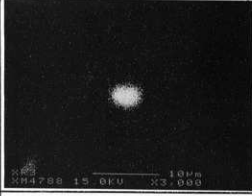

Element	5	6	7
Na <sub>2</sub> O	0.058	—	0.708
MgO	—	0.221	0.018
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.345	0.089	12.155
SiO <sub>2</sub>	0.647	31.270	51.712
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.059	0.377
S	—	0.009	0.041
K <sub>2</sub> O	0.070	0.023	6.253
CaO	—	0.106	2.802
TiO <sub>2</sub>	3.692	0.058	0.272
MnO	—	0.036	0.011
FeO	86.344	73.935	28.624
ZrO <sub>2</sub>	—	—	—
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.071	0.007	0.015
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0.049	0.005
Total	98.227	105.862	102.993

写真図版452 碗形滓 (OKS-7-1) 鉱物相の特性X線像と定量分析値



Element	1	2	3	4
Na <sub>2</sub> O	2.784	—	0.061	0.489
MgO	—	—	0.241	0.010
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.344	1.131	0.070	26.287
SiO <sub>2</sub>	40.463	0.584	31.274	66.302
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.918	—	0.098	0.146
S	0.203	0.017	—	0.013
K <sub>2</sub> O	2.291	—	—	7.183
CaO	12.521	—	0.159	0.059
TiO <sub>2</sub>	0.046	0.185	0.040	0.026
MnO	0.046	0.014	0.120	0.043
FeO	22.930	101.023	72.589	3.112
ZnO	—	0.027	0.048	0.083
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.004	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	0.106
Total	100.645	102.986	104.700	103.859

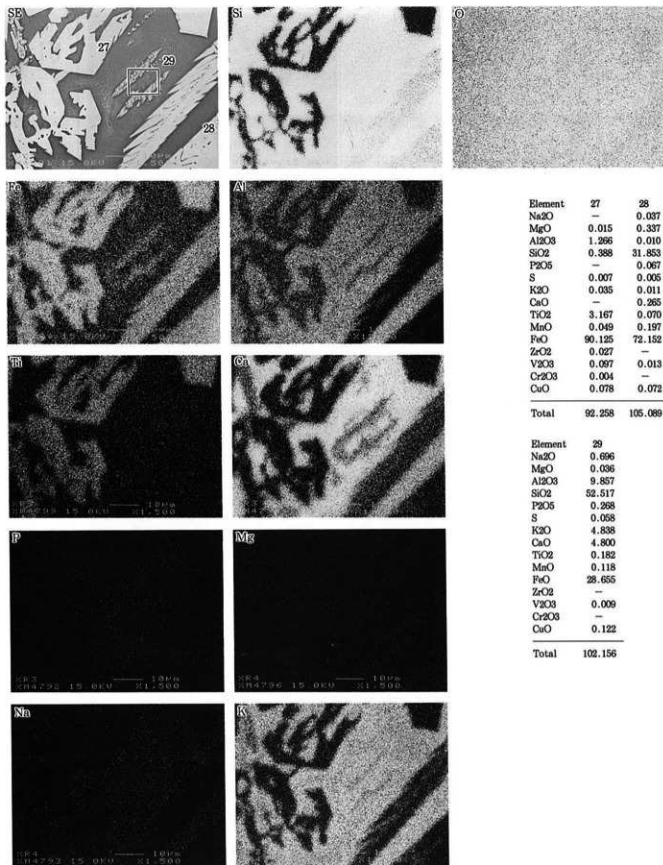
写真図版453 梶形滓 (OKS-7-2) 鉱物相の特性X線像と定量分析値

SE			Si
Fe			P
Mn			S
Cu			

Element	30
Na <sub>2</sub> O	—
MgO	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.001
SiO <sub>2</sub>	0.031
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—
S	33.554
K <sub>2</sub> O	—
CaO	0.073
TiO <sub>2</sub>	0.152
MnO	63.751
FeO	20.176
ZrO <sub>2</sub>	0.049
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.065
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.130
CuO	0.606

