表9　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　9

												滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡				出土位置 時期：根拠	4号炉（ホ－15）			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：NAK－9 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm 重量　－　g		色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
					磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	粒状滓（8点）				遺存度		前含浸	－		放射化 X線透過	――	
					破面数	－	断面樹脂	－				
観察所見	サンプルは、4号炉（ホ－15）より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の計8点である。個別の記録は別表参照。											
分析部分	必要品を選択し、粒状滓として分析に用いる。残材返却。											
備考												

資料番号　9

番号	直径（mm）	色調	形状及び表面	磁着	気孔
9－イ－1	3.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起3ケ所にあり。光沢はなし。	弱	あり
9－イ－2	2.3	黒褐色	ややいびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢はなし。	弱	あり
9－イ－3	1.2	黒褐色	ややきれいな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢はなし。	弱	なし
9－イ－4	0.65	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	弱	なし
9－ロ－1	2.4	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	強	あり
9－ロ－2	1.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢あり。	強	なし
9－ロ－3	1.0	黒褐色	ややきれいな球状。光沢あり。	強	あり
9－ロ－4	0.5	黒褐色	きれいな球状。やや光沢あり。	強	あり

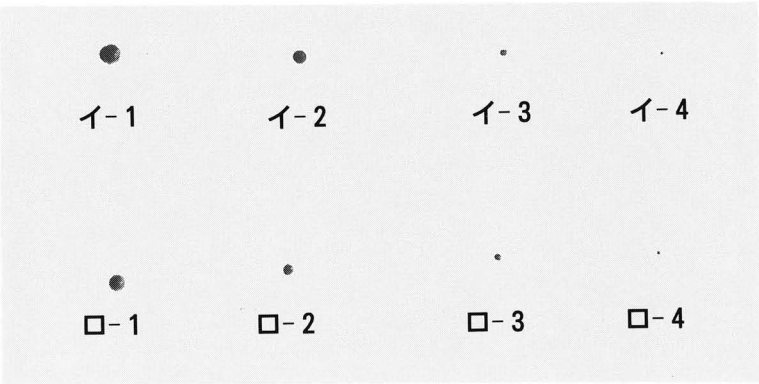


表10　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　10

												滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡				出土位置 時期：根拠	4号炉（ホ－15）			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：NAK－10 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm 重量　－　g		色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
					磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	鍛造剥片（7点）				遺存度		前含浸	－		放射化 X線透過	――	
					破面数	－	断面樹脂	－				
観察所見	サンプルは、4号炉（ホ－15）より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小の計7点である。個別の記録は別表参照。											
分析部分	必要品を選択し、鍛造剥片として分析に用いる。残材返却。											
備考												

資料番号　10

番号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色調	表	裏	磁着	気孔
10－イ－1	3.2	1.8	0.18	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	強	なし
10－イ－2	2.0	1.8	0.16	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	強	なし
10－イ－3	2.4	0.8	0.1	青灰色	やや凹凸あり。光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
10－イ－4	2.4	1.8	0.04	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢あり。	強	なし
10－ロ－1	1.6	0.9	0.2	黒褐色	やや凹凸あり。光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
10－ロ－2	1.4	1.4	0.18	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	弱	なし
10－ロ－3	2.6	1.2	0.17	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	弱	なし

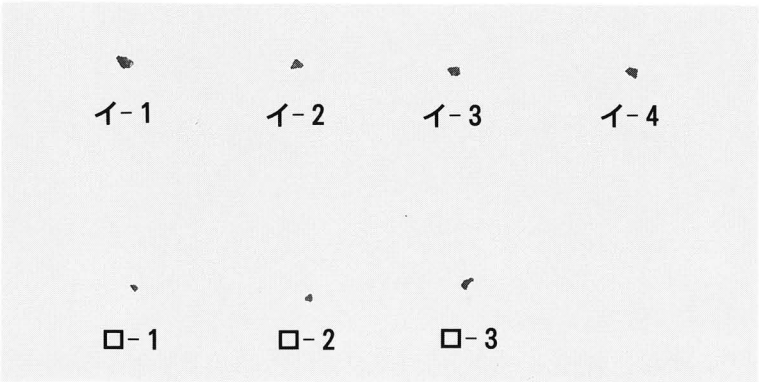


表11　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　11

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	2号炉（へ－12） ^{14}C年代：1830±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	 ○ ○
試料記号	検　鏡：NAK－11 化　学：NAK－11 放射化：　－	法量	長径　10.4cm 短径　7.5cm 厚さ　2.8cm 重量　283.2 g	色調	地　：黒褐色 表面：黒褐色の滓、茶褐色の酸化物（木炭痕に固着）				CMA X線回折 化学	 ○
				磁着度	2	メタル度	なし		耐火度 カロリー	
遺物種類（名称）	鍛冶滓			遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過	――――
				破面数	6	断面樹脂	－			

観察所見

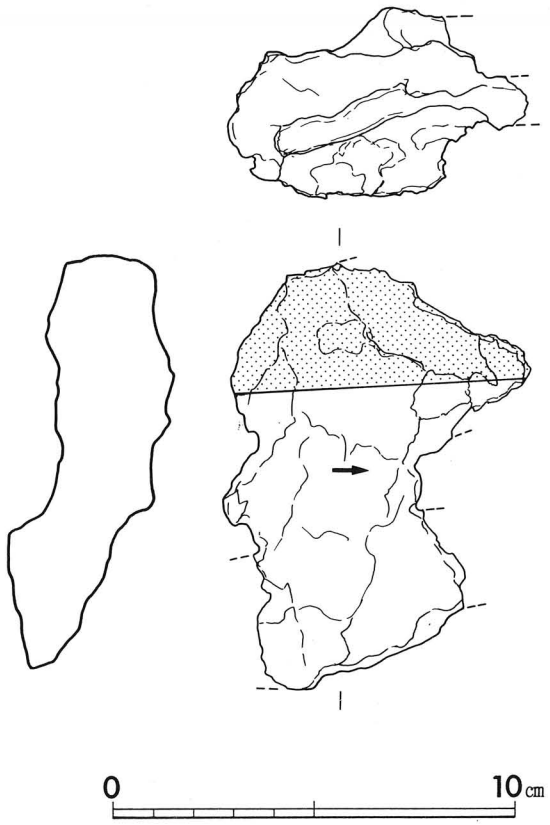
平面、不整六角形をした鍛冶滓片である。短軸側面を中心に肩部に小さな破面が並んでいる。上面は気孔の露出した変化の激しい滓で、1㎝大の木炭痕も点在している。気孔は微細な不定形のものが多い。僅かに滑面となる滓表皮が長軸端部寄りに残り、この部分のみやや紫紅色気味である。下面は小さな粉炭痕が密集している。中央よりは大きく凹んでいる。破面の気孔はやや多めの部分と少ない部分が混在する。長軸端部片側の下面に幅2.7㎝大の棒状の滓部が確認できる。この部分は工具痕に流入した滓であろう。滓表面の破面の一部は風化のためかザラザラした粗面となっている。

分析部分

長軸端部1／4を直線状に切断し、滓として分析に用いる。残材返却。

備考

長軸方向に盛り上がったような形状や短軸側の抉れに加え、長軸の片側下半に見られる工具痕流入滓の位置から見て、長手の椀形鍛冶滓の長軸片側端部に相当する破片と考えられる。表面の一部にある紫紅色気味の表皮は酸化雰囲気を示すものである。



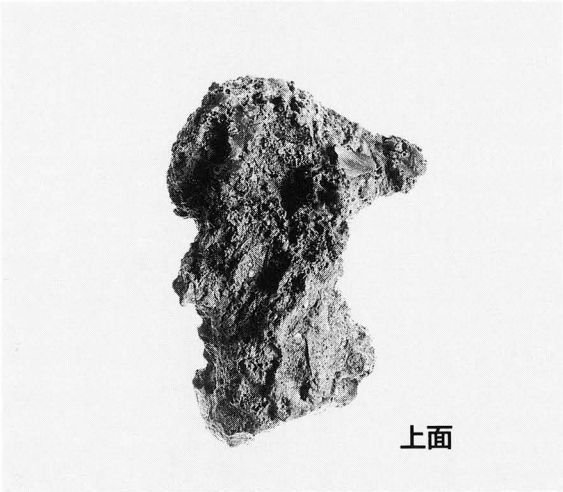


表12　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

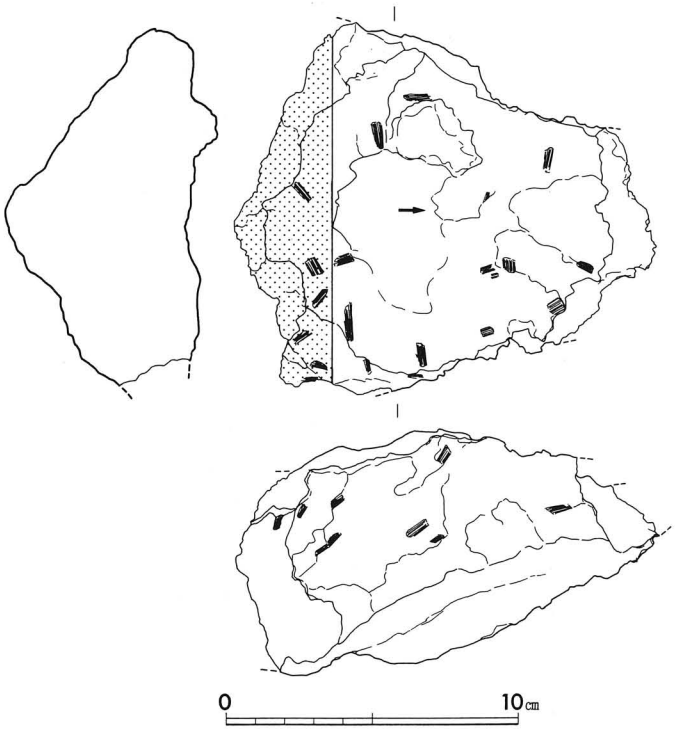
資料番号　12

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	2号炉（ヘ−12） ^{14}C年代：1830±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	 ◎ ○
試料記号	検鏡：NAK−12 化学：NAK−12 放射化：　−	法量	長径　14.5cm 短径　12.9cm 厚さ　6.4cm	色調	地　：青灰色〜暗褐色 表面：暗褐色の酸化物				CMA X線回折 化学	○ ○
				磁着度	4	メタル度	H（○）		耐火度 カロリー	
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓（含鉄）		重量　1269.0g	遺存度	破片	前含浸	−		放射化 X線透過	――
				破面数	5	断面樹脂	○			

観察所見　平面、不整六角形をした含鉄の椀形鍛冶滓の端部破片である。上面は溝状に凹み、下面は舟底状に突出する。滓は上半が粉炭をやや多く含む気孔の多い滓部で、下半部は緻密な滓層である。上半の滓に含まれる粉炭は6㎜大のものが主体である。木炭の樹種は広葉樹材が2ヶ所に認められる。下面側は上面に比べてさらに小さな粉炭痕が密集する。長軸端部片側の幅広い部分の上層の滓部には一部、玉虫色の酸化物が確認できる。酸化液色調の一種であろうか。

分析部分　長軸端部1／5を直線状に切断し、滓部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備考　底面の中央に長軸方向にのびる舟底状の部分は、幅3㎝ほど盛り上がっているところがある。この部分は工具痕に流入した滓の可能性が高い。短軸方向の滓断面の角度が左右で異なるのは分析資料番号5と同様である。下半部に緻密な滓層が形成され、上半部にややガサガサした滓層が形成されるのも大鍛冶滓に特徴的である。



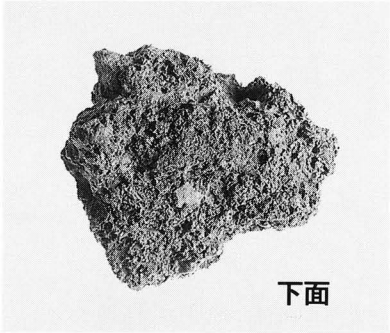


表13　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　13

												滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡				出土位置 時期：根拠	2号炉（へ－12） ^{14}C年代：1830±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：NAK－13 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm 重量　－　g		色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
					磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	粒状滓（8点）				遺存度		前含浸	－		放射化 X線透過	――	
					破面数	－	断面樹脂	－				
観察所見	サンプルは、2号炉（へ－12）より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の計8点である。個別の記録は別表参照。											
分析部分	必要品を選択し、粒状滓として分析に用いる。残材返却。											
備考												

資料番号　13

番号	直径（mm）	色調	形状及び表面	磁着	気孔
13－イ－1	3.1	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢はなし。	強	なし
13－イ－2	1.6	黒褐色	ややいびつな球状。小さな突起2ケ所にあり。光沢あり。	強	あり
13－イ－3	1.16	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	強	なし
13－イ－4	0.4	黒褐色	きれいな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢あり。	強	なし
13－ロ－1	3.6	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢あり。	弱	あり
13－ロ－2	2.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢なし。	弱	あり
13－ロ－3	1.4	黒褐色	ややいびつな球状。光沢あり。	弱	あり
13－ロ－4	0.9	黒褐色	きれいな球状。やや光沢あり。	弱	あり

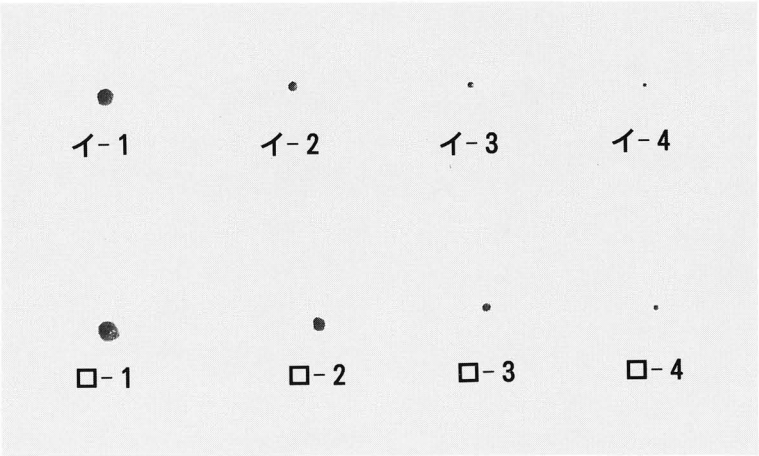


表14　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　14

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	2号炉（へ－12） ^{14}C年代：1830±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：NAK－14 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm 重量　－　g	色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
				磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	鍛造剥片（8点）			遺存度		前含浸	－		放射化 X線透過	――――	
				破面数	－	断面樹脂	－				
観察所見	サンプルは、2号炉（へ－12）より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の計8点である。個別の記録は別表参照。										
分析部分	必要品を選択し、鍛造剥片として分析に用いる。残材返却。										
備考											

資料番号　14

番号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色調	表	裏	磁着	気孔
14－イ－1	2.6	1.6	0.42	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
14－イ－2	2.9	2.2	0.312	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
14－イ－3	2.2	1.6	0.19	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
14－イ－4	2.8	1.8	0.17	黒褐色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
14－ロ－1	2.2	2.2	0.28	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
14－ロ－2	2.4	2.0	0.24	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	強	なし
14－ロ－3	2.2	2.0	0.22	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	強	なし
14－ロ－3	5.0	2.6	0.18	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし

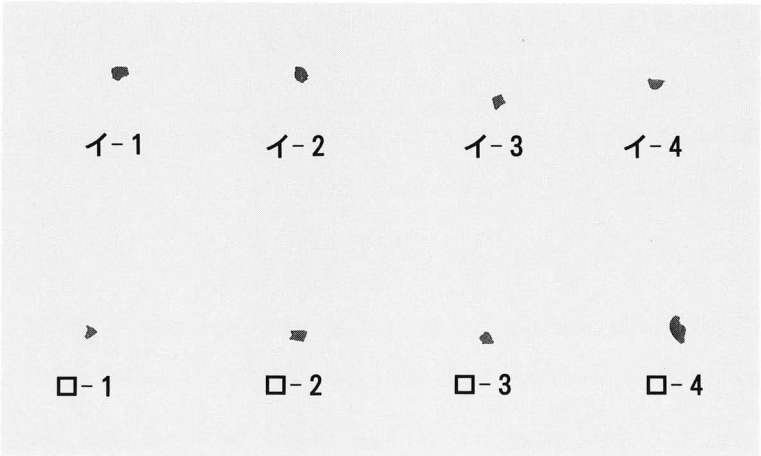


表15　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　15

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	周溝（ロ－6）			分析	マクロ 検鏡 硬度	 ○ ○
試料記号	検　鏡：NAK－15 化　学：NAK－15 放射化：　－	法量	長径　36.1cm 短径　22.4cm 厚さ　16.5cm 重量　10000.0 g	色調	地　：灰黒色～黒褐色 表面：茶褐色～黄褐色の酸化土砂				CMA X線回折 化学	○ ○
				磁着度	3	メタル度	なし		耐火度 カロリー	
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓			遺存度	ほぼ完形	前含浸	－		放射化 X線透過	――――
				破面数	1？	断面樹脂	－			

観察所見

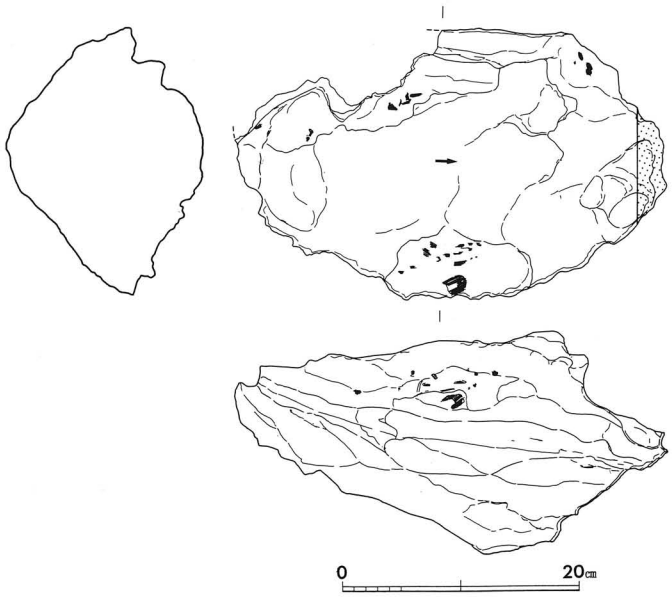
側面1ヶ所が欠けた不整な長楕円形を呈する大形の椀形鍛冶滓である。下面中央が長軸方向に舟底状に突出し、逆に上面は中央付近が盛り上がっている。全体に茶褐色の酸化土砂に広く覆われているため、はっきりしない部分も多い。側面から見ると多少2段椀形滓気味で母体となるシャープな肩部をもつ滓の上にかなり流動性の強いゴツゴツした滓部がのるような形状である。表面は短軸片側のやや幅をもつ側がより強い流動状である。この部分は滓表面の灰黒色の地の一部がかなり明瞭な紫紅色を呈し、酸化雰囲気であることを窺わせる。こちら側が羽口先に接する可能性が高そうである。滓上面の細身となる基部側は1㎝以下の粉炭を多量に噛み込む小さな凹凸の激しい面である。短軸片側の一部に欠けたような凹部があるが明瞭な破面はなく、木炭痕様のものが認められるのみである。木炭の一部は導管をもつ広葉樹材である。下面側は中央部がやや張り出し気味ながら、全体的にはきれいなV字状の横断面形である。側面の傾斜は多少片側が強く、もう一方が緩やかである。粉状の木炭痕が密集し、一部は凹凸が激しい滓部となっている。底面中央の突出部は粉炭痕がほとんど見えない緻密な滓部で、この部分に黄褐色の酸化土砂が厚く付着している。本資料は底面や側面に明瞭な工具痕や流入滓は認められない。

分析部分

長軸端部片側1／15を直線状に切断し、滓部を中心に分析に用いる。残材返却。

備考

ほぼ完形の大形の椀形鍛冶滓である。ガサガサした印象の強い大鍛冶滓の中で、やや緻密かと考えられる資料である。重量も10kgと非常に重い。製鉄炉からもたらされた滓を含む荒鉄を最初に処理した段階の滓と想定できるが、分離が比較的うまくいっているためか、メタルは全く残っていない。最も厚いところで16.5㎝と分厚い資料で、メタルが生成された位置はさらにこの上方と考えられる。したがって、上部を覆っていた木炭層は相当厚いものと予想できる。また、一回の処理量も極めて多かったことを示すものであろう。滓の大きさと工具痕の有無が左下場と本場の滓の指標となる可能性もありそうである。



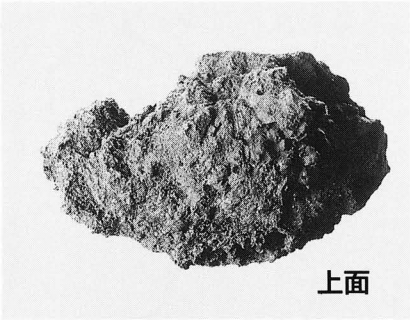


表16　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　16

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	周溝（イ－9）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－16 化　学：NAK－16 放射化：　－	法量	長径　17.6cm 短径　12.6cm 厚さ　5.9cm 重量　2400.0 g	色調	地　：暗褐色 表面：黄褐色の酸化土砂（酸化土砂の一部は錆のため赤褐色の部分が点在）				CMA X線回折 化学	○ ○ ○	○ ○ ○
				磁着度	7	メタル度	特L（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓（含鉄）			遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過	――	
				破面数	2	断面樹脂	○				

観察所見

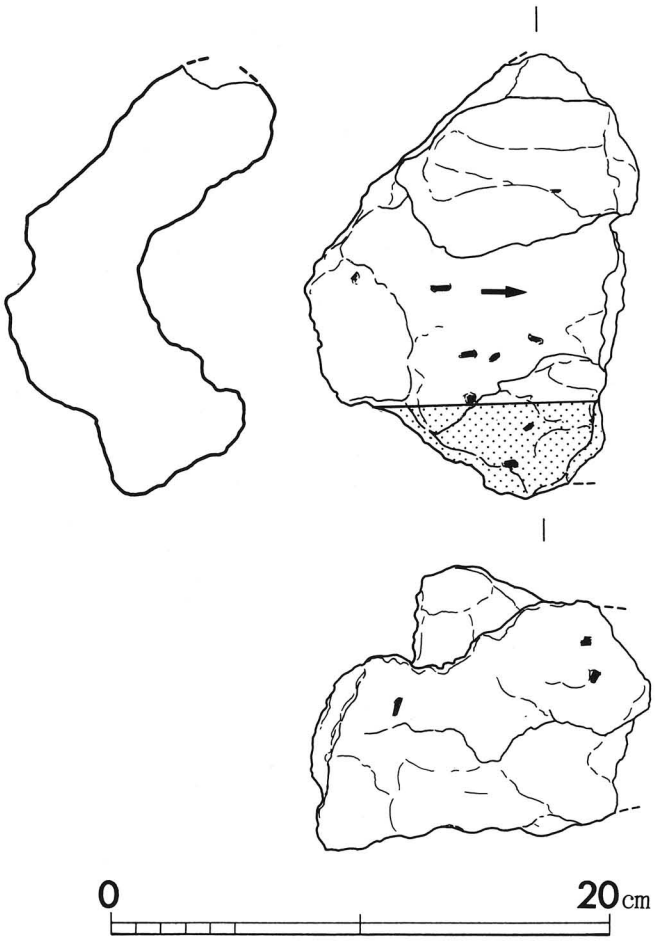
平面、不整六角形をした含鉄の椀形鍛冶滓である。長軸方向の横断面形は上下面とも上方に開いたV字状で、底面中央には短軸方向に凹みが連なっている。破面は側面に2面認められるが、ごく僅かな範囲である。全体に黄褐色から灰色の酸化土砂に各面とも覆われている。見かけ以上に一定量のまとまったメタルが散在しているためか、各面とも磁着が強い。上下面の中央付近には短軸方向に向かい、幅4.6cm程の半円形断面を持つ溝状の凹みがのびる。これは一種の工具痕であろうか。また、下面中央の不規則な凹みも同様かも知れない。端部には気孔の見られる滓部が確認できるが、中核部はメタル主体で、その周囲が酸化されたような質感を示す。下面には木炭痕や気孔の破面のやや大ぶりのものが認められるが、酸化土砂によりわかりにくい部分が多い。7㎜大の木炭片も点在し、樹種は針葉樹・広葉樹材が混在する。

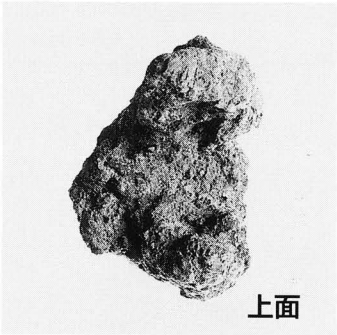
分析部分

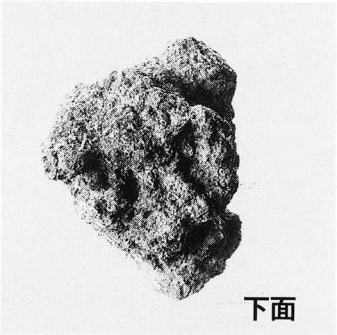
長軸端部片側1／5を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考

一応、含鉄の椀形滓としているが、メタル主体の椀形の鉄塊的な資料である。本来は長楕円形の平面形をもつ鍛冶作業に伴う含鉄鉄滓の長軸端部の破片で、V字状の断面形は鍛冶炉の粉炭層にメタルの厚さ5.5㎝前後のこうした含鉄滓が形成されることを窺わせる。工程的には除滓の最終段階か、炭素量の調節段階に相当するものであろう。







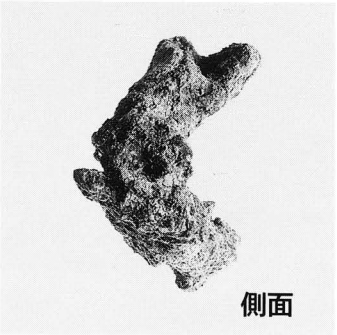


表17　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　17

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	周溝（イ－9）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－17 化　学：NAK－17 放射化：　－	法量	長径　18.5cm 短径　9.8cm 厚さ　7.9cm	色調	地　：黒褐色 表面：黄褐色～茶褐色の酸化土砂（酸化土砂の一部は錆のため赤褐色の部分が点在）				CMA X線回折 化学		○ ○ ○
				磁着度	8	メタル度	特L（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓（含鉄）		重量　1770.0g	遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過		――
				破面数	3	断面樹脂	○				

観察所見

平面、長手の不整台形をした含鉄の椀形鍛冶滓である。側面の片側全体と長軸端部の片方に加え、短軸側面の一部が割れており、3面の破面をもつ。上面は長軸端部片側が僅かに盛り上がり肩部に達する。1㎝前後の木炭痕が散在し、微細な滓の凹凸も残る。側面の破面側から見ると、やや中間層の一部に隙間がある。長軸方向の底面は中心が片側に寄ったV字状である。下面にも1㎝大の木炭片とより小さな粉炭痕が残る。木炭は針葉樹を多く含むが、広葉樹も確実に混在している。資料表面は黒褐色の半流動状の滓で覆われている。比重が高く、メタル度も特L（☆）を示すことから、大型のメタルを含む含鉄滓と考えられる。表面には黄褐色の酸化土砂が多めに付着しており、この中には木炭粉に混じって1.5㎜大の粒状滓が確認できる。

分析部分

長軸端部片側1／6を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備考

短軸側面片側が大きな破面であり、中心が片側に寄ったV字状の断面形をもつ資料の特色から、鍛冶炉の炉床に溜った鉄分の多い含鉄の椀形鍛冶滓と考えられる。除滓の最終段階か、炭素量調節段階の前半の工程での派生品であろう。本遺跡出土の椀形鍛冶滓や含鉄資料はいずれも、底面中心が片側に寄ったV字形の断面形をもつ共通性がある。これは鍛冶作業に共通のものなのか、工人の癖になのか現状ではっきりしない。どちらかと言えば、前者の可能性を想定しておきたい。

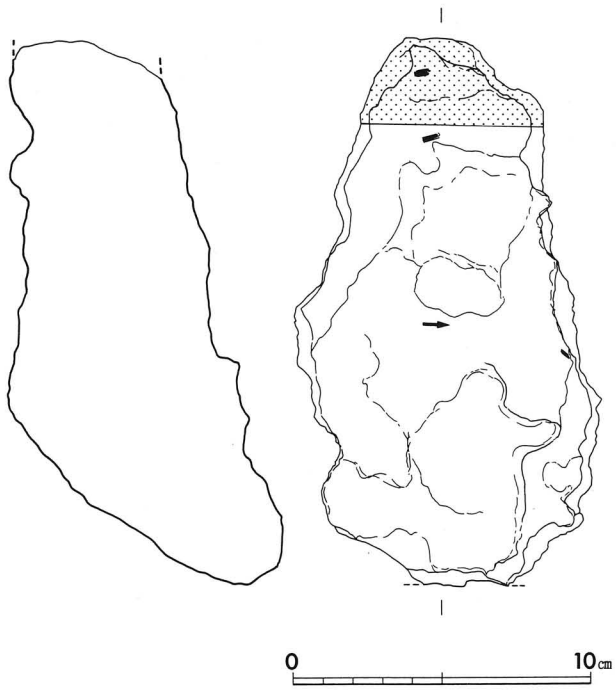


表18　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　18

												滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	廃棄場（ヌ－28）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－18 化　学：NAK－18 放射化：　－	法量	長径　22.2cm 短径　18.4cm 厚さ　7.6cm 重量　3900.0 g	色調	地　：黒褐色 表面：茶褐色の酸化土砂（上面～側面）青灰色（底面）				CMA X線回折 化学		○ ○ ○
				磁着度	7	メタル度	特L（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓（含鉄）			遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過		――
				破面数	4	断面樹脂	○				

観察所見

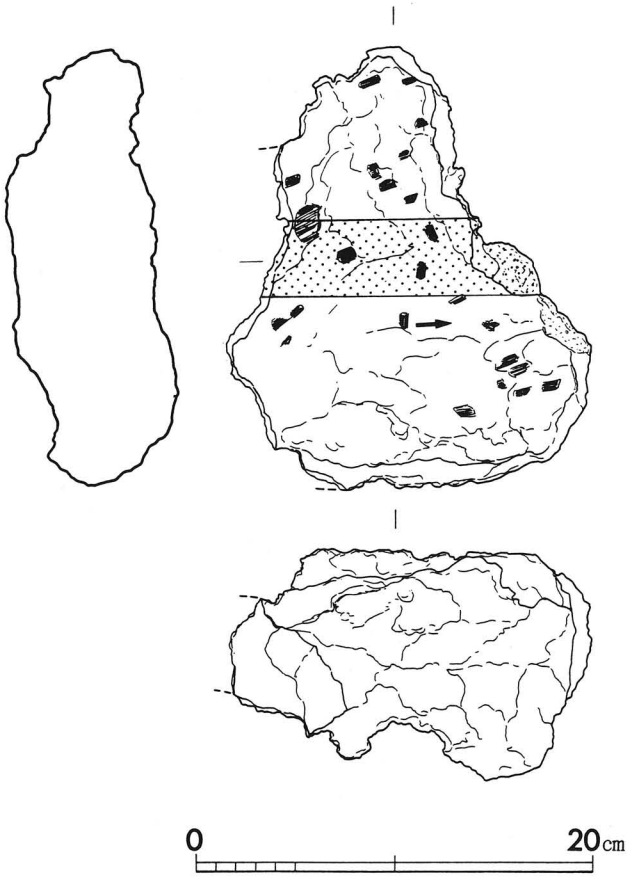
平面、不整八角形をした含鉄の椀形鍛冶滓である。側面３面と上面の１面が破面、残る側面と上下面は生きている。付着土砂がごく僅かで、滓表面がよくわかる資料である。上面と側面は木炭痕がやや大きく、最大で２㎝大、一般的には１㎝前後が多く、下面に見られる微細な５㎜以下の木炭痕（粉炭痕）とは異なった外観をもつ。側面端部は半流動状の滓が隙間をもって集中している。上半部の滓は錆が強く、下半部の滓は緻密で青黒いものである。上面の全体感は緩やかな波状、肩部の一部に７㎜前後の大きさをもつ、流動しかけた滓の球状の先端部が点在する。底面全体の形状は緩やかな皿状で、２ヶ所に突出部をもっている。この部分は完全な工具痕流入滓の形状は示さないが、粉炭層が抉れていることを物語り、工具痕の一種である可能性が高い。表面から含鉄部は確認できないが、上半部の内側に想定でき、その範囲は広めである。側面１ヶ所に酸化土砂がコブ状に付着している部分があり、それに接する破面に５㎜前後のメタルが連なっていることが一応の参考となるかも知れない。

分析部分

長軸端部片側１／５を直線状に切断し、上半の中核部のメタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備考

鉄と滓の分離が不十分で、除滓に失敗した含鉄の椀形鍛冶滓と考えられる。相対的に下半部に緻密な青灰色の滓が、上半部にメタルが生成するという要素は大鍛冶滓の特色と言えるが、本例のように上半部の滓中に鉄が点在するものは、作業意図からすると成功の部類とは言いにくいかも知れない。底面の工具痕に流入した滓の形状からもやや不安定な操業を窺わせる資料である。廃棄場出土ということも大きな要素であろう。



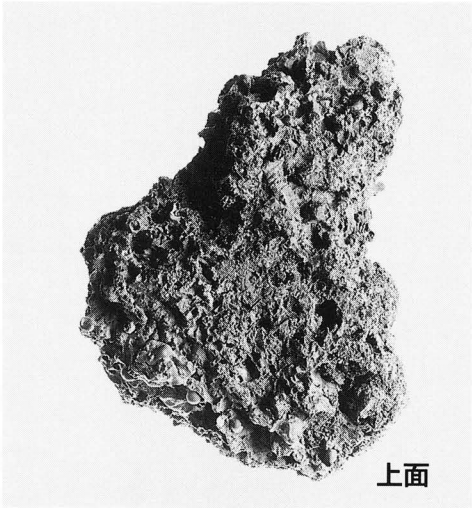


表19　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　19

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	廃棄場（タ－27）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－19 化　学：NAK－19 放射化：　－	法量	長径　7.3cm 短径　5.2cm 厚さ　3.6cm 重量　143.9 g	色調	地　：暗褐色 表面：茶褐色～暗褐色の酸化土砂				CMA X線回折 化学		○ ○
				磁着度	6	メタル度	L（●）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	含鉄鉄滓			遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過		――
				破面数	4	断面樹脂	○				

観察所見

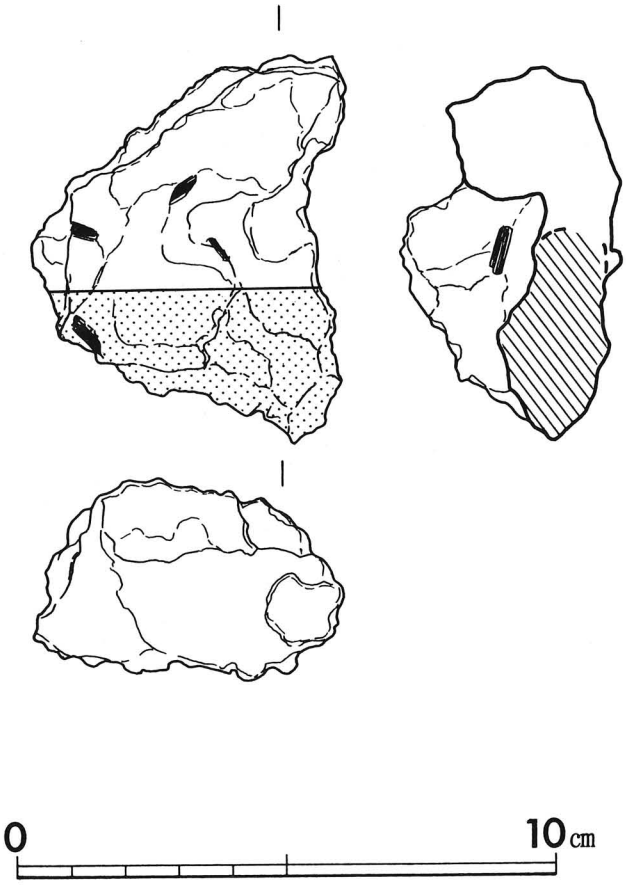
平面、不整三角形をした含鉄鉄滓である。側面３面が破面。全体に暗褐色の酸化土砂に覆われており、地の部分は僅かに端部にのぞく黒褐色の黒錆の吹いた部分のみである。下面は全体に皿形で、生きている可能性が高い。１㎝大の木炭粉にまじり、銹膨れがコブ状に突出している。上面には１㎝大の木炭痕が目立ち、一部は木炭が残っている。滓部も認められ、気孔の多い黒褐色の滓が確認できる。表裏面に固着するやや厚い酸化土砂には１㎝大の木炭粉が目立つ。部分的には酸化液のにじみや、放射割れも僅かに生じている。

分析部分

長軸端部片側１／３を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考

滓主体の含鉄資料である。底面が生きていると考えられ、含鉄の椀形鍛冶滓の下半部の破片である可能性が高い。廃棄場出土の資料で、メタル部が少ないため廃棄されたものか。



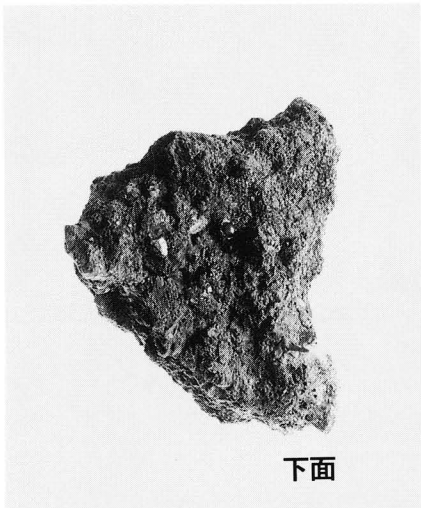


表20　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　20

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	廃棄場（レ－24）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：ＮＡＫ－20 化　学：ＮＡＫ－20 放射化：　－	法量	長径　4.2cm 短径　3.8cm 厚さ　2.5cm	色調	地　：黒褐色 表面：茶褐色（再結合部分）				ＣＭＡ Ｘ線回折 化学		○ ○
				磁着度	6	メタル度	Ｌ（●）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	含鉄鉄滓		重量　51.6ｇ	遺存度	破片	前含浸	－		放射化 Ｘ線透過		――
				破面数	4	断面樹脂	○				

観察所見

平面、不整台形をした含鉄鉄滓である。含鉄部の側面に粒状滓や１㎜以下の木炭粉を含む酸化物が再結合しており、含まれる粒状滓の径は1.6㎜大である。含鉄部は3.4×2.3㎝大で、黒銹に覆われた酸化液のにじんだものである。この錆のため滓と鉄との区分がつけにくい外観である。標準磁石による磁着傾向と、表面端部に露出する気孔から見て、鉄と滓の混在する資料と考えられる。付着する木炭の樹種は針葉樹・広葉樹材の混在か。

分析部分

長軸端部片側１／２を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考

再結合滓部は確実に鍛冶系の遺物を含んでいるが、本体となる含鉄部は不明な点が多い。かろうじて見える滓端部の気孔は細かく、鍛冶系の含鉄鉄滓の可能性が高そうである。

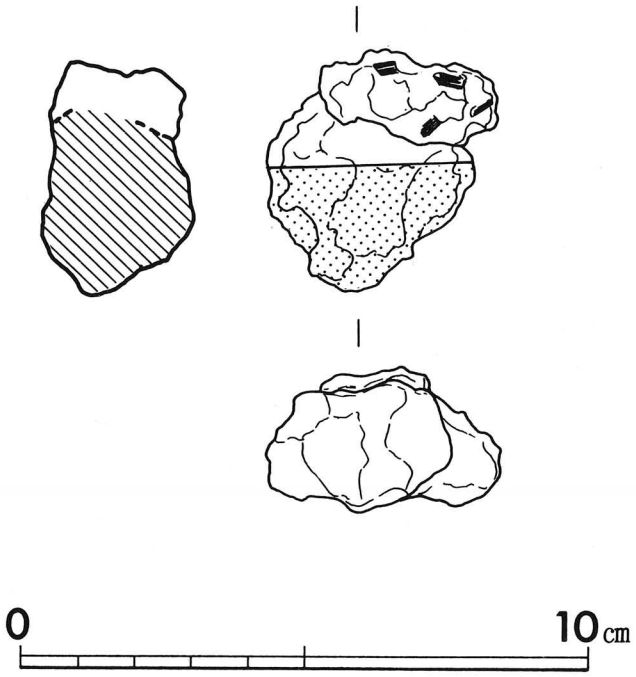


表21　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

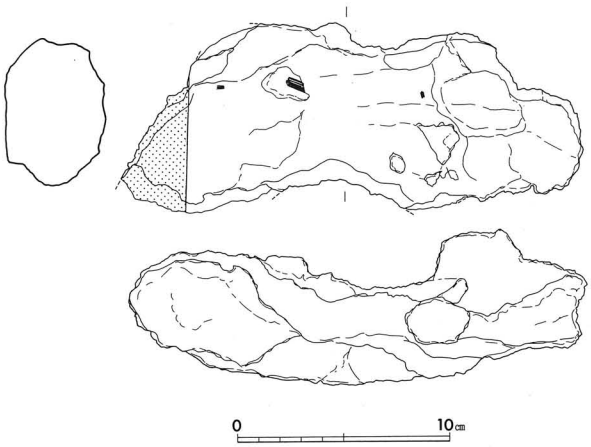
資料番号　21

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	廃棄場（カ－25）			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：ＮＡＫ－21 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　21.6cm 短径　7.5cm 厚さ　4.7cm	色調	地　：暗褐色 表面：黄褐色				ＣＭＡ Ｘ線回折 化学		
				磁着度	5	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	再結合滓		重量　1010.0ｇ	遺存度	破片	前含浸	－		放射化 Ｘ線透過	――	
				破面数	5	断面樹脂	○				

観察所見　平面、細長い不整半月形をした板状の再結合滓である。上下面は生きており、側面５面が破面。全体に長軸方向に向かい、やや皿形の断面形を示す。表面全体は黄褐色の酸化土砂に覆われており、上下２ヶ所に塊状の滓片を含んでいる。地の部分は薄皮状の二次酸化物に覆われている。そのため、本来の再結合滓の組成がわかりにくい。表層の酸化土砂には粒状滓が比較的目立つ。粒径は大形のもので、2.7㎜大、小形のもので１㎜大である。鍛造剥片様の遺物も含まれているが、厚みについては計測不能。木炭粉や滓片も目立つ。

分析部分　長軸端部片側１／10を直線状に切断し、再結合滓を中心に分析に用いる。残材返却。

備　考　浅い凹みの部分に堆積した再結合滓であろう。薄皮状の二次酸化物に二重三重に覆われている。これは再結合滓の形成中に生長したもので、特に下面側にその傾向が強い。石片などが上半部に目立ち、本来、廃棄場で形成されたものか、工房側で形成されたものか不明である。



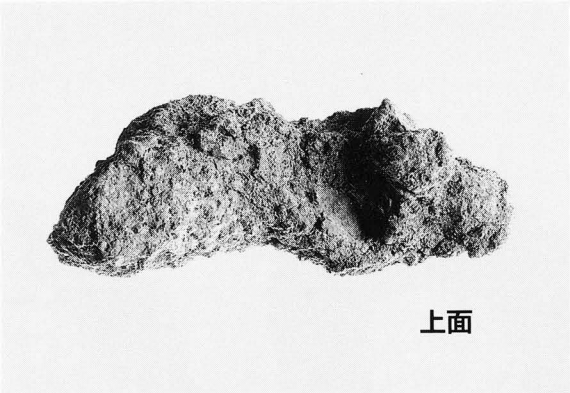


表22　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　22

											滓　：　胎土
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	廃棄場（タ－27）			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎
試料記号	検　鏡：ＮＡＫ－22 化　学：ＮＡＫ－22 放射化：　－	法量	長さ　7.2cm 外径　6.5cm 内径　3.2cm 重量　210.5ｇ	色調	地　：淡褐色 表面：灰白色～褐色～明褐色				ＣＭＡ Ｘ線回折 化学		○
				磁着度	4	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	羽　　口			遺存度	破片	前含浸	－		放射化 Ｘ線透過		――――
				破面数	1	断面樹脂	－				

