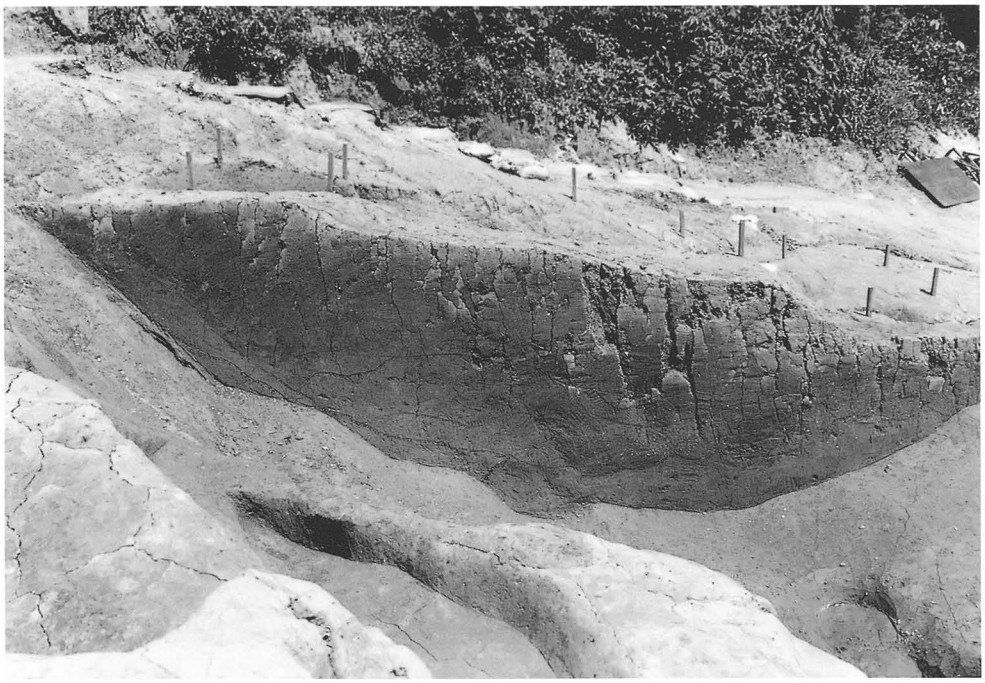
図版24



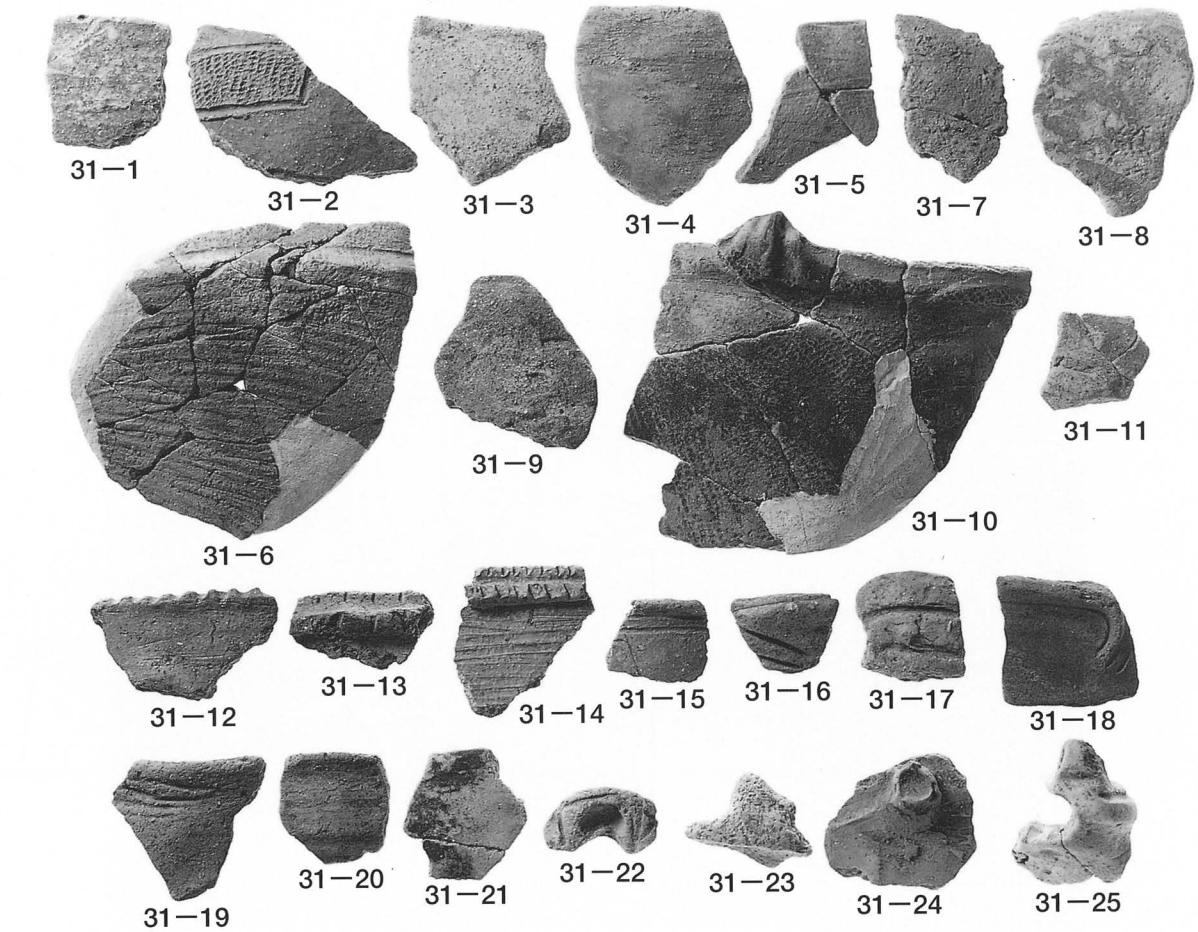
Ⅱ区
加工段土層断面
（西から）

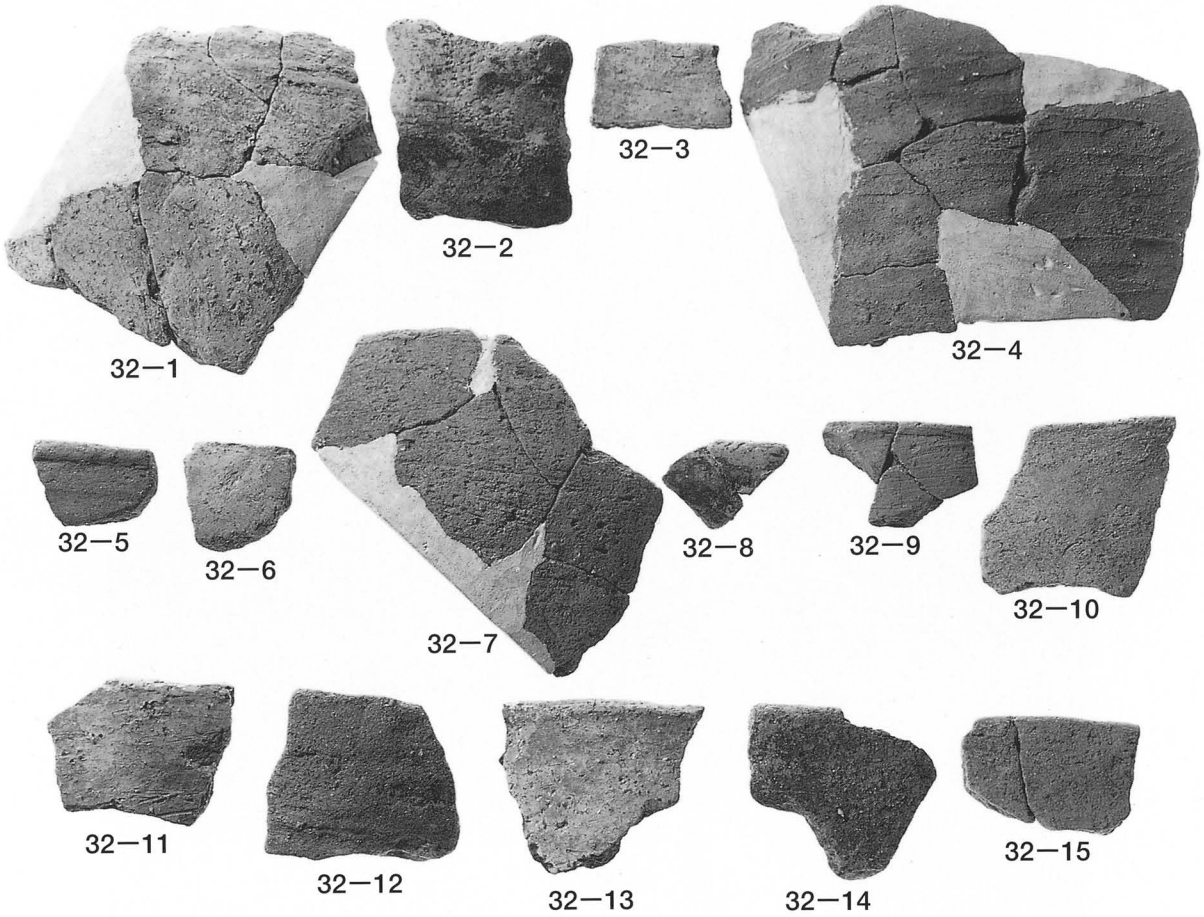
Ⅱ区
SK04
（西から）

Ⅱ区
SP01
（東から）

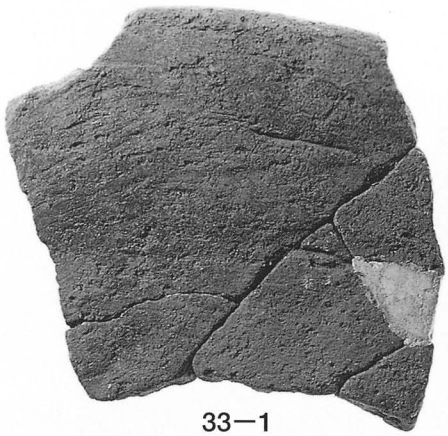
Ⅱ区調査終了後状況（上空から）

同　　（南西から）

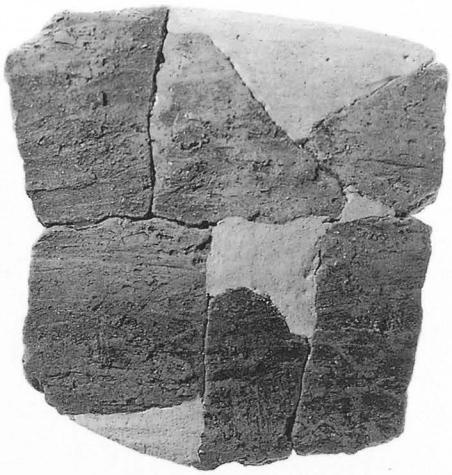

31－1
31－2
31－3
31－4
31－5
31－7
31－8
31－6
31－9
31－10
31－11
31－12
31－13
31－14
31－15
31－16
31－17
31－18
31－19
31－20
31－21
31－22
31－23
31－24
31－25