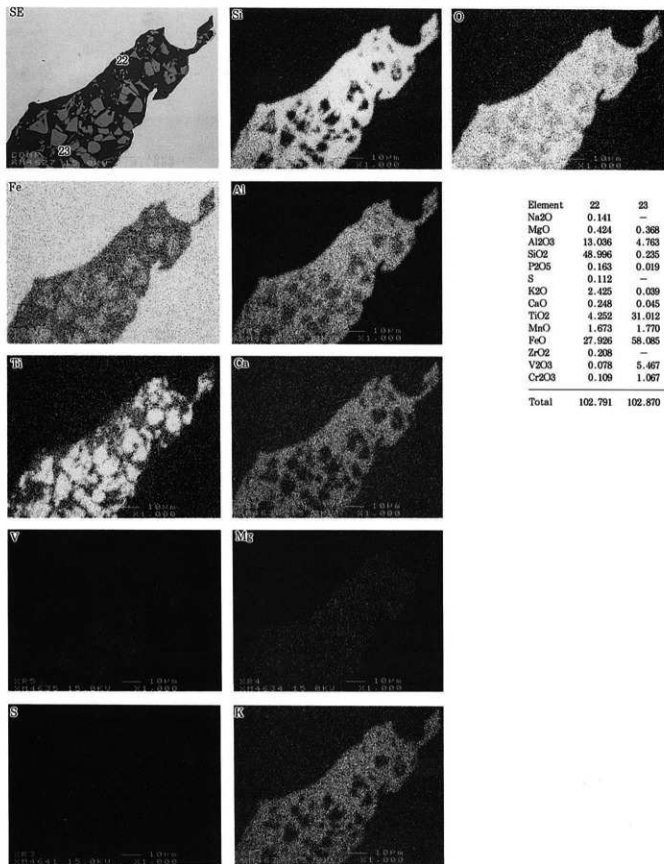
Total 118.588

写真図版454 純形滓 (OKS-8-1) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

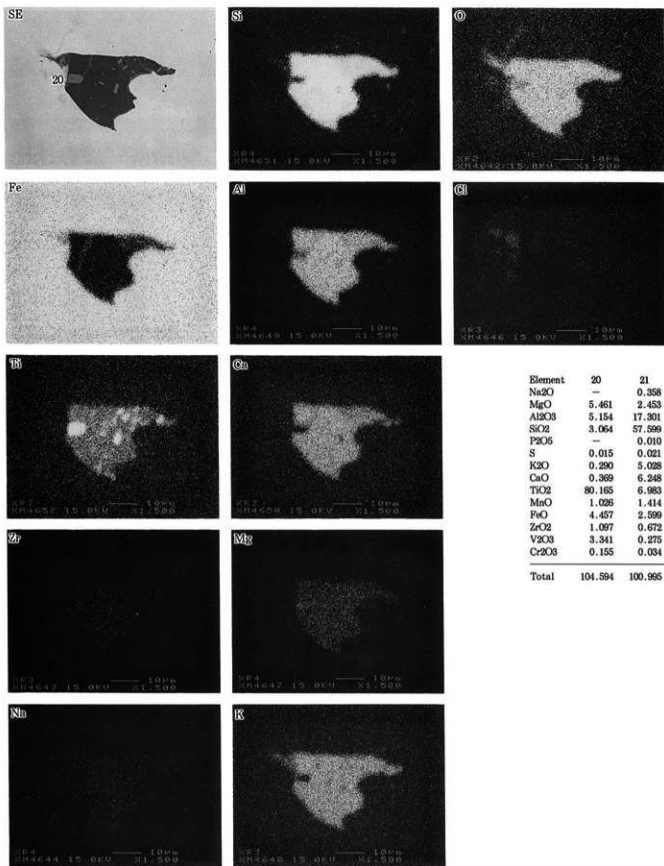


写真図版455 椀形滓 (OKS-8-2) 鉱物相の特性X線像と定量分析値

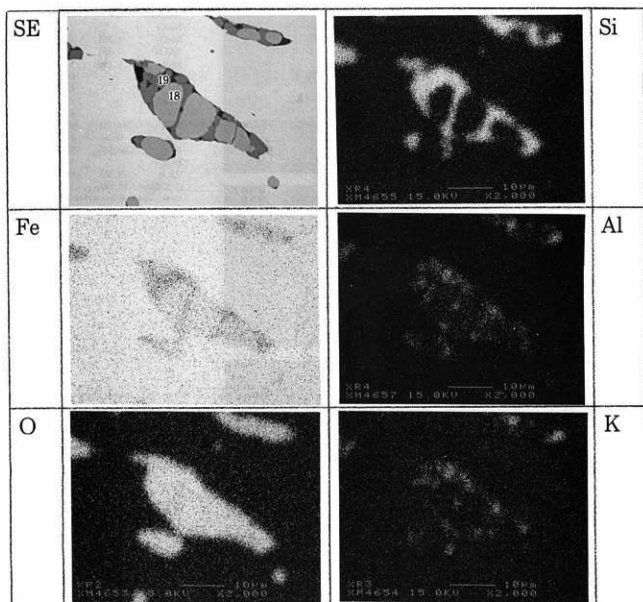




写真図版456 鋸 (OKS-22) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値

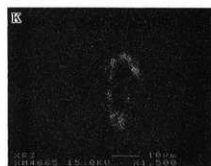
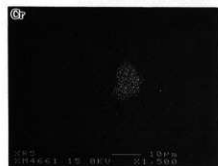
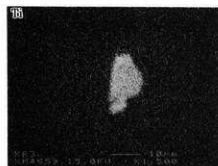
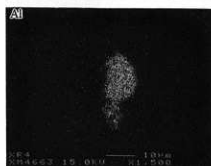
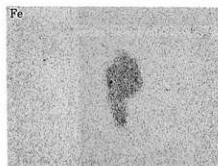
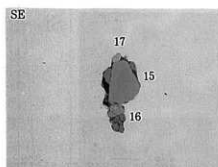


写真図版457 小柄 (OKS-24-1) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



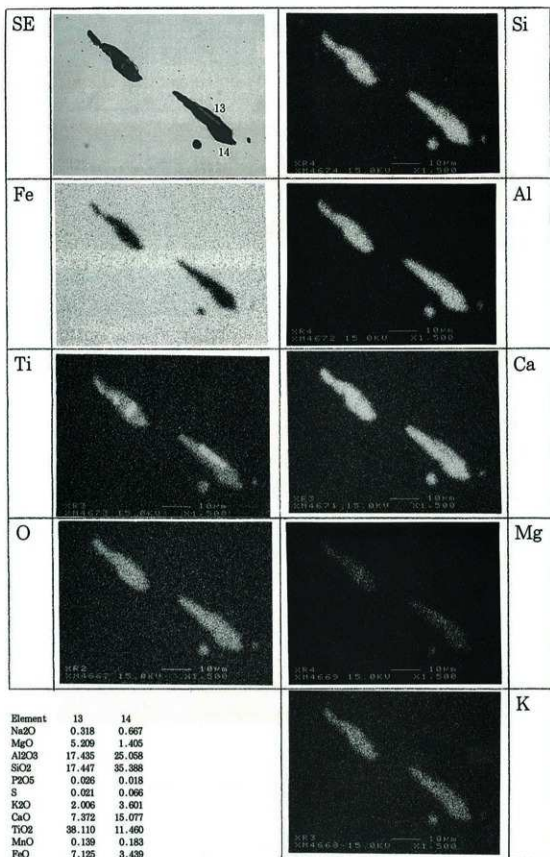
Element	18	19
Na <sub>2</sub> O	0.056	—
MgO	0.069	0.051
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.391	1.213
SiO <sub>2</sub>	0.791	3.509
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.028	0.085
S	—	0.009
K <sub>2</sub> O	—	0.120
CaO	—	0.209
TiO <sub>2</sub>	0.264	0.217
MnO	0.130	0.081
FeO	100.531	97.724
ZrO <sub>2</sub>	0.063	0.055
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.057	0.042
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.024	0.012
Total	102.404	103.327

写真図版458 小柄 (OKS-24-2) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



Element	15	16	17
Na <sub>2</sub> O	—	—	—
MgO	1.358	0.192	0.154
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.086	4.248	0.210
SiO <sub>2</sub>	0.189	1.138	0.528
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.021	0.012
S	—	0.008	0.005
K <sub>2</sub> O	—	0.006	0.031
CaO	—	0.006	—
TiO <sub>2</sub>	14.434	16.011	1.187
MnO	0.216	0.290	0.263
FeO	56.645	76.187	97.392
ZrO <sub>2</sub>	—	0.009	—
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.165	0.880	0.122
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.291	1.291	0.190
Total	99.690	100.287	100.094