観察所見

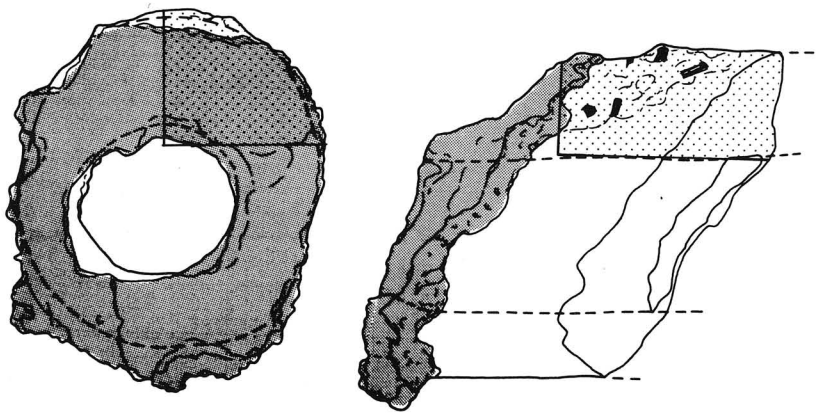
肉厚の薄い中形の羽口の先端部の破片である。内径は3.2cm前後の直線状である。先端部は斜め方向に黒色ガラス質に溶解しており、滓が８mm前後の厚さに固着している。基部側も先端部と同じ方向に割れており、斜めに断ち落したような外観となっている。羽口の外面の整形は長軸方向に砂目が動き、ナデ仕上げが行われている。通風孔部の成形は長軸方向に丸棒状の芯棒を引き抜いた痕跡が残る。胎土は比較的きれいなもので、やや砂質といえる。混和物は若干、籾殻が確認され、それが炭化している。先端のガラス質滓の端部はごく狭い範囲にわたり側面から上面が小破面となって僅かにせり出しており、この部分より基部側が炉壁土に埋め込まれていたことがわかる。羽口の上面には７mm以下の粉炭が数多く固着しており、使用段階で上部に粉炭層があったことがわかる。色調は先端の部分が黒色ガラス質滓で、赤褐色の酸化物が薄く固着している。羽口表面は先端から約１cmほど内側に入った部分は炉壁接合部から約８～10mmの幅で灰白色に被熱し、それより基部側は褐色～明褐色に順次熱変化する。

分析部分

長軸端部１／３を直線状に切断し、羽口胎土を中心に分析に用いる。残材返却。

備　考

外径の小さいわりに内径の大きい、整った羽口である。先端の溶損部は全体に角度が強い。上辺側はより角度が強く、下辺の顎部分は緩めである。なおかつ、下辺は通風孔部がやや熱により歪み、上向きになってしまっている。側面の炉壁との接点と考えられる滓の突出部はここを垂直に装着されたと見るには角度が強く、分析資料番号６と同様、炉壁表面が外側に傾斜した壁面に埋め込まれたものと考えられる。装着位置が奥壁側か側壁側かは不明。分析は可能なら滓側もチェックする。



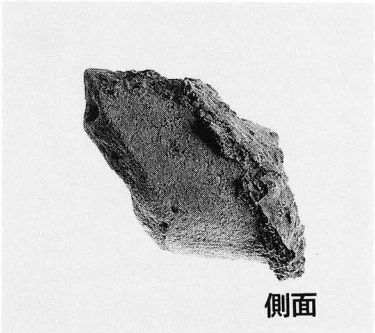


表23　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　23

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠				分析	マクロ 検鏡 硬度	 ○ ○
試料記号	検　鏡：NAK－23 化　学：NAK－23 放射化：　－	法量	長径　30.6cm 短径　22.0cm 厚さ　16.8cm 重量　7500.0 g	色調	地　：黒褐色 表面：灰黒色～茶褐色				CMA X線回折 化学	○ ○
				磁着度	3	メタル度	なし		耐火度 カロリー	
遺物種類（名称）	椀形鍛冶滓			遺存度	ほぼ完形	前含浸	－		放射化 X線透過	――――
				破面数	5	断面樹脂	－			

観察所見

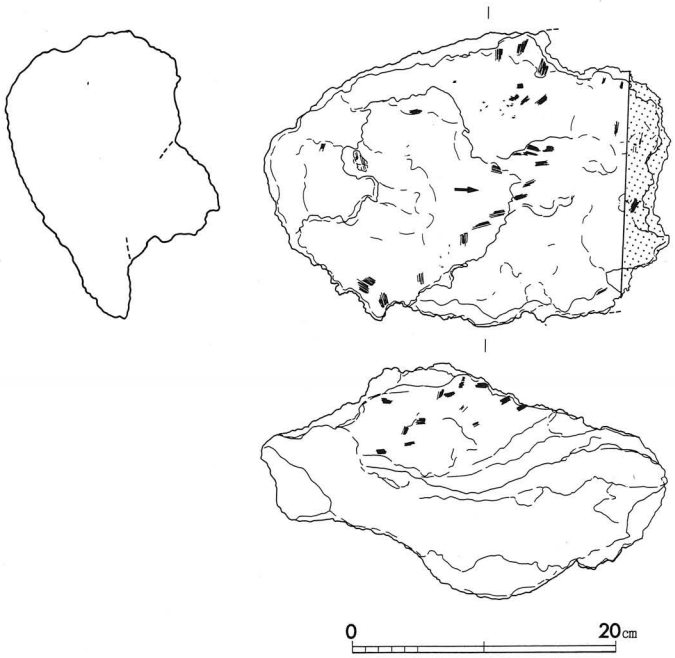
平面、不整楕円形をした大形の椀形鍛冶滓である。破面は肩部を中心に４面数えられ、上面に盛り上がったような滓の側面側にも１面の都合、５面が数えられる。上面の長軸片側は表面が流動状となっており、全体に紫紅色で、酸化雰囲気であったことを示している。それ以外は広く１㎝以下の大きさの粉炭痕が密集し、微細な凹凸のある面で構成されている。下面は短軸片側がコブ状に突出しており、一方の側面が急角度で、もう一方が緩い皿形の断面形である。長軸端部片側の端部中央には幅４㎝程の突出部がある。これはやや長軸方向に伸び、一種の工具痕流入滓と考えられる。下面にも粉炭痕が顕著で、ほぼ全面が粉炭痕に埋め尽くされていると言える。部分的に木炭そのものが残っており、材は針葉樹材に広葉樹材が混在している。肩部の稜線は側面から見ると緩やかな波状で、破面は肩部から側面にかけて目立ち、滓を火床から取り外す際についた傷の可能性が高い。滓はやや全体的に密度が粗く、気孔も不規則に数多く散在する。但し、比重から見て芯部は比較的緻密な滓と予想される。

分析部分

長軸端部１／10を直線状に切断し、滓部を中心に分析に用いる。残材返却。

備考

分析資料番号15と細部は異なるが、基本的な傾向は同様な資料である。上面中央部にはコブ状の盛り上がりをもち、長軸端部片側が流動気味で、下面Ｖ字状の横断面形のやや片側に中心が寄ることなどが共通する要素である。本資料には下面端部に１ヶ所、工具痕らしきものがあるが、それ以外にはっきりしたものは認められない。工程的には除滓を主たる狙いとしたおりの滓側の生成物であろう。上面の長軸端部片側の流動状滓の表面は酸化色が強く、こちら側に羽口先が向いていることが想定できそうである。



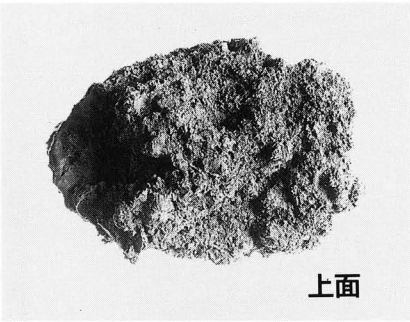


表24　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　24

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	18N　黒色土			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－24 化　学：NAK－24 放射化：　－	法量	長径　19.4cm 短径　18.0cm 厚さ　11.2cm	色調	地　：暗褐色 表面：暗褐色～茶褐色				CMA X線回折 化学		○ ○
				磁着度	4	メタル度	L（●）		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	椀形鍛冶滓 （含鉄）		重量　2200.0 g	遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過		――――
				破面数	4	断面樹脂	○				

観察所見

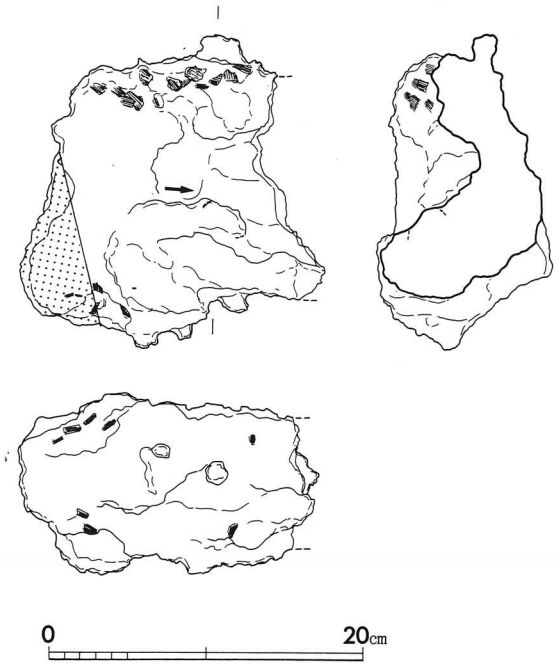
平面、不整五角形をしたやや大形の椀形鍛冶滓である。側面３面と底面に１面の都合、４面の破面をもつ。短軸方向の断面形は上下ともややＶ字形で、滓全体としてはやや軽量の資料である。肩部は片側が直線状、もう一方はやや内側に巻き込まれたようなねじれた形状をしている。上面の凹みの表面に１ヶ所、長軸端部片側の肥厚部の内面にもう１ヶ所の含鉄部がある。特殊金属探知機の反応が前者はM（◎）で、後者はL（●）である。上面の肩部よりには１㎝大の木炭痕や木炭そのものの遺存があり、下面には５㎜以下の大きさの粉炭痕が目立つ。下面の剥落部は破面となり、この面にも１㎝大の木炭片が多量に噛み込んでいる。滓の下面は舟底状に突出しており、端部よりはさらに突出が強く、あるいは工具の痕跡かも知れない。また、逆側の端部中央がやや凹んでいるのも気になる点である。破面に見られる気孔は多めで、多量に木炭を噛み込む状況は滓の内側まで及んでおり、これが比重の低さを感じさせる原因であろう。

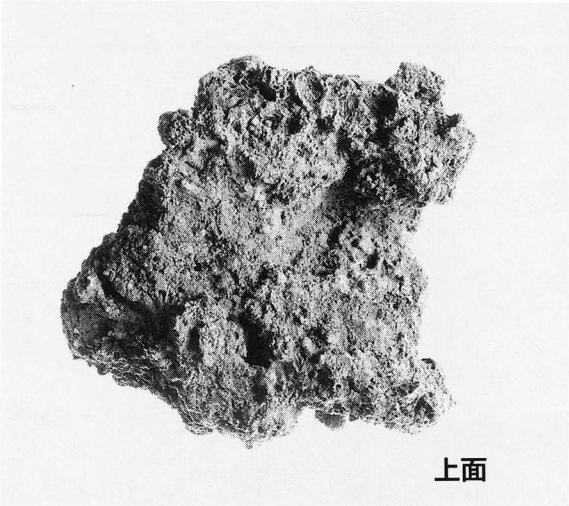
分析部分

長軸端部１／４を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備考

横断面形がＶ字形を呈する点では、分析資料番号16と共通する要素をもつ含鉄の椀形鍛冶滓である。本資料はメタルがわずかで滓が主体であるのに対し、資料番号16はメタルが主体であるという違いをもつ。但し、工程的には同一、ないしはごく近い様相を予想できるものである。





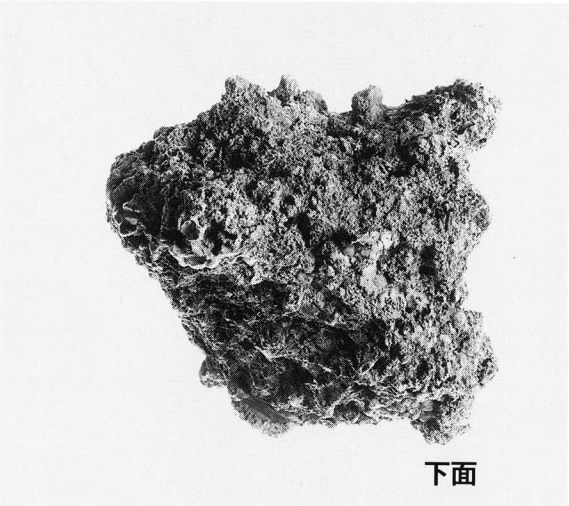


表25　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　25

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	18N　黒色土			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－25 化　学：　－ 放射化：　－	法量	長径　9.2cm 短径　7.6cm 厚さ　5.7cm	色調	地　：黒褐色 表面：黄褐色の酸化土砂				CMA X線回折 化学		○
				磁着度	6	メタル度	L´(●)		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	含鉄鉄滓		重量　525.9 g	遺存度	破片？	前含浸	－		放射化 X線透過		――
				破面数	不明	断面樹脂	○				

観察所見

平面、不整六角形をした含鉄鉄滓である。表面全体が鉄酸化物で覆われており、僅かに表皮の剥落した小破面がある程度である。かなり強い放射割れが生じ、メタル度もL（●）のため、含鉄であることがわかる。側面の小破面に僅かに気孔の見られる部分があり、滓主体の資料であると判断される。表面に固着する黄褐色の酸化土砂中には、5㎜程度の大きさの木炭痕や滓片に混じり、0.8㎜大の光沢のある粒状滓が確認できる。また、白色や灰白色の石片も含まれており、部分的に薄皮状に二次酸化物が生じている。

分析部分

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

備考

製錬系か、鍛冶系の含鉄鉄滓か、酸化物に覆われているため判断しにくい資料である。表面に固着する酸化土砂には鍛冶系の粒状滓も含まれているが、埋土の条件によるので、これが決定的な根拠とはならない。

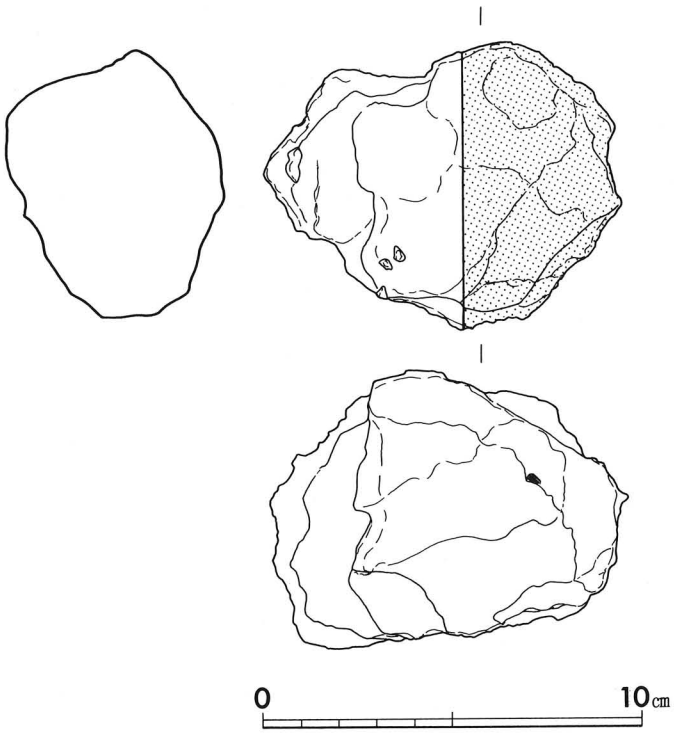


表26　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

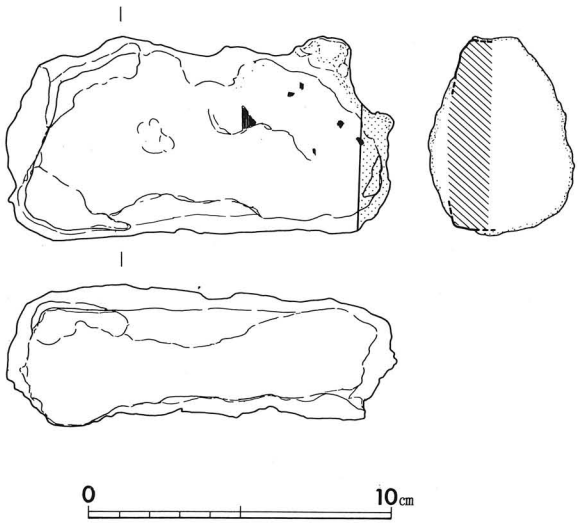
資料番号　26

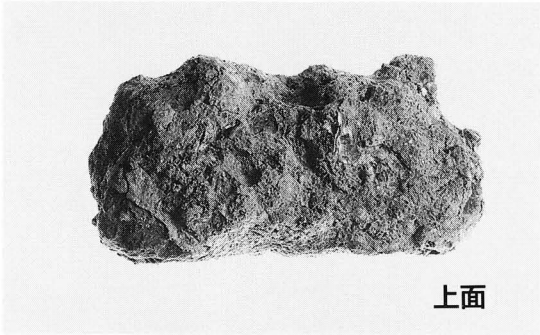
											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡			出土位置 時期：根拠	チ－21			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ○ ○
試料記号	検　鏡：ＮＡＫ－26 化　学：ＮＡＫ－26 放射化：　－	法量	長径　12.0cm 短径　6.4cm 厚さ　3.0cm 重量　743.4ｇ	色調	地　：暗褐色 表面：茶褐色				ＣＭＡ Ｘ線回折 化学		○ ○
				磁着度	8	メタル度	特Ｌ（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類（名称）	粗鉄延（切鉄？）			遺存度	完形	前含浸	－		放射化 Ｘ線透過		――――
				破面数	0	断面樹脂	○				

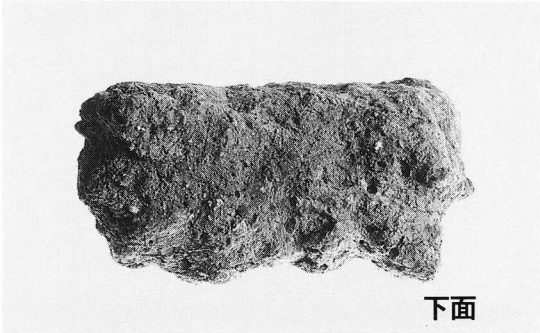
観察所見　平面、長手の不整台形をした切餅状の鉄塊である。表面に付着する厚い酸化土砂のため内部はわかりにくい点もある。長軸両端部の角の酸化物の剥落部や全体の形状から見て、分析資料番号27と同種の粗鉄延（切鉄？）と考えられる。上下面と短軸片側はほぼ平坦に成形されているが、これ以外の面と長軸の両端はきれいな平坦面ではなく、多少歪んだもので、やや斜めに削ぎ落されたような形状をもっている。特に長軸の片側にこの傾向が強い。地の部分は黒錆が吹いたしっかりした鉄で、表層のみが錆びている状態である。表面に付着する酸化土砂中には粉炭や光沢をもったごく薄手の鍛造剥片や滓片が含まれている。

分析部分　長軸端部１／12を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考　分析資料番号27と比べてやや軽量の資料である。長軸端部片側が鏨で切り落されたような斜めの切断面をもち、上下面と側面の片側は平らに成形されている。やや粗い成形の粗鉄延（切鉄？）に相当する鉄塊であろうか。







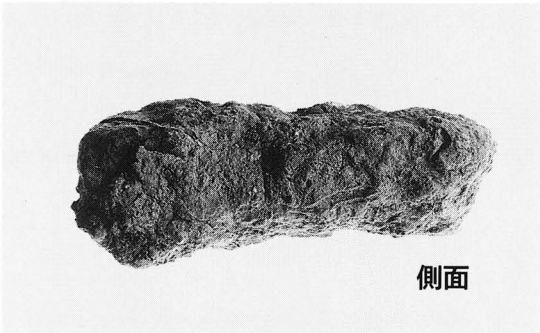


表27　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　27

										滓	：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名			出土位置 時期：根拠	14O　黒色土			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ○ ○
試料記号	検　鏡：NAK－27 化　学：NAK－27 放射化：　－	法量	長径　14.4cm 短径　7.0cm 厚さ　3.5cm	色調	地　：黒褐色～暗褐色 表面：茶褐色の酸化土砂				CMA X線回折 化学		○ ○
				磁着度	8	メタル度	特L（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	粗鉄延（切鉄？）		重量　915.1g	遺存度	完形	前含浸	－		放射化 X線透過		――
				破面数	0	断面樹脂	○				

観察所見

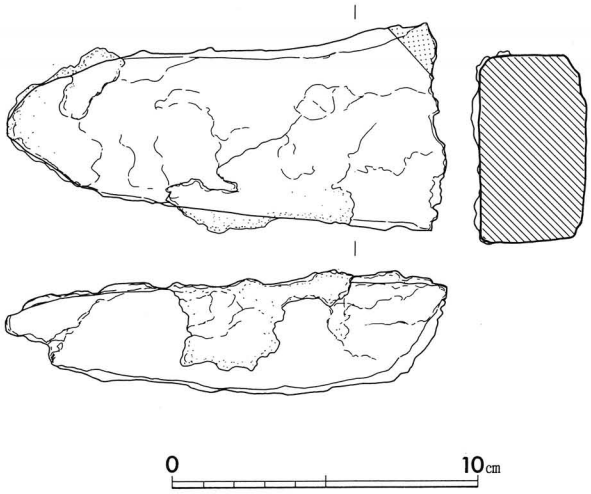
平面、バチ形をした厚板状の鉄塊である。上下面と側面の短軸側は平坦気味に成形されており、長軸の片側はやや不規則なゴツゴツした端部、もう一方の幅広い部分は斜めに成形されており、下端の角から最大10㎜ほど上がった部分が小さな段をもちながら突出している。この段は短軸方向にやや傾いており、鏨で断ち落されたおりの未切断の部分であろう。短軸片側は上下がやや張り出し気味で、中央付近が僅かに凹む傾向をもつ。これは上下から鍛打して成形されたため、やや肩部が張り出したものと考えられる。表面全体に酸化土砂が固着しており、それが脱落した表面はやや隙間がある印象をもつ粗い平坦面となっている。これは鉄塊を粗く鍛打してまとめたおりに生ずる場合がある表面の質感である。表面に固着する酸化土砂中には僅かに粉炭が含まれている以外は目立った遺物は含まれない。側面の角を中心に黒錆のにじみや放射割れが生じている。

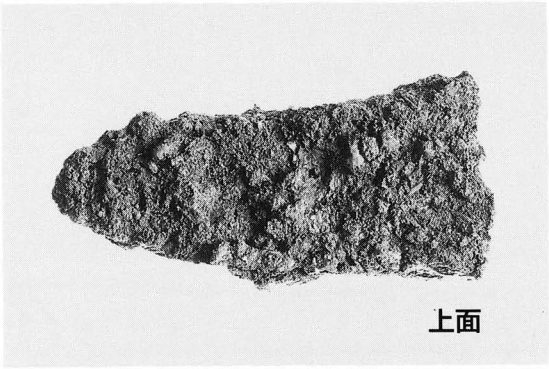
分析部分

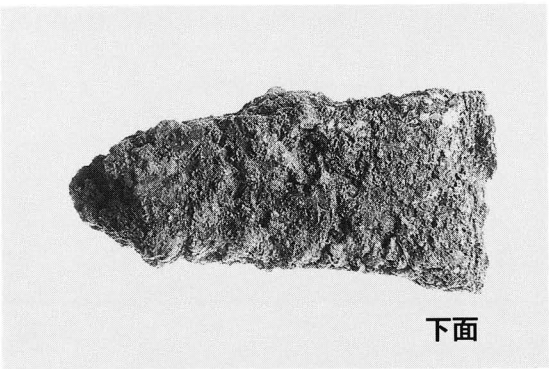
長軸端部1／15を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備考

全体に平坦気味に成形されているが、表面状態はやや凹凸のあるもので、鉄塊を鍛打して潰し、粗鉄延状に加工したものであろう。長軸端部の一方は鍛打が甘く、やや不整形である。もう一方の幅広い部分は鏨で斜めに断ち落されているものの、端部に一部切り残しがあり、そこから折られたような形状を示している。こうした形状は包丁鉄を作る前提として鉄塊を鍛打し、粗く成形した粗鉄延を作り、さらに鏨で切り分けた上で、鍛打を加える作業段階を想定できる。つまり、鍛冶炉で成分調整した鉄塊を包丁鉄にするまでの中間的な半製品と見ておきたい。分析資料番号26が同様のバチ形で切餅の形状をしているのも、同種の粗鉄延と見れば納得がいきそうである。







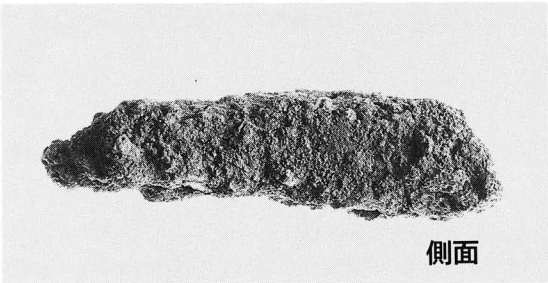


表28　中原遺跡出土鉄鍋観察表

資料番号　28

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名			出土位置 時期：根拠	15P　黒色土			分析	マクロ 検鏡 硬度		○ ◎ ○
試料記号	検　鏡：NAK－28 化　学：NAK－28 放射化：　－	法量	長径　6.1cm 短径　5.7cm 厚さ　0.3cm	色調	地　：黒褐色 表面：茶褐色の錆				CMA X線回折 化学		○ ○
				磁着度	6	メタル度	特L（☆）		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	鉄製品（鉄鍋）		重量　80.6g	遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過		――――
				破面数	3	断面樹脂	○				

観察所見　鉄鍋の口縁部の破片である。口縁部側が生きており、両側面と下面は破面、右側の表裏面に鋳掛けがなされており、補修されたものであることがわかる。口唇部はごく僅かに内傾気味である。口縁が有段か無段かの判別はできず、上端から5.8cmの範囲では無段である。表裏面にコブ状の錆膨れがある。鋳掛け前の身厚は約3mm厚で、比較的薄作りの鉄鍋といえよう。口唇部直下から1.5～2.0mmの厚みで、内外ともほぼ同一の範囲で鋳掛けが行われている。銹化は破面端部が中心で、比較的残りが良い遺物である。

分析部分　長軸端部1／4を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。地金と鋳掛けの部分に注目したい。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考　同一の鉄鍋の小破片が他に2片伴っているが、鋳掛け部がこちらは欠けている。そのため分析資料としては最大破片側を用いる。

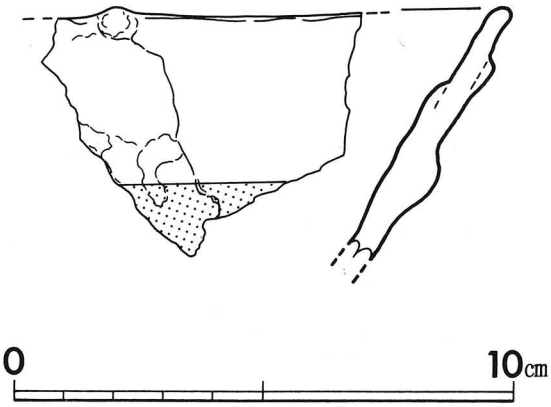


表29　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　29

												滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　5号掘立柱建物跡				出土位置 時期：根拠	1号焼土面			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検鏡：NAK−29 化学：　− 放射化：　−	法量	長径　−　cm 短径　−　cm 厚さ　−　cm 重量　−　g		色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
					磁着度	−	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	粒状滓（8点）				遺存度		前含浸	−		放射化 X線透過	――	
					破面数	−	断面樹脂	−				
観察所見	サンプルは、1号焼土面より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の計8点である。個別の記録は別表参照。											
分析部分	必要品を選択し、粒状滓として分析に用いる。残材返却。											
備考												

資料番号　29

番号	直径（mm）	色調	形状及び表面	磁着	気孔
29−イ−1	4.5	黒褐色	偏平な一面をもついびつな球状。光沢はなし。	強	あり
29−イ−2	2.5	黒褐色	ややきれいな球状。光沢はなし。	強	なし
29−イ−3	1.5	黒褐色	いびつな球状。やや光沢あり。	強	あり
29−イ−4	0.8	黒褐色	きれいな球状。光沢なし。	強	なし
29−ロ−1	4.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢なし。	弱	なし
29−ロ−2	2.4	黒褐色	ややいびつな球状。やや光沢あり。	弱	あり
29−ロ−3	1.5	黒褐色	ややいびつな球状。光沢はなし。	弱	なし
29−ロ−4	0.8	黒褐色	きれいな球状。小さな突起1ケ所にあり。光沢はなし。	弱	なし

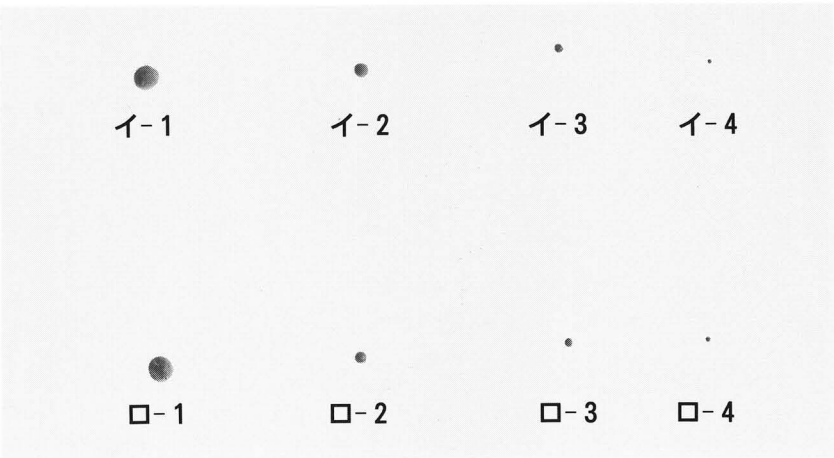


表30　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　30

											滓　：メタル
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　5号掘立柱建物跡			出土位置 時期：根拠	1号焼土面			分析	マクロ 検鏡 硬度	○ ○	
試料記号	検　鏡：NAK−30 化　学：　− 放射化：　−	法量	長径　−　cm 短径　−　cm 厚さ　−　cm 重量　−　g	色調	地　： 表面：				CMA X線回折 化学		
				磁着度	−	メタル度	なし		耐火度 カロリー		
遺物種類 （名称）	鍛造剥片（7点）			遺存度		前含浸	−		放射化 X線透過	――	
				破面数	−	断面樹脂	−				
観察所見	サンプルは、1号焼土面より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の計8点である。個別の記録は別表参照。										
分析部分	必要品を選択し、鍛造剥片として分析に用いる。残材返却。										
備考											

資料番号　30

番号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色調	表	裏	磁着	気孔
30−イ−1	2.4	1.8	0.20	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
30−イ−2	2.3	1.2	0.14	黒褐色	凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
30−イ−3	3.4	1.6	0.07	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
30−イ−4	2.0	1.4	0.04	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし
30−ロ−1	3.9	1.8	0.4	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	弱	なし
30−ロ−2	3.8	1.6	0.23	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし
30−ロ−3	2.0	1.8	0.1	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし

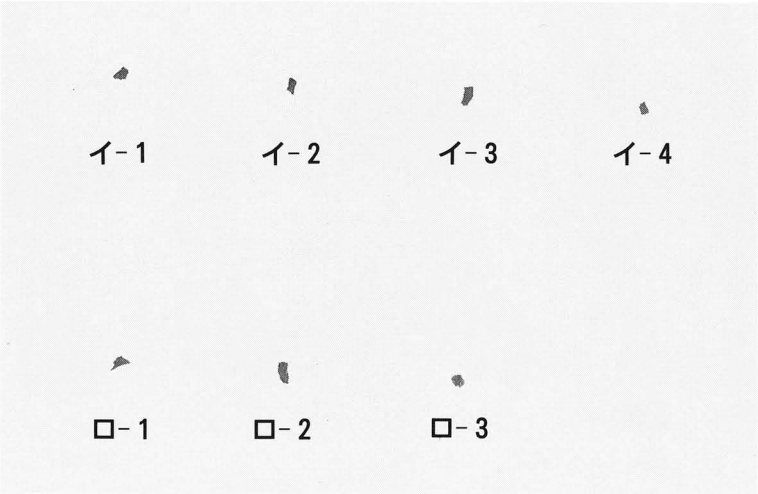


表31　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　31

											木　炭
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡				出土位置 時期：根拠	1号炉－Ⅱ ^{14}C年代：1850±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	○
試料記号	検　鏡：NAK－31 化　学：NAK－31 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm		色調	地　：黒色 表面：黒色				CMA X線回折 化学	○
					磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー	○
遺物種類 （名称）	木炭（5点）		重量　9.8g		遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過	――
					破面数	－	断面樹脂	－			

観察所見

31－1　1.8×2.4×2.7cm　2.75g　大型の環孔材(広葉樹)。厚さ2.7cmの間に7本の年輪を数える。炭化は甘い。菊割れなし。木取りはミカン割りか。

31－2　2.5×3.2×2.0cm　2.57g　半径2.1cm前後の環孔材(広葉樹)。年輪数17本以上。炭化はやや甘く、表皮なし。菊割れ顕著。木取りはミカン割り、1／3縦割り。

31－3　3.3×2.4×1.5cm　2.74g　大型の環孔材、1と類似(広葉樹)。厚さ1.5cmの間に8本の年輪を数える。炭化は甘い。菊割れなし。木取りはミカン割りか。

31－4　2.3×2.4×1.2cm　1.31g　半径1.2cmの環孔材(広葉樹)。年輪数10本。炭化は甘く、表皮なし。菊割れあり。木取りは半割か。

31－5　3.3×0.8×0.8cm　0.44g　小枝状の芯部が灰化している環孔材(広葉樹)。年輪数4本。炭化はやや甘く、表皮なし。菊割れなし。枝材のため木取りなし。

分析部分　必要品を選択し、木炭として分析に用いる。残材返却。31－1～5のうち1と3は同一種の材である。2と4は同一種の可能性が強い。5は小潅木の枝材で、中に白色で軟質の芯がある。山吹の可能性が高い。炭材というより敷き材などの可能性が高そうである。分析には1・3ないし2・4の組合せで必要品を選択して用いる。量が必要な場合は1～4を用いる。

備考　材としては1と3は年輪幅の大きな軟質材である。2と4は比較的年輪間隔の詰った菊割れの生じやすい硬質材である。いずれも炭化後に小さく小割されており、鍛冶炭として3cm（一寸）程度に整粒されている可能性が高い。これは鍛冶に用いられる木炭の使用前のサイズを示すものであろう。松などの樹脂分のある針葉樹材が用いられていないことに留意。

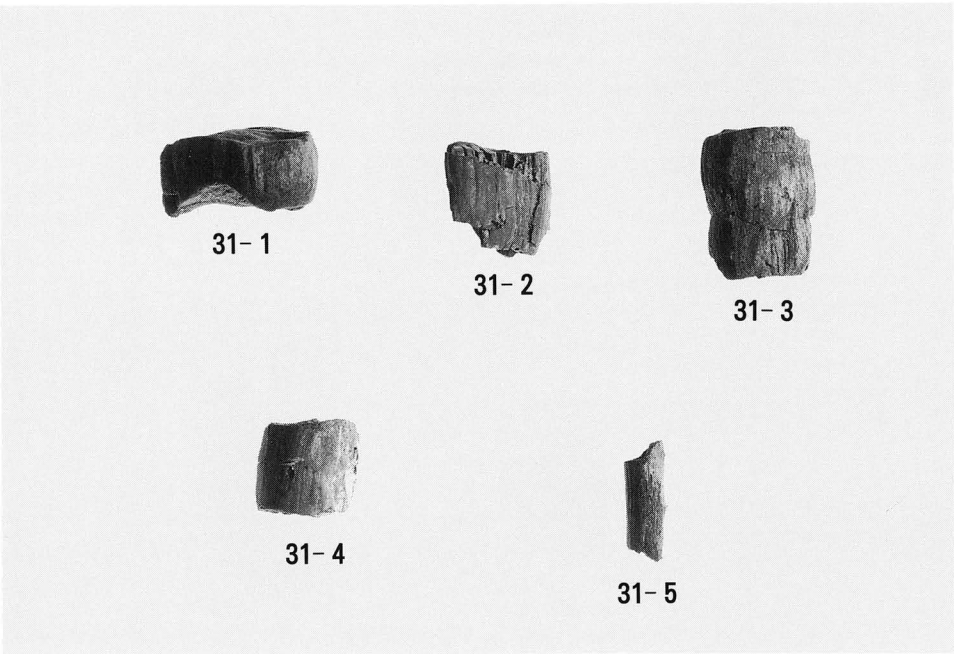


表32　中原遺跡大鍛冶関連遺物観察表

資料番号　32

											木　炭
出土状況	遺跡名　中原遺跡 遺構名　大鍛冶場跡				出土位置 時期：根拠	2号炉－Ⅱ ^{14}C年代：1830±60			分析	マクロ 検鏡 硬度	○
試料記号	検　鏡：NAK－32 化　学：NAK－32 放射化：　－	法量	長径　－　cm 短径　－　cm 厚さ　－　cm		色調	地　：黒色 表面：黒色				CMA X線回折 化学	○
					磁着度	－	メタル度	なし		耐火度 カロリー	○
遺物種類 （名称）	木炭（5点）		重量　19.6g		遺存度	破片	前含浸	－		放射化 X線透過	――
					破面数	－	断面樹脂	○			

観察所見

32－1　3.6×3.5×1.2cm　5.6g　中型の環孔材(広葉樹)。厚さ1.2cmの間に19本の年輪を数える。炭化は甘い。菊割れなし。木取りはミカン割りか。

32－2　3.9×2.9×2.2cm　3.6g　中型の環孔材(広葉樹)。2.2cmの間に16本の年輪を数える。炭化はやや甘く、表皮なし。菊割れややあり。木取りはミカン割り約1／4。

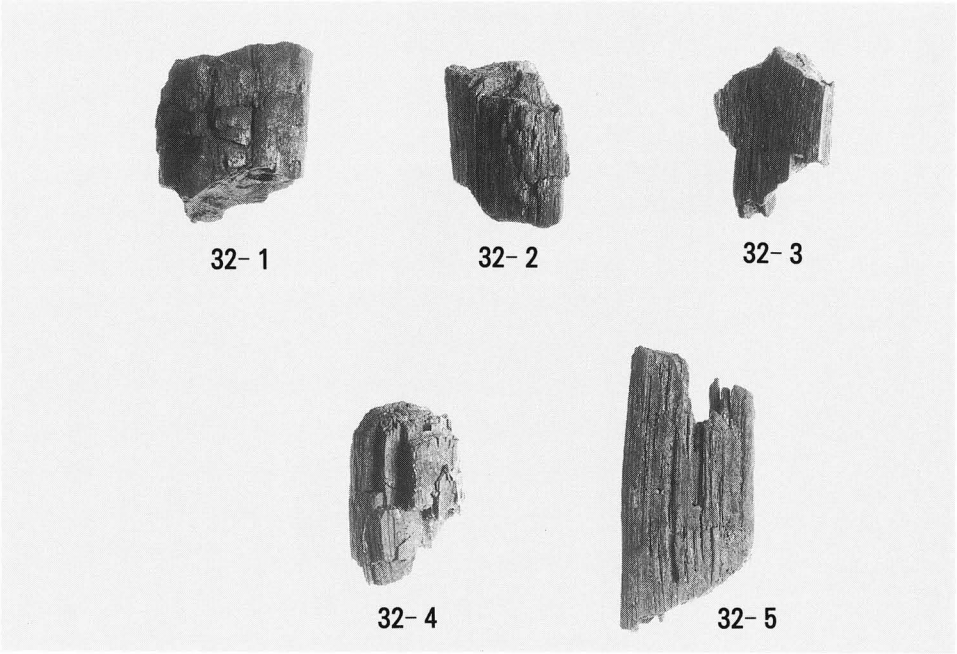
32－3　3.9×3.0×2.4cm　4.12g　中型の環孔材(広葉樹)。半径2.2cmの間に19本の年輪を数える。炭化はやや甘い。菊割れややあり。木取りはミカン割り約1／4。

32－4　4.1×2.3×2.6cm　3.55g　中型の環孔材(広葉樹)。半径2.5cmの間に21本の年輪を数える。炭化ややは甘い。菊割れあり。木取りはミカン割り1／6。

32－5　6.4×0.7×3.1cm　2.16g　やや大型の環孔材(広葉樹)。厚さ3.1cmの間に21本以上の年輪を数える。炭化はやや甘い。菊割れややあり。木取りは剥片状。

分析部分　必要品を選択し、木炭として分析に用いる。残材返却。32－1～5のうち1は導管列の読みにくい散孔材で軟質の材。2～5は年輪のはっきりしたナラ・クヌギ類である。分析には単独か、2～5を選択して用いる。

備　考　1号鍛冶炉の木炭に比べて一回り大きい、3.5cm前後の大きさに小割りされている。5は6cm以上と長く、割り残されたか、剥片状のため小割りする必要がなかった可能性もある。いずれにしても、これが2号鍛冶炉に用いられた整粒後の使用前の木炭のサイズを示すものであろう。本遺構でも松などの針葉樹材が確認できない。全体に炭化が甘めの点は共通する。



第3部　付　　論

中原遺跡出土木材の樹種同定

パリノサーヴェイ株式会社

はじめに

中原遺跡では江戸時代末の建物跡や大鍛冶場跡等の施設が検出されている。各施設からは、柱や側溝蓋板と考えられる木材などが生木の状態で出土している。

本報告では出土した木材のうち、建物跡の柱材、側溝蓋板、溜枡状遺構底板ほかについて樹種を明らかにし、用材に関する資料を得る。

1．試　　料

試料は建物跡の柱材５、側溝蓋板１、溜枡状遺構底板１、その他２である。各試料の詳細は、同定結果とともに表１に示した。

2．方　　法

剃刀の刃を用いて木口（横断面）・柾目（放射断面）・板目（接線断面）の３断面徒手切片を作製し、ガム・クロラール（抱水クロラール、アラビアゴム粉末、グリセリン、蒸留水の混合液）で封入し、プレパラートを作製する。作製したプレパラートは生物顕微鏡で観察・同定する。

3．結　　果

樹種同定結果を表に示す。合計９点の試料は、針葉樹１種類（マツ属複維管束亜属）、広葉樹２種類（クリ・トネリコ属）に同定された。各種類の解剖学的特徴を、以下に記す。

・マツ属複維管束亜属（Pinus subgen. Diploxylon）　マツ科

仮道管早材部から晩材部への移行は急～やや緩やかで、晩材部の幅は広い。垂直樹脂道および水平樹脂道が認められる。分野壁孔は窓状となり、放射仮道管内壁には顕著な鋸歯状の突出が認められる。放射組織は単列、１～15細胞高。

・クリ（Castanea crenata. Sieb. et Zucc）　ブナ科クリ属

環孔材で孔圏部は１～４列、孔圏外で急激～やや急激に管径を減じたのち、漸減しながら火炎状に配列する。道管は単穿孔を有し、壁孔は交互状に配列する。放射組織は同性、単列、１～15細胞高。

・トネリコ属（Fraxinus）　モクセイ科

環孔材で孔圏部は１～３列、孔圏外で急激に管径を減じたのち、漸減する。道管壁は厚く、横断面では円形～楕円形、単独または２個が複合、複合部はさらに厚くなる。道管は単穿孔を有し、壁孔は小型で蜜に交互状に配列する。放射組織は同性～異性Ⅲ型、１～３細胞幅、１～40細胞高。

4．考　　察

樹種には複維管束亜属、クリ、トネリコ属の３種類が認められ、クリが最も多い。これらは、いずれも強度が高く、クリや複維管束亜属については耐水性も高い。これらの材質を考慮して用材が行われたことが推定される。このうち、クリや複維管束亜属については、日本各地の18～19世紀にかけて建造された民家でも比較的多く認められており、（布谷・中尾，1986）、当時最も一般的な木材のひとつであったと考えられる。

江戸時代の構築材については、現存する民家の他にも、都内の江戸遺跡でも藩邸等から出土した木材を対象とした樹種同定が行われている。（能城・高橋，1996）それらの事例を見ると、スギやヒノキ属は現存する民家でも多く見られるが、中にはほとんど利用されていない地域もあり、禁忌によって使用しなかった樹種もあったと考えられている。（布谷・中尾，1986）本地域については同様の調査事例が少なく、現時点では用材の傾向も明らかでない。今後さらに類例を蓄積するとともに、史料等による調査も行って全容を明らかにしたい。

引用文献

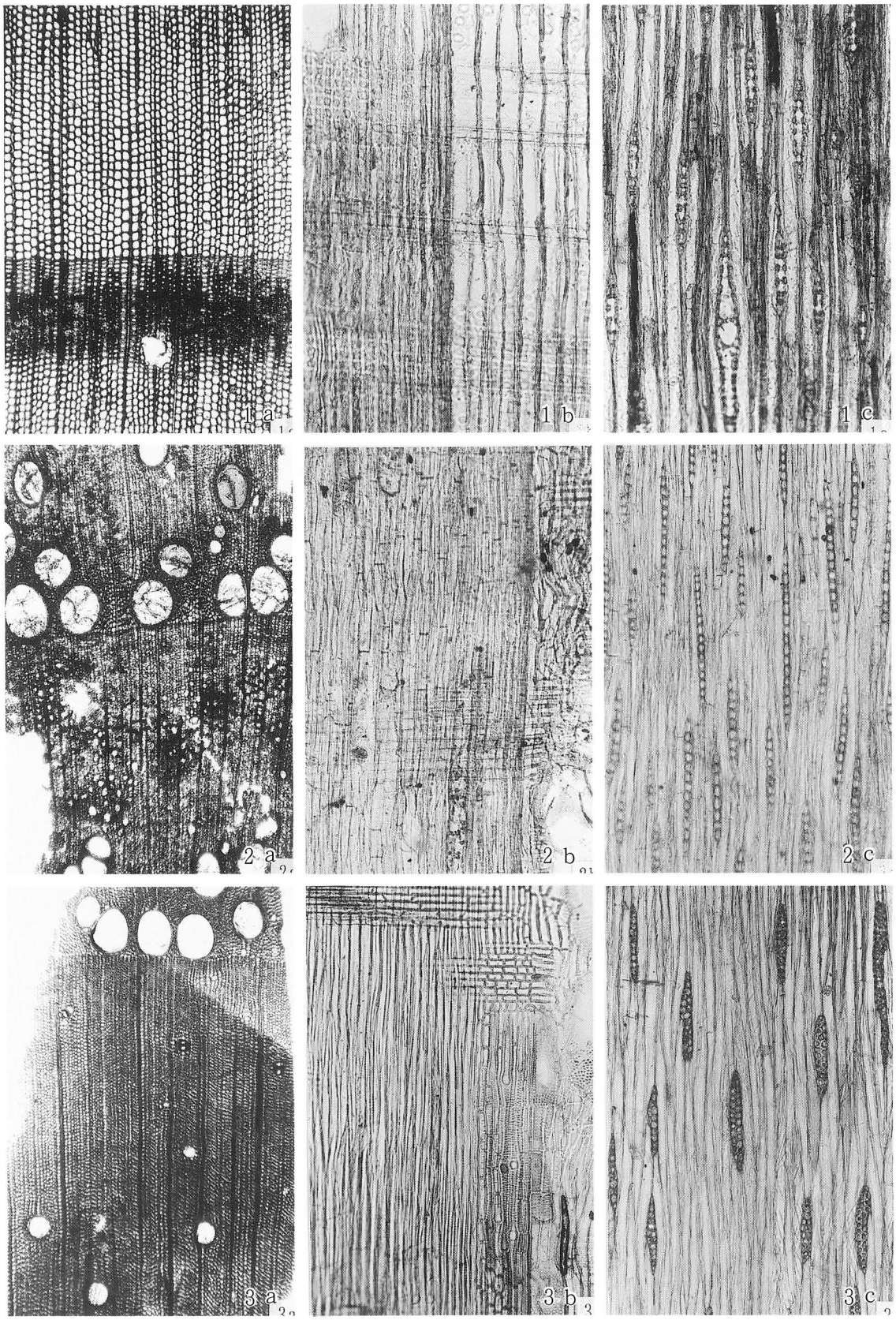
能城修一・高橋敦（1996）中・近世における木材の利用．第11回植生史学会大会シンポジウム「中世・近世の植生史」発表要旨，ｐ．７－11.