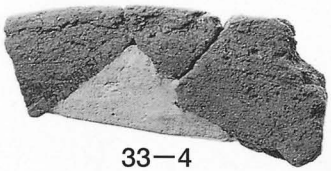

32－1
32－2
32－3
32－4
32－5
32－6
32－7
32－8
32－9
32－10
32－11
32－12
32－13
32－14
32－15

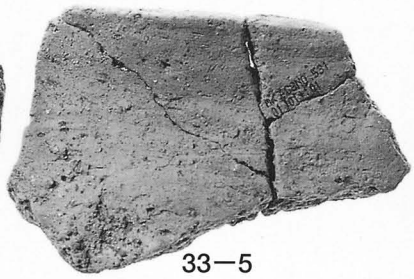
Ⅰ区出土遺物1

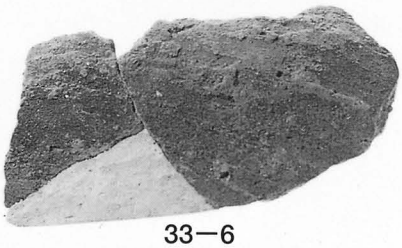

33−1

33−2


33−3


33−4


33−5


33−6

34−2

34−6

34−7

34−14

34−16

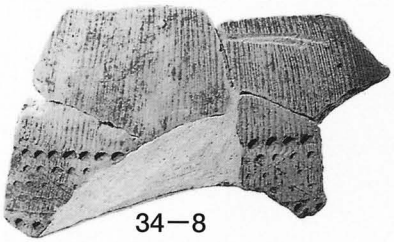
34−17

34−1

34−13

34−18

34−19

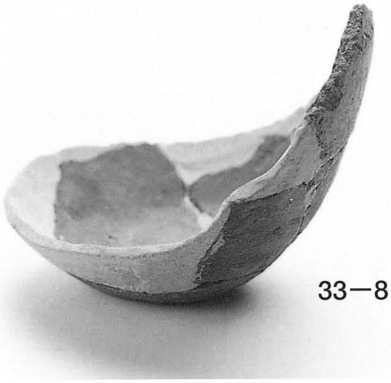

34−8

34−10

34−11

34−12

Ⅰ区出土遺物２

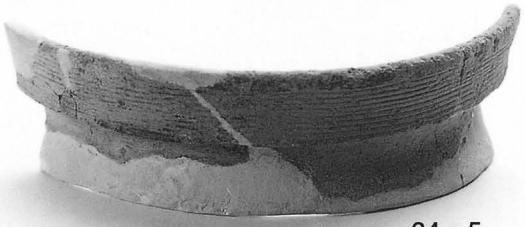

33−8

33−7

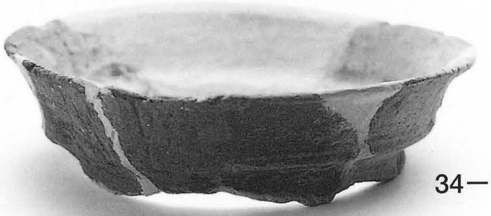
33−9

34−3

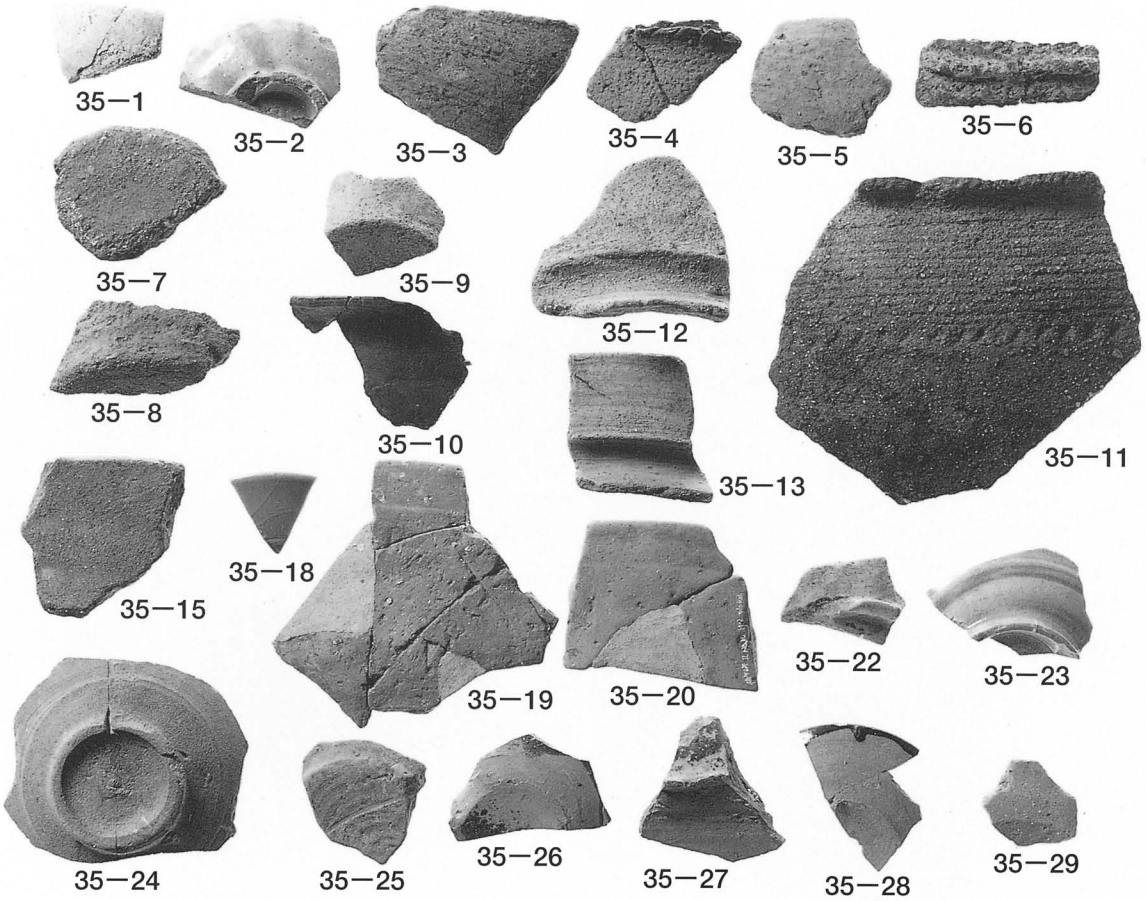
34−4


34−5

34−9


34−15

Ⅰ区出土遺物3