写真図版459 金箸 (OKS-25) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



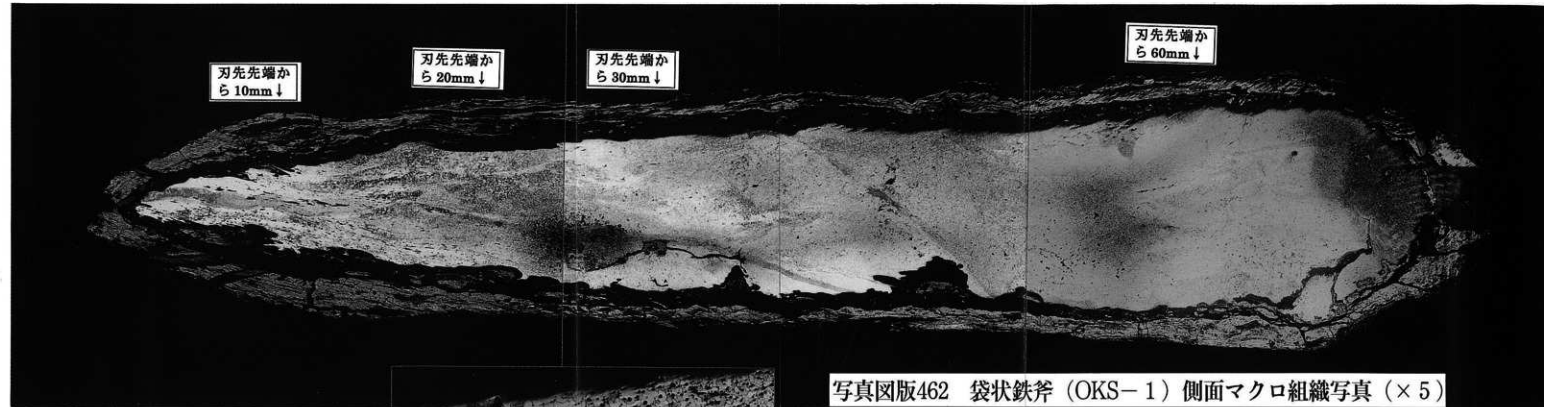
Element	13	14
Na <sub>2</sub> O	0.318	0.667
MgO	5.209	1.405
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.435	25.058
SiO <sub>2</sub>	17.447	35.388
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.026	0.018
S	0.021	0.066
K <sub>2</sub> O	2.006	3.601
CaO	7.372	15.077
TiO <sub>2</sub>	38.110	11.460
MnO	0.139	0.183
P <sub>2</sub> O	7.125	3.439
ZrO <sub>2</sub>	0.327	0.202
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.444	0.089
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.083	-

Total 96.062 96.653

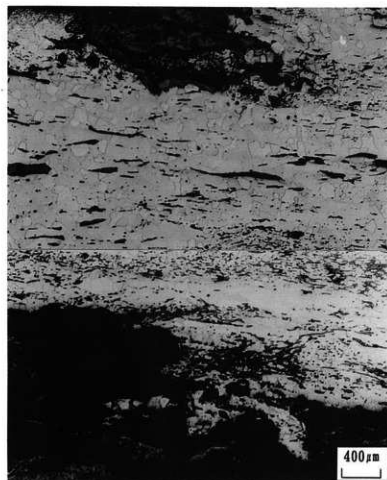
写真図版460 金著 (OKS-26) 鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値



写真図版461 袋状鉄斧 (OKS-1) 外観写真



写真図版462 袋状鉄斧 (OKS-1) 側面マクロ組織写真 (×5)



刃先先端から 10mm 断面 (×25)



刃先先端から 20mm 断面 (×25)