布谷知夫・中尾七重（1986）民家の構築材の樹種．大阪市立自然史博物館研究報告，40，ｐ.21－30.

表　樹種同定結果

遺　構　名	時　代	試料番号	用途など	樹　種
１号掘立柱建物跡	江戸時代末	Ｐ２	柱　材	クリ
		Ｐ８	柱　材	クリ
溜枡状遺構	江戸時代末	2	底　板	クリ
２号掘立柱建物跡（大鍛冶場跡）	江戸時代末	6	不明板材	マツ属複維管束亜属
		7	敷　板	マツ属複維管束亜属
		16	側溝蓋板	クリ
		Ｐ１	柱　材	クリ
４号掘立柱建物跡	江戸時代末	Ｐ６	柱　材	クリ
		Ｐ４	柱　材	トリネコ属

図版１　構築材の木材組織



１．マツ属複維管束亜属（２号掘立柱建物跡６）
２．クリ（１号掘立柱建物跡　Ｐ８）
３．トリネコ属（４号掘立柱建物跡　Ｐ４）
　ａ：木口，ｂ：柾目，ｃ：板目

200μｍ：ａ
200μｍ：ｂ．ｃ

中原遺跡から検出された近世のウシ骨について

井　上　貴　央
（鳥取大学医学部解剖学第二講座）

1．はじめに

本報告は島根県飯石郡頓原町の中原遺跡の土壙から検出された近世のウシの骨に関するものである。同遺跡は神戸川の河岸段丘の上に発達した縄文晩期から江戸時代の複合遺跡で、江戸時代の遺構としては大鍛冶場跡が見つかっている。江戸時代末と考えられる土壙は4基検出されている（14～17号土坑）。これらの土壙は一部が切りあっており、直径50cmから1.5m程度の円形の土壙である。獣骨の発見された土壙は15～17号土坑で、14号土坑からは獣骨は発見されていない。

2．各土壙中のウシ骨

1）15号土坑

下顎骨（左・右）、頭蓋骨片、角、臼歯、切歯片が検出されている。頭蓋骨片は頭蓋底の後頭骨から左側頭骨にかけての部分である。蝶後頭軟骨結合は閉鎖しており、成獣であることがうかがえる。臼歯は釘植しているものもあるが、遊離歯として検出されているものもある。検出された下顎歯は釘植していたものも含めると、右側が第2～第3前臼歯と第1～第3後臼歯、左側が第3前臼歯と第1～第3後臼歯である。上顎骨は見あたらないが、上顎歯が遊離歯として検出されている。その内訳は左側が第2～第3前臼歯と第1～第3後臼歯、右側が第2～第3後臼歯である。これらの一連の頭蓋骨と歯牙は1体分のウシのものであると思われ、少なくとも3歳以上の成獣のものと考えられる。歯牙の咬耗からみて、17号土坑に埋葬されていたウシよりは若い個体である。

2）16号土坑

検出された骨はすべてウシの骨で、頭蓋骨片，左尺骨，肋骨片，中節骨（未骨化），切歯，臼歯，骨片からなる。このうち、臼歯片と一部の骨片は火を受けて焼かれている。骨の残りは少ないが、成獣と幼獣～亜成獣の骨が混じっている。

3）17号土坑

本遺跡のなかで最も多くのウシ骨が検出された土壙である。検出骨リストを表1に示した。この

表1　17号土坑から検出されたウシ骨リスト

番号	部　　位
1	左橈骨（P-C-D）
2	左上腕骨（C-D）
3	右脛骨（？）（P破損大）
4	左肩甲骨
5	左大腿骨（P-C-D）
6	左中足骨（P-C-D）
7	肋骨片
8	左脛骨（P欠-C-D欠）（D：未骨化）左中足骨（P-C-D欠）（D：未骨化，Pは骨化）基節骨，中節骨，末節骨
9	肋骨片
10	右橈骨（P-C-D）
11	右距骨，右踵骨，右脛骨（P欠-C-D）（D：未骨化）
12	骨片
13	右中足骨（P-C-D欠）（D：未骨化，Pは骨化），足根骨
14	左肩甲骨
15	左右下顎，左右上顎，椎骨片（未骨化），頭蓋骨片
16	寛骨片
17	頭蓋骨片
18	左右上顎，頭蓋骨片，椎骨，左右下顎
19	左脛骨（P欠-C-D），左踵骨（解体痕(+)），左距骨，切歯，前臼歯など9点
20	右中足骨（P欠-C-D）
21	椎骨片（未骨化），肋骨
22	左中手骨（P欠-C-D），左右下顎骨片（下顎枝の一部），基節骨
無番	中節骨，頚椎，寛骨片，左踵骨，切歯，臼歯片，脛骨遠位骨端

土壙には少なくとも年齢の異なる2頭のウシが埋葬されていた。1頭は成獣で、もう1頭は亜成獣である。

【成獣の骨】

頭蓋骨

下顎骨は左右ともにほぼ完形で、第1前臼歯～第3後臼歯が釘植している。すべての歯は永久歯で咬耗はかなり進んでいる。

椎骨、肋骨が検出されているがその数は少なく1頭分の骨が揃っていない。前肢の骨では左肩甲骨が2点、左上腕骨が1点、左右橈骨が1点検出されている。後肢の骨では寛骨片、左大腿骨が1点、右脛骨が1点、左右中手骨が1点検出されている。その他、左右の距骨、左右の踵骨、指骨などが検出されている。ほとんどの骨は左右のいずれかであるが、肩甲骨は左側が2点検出されており、成獣が2頭分埋葬されていた可能性があるが、1点の肩甲骨は保存状態が悪く、成獣のものとは確言できない。左踵骨には解体痕が認められる。

化骨や歯牙の咬耗度から判断して、成獣のウシは7～10歳程度の個体と考えられる。

【亜成獣の骨】

頭蓋骨はほぼ完形であったと思われるが、取り上げ時に大きく破損をきたしている。

下顎骨は左右ともに残存している。歯の萌出状況を観察すると、上顎・下顎ともに、第1～第3乳臼歯を伴っており、第1後臼歯は萌出しているが、第2～第3後臼歯は未萌出である。

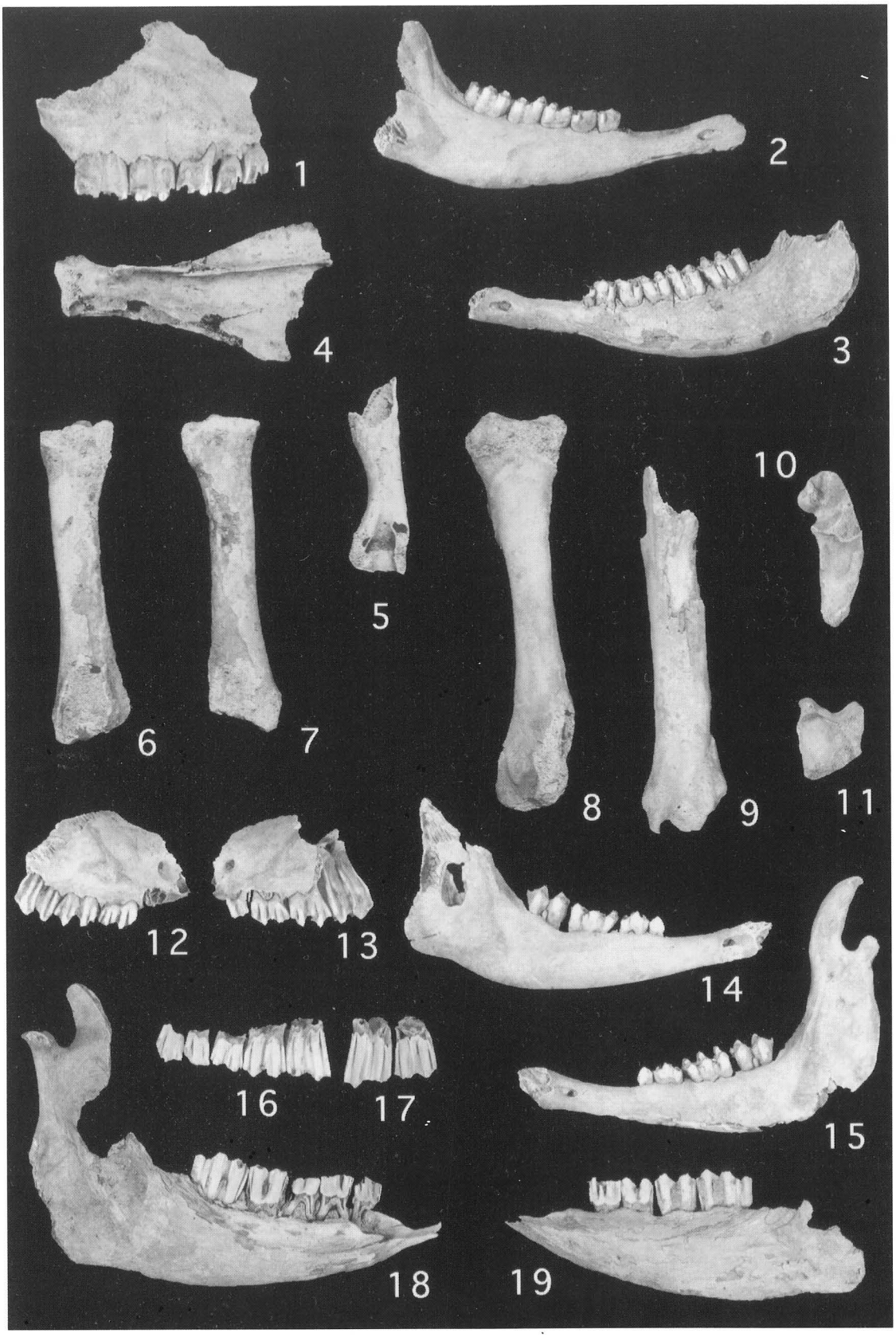
体幹の骨では椎骨、肋骨、寛骨などが見つかっている。前肢の骨は検出されていない。後肢の骨では左右の脛骨、左中足骨が含まれており、脛骨の遠位骨端は未骨化である。そのほかに、左踵骨などが検出されている。

歯牙の萌出状況や化骨の程度から判断して、亜成獣のウシは生後半年～1、2歳程度の個体と考えられる。

3．おわりに

このたび中原遺跡から検出された土壙は、ウシを解体した後の廃棄場であったと考えれられる。骨や歯の一部には火を受けたものがあったが、火を用いて調理したものとは考えにくい。廃棄の過程で若干の火を受けたものであろう。

稿を終わるに当たり、ウシ骨の検討の機会を与えていただいた島根県埋蔵文化財センターの関係各位に御礼申し上げる。調査を担当された角田徳幸氏には骨の検出状況などについて御教示を得た。記して御礼申し上げる。



図版説明

1～15：17号土坑のウシ骨（1～11：成獣、12～15：幼獣）。1：右上顎骨、2：右下顎骨、3：左下顎骨、4：左肩甲骨、5：左上腕骨、6：左橈骨、7：右橈骨、8：左大腿骨、9：左脛骨、10：左踵骨、11：左距骨、12：右上顎骨、13：左上顎骨、14：右上顎骨、15：左上顎骨、16：左第2～第3前臼歯と第1～第3後臼歯、17：右第2～第3後臼歯、18：右下顎骨、19：左下顎骨

飯南地域の近世鈩とその経営者について
－ 頓原町周辺地域を中心にして －

今　田　昭　二
（頓原町誌編纂室）

はじめに

飯南地域とは、飯石郡の南部で、江戸時代、旧広瀬藩領にあたり、現掛合町入間・波多、佐田町の一部と、頓原町・赤来町の全域がこれに属し、藩政期には二十四カ村からなっていた。

ここでは特に、頓原町周辺地域に焦点をおき、近隣地域を含め、近世における製鉄状況の概要、並びその経営者についてふれてみたい。

古くから奥飯石は良質な砂鉄に恵まれ、出雲風土記の飯石郡の条に「波多の小川・源は郡家の西南二十四里なる志許斐山より出て、北に流れて須佐川に入る。鉄（まがね）あり。」とあるように、古くからこの地域では砂鉄が採取され、製鉄が行われた。

近世にいたり、藩の鉄山行政もいろいろな経緯をたどっている。堀尾忠晴のとき、「鉄穴流し」が禁止されていたが、寛永15年（1638）松平直政が松江に入部するや、製鉄を許可し、積極的な「保護政策」が始まった。鉄の買上げ、糧米の払下げ、鉄山焼払いの禁止などである。その後、鉄は「自由販売制」となっていたが、社会経情の状況変化に伴い、嘉永４年（1851）、ついに鉄は、藩の「専売制」となり、幕末を迎えるにいたった。

維新後、この地域では、明治20年代末ごろまで、鈩製鉄が行われていた。

１．飯南地域における製鉄の概要

(1)　概　　要

「島根県遺跡地図Ⅰ」（出雲・隠岐）によると、飯南地域に含まれるもので製鉄遺跡としては掛合町（波多・入間・穴見）で15ヵ所、赤来町で14ヵ所、頓原町では178ヵ所が確認されている。（頓原町では昭和63年度より２ヶ年計画で、埋蔵文化財詳細分布調査が行われている。）頓原町域内の分布をみると、表１のようになっている。鈩跡でも野だたらが多く、高殿跡と確認されたものは24ヵ所で、本地域の代表的な鈩としては、弓谷鈩・丸山鈩・奥畑鈩・才谷鈩といった高殿並びに鍛冶場があった。

頓原町の状況からして、今後、調査が進んでくると、掛合町・赤来町でも遺跡数は増加するものと思われ、近世中期以降、明治の初めごろまで、最んに製鉄が行われていたことが分かる。

表１　頓原町内の製鉄遺跡

	遺跡数	高殿跡
頓原村	６１	7
花　栗	１８	2
佐　見	１５	1
長　谷	１４	3
都加賀	２１	4
獅　子	１４	2
八　神	１２	2
志津見	１２	2
角　井	１１	1
計	１７８	２４

(2)　主な鉄師たち

鉄山師としては、下来島村（現赤来町）の永田家、吉田村（現吉田村）の田部家、奥田儀村（現

簸川郡多伎町）の桜井家そして、比田村（現能義郡広瀬町）の奏家があった。この外、地元の鈩経営者では、入間村（現掛合町入間）の田部家（中村屋）、頓原村（現頓原町頓原）の佐和家（淀屋）、花栗村（現頓原町花栗）の森山家（梅蔵）があった。

①永田家（下来島村丸山）

『永田家系図』によると、五代・太左衛門のとき、寛永20年（1643）石見国から飯石郡下来島村手倉に移住、鉄山業に励んだ。8代・庄右衛門に至り、住居を長谷村（現頓原町長谷）に移し、別所を中心に製鉄に従した。10代・庄四郎のとき、安永元年（1772）下来島村丸山に鈩（丸山鈩）を設けた。

12代・為右衛門のとき、広瀬藩の大庄屋・下郡役となり苗字帯刀が許された。引化4年（1847）、14代・万四郎代家運最隆昌を極め、広瀬藩領内飯石郡中、第一の富豪となった。16代・四郎七郎のとき、家運傾き、ついに明治9年、製鉄業を廃絶するに至った。この間に於ける鈩経営の概要は前述の丸山鈩の外、和恵鈩（現赤来町小田）を設け、業務を拡張した。

当時、鈩に従事する者、和恵に七十戸、丸山に五十戸あり、年産出額鉄、鋼ともにおよそ26万貫、鉄穴場8ヵ所以上、鋼鉄の声価も好評を得て「三又桜一」・「八重桜」の商標で主たる販路は九州地方であった。続いて和恵から鈩を立石（現赤来町小田）に移した。

一方、天保年中、奥真木（現赤来町来島）にも鈩を設けている。その後、頓原町内諸所（都加賀村・長谷村・獅子村・八神村）に鈩を設けている。神戸川流域で代表的なものとしては、「丸山鈩」、「才谷鈩」（頓原町八神）があげられる。

明治9年、鈩は廃されたが、『砂鉄及びその精錬法』－榊藤夫－（山海堂）によると、「丸山鈩の精錬技術は高く評価され、日立金属安来工場の前身、雲伯鉄鋼会社はその技術をとり入れ、同社の桜の商標は丸山鈩の商標を継承するものである。」と記されている。

②田部家（吉田村）（飯南地域に関することのみ記す。）

飯石郡吉田村・田部家（現吉田村）は、藩政期は松江藩に属し、郡内（松江・広瀬藩領）いたるところに鉄山・鈩・鉄穴場を有した一大鉄師である。

寛政4年（1792）の調査によれば、飯石郡表領内に鉄山37ヵ所・鉄穴29ヵ所・鈩4ヵ所。その後、益々製鉄業を拡張し、文政のころ（1818～1829）には出雲の鉄山王と称された。

「田部家文書」によると、文政12年（1829）の広瀬藩領内の鉄山の記録をみると、次のようである。

・角井村	下山鉄山	12ヵ年吹之見積
・頓原村	奥畑鉄山	20ヵ年吹之見積
・刀根村	鉄山	13ヵ年吹之見積
・畑　村	かやり山鉄山	5ヵ年吹之見積
・志津見村	ぬくゆ山	15カ年吹之見積
・志津見村	大槇山	10ヵ年吹之見積
・竹尾村		15ヵ年吹之見積
・畑村後山		3ヵ年吹之見積

明治10年代後半には、飯南地域の一部を除いて大部分が田部家の経営するところとなった。

③桜井家（奥田儀村）

寛永17年、仁多郡上阿井村（現仁多町）の桜井家が製鉄業の基を築き、鈩は明治23年頃まで続いた。その間、事業を拡大、佐田町内、波多柄栗（現掛合町柄栗）までに及んでいる。近隣の主な鈩としては、次のようなものがある。

- 一久保田村（現佐田町一窪田）　加賀谷鈩
- 佐津目村（現佐田町佐津目）　佐津目鈩
- 高津屋村（現佐田町高津屋）　朝日鈩
- 上橋波村（現佐田町上橋波）　檀原鈩
- 畑村（現掛合町波多）　堂が谷鈩

④奏家（能義郡比田村）

『島根県各村の砂鉄と製鉄』によると、能義郡広瀬町の奏家の鈩・付属山林が上赤名にあったことが記されている。

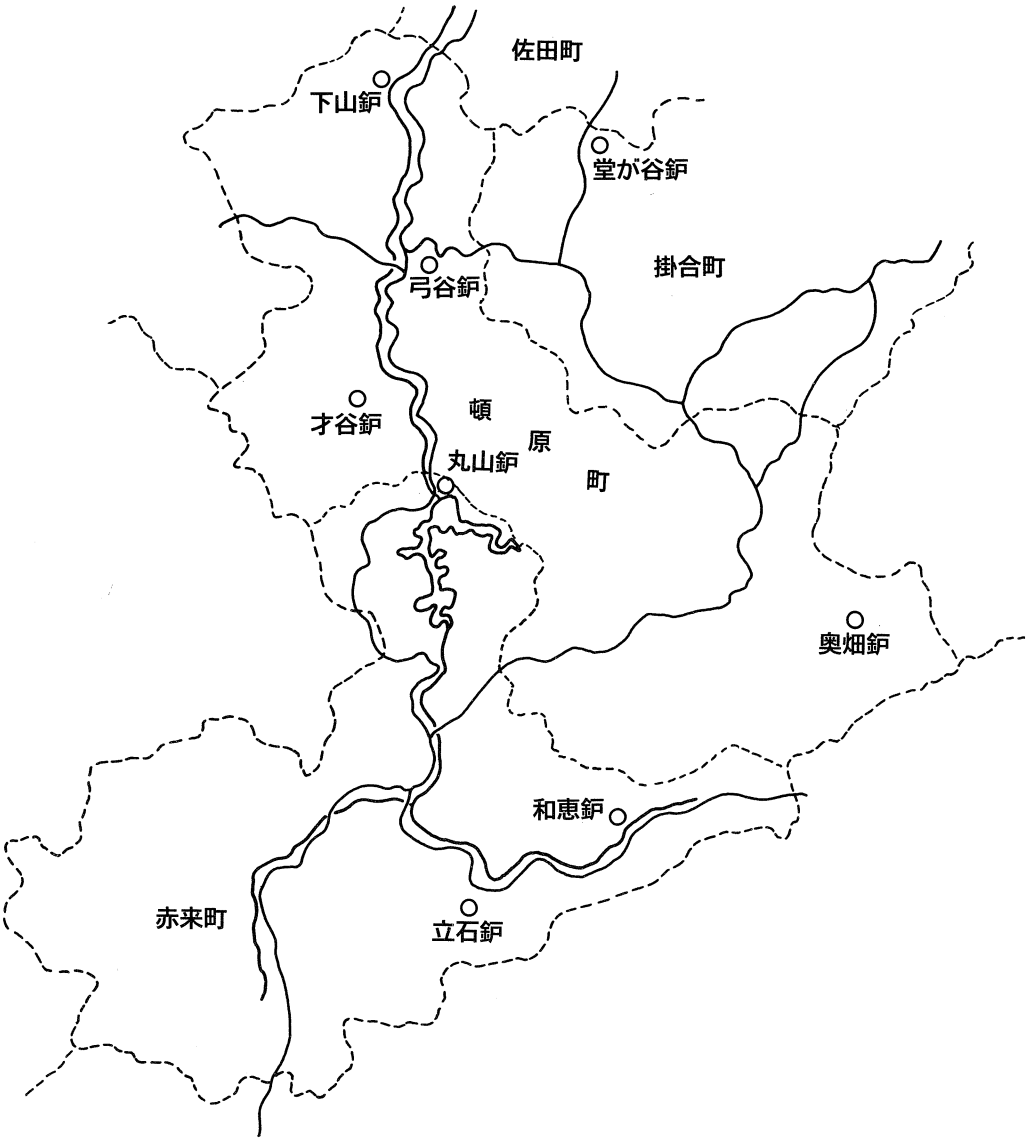


図１　鈩場の分布（江戸後期～明治）

⑤田部家（入間村・「中村屋」）

鈩製鉄を営んだ古い家柄で、延宝年間（1673～80）太郎兵衛は大庄屋になり、かなり長期にわたって在職していた。寛政７年（1795）、７代・祖助は入間鈩を設けている。以来、盛んに稼業につとめたが、文化年間（1804～1817）にいたり、入間鈩は下来島村の永田家が田部家に代り、稼業している。『泉原たたら』（頓原町教育委員会）によると、文政３年（1820）、吉田村・田部家が永田家の跡を継ぎ、経営にあたっていたが、文政８年（1825）、八重滝鈩と合流した。天保11年（1840）中村屋新四郎は八重滝鈩の鉄師となっている。

⑥佐和家（頓原村・「淀屋」）

佐和家は邑智郡川下村にて、鈩（瀬尻鈩）を営んでいたが、頓原村に移住し（年代不詳）、奥畑鈩を経営・鉄山業にあたった。金屋子社の棟札によると「天保13年・佐和重左衛門」とある。

慶応２年、奥畑鈩は吉田村・田部家の経営となる。

⑦森山家（花栗村・「梅蔵」）

元禄のころ、石見国より花栗に移住、３代・平左衛門代、大庄屋を勤めるなど、家運隆昌、茂が谷鈩を設け、製鉄業に従事した。

２．藩政期末の大三鉄師の状況－三大権益の交錯する村々－

東に吉田村・田部家、北に奥田儀村・桜井家、南に下来島村・永田家があり、この三大鉄師たちの権益の接点が、都加賀村・刀根村・頓原村・畑村・志津見村であり、この中でも、畑村・刀根村の地域は複雑な状況下であった。

当時の主な鈩・鉄穴場は下記のとおりである。

(1)　鈩　　（　）内は経営者

和恵鈩（永田）	弓谷鈩（田部）	堂が谷鈩（桜井）
立石鈩（永田）	下山鈩（田部）	檀原鈩（桜井）
丸山鈩（永田）	奥畑鈩（佐和）	
才谷鈩（永田）	八重滝鈩（田部）	

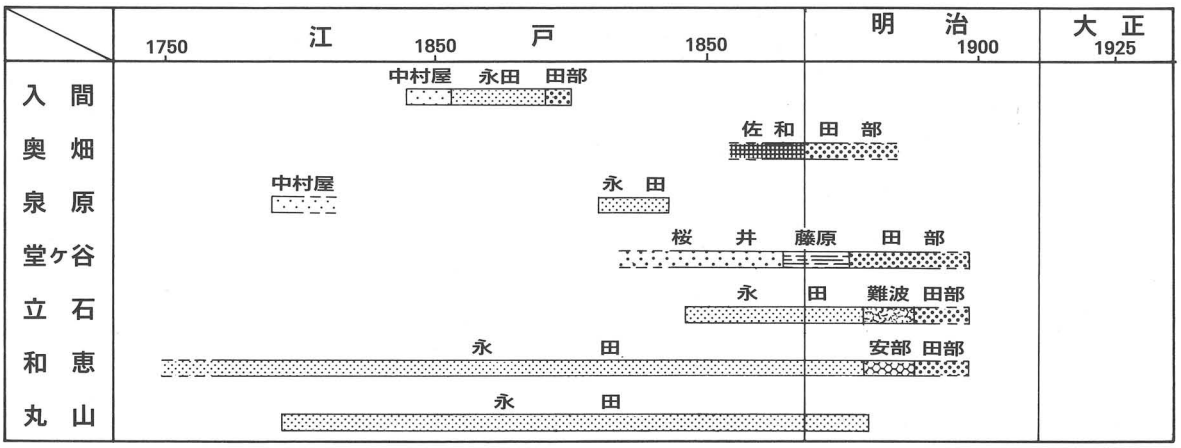


図２　鈩場経営の変遷（江戸後期～明治）

(2) 鉄穴場

鉄穴場をみると、当地域の南部は永田家、東部は田部家、そして北部から桜井家が進出し、畑村・刀根村が入り混じった状態である。

表2　飯南地域の鉄穴場（文久2年）1862

現町名	旧村名	鉄穴数	現町名	旧村名	鉄穴数
赤来町	上赤名村	永田　4	掛合町	畑村	桜井　5
	小田村	永田　3			田部　6
	野萱村	永田　4			永田　8
	下来島村	永田　4		刀根村	桜井　1
頓原町	佐見村	佐和　4			田部　1
	頓原村	永田　1			永田　1
		佐和　3		穴見村	田部　1
	都加賀村	永田　1		竹尾村	田部　7
	八神村	永田　2		入間村	田部　3
	志津見村	田部　2	佐田町	大路村	桜井　5
					永田　3

（「島根県史」資料より作成）

3．神戸川流域における主な鈩と経営者－八神・志津見村周辺－

下記の鈩は、わずかな古文書・奉加帳・棟札・伝承等により、確認されているが、現在のところ古文書に乏しく、内容等、詳細不明である。但し、弓谷鈩については「新修島根県史」（資料篇6）、金屋子神棟札等により、若干その経緯を窺い知ることができる。

表3　神戸川流域における主な鈩と経営者（藩政期末）

名称	所在地	経営者	名称	所在地	経営者
丸山鈩	下来島村丸山	永田家	弓谷鈩	志津見村弓谷	田部家
才谷鈩	八神村才谷	永田家	弓谷鍛冶	志津見村弓谷	田部家
才谷鍛冶	八神村才谷	永田家	下山鈩	角井村下山	田部家
大谷鍛冶	八神村大谷	永田家	大槇鈩	志津見村	田部家

(1) 永田家経営のもの

①丸山鈩

創業は安永元年（1772）。文久三年の「飯石郡鉄山竈数并人数取調」（『赤来町史』）によると次のごとく記されている。

・竈数三捨壱軒

・人数　百捨七人

内　壱人　　支配人

七捨弐人　女并医師六十才以上十五才以下

残　　四捨四人

なお、この頃の永田家の鈩は、他に刀根坂（獅子村）・桜谷（長谷村）・市原（都加賀）の各鈩があった。また、丸山鈩で特筆すべきは『丸山條目』が残っている。

②才谷鈩

『永田家系図』によると寛政元年（1789）、次左衛門（11代目）が八神村・獅子村の庄屋となっているので、遅くとも鈩が開設されたのは寛政（1789～1800）の中頃と思われる。

能義郡比田村・金屋子神社の「奉加帳」－文政二年（1819）－・「前中間文書」－安政六年（1859）－によると、以下の記載がある。

- 才谷鈩　村下　　只平
- 才谷鈩　村下　　鉄右衛門
- 才谷鈩　本小屋　傳太郎
- 才谷鈩　山子頭　米三郎

③才谷鍛冶

安政六年（1859）の『前中間文書』によると「坂根鍛冶　多平」とあるが、坂根とは小字であり、のちに才谷鍛冶と呼ばれたものである。明治21年（1888）「銑受渡帳」（今田家文書）がある。

④大谷鍛冶

八神村大谷にあり、能義郡比田村の金屋子神社「奉加帳」に次のような記載がある。

- 寛政三年　八神　　大谷かじや
- 文政二年　大谷鍛冶屋　藤五郎

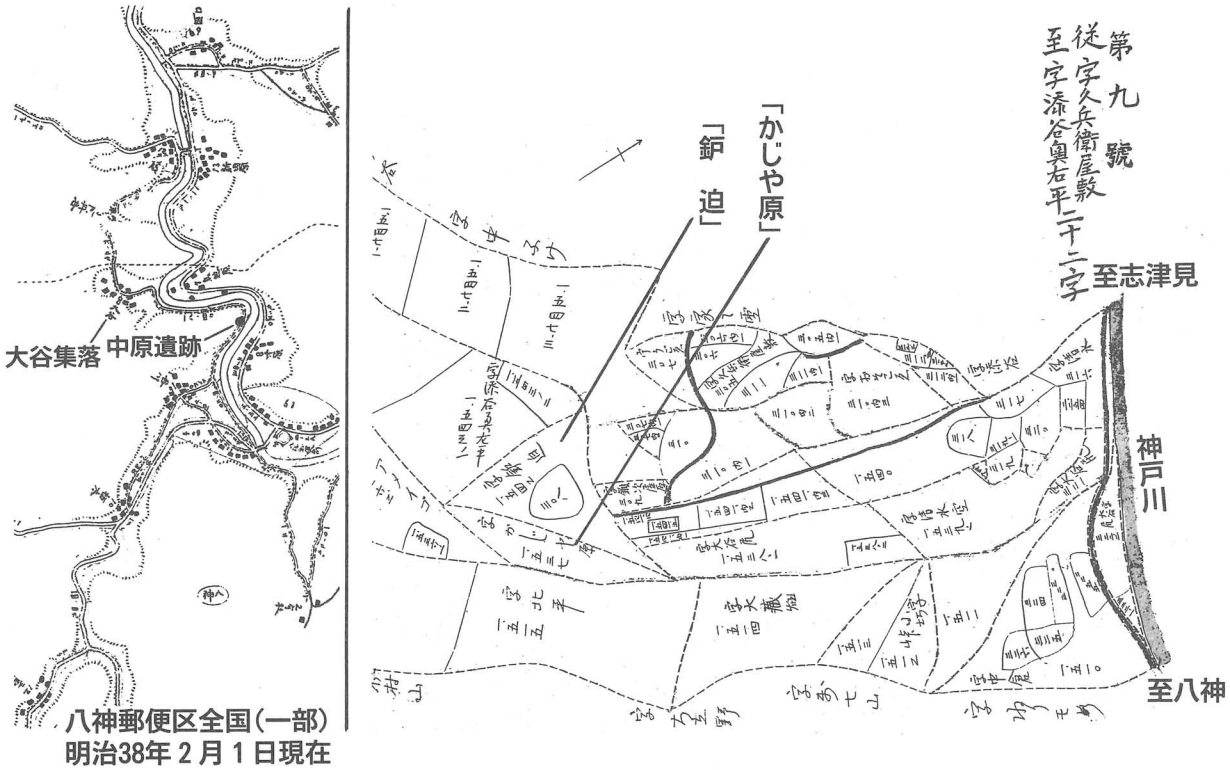


図３　大谷周辺の地図と位置

大谷鍛冶は当初は少し谷に入った所にあったといわれ、現在でもそこに「かじや原」「鈩迫」という地名伝承が残っており、敷地を示す石垣などがある。おそらく、ここから江戸時代の末頃に大谷地区内の「中原」の地に場所替えされ、それが中原遺跡大鍛冶場跡にあたるものと思われる。

明治30年代には大谷地区には民家も13戸ほどあったと伝えられている。

(2) 田部家経営のもの

①弓谷鈩

頓原町大字志津見の弓谷にあり、飯石郡吉田村・田部家の経営で「明治16年旧記」(田部家文書)によれば、弓谷鈩は「寛政12年(1800)、掛合村井原谷鈩を比所へ場所替、天保10年(1839)迄、40年間吹方仕候」とある。また、志津見・明剣神社の棟札(文久2年)によると、文久2年(1862)から再び、鈩が操業されている。

この二つの記録によると、弓谷鈩は寛政12年(1800)から天保10年(1839)まで、約40年間操業され、のち約20年間休業、文久2年(1862)から再び操業されたことがわかる。いずれにしても40年吹きの鉄山である。この弓谷鈩も明治20年代末で終わりを告げた。

なお、弓谷鈩は「所有山反別概表」によると、惣反別で1317町歩、内鉄山用として1116町歩もあり、豊富な炭材林を所有していた。

②弓谷鍛冶

『明治16年・旧記』(田部家文書)によると、鍛冶場調査で出来高として、下記の記載があるが明治19年以降は空欄となっている。

- 明治17年　２３４８１．６貫
- 明治18年　２５８３．７貫

③下山鈩

頓原町大字角井下山にあり、吉田村・田部家の経営になるものである。関係文書が発見されていないので、詳しいことはわからないが、いずれにしても江戸時代末の操業と思われる。

(3) 鉄 穴 場

鉄穴場については、文久二年・萬延二年の『御運上鉄穴取調差出帳』によると、次のとおりである。この他、永田家では神戸川支流域の獅子村・長屋谷でも盛んに稼業していた。(「鉄山文書」)

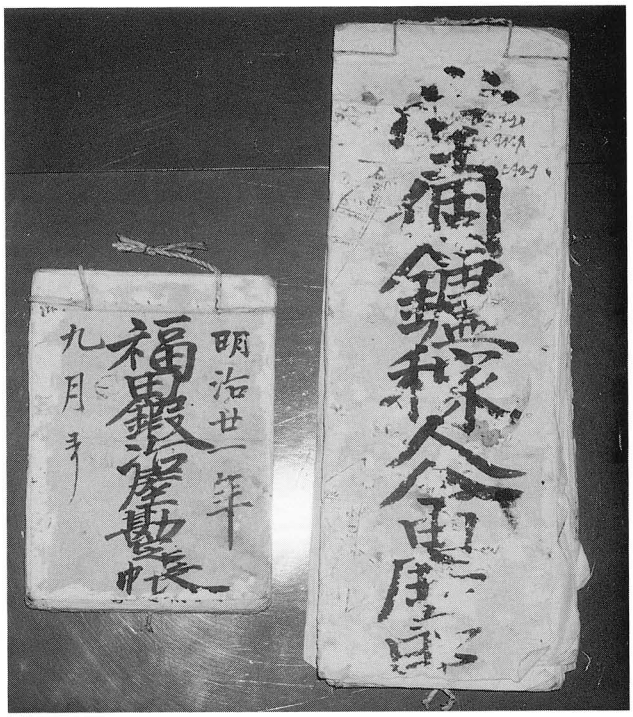
場　　所	鉄穴数	経営者	場　　所	鉄穴数	経営者
八神村大谷	1	永田家	志津見村井之迫	1	永田家
八神村三代木	1	永田家	志津見村鉄井迫	1	田部家
八神村滝谷	1	永田家	志津見村布谷	1	田部家

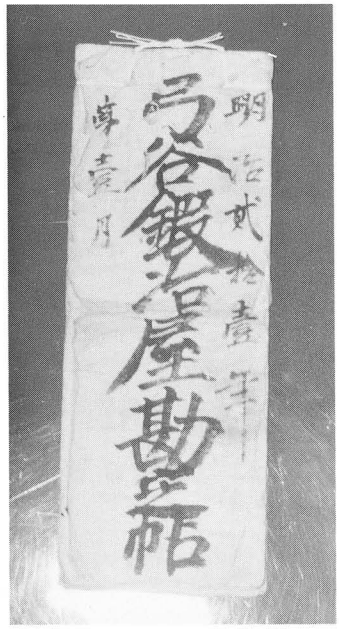
おわりに

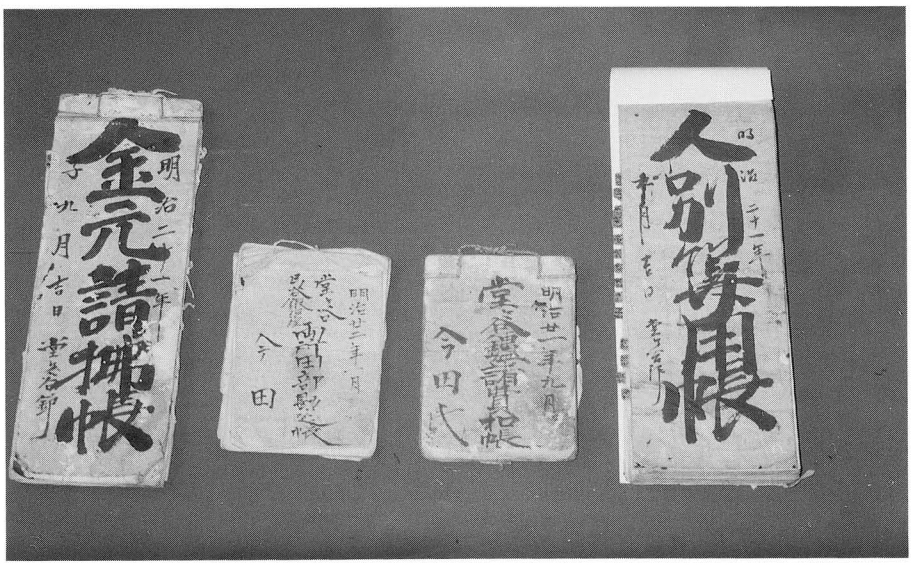
頓原町域周辺を中心として、藩政期末ごろの飯南地域の鈩と、その経営者についての概要にふれたわけであるが、明治に入る頃から経営者は逐次、田部家に移り、明治20年代末ごろには大部分が田部家の経営になった。