Ⅱ区出土遺物

35−14

35−16

35−17

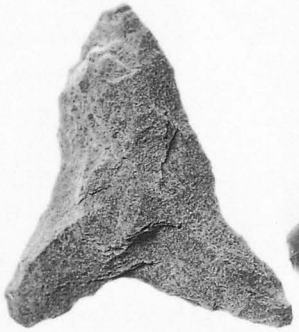
35−21

36−4

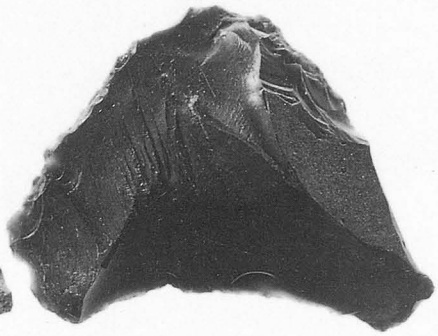
36−5

Ⅰ・Ⅱ区出土遺物

36－1



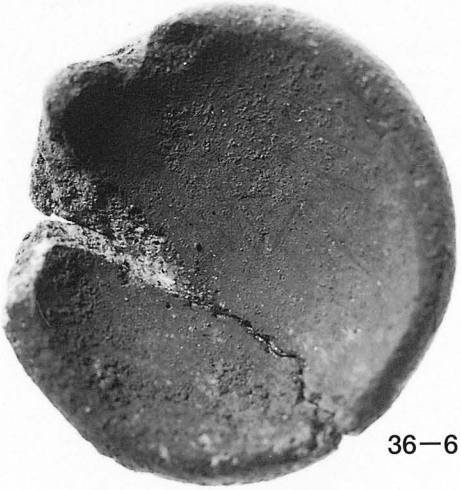
36－2



36－3

36－4

36－5



36－6

36－6

Ⅰ・Ⅱ区出土遺物

47－45

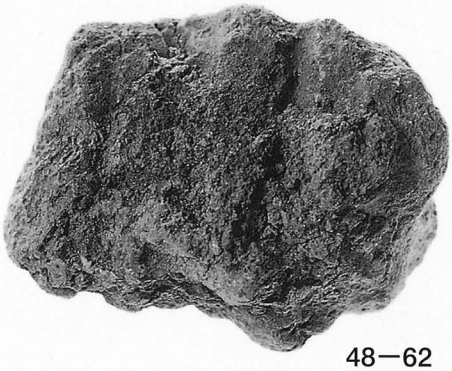
47－45（側面）

炉壁上段上半（頂部）

47－49

47－49（側面）

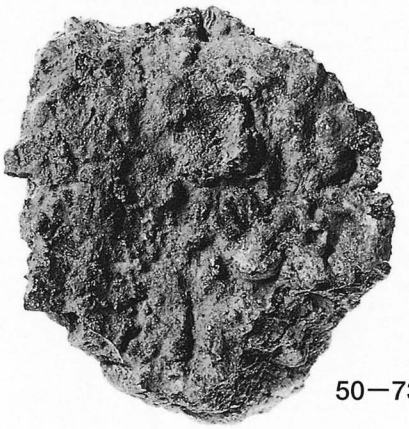
炉壁上段上半（被熱）



48－62

48－62（側面）

炉壁上段下半（砂鉄焼結）

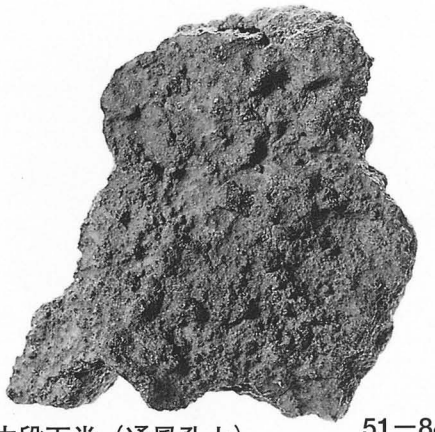


50－73

50－73（側面）

炉壁中段上半（滓化）

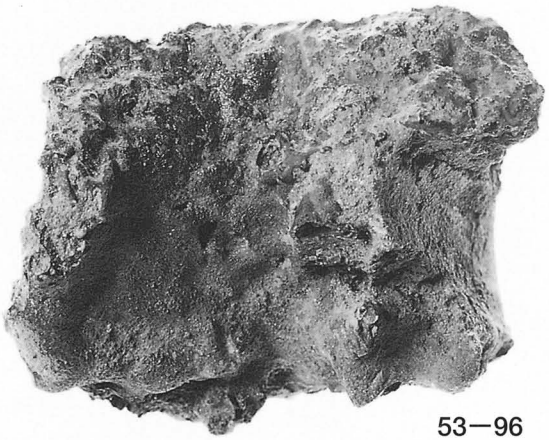
出土製鉄関連遺物１



炉壁中段下半（通風孔上）　51－84

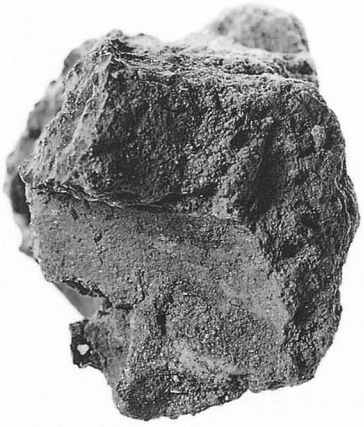
51－84（側面）

51－84（裏面）