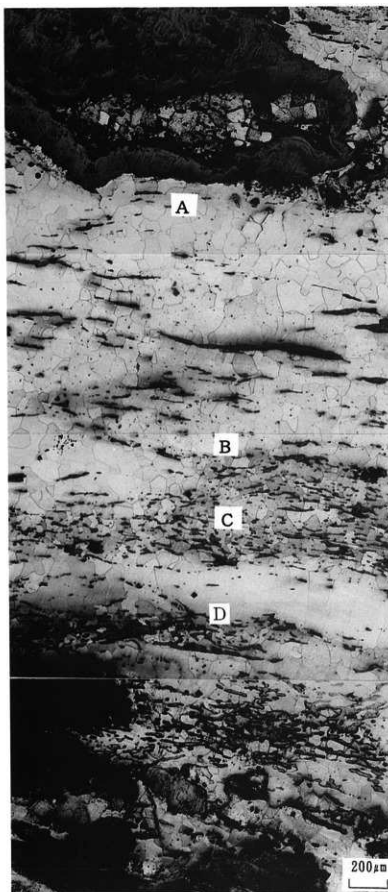
刃先先端から 30mm 断面 (×25)



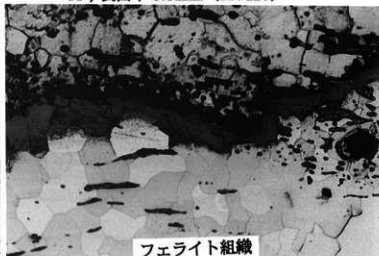
鉄斧側面マクロ組織写真

(×50)

(×100)

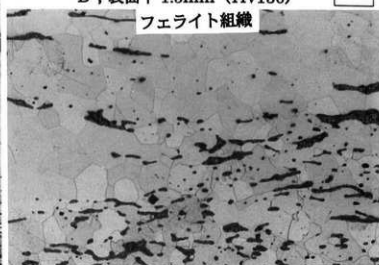


A ; 表面下 0.5mm (Hv117)



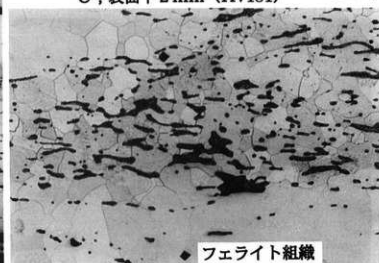
フェライト組織

B ; 表面下 1.5mm (Hv136)



フェライト組織

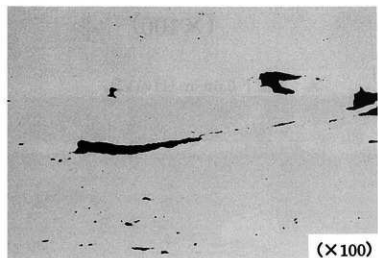
C ; 表面下 2mm (Hv181)



◆ フェライト組織

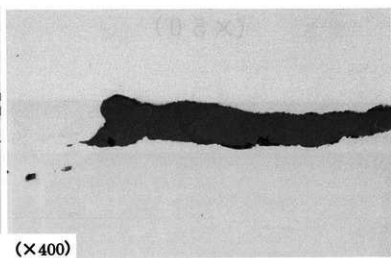
写真図版463 袋状鉄斧 (OKS-1) 刃先先端から10mm断面マイクロ組織写真





(×100)

100 $\mu$ m



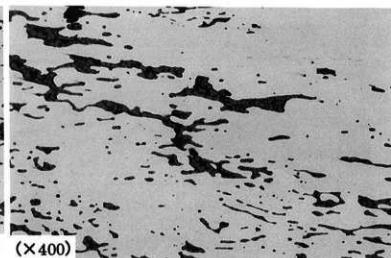
(×400)

400 $\mu$ m



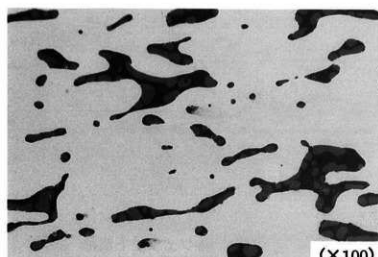
(×100)

100 $\mu$ m



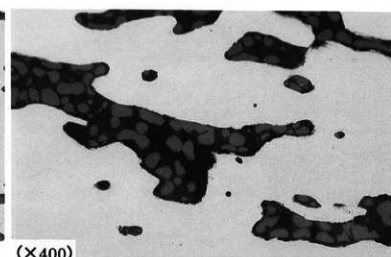
(×400)

400 $\mu$ m



(×100)