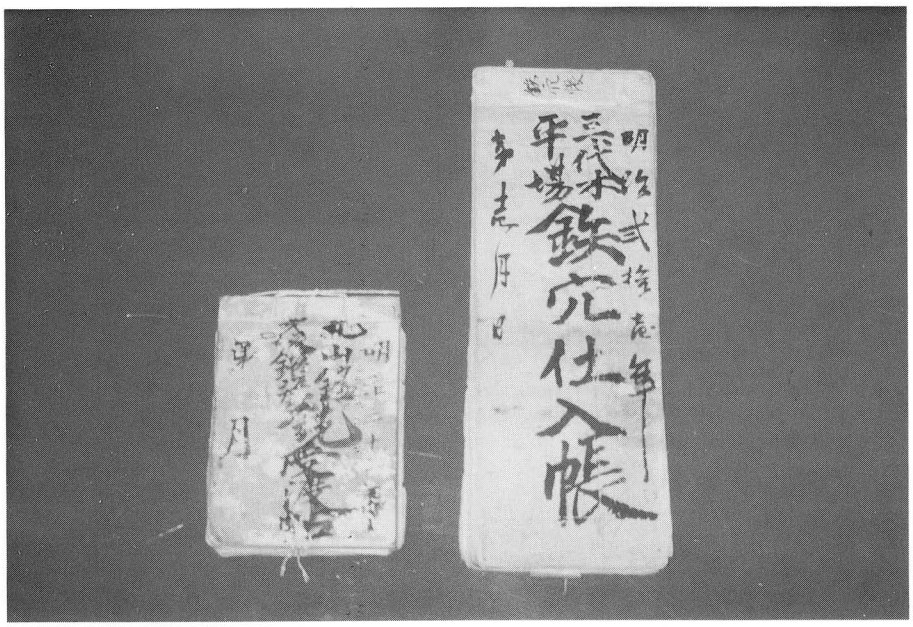
※主たる参考文献

- 武井博明：『近世製鉄史論』三一書房（1972）
- 石塚尊俊：『鈩と鍛冶』岩崎美術社（1972）
- たたら研究会：『日本製鉄史論集』（昭和58年）
- 原伝：『松江藩経済史の研究』日本評論社（昭和9年）
- 『島根県史』（昭和47年）
- 『新修島根県史・史料篇（近代下）』（昭和40年）
- 『飯石郡誌』（昭和47年）
- 『赤来町誌』（昭和47年）
- 『掛合町誌』（昭和59年）
- 『島根の林業史』（昭和46年）
- 島根県教育委員会：『菅谷鈩』（昭和42年）
- 佐田町教育委員会：『朝日鈩』（昭和58年）
- 田部越「近世松江藩領内に於ける鉄山業」（『たたら研究』第11号　1964）
- 伊藤菊之輔：「鉄山文書」『島根県下各村の砂鉄と鉄製』（昭和26年）









鈩関係文書

中原遺跡大鍛冶場跡出土炭化物の^{14}C年代測定

㈶ 九州環境管理協会

はじめに

本報告は、島根県教育委員会埋蔵文化財調査センターの委託を受けて、財団法人九州環境管理協会が「志津見ダム建設予定地内遺跡（中原遺跡）発掘調査に伴う年代測定」についてまとめたものである。

1．分析試料

分析試料を表1に示す。

表1　^{14}C年代測定試料一覧表

試料番号	遺跡名	採取年月日	遺構
NH－3	中原遺跡	平成8年10月22日	1号炉－Ⅲ
NH－4	中原遺跡	平成8年10月22日	2号炉－Ⅰ
NH－5	中原遺跡	平成8年11月8日	4号炉、ホ－15
NH－6	中原遺跡	平成8年11月26日	1号炉南側土坑、ロ－25
NH－7	中原遺跡	平成8年10月7日	5号掘立柱建物跡、1号焼土面

2．分析方法

^{14}C年代測定は、液体シンチレーション計測法で測定した。

3．測定結果

^{14}C年代測定の結果を表2に示す。

表2　^{14}C年代測定の結果

試料番号	試料名	遺構	^{14}C年代／years B.P.
NH－3	木炭	1号炉－Ⅲ	100±60
NH－4	木炭	2号炉－Ⅰ	120±60
NH－5	木炭	4号炉、ホ－15	Modern
NH－6	木炭	1号炉南側土坑、ロ－25	Modern
NH－7	木炭	5号掘立柱建物跡、1号焼土面	Modern

中原遺跡大鍛冶場跡の地磁気年代

時枝克安・成　亨美
（島根大学）　（富山大学）

1．考古地磁気法の原理

地磁気は一定ではなく不規則な変動をしている。この地磁気変動には周期の短いものから長いものまで様々な成分が含まれているが、それらのなかでも、10年以上経過してはじめて変化が顕著になるような緩慢な変動を地磁気永年変化と称している。地磁気年代測定法で時計の機能をはたしているのはこの地磁気永年変化であり、過去の地磁気の方向の時間的変化を示す曲線に年代を目盛って、地磁気の方向から逆に年代を読みとろうとする。しかし、例えば、ある焼土が何時焼けたかを知ろうとするとき、焼土が焼けたときの地磁気の方向がどこかに記録されており、それを測定できなくては目的を果たせない。これができるのは、地磁気の方向が焼土の熱残留磁気として記録されているからである。地磁気年代を求める手順を述べると、まず、焼土の定方位試料を採取し、それらの熱残留磁気を測定して、焼土が最終加熱されたときの地磁気の方向を求める。そして、この方向に近い点を標準となる地磁気永年変化曲線上に求めて年代目盛りを読みとることになる。

地磁気中で粘土が焼けると、粘土に含まれる磁鉄鉱や赤鉄鉱等の磁性鉱物が担い手となって、焼土は熱残留磁気を帯びる。この熱残留磁気の方向は焼けたときの地磁気の方向に一致し、しかも非常に安定であり、磁性鉱物のキュリー温度（磁鉄鉱で578℃、赤鉄鉱で675℃）以上に再加熱されないかぎり数万年以上年代が経過しても変化しない。もし、焼土がキュリー温度以上に再加熱された場合には、それまで保持していた残留磁気は完全に消滅し、その代わりに、再加熱時の地磁気の方向を向いた熱残留磁気が獲得される。つまり、焼土は最終焼成時の地磁気を熱残留磁気として正確に記憶する。それゆえ、あらかじめ、年代既知の焼土の熱残留磁気を測定して、年代とともに変化する地磁気の方向をグラフにしておけば、このグラフを時計の代わりに用いて、年代未知の焼土が何時焼けたかを推定できる。この時計では地磁気の方向が針に相当し、焼土の熱残留磁気が焼成時の針の位置を記憶していることになる。日本では、広岡によって西南日本の過去2000年間の地磁気永年変化曲線がかなり詳しく測定されているので、この方法が焼土の簡便な年代測定法として実用化されている。地磁気年代測定法の詳細については中島等[1]および広岡[2]による解説が参考になる。

2．考古地磁気法の問題点

第一に、地磁気の方向は時間だけでなく場所によっても変化するので、地域によっては、その場所での標準曲線の形が西南日本のものからかなり相違していることが問題となる。厳密に言えば、ある焼土の地磁気年代を求めるには、焼土の熱残留磁気をその場所の標準曲線と比較しなければならない。相違が小さいときには西南日本の標準曲線を代用できるが、相違が大きいときにはその地域特有の標準曲線を決定し、この曲線と焼土の残留磁気の方向を比較する必要がある。我々が今までに行った島根県の考古地磁気調査では、ごく少数例を除いて、広岡による西南日本の標準曲線から求めた地磁気年代は遺構から出土する土器の考古学的年代とうまく整合している。したがって、島根県の焼土の地磁気年代推定に広岡による西南日本の標準曲線を適用しても問題はない。

第二に、地磁気年代は地磁気変動と焼土の熱残留磁気を基礎としているので、その値は土器編年とは無関係に決まるという印象を与えがちである。しかし、実際にはそうではなく、地磁気年代は土器編年に強く依存している。すなわち、古記録等の裏付けのある少数の年代定点を除くと、地磁気永年変化曲線につけられた年代目盛りのほとんどは土器編年体系を参照して決められる。それゆえ、地磁気年代が年代定点に近いときには問題がないが、年代定点から遠くなるほど土器編年の影響をより強く受けることになり、もし、土器編年に改訂があれば、地磁気年代もそれに伴って訂正しなければならない。年代定点の数が増加すると、地磁気年代の土器年代への依存は解消するが、年代定点として利用できる事例は少ないのでやむをえない。しかし、地磁気年代測定法は地磁気を媒介とするので、遺物が無い場合でも有効であり、また、地磁気変動を通じて遠隔地の土器編年を相互に対比できるという特徴をもつ。

3．遺構と試料

中原遺跡（島根県飯石郡頓原町大字八神）で検出された大鍛冶場跡のうち１号と２号から地磁気年代測定用の試料を採取した。大鍛冶場の操業年代は、周辺から19世紀中頃の陶磁器が出土していることから、幕末から明治初期と考えられている。また、遺構から出土した炭化物の^{14}C年代として、AD1850±60（１号炉）、AD1830±60（２号炉）が得られている[3]。この時期の大鍛冶場には左下場と本場の２種類があり、左下場では銑鉄を脱炭して錬鉄にし、本場では錬鉄を整形して地金の製品（包丁鉄）を生産した。１号と２号がどちらに相当するのかは分かっていない。

大鍛冶場で扱う鉄は強い磁性をもつので、鉄の周辺の地磁気には、鉄の発生する磁場が付加され

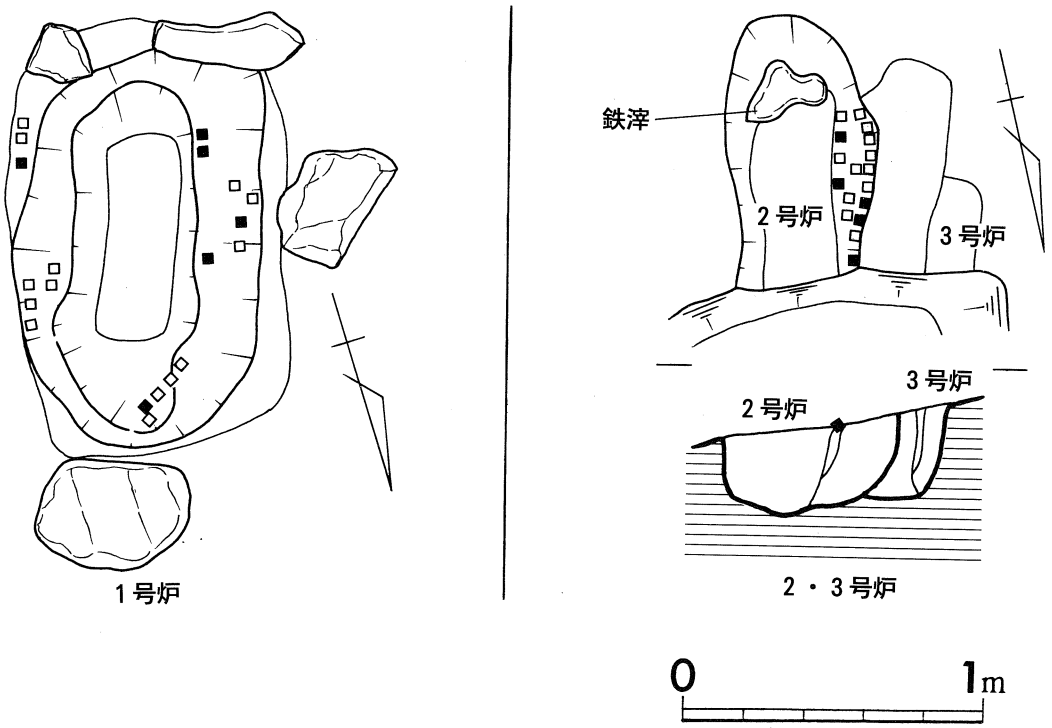


図１　中原遺跡大鍛冶場跡１号炉と２号炉の試料採取状況
（黒印は地磁気年代を推定するために採用した試料を示す）

る。したがって、付加の影響が大きい場合には、鉄の周辺の焼土は地磁気と異なる方向に帯磁し、その残留磁気は誤った年代を与えることになる。

このように、製鉄遺跡の残留磁気から焼土の最終焼成時の正しい地磁気の方向を示すデータを求めるためには、鉄の影響を受けないデータを合理的に見分ける必要がある。このために、私たちは「鉄の磁場は鉄からの距離と方向で変化するが、地磁気は一定である」という性質を利用して対処している。すなわち、鉄の想定位置を取囲む広範囲の焼土から試料を採取してそれらの残留磁気の方向を測定する。得られたデータについて、鉄の影響が大きいものは分散するが、小さいものは狭い範囲に集中し、集中したデータは最終焼成時の正しい地磁気の方向を示すはずである。

地磁気年代を求めるための定方位試料として、大鍛冶場１号からは、火窪を取り巻くようにして内側と外側の焼土から20個を採取した。大鍛冶場２号はその西側が大鍛冶場３号（未調査）の上に重なって平行に構築されている。２号炉からは17個の定方位試料を採取したが、それらの採取場所は、焼土の状態の良い片側（３号炉に重なった側）のみである。２号炉では、鉄滓が炉底の南端にかなり残っていた。１号炉と２号炉の試料採取状況を図１に示す。

４．測定結果

試料の残留磁気の方向と強度をスピナー磁力計で測定した。そして、残留磁気の方向の集中度を改善するために交流消磁を行った。交流消磁というのは、交流磁場中で試料を回転させながら、磁場の強度をある値Hから零になるまで滑らかに減少させて、抗磁力がHよりも弱い磁気成分を消去する方法である。データの分散の原因が弱い抗磁力をもつ２次磁化であるときには、交流消磁によってデータの集中度が改善される場合がある。

大鍛冶場１号の残留磁気強度は10^{-4}～10^{-3} emu/gとかなり強かった。残留磁気の方向は、図２に示すように、交流消磁（10mT）を行うとより集中するようになる。そして、消磁後に残留磁気強度が約半減することから、ほとんどの２次的磁化は消去されたと判断できる。それゆえ、交流消磁（10mT）後の残留磁気の方向からさらによく揃ったもの（図の小円内）を選んで、これらを元に地磁気年代を推定する。

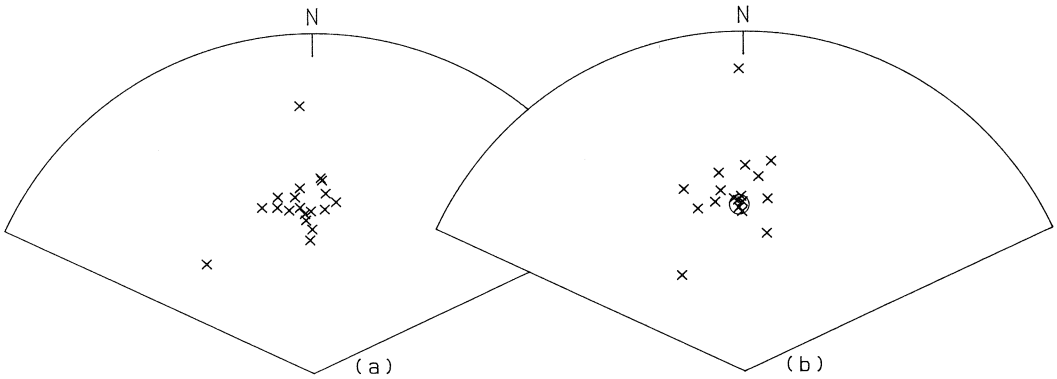


図２　中原遺跡大鍛冶場跡１号炉　(a)自然残留磁気の方向、(b)交流消磁（10mT）後の残留磁気の方向

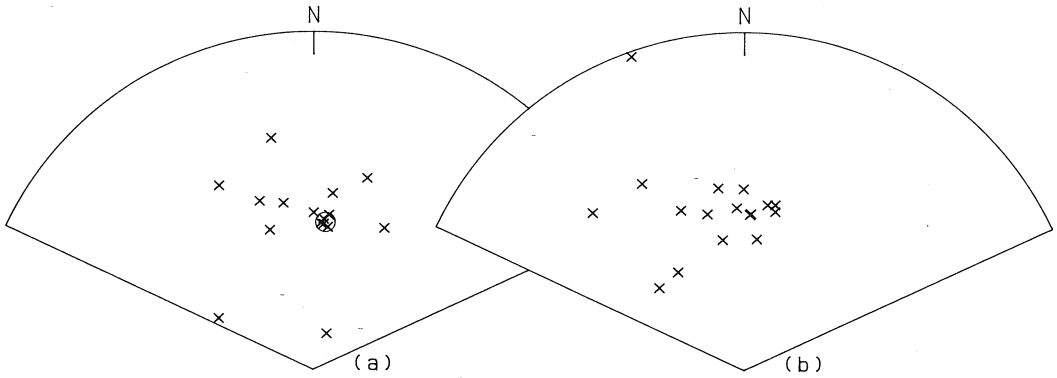


図3　中原遺跡の大鍛冶場2号炉（a)自然残留磁気の方向、(b)交流消磁（10mT）後の残留磁気の方向

大鍛冶場2号の残留磁気強度は～10^{-5} emu/gであり、1号の強度の約1／10と弱かった。残留磁気の方向は、図3に示すように、交流消磁（10mT）を行うとかえって分散がひどくなる。消磁後に残留磁気強度が約半減していることを考え合わせると、大鍛冶場2号の残留磁気は不安定であり、消磁磁場を10mT以上に増やしても、残留磁気の方向の集中度は改善されないと判断できる。それゆえ、消磁前の残留磁気の方向からさらによく揃ったもの（図の小円内）を選んで、これらを元に地磁気年代を推定する。表1に、大鍛冶場1号と2号の小円内のデータから計算した平均方向と誤差の目安となる数値を示す。kが大きいほど、また、θ_{95}が小さいほど、測定精度が良いことを意味する。

表1　中原遺跡の大鍛冶場跡（1，2号）の残留磁気の平均方向

遺　　構	Im(度)	Dm(度E)	k	θ_{95}度	n／N	消磁磁場
大鍛冶場跡1号	48.82	−1.52	2393	1.37	6／20	10mT
大鍛冶場跡2号	53.48	3.83	1857	1.56	5／17	0 mT

Im：平均伏角　k：Fisherの信頼度係数　n／N：採用試料数／採取試料数
Dm：平均偏角　θ_{95}：95%誤差角

5．地磁気年代の推定

図4は中原遺跡の大鍛冶場1号と2号の残留磁気の平均方向（＋印）と誤差の範囲（点線の楕円)、および、広岡による西南日本の過去2000年間の地磁気永年変化曲線[4]である。地磁気年代を求めるためには、永年変化曲線上に残留磁気の平均方向に近い点を求めて、その点の年代を読みとればよい。年代誤差も点線の楕円から同様にして推定できる。地磁気が狭い範囲で変動しているために、平均方向から近いという条件を満たす点が永年変化曲線上に複数個生じるので、これに対応して複数の地磁気年代候補値が得られることになる。年代を唯一に決めるためには地磁気年代法以外の知識に頼らなければならない。

このようにして求めた大鍛冶場1号、2号の地磁気年代候補値を、周辺から出土した陶磁器の年

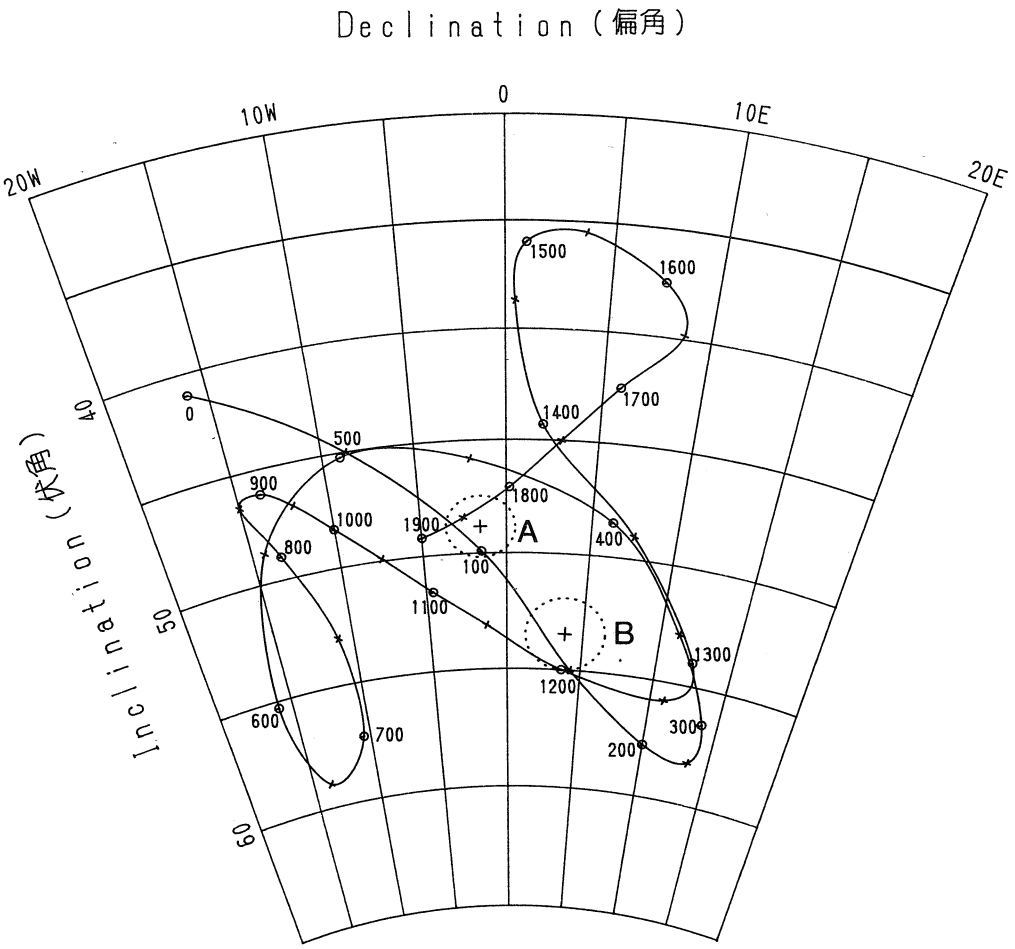


図４　中原遺跡大鍛冶場跡の残留磁気の平均方向（＋印）と誤差の範囲（点線の楕円）、および、広岡による西南日本の過去2000年間の地磁気永年変化曲線
（Ａ）大鍛冶場１号炉　　（Ｂ）大鍛冶場２号炉

代、炭化物の^{14}Ｃ年代と比較して表２に示す。大鍛冶場の周辺から出土した陶磁器の年代（19世紀中頃）、および、遺構の炭化物の^{14}Ｃ年代（１号炉：AD1850±60、２号炉：AD1830±60）に整合する実年代として、大鍛冶場１号ではAD1840±30を選択できるが、大鍛冶場２号には見あたらない。

６．考　　察

大鍛冶場の周辺から19世紀中頃の陶磁器が出土したこと、また、遺構から出土した炭化物の^{14}Ｃ年代がこの年代と合致することから（１号：AD1850±60、２号：AD1830±60）、中原遺跡の大鍛冶場１号と２号の実年代は19世紀中頃と認められる。上で得られた地磁気年代候補値の中から19世紀中頃に見合った年代値をさがすと、大鍛冶場１号については丁度合致するAD1840±30を得るが、大鍛冶場２号では整合する値がなく、一番近い年代を選んでも、AD1325±15という大幅に異なった年代になってしまう。

このような矛盾した地磁気年代を得たのは、地磁気と残留磁気の方向が食い違ったためである。そして、その原因としては、大鍛冶場で扱った鉄の影響である可能性が大きい。

表２　大鍛冶場跡１号炉と２号炉の地磁気年代候補値、周辺から出土した陶磁器の年代、炭化物の^{14}Ｃ年代

遺　　構	陶磁器の年代	炭化物の^{14}Ｃ年代	地磁気年代候補値
大鍛冶場跡１号炉	19世紀中頃	AD1850±60	AD　95±30 AD　440±15 AD 1100±30 AD 1840±30
大鍛冶場跡２号炉	19世紀中頃	AD1830±60	AD　140±15 AD　370±15 AD 1190±25 AD 1330±15

大鍛冶場１号には出土した陶磁器の年代と炭化物の^{14}Ｃ年代に合致する年代値（下線）があるが、大鍛冶場２号には見あたらない。

地磁気年代を推定するために用いたデータの試料位置を見ると（図１）、大鍛冶場１号では火窪を取り囲んでいるので鉄の影響を否定できるが、大鍛冶場２号では火窪の片側のみであるから鉄の影響を否定できない。実際、今までの私達の鍛冶炉の調査結果のなかには、残留磁気の方向が火窪の両側でそれぞれよく揃った群をなしているが、群の中心位置がかなり分離している場合があった。今後の課題として、鉄の影響を受けないデータを見分けるだけでなく、鉄の影響を受けたデータを利用する方法を開発する必要があると考えている。最後に、試料採取や考古学の情報提供等でお世話になった島根県埋蔵文化財調査センターの角田徳幸氏にあつく感謝する。

註

(1)　中島正志、夏原信義　「考古地磁気年代推定法」考古学ライブラリー９
ニュー・サイエンス社

(2)　広岡公夫　「考古資料分析法」、考古学ライブラリー、65,
田口勇、斉藤努編、ニュー・サイエンス社、100-101(1995)

(3)　島根県教育委員会　「中原遺跡」志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書６
(1999)

(4)　広岡公夫(1978)　考古地磁気および第四紀古地磁気の最近の動向
第４紀研究　15, 200-203

中原遺跡大鍛冶場関連遺物の金属学的調査

大　澤　正　己
（たたら研究会委員）

概　　要

江戸時代後期（19世紀前後）に属する中原遺跡出土の鍛冶関連遺物（鉄滓、含鉄鉄滓、粗鉄、炉壁粘土、羽口、粒状滓、鍛造剥片、再結合滓）を調査して、次の点が明らかになった。

〈1〉鍛冶作業は、酸性砂鉄（真砂）系荒鉄（製錬生成鉄で、表皮スラグや捲込みスラグ、更には炉材粘土などの不純物を含む原料鉄：鉄塊系遺物）の不純物除去と成分調整の精錬鍛冶を主体とする。

〈2〉鍛冶原料鉄は、銑鉄（白鋳鉄）から過～共析鋼（C：1.0～0.77％）までの高炭素鋼系が多いが、一部亜共析鋼（C：0.77％以下）も含まれる。すなわち、銑鉄から歩鍋までが遺存していた。

〈3〉当大鍛冶場での製作品は、粗鉄・延板留りと想定される。理由は、脈石成分（Ti、V、MnO、CaO＋MgO）を高めに含有する精錬鍛冶滓と、粒状滓（湯玉）にウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）やマグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）及び酸化防止粘土汁由来のガラス質成分を晶出し、更に、鍛造剥片は内層にヴスタイト（Wüstite：FeO）結晶を残存させるからである。

〈4〉羽口使用粘土は、下げ（脱炭処理）作業には耐火度1,555℃と高耐火性のものを採用して先端孔づまり対策をとり、本場作業には1,320℃と一般耐火粘土を充当していた。前者は、鉄分や塩基性成分（CaO＋MgO）の低いものが採用されている。

〈5〉大鍛冶場1、2号炉の防湿用木炭は、たたら還元用木炭の黒炭の転用品の可能性を持つ性状を呈した。灰分が汚染物質の侵入で7％台と高いため、発熱量が5,200cal/gと低めであった。本来は7,000cal/g前後の木炭であろうと考えられる。

1．いきさつ

中原遺跡は、島根県飯石郡頓原町八神に所在する江戸時代後期の大鍛冶場である。志津見ダム建設予定地内の事前調査で検出された。この出土した鍛冶関連遺物を通して、当時の鉄生産の実態を把握する目的から金属学的調査を行った。なお、中原遺跡の発掘調査時の1996. 8. 29に調査指導委員会が開催されたので現地を実見できる機会に恵まれた。また、1996. 10. 4に分析試料の選別に立会できた。

2．調査方法

2－1、供試材

Table. 1に示す。供試材の通し番号は32であるが、粒状滓と鍛造剥片が各5～6点あるので総数85点の調査となる。

２－２、調査項目

(1) 肉眼観察…発掘調査担当者側作成の遺物観察表をもとに筆者の考え方から加筆・省略した作文である。

(2) マクロ組織

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倍で撮影している。

(3) 顕微鏡組織

供試材は、実測図に指示された位置から切り出し、もの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の３μと１μで仕上げて光学顕微鏡観察を行った。なお、金属鉄の炭化物は、ピクラル（ピクリン酸飽和アルコール液）で、フェライト結晶粒はナイタル（５％硝酸アルコール液）で、腐食（Etching）している。

(4) ビッカース断面硬度

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

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

ＥＰＭＡ（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_2)、酸化アルミニウム（Al_2O_3)、酸化カルシウム（CaO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化カリウム(K_2O)、酸化ナトリウム(Na_2O)、酸化マンガン(MnO)、二酸化チタン(TiO_2)、酸化クロム（Cr_2O_3)、五酸化燐（P_2O_5)、バナジウム（V)、銅（Cu)、：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、溶融現象が進行の途上で軟化変形を起こす状態度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。

(8) 木炭の性状

水分、灰分、揮発分、国定炭素：マイクロプロセッサー法

硫黄（S)：燃焼赤外吸収法

灰中の燐（P)：蛍光Ｘ線分析法

発熱量：カロリー計

3．調査結果

3－1、大鍛冶炉1号炉出土遺物

(1) NAK－1：鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

① 肉眼観察：平面は不整八角形を呈し、1.5㎝大の木炭痕に囲まれた鍛冶滓である。

② 顕微鏡組織：Photo. 1の①～③に示す。鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイト（Wüstite：FeO）と淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル（Ulvospinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、これに淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が基地の暗黒色ガラス質スラグ中へ晶出する。なお、ヴスタイト粒内には微小Fe－Ti化合物が析出している。これらの晶癖は荒鉄の不純物除去と成分調整の精錬鍛冶滓に分類される。

③ ビッカース断面硬度：Photo. 1の①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は792Hvであった。白色多角形結晶のマグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）の文献硬度値が、500～600Hvであり、ウルボスピネルはFe－Ti化合物なので、さらに硬質となる。一方、高温鍛冶においては、イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite：$FeO \cdot Al_2O_3$）の混合組成も晶出し、これは超硬質となる。当結晶は800Hv近い値なので、ウルボスピネルよりもヘーシナイト系結晶と見做せよう。

④ ＣＭＡ調査：Photo. 51のＳＥ（２次電子像）にある鉱物相の高速定性結果をFig. 1に示す。Ａ－Rankで検出された元素は鉄（Fe）とガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）、これに砂鉄特有成分のチタン（Ti）、バナジウム（V）、燐（P）などで、これらは酸化物で存在するので、酸素（O）が加わる。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像がphoto.51である。また、ＳＥ（２次電子像）に11～14の番号をつけた鉱物で定量分析を行っている。まず、ＳＥ（２次電子像）に11の番号をつけた白色粒状結晶は鉄（Fe）に白色輝点が集中し、定量分析値は94.6%FeOで、ヴスタイトが同定される。該品は10μｍエリアでの分析結果である。12の番号は淡灰色木ずれ状結晶の分析である。鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、定量分析値は69.6%FeO－31.1%SiO組成となりファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）と判る。次に13の番号の個所は、暗黒色ガラス質スラグである。白色輝点は硅素（Si）、アルミニウム（Al）、カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、カリウム（K）などに集中し、定量分析値は41.0%SiO_2－16.3%Al_2O_3－11.5%CaO－7.3%K_2O組成が得られる。ガラス質成分である。最後に淡茶褐色不定形結晶は、鉄（Fe）とアルミニウム（Al）とチタン（Ti）に白色輝点が集中し、定量分析値は70.9%FeO－18.4%TiO_2－14.3%Al_2O_3組成となる。これはイルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite：$FeO \cdot Al_2O_3$）の混合組成の可能性が考えられる。以上の結果から、砂鉄特有元素のチタン（Ti）を含む鉱物相のイルミナイトやヴスタイトに7.8%TiO_2の固溶（11の番号のヴスタイトの定量分析値）があり、砂鉄由来の鉄素材の鍛冶滓と推定される。

⑤ 化学組成分析：Table. 2に示す。鉄分高めで脈石成分（Ti、V、MnO）を若干含有する成分系である。全鉄分（Total Fe）は49.95%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.47%、酸化第一鉄（FeO）54.37%、酸化第二鉄（Fe_2O_3）10.32%の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は28.99%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を3.13%含む。砂鉄

特有成分の二酸化チタン（TiO_2）2.85%、バナジウム（V）0.17%と含有されて、酸化マンガン（MnO）0.20%、も少量あり、銅は0.002%と微量である。以上の成分系は砂鉄由来荒鉄の精錬鍛冶滓に分類される。

(2) NAK－2：炉壁（鍛冶炉）

① 肉眼観察：大鍛冶炉の炉壁溶融物である。側面6面が破面で、内面は滓化、裏面が剥離面となる炉壁土で、多量の木炭粉が混和される。色調は内面が茶褐色から灰褐色、裏面胎土は明褐色と灰褐色に還元した部分が共存する。調査対象は内面滓化部とする。

② 顕微鏡組織：Photo.1の④～⑧に示す。鉱物組成は、大部分が粘土溶融物の暗黒色ガラス質スラグであるが、局部的に淡灰色長柱状結晶のファイヤライトと、淡灰褐色多角形結晶のヘーシナイト（Hercynite：$FeO \cdot Al_2O_3$）、また、白色不定形のマグネタイトなどが晶出する。

③ ビッカース断面硬度：Photo.1の⑧に白色不定形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は、520Hvであった。マグネタイトの文献硬度値は、500～600Hvであって[①]、この範囲内に収まり、マグネタイトに同定される。

④ 化学組成分析：Table.2に示す。炉壁溶融物で銹膨れなど付着するので鉄分を若干含む。全鉄分（Total Fe）は17.71%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.26%、酸化第一鉄（FeO）12.02%、銹化鉄付着で酸化第二鉄（Fe_2O_3）が高めの11.59%の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）が多くて70.91%で、このうちに塩基性成分は（CaO＋MgO）を4.13%含む。当粘土は砂鉄を少し含有しており、二酸化チタン（TiO_2）0.86%、バナジウム（V）0.03%となる。また、酸化マンガンを（MnO）0.17%、銅（Cu）0.005%であった。

(3) NAK－3：粒状滓

粒状滓は、鍛冶作業において凹凸を持つ鉄素材が鍛冶炉の中で赤熱状態に加熱され、突起部が溶け落ちて酸化を受け表面張力の関係から球状化したり、赤熱鉄塊に酸化防止に塗布された粘土汁が酸化膜と反応して、これが鍛打の折りに飛散して球状化した微細遺物である。精錬鍛冶の末期から鍛錬鍛冶の前半段階までに派生する。

調査に供した粒状滓は、1号炉炉内（Ⅰ区）より回収されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の合計8点である。ただし、磁着強の極小は顕微鏡試料に埋込み時点で割れて剥落したため、データが採れていない。

NAK－3－イ－1：4.3㎜ 径粒状滓、磁着弱

① 肉眼観察：無光沢で黒褐色の歪な球状で偏平な一面を持つ。

② マクロ組織：Photo.2の⑨に示す。周縁部に0.1～0.5㎜径の気孔を散在させるが大部分は暗黒色ガラス質スラグに白色微小粒状結晶を少量晶出させる。

③ 顕微鏡組織：Photo.2の②～④に示す。鉱物組成は、暗黒色ガラス質スラグに微小ヴスタイトを少量晶出させる。酸化防止に粘土汁を塗布した影響を受けた粒状滓である。磁着の弱もガラス質スラグ主体のためである。

NAK－3－イ－2：2.2㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：半光沢の黒褐色できれいな球状の粒状滓である。

② マクロ組織：Photo.2の⑩に示す。断面は周縁部に0.2～0.6㎜の気孔と、中央部に0.8㎜径の2連の空洞を残し、これらの間隙に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルと白色粒状結晶のヴス

タイトの混合組織を晶出する。粒状滓発生初期段階の派生物である。

③　顕微鏡組織：Photo. 2 の⑥～⑧に示す。鉱物組成は、マクロ組織で述べた様にウルボスピネルとヴスタイト、基地の暗黒色ガラス質スラグから構成される。

NAK－3－イ－3：1.25㎜ 径粒状滓：磁着弱

①　肉眼観察：半光沢で黒褐色の歪な球状の粒状滓である。小突起を一ヶ所に残す。

②　マクロ組織：Photo. 3 の⑨に示す。断面は0.1～0.2㎜径の小気泡を15点程発生するが比較的密な粒状滓である。外周部と内部で鉱物相が異なるのが認められた。

③　顕微鏡組織：Photo. 3 の②～④に示す。鉱物組成は外周部に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、内部は白色粒状結晶のヴスタイト、基地は暗黒色ガラス質スラグから構成される。砂鉄系原料鉄を顕著に現わす粒状滓であって、これも初期段階の派生物である。

NAK－3－イ－4：0.45㎜ 径粒状滓：磁着弱

①　肉眼観察：半光沢で黒褐色のきれいな球状の粒状滓である。一部に砂粒を付着。

②　マクロ組織：Photo. 3 の⑩に示す。断面全体に0.2～0.3㎜径の気泡を 6 点発生させ空洞化の著しい粒状滓である。

③　顕微鏡組織：Photo. 3 の⑥～⑧に示す。鉱物組成は全量ウルボスピネルを暗黒色ガラス質スラグに晶出する。磁着の弱は、空洞化とウルボスピネル結晶の存在に基づくものである。

NAK－3－ロ－1：5.0㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：無光沢で黒褐色の歪な球状の粒状滓である。小さな突起が二ヶ所に認められた。

②　マクロ組織：4 の⑨に示す。断面は不整台形状で周縁部に0.1～0.5㎜の気泡を点在させ、中央をやや外して2.5㎜前後の空洞が存在する。

③　顕微鏡組織：Photo. 4 の②～④に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルと微小白色粒状結晶のヴスタイトが混在する。該品も初期段階の派生物である。

NAK－3－ロ－2：2.2㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：無光沢黒褐色のやや歪な球状を呈する粒状滓である。表面からの気泡はない。

②　マクロ組織：Photo. 4 の⑩に示す。断面は空洞化の著しい粒状滓で、肉厚は0.3㎜前後を残すのみである。

③　顕微鏡組織：Photo. 4 の⑥～⑧に示す。鉱物組成は、磁着度が強であれば白色多角形結晶はウルボスピネルではなくてマグネタイトとなろう。

NAK－3－ロ－3：1.25㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：黒褐色光沢質の端正な球状の粒状滓である。ただし 1 ヶ所に小さな突起をもつ。

②　マクロ組織：Photo. 5 の②に示す。断面は、0.1～0.6㎜気泡を点在させて白色鉱物相をかなり密に晶出させる。

③　顕微鏡組織：Photo. 5 の③～⑤に示す。淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、もしくはマグネタイトと、微小白色粒状結晶のヴスタイトをガラス質スラグ中に晶出する。

NAK－3－ロ－4：0.35㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：黒褐色光沢質の端正な球状の粒状滓である。但し、マクロ、ミクロ組織は埋込み試料から剥落して撮影されていない。

以上の結果から粒状滓中の鉱物相にウルボスピネル結晶が確認されて、砂鉄系鉄素材と判明した。

ただし、磁着度の強弱差異は粒内の空洞化や、晶出鉱物相のヴスタイトと、ウルボスピネルの量的相違など考えられるが、明瞭なる区分はできなかった。

(4) NAK－4：鍛造剥片

鍛造剥片とは、鉄素材を大気中で加熱、鍛打すると、表面酸化膜が剥離、飛散したものを指す。俗に鉄肌（金肌）やスケールとも呼ばれる。鍛冶工程の進行により表面の荒れ肌の厚手から、平坦薄手へ、色調は黒褐色から青みを帯びた銀色（光沢を発する）へと変化する。これも粒状滓の後続派生物で、鍛冶作業の実証と、鍛冶の段階を押える上で重要な遺物となる[②]。

鍛造剥片は、粒状滓同様に極めて微細な鍛冶派生物であり、発掘調査中に土中から肉眼で識別するのは難しい。通常は鍛冶趾の床面の土砂を水洗することにより検出される。鍛冶工房の調査に当っては、鍛冶炉を中心にメッシュを切って土砂を採り上げ、水洗・選別・秤量により分布状況を把握できれば、工房内の作業空間配置の手掛りとなりうる重要な遺物でもある[③]。

NAK－4－イ－1：0.16㎜厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表面は光沢を持ち、青灰色で平滑である。裏面は光沢を失し、若干凹凸気味である。

② マクロ組織：Photo. 5の⑦に示す。断面は平坦で中央部に気孔を僅かに点在させた剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo. 5の⑧～⑩に示す。⑧は研磨のまま、⑨⑩は王水（塩酸3：硝酸1）での腐食（Etching）した組織である。鍛造剥片は、3層の酸化膜からなっている。外層は微厚のヘマタイト（Hematite：Fe_2O_3）、これは王水腐食で侵されず、中間層は王水で黄変するマグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）、大部分は内層のヴスタイト（Wustite：FeO）で、これは王水で黒変する。ただし、Photo. 5の⑨⑩の王水腐食組織は、埋蔵中の風化時効で組織が侵されて明瞭なエッチング効果はあがらなかった。しかし、3層の分離はなされている。内層のヴスタイトは凝集気味であった。剥片が平坦度を保つように、該品は鍛打作業の後半段階に属する派生物である。

NAK－4－イ－2：0.12㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表面は光沢度を保ち、黒褐色で平滑性のある剥片である。裏面は光沢を失して、やや凹凸を持つ肌である。

② マクロ組織：Photo. 5の⑫に示す。断面は平坦度を有して内側からの食い込み孔をもつが、気孔は少ない。

③ 顕微鏡組織：Photo. 5の⑬に示す。該品は前述イ－1剥片に近似した酸化膜層であり、外層ヘマタイトがやや不明瞭であるが、中・内層マグネタイトは識別されて、内層ヴスタイトは凝集型であった。鍛打作業は後半段階である。

NAK－4－イ－3：0.06㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表面は光沢質青灰色で平滑な剥片である。裏面は光沢がなく凹凸肌であった。

② マクロ組織：Photo. 6の②に示す。断面はほぼ平坦度を保ち、気泡少なく内面側に小波状の起伏が僅かに認められる。

③ 顕微鏡組織：Photo. 6の③～⑤に示す。外層ヘマタイトは微厚ながら明瞭に存在し、中間層のマグネタイトも健全で、内層ヴスタイトは凝集型である。粒状痕跡ともとれる。該品も鍛打作業の後半段階の派生品であった。

NAK－4－イ－4：0.03㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表面は黒褐色の光沢質で平滑な剥片である。裏面は光沢なく、やや凹凸肌を呈する。

② マクロ組織：Photo. 6の⑦に示す。断面は表裏面に僅かに凹凸を有した肌をもち、気泡は発しない。

③ 顕微鏡組織：Photo. 6の⑧に示す。外層ヘマタイトは辛うじて認められ、中間層マグネタイトは薄く、内層ヴスタイトは粒状で晶出する。該品は薄手であるが、前述した3片よりも前段階の派生物である。

NAK－4－ロ－1：0.24㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表面は光沢質で青灰色の平滑な剥片である。裏面も表面同様に平滑性をもち、平滑であった。