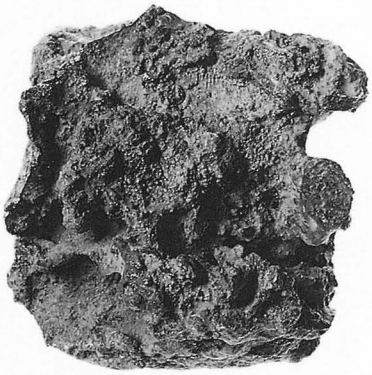


53－96

炉壁下段上半（通風孔付－1）

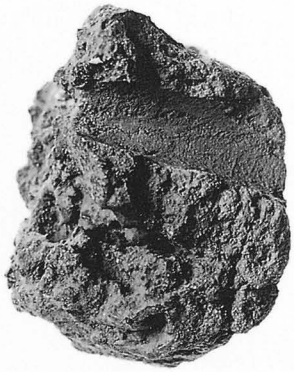


53－96（側面）

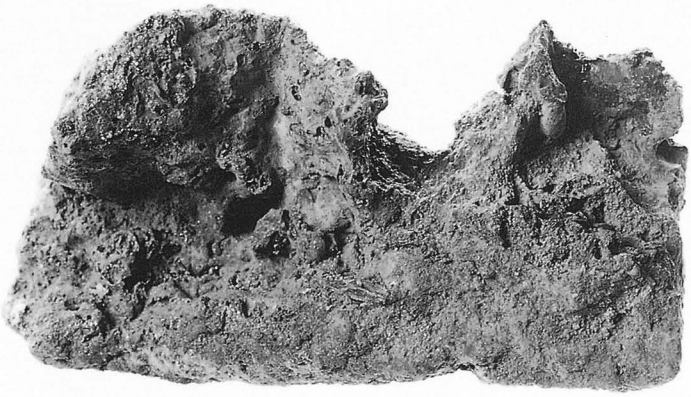


55－111

炉壁下段上半（通風孔付－2）



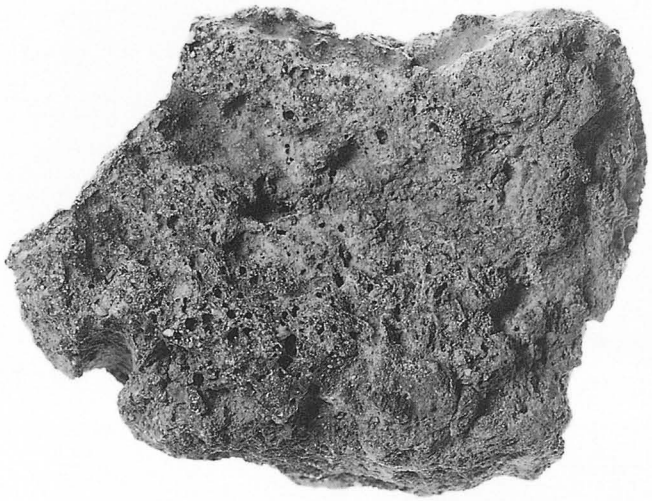
55－111（側面）



炉壁下段下半（炉底塊付）　57－123

57－123（側面）

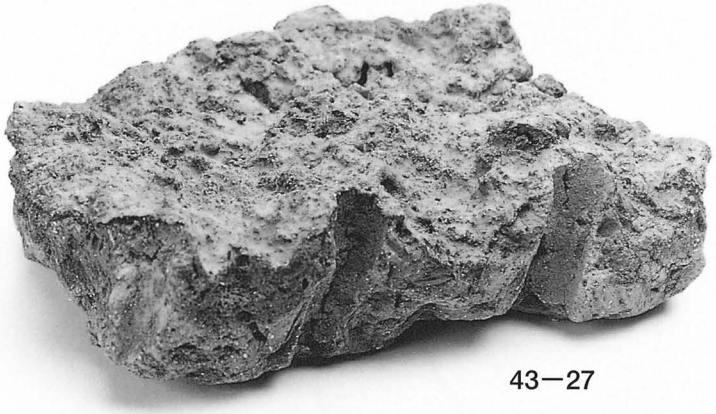
出土製鉄関連遺物 2



47－42

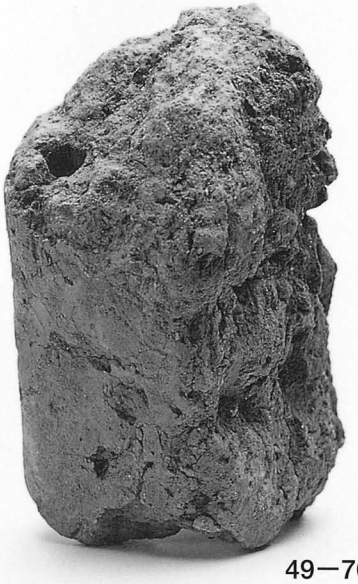
47－42（下面）

炉壁下段上半（通風孔付－1）



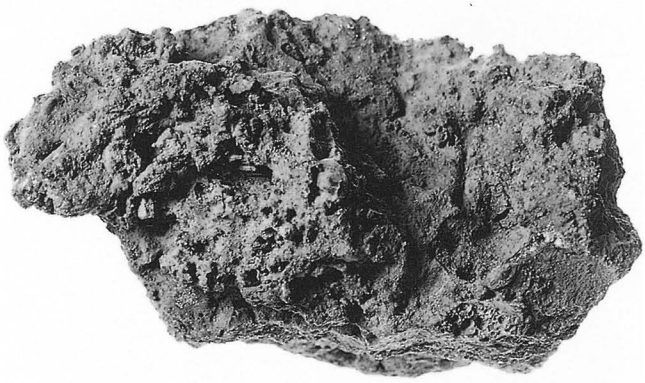
43－27

炉壁下段上半（通風孔付－2）



49－70

炉壁中段上半（滓化）

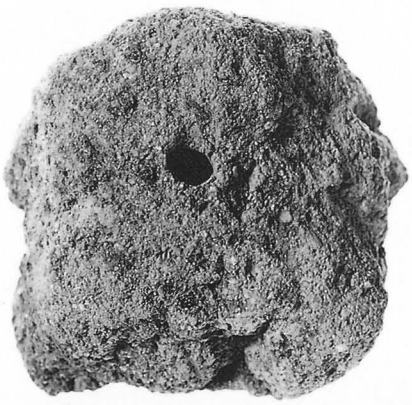


56－116

56－116（上面）

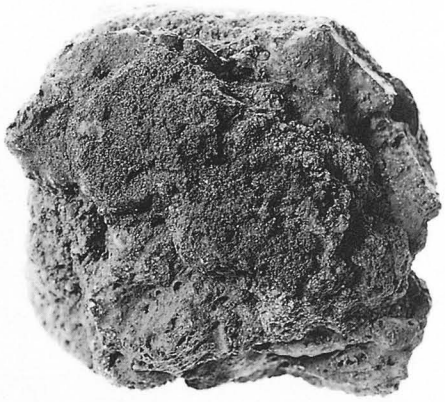
炉壁下段上半（通風孔付－2）

出土製鉄関連遺物 3