100 $\mu$ m



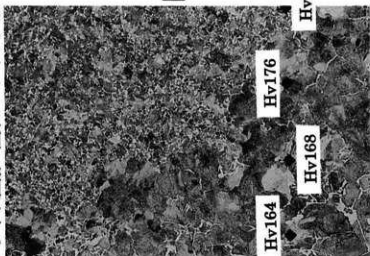
(×400)

400 $\mu$ m



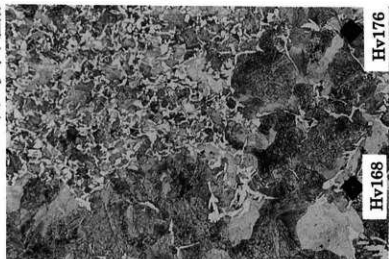
写真図版464 非金属介在物写真

パーライト組織+粒界フェライト組織



パーライト組織+網目状フェライト組織

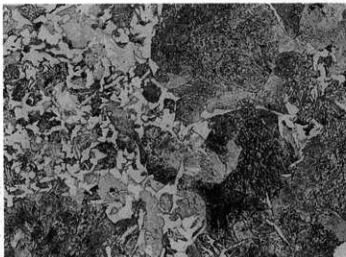
(X 100) 0.2 mm



(X 200) 0.1 mm



パーライト組織+粒界フェライト組織

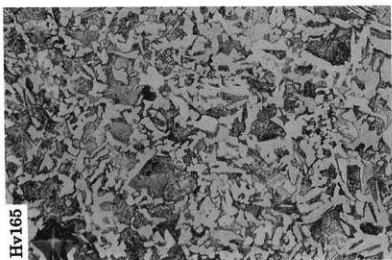
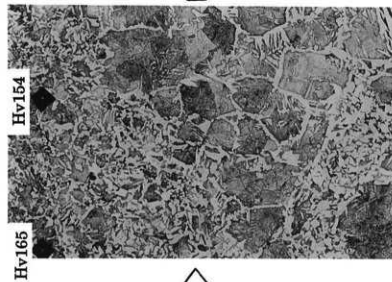
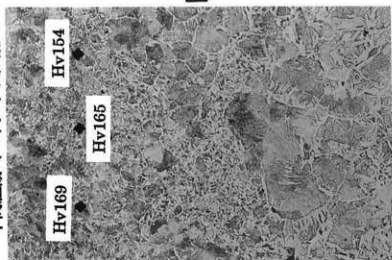


パーライト組織+網目状フェライト組織

(X 400) 0.05 mm

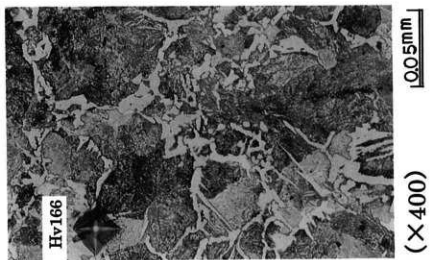
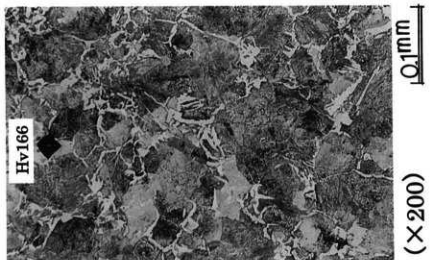
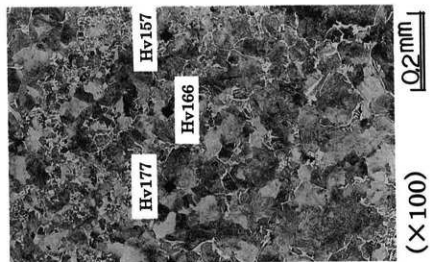
写真図版465 A 部拡大ミクロ組織

中間組織 (ベイナイト組織)