② マクロ組織：Photo. 6の⑩に示す。断面はややうねりをもち、鎚打ちの差で厚みに変動をきたす。また、気泡を散発させる。

③ 顕微鏡組織：Photo. 6の⑪～⑬に示す。外層ヘマタイトは厚みがあって、中内層マグネタイトは侵されて黒変化し、内層ヴスタイトは粒状傾向を留める。これも鍛打前段階側の派生物であろう。

NAK－4－ロ－2：0.18㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表面は青灰色で光沢をもち、やや凹凸をもつ。裏面は表面に準ずる。

② マクロ組織：Photo. 7の②に示す。断面は僅かにうねりをもち、多孔質剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo. 7の③に示す。外層ヘマタイトは明瞭で、中間層マグネタイトと内層ヴスタイトは粒状化傾向をもち、両者の境界が些か不鮮明である。鍛打前半段階の派生品である。

NAK－4－ロ－3：0.10㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表面は青灰色で光沢質の平滑な剥片である。裏面も表面に準ずる。

② マクロ組織：Photo. 7の⑤に示す。断面は平坦度を保つが、内部は気孔が点在する。

③ 顕微鏡組織：Photo. 7の⑥～⑧に示す。3層の区別はできる。内層ヴスタイトは凝集気味で、前述したロ－2剥片より後発剥片である。

NAK－4－ロ－4：0.04㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表面は半光沢で青灰色を呈した平滑な剥片である。裏面は無光沢で僅かに凹凸をもつ。

② マクロ組織：Photo. 7の⑩に示す。断面は極く僅かに彎曲し、厚みに鎚打ちからくる差が読み取れる。

③ 顕微鏡組織：Photo. 7の⑪～⑬に示す。ほぼ3層分離型であって、内層ヴスタイト裏寄りに粒状凝集の痕跡を留めている。磁着強の剥片は、仕上げ段階へと作業行程の進行に沿って厚み減少に連動している。

小　結

1号大鍛冶炉は、4基検出（5基あるも1基は別系統）のなかで最も新しい時期に属する炉である。鍛冶作業は、酸性砂鉄系荒鉄（銑・鋼の品位劣るもの）を原料として、これを加熱半溶融し、

不純物除去と成分調整（脱炭）して錬鉄を製造している。ここでは荒鉄に含有された鉄滓を鎚打ちして搾出するので、加熱・鍛打で粒状滓や鍛造剥片を派生する。大鍛冶場は錬鉄の半製品の製造であって、粒状滓も鍛造剥片も当然鍛打前半段階の派生品で占められている。一方、鍛冶炉の炉壁溶融物は、マグネタイトやヘーシナイトを晶出し、高温操業の表れが認められた。

３－２、土坑出土遺物

(1) NAK－５：椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

① 肉眼観察：4.5kgを測る超大型椀形滓であるが、近世たたらの大鍛冶滓としては小振りに属する。鍛冶炉の炉底に堆積形成された滓で、平面は不整楕円形を呈している。滓表面は木炭を多く付着し、緩やかな皿状をもつ。裏面は５ヶ所の工具痕を残し、僅かに炉壁由来の灰白色粘土を付着する。

② 顕微鏡組織：Photo.８の①～⑤に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒内微小淡茶褐色析出物、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、小型淡灰白色多角形結晶のヘーシナイト、淡灰色盤状結晶のファイヤライトなどが基地の暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。荒鉄不純物除去と、成分調整の精錬鍛冶滓に分類される。

③ ビッカース断面硬度：Photo.８の①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は670Hvであった。ウルボスピネルに同定される。

④ ＣＭＡ調査：顕微鏡観察でみられた鉱物相と、ほぼ同等の組織をPhoto.52のＳＥ（２次電子像）に示しているが、これの高速定性分析がFig.２である。Ａ－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）を中心に、チタン（Ti）と、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K）である。これは酸化物なので（O）が加わる。

この結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果がPhoto.52である。ＳＥ（２次電子像）に５の番号をつけた淡灰白色多角形結晶は、鉄（Fe）とチタン（Ti)、アルミニウム（Al）に白色輝点が集中して、それらの鉱物相の構成元素であることを表明し、定量分析値は69.0％FeO－21.5％TiO_2－10.7％Al_2O_3が得られた。鉱物組成は、イルミナイト（Ilmenite：FeO・TiO_2）と、ヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）の混合組成の可能性が考えられる。また、ＳＥの６の番号は、淡灰色盤状結晶で、鉄（Ｆe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、定量分析値は、68.3％FeO－31.5％SiO_2が得られてファイヤライト（Fayalite：２FeO・SiO_2）が同定される。７の番号は、茶褐色多角形小型結晶であり、鉄（Fe）とアルミニウム（Al）に白色輝点が集中し、54.7％FeO－47.1％Al_2O_3からヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）が同定される。８の番号は暗黒色ガラス質スラグ（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K）である。定量分析値は、43.5％SiO_2－24.7％Al_2O_3－3.7％CaO－11.2％K_2Oとなる。ただし、ファイヤライト微小結晶が存在するので15.8％FeOが加わる。次に、９の番号は紡錘状白色結晶で５μmエリアでの分析値は96.9％FeOでヴスタイト（FeO）が同定される。これには3.2％TiO_2－1.6％Al_2O_3が固溶する。砂鉄系精錬鍛冶滓の特徴である。最後は10の番号のヴスタイト結晶内に析出している淡茶褐色微小析出物であって、鉄（Fe）とチタン（Ti)、及びアルミニウム（Al）の検出で、70.5％ FeO－17.9％ TiO_2—13.4％ Al_2O_3組成となり５の番号と同系のイルミナイトとヘーシナイトの混合組成の鉱物組成が同定された。ヴスタイト粒内析出物はこの混合組成と、ウルボスピネルの両者が存在している。

⑤　化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分高めで脈石成分の多い成分系で精錬鍛冶滓の特徴を有する滓である。全鉄分（Total Fe）は47.70％ に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.24％、酸化第1鉄（FeO）52.13％ 、酸化第2鉄（Fe_2O_3）9.92％の割合である。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は、31.08％あり、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）3.31％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は4.00％、バナジウム（V）0.17％は高い。また、酸化マンガン（MnO）も0.33％と多く、不純物の多い成分系であった。

⑵　NAK－6：羽口

①　肉眼観察：羽口先端の溶損部が欠落するも26㎝以上に長大な円筒形の造りである。外径10㎝、内径3.3㎝を測る。胎土は粘質で僅かに細かいスサと籾殻が混和されている。供試材は、基部よりの熱影響のない個所からの採取である。

②　マクロ組織：Photo.43の①に示す。微細な鱗片状粘土鉱物のセリサイト（Cerisite）と0.01～0.3㎜の石英破片が存在する。

③　顕微鏡組織：Photo. 8 の⑥～⑧に示す。基質粘土中に0.07～0.15㎜前後の石英粒が点在する。また、0.3㎜前後のスサの混入も認められた。なお、羽口製作焼成温度は900℃以下であり、セリサイトの加熱変化は受けていない。

④　化学組成分析：Table. 2 に示す。胎土の強熱減量のIg Lossは8.25％で熱影響は受けていない状態での分析となる。鉄分（Fe_2O_3）は2.83％、塩基性成分（CaO＋MgO）1.09％と低く、かつ、酸化アルミニウム（Al_2O_3）が20.07％と多くて軟化点は優れた成分系である。また、胎土中に砂鉄の混入は少なくて二酸化チタン（TiO_2）0.73％、バナジウム（V）0.01％留りである。また、鉄に有害な五酸化燐（P_2O_5）0.05％、硫黄（S）0.02％なども少なかった。

⑤　耐火度：胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に造り、1分間当り10℃の速度で温度上昇していき、変化が出ると4℃に昇温速度をおとし、荷重なしに自重だけで軟化し、崩れる温度が1,555℃であった。例えば12世紀～15世紀に比定される板屋遺跡の炉壁や耐火度が1,405～1,440℃であるので[4]優れた耐火度の羽口といえる。

小　結

土坑出土の椀形滓（4.5kg）と羽口（内径3.2㎝）は、大鍛冶場の作業工程を実証する遺物であった。前者は、荒鉄の不純物除去と成分調整で排出された精錬鍛冶滓で、後者は高温操業での溶損孔づまりに対して有効な高耐火性粘土を使用した下げ用羽口と想定された。

3－3、大鍛冶場4号炉出土品

⑴　NAK－7：鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面が不整五角形をした小破片（27g）である。表面は生きており、側面5面は破面で囲まれる。恐らく椀形鍛冶滓の表皮付近の破片である。4号炉としての確実な大型試料がなく該品を使用せざるをえなかった。色調は基地が黒褐色、表面や破面に小型気泡が多発して軽量な滓である。

②　顕微鏡組織：Photo. 9 の①～③に示す。鉱物組成は、少量の白色粒状結晶のヴスタイト、その粒内析出物、淡茶褐色多角形結晶で白色縁取りをもつヘーシナイト、大部分は淡灰色木ずれ状

結晶のファイヤライトが暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。これも精錬鍛冶滓に分類される。

③　ビッカース断面硬度：Photo. 9 の①に淡茶褐色多角形結晶に白色縁取りをもつヘーシナイト結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は876Hvであった。超硬質であり、ヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）に同定される。

④　ＣＭＡ調査：Photo.53のＳＥ（二次電子像）にみられる５種の鉱物相の高速定性分析結果をFig. 3 に示す。A－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）とガラス質成分系（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）に燐（P)、酸素（O）などである。顕微鏡組織で見た様に該品はFe－Ti系化合物の大きな結晶はなくて、チタン（Ti）の検出はB－Rankに落ちていた。

Photo.53のＳＥ（二次電子像）に７～11の番号をつけた５種の鉱物相のについて定量分析値を測定している。まず、７の番号は暗黒色ガラス質スラグ分で63.0%SiO_2－30.8%Al_2O_3－12.1%K_2O－1.3%FeO組成が得られた。８の番号は淡灰色盤状結晶で、鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、68.6%FeO－31.8%SiO_2組成でファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）が同定された。９の番号は、淡茶褐色多角形結晶で、鉄（Fe）とアルミニウム（Al）が検出され、51.3%FeO－51.8%Al_2O_3組成でヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）が同定される。10の番号は淡灰白色微小結晶の析出物である。白色輝点は鉄（Fe)、チタン（Ti)、アルミニウム（Al）に集中した。定量分析値は70.3%FeO－19.0%TiO_2－15.5%Al_2O_3であり、イルミナイト（$FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）の混合組成と考えられる。また、11の番号は暗黒色ガラス質スラグ中に花火のような白色粒状結晶の晶出であり、鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、88.8%FeO－14.3%SiO_2－9.5%Al_2O_3－3.8%K_2O－2.1%TiO_2の定量値が得られた。鉱物組成はヴスタイトであって、他は周辺の鉱物相の影響が現れたのであろう。原料鉄が砂鉄なので、チタンの検出があった。

⑤　化学組成分析：Table. 2 に示す。鍛冶滓にしては比較的鉄分少なく、ガラス質分の多い成分系になっている。大型椀形滓の表皮部分の表われであろうか。すなわち、金属鉄（Total Fe）は41.75%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.26%、酸化第１鉄（FeO）45.85%、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.37%の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は41.35%で、このうちに塩基性成分を（CaO＋MgO）を5.17%と高めに含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）1.35%、バナジウム（V）0.05%は砂鉄原料を表明する程含有し、酸化マンガン（MnO）も0.44%と多く、精錬鍛冶滓に分類される。

(2)　NAK－８：含鉄再結合滓

再結合滓とは、鍛冶工房の床面土層塊である。鍛冶作業で派生した鉄塊屑、鉄滓屑や赤熱鉄素材の表面から滴下・剥離飛散した粒状滓、鍛造剥片などが銹化物と共に踏み固められ、水分で結合した２次堆積物である。小塊は、時折鉄滓や酸化土砂として間違えられる事がある。要注意の遺物である。

①　肉眼観察：平面が不整六角形をした滓片と黄褐色から茶褐色の酸化土砂部分を含む再結合滓である。また、特殊金属探知器で反応する金属鉄を遺存する。４号鍛冶炉に伴う作業空間の派生物である。

②　マクロ組織：Photo.44の①②に示す。亜共晶組成の白鋳鉄から過共析鋼の小鉄塊を３個所にもち、更に粒状滓や鍛造剥片を内蔵している。

③　顕微鏡組織：Photo.10の①～⑨に粒状滓や鍛造剥片など小物派生物を示す。①②④⑤は粒

状滓の内部は密で全体にウルボスピネルを晶出し、⑥⑧は暗黒色ガラス質スラグ中にウルボスピネルをもつ。また、①～③は粒状滓に共伴した鍛造剥片が認められる。こちらは内層にウルボスピネルとヴスタイトの両方が晶出した鍛打作業初期段階の派生物が検出された。更に⑧⑨は鍛打後半段階に派生する鍛造剥片で内層ヴスタイトの凝集型が発見された。これらの遺物からみると、4号鍛冶場では本場作業が行われ、卸し鉄は槌打して鉄滓を搾り出し、反復打延しを行って粗鉄（短冊）が造られたと推定される。これらの工程で粒状滓や鍛造剥片が出来て、これが4号鍛冶炉の金敷付近で踏み固まって再結合したのであろう。

次はPhoto. 11に示す再結合滓中の鉄塊について述べる。該品も再結合滓中に潜り込んだ亜共晶組成（4.23%以下）の白鋳鉄で、一部は初析セメンタイトをもつ過共析鋼が共伴する。左下鉄として搬入された中の脱炭不足品であろうか。①は中央部に白いセメンタイト部分と黒い楕円形状の部分はオーステナイトより変化したパーライト、②③は拡大組織で、蜂の巣状の部分がセメンタイトとオーステナイトの共晶のレデブライト（Ledebulite）である。また、①にもどして、上側を見るとフェライトとパーライトが交互に重なり合って構成された層状組織のパーライト（Pearlite）、基地に白色針状の初析セメンタイトを析出した組織が、前述した白鋳鉄組織と共伴して認められる。荒鉄としての混在組織なのか左下過程での脱炭組織なのか興味を呼ぶところであるが、断片試料なので結論はだしかねる。

④　ビッカース断面硬度：Photo.11の⑤～⑨に異なる金属組織5ヶ所の硬度測定の圧痕を示す。⑤は過共析鋼で356Hv⑥はレデブライトで573Hv⑦はパーライト部で253Hv⑧は板状セメンタイト部で770Hv⑨は過共析鋼再調査部で563Hvであった。それぞれ組織に見合った値になっている。

(3)　NAK－9：粒状滓

4号炉より採取された粒状滓は、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の合計8の調査である。

NAK－9－イ－1：3.4㎜ 径粒状滓：磁着弱

①　肉眼観察：黒褐色で無光沢の歪な球状の粒状滓である。小さな突起を3ヶ所にもつ。

②　マクロ組織：Photo.12の⑨に示す。断面は0.1～0.7㎜の気泡を点在させた基地はガラス質である。微細金属鉄粒を晶出させる。

③　顕微鏡組織：Photo.12の②～④に示す。鉱物組成は、暗黒色ガラス質スラグ中に微細な金属鉄粒を晶出する。鉄素材に酸化防止に塗布された粘土汁がガラス化した粒状滓である。磁着度の弱いのは当然であろう。

NAK－9－イ－2：2.3㎜ 径粒状滓：磁着弱

①　肉眼観察：黒褐色無光沢で、やや歪な球状の粒状滓である。小さな突起を1ヶ所にもつ。

②　マクロ組織：Photo.12の⑩に示す。断面は0.1㎜前後の気泡を約30点程発生させるが、緻密な組織である。

③　顕微鏡組織：Photo.12の⑥～⑧に示す。鉱物組成は、暗黒色ガラス質スラグ中に微細な白色粒状結晶のヴスタイトを大量に晶出する。鍛打後半段階の派生物である。

NAK－9－イ－3：1.2㎜ 径粒状滓：磁着弱

①　肉眼観察：黒褐色無光沢で端正な球状を呈する。ただし小さな突起を1ヶ所にもつ。気泡はなし。

② マクロ組織：Photo.13の②に示す。周縁は空洞化しているので外殻膜をなくす。内部は0.1～0.2㎜径気泡を７点程発するが緻密である。

③ 顕微鏡組織：Photo.13の③～⑤に示す。鉱物組成は、暗黒色ガラス質スラグ中に白色粒状結晶のヴスタイトを大量に晶出する。

NAK－９－イ－４：0.65㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：光沢質の黒褐色を呈したきれいな球状の粒状滓である。表面には気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.13の⑦に示す。断面は、大きく空洞化して外殻被膜のみを辛うじて残して球体を支えている。

③ 顕微鏡組織：Photo.13の⑧～⑩に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶が樹状晶に析出したウルボスピネルが密に認められる。帯磁性の弱いFe－Ti化合物で空洞化の著しい小球体なので磁着が弱いのも頷ける。

NAK－９－ロ－１：2.4㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：光沢質の黒褐色で、きれいな球状を呈し、表面に気泡をもつ。

② マクロ組織：Photo.13の⑫に示す。断面は、完全な球形になりきれず、一部欠落部を生じている。内部に0.1～0.3㎜径の気泡が多発するので、これの影響で欠落したのであろう。

③ 顕微鏡組織：Photo.13の⑬に示す。鉱物組成は、白色不整形に晶出したマグネタイトと、極く微量のヴスタイトを晶出する。磁着強なので、帯磁性の良いマグネタイトと判定したが[5]、ウルボスピネル結晶の可能性も一部に残す。この結晶をＣＭＡで定量分析すれば白黒結論がだせるのであるが、今回は時間的な余裕がなかった。

NAK－９－ロ－２：1.4㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：光沢質黒褐色の歪な球状の粒状滓である。１ヶ所に小さな突起を残し、表面に気泡は発しない。

② マクロ組織：Photo.14の②に示す。断面は、粒内に大きな空洞を有し、外殻を形成する被膜内にも0.15㎜径前後の気泡を点在させる。

③ 顕微鏡組織：Photo.14の③に示す。鉱物組成は、白色多角形結晶のマグネタイトを晶出する。ウルボスピネルの結晶ともとれない事はないが、帯磁性の強いとなるとマグネタイトに判断すべきであろう。

NAK－９－ロ－３：1.0㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：黒褐色光沢質で、ほぼ整った球状を呈する粒状滓である。

② マクロ組織：Photo.14の⑤に示す。断面は、大きく空洞化し、不均一な厚みの外殻被膜を残す。

③ 顕微鏡組織：Photo.14の⑥～⑧に示す。鉱物組成は、白色多角形結晶のマグネタイトがガラス質スラグ中に晶出している。ウルボスピネルの可能性を一部に残すが、帯磁性の強さからマグネタイト説が有利。

NAK－９－ロ－４：0.5㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：黒褐色で、半光沢のきれいな球状の粒状滓である。表面に気泡を発する。

② マクロ組織：Photo.14の⑩に示す。断面は、内部空洞化の外殻被膜で形成された粒状滓で

ある。

③　顕微鏡組織：Photo.14の⑪～⑬に示す。鉱物組成は、白色多角形結晶のマグネタイトがガラス質スラグ中に晶出する。該品もウルボスピネルらしくもあるが、磁着度強からマグネタイトとすべきであろう。

(4)　NAK－10：鍛造剥片

4号炉より回収された鍛造剥片の磁着強の大中小極小、磁着弱の大中小の合計7点を供試材としている。

NAK－10－イ－1：0.18㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

①　肉眼観察：表面は無光沢で黒褐色を呈する平滑性を保つ鍛造剥片である。裏面は光沢をもち、やや凹凸肌を有している。気泡は発生しない。

②　マクロ組織：Photo.15の②に示す。断面は、僅かに彎曲した表面をもち、厚みに不均等さがみられる剥片である。僅かに気泡が点在する。

③　顕微鏡組織：Photo.15の③に示す。被膜構成は、3層分離が不鮮明で内層ヴスタイトが凝集した剥片である。鍛打作業の後半段階の派生物である。

NAK－10－イ－2：0.16㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

①　肉眼観察：表面は無光沢黒褐色で凹凸をもつ。裏面は光沢質で僅かに凹凸肌である。気泡の発生はない。

②　マクロ組織：Photo.15の⑤に示す。断面は、不均等厚みで、内層ヴスタイトの結晶粒界がクラック状にみえる。

③　顕微鏡組織：Photo.15の⑥に示す。剥片の外層ヘマタイトは完全には残らず僅かに痕跡程度、中間層のマグネタイトは薄く、内層ヴスタイトは結晶化が著しい。剥片と表現したが鉄滓皮らしい。

NAK－10－イ－3：0.1㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

①　肉眼観察：表面は青灰色光沢質の凹凸肌の剥片である。裏面は無光沢で僅かに凹凸をもつ。

②　マクロ組織：Photo.15の⑧に示す。断面は、僅かに彎曲し、被膜不均等である。また、気泡を3ヶ所に残す。

③　顕微鏡組織：Photo.15の⑨～⑪に示す。3層分離は明瞭に見分けられ、内層ヴスタイトは粒状化傾向を留めている。鍛打作業の中間段階での派生物であろう。

NAK－10－イ－4：0.04㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

①　肉眼観察：表面は黒褐色で無光沢の平滑性をもつ剥片である。裏面は光沢質で平坦である。

②　マクロ組織：Photo.15の⑬に示す。断面は、平坦度を保ち、微小気泡を僅かに点在させる。

③　顕微鏡組織：Photo.15の⑭に示す。3層分離は明瞭で、内層ヴスタイトは粒状を留めつつも凝集しかかっている。前述イ－3剥片に準じたものである。

NAK－10－ロ－1：0.2㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

①　肉眼観察：表面は黒褐色の光沢質でやや凹凸をもつ剥片である。裏面は無光沢で凹凸肌を呈する。気泡の発生はない。

②　マクロ組織：Photo.16の②に示す。断面は、やや平坦度に欠け、気泡による空隙が若干認められる。

③　顕微鏡組織：Photo.16の③～⑤に示す。３層分離の被膜構造は明瞭であり、内層ヴスタイトは粒状化傾向を留めつつも中間層側は非晶質が進行している。研磨ままと王水腐食（Etching）での差異がないのは、被膜組織が風化時効を受けていることを表わす。磁着の弱はこの劣化の為であろう。

NAK－10－ロ－２：0.18㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

①　肉眼観察：表面は無光沢で黒褐色のやや凹凸をもつ剥片である。裏面は光沢質で不均質である。

②　マクロ組織：Photo.16の⑦に示す。表面は、比較的平坦度を保つが、裏面側は不均等で槌打ち片寄りの傾向を留める。表面中間層側に間隙を生じている。

③　顕微鏡組織：Photo.16の⑧～⑩に示す。風化時効の進行からか、３層分離は若干不明瞭気味であり、内層ヴスタイトの凝集がかなり顕著となる。鍛打作業の後半段階の派生物である。

NAK－10－ロ－３：0.17㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

①　肉眼観察：表裏面共に無光沢平滑な剥片で、気泡の発生もない。

②　マクロ組織：Photo.16の⑫に示す。断面は、平坦度を保ち、安定した剥片である。被膜内に僅かの気泡を発生させる。

③　顕微鏡組織：Photo.16の⑬に示す。外層ヘマタイトは白色微厚でしっかりしているが、中間層マグネタイトは、内層ヴスタイトとの境界が不明瞭である。ヴスタイトは凝集気味ではあるが、まだ結晶粒界を残す。

小　結

４号炉関連の出土品調査品は、鉄滓と含鉄再結合滓及び粒状滓、鍛造剥片などである。鉄滓は脈石成分（Ti、V、Mn）を含む精錬鍛冶滓に分類された。含鉄再結合滓は、含鉄部分が亜共晶組成（4.23%以下）の白鋳鉄と過共析鋼の混合組織で、下げ以前の屑鉄と見做れよう。また、再結合滓中に内蔵された粒状滓はガラス質スラグ中にウルボスピネルを晶出し、鍛造剥片は、内層ヴスタイトの粒化が著しいので、鍛打作業の前半段階の派生物と推定された。ただし、独立粒状滓と鍛造剥片（内層ヴスタイト凝集化傾向）は鍛打作業の後半段階に属するものであった。こちらは本場作業での卸し鉄の槌打ち派生物として捉えられる。以上の如く４号炉は下げと本場の遺物が混在した状況であった。

３－４、２号炉出土品

(1)　NAK－11：鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：楕円形椀形鍛冶滓の長軸片側端部に相当する破片で、残存形状が不整六角形を呈する。短軸側面を中心に肩部に小さな破面が並んでいる。表面は黒褐色で気泡の露出した荒れ肌に木炭痕を点在させる。裏面に小さな粉炭痕が密集する。

②　顕微鏡組織：Photo.９の④～⑧に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、白色粒多角形結晶のヴスタイトと、その粒内の淡茶褐色微小Fe－Ti化合物、淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト、基地の暗黒色ガラス質スラグなどから構成される。精錬鍛冶滓の晶癖である。

③　ビッカース断面硬度：Photo. 9 の⑦に白色粒状結晶、⑧に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は、前者が437Hvでヴスタイト文献硬度値の下限を僅かに切るがヴスタイト、後者が611Hvでウルボスピネルに同定される。

④　化学組成分析：Table. 2 に示す。脈石成分を含む滓である。全鉄分（Total Fe）は43.27％に対して、金属鉄（Metallic Fe）が0.36％、酸化第１鉄（FeO）50.19％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）5.57％の割合である。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は39.31％あり、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を4.09％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）はやや高めの2.66％、バナジウム（V）は0.12％であった。また、酸化マンガン（MnO）0.27％、バナジウム（V）0.12％ など不純物を或る一定量含有して銅（Cu）は0.002％と低値である。精錬鍛冶滓に分類される。

⑵　NAK－12：椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面が不整六角形をした椀形鍛冶滓の破片である。表面は溝状に窪み、裏面は船底状に突出する。断面は上半が粉炭を含み多孔質のガサガサ滓で、下半部は緻密質であった。表面の色調は暗褐色を呈する。

②　顕微鏡組織：Photo.17の①～⑤に示す。鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒内微小Fe－Ti化合物、その間隙を淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト、基地の暗黒色ガラス質スラグで構成される。精錬鍛冶滓の晶癖である。

③　ビッカース断面硬度：Photo.17の①に白色粒状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は515 Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値は450～500Hvで、その上限を僅かに越えてはいるが、ヴスタイトに同定される。

④　ＣＭＡ調査：Photo.54のＳＥ（２次電子像）にある鉱物相３種の高速定性分析結果をFig. 4 に示す。A－Rankで検出された元素は鉄（Fe）をはじめとして、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）、燐（P）、硫黄（S）、酸素（O）である。B－Rankでチタン（Ti）がでている。次に、この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果をPhoto.54に示しているので、これについて述べる。ＳＥ（２次電子像）２の番号は、白色粒状結晶の中に淡茶褐色微小析出物がみられる個所を５μmエリアで分析している。白色輝点は、鉄（Fe）とチタン（Ti）に集中し、96.5％FeO－4.2％TiO_2の定量分析値が得られた。鉱物組成はヴスタイト（FeO）と、析出物のウルボスピネル（$2FeO \cdot TiO_2$）が同定される。ＳＥ（２次電子像）３の番号をつけた鉱物は、淡灰色木ずれ状結晶である。白色輝点は鉄（Fe）と硅素（Si）に強く集中し、67.7％FeO－32.0％SiO_2組成が得られた。ファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）が同定される。また、ＳＥ（２次電子像）４の番号は、暗黒色ガラス質スラグであってガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）に白色輝点は集中する。また、定量分析値は、46.4％SiO_2—25.8％Al_2O_3－12.3％K_2O－1.6％Na_2O組成が得られた。僅かにファイヤライトの微小結晶が晶出するのか14.0％FeOの固溶があった。

⑤　化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分が多くて、かつ脈石成分（Ti、V、MnO、CaO＋MgO）の多い成分系である。全鉄分（Total Fe）は、48.86％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.19％、酸化第１鉄（FeO）53.10％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）10.57％の割合である。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は31.17％あり、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）を3.84％含む。また、砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は2.15％、バナジウム（V）は0.11％

を含有し、酸化マンガン（MnO）0.30%、銅（Cu）は0.002%などが検出された。精錬鍛冶滓に分類される。

(3) NAK－13：粒状滓

2号炉から採取された粒状滓は、磁着強の大中小極小、磁着弱の大中小極小の合計8点を供試材としている。

NAK－13－イ－1：3.1㎜ 径疑似粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：無光沢の黒褐色、歪な球状で小さな突起を1ヶ所にもつ粒状遺物である。

② マクロ組織：Photo.18の②に示す。断面は、内部に大きな空洞をかかえ、周縁は肉厚を揃えた球体である。

③ 顕微鏡組織：Photo.18の③に示す。組織は金属鉄の銹化したゲーサイト（Goethite：α－FeO・OH）であり、鉄粒であった。粒状滓は、加熱・酸化された鉱物相を指すので、該品は疑似粒状滓とも称すべきであろう。

NAK－13－イ－2：1.6㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：黒褐色光沢質の、やや歪な球状で小さな突起を2ヶ所にもつ。

② マクロ組織：Photo.18の⑤に示す。断面は、1.6㎜の直径に1.0㎜の空洞を発し、更に0.1～0.15㎜径の気泡をもつ。

③ 顕微鏡組織：Photo.18の⑥に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルと白色粒状結晶のヴスタイトを暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。精練鍛冶段階での派生物である。

NAK－13－イ－3：1.16㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：光沢質黒褐色で端正な球状の粒状滓である。気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.18の⑧に示す。断面は、中央に0.15㎜径前後の気泡を数点発生させた白色緻密質の粒状滓である。

③ 顕微鏡組織：Photo.18の⑨に示す。鉱物組成は、白色粒状結晶が成長凝集した組織で埋まる。

NAK－13－イ－4：0.4㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：光沢質黒褐色の端正な球状の粒状滓である。ただし、小さな突起を1ヶ所に発する。表面からの気泡はない。

② マクロ組織：Photo.18の⑪に示す。断面は、0.4㎜直径に対して中央部に0.15㎜前後の気泡を3点以上重なり合って発生させる。鉱物相は密に埋める。

③ 顕微鏡組織：Photo.18の⑫～⑭に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のマグネタイトもしくはウルボスピネルが緻密に晶出する。磁着が強なので、マグネタイトの可能性が大と考えられる。

NAK－13－ロ－1：3.6㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：光沢質黒褐色で小さな突起が尾を引く歪な球状の粒状滓である。表面に気泡を発生している。

② マクロ組織：Photo.19の⑨に示す。断面は暗黒色ガラス質スラグ中に0.5、0.6、1.0㎜径の大気泡と0.1㎜以下の小気泡を約20点程発生させる。

③ 顕微鏡組織：Photo.19の②～④に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグ中に微小金属鉄

粒を多量晶出させる。ガラス質主体のために磁着度は弱い。赤熱鉄素材の酸化防止の目的で粘土汁の塗布があったことが推定される。

NAK－13－ロ－2：2.4㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：無光沢で黒褐色の歪な球状の粒状滓である。表面に気泡を発し、小さな突起を1ヶ所にもつ。

② マクロ組織：Photo.19の⑩に示す。断面は暗黒色ガラス質スラグで、この中に大は1㎜径から中が0.5㎜、小は0.15㎜径以下の気泡を多発した基地を呈する。

③ 顕微鏡組織：Photo.19の⑥～⑧に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグ中に微小金属鉄粒を晶出する。前述したロ－1粒状滓に準じた組織であった。

NAK－13－ロ－3：1.4㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：光沢質黒褐色で、やや歪な球状の粒状滓である。表面には気泡を発する。

② マクロ組織：Photo.20の②に示す。断面は0.2㎜径の気泡を1点発して、あとは暗黒色ガラス質スラグで埋まる。

③ 顕微鏡組織：Photo.20の③に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグ中に微小金属鉄粒を晶出する。前述してきたロ－1、2粒状滓と同様の鉱物相であった。

NAK－13－ロ－4：0.9㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：光沢質黒褐色で、端正な球状の粒状滓である。表面に気泡を発する。

② マクロ組織：Photo.20の⑤に示す。断面は暗黒色ガラス質スラグ中に0.15㎜以下の気泡を点在させる。

③ 顕微鏡組織：Photo.20の⑥に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグ中に微小金属鉄粒を晶出する。前述ロ－1、2、3と同質鉱物組成であった。磁着度が弱と出たのは、ガラス質組成に基づく結果であり、赤熱鉄素材の酸化防止に塗布した粘土汁由来の粒状滓であった。

(4) NAK－14：鍛造剥片

2号炉から採取された鍛造剥片は、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の合計8点を供試材とした。

NAK－14－イ－1：0.42㎜ 厚み疑似鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表裏共に無光沢で黒褐色で表面は平滑を保ち、裏面はやや凹凸肌をもつ剥片である。

② マクロ組織：Photo.20の⑧に示す。断面は繊維状のクラックを生じた平坦剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo.20の⑨に示す。組織は、銹化鉄のゲーサイト（Goethite：α－FeO・OH）の層状組織であり、鍛造剥片の酸化膜とは異なる。疑似鍛造剥片である。

NAK－14－イ－2：0.31㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で、平滑性に欠けた剥片である。

② マクロ組織：Photo.20の⑪に示す。ガラス質剥片で、鉱物相が局部的に点在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.20の⑫～⑭に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグ中に、内層ヴスタイトの粒状化が著しい小剥片を点在させる。赤熱鉄材の酸化防止に粘土汁を塗布したときの派生物であろう。初期段階の発生品と考えられる。

NAK－14－イ－3：0.19㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：無光沢黒褐色の表面平滑で裏面がやや肌荒れを起こした剥片である。

② マクロ組織：Photo.21の②に示す。断面は平坦度を保ち、2層の分離線をもつ剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo.21の③～⑤に示す。外層ヘマタイトは点列状に極く微量残すのみで遺存度が悪く、中間層マグネタイトは薄く発生し、内層ヴスタイトは凝集気味ではあるがデンドライト状に粒状化する。横方向にクラックが走り、これがマクロ組織で分離線に見えた訳である。該品は鍛打作業の後半段階での派生物であり、ヴスタイト粒内に灰白色多角形の模様が多発するのは、風化時効による被膜劣化であろう。磁着弱につながる。

NAK－14－イ－4：0.17㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表面は半光沢の黒褐色で平滑性をもち、裏面は無光沢でやや肌荒れの剥片である。

② マクロ組織：Photo.21の⑦に示す。断面は平坦度を保つが、被膜内に多くのクラックと間隙をもつ剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo.21の⑧～⑩に示す。3層分離型と内層ヴスタイト結晶型の風化した2片の剥片が一体化した剥片である。埋蔵中の偶発的な接着か、作業中の派生物か判断の難しいものである。

NAK－14－ロ－1：0.28㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で表面は平滑で、裏面がやや凹凸をもつ剥片である。

② マクロ組織：Photo.21の⑫に示す。断面は内部が風化侵食されて虫食い状態に空洞化した剥片である。磁着強は少々疑問に感じる。

③ 顕微鏡組織：Photo.21の⑬に示す。外層ヘマタイトは剥落したのか残存せず、中間層マグネタイトは確り残り、その下の内層ヴスタイトとの境界付近が侵食されて空洞化する。該品の内層は、非晶質ヴスタイトで、鍛打作業後半段階の派生品であろう。

NAK－14－ロ－2：0.24㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で平滑性をもつ剥片である。

② マクロ組織：Photo.22の②に示す。断面は平坦度を保つが被膜内にはピット状の間隙が生じている。

③ 顕微鏡組織：Photo.22の③に示す。外層ヘマタイトは剥落し、中間層マグネタイトは薄く残し、内層ヴスタイトは粒状化の著しい剥片である。鍛打作業前半段階の派生品であろう。

NAK－14－ロ－3：0.22㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で平滑性をもつ剥片である。

② マクロ組織：Photo.22の⑤に示す。断面は僅かに外彎気味ながら平坦度を保つ剥片である。被膜内には多くの風化による間隙を生じている。

③ 顕微鏡組織：Photo.22の⑥～⑧に示す。外層ヘマタイトは点列状に残し、中間層マグネタイトは確り残し、その下の内層ヴスタイトは非晶質で、虫食い状態に風化侵食を受けている。前述したロ－1に準じた剥片であった。

NAK－14－ロ－4：0.18㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で表面は平滑で、裏面が凹凸をもつ剥片である。

② マクロ組織：Photo.22の⑩に示す。断面は、表面は平滑であるが裏面は槌打ちの片寄りで不均厚となる。気泡や間隙の少ない被膜であった。

③　顕微鏡組織：Photo.22の⑪～⑬に示す。外層ヘマタイトと中間層マグネタイトは不明瞭で、内層ヴスタイトが確り粒状化した鍛打作業前半段階の派生品であった。

小　結

2号大鍛冶炉は、砂鉄系荒鉄の不純物除去と成分調整、これに鍛打による鉄塊中の鉄滓の搾り出しで、粒状滓や鍛造剥片を派生させる作業である。鍛冶炉の炉底に堆積形成された椀形鍛冶滓は鉱物組成にヴスタイトと、その粒内にFe－Ti化合物を析出し、また、ウルボスピネルの独立結晶やヘーシナイトを晶出し、化学組成は二酸化チタン（TiO_2）を2％台、バナジウム（V）0.11～0.12％を含み精錬鍛冶滓に分類される。

一方、粒状滓の磁着弱は、ガラス質に微小鉄粒を包蔵させ、赤熱鉄素材の酸化防止に粘土汁の塗布があったことが想定された。鍛造剥片は、内層ヴスタイトに粒状化の著しいものと、非晶出があり、鍛打の前半段階と後半段階の作業が推定された。以上の様に、2号鍛冶炉は、1号鍛冶炉と、作業内容に大きな差異はなかった。

3－5、周溝出土品

(1)　NAK－15：椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：重量が10kgを測る大型椀形鍛冶滓である。側面の1ヶ所を欠くが不整な長楕円形を呈した完形品に近いのもである。全体に茶褐色の酸化土砂に覆われて不明瞭な部分が多いが、側面から見ると、2段椀形鍛冶滓らしい。裏面中央が船底状に突出し、逆に表面は中央付近が盛り上がっている。色調は基地は灰黒色から黒褐色である。

②　顕微鏡組織：Photo.17の⑥～⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のヴスタイト、淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト、基地の暗黒色ガラス質スラグから構成される。鉱物組成のみからみると鍛錬鍛冶滓の組成に思われるが、化学組成の脈石成分は含有があるので精錬鍛冶滓となる。10kgの大型椀形滓であり、組成の偏析が大きいことが推定される。

③　ビッカース断面硬度：Photo.17の⑥に白色粒状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は507Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値の450～500Hvの上限を僅かに超えるがヴスタイトに同定される。

④　ＣＭＡ調査：顕微鏡組織で捉えた鉱物相と同じ組み合わせの組織の分析を行った。Photo.55のＳＥ（2次電子像）にみられる高速定性分析結果をFig.5に示す。A－Rankで検出した元素は鉄（Fe）をはじめとして、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）と燐（P）、酸素（O）などである。B－Rankにチタン（Ti）が追加される。

この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析結果がPhoto.55である。ＳＥ（2次電子像）に3の番号をつけた白色長粒結晶は鉄（Fe）と酸素（O）に白色輝点が集中し、99.2％FeO－2.4％TiO_2の定量分析値が得られている。ヴスタイト（FeO）でチタン分を固溶する。精錬鍛冶滓を裏付ける分析値である。なお、この分析値は10μmエリアからの定量値であった。ＳＥ（2次電子像）に4の番号をつけた白色粒は、鉄（Fe）にのみ白色輝点が集中し、酸素（O）は黒く抜けて、金属鉄と判る。定量分析値は、鉄にのみ数字が現われて142％FeOとなる。酸化鉄（FeO）としてプログラムが設定されているので誤差を生じた数字である。次にＳＥ（2次電子像）

の５の番号の個所は、暗黒色ガラス質部分である。当然白色輝点はガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋K）に集中し、定量分析値は、5.2%SiO_2－22.7%Al_2O_3－11.8%CaO－6.8%K_2Oとなる。SiO_2の数字が小さいのが気がかりであるがガラス質である。同じく６の番号は淡灰色木ずれ状結晶でファイヤライトと想定されるが、67.9%FeO－4.1%SiO_2と硅酸の数字が１桁低い。なにかトラブルがあるのかも知れない。ＳＥの５と６のTotalが72%と75%と異常値である。後日の検討課題としておく。

⑤　化学分析組成Table. 2 に示す。鉄分多く、かつ脈石成分を含む成分系であった。全鉄分（Total Fe）は47.99%に対して金属鉄（Mettallic Fe）が0.20%、酸化第１鉄（FeO）45.11%、酸化第２鉄（Fe_2O_3）18.20%の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は26.63%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を2.62%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は3.18%、バナジウム（V）は0.16%などとともに酸化マンガン（MnO）0.26%を含有して、砂鉄由来の不純物を含有しており、精錬鍛冶滓に分類される。

⑵　NAK－16：含鉄椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：本来は長楕円形の平面形をもつ含鉄鉄滓で、長軸端部の破片であろう。現形は、平面が不整六角形を呈する。長軸方向の横断面形は、上下面とも上方に開いたV字状で、底面中央には短軸方向に凹みが連なっている。全体に黄褐色から灰色の酸化土砂に各面とも覆われ、詳細な観察を妨げる。

②　マクロ組織：Photo.43の②に示す。20㎜平方以上の原料鉄を鉄滓中に滴下させたものである。金属鉄は0.1～１㎜の点蝕を受けてピットを多発するが基地は健全である。鉄中の炭素量は変動をもち、全面パーライトの共析鋼（Ｃ：0.77%）から極低炭素鋼（Ｃ：0.005%）までの偏析をもつ。黒白の濃淡から炭素量は推定できる。

③　顕微鏡組織：Photo.23、24にしめす。Photo.23の①は鉄中の非金属介在物である。淡黄色の異物は硫化鉄（FeS）である。詳細はＣＭＡの項で触れる。Photo.23の②は左側の白い領域が極低炭素鋼で、右へ移動して黒色部はパーライト（Pearlite）で高炭素域となる。パーライトはフェライトとセメンタイトが交互に重なりあって構成された層状組織である。このパーライトの占める面積は、炭素含有量の増加に伴って増し、焼きならし状態では0.4%で約半分0.77%で全面パーライトでこの組成の鋼を共析鋼という。このパーライトが多くなると、硬さ、引張り強さは増加し、逆に伸び、衝撃値などは減少する。

Photo.23の③は、白い部分がフェライト（Ferrite)、中央の黒または層状がパーライトである。同じく④は、黒はパーライト、白い基地に黒い細い線はフェライト粒界を示す。また、⑤は針状のフェライトと、網状にフェライトが走るのは、900℃以上の高温に加熱されて過熱組織（Over heated structure）で、ウイットマンステッテン組織（Widmannstatten structure）を呈している。これはフェライトが母体オーステナイトの正八面体の結晶面（111）に析出したためである。⑥⑦⑧は、以上述べてきた組織のバリエーションを表わす。Photo.24の①②③も同様である。

④　ビッカース断面硬度：Photo.24の④～⑨は炭素含有量の異なる領域での硬度測定の圧痕を示す。前述した様に高炭素域は硬度値が高く、例えば⑦は全面パーライト析出の共析鋼で246Hvが測定される。また、これに次ぐ⑧は189Hvで組織と硬度値は対応する値であった。しかし、④⑤⑥⑨の153～192Hvは、フェライト基地の多い個所に対して硬度値が高すぎ、フェライトに歪の影響