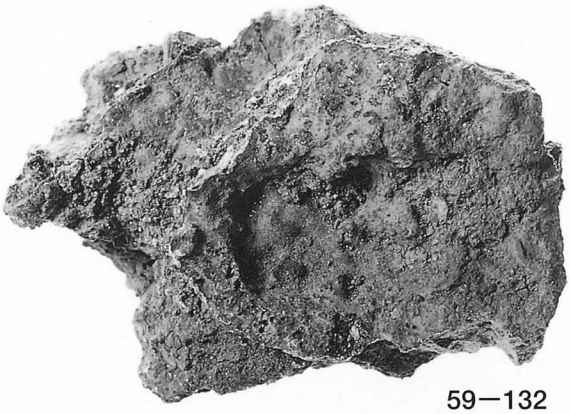
炉壁（補修）　59－129（裏面）

59－129（側面）



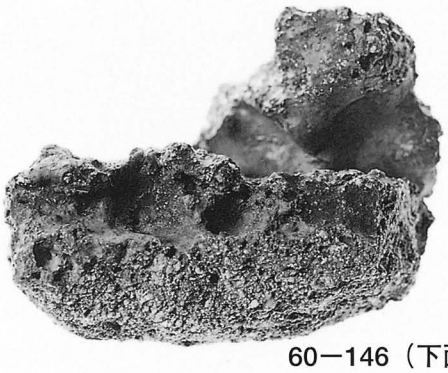
59－129

炉壁（補修）　59－132（側面）

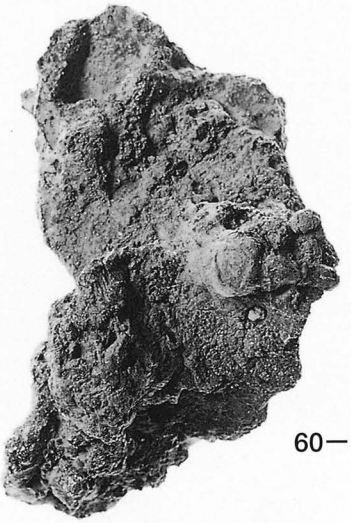


59－132

炉壁（被熱曲り）　60－146



60－146（下面）

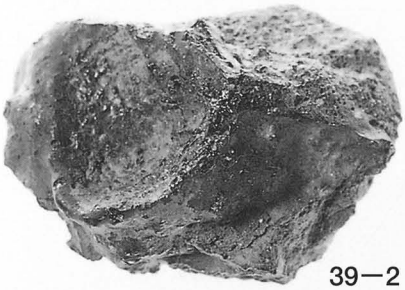


60－148

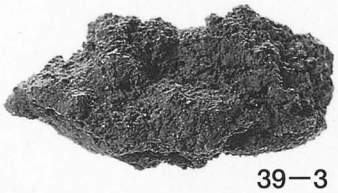
炉壁（工具痕付）

60－148（側面）

出土製鉄関連遺物 4



炉壁　39－2



砂鉄焼結塊　39－3

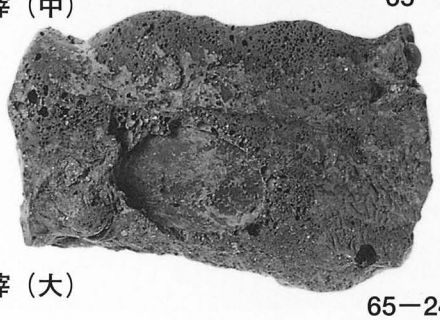
流出孔滓　39－5

単位流動滓　64－203

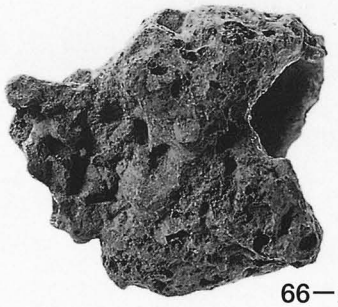
工具痕流入滓　64－210

流出孔滓（小）　64－219

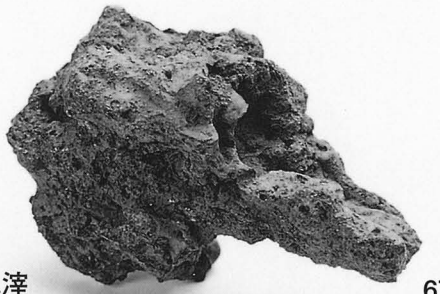
流出孔滓（中）　65－231



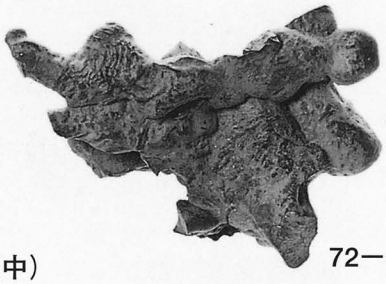
流出孔滓（大）　65－241