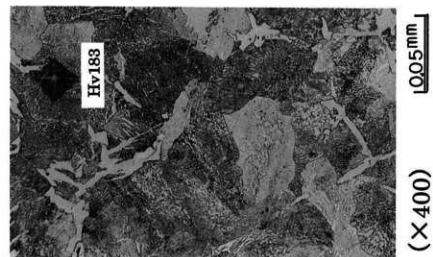
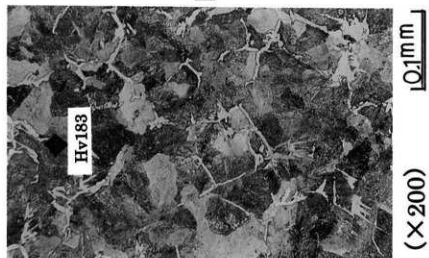
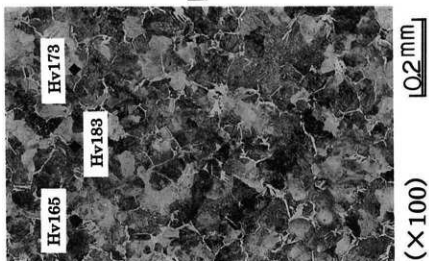
写真図版466 B部拡大ミクロ組織

パーライト組織+網目状フェライト組織

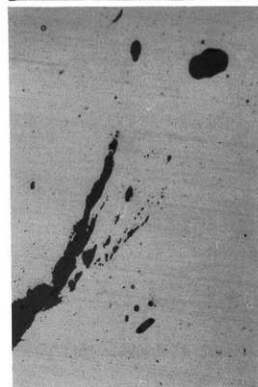
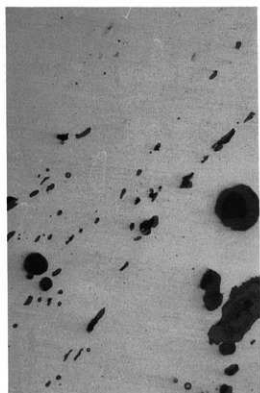


写真図版467 C部拡大マイクロ組織

パーライト組織+網目状フェライト組織



写真図版468 D部拡大マイクロ組織

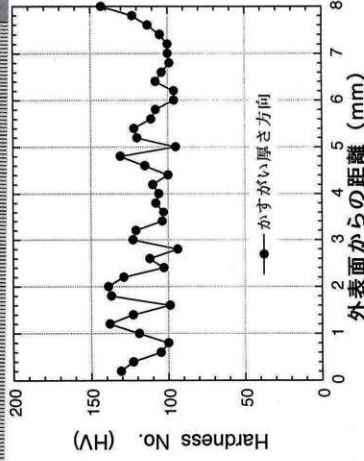
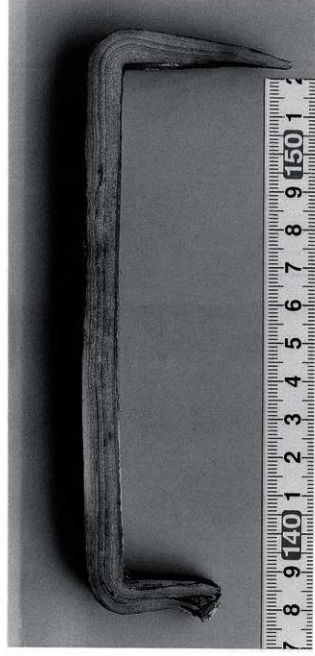


0.1 mm

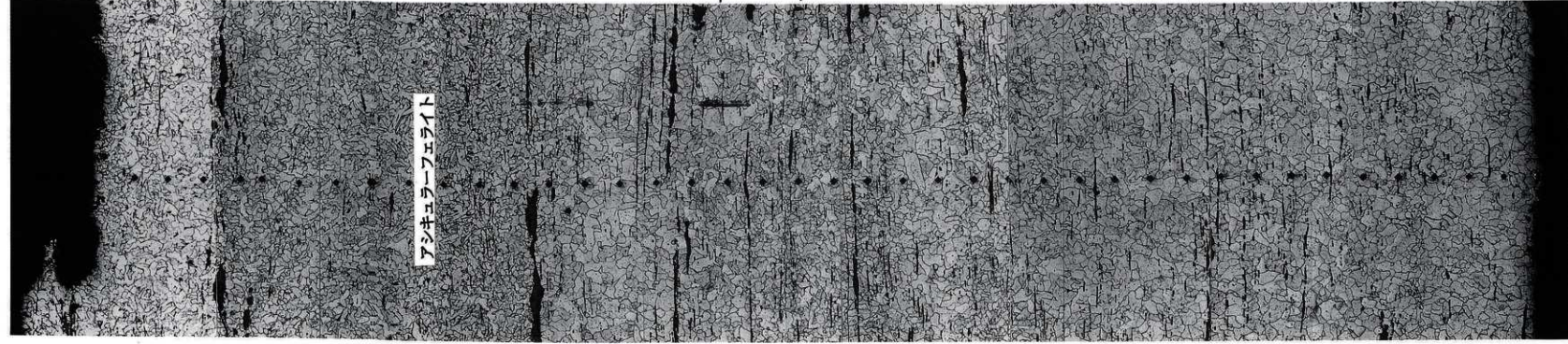
写真図版469 非金属介在物写真 (×400)