が出て、本来の硬度値を表示していない結果となった。

⑤　ＣＭＡ調査：Photo.56のＳＥ（２次電子像）にみられる淡黄色非金属介在物の高速定性分析結果をFig. 6 に示す。Ａ－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）と硫黄（S）が主体で、これに燐（P）と酸素（O）が加わる。介在物組成は硫化鉄（FeS）で、これに燐（P）が散布する。Photo. 56の特性Ｘ線像と定量分析値をみると、90.0％FeO－34.9％Ｓ組成で白色輝点は鉄（Fe）と硫黄（S）に集中する。また、燐（P）は、硫化鉄の周辺に検出されて、これは、$Fe-Fe_3C-Fe_3P$の三元系共晶のステダイト（Steadite）の存在が浮上する。この種の介在物は砂鉄系原料であってもチタン（Ti）の含有はないものが多い。

⑥　化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分の多い個所の酸化物定量である。全鉄分（Total Fe）は59.38％に対して、金属鉄（Mettallic Fe）21.03％、酸化第１鉄（Fe）16.36％、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）が多くて36.65％の割合となる。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は低減傾向で18.60％、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）0.66％留まりである。含鉄部分主体なので脈石成分は少なくて、二酸化チタン（TiO_2）0.27％、バナジウム（V）0.01％、酸化マンガン（MnO）0.05％などである。また、酸化クロム（Cr_2O_3）も0.01％と低値になるが、硫黄（S）のみは0.38％と他の試料（鉄滓）に比べると１桁高い数値となっている。

⑶　NAK－17：含鉄椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面が長手の不整台形をした含鉄椀形鍛冶滓である。側面の片側全体と長軸端部の片方に加え、短軸側面の一部が割れており、３面の側面を持つものの1.8kgを図る。除滓と成分調整時の排滓品と考えられる。表面は黒褐色の半流動状の滓で、これに黄褐色の酸化土砂が付着する。裏面は底面中心が片側に寄ったV字状の断面形を持つ。長軸端部片側より供試材を採取した。

②　マクロ組織：Photo.45の①に示す。断面は、全面初析セメンタイトを析出した過共析鋼（Ｃ：0.77％以上）で占められている。ただし、点蝕も進んでいて、小さいものは0.1～0.3㎜、大きなものは1.0～2.5㎜のピットが多数発生する。炭素量のバラツキは殆ど認められない。

③　顕微鏡組織：Photo.25の①～⑨に示す。①は鉄塊の表皮スラグである。暗黒色ガラス質スラグに析出した灰白色板状結晶のルチル（Rutile：TiO_2）が検出された。荒鉄が鉄滓中に落下した状態を留めていた。また、②～④は鉄中の非金属介在物である。球状介在物で組成は暗黒色ガラス質スラグ中にチタン化合物を包蔵する。詳細はＣＭＡの項で述べる。また、金属鉄は⑤⑥でみられる様にパーライト基地にフェライトが発達し、その粗大フェライトの中にセメンタイト（Cementite：Fe_3C）が現れている。白鋳鉄へ移行する前の異常組織で、浸炭部の最表面で観察される組織でもある。（ルチルと観察した表皮スラグはＣＭＡでTiNと同定された。）

④　ビッカース断面硬度：Photo.25の⑦～⑨に示す。硬度測定は、全面パーライト部と初析セメンタイト析出部を合わせて行った。硬度値は222Hv～246Hvの範囲が得られた。組織に見合った値と考えられる。

⑤　ＣＭＡ調査：鉄中非金属介在物と、表皮スラグの２個所の調査を行った。まず、Photo.57のＳＥ（２次電子像）に示した鉄中の球状介在物の高速定性分析結果をFig. 7 に示す。Ａ－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）とガラス質成分（Si＋Al＋Mg＋K）、酸素（O）である。Ｂ－Rankでチタン（Ti）、カルシウム（Ca）が加わる。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果がPhoto.57である。ＳＥ（２次電子像）に17の番号をつけた球状介在物のガラス中に

析出した淡灰白色片状結晶は、チタン（Ti）、硅素（Si）、アルミニウム（Al）に白色輝点が集中し、74.1%TiO_2－9.9%SiO_2－5.7%Al_2O_3組成の定量分析値が得られた。ルチル（Rutile：TiO_2）の鉱物相が同定される。ルチルは$FeO-TiO_2$二元状態図でみると、高温生成物である[6]。この落下小鉄塊は、製鉄炉内では高温還元された事を想定させる。

同じくＳＥ（２次電子像）の18の番号のついた個所は、ガラス質部分で非晶質硅酸塩となる。定量分析値は、63.7%SiO_2－16.2%Al_2O_3－5.3%CaO－3.5%K_2O組成であった。なお、このガラス質スラグ中にもチタン分の固溶があって6.6%TiO_2の定量値が得られている。砂鉄製錬の根拠を濃厚に提出するデータである。

次に表皮スラグの分析である。Photo.58のＳＥ（２次電子像）にある灰白色板状結晶と基地の暗黒色ガラス質スラグを対象とした。19の番号をつけた結晶は、チタン（Ti）、窒素（N）、バナジウム（V）の砂鉄特有成分白色輝点が集中し、72.9%Ti－16.8%N－5.2%Vの砂鉄特有元素の検出となり、窒化チタン（TiN）の同定となった。また、基地は69.1%SiO_2－14.8%Al_2O_3－4.7%CaO－4.7%K_2Oの非晶質硅酸塩が同定される。これにも5.5%TiO_2の固溶があり、砂鉄製錬からの派生物を雄弁に物語るデータとなった。1.9%MnOの検出も砂鉄原料として注目される結果であった。

⑥　化学組成分析：Table.２に示す。鉄塊の分析なので鉄分が多く、脈石成分は少ない傾向をもつ。全鉄分（Total Fe）60.08%対して、金属鉄（Metallic Fe）17.81%、酸化第１鉄（FeO）11.95%酸化第２鉄（Fe_2O_3）が多く47.16%の割合である。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）も少なくて8.44%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は0.47%に留まる。また、砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は0.51%、バナジウム（V）は0.01%以下まで低減し、酸化マンガン（MnO）も0.09%と少ない。滓の成分でなく、鉄酸化物の組成である。

小　結

周溝からは、10kgを測る大型椀形滓が出土した。鉱物組成はヴスタイトとファイヤライトを晶出し、砂鉄特有元素のチタン（Ti）分はヴスタイト内に固溶して、化学組成の二酸化チタン（TiO_2）は3.18%、バナジウム（V）0.16%で、精錬鍛冶滓に分類された。また、2.4kgと1.8kgの含鉄椀形滓が検出されて、含鉄部分を調査すると、鍛冶原料鉄の落下であって、炭素不均等（極低炭素域から共析鋼までの変動）鉄塊から、過共析鋼までの充当が確認された。両鉄塊の鉄中非金属介在物は、硫化鉄（FeS）やルチル（Rutile：TiO_2）であって、後者は特に砂鉄原料由来を明瞭に証明するものであった。更に表皮スラグの窒化チタン（TiN）の検出は荒鉄由来で高温操業の産物と想定される。

３－６、廃棄場出土品

(1)　NAK－18：含鉄椀形滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面が不整八角形をした含鉄椀形滓である。側面３面と上面の１面が破面、残る側面と上下面は生きている。上半部の滓は銹が強く、下半部の滓は緻密質で青黒い。色調は基地が黒褐色で、茶褐色の酸化土砂をつける。裏面は青灰色であった。

②　マクロ組織：Photo.45の②に示す。基地鉄滓の中に、極低炭素鋼が未凝集の状態で点在する。海綿鉄に近い。

③　顕微鏡組織：Photo.26の①～⑨に示す。基地の鉄滓における鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒内析出物のFe－Ti化合物、その粒間の淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。この精錬鍛冶滓ベースの中に極低炭素鋼が点在する。白い基地はフェライトであり、結晶粒界に極く微量のパーライトの析出があった。

④　ビッカース断面硬度：Photo.26の①にフェライト結晶粒の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は、75.0Hvであった。フェライトの硬度値としては妥当な値である。

⑤　ＣＭＡ調査：Photo.59のＳＥ（２次電子像）にみられる１～７の番号のついた鉱物相の高速定性分析結果をFig. 9に示す。A－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）を中心に、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na)、砂鉄特有成分のチタン（Ti)、燐（P)、酸素（O）などである。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果がPhoto.59である。まず、ＳＥ（２次電子像）に１の番号のついた白色彎曲状結晶は、鉄（Fe）に強くチタン（Ti）に弱く白色輝点が集中し、105％FeO－1.2％TiO_2組成が得られてヴスタイト（FeO）が同定される。チタン（Ti）の固溶が認められた。また、ＳＥの２の番号は金属鉄部分であり、鉄（Fe）にのみ白色輝点が集中し、酸素（O）は黒く抜ける。定量分析値はFeOで換算してあるので149％と誤差値含みとなった。ＳＥの３の番号は淡灰色木ずれ状結晶で鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、69.5％FeO－32.0％SiO_2組成でファイヤライト（２FeO・SiO_2）と知れる。４の番号は淡褐色不整三角形結晶で、鉄（Fe）とアルミニウム（Al）に白色輝点が集中し、53.4％FeO－52.5％Al_2O_3組織となり、ヘーシナイト（FeO・Al_2O_3）が同定された。また、ＳＥの５の番号は、白色粒状結晶に淡茶褐色微小析出物を含む個所で、５μｍエリアでの分析は97.9％FeO－3.2％TiO_2組成であった。ヴスタイトとウルボスピネル（２FeO・TiO_2）の鉱物相が想定される。６の番号は、暗黒色ガラス質スラグで、微細な淡灰色樹状晶を含む個所である。組成は42.9％SiO_2—20.4％Al_2O_3－8.3％CaO－16.8K_2Oのガラスに19.9％FeOが含有される。最後にＳＥの７の番号は、淡茶褐色微小結晶である。白色輝点は鉄（Fe)、チタン（Ti)、アルミニウム（Al）に集中し、68.8％FeO－16.8％TiO_2—16.4％Al_2O_3組成となる。これはイルミナイト（FeO・TiO_2）とヘーシナイト（FeO・Al_2O_3）の混合組成であろう。以上のように、これら鉱物相は、砂鉄原料に基づく精錬鍛冶滓としての組成が明瞭に現れた。

⑥　化学組成分析：Table. 2に示す。当分析は、鉄分の少ない個所（A）と多い個所（B）の２ヶ所で実施した。前者のAは、全鉄分（Total Fe）は50.82％に対して、金属鉄（Metallic Fe）1.47％、酸化第１鉄（FeO）55.41％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.98％の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は30.50％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を3.28％を含む。二酸化チタン（TiO_2）1.23％、バナジウム（V）0.05％、酸化マンガン（MnO）0.12％など脈石成分を含有し、精錬鍛冶滓としての成分系を表わす。

同一母体の鉄分の多い個所からは、金属鉄（Metallic Fe）が12.06％と多く、銹化鉄の増加で酸化第2鉄（Fe_2O_3）高めの30.39％が得られ、これに対応して、逆にガラス質成分の24.17％減少や、脈石成分の低下（TiO_2：0.97％、V：0.04％）など成分移動が認められた。

(2)　NAK－19：含鉄鉄滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：含鉄椀形滓の下半分の破片の可能性をもつ試料（144ｇ）である。平面は不整三角形を呈し、側面３面が破面。全体に暗褐色の酸化土砂に覆われ、基地は僅かに端部にのぞく。裏

面は全体に皿状で生きている。

② マクロ組織：46の①に示す。断面は0.1～1.0㎜気泡が多発する中に、海綿鉄が虫食い状に残存する。極低炭素鋼で、下げ（脱炭）られた鉄である。

③ 顕微鏡組織：Photo.27の①～⑨に示す。該品の椀形鍛冶滓の鉱物組成は⑨の金属鉄の両側に分かれて晶出した白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒間に小さく存在した淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライトである。しかし、この鉄滓には表皮に②③でみられる3層分離型の鍛造剥片が付着し、⑥⑦の白い針状フェライト間に炭化物が析出した亜共析鋼（C：0.77%以下）が存在し、更に④⑤に現われた白い基地に黒い細い線の走るフェライト域をもつ金属鉄がある。金属鉄は、このフェライトが大半を占める。

④ ビッカース断面硬度：Photo.27の⑧はフェライト、⑨は針状フェライトと炭化物の共存する個所の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は前者が84.0Hv、後者で123Hvであった。それぞれが硬度値に見合った硬度値といえる。

⑤ ＣＭＡ調査：Photo.60のＳＥ（２次電子像）に示した白色粒状結晶と暗黒色ガラス質スラグ中に晶出した淡灰色樹状晶の高速定性分析結果をFig.10に示す。A－Rankで検出された元素は鉄（Fe）をはじめとして、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K）、燐（P）、酸素（O）などである。また、B－Rankでチタン（Ti）が検出された。以上の結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値がPhoto.60である。ＳＥ（２次電子像）に１の番号のついた白色粒状結晶は鉄（Fe）と酸素（O）に白色輝点が集中し、100%FeOの定量値が得られた。なお、ヴスタイト粒中には1.2%TiO_2の固溶があって、砂鉄由来の鍛冶原料鉄であったと推定できる。

また、ＳＥ（２次電子像）に２の番号のついた暗黒色ガラス質スラグと、淡灰色繊維状微細結晶は、4.4%SiO_2－9.7%Al_2O_3－4.5%CaO－51.1%FeO組成が得られた。分析は10μmエリアでの測定であるが硅酸分（SiO_2）に誤差が生じてファイヤライトの組成になりきっていない。

⑥ 化学組成分析：Table.２に示す。含鉄部分の分析であり、鍛冶滓成分からはズレたものである。全鉄分（Total Fe）は54.52%に対して、金属鉄（Metallic Fe）14.13%、酸化第１鉄（FeO）16.06%、銹化鉄が多くて酸化第２鉄（Fe_2O_3）39.90%の割合となる。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は少なくて8.45%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）が0.52%と低い。また、二酸化チタン（TiO_2）0.28%バナジウム（V）0.01%、酸化マンガン（MnO）0.05%など脈石成分も少なくて、鉄酸化物の成分系となっている。精錬鍛冶滓の鉄塊成分ともいえる。

(3) NAK－20：含鉄鉄滓（精錬鍛冶滓）

① 肉眼観察：平面が不整台形をした含鉄鉄滓である。含鉄部は3.4×2.3㎝大で、黒銹に覆われて酸化汁を滲ませる。また、含鉄部分の側面に粒状滓や木炭粉を含む酸化物が再結合した部分を含む。約52ｇの小破片である。

② マクロ組織：Photo.46の②に示す。断面の約１/３に金属鉄を遺存させ、0.1～0.5㎜径の気泡と腐食孔を混在させる。金属鉄は、白色針状フェライトと炭化物の析出や、微細パーライトが黒く斑点状となった結節状トルースタイトが認められた。水中冷却を受けた痕跡をもつ。

③ 顕微鏡組織：Photo.28の①～⑨に示す。①は鉄滓部分の組織である。白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒内析出物のFe－Ti化合物、これらの粒間を淡灰色盤状結晶のファイヤライトが

晶出し、これらの基地は暗黒色ガラス質スラグである。②は鉄中の非金属介在物で主体は酸化鉄（FeO）であり、僅かに硫化鉄（FeS）や燐（P_2O_5）分を含む。詳細はＣＭＡの項で述べる。

次に腐食（Etching）したところの金属鉄の組織を③～⑤に示す。③④はマルテンサイトと微細パーライト（Martensite and Pearlite）である。一面に細かい針状または麻の葉状にみえるのがマルテンサイト、淡黒色円盤状に現われたのが微細パーライトで結節状トルースタイトとも呼ばれる組織である。この結節状トルースタイトは、一般にオーステナイトの粒界から発生し、冷却速度が遅くなるにつれ、この結節が大きくなるといわれる。なお、結節状トルースタイトは、炭素鋼を油中に焼入れした場合に生じやすい。油は水に比べて冷却能力が小さいためであって、温度は500～600℃での発生となる。⑤は針状フェライトとマルテンサイトがオーステナイト粒界を境に析出した様相を示す。

④　ビッカース断面硬度：Photo.28の⑥～⑨に示す。⑥⑦は細かい針状もしくは麻の葉状のマルテンサイト組織の硬度測定の圧痕である。硬度値は、705Hv、779Hvと硬質で共析鋼（Ｃ：0.77％）相当の炭素含有量であろう。⑧はオーステナイトの粒界に発生した結節状または円形の結節状トルースタイト（Nodular Troostite）の硬度測定である。値は393Hvであった。また、⑨は白色針状のフェライトと炭化物域の硬度圧痕で、こちらは169Hvと軟質となる。いずれも組織に対応した値であった。マルテンサイト系の組織が発生した背景は、鉄塊が水冷された熱履歴を留めるもので、この場合、一度炉外に引き出されて、500～600℃の温度のところから水中投入となったと想定される。

⑤　ＣＭＡ調査：鉄中の非金属介在物と表皮スラグの２視野の調査である。まず前者の介在物はPhoto.61のＳＥ（２次電子像）にある楕円状で３相を呈する異物の高速定性分析結果をFig.11に示す。Ａ－Rankでの検出元素は、鉄（Fe）、硫黄（S）と、燐（P）に酸素（O）が加わる。また、ナトリウム（Na）の単独検出があった。

この結果の面分析の特性Ｘ線像と、定量分析値がPhoto.61である。ＳＥ（２次電子像）に13の番号のついた茶褐色個所は、白色輝点が鉄（Fe）と燐（P）に集中し、93.1％FeO－10.1％P_2O_5組成の燐酸鉄が同定された。燐系の介在物は通常、鋳鉄中では$Fe-Fe_3C-Fe_3P$の三元系共晶のステダイト（Steadite）として存在するが、今回の塊錬鉄系では燐酸鉄となっている。ＳＥ（２次電子像）の14の番号は、灰白色部分で鉄（Fe）と酸素（O）に白色輝点が集中し、106％FeOの分析値が得られてヴスタイト（FeO）が同定された。更にＳＥの15の番号は、黒色の強い個所であり、ここも鉄（Fe）と酸素（O）に白色輝点が集中する。また定量分析値は、90.6％FeOで酸化鉄を表わす。ヴスタイトの欠落個所で、汚染物質（有機物）の影響があるのかも知れぬ。Totalが92％留まりであった。

次は表皮スラグで、Photo.62のＳＥ（２次電子像）に示す８～12の番号をつけた５種類の鉱物相の高速定性分析結果をFig.12に示す。Ａ－Rankで検出した元素は、鉄（Fe）を中心に、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）、これに燐（P）、硫黄（S）と共に酸化物なので、酸素（O）が加わる。また、Ｂ－Rankはチタン（Ti）であった。この高速定性分析結果の面分析の特性Ｘ線像でみると、８の番号の淡茶褐色多角形結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）に明瞭に白色輝点が集中し、定量分析値をみると、70.4％FeO－24.5％TiO_2－8.2％Al_2O_3組成が得られた。鉱物組成は、イルミナイト（$FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）の混合組成であろう。砂鉄由来の原料

鉄と推定されて、砂鉄特有元素はチタン以外も1.9%V_2O_3が得られている。また、ＳＥの９の番号は、淡灰色木ずれ状結晶で、鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、68.7%FeO－31.1%SiO_2の組成からファイヤライト（２FeO・SiO_2）が同定された。ＳＥの10の番号は、白色粒状結晶で、鉄（Fe）と酸素（O）に白色輝点が集中し、ヴスタイト（FeO）が同定されて、101%FeO定量値が、これを裏付ける。なお、ヴスタイトには2.1%TiO_2を固溶する。更にＳＥの11の番号のつく暗黒色ガラス質スラグには、ガラス質成分（Si＋Al＋K）に白色輝点が集中し、43.2%SiO_2—21.0%Al_2O_3—26.1%K_2Oの定量分析値が得られた。ガラス質であるが24.3%FeOが存在するので微細ファイヤライトが存在するのであろう。最後にＳＥの12の番号は、これも暗黒色スラグに微細羊歯の葉状の結晶を含む個所を10μmのエリアで定量分析値を測定したところ、37.8%SiO_2—13.1%Al_2O_3—12.6%CaO－4.3%K_2O－1.1%Na_2Oの硅酸分と共に、32.1%FeO－1.0%P_2O_5が得られた。ガラス質成分に、ファイヤライト（２FeO・SiO_2）の存在が同定された。この表皮スラグからも砂鉄特有鉱物相の存在が明らかになった。

⑥　化学分析組成：Table. 2 に示す。含鉄部分の分析であり、鉄分多く、脈石成分は低め傾向にある。全鉄分（Total Fe）は60.03%に対して、金属鉄（Metallic Fe）11.31%、酸化第１鉄（FeO）29.20%銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）は多くて37.21%の割合となる。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は低減し12.49%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）が1.37%留まりであった。また、砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は1.51%、バナジウム（V）0.08%など砂鉄系の精錬鍛冶滓を表わす値を含有し、更に、酸化マンガン（MnO）も0.16%が得られている。

(4)　NAK－21：再結合滓

①　肉眼観察：１号炉から５号炉のいずれかの鍛冶炉周辺の作業床面の２次堆積層である。平面が細長い不整半月形をした板形の再結合滓である。上下面は生きており、側面５面が破面である。全体に長軸方向にむかい、やや皿状の断面を示す。浅い窪みの部分に堆積した再結合滓であろう。表面全体は黄褐色の酸化土砂に覆われており、上下２ヶ所に塊状の滓片を含んでいる。

②　マクロ組織：Photo.47の①に示す。断面は鉄滓、鉄塊、黒鉛化木炭、粒状滓、鍛造剥片などが銹化鉄を介して結合されている。

③　顕微鏡組織：Photo.29の①～⑨に示す。①は３層分離型の鍛造剥片である。外層ヘマタイトは小さく波うつがしっかり発生し、中間層ヘマタイトは健全で、内層ヴスタイトは非晶質であった。鍛打作業の後半段階の派生物である。②は白色粒状ヴスタイトとファイヤライトを晶出した鍛冶滓で脈石成分は低めの本場滓であろう。③は黒鉛化木炭で導管も明瞭である。ただし、樹種は広葉樹らしいが木口、柾目、板目のいずれの方向が定かでなくて断定は出来ない。④はヴスタイトとその粒内にFe－Ti化合物を析出し、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、もしくはヘーシナイトを晶出した精錬鍛冶滓がある。更に⑤は淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルと淡灰色板状結晶のファイヤライトを晶出した製錬滓があり、⑥は淡灰白色不定形結晶のマグネタイトを晶出した鍛冶滓がある。また、⑦～⑨は亜共晶組織（C：4.23%以下）の白鋳鉄の痕跡を留めた銹化鉄片が検出された。

以上の如く、鍛冶工房内で取扱われた各種の派生物が内蔵されている。

(5) NAK－22：羽口（中）

① 肉眼観察：外径6.5㎝、内径3.2㎝と肉厚の薄い中型の羽口の先端部の破片である。外径の小さいわりには内径が大きい。整った羽口で、先端の溶損は全体に角度が強く黒色ガラス質に溶融している。胎土は砂質で籾痕が確認された。基地の色調は淡褐色である。

② マクロ組織：Photo.47の②に示す。先端部ガラス質スラグに溶融した個所の検鏡である。断面は2層に分かれ、表層側は気泡が少なく緻密質ガラスに対して、内側は微小気泡を多発したガラス質である。微小鉄粒を含む。

③ 顕微鏡組織：Photo.30の①～③に示す。②③は表層側の溶融ガラス質スラグ中に晶出した白色多角形結晶の微細なマグネタイト結晶である。また、①は暗黒色ガラス質スラグ中に微小金属鉄粒を晶出する。

④ 化学組成分析：Table. 2に示す。胎土中の強熱減量のIg Lossは、5.21％とやや熱影響を受けかけた部分の分析となる。鉄分（Fe_2O_3）はやや高めの5.63％で、塩基性成分（CaO＋MgO）も2.41％と多く、更には酸化アルミニウム（Al_2O_3）17.68％と低めで、軟化点に不利な成分系であった。なお、胎土中への砂鉄の混入は少なくて、二酸化チタン（TiO_2）0.78％、バナジウム（V）0.01％留まりである。

⑤ 耐火度：荷重なしに自重だけで軟化し、崩れる温度は1,320℃であった。前述した土坑出土のNAK－6羽口に比べて、235℃低い耐火度であった。しかし、実用的には、本場作業では支障なく使用されたと推定される。

小　結

廃棄場出土の4.9kgを測る含鉄椀形鍛冶滓は、含鉄部が極低炭素鋼で、塊状の原料鉄と、海綿状鉄は大鍛冶作業中の溶融物であろう。また、鉄滓部分は脈石成分（Ti、V、MnO、CaO＋MgO）を或る一定量（TiO_2：1.23％）を含有し、鉱物組成はヴスタイト粒内にFe－Ti化合物析出する結晶なので精錬鍛冶滓に分類された。

また、含鉄鉄滓の144ｇと52ｇの2点を調査した。こちらは椀形滓の破片の可能性をもち、1つは炭素量が0.7％前後から0.01％以下のバラツキをもち、針状フェライトと炭化物を析出させたベイナイト組織から熱履歴に空冷が想定された。残る1点の金属組織は、マルテンサイトと微細パーライト（結節状トルースタイト）を析出させ、500～600℃からの水中冷却の熱履歴をもつものであった。マルテンサイト域のビッカース断面硬度値が705～779Hvを呈するので炭素量は0.6～0.7％前後が想定された。これら3種の含鉄椀形滓は、含鉄部分を割り出して再生させるまでの大きさの塊ではなくて廃棄も当然と考えられる。

一方、鍛冶工房の作業床面に、2次的に堆積形成された再結合滓は、製錬滓から鍛冶工程で派生する遺物（鍛冶滓破片、白鋳鉄、粒状滓、鍛造剥片）までが内蔵されていた。製錬滓は鍛冶原料鉄に残存したスラグであって奇異な事ではない。

他に羽口の出土があった。胎土成分は鉄分（Fe_2O_3）が5％台と高く、塩基性成分（CaO＋MgO）も2.41％と多くて軟化点には不利となり、更に耐火性を保つ酸化アルミニウム（Al_2O_3）は18％台もやや不足ぎみである。耐火度は1,320℃で、前述したNAK－6羽口よりも235℃の低下となる。本場用羽口が推定された。

３－７、大鍛冶場包含層出土品

(1)　NAK－23：椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面は不整楕円形をした大型（7.5kg）の椀形鍛冶滓である。ほぼ完形品であるが、破面は肩部を中心に４面が数えられ、上面に盛り上がったような滓の側面側にも１面で、合計５面が数えられる。表面の長軸片側は流動状を呈す。全体に紫紅色で酸化雰囲気であったことを示している。裏面は粉炭痕が顕著で、ほぼ全体が粉炭痕に埋め尽くされる。滓は、全体的に密度が粗く気泡も不規則に数多く散在する。ただし比重が大きく、芯部は緻密と予想される。

②　顕微鏡組織：Photo.30の④～⑧に示す。鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイトとその粒内に微細にFe－Ti化合物を析出させ、更に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル、及び淡灰白色多角形結晶のヘーシナイト及び淡灰色盤状結晶のファイヤライト、基地の暗黒色ガラス質スラグなどから構成される。精錬鍛冶滓の晶癖である。

③　ビッカース断面硬度：Photo.30の④に淡灰白色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は787Hvであった。鉄－アルミ化合物のヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）に同定される。

④　ＣＭＡ調査：Photo.63のＳＥ（２次電子像）にある12～13の番号のつく鉱物相の高速定性分析結果のFig.12に示す。A－Rankで検出される元素は、鉄（Fe）をはじめとして、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋K＋Na）と燐（P）、硫黄（S）、酸素（O）などである。また、B－Rankとしてチタン（Ti）が捉えられた。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、定量分析結果がPhoto.63である。ＳＥ（２次電子像）に12の番号のついた白色粒状結晶とその粒内の微小淡茶褐色析出物の10μmエリアからは、白色輝点が鉄（Fe）とチタン（Ti）から検出されて、定量分析値は95.6%FeO－5.7%TiO_2組成が得られ鉱物相はヴスタイト（FeO）が同定された。また、微細析出物はウルボスピネルが推定される。次にＳＥに13の番号のついた淡灰色不定形結晶は、鉄（Fe）と硅素（Si）に白色輝点が集中し、71.6%FeO－31.9%SiO_2組成で、ファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）が同定される。最後にに14の番号のついた暗黒色ガラス質スラグと、その中に微細な針状灰色結晶の10μmエリアでの分析である。白色輝点はガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋K＋Na）と鉄（Fe）に集中し、定量分析値43.3%SiO_2－20.6%Al_2O_3－8.2%CaO－11.0%K_2O－1.2%Na_2Oが得られた。鉱物相はガラス質スラグとファイヤライトが同定される。ＳＥの12で5.7%TiO_2の検出から、砂鉄系原料鉄の精錬鍛冶滓と想定される。

⑤　化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分が多く、脈石成分（Ti、V、MnO、CaO＋MgO）の高めの成分系である。全鉄分（Total Fe）は46.83%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.33%、酸化第１鉄（FeO）28.45%、銹化鉄を含んで酸化第２鉄（Fe_2O_3）が高めの34.87%の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O）は25.80%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を2.32%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）も鍛冶滓としては多くて3.13%、バナジウム（V）0.14%であった。更に酸化マンガン（MnO）は0.34%が含有されていた。成分的にみても精錬鍛冶滓に分類される。

(2)　NAK－24：含鉄椀形鍛冶滓（精錬鍛冶滓）

①　肉眼観察：平面が不整五角形をしたやや大型（2.2kg）の椀形鍛冶滓である。側面３個所と、底面１個所で合計４面の破面をもつ。横断面形がV字形を呈し、裏面の一部は破面となり、この面には１㎝大の木炭が多量に噛み込む。また、裏面は船底状に突出し、工具痕跡らしきのものも認め

られた。また破面は気泡が多く発生し、全体に比重が軽めの滓である。

② マクロ組織：Photo.48の①に示す。断面は、0.2～0.6㎜の点蝕があるも金属鉄の遺存度はよくて、過共析鋼（C：0.77%以上）から亜共晶組成の白鋳鉄（C：4.23%以下）までが混在する。また、表皮スラグも付着していた。

③ 顕微鏡組織：Photo.31の①～⑨に示す。①③は表皮スラグで、鉱物組成は①がウルボスピネル、③はシュードブルーカイト（Pseudobrookite $Fe_2O_3 \cdot TiO_2$）かルチルで製錬滓の名残を留めて、下げ原料鉄の落下と判断される。②は鉄中の非金属介在物で球状化した非晶質硅酸塩で小さい析出物が認められる。詳細はＣＭＡの項で触れる。④⑤は金属鉄を一部形成する亜共晶組成の白鋳鉄である。白い部分はセメンタイト、黒い部分がオーステナイトより変化したパーライト、蜂の巣状の部分はセメンタイトとオーステナイトの共晶のレデブライトである。⑥⑦は過共析鋼でパーライト基地に針状セメンタイトが走る。

④ ビッカース断面硬度：Photo.31の⑧の左側は全面パーライト域での硬度圧痕で254Hv、同じ写真の右側は針状フェライトと炭化物をもつベイナイト域で、ここは225Hv、⑨はパーライト域で267Hvであった。それぞれ、組織に見合った値といえる。

⑤ ＣＭＡ調査：Photo.64のＳＥ（２次電子像）にみられる球状介在物の高速定性分析結果をFig.14に示す。A－Rankで検出される元素は、鉄（Fe）とガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg）、これに燐（P）、酸素（O）などである。また、B－Rankはチタン（Ti）、カリウム（K）がある。

この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果がPhoto.64である。ＳＥ（２次電子像）の15の番号のついた球状ガラス質スラグ中に析出した淡茶褐色片状介在物は、チタン（Ti）に強く白色輝点が集中し、89.0%TiO_2組成が得られるのでルチル（Rutile：TiO_2）が同定される。他に微量の分析値を出す元素があって、6.6%MgO－2.6%Al_2O_3－4.1%FeO－2.6%V_2O_3組成である。正確には、ルチル系の介在物とすべきであろうか。ＳＥの16の番号は、暗黒色ガラス質スラグである。白色輝点はガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋O）に集中し、定量分析値は57.5%SiO_2－15.5%Al_2O_3－12.4%CaO＋3.4%MgO－4.1%K_2O組成であった。非晶質硅酸塩系が同定される。

次は表皮スラグの分析である。65のＳＥ（２次電子像）にある３種の鉱物相の高速定性分析結果をFig.15に示す。A－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）をはじめとしてガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na）と燐（P）、酸素（O）である。また、B－Rankにはチタン（Ti）とマンガン（Mn）が加わる。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析結果がPhoto.65である。ＳＥに17の番号のついた暗黒色ガラス質スラグは、ガラス質（Si＋Al＋Ca＋K）に白色輝点が集中し、定量分析値は46.9%SiO_2－21.6%Al_2O_3－9.9%CaO＋7.5%K_2O－1.2%TiO_2組成が得られる。また、16.8%FeOがあるのは、ガラス中に微細なファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）が網状に析出するためである。ＳＥの18の淡灰色木ずれ状結晶は66.2%FeO－32.5%SiO_2の組成でファイヤライト（$2FeO \cdot SiO_2$）、ＳＥの19の番号は、淡灰白色多角形結晶は、鉄（Fe）、チタン（Ti）アルミニウム（Al）に白色輝点が集中し、66.0%FeO－24.1%TiO_2－12.3%Al_2O_3組成が得られた。こちらは、イルミナイト（$FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（$FeO \cdot Al_2O_3$）の混合組成の可能性が強い。ガラス中のチタン（Ti）分の固溶、イルミナイト系の検出から、砂鉄由来の原料鉄の大鍛冶が想定される。

⑥　化学組成分析：Table. 2に示す。鉄分多く、かつ脈石成分（Ti、V、Mn、CaO＋MgO）を含有する成分系である。すなわち、全鉄分（Total Fe）は45.42%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.33%、酸化第1鉄（FeO）23.23%、銹化鉄含みで酸化第2鉄（Fe_2O_3）38.65%の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は23.54%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を2.94%を含有する。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）2.98%、バナジウム（V）0.14%がある。また、酸化マンガン（MnO）は0.20%あり精錬鍛冶滓に分類される。前述のNAK－23含鉄椀形滓に準じた成分系であった。

⑶　NAK－25：含鉄鉄滓（精錬鍛冶系鉄塊）

①　肉眼観察：平面が不整六角形をした含鉄鉄滓である。表面全体に酸化土砂が覆う。僅かに表皮の剥落した小破面がみられる程度であった。含鉄部分は、強い亀裂が走り金属鉄の残留が予想された。表面に固着する酸化土砂中には鍛冶系の粒状滓や鍛造剥片が認められた。

②　マクロ組織：Photo.48の②に示す。断面は、0.1～0.5㎜の点蝕ピンホールが点在する中に低炭素域から高炭素域の金属鉄が遺存する。

③　顕微鏡組織：Photo.32の①～⑨に示す。①は表皮スラグで鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイトと、その粒内微小Fe－Ti化合物の析出と、淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト、基地の暗黒色ガラス質スラグである。②は鉄中非金属介在物で暗黒色ガラス質スラグである。③は淡黄色微小介在物の硫化鉄（FeS）が検出された。金属鉄は、パーライトとフェライト（Pearlite and Ferrite）から針状フェライトと炭化物のベイナイト域、更には過共析鋼で、一部白鋳鉄化しつつある高炭素域までが混在する。それらの組織を④～⑦に示す。

④　ビッカース断面硬度：Photo.32の⑦～⑨に示す。⑦は炭素含有量の最も低いフェライト基地に少量のパーライト（C：0.01%前後）を析出する個所で、硬度値は113Hv、⑧は全面パーライトの共析鋼（C：0.77%）域で206Hv、⑨は過共析鋼で、極く微量の初析セメンタイト析出個所で253Hvの値が得られた。それぞれ、組織に見合った値である。

⑤　ＣＭＡ調査：表皮スラグと鉄中非金属介在物の２個所の分析を行った。まず、表皮スラグはPhoto.66のＳＥ（２次電子像）に示した白色粒状結晶と、その粒内析出物を中心とした鉱物相の高速定性分析結果がFig.16である。A－Rankの検出元素は、鉄（Fe）をはじめとしてガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K）や酸素（O）であった。また、B－Rankはチタン（Ti）、マンガン（Mn）がある。

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Photo.66である。白色粒状結晶はＳＥ（２次電子像）の７の番号をつけた個所であり、白色輝点は鉄（Fe）と酸素（O）に集中し、ヴスタイト（FeO）が同定される。ヴスタイト粒内には2.1%TiO_2の固溶があった。また、ＳＥの４の番号は、ヴスタイト粒の外縁に析出した淡茶褐色の析出物である。ここからは鉄（Fe）、チタン（Ti）、アルミニウム（Al）などが白色輝点で検出されて87.1%FeO－9.8%TiO_2－4.9%Al_2O_3の定量分析値が得られている。イルミナイト（FeO・TiO_2）、ヘーシナイト（FeO・Al_2O_3）の混合組成であろう。更にＳＥの５の番号は暗黒色ガラス質スラグであって41.1%SiO_2－19.2%Al_2O_3－8.0%CaO－10.8%K_2Oが得られた。なお、微細ファイヤライトの晶出があり、25.3%FeOの値が得られている。ＳＥ（２次電子像）の６の番号は、淡灰色木ずれ状結晶である。定量分析値は44.9%FeO－33.8%SiO_2－13.3%Al_2O_3が得られている。ファイヤライトと予測したが、他

にもガラス質成分が検出されて4.5%CaO－7.1%K_2O加わる。鉄とガラス系の化合物となり、明瞭な鉱物相は決めかねた。

次は鉄中非金属介在物である。Photo.67のＳＥ（２次電子像）にある淡黄褐色で楕円形の介在物の高速定性分析結果がFig.17である。A－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）と硫黄（S）、燐（P）であり、B－Rankでチタン（Ti）があった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像がPhoto.67である。ＳＥ（２次電子像）の２の番号をつけた淡黄褐色楕円形状介在物は鉄（Fe）と硫黄（S）に白色輝点が集中し、84.7%FeO－37.4%S－4.3%TiO_2－2.5%V_2O_3の定量分析結果が得られた。硫化鉄（FeS）が同定されて、かつ、この種の介在物には砂鉄特有成分のチタン（Ti）バナジウム（V）の固溶は少ないのであるが、これが検出された[7]。高温操業の現われであろう。ＳＥの３の番号のついたところは、微かに硫化鉄を取り巻く淡い異物の存在である。白色輝点は燐（P）で認められる。定量分析値は、13.2%FeO－23.5%P_2O_5組成が得られた。鉱物相は$Fe-Fe_3C-Fe_3P$の三元系共晶であるステダイト（Steadite）が同定される。

(3) NAK－26：粗鉄鋌（切鉄？）

① 肉眼観察：平面は長手の不整台形をした切餅状の鉄塊である。長軸端部片側が鏨で切り落とされたような斜めの切断面を持ち、上下面と側面の片側は平らに形成されている。表裏面には、厚く酸化土砂が付着し、これには粉炭や光沢を持つ薄手の鍛造剥片や滓片が含まれる。

② マクロ組織：Photo.49の①に示す。断面は金属鉄が虫食い状に腐食を受けるが極低炭素鋼のフェライト組織から針状フェライトと炭化物を持つ亜共析鋼（C：0.77%以下）まで炭素量のバラツキをもつ延板と判る。

③ 顕微鏡組織：Photo.33の①～⑨に示す。①②は付着酸化土砂に含まれた鍛造剥片である。①はガラス質スラグ中にマグネタイトを晶出する。赤熱鉄素材に酸化防止に粘土汁を塗布した際に派生された剥片、②は外層ヘマタイトは鮮明で中間層のマグネタイト健全で、内層ヴスタイトは非晶質で、３層分離型の鍛打後半段階の派生物となる。また、③は鉄滓屑の付着で本場派生のヴスタイト晶出の鍛冶滓組織であった。④は鉄中の非金属介在物で球状化している。延板としての鍛造比がまだ低めであって展伸されてない。組成はガラス質にファイヤライトが晶出する。詳細は、ＣＭＡの項で述べる。

一方、金属鉄の組織は⑤が白い基地のフェライトで、黒い細い線が網目状に走り、粒界を表わす。⑥はフェライト粒界に少量の黒または層状のパーライトの析出がみえる。また、⑧は白色針状フェライトと炭化物からなるベイナイトが認められた。炭素量に偏析がある延板で、炭素量は0.15%前後で極軟鋼から軟鋼の中間品といえよう。なお、針状フェライトは、ウイッドマンステッテン組織を呈した過熱組織（Over heated Structre）である。該品は、焼きならしの際に必要以上に高温に過熱されたのであろう。現地に放置されたのは、欠陥品としての扱いであろうか。

④ ビッカース断面硬度：Photo.33の⑥～⑨に炭素量の異なる個所での硬度測定の圧痕を示す。⑦はフェライト基地で93.0Hv、⑥はややパーライトの増加した個所で96.0Hv、同じパーライト析出量の⑨は88.0Hv、⑧はパーライトが集中する個所で140Hvであった。⑧⑨はやや軟質気味の硬度値である。過熱組織の表われであろうか。

⑤ ＣＭＡ調査：Photo.68のＳＥ（２次電子像）に示す球状介在物の高速定性分析結果をFig.18に示す。A－Rankで検出された元素は鉄（Fe）を中心にガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K

＋Na)、これに燐（P）と酸素（O）である。また、B－Rankでチタン（Ti）が加わる。

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Photo.68である。ＳＥ（２次電子像）に１の番号のついた個所の白色輝点は鉄（Fe）とガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na ）であり、燐（P）も加わる。定量分析値は49.0%FeO－31.1%SiO_2－10.0%Al_2O_3－5.5%CaO－5.7%K_2Oが得られた。ＳＥにみられる球状介在物の中の白い析出物はヴスタイト（FeO）であり、これに珪酸塩系のガラスで構成された介在物と同定される。

⑥　化学組成分析：Table. 2 に示す。酸化物定量での結果である。全鉄分（Total Fe）は52.90%に対して金属鉄（Metallic Fe）10.76%、酸化第１鉄（FeO）9.78%、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）は高めの49.38%の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）も多くて20.07%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を1.10%含有する。製品化しているので、二酸化チタン（TiO_2）は0.40%と少なく、バナジウム（V）0.03%、酸化マンガン（MnO）0.02%などである。

小　結

大鍛冶場の包含層から出土した調査遺物は椀形鍛冶滓、含鉄鉄滓、粗鉄鋌（切鉄）などである。椀形鍛冶滓は、荒鉄の不純物除去の精錬鍛冶滓であり、含鉄鉄滓の含鉄部分は白鋳鉄や過共析鋼（Ｃ：0.77%以上）の高炭素系から亜共析鋼の低炭素系のものまで含まれるが、大鍛冶場で鍛冶作業で生成されたものばかりで、特別特異な遺物はなかった。ただしNAK－25含鉄鉄滓中の鉄中の非金属介在物の硫化鉄（FeS）中には、砂鉄特有元素のTi、Vの固溶のあったことは注目しておきたい。

３－８、大鍛冶場外出土品

(1)　NAK－27：粗鉄鋌（切鉄？）

①　肉眼観察：平面はバチ形をした厚板状の鉄塊である。全体に平坦気味に成形されているが、表面状態はやや凹凸のあるもので、鉄塊を鍛打して潰し、粗鉄鋌状に加工している。長軸端部の一方は鍛打が甘く、やや不整形である。もう一方の幅広い部分は鏨で斜めに断ち落とされているものの、端部に一部切り残しがあり、そこから折られたような形状を示している。包丁鉄を作る前提として鉄塊を鍛打し、粗鉄鋌を作り、更に鏨で切り分けた上で、鍛打を加える作業段階を想定できる。すなわち、包丁鉄にする前の半製品の可能性をもつ。

②　マクロ組織：Photo.49の②に示す。試料は、バチ状に開いた長軸端部の切り出しである。断面は鉄塊を鍛打で潰し、粗鉄鋌状に加工しているが、内部は十分に鍛接がなされていない。接合部は口を開き銹の進行が認められる。しかし、下げ（脱炭）は、ほぼ完了し極軟鋼化（Ｃ：0.15%以下）している。