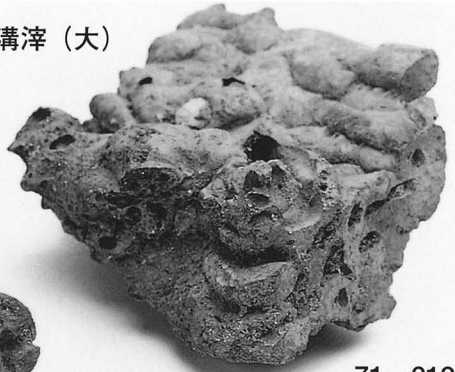
流出孔滓（つまり先）　66－247



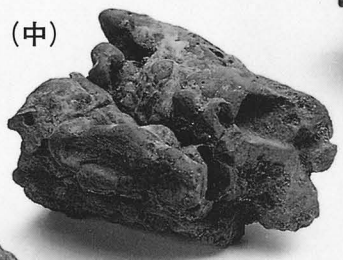
炉底塊→流出孔滓　67－259



流動滓（中）　72－306



流出溝滓（大）　71－219



流出溝滓（中）　71－281

流出溝滓（小）　70－276

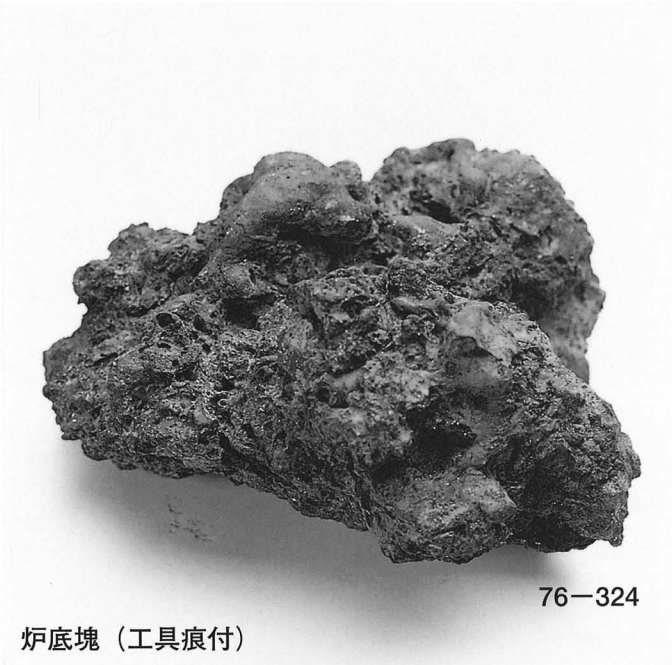
出土製鉄関連遺物５

73－319－4

炉底塊（薄手）

75－321－1

炉底塊（幅広）

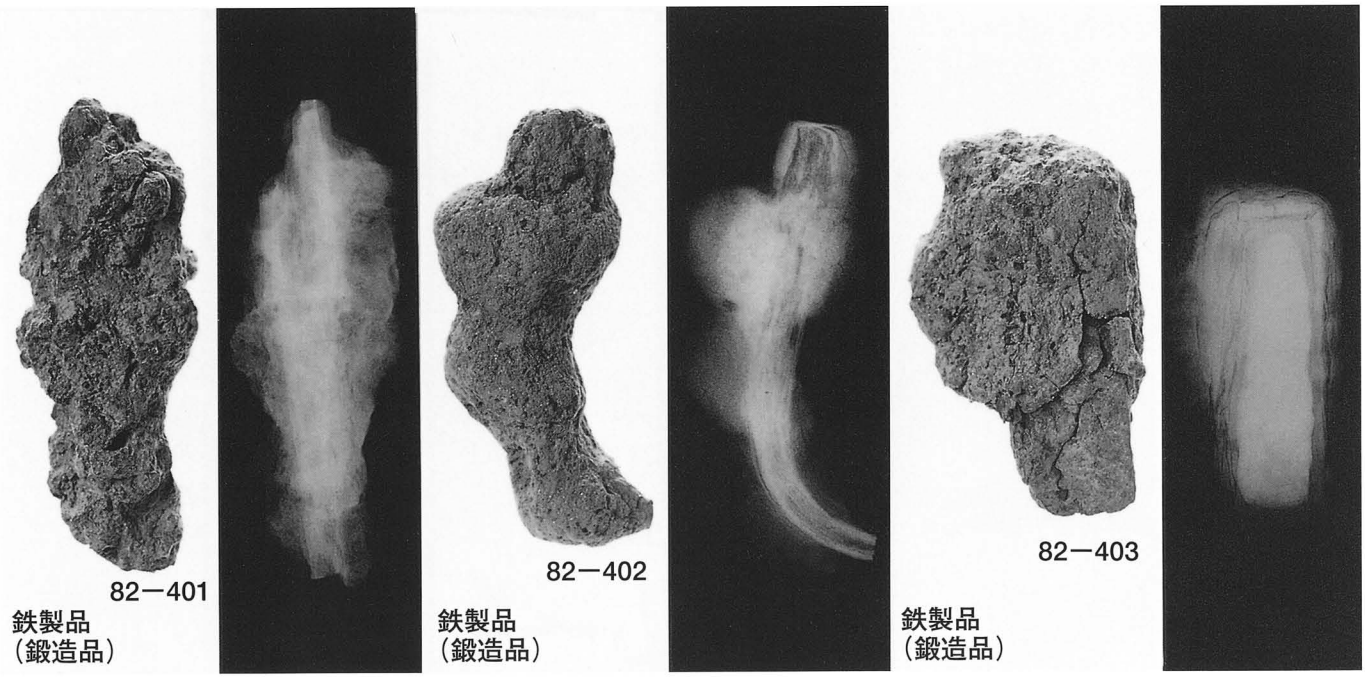


76－324

炉底塊（工具痕付）

79－351

炉内滓（工具痕付）



82－401

鉄製品
（鍛造品）

82－402

鉄製品
（鍛造品）

82－403

鉄製品
（鍛造品）

出土製鉄関連遺物 6

分　析　編

第6章　製鉄関連遺物の考古学的観察

1．調査の手順

製鉄関連遺物については、遺構の機能や工程を的確に把握するため、強力磁石（TAJIMA PUP-M）と小型特殊金属探知器による抽出、および肉眼観察による考古学的な遺物の分類を実施した。この中から、各遺構の機能や工程を代表すると思われる資料を金属学的分析が必要なものとして抽出し、遺物観察表と実測図の作成、写真撮影を行った。