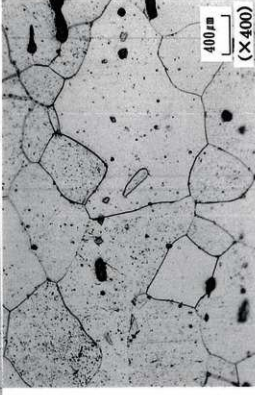
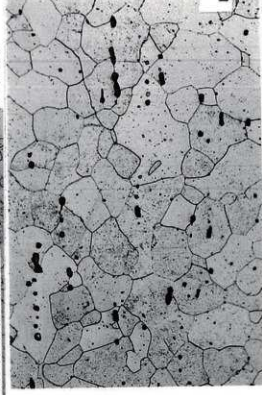
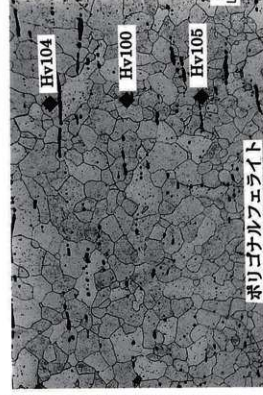
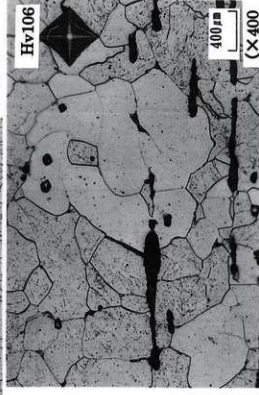
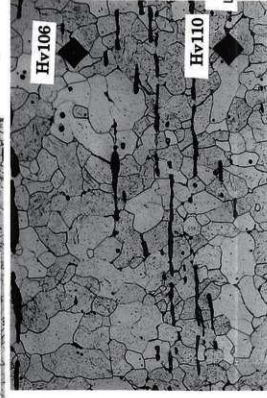
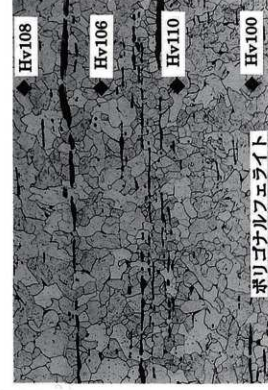




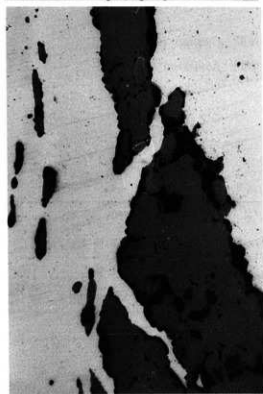
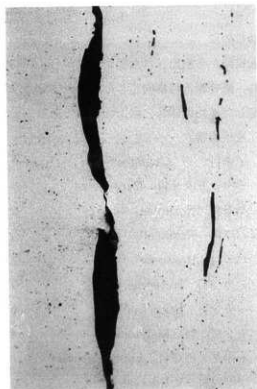
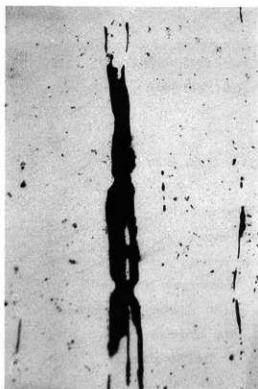
<かすがい厚さ方向の硬さ分布>



<ミクロ組織> (×50)







写真図版(17) 非金属介在物写真 (×400)