③　顕微鏡組織：Photo.34の①～⑨に示す。①は鍛接不十分の接合部の酸化鉄と酸化防止に塗布された粘土汁がガラス化したスラグである。この介在物は鍛錬を加えれば微細に分散し、問題のない素材となりうる。②～⑤は、全面白く、黒い細い線のフェライト粒界のみが一部歪んで繊維状に残る。焼きならし（Normalizing）が完全でなく再加熱前提の半製品と見做される。⑥～⑦は針状組織が局部的に発生している。マルテンサイトが下部ベイナイト（Low Bainite）らしくも見え

るが、極低炭素鋼なので焼ならし不完全の繊維組織とみておきたい。

④　ビッカース断面硬度：Photo.34の⑧は繊維組織、⑨はフェライトが可成り回復した所の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は、前者が149Hv、後者で106Hvであった。ほぼ組織に見合った値である。

⑤　ＣＭＡ調査：Photo.69のＳＥ（２次電子像）に示す白色粒状結晶と、淡灰色木ずれ状結晶及び暗黒色ガラス質スラグの高速定性分析結果をFig.19に示す。Ａ－Rankで検出された元素は、鉄（Fe）とガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K＋Na)、これに燐（P）と酸素（O）が加わる。また、Ｂ－Rankでチタン（Ti）が検出される。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性Ｘ線像と定量分析値をPhoto.69に示す。ＳＥ（２次電子像）に20の番号をつけた白色粒状結晶は、鉄（Fe）と酸素（O）白色輝点が集中し５μmのエリア内での定量分析値は101％FeO－1.3％TiO_2組成が得られた。ヴスタイトが同定されて、砂鉄特有元素のチタン（Ti）の固溶が確認できた。

当試料は、酸化土砂に付着した鍛冶滓の情報であり、粗鉄鋌直接データではない。粗鉄鋌の非金属介在物は酸化鉄とガラス質スラグであって、これからは目新しい情報が得られないのでこの様な結果となった。

⑥　化学組成分析：Table. 2 に示す。酸化物定量からの結果である。全鉄分（Total Fe）は68.43％に対して、金属鉄（Metallic Fe）20.08％、酸化第１鉄（FeO）11.58％、銹化鉄が多くて酸化第２鉄（Fe_2O_3）が56.26％の割合である。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は少なく5.17％であり、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）が0.55％の含有である。鉄滓成分は少なくて、二酸化チタン（TiO_2）0.09％、バナジウム（V）0.01％以下、酸化マンガン（MnO）0.01％であった。酸化土砂の有機物の影響があって、硫黄（S）0.10％、五酸化燐（P_2O_5）0.11％など見掛値は高めであるが、これも実質は下減値となるであろう。

⑵　NAK－28：鉄製品（鉄鍋）

①　肉眼観察：鉄鍋の口縁部破片である。口縁部側が生きており、両側面と下面は破面、右側の表裏面に鋳掛けがなされ、補修品と判る。口唇部は極く僅かに内傾気味である。鋳掛け前の厚みは約３㎜厚で比較的薄作りの鉄鍋である。

②　マクロ組織：Photo.50に示す。鍋本体は金属鉄を残し、塊状黒鉛を析出したまだら鋳鉄（Mottled cast iron）である。鋳掛け部は表裏面に白鋳鉄の当て金でもって補修した痕跡を残す。

③　顕微鏡組織：Photo.35の①に鋳掛け部の両当て金となる亜共晶組成の白鋳鉄と、芯金（鍋本体）のまだら鋳鉄（斑）鋳鉄（Mottled cast iron）の組織を示す。②③は当て金側の白鋳鉄の拡大、④⑤は芯金の鍋本体のまだら鋳鉄の塊状黒鉛の拡大である。また、Photo.36の①～⑨には、鍋本体のまだら鋳鉄の組織を示す。①は研磨のままで腐食（Etching）なしの組織であって、非金属介在物の硫化鉄（FeS）と塊状黒鉛（不完全球状黒鉛）である。また、②～⑦はナイタル腐食（Etching）での組織を提示した。

④　ビッカース断面硬度：Photo.36の⑧と⑨に白鋳鉄中のオーステナイトより変化したパーライト部の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は247Hvと233Hvであった。当初、塊状黒鉛の硬度測定を予定していたが、手違いから目的を達していない。

⑤　ＣＭＡ調査：Photo.70のＳＥ（２次電子像）にある微小黄褐色介在物と半透明異物の高速定性分析結果をFig.20に示す。Ａ－Runkでの検出元素は鉄（Fe)、硫黄（S)、燐（P）である。こ

れを視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値がPhoto.70である。ＳＥ（２次電子像）に22の番号をつけた微小黄褐色介在物は、鉄（Fe）と硫黄（S）に白色輝点が集中し、定量分析値は108%FeO－16.5%S－6.1%P_2O_5－1.1%TiO_2組成が得られた。介在物組成は、硫化鉄（FeS）で、周辺にステダイトの燐（P）の影響が表れたと考えられる。また、当素材は砂鉄由来であり、二酸化チタン（TiO_2）が検出された。次にＳＥの23の番号は、半透明状の介在物で、ここからは、鉄（Fe）と燐（P）に白色輝点が集中し、132.3%FeO－6.9%P_2O_5の定量分析値が得られた。介在物は$Fe-Fe_3C-Fe_3P$ の三元系共晶のステダイト（Steadite）が同定される。なお、当介在物らは小型で、かつ、酸化物定量とした為、誤差を生じて100%以上の数字が表れている。絶対値を読むのではなくて、傾向を察知していただければ幸いである。

⑥　化学組成分析：Table. 2 に示す。試料は鋳掛け部を含めての全体からの酸化物定量である。全鉄分（Total Fe）は70.24% に対して、金属鉄（Metallic Fe）35.46%、酸化第１鉄（FeO）13.22%、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）35.04%の割合である。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は6.37%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を0.31%と少量の含有となる。鉄器の不純物としての脈石成分に低減されたもので二酸化チタン（TiO_2）0.05%、バナジウム（V）0.01%以下、酸化マンガン（MnO）0.01%などである。また、鉄中の非金属介在物に硫化鉄（FeS）やステダイト（$Fe-Fe_3C-Fe_3P$）が検出されたが硫黄（S）0.11%、五酸化燐（P_2O_5）の0.24%が実績値ではなく、土砂からの汚染物質の影響が、かなり効いていると考えられる。

⑶　NAK－29：粒状滓

供試材は、焼土面1より採取したものから、磁着強の大中小極小、磁着弱の大中小極小の合計８点を当てた。

NAK－29－イ－１：4.5㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：無光沢で黒褐色の偏平な一面をもち、歪な球状の粒状滓である。

②　マクロ組織：Photo.37の⑨に示す。断面は不整楕円形状に、0.1～0.5㎜径の気泡を散在させ、その間隙を白色微小析出物が埋める。明瞭な空洞をもたない粒状滓である。気泡をもつ。

③　顕微鏡組織：Photo.37の②～④に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のヴスタイトが大量に晶出する。突起部溶出酸化による粒状滓であろう。

NAK－29－イ－２：2.5㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：黒褐色で無光沢ながら、ほぼきれいな球状を呈する粒状滓である。表面の気泡は見当たらない。

②　マクロ組織：Photo.37の⑩に示す。断面は外縁部の肉厚が薄く、顕微鏡試料としての埋込み途中に割れて半周部のみになった。残存肉厚が薄いうえに、0.1～0.2㎜の気泡が介在するので、割れ易くなっている。

③　顕微鏡組織：Photo.37の⑥～⑧に示す。鉱物組成は淡茶褐色の多角形結晶のウルボスピネルか、マグネタイトが晶出する。磁着強であれば、マグネタイトの筈である。また、磁着弱となるとウルボスピネルとなろう。試料選別に混乱がなければよいのであるが…。

NAK－29－イ－３：1.5㎜ 径粒状滓：磁着強

①　肉眼観察：半光沢質で黒褐色の歪な球状の粒状滓である。表面に気泡を発する。

② マクロ組織：Photo.38の⑨に示す。断面は大きな空洞を抱え込み、また、外殻部にも気泡が肉迫し、一部は表皮を突き抜ける。

③ 顕微鏡組織：Photo.38の②～④に示す。該品も、前述イ－２と同様に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルかマグネタイトである。磁着弱の試料とすべきという雰囲気である。

NAK－29－イ－４：0.8㎜ 径粒状滓：磁着強

① 肉眼観察：無光沢で黒褐色のきれいな球状の粒状滓である。表面に気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.38の⑩に示す。断面の片寄りに0.35㎜の大気泡を一つ抱え、他には0.05㎜の微小気泡を発するが比較的緻密に晶出物をもつ粒状滓である。

③ 顕微鏡組織：Photo.38の⑥～⑧に示す。鉱物組成は、淡灰白色多角形結晶のマグネタイトか、ウルボスピネルを晶出する。磁着強であればマグネタイト、弱であればウルボスピネルとなる。

NAK－29－ロ－１：4.4㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：無光沢の黒褐色で、歪な球状の小さな突起を１ヶ所にもつ粒状滓である。表面に気泡は発生しない。

② マクロ組織：Photo.39の⑨に示す。断面は0.1～0.25㎜前後の気泡を約20点程発するが、全体的にみると緻密質で、白色粒状晶出物が埋める。

③ 顕微鏡組織：：Photo.39の②～④に示す。鉱物組成は、白色粒状結晶のヴスタイトが暗黒色ガラス質スラグに晶出する。この組織で、またこの量であれば、磁着は強の筈と考えられるが、試料は弱で提出された。

NAK－29－ロ－２：2.4㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：黒褐色の光沢質でやや歪な球状の粒状滓である。表面に気泡を発生する。

② マクロ組織Photo.39の⑩に示す。断面は、中央部に空洞はなく、外縁部に0.1～0.4㎜径の気泡を発生し、内部は白色析出物が比較的密に認められる。

③ 顕微鏡組織：Photo.39の⑥～⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のヴスタイトが暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。こちらも磁着度は強であってもおかしくない組織であった。

NAK－29－ロ－３：1.5㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：無光沢で黒褐色の、やや歪な球状の粒状滓である。表面に気泡は見当たらない。

② マクロ組織：Photo.40の②に示す。断面は内部が大きく空洞化し、外殻部を白色晶出物が埋める。

③ 顕微鏡組織：Photo.40の③～⑤に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルもしくはマグネタイトが暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。マグネタイトならば磁着は弱となろう。

NAK－29－ロ－４：0.8㎜ 径粒状滓：磁着弱

① 肉眼観察：無光沢の黒褐色で、きれいな球状の小さな突起を１ヶ所にもつ粒状滓である。表面に気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.１の⑦に示す。断面は、内部が大きく空洞化し、肉厚の薄い外殻状の粒状滓である。小球状であるので外形を保つ。

③ 顕微鏡組織：Photo.40の⑧～⑩に示す。鉱物組成は、淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネルかマグネタイトが暗黒色ガラス質スラグ中に晶出する。該品も磁着弱であればウルボスピネル、

磁着強であればマグネタイトが同定される。

(4) NAK－30：鍛造剥片

供試材は、焼土面1より採取されたもののうち、磁着弱の大中小極小、磁着強の大中小極小の合計8点である。

NAK－30－イ－1：0.20㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏面共に光沢なしの黒褐色で表面は平滑性、裏面はやや凹凸肌をもつ剥片である。気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.40の⑫に示す。断面は、平坦性を保つが、裏面側の凹凸から厚みに不均等さが認められる。槌打ちの片寄りも影響している。

③ 顕微鏡組織：Photo.40の⑬に示す。外層ヘマタイトは、不鮮明ながら点列状にあって、中間層マグネタイトは不明瞭、内層ヴスタイトは凝集化するが僅かに粒状化傾向がある。なお、腐食による間隙が認められた。剥片の基地は埋蔵中の時効から風化をうけていて、王水腐食（Etching）で組織に変化が生じていない。

NAK－30－イ－2：0.14㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で僅かに凹凸を持つ剥片である。気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.41の②に示す。断面は、表裏共に僅かに波打ち、厚みも不均等さが表れて、槌打ちに片寄りが認められた。

③ 顕微鏡組織：Photo.41の③に示す。外層ヘマタイトと中間層マグネタイトは不明瞭で、内層ヴスタイトが全体を占める様にみえる剥片である。内層ヴスタイトは結晶粒が明瞭に認められる。鍛打作業の前半段階の派生物である。

NAK－30－イ－3：0.07㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏面共に黒褐色の無光沢で、表は平滑、裏はやや凹凸を持つ剥片である。表面に気泡は認められない。

② マクロ組織：Photo.41の⑤に示す。断面は、ほぼ平坦度を保つ剥片で、気泡の発生のない剥片である。片側端部に別剥片を2重に付着する。

③ 顕微鏡組織：Photo.41の⑥～⑧に示す。外層ヘマタイトは王水腐食（Etching）で侵されず、中間層マグネタイトは健全で、内層ヴスタイトは凝集気味ながら粒界を留めている。鍛打段階の後半側の派生物である。

NAK－30－イ－4：0.04㎜ 厚み鍛造剥片：磁着強

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で僅かに凹凸を持つ剥片である。表面に気泡の発生は認められない。

② マクロ組織：Photo.41の⑩に示す。断面は、裏面に僅かの凹凸をもつものの、平坦度は保つ剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo.41の⑪～⑬に示す。外層ヘマタイトは不均一に認められ、中間層マグネタイトは健全で、内層ヴスタイトは粗大粒となっている。

NAK－30－ロ－1：0.4㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表裏共に無光沢の黒褐色で僅かに凹凸のある剥片である。表面に気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.42の②に示す。断面は、ほぼ平坦度を保つが、表裏共に鋸の刃状の喰い込みがある。

③ 顕微鏡組織：Photo.42の③～⑤に示す。外層ヘマタイトは点列状に認められるが、中間層マグネタイトは不明瞭で、内層ヴスタイトは粒状化傾向で認められた。王水腐食（Etching）で内層ヴスタイトは、粒界を留めなくなるまで黒変化するのは基地が時効劣化した為であろう。

NAK－30－ロ－2：0.23㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表裏共に黒褐色の無光沢で、表面は平滑性、裏面がやや凹凸質の剥片である。表面に気泡の発生はない。

② マクロ組織：Photo.42の⑦に示す。断面は、表面側が僅かに外彎し、厚みはほぼ均等性を保つ剥片である。層内に気泡はみられない。

③ 顕微鏡組織：Photo.42の⑧～⑩に示す。外層ヘマタイトは線状に連なり、中間層マグネタイトは不明瞭で、内層ヴスタイトは凝集気味であるが裏面側は確かりと粒状を留める。裏面側も再加熱を受けてヘマタイト化する。なお、内層ヴスタイトは王水腐食（Etching）で黒変化して、基地の正常化が窺われた。磁着強でもおかしくない組織であった。

NAK－30－ロ－3：0.1㎜ 厚み鍛造剥片：磁着弱

① 肉眼観察：表裏共に黒褐色の無光沢で、表面は平滑性、裏面がやや凹凸をもつ剥片である。表面に気泡はない。

② マクロ組織：Photo.42の⑫に示す。断面は、僅かに外彎し、厚みは均等性を保つ剥片である。

③ 顕微鏡組織：Photo.42の⑬に示す。外層ヘマタイトは不明瞭であるが、中間層マグネタイトは健全で、内層ヴスタイトは粒状化を呈して王水腐食（Etching）で変化が現われている。こちらも磁着強でおかしくない組織である。

小　結

大鍛冶場外からの出土品である。粗鉄鋌、鉄鍋破片、粒状滓や鍛造剥片を調査した。粗鉄鋌（切鉄）は、下げ処理は十分施されて極軟鋼（C：0.15%以下）となり、粗鉄鋌に形成時の端面は接着不十分個所を留め、かつ、低温加工で局部的に繊維組織を残す。包丁鉄になる前の半製品の状況であった。また、鉄鍋片は、口唇部を含めた破片に鋳掛け補修がなされていた。鍋本体は、塊状黒鉛析出した、まだら鋳鉄でこれを表裏面から亜共晶組成の白鋳鉄でサンドイッチ状に挟み込んでいた。一方、粒状滓はウルボスピネルを晶出する発生初期のものが存在し、鍛造剥片も粒状化内層ヴスタイトを晶出するもので、粗鉄鋌製作に対応する派生物に認定できた。

3－9、大鍛冶炉出土木炭の調査

(1) NAK－31：1号炉検出木炭

① 肉眼観察：大型の環孔材で広葉樹の可能性があるもの31－1、31－3の2片を用いた。両者は炭化が甘く、木取りはミカン割れであろう。

② 木炭の性状

Table.3に示す。埋蔵木炭は、通常酸化土砂に汚染され、固定炭素（F.C）が低く、灰分の多い

傾向を呈する例が多い。今回も固定炭素は純の消炭や木炭であれば85％台であるものが56％台に留まった。また、灰分は２％以下が正常であるところが7.2％と多く、これが原因で発熱量も5,220cal/gと低値となった。本来は7,000cal/g程度は確保できる筈である。なお、揮発分は36.63％とこれも多い。しかし、鉄に対して悪影響を及ぼす硫黄（S）は0.01％と低値であった。

(2) NAK－32：２号炉検出木炭

① 肉眼観察：炭化の甘い中型の環孔材の炭化材である。出土木炭が５ｇ以下の小片なので、同樹種の32－２と32－４を供試材とした。両方共木取りはミカン割りである。

② 性状調査：Table.３に示す。前述した１号木炭に、ほぼ準じた結果となった。灰分7.29％、揮発分37.86％と多く、固定炭素（F.C）は54.85％と少なく、また、発熱量も5,280cal／gと低値であった。

４．まとめ

中原遺跡の大鍛冶場は、19世紀前半の操業である。鍛冶作業は、たたら場で生成された酸性砂鉄系の銑鉄や鉧を原料として錬鉄を製造している。この錬鉄は、銑鉄や鉧の小塊を箱形（幅0.7ｍ×1.2ｍ、深さ0.5～0.6ｍ：１号炉）鍛冶炉内で、木炭でもって強熱し、半溶融状態にして不純物を除去し、成分調整（脱炭を含む）して同時に含有された鉄滓を槌打ちして搾出し、極軟鋼（Ｃ：0.15％以下）の半製品を造り出している。１～４号炉は、下げ・本場の連続作業であった可能性を持ち、これに対応する精錬鍛冶滓が排出され、さらに加熱・鍛打で派生する粒状滓や鍛造剥片が出土した。それらの調査遺物を出土遺構ごとにまとめてTable.５に示している。

中原遺跡の大鍛冶場では、和鉄の製造がなされているが、出土遺物からみて、鍛冶作業の工程を濃厚に追えるのは粗鉄鋌（切鉄）の半製品までであって、包丁鉄製造までの確証は、極めて希薄であった。

注

① 日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』1968　ヴスタイトは450～500Hv、ファイヤライトは600～700Hvの範囲が提示されている。また、ウルボスピネルは硬度値範囲の明記はないが、マグネタイトにチタン（Ti）を固溶するので、600Hv以上であればウルボスピネルと同定している。

② 大澤正己「房総風土記の丘実験試料と発掘試料」『千葉県立房総風土記の丘年報15』（平成３年度）千葉県立房総風土記の丘　1992

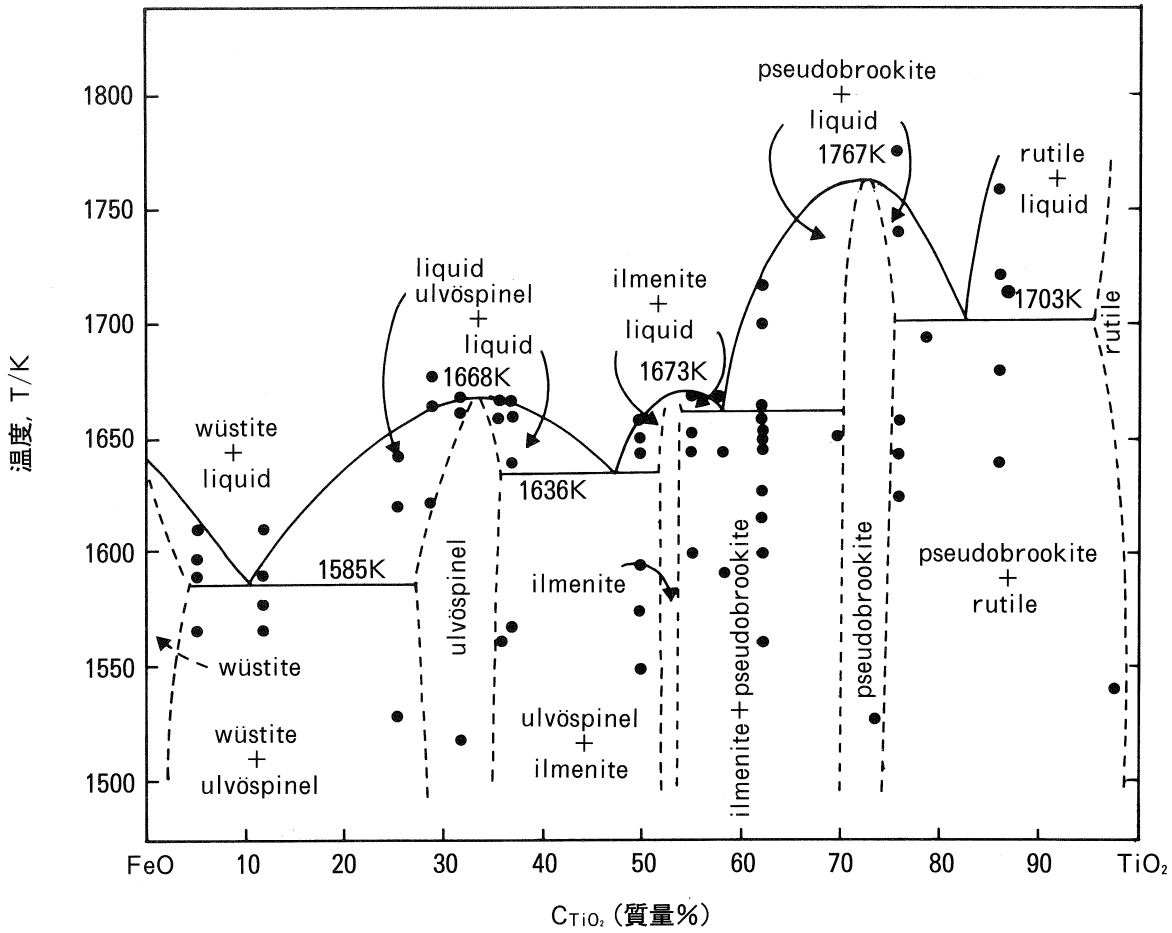
③ 大澤正己「奈良尾遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『奈良尾遺跡』（今宿バイパス関連埋蔵文化財調査報告書第13集）　福岡県教育委員会　1991

④ 大澤正己「板屋Ⅲ遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『板屋Ⅲ遺跡』（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書５）　建設省中国地方建設局・島根県教育委員会　1998

⑤ 鉄の帯磁率を100としたとき、砂鉄構成鉱物の帯磁率指数は、磁鉄鉱（マグネタイト）40.18に対してチタン鉄鉱（イルミナイト$FeO \cdot TiO_2$）は24.70となる。

日本鉄鋼協会編『鉄鋼便覧』丸善　1975

⑥ J.B.Mac chesney and A. Murau：American Mineralogist, 46 (1961), 572



FeO－TiO_2二元平衡状態図

⑦　古代製鉄や近世たたらの非金属介在物で硫化鉄中にTi、Vの固溶は少ないが古代のもので次の例がある。

大澤正己「金津丘陵製鉄遺跡群出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『金津丘陵製鉄遺跡群発掘調査報告書Ⅲ』（分析・考察編）新潟県新津市教育委員会　1998　大入遺跡A地点出土含鉄鉄滓。Photo.94　参照。

⑧　大澤正己「大山遺跡を中心とした埼玉県出土の製鉄関連遺物分析調査」『大山』～埼玉県立がんセンター埋蔵文化財発掘調査報告書～（埼玉県遺跡発掘調査報告書第23集）1979　347頁 Table. 9　参照

Table. 1　鉄関連遺物分析資料一覧表

No.	遺構名	出土位置	遺物名称	重量(g)	磁着度	メタル度	分析コメント	検鏡	CMA	化学分析	X線回折	硬度	マクロ	耐火度	カロリー	放射化	分析位置指定	採取方法	観察	集合写真	モノクロ	Cネガ	実測	前含浸	断面樹脂
NAK-1	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	鍛冶滓	201.8	4	なし	滓部を	○ －	○	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
2	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	炉壁（鍛冶炉）	103.7	3	なし	滓部を中心に	○ －	－	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部2/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
3	大鍛冶場	1号炉－Ⅰ	粒状滓	－	－	なし	粒状滓を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
4	大鍛冶場	1号炉－Ⅰ	鍛造剥片	－	－	なし	鍛造剥片を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
5	大鍛冶場	土坑（ハ－17）	椀形鍛冶滓	4500.0	4	なし	滓部を	○ －	○	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/10	L字状の切断	○		○	○	○	－	－
6	大鍛冶場	土坑（ハ－16）	羽口（中）	1781.0	1	なし	胎土を	－ ○	－	－ ○		－	○	○	－	－	短軸端部1/2	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
7	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	鍛冶滓	27.0	3	なし	滓部を	○ －	○	○ －		○	－	－	－	－	全量使用		○		○	○	○	－	－
8	大鍛冶場	4号炉（ヘ－15）	再結合滓（含鉄）	406.5	5	L（●）	再結合滓を中心に	◎ －	－	－ －		－	○	－	－	－	長軸端部1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
9	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	粒状滓	－	－	なし	粒状滓を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
10	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	鍛造剥片	－	－	なし	鍛造剥片を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
11	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	鍛冶滓	283.2	2	なし	滓部を	○ －	－	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
12	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	含鉄椀形滓	1269.0	4	H（○）	滓部を中心に	◎ －	○	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
13	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	粒状滓	－	－	なし	粒状滓を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
14	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	鍛造剥片	－	－	なし	鍛造剥片を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
15	大鍛冶場	周溝（ロ－6）	椀形鍛冶滓	10000.0	3	なし	滓部を中心に	○ －	○	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/15	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
16	大鍛冶場	周溝（イ－9）	含鉄椀形滓	2400.0	7	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ ○		○	○	－	－	－	長軸端部1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
17	大鍛冶場	周溝（イ－9）	含鉄椀形滓	1770.0	8	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ ○		○	○	－	－	－	長軸端部1/6	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
18	大鍛冶場	廃棄場（ヌ－28）	含鉄椀形滓	3900.0	7	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ ○		○	○	－	－	－	中核部1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
19	大鍛冶場	廃棄場（タ－27）	含鉄鉄滓	143.9	6	L（●）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ －		○	○	－	－	－	長軸端部1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
20	大鍛冶場	廃棄場（レ－24）	含鉄鉄滓	51.6	6	L（●）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ －		○	○	－	－	－	長軸端部1/2	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
21	大鍛冶場	廃棄場（カ－25）	再結合滓	1010.6	5	なし	再結合滓を中心に	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	長軸端部1/10	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
22	大鍛冶場	廃棄場（タ－27）	羽口（中）	210.5	4	なし	胎土を中心に	－ ◎	－	－ ○		－	○	○	－	－	短軸端部1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
23	大鍛冶場		椀形鍛冶滓	7500.0	3	なし	滓部を中心に	○ －	○	○ －		○	－	－	－	－	長軸端部1/10	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
24	大鍛冶場	18N黒色土	含鉄椀形滓	2200.0	4	L（●）	メタル部を中心に	－ ◎	○	○ －		○	○	－	－	－	長軸端部1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
25	大鍛冶場	18N黒色土	含鉄鉄滓	525.9	6	L（●）	メタル部を中心に	－ ◎	○	－ －		○	○	－	－	－	長軸端部1/2	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
26	大鍛冶場	チ－21	粗鉄廷(切鉄？)	743.4	8	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ○	○	－ ○		○	○	－	－	－	長軸端部1/12	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
27		14O黒色土	粗鉄廷(切鉄？)	915.1	8	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ○	○	－ ○		○	○	－	－	－	長軸端部1/15	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
28		15P黒色土	鉄製品（鉄鍋）	80.6	6	特L（☆）	メタル部を中心に	－ ◎	○	－ ○		○	○	－	－	－	長軸端部1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
29	5号建物跡	1号焼土面	粒状滓	－	－	なし	粒状滓を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
30	5号建物跡	1号焼土面	鍛造剥片	－	－	なし	鍛造剥片を	○ －	－	－ －		－	○	－	－	－	必要品	選択	○		○	○	－	－	－
31	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	木炭（5片）	－	－	なし	木炭を	○	－	○		－	－	－	○	－	必要量	選択	○		○	○	－	－	－
32	大鍛冶場	2号炉－Ⅰ	木炭（5片）	－	－	なし	木炭を	○	－	○		－	－	－	○	－	必要量	選択	○		○	○	－	－	－

Table. 2　供試材の化学組成

遺跡名	符号	作業No.	試料	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	* 二酸化珪素 (SiO_2)	* 酸化アルミニウム (Al_2O_3)	* 酸化カルシウム (CaO)	* 酸化マグネシウム (MgO)	* 酸化カリウム (K_2O)	* 酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	耐火度	造滓成分	造滓成分 / Total Fe	TiO_2 / Total Fe
																			#lgloss				Σ※		
中原遺跡	NAK－1	1	鍛冶滓	49.95	0.47	54.37	10.32	18.31	5.97	2.31	0.82	1.08	0.50	0.20	2.85	0.02	0.06	0.20	0.20	0.17	0.002	－	28.99	0.580	0.057
	NAK－2	18	炉壁(鍛冶炉)	17.71	0.26	12.02	11.59	47.58	14.73	3.06	0.97	2.75	1.82	0.17	0.86	0.08	0.02	0.30	#1.67	0.03	0.005	－	70.91	4.004	0.049
	NAK－5	2	椀形鍛冶滓	47.70	0.24	52.13	9.92	20.35	5.88	2.37	0.94	1.13	0.41	0.33	4.00	0.01	0.04	0.27	0.14	0.17	0.002	－	31.08	0.652	0.084
	NAK－6	19	羽口	2.76	0.14	0.82	2.83	61.97	20.07	0.41	0.68	3.08	0.47	0.03	0.73	0.03	0.02	0.05	#8.25	0.01	0.002	1,555	86.68	31.406	0.264
	NAK－7	3	鍛冶滓	41.75	0.26	45.85	8.37	25.32	8.26	3.90	1.27	2.21	0.39	0.44	1.35	0.02	0.04	0.34	0.19	0.05	0.002	－	41.35	0.990	0.032
	NAK－11	4	鍛冶滓	43.27	0.36	50.19	5.57	24.91	7.64	2.96	1.13	2.02	0.65	0.27	2.66	0.01	0.03	0.30	0.10	0.12	0.002	－	39.31	0.908	0.061
	NAK－12	5	椀形滓	48.86	0.19	53.10	10.57	19.20	6.11	2.88	0.96	1.51	0.51	0.30	2.15	0.02	0.06	0.26	0.10	0.11	0.002	－	31.17	0.638	0.044
	NAK－15	6	椀形鍛冶滓	47.99	0.20	45.11	18.20	17.84	4.83	1.76	0.86	1.14	0.20	0.26	3.18	0.03	0.09	0.22	1.01	0.16	0.002	－	26.63	0.555	0.066
	NAK－16	7	含鉄椀形滓	59.38	21.03	16.36	36.65	13.48	3.63	0.42	0.24	0.55	0.28	0.05	0.27	0.01	0.38	0.17	1.47	0.01	0.005	－	18.60	0.313	0.005
	NAK－17	8	含鉄椀形滓	60.08	17.81	11.95	47.16	5.85	1.57	0.31	0.16	0.43	0.12	0.09	0.51	0.01	0.55	0.20	1.38	<0.01	0.008	－	8.44	0.140	0.008
	NAK－18A	9	含鉄椀形滓	50.82	1.47	55.41	8.98	18.96	6.29	2.33	0.95	1.62	0.35	0.12	1.23	0.02	0.02	0.28	0.36	0.05	0.002	－	30.50	0.600	0.024
	NAK－18E	10	含鉄椀形滓 メタル多	59.96	12.06	34.28	30.39	15.08	5.16	1.70	0.72	1.25	0.26	0.29	0.97	0.01	0.04	0.25	0.97	0.04	0.005	－	24.17	0.403	0.016
	NAK－19	11	含鉄鉄滓	54.52	14.13	16.06	39.90	5.94	1.59	0.35	0.17	0.25	0.15	0.05	0.28	0.01	0.17	0.14	1.47	0.01	0.005	－	8.45	0.155	0.005
	NAK－20	12	含鉄鉄滓	60.03	11.31	29.20	37.21	8.15	2.23	1.00	0.37	0.59	0.15	0.16	1.51	0.02	0.12	0.11	1.10	0.08	0.005	－	12.49	0.208	0.025
	NAK－22	20	羽口	5.51	0.18	1.79	5.63	61.96	17.68	1.49	0.92	2.57	1.46	0.05	0.78	0.05	0.01	0.05	#5.21	0.01	0.002	1,320	86.08	15.623	0.142
	NAK－23	13	椀形鍛冶滓	46.83	0.33	28.45	34.87	17.05	5.28	1.52	0.80	0.87	0.28	0.34	3.13	0.02	0.04	0.08	1.78	0.14	0.002	－	25.80	0.551	0.068
	NAK－24	14	含鉄椀形滓	45.42	0.33	23.23	38.65	14.9	4.51	2.17	0.77	0.73	0.46	0.20	2.98	0.04	0.05	0.14	1.88	0.14	0.002	－	23.54	0.518	0.066
	NAK－26	15	粗鉄鋌	52.90	10.76	9.78	49.38	13.81	4.19	0.77	0.33	0.53	0.44	0.02	0.40	0.02	0.24	0.12	0.94	0.03	0.008	－	20.07	0.379	0.008
	NAK－27	16	粗鉄鋌	68.43	20.08	11.58	56.26	3.28	1.04	0.41	0.14	0.18	0.12	0.01	0.09	0.06	0.10	0.11	0.98	<0.01	0.010	－	5.17	0.076	0.001
	NAK－28	17	鉄製品	70.24	35.46	13.22	35.04	4.55	1.18	0.21	0.10	0.15	0.18	0.01	0.05	0.01	0.11	0.24	3.51	<0.01	0.010	－	6.37	0.091	0.001

Table. 3　木炭の性状

				灰分	揮発分	水分	F. C	T. S	灰中. P	発熱量(カロリー)
	NAK－31	21	木炭	7.21	36.63	15.90	56.16	0.01	不足	5,220
	NAK－32	22	木炭	7.29	37.86	54.85	54.85	0.01	不足	5,280

Table. 4　粒状滓・鍛造剥片一覧表

資料番号　NAK－3

番　号	直径(mm)	色　調	形　状　及　び　表　面	磁着	気孔	検　鏡　結　果
3-イ-1	4.3	黒褐色	扁平な一面をもつ、ややいびつな球状。光沢はなし。	弱	あり	大部分ガラス質スラグ、Wustite少量
3-イ-2	2.2	黒褐色	きれいな球状。僅かに光沢あり。	弱	なし	粒内気泡多い U＋W
3-イ-3	1.25	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ヶ所にあり。僅かに光沢あり。	弱	なし	U＋W
3-イ-4	0.45	黒褐色	きれいな球状。砂粒付着。僅かに光沢あり。	弱	なし	大気泡多い U
3-ロ-1	5.0	黒褐色	いびつな球状。小さな突起2ヶ所にあり。光沢はなし。	強	あり	W＋U
3-ロ-2	2.2	黒褐色	ややいびつな球状。光沢はなし。	強	なし	大気泡 UorM？
3-ロ-3	1.25	黒褐色	きれいな球状。小さな突起1ヶ所にあり。光沢あり。	強	なし	気泡中くらい　U＋W
3-ロ-4	0.35	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	強	あり	－

所見：磁着の強弱の差の理由不明瞭

資料番号　NAK－4

番　号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色　調	表	裏	磁着	気孔	検　鏡　結　果
4-イ-1	2.2	1.9	0.16	青灰色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	W粒状痕跡
4-イ-2	2.9	2.0	0.12	黒褐色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	W粒状痕跡
4-イ-3	2.8	2.4	0.06	青灰色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	W粒状痕跡（鍛打中～後半）
4-イ-4	2.3	2.2	0.03	黒褐色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	W粒状
4-ロ-1	3.0	1.0	0.24	青灰色	平滑である。光沢あり。	平滑である。光沢あり。	強	なし	W粒状
4-ロ-2	3.2	1.5	0.18	青灰色	やや凹凸あり。光沢あり。	やや凹凸あり。光沢あり。	強	なし	W粒状
4-ロ-3	2.6	2.2	0.10	青灰色	平滑である。光沢あり。	平滑である。光沢あり。	強	なし	W粒状痕跡
4-ロ-4	3.0	1.4	0.04	青灰色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	W粒状痕跡（厚み変動は鎚打ちの差）

所見：磁着の強弱の差はヴスタイト粒状化により強くなる

資料番号　NAK－9

番　号	直径(mm)	色　調	形　状　及　び　表　面	磁着	気孔	検　鏡　結　果
9-イ-1	3.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起3ヶ所にあり。光沢はなし。	弱	あり	金属鉄微粒子、大部分ガラス質
9-イ-2	2.3	黒褐色	ややいびつな球状。小さな突起1ヶ所にあり。光沢はなし。	弱	あり	気泡少ない、W多量
9-イ-3	1.2	黒褐色	ややきれいな球状。小さな突起1ヶ所にあり。光沢はなし。	弱	なし	周縁空洞 W
9-イ-4	0.65	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	弱	なし	粒内大きく空洞 U
9-ロ-1	2.4	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	強	あり	小気泡 UorM？＋W
9-ロ-2	1.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起1ヶ所にあり。光沢あり。	強	なし	粒内大空洞 UorM？
9-ロ-3	1.0	黒褐色	ややきれいな球状。光沢あり。	強	あり	粒内大空洞 UorM？
9-ロ-4	0.5	黒褐色	きれいな球状。やや光沢あり。	強	あり	粒内大空洞 UorM？

所見：磁着の強弱の差の理由不明瞭

資料番号　NAK－10

番　号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色　調	表	裏	磁着	気孔	検　鏡　結　果
10-イ-1	3.2	1.8	0.18	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	強	なし	内層W弱粒状
10-イ-2	2.0	1.8	0.16	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	強	なし	内層W弱粒状、鉄滓皮か
10-イ-3	2.4	0.8	0.1	青灰色	やや凹凸あり。光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	内層W弱粒状
10-イ-4	2.4	1.8	0.04	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢あり。	強	なし	内層W弱粒状
10-ロ-1	1.6	0.9	0.2	黒褐色	やや凹凸あり。光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	内層W弱粒状
10-ロ-2	1.4	1.4	0.18	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢あり。	弱	なし	内層W弱粒状
10-ロ-3	2.6	1.2	0.17	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	弱	なし	内層W弱粒状

所見：磁着の強弱の差の理由不明瞭

資料番号　13

番　号	直径(mm)	色　調	形　状　及　び　表　面	磁着	気孔	検　鏡　結　果
13-イ-1	3.1	黒褐色	いびつな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢はなし。	強	なし	疑似粒状滓、鉄粒（内側空洞）
13-イ-2	1.6	黒褐色	ややいびつな球状。小さな突起２ヶ所にあり。光沢あり。	強	あり	粒内空洞 W＋U
13-イ-3	1.16	黒褐色	きれいな球状。光沢あり。	強	なし	小気泡のみ W凝集
13-イ-4	0.4	黒褐色	きれいな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢あり。	強	なし	中空洞 UorM？
13-ロ-1	3.6	黒褐色	いびつな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢あり。	弱	あり	金属鉄微粒子、大部分ガラス
13-ロ-2	2.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢なし。	弱	あり	金属鉄微粒子、大部分ガラス
13-ロ-3	1.4	黒褐色	ややいびつな球状。光沢あり。	弱	あり	金属鉄微粒子、大部分ガラス
13-ロ-4	0.9	黒褐色	きれいな球状。やや光沢あり。	弱	あり	金属鉄微粒子、大部分ガラス

所見：酸化防止粘土汁多用

資料番号　14

番　号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色　調	表	裏	磁着	気孔	検　鏡　結　果
14-イ-1	2.6	1.6	0.42	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	疑似剥片、銹化鉄片
14-イ-2	2.9	2.2	0.312	黒褐色	やや凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	ガラス質、W少量
14-イ-3	2.2	1.6	0.19	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	水平方向クラック入り、内層W粒状痕跡
14-イ-4	2.8	1.8	0.17	黒褐色	平滑である。やや光沢あり。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	2層分れ、内層W粒状
14-ロ-1	2.2	2.2	0.28	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	層内風化気味、3層分離型
14-ロ-2	2.4	2.0	0.24	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	強	なし	内層W粒化
14-ロ-3	2.2	2.0	0.22	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	強	なし	層内風化気味、3層分離型
14-ロ-4	5.0	2.6	0.18	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	内層W粒状化

所見：磁着強はWかr密に晶出

資料番号　29

番　号	直径(mm)	色　調	形　状　及　び　表　面	磁着	気孔	検　鏡　結　果
29-イ-1	4.5	黒褐色	扁平な一面をもついびつな球状。光沢はなし。	強	あり	小気泡あるも密、W大量晶出
29-イ-2	2.5	黒褐色	ややきれいな球状。光沢はなし。	強	なし	大空洞 UorM？
29-イ-3	1.5	黒褐色	いびつな球状。やや光沢あり。	強	あり	大空洞 UorM？
29-イ-4	0.8	黒褐色	きれいな球状。光沢なし。	強	なし	大空洞 U大量
29-ロ-1	4.4	黒褐色	いびつな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢なし。	弱	なし	空洞なく密 W大量晶出
29-ロ-2	2.4	黒褐色	ややいびつな球状。やや光沢あり。	弱	あり	周縁小中気泡 W大量晶出
29-ロ-3	1.5	黒褐色	ややいびつな球状。光沢はなし。	弱	なし	大空洞 U
29-ロ-4	0.8	黒褐色	きれいな球状。小さな突起１ヶ所にあり。光沢はなし。	弱	なし	大空洞 U

所見：磁着の強弱の差の理由不明瞭

資料番号　30

番　号	長軸(mm)	短軸(mm)	厚さ(mm)	色　調	表	裏	磁着	気孔	検　鏡　結　果
30-イ-1	2.4	1.8	0.20	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	3層分散型
30-イ-2	2.3	1.2	0.14	黒褐色	凹凸あり。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	内層W粒状化
30-イ-3	3.4	1.6	0.07	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	内層W凝集
30-イ-4	2.0	1.4	0.04	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	強	なし	内層W痕跡
30-ロ-1	3.9	1.8	0.4	黒褐色	平滑である。光沢なし。	平滑である。光沢なし。	弱	なし	内層W弱粒状化
30-ロ-2	3.8	1.6	0.23	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	内層W弱粒状化
30-ロ-3	2.0	1.8	0.1	黒褐色	平滑である。光沢なし。	やや凹凸あり。光沢なし。	弱	なし	内層W弱粒状化

所見：磁着の強弱の差の理由不明瞭

Table. 5　中原遺跡出土遺物の調査結果のまとめ

No.	遺構名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	化学組成								所見
						Total Fe	Fe_2O_3	塩基性成分	TiO_2	V	MnO	ガラス質成分	Cu	
NAK-1	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	鍛冶滓	19C前後	W（含Ti）＋U	49.95	10.32	3.13	2.85	0.17	0.20	28.99	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-2	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	炉壁（鍛冶炉）	19C前後	F＋H	17.71	11.59	4.03	0.86	0.03	0.17	70.91	0.005	粘土溶融物は高温化傾向
NAK-3	大鍛冶場	1号炉－Ⅰ	粒状滓	19C前後	U＋W系（別紙）	－	－	－	－	－	－	－	－	U検出から砂鉄系
NAK-4	大鍛冶場	1号炉－Ⅰ	鍛造剥片	19C前後	内層W粒状痕跡（別紙）	－	－	－	－	－	－	－	－	鍛打は前半～後半あり
NAK-5	大鍛冶場	土坑（ハ－17）	椀形鍛冶滓	19C前後	U＋W（含Ti）	47.70	9.92	3.31	4.00	0.17	0.33	31.08	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-6	大鍛冶場	土坑（ハ－16）	羽口（中）	19C前後	セリナイト＋石英	2.76	2.83	1.09	0.73	0.01	0.03	86.68	0.002	耐火度1555℃、低温溶融物（Fe, Ca＋Mg）少ない傾向
NAK-7	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	鍛冶滓	19C前後	H＋F	41.75	8.37	5.17	1.35	0.05	0.44	41.35	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-8	大鍛冶場	4号炉（ヘ－15）	再結合滓（含鉄）	19C前後	粒状滓＋鍛造剥片、白鋳鉄	－	－	－	－	－	－	－	－	作業段階前半、（W粒状傾向）、下げ・本場試料混在
NAK-9	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	粒状滓	19C前後	大部分粒内空洞化傾向 U	－	－	－	－	－	－	－	－	酸化防止粘土汁使用の痕跡あり
NAK-10	大鍛冶場	4号炉（ホ－15）	鍛造剥片	19C前後	内層W弱粒状化	－	－	－	－	－	－	－	－	鍛打中盤段階
NAK-11	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	鍛冶滓	19C前後	U＋W（含Ti）	43.27	5.57	4.09	2.66	0.12	0.27	39.31	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-12	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	含鉄椀形滓	19C前後	W（含Ti）	48.86	10.57	3.84	2.15	0.11	0.30	31.17	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-13	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	粒状滓	19C前後	W晶出、ガラス質	－	－	－	－	－	－	－	－	酸化防止粘土汁多用か
NAK-14	大鍛冶場	2号炉（ヘ－12）	鍛造剥片	19C前後	3層分離型傾向	－	－	－	－	－	－	－	－	作業工程後半傾向
NAK-15	大鍛冶場	周溝（ロ－6）	椀形鍛冶滓	19C前後	W＋F（Ti析出物なし）	47.99	18.20	2.62	3.18	0.16	0.26	26.63	0.002	精錬鍛冶滓
NAK-16	大鍛冶場	周溝（イ－9）	含鉄椀形滓	19C前後	高・低〔C〕域混在、ベイナイト	59.38	36.65	0.66	0.27	0.01	0.05	18.60	0.005	FeSあり、20mm以上の鍛冶原料の落下
NAK-17	大鍛冶場	周溝（イ－9）	含鉄椀形滓	19C前後	過共析鋼、表皮スラグTiN:窒化チタン含有	60.08	47.16	0.47	0.51	＜0.01	0.09	8.44	0.008	20mm以上の鍛冶原料の落下、高温操業スラグTiN：製錬系
NAK-18A	大鍛冶場	廃棄場（ヌ－28）	含鉄椀形滓	19C前後	Ferrite、W（含Ti）	50.82	8.98	3.28	1.23	0.05	0.12	30.50	0.002	低炭素鋼の使用、精錬鍛冶
NAK-18B	大鍛冶場	廃棄場（ヌ－28）	含鉄鉄滓 メタル多い	19C前後	同上	59.96	30.39	2.42	0.97	0.04	0.29	24.17	0.005	低炭素鋼の使用、精錬鍛冶
NAK-19	大鍛冶場	廃棄場（タ－27）	含鉄鉄滓	19C前後	高・低〔C〕域混在、W、剥片付着	54.52	39.90	0.52	0.28	0.01	0.05	8.45	0.005	精錬鍛冶系鉄塊
NAK-20	大鍛冶場	廃棄場（レ－24）	含鉄鉄滓	19C前後	マルテンサイトと微細パーライト、W（含Ti）	60.03	37.21	1.37	1.51	0.08	0.16	12.49	0.005	下げ作業時の冷却履歴を持つ滓
NAK-21	大鍛冶場	廃棄場（カ－25）	再結合滓	19C前後	剥片、W、W（含Ti）、U、M、白鋳鉄	－	－	－	－	－	－	－	－	製錬～鍛冶工程までの派生遺物を含む
NAK-22	大鍛冶場	廃棄場（タ－27）	羽口	19C前後	ガラス質＋M	5.51	5.63	2.41	0.78	0.01	0.05	86.08	0.002	耐火度1320℃、本場作業の鍛冶羽口の可能性あり
NAK-23	大鍛冶場		椀形鍛冶滓	19C前後	W（含Ti）＋U	46.83	34.87	2.32	3.13	0.14	0.34	25.80	0.002	精錬鍛冶滓（下げ）
NAK-24	大鍛冶場	18N黒色土	含鉄椀形滓	19C前後	白鋳鉄＋過共析鋼、U、P	45.42	38.65	2.94	2.98	0.14	0.20	23.54	0.002	精錬鍛冶滓（下げ）
NAK-25	大鍛冶場	18N黒色土	含鉄鉄滓	19C前後	亜共析鋼～過共析鋼、W（含Ti）	－	－	－	－	－	－	－	－	精錬鍛冶系鉄塊
NAK-26	大鍛冶場	チ－21	粗鉄鋌（切鉄？）	19C前後	亜共析鋼（過熱組織）W、剥片	52.90	49.38	1.10	0.40	0.03	0.02	20.07	0.008	再加熱の痕跡、半製品？
NAK-27		14O黒色土	粗鉄鋌（切鉄？）	19C前後	亜共析鋼　急冷：局部繊維組織	68.43	56.26	0.55	0.09	＜0.01	0.01	5.17	0.010	低温加工、半製品と認定
NAK-28		15P黒色土	鉄製品（鉄鍋）	19C前後	まだら鋳鉄	70.24	35.04	0.31	0.05	＜0.01	0.01	6.37	0.010	日常時使用品か、直接素材でない
NAK-29	5号建物跡	1号焼土面	粒状滓	19C前後	U晶出5点、W3点晶出	－	－	－	－	－	－	－	－	鍛打の初期段階の派生物（NAK-29・30連続作業の可能性）
NAK-30	5号建物跡	1号焼土面	鍛造剥片	19C前後	内層W弱粒状化、鍛打後段階	－	－	－	－	－	－	－	－	粒状滓の発生後の鍛打初期派生物か？
NAK-31	大鍛冶場	1号炉－Ⅱ	木炭	19C前後	灰分7.21%、5220Cal	－	－	－	－	－	－	－	－	防湿用木炭、黒炭（たたらの燃料炭）の転用
NAK-32	大鍛冶場	2号炉－Ⅰ	木炭	19C前後	灰分7.29%、5280Cal	－	－	－	－	－	－	－	－	防湿用木炭、黒炭（たたらの燃料炭）の転用

W：Wustite（FeO）．W（Ti含）：（Fe-Ti：2FeO・TiO_2）．H：Hercynite（FeO・Al_2O_3）．M：Magnetite（Fe_3O_4）．P：Pseudobrookite（Fe_2O_3・TiO_2）

①NAK-1
精錬鍛冶滓

①×200　硬度圧痕
ウルボスピネル：792Hv
②×100　③×400
ヴスタイト(Ti含)＋ウルボスピネル

②NAK-2
炉壁(鍛冶炉)

④×400
スラグ中の微小析出物
⑤×100　⑥×400
ファイヤライト＋ヘーシナイト
⑦×100　マグネタイト
⑧×200　硬度圧痕
マグネタイト：520Hv

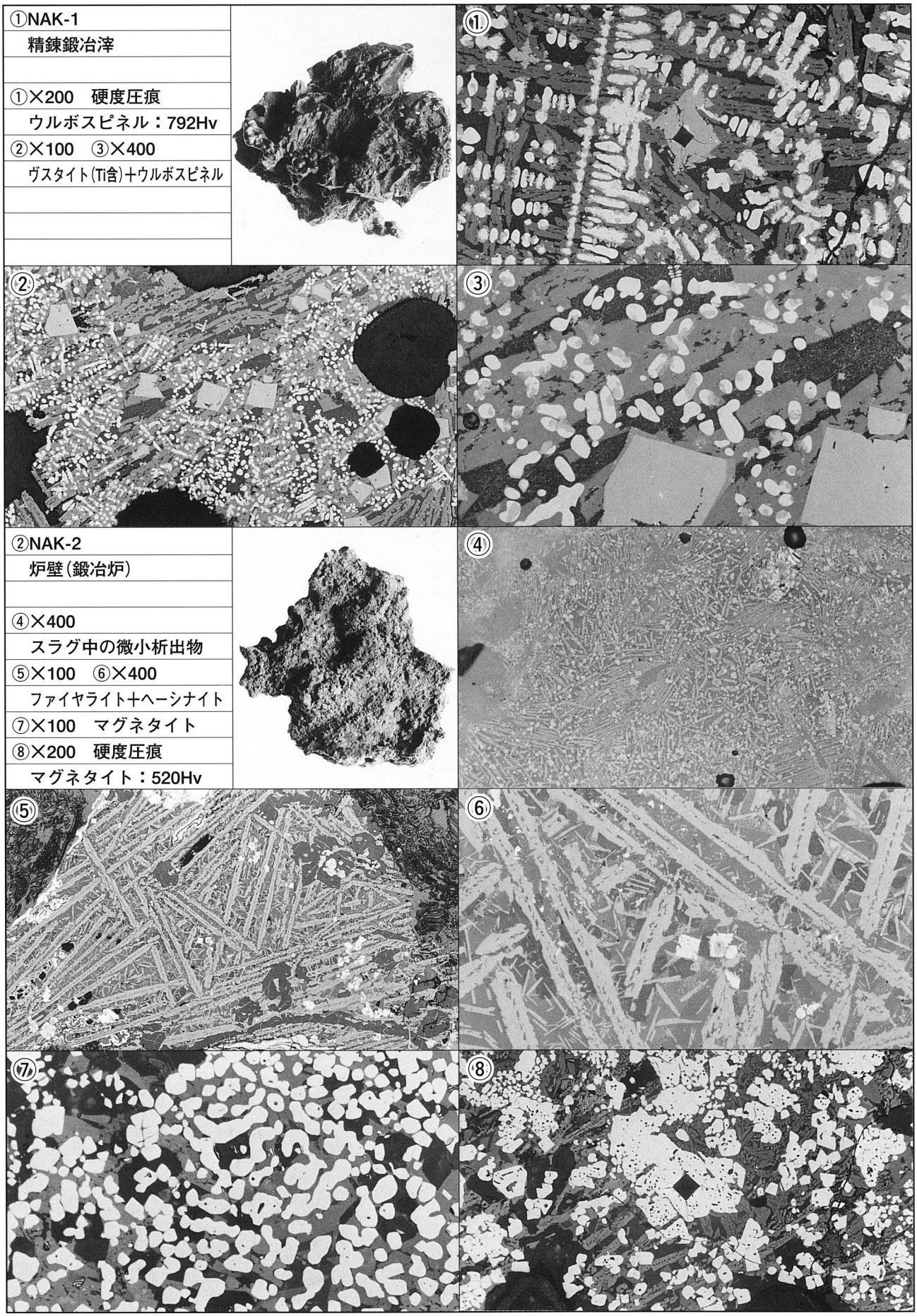


Photo.1　鍛冶滓と炉壁の顕微鏡組織

③NAK-3-イ-1
粒状滓
4.3mm径、磁着弱

①×3　外観写真
⑨×20　マクロ組織
（縮小：×0.73）
②×50　③×100　④×400
大部分ガラス質スラグ
極く微量ヴスタイト晶出

④NAK-3-イ-2
粒状滓
2.2mm径、磁着弱

⑤×3　外観写真
⑩×20　マクロ組織
（縮小：0.73）
⑥×50　⑦×100　⑧×400
ウルボスピネル＋ヴスタイト

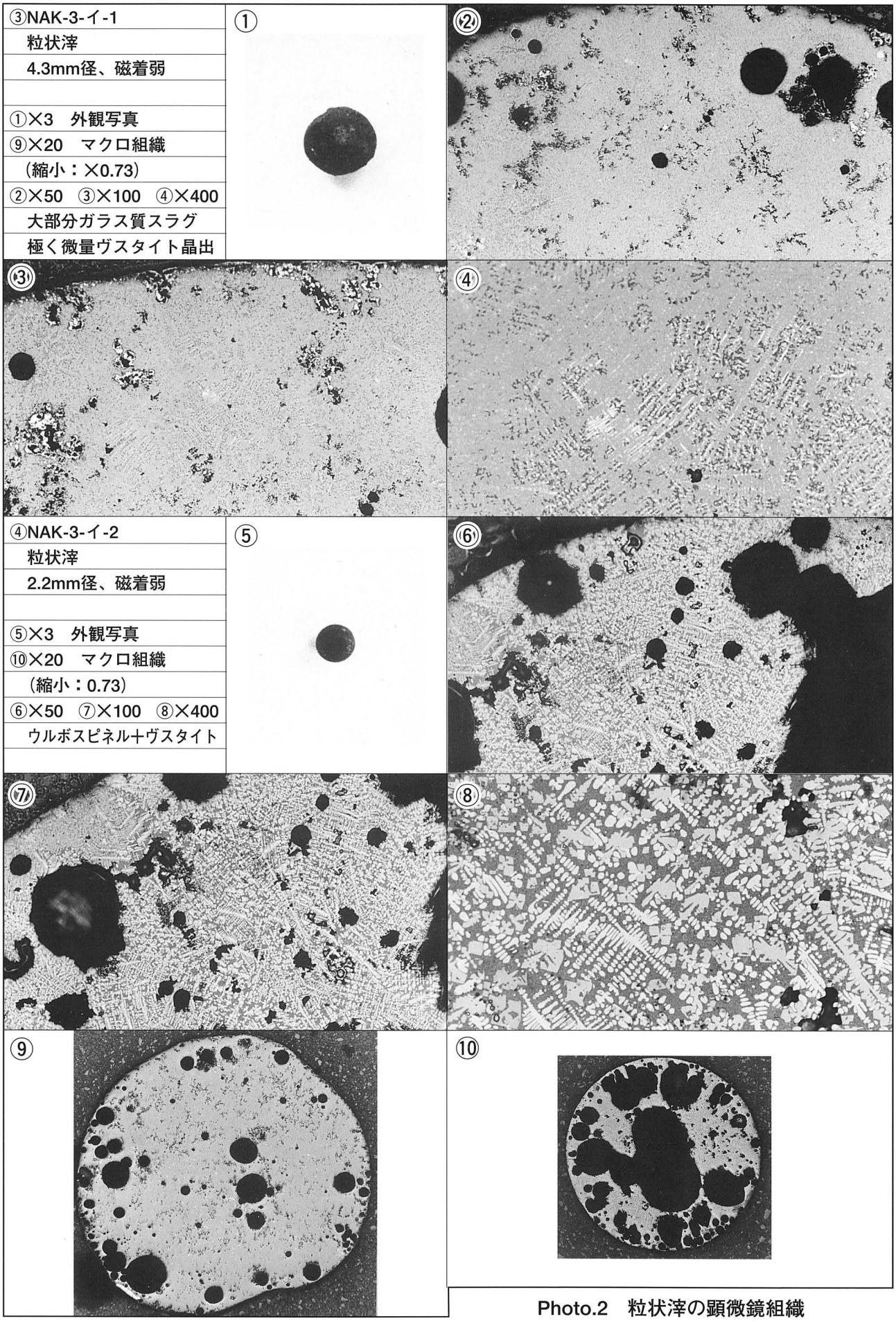


Photo.2　粒状滓の顕微鏡組織

⑤NAK-3-イ-3
粒状滓
1.25mm径、磁着弱

①×3　外観写真
⑨×20　マクロ組織

②×50　③×100　④×400
ウルボスピネル＋ヴスタイト
（外と内の差）

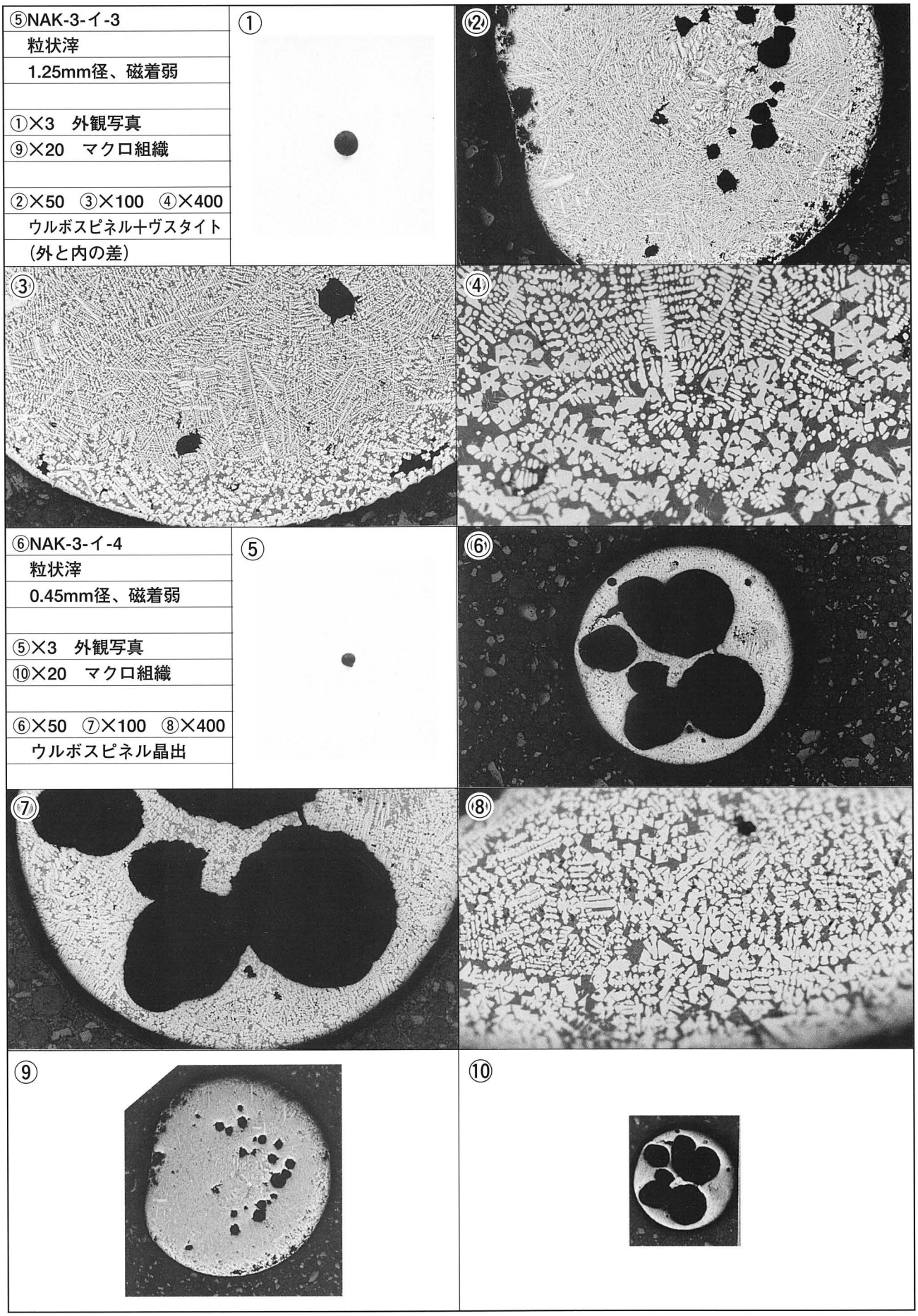


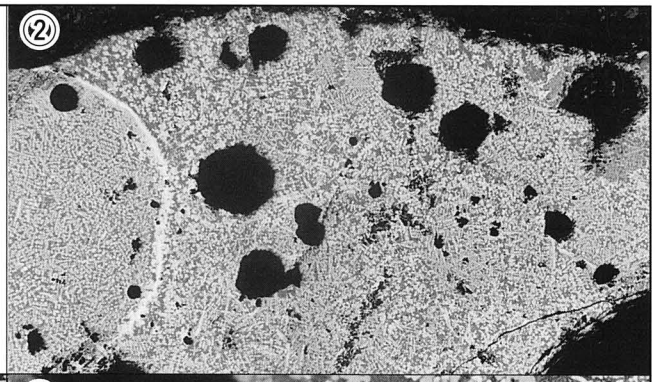
Photo.3　粒状滓の顕微鏡組織

⑦NAK-3-ロ-1
粒状滓
5.0mm径、磁着強

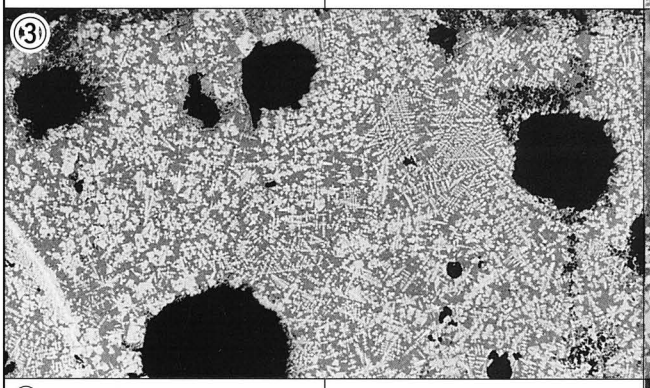
①×3　外観写真
⑨×20　マクロ組織
（縮小：×0.75）
②×50　③×100　④×400
ウルボスピネル＋ヴスタイト

①

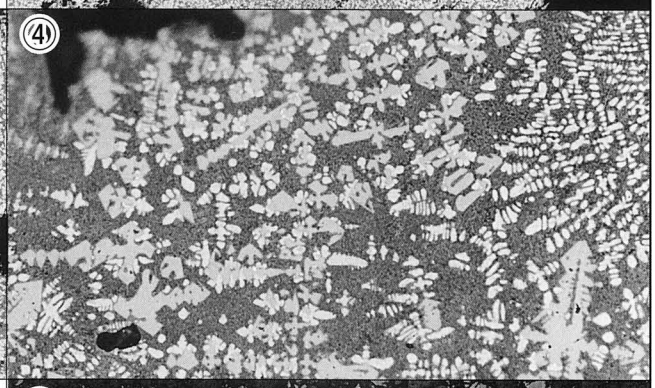
②



③



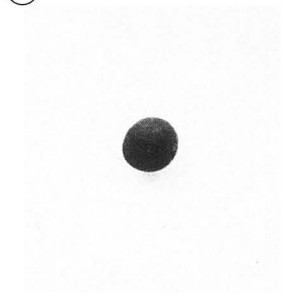
④



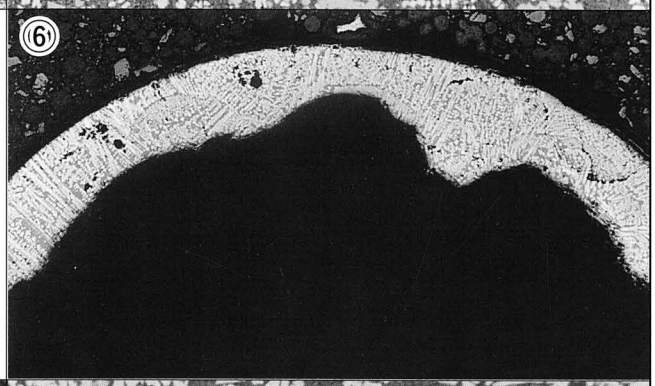
⑧NAK-3-ロ-2
粒状滓
2.2mm径、磁着強

⑤×3　外観写真
⑩×20　マクロ組織
（縮小：0.75）
⑥×50　⑦×100　⑧×400
ウルボスピネル
or マグネタイト

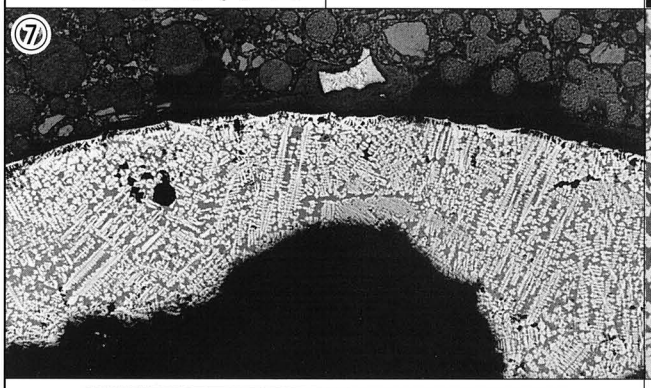
⑤



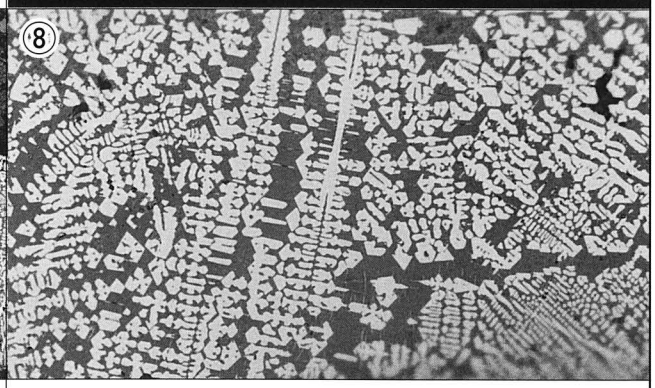
⑥



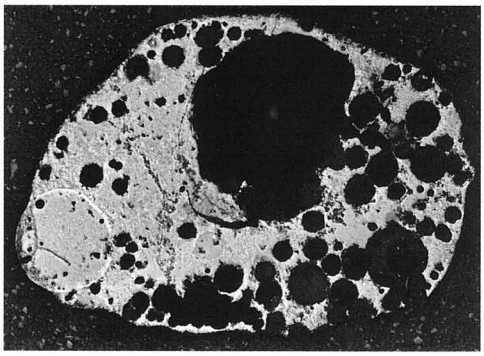
⑦



⑧



⑨



⑩

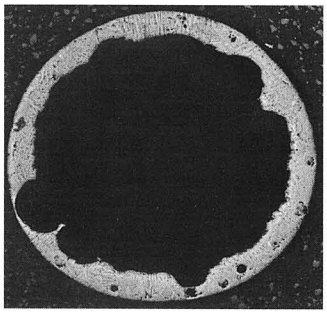
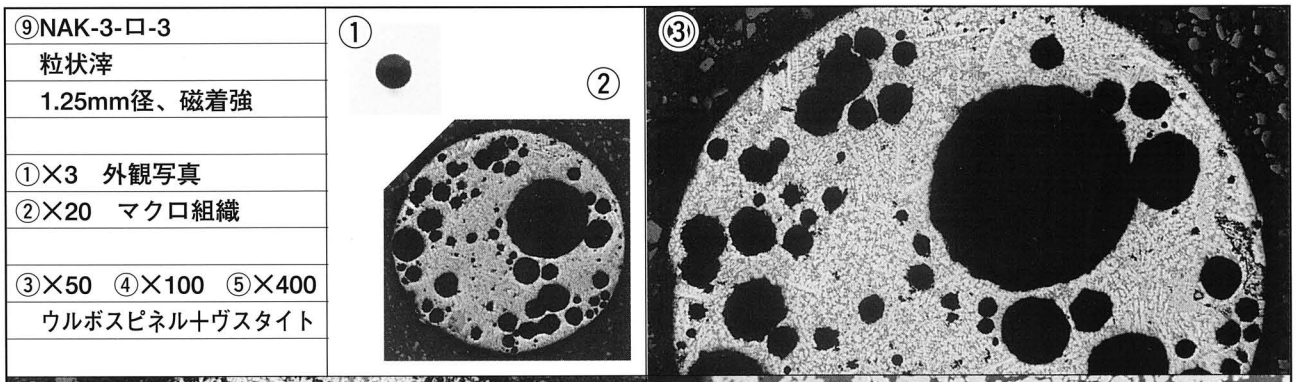


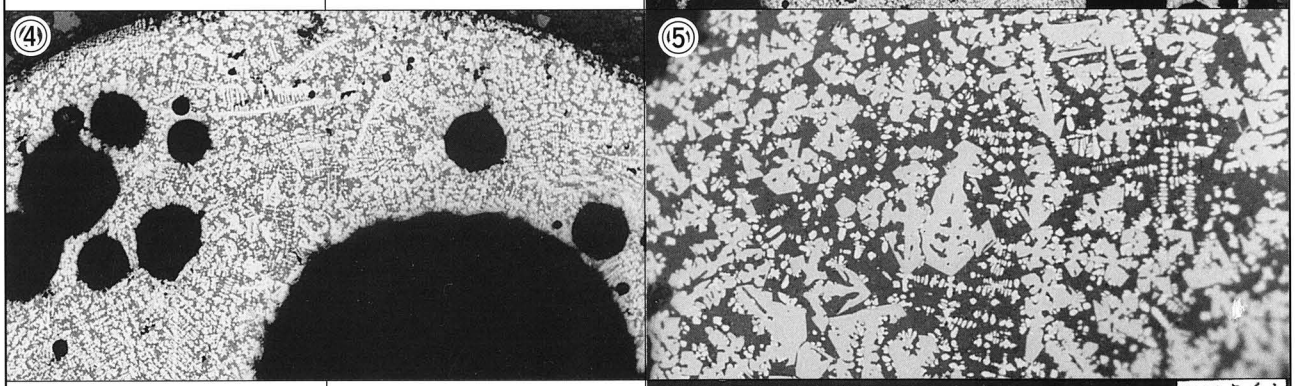
Photo.4　粒状滓の顕微鏡組織

⑨NAK-3-ロ-3
粒状滓
1.25mm径、磁着強

①×3　外観写真
②×20　マクロ組織

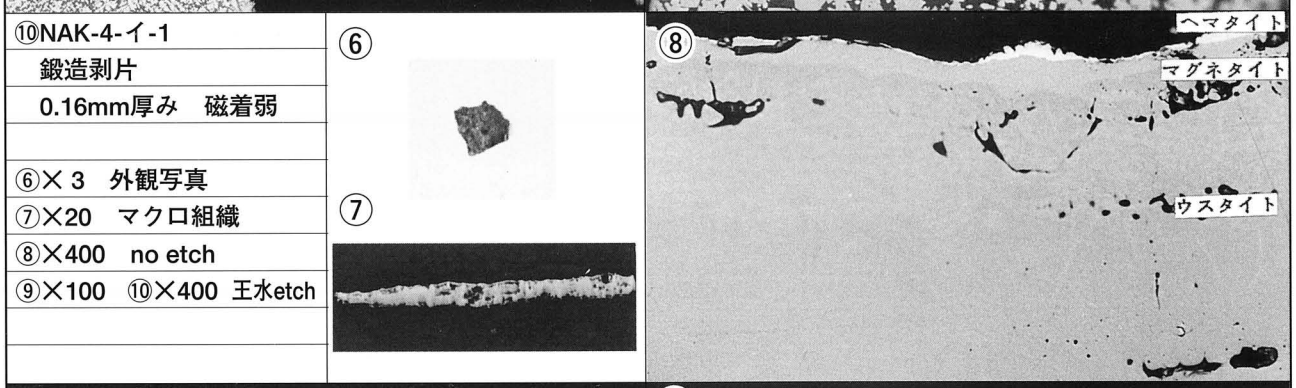
③×50　④×100　⑤×400
ウルボスピネル＋ヴスタイト

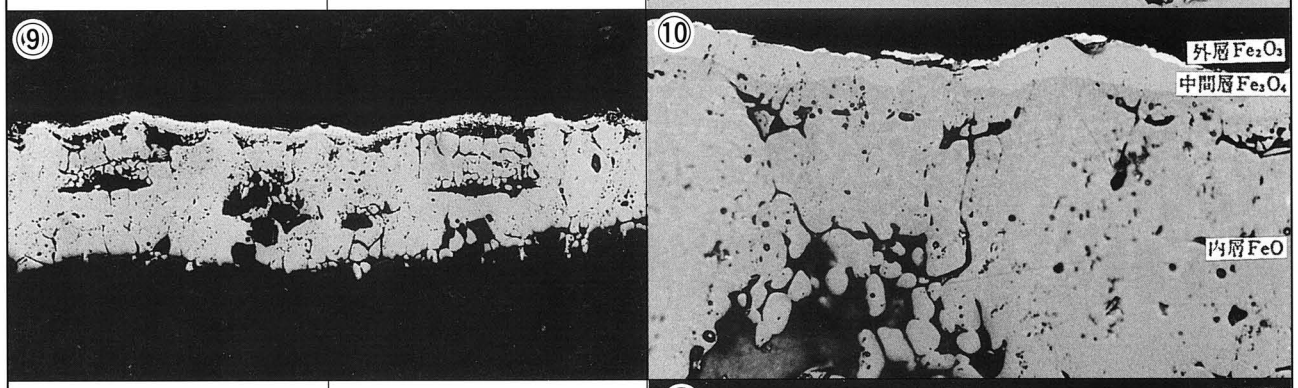




⑩NAK-4-イ-1
鍛造剥片
0.16mm厚み　磁着弱

⑥×３　外観写真
⑦×20　マクロ組織
⑧×400　no etch
⑨×100　⑩×400　王水etch





⑪NAK-4-イ-2
鍛造剥片
0.12mm厚み　磁着弱

⑪×３　外観写真
⑫×20　マクロ組織
⑬×400　王水etch

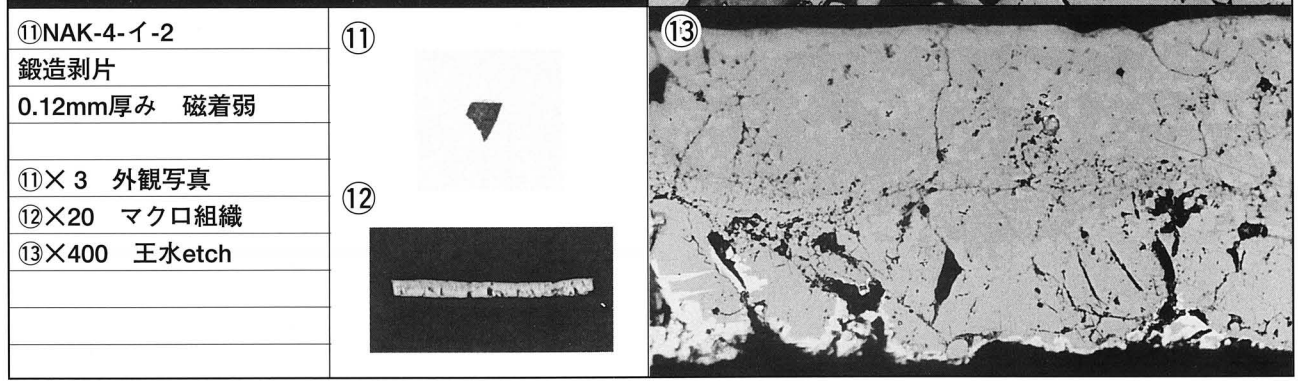
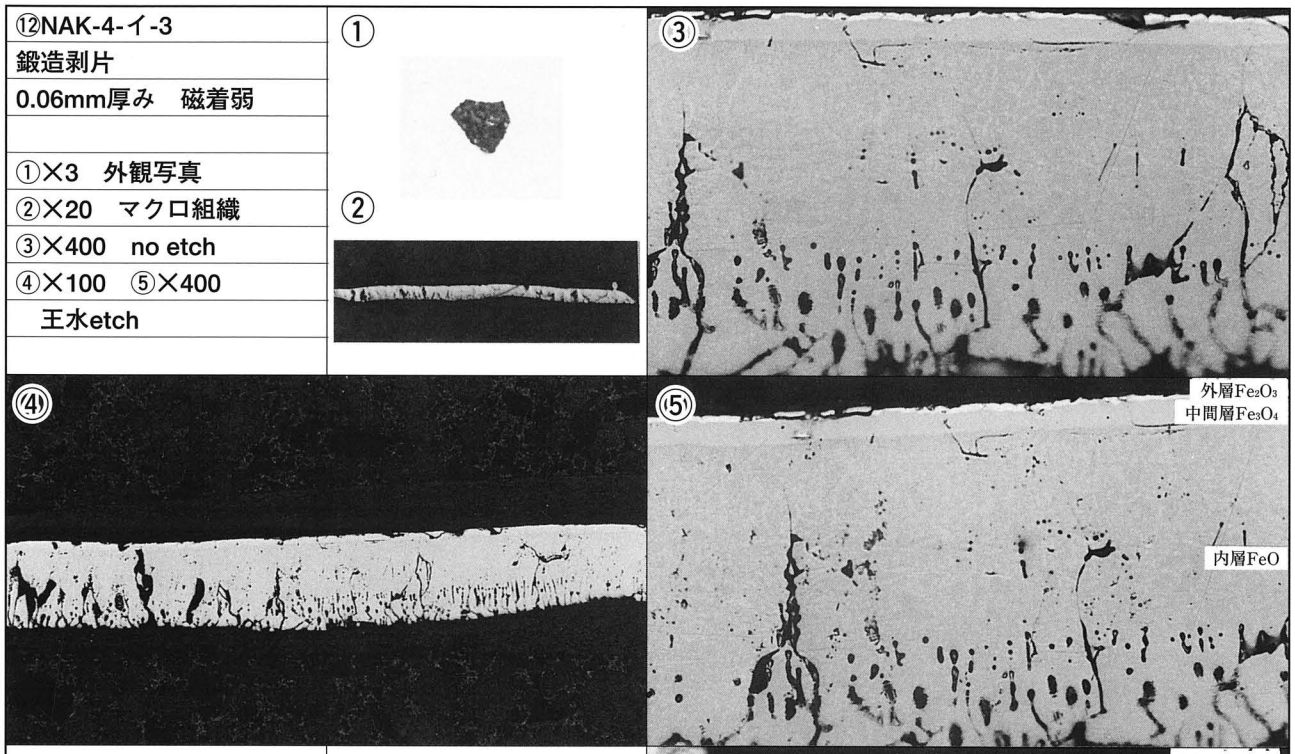


Photo.5　粒状滓、鍛造剥片の顕微鏡組織

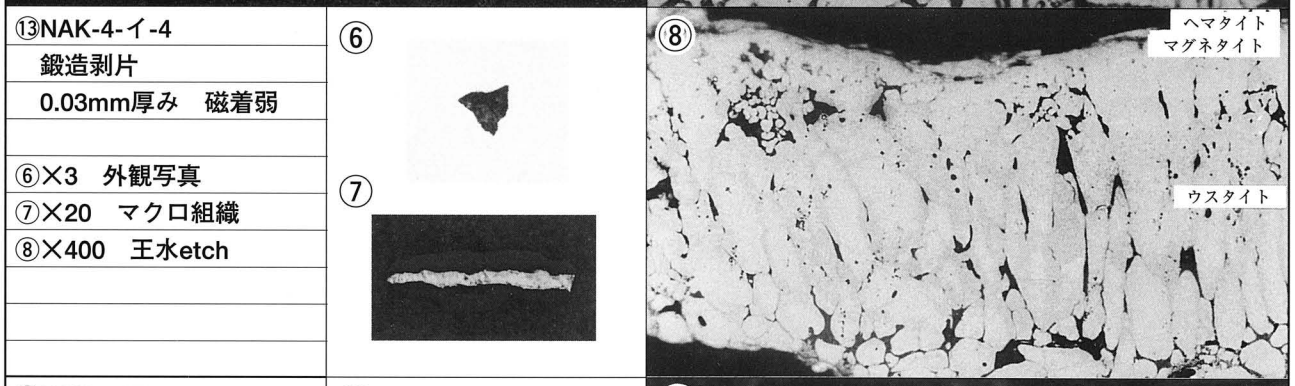
⑫NAK-4-イ-3
鍛造剥片
0.06mm厚み　磁着弱

①×3　外観写真
②×20　マクロ組織
③×400　no etch
④×100　⑤×400
王水etch



⑬NAK-4-イ-4
鍛造剥片
0.03mm厚み　磁着弱

⑥×3　外観写真
⑦×20　マクロ組織
⑧×400　王水etch



⑭NAK-4-ロ-1
鍛造剥片
0.24mm厚み　磁着強

⑨×3　外観写真
⑩×20　マクロ組織
⑭×400　no etch
⑫×100　⑬×400 王水etch

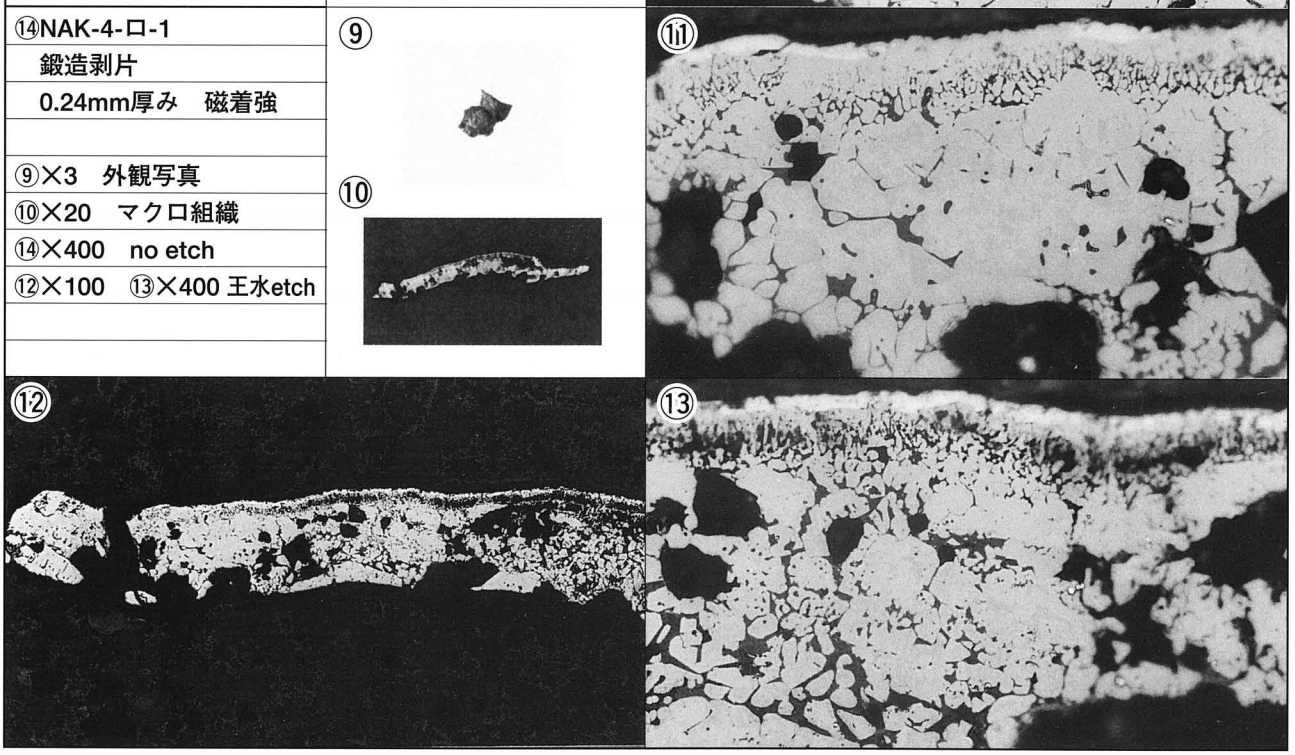


Photo.6　鍛造剥片の顕微鏡組織