資料の抽出や遺物観察表の作成は穴沢義功氏の指導のもと行い、あわせて分析資料の切断個所の指示も受けた。また、金属学的分析については㈱九州テクノリサーチに依頼し、分析結果については、報告作成以前に穴沢氏、大澤正己氏と発掘担当者で協議している。

2．遺物観察表の見方

遺物観察表は、新潟県北沢遺跡[1]・島根県板屋Ⅲ遺跡[2]における製鉄関連遺物の検討で採用された様式を基本とし、分析項目などを加えた様式を用いている。主な項目の見方は以下のとおりである。

(1)　遺物種類　金属学的分析を行う前に、考古学的な観察によって判定した遺物の種類である。

(2)　法　　量　資料の現存する最大長、最大幅、最大厚、重量を計測したものである。

(3)　磁 着 度　鉄滓分類用の「標準磁石」を用い、6㎜を単位として資料との反応の程度を数字で表現したもので、数値が大きいほど磁性が強い。[3]

(4)　遺 存 度　資料が完形品か破片かを記す。

(5)　破 面 数　資料が破片の場合、破面がいくつあるかを記す。

(6)　メタル度　埋蔵文化財専用に整準された小型金属探知器によって判定された金属鉄の残留の程度を示すもので、基準感度は次のとおりである。

H（○）:Hは最高感度でごく小さな金属鉄が残留することを示す。

M（◎）:Mは標準感度で一般的な大きさの金属鉄が残留することを示す。

L（●）:Lは低感度でやや大きな金属鉄が残留することを示す。

特L（☆）:特Lはごく低感度でLの倍以上の大きな金属鉄が残留することを示す。

(7)　分　　析　どの分析をどの部分ついて行うかを○印で示す。

(8)　所　　見　外形や破面・断面の状況、木炭痕や気孔の有無、および付着物やその他の状況について記す。

(9)　分析部位　資料のどのような部分をどのような目的で、調査・分析するのかを記す。また、観察表下の実測図の網掛け部分は、分析に供した試料の採取位置を示す。

(10)　備　　考　資料がどのような場所でどのように生成されたと予想されるか等を記している。

註

(1) 新潟県豊浦町教育委員会『北沢遺跡群』1992

(2) 島根県教育委員会『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　1998

(3) 小林信一「製鉄遺跡の発掘調査と整理について」『研究連絡誌』第32号　（財）千葉県文化財センター　1991

島根県埋蔵文化財調査センター　槙ヶ垰遺跡　製鉄関連遺物分析資料一覧表

（滓　：　メタル又は胎土）

No.	地区名	遺構名	構成番号	遺物種類	重量(g)	磁着度	メタル度	分析コメント	マクロ	検鏡	硬度	CMA	X線回折	化学分析	耐火度	カロリー	放射化分析	X線透過	分析位置指定	採取方法	観察	集合写真	モノクロ	カラー	実測図	前含浸	断面樹脂
1	Ⅰ区	C－9　SY－04　1層	6	流出溝滓(中)	67.2	2	なし	滓部を	－	○	○	－		○	－	－	－	－	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
2	Ⅰ区	C－9　焼土周辺	16	炉内滓(含鉄)	10.9	6	H(○)	メタル部を中心に	○	◎	○	－		－	－	－	－	○	長軸端部　1/2	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
3	Ⅰ区	SK－36　1層上面	20	炉内滓(含鉄)	177.1	7	M(◎)	メタル部を中心に	○	◎	○	○		○	－	－	－	○	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
4	Ⅰ区	SC－01ほか	21-1～6	木　炭(5点)	小計63.42	1	なし	木炭として	－	○	－	－		○	－	○	－	－	必要品	選　択	○		○	○	○	－	－
5	Ⅱ区	テラス　9	32	炉内滓	396.1	3	なし	滓部を	－	○	○	○		○	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
6	Ⅱ区	テラス　8	35	流出孔滓	755.8	3	なし	滓部を	－	○	○	－		○	－	－	－	－	長軸端部　1/7	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
7	Ⅱ区	D－10	61	炉壁(砂鉄焼結)	477.9	5	なし	砂鉄焼結部を中心に	○	◎	－	－		－	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
8	Ⅱ区	D－8	65	炉壁(砂鉄焼結)	1,019.0	5	なし	炉壁として	－	○	○	－		－	○	○	－	－	長軸端部　1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
9	Ⅰ区	西側斜面	151	地山粘土	85.0	1	なし	地山粘土として	－	－	○	－		－	○	－	－	－	必要量	選　択	○		○	○	－	－	－
10	Ⅱ区	地　山	153	砂鉄(地山)	20.0	6	なし	砂鉄として	○	○	－	－		○	－	－	－	－	必要量	選　択	○		○	○	－	－	－
11	Ⅱ区	D－12	154	砂鉄(遺跡)	20.0	7	なし	砂鉄として	○	○	－	－		○	－	－	－	－	必要量	選　択	○		○	○	－	－	－
12	Ⅱ区	P－9	160	砂鉄焼結塊	25.0	6	M(◎)	砂鉄焼結塊として	○	◎	－	－		－	－	－	－	○	短軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
13	Ⅱ区	A－8	172	マグネタイト系遺物	85.1	6	H(○)	滓部を	－	◎	－	○	○	○	－	－	－	○	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
14	Ⅱ区	D－8	186	炉内流動滓(小)	264.7	5	なし	滓部を	－	○	－	○	－	○	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
15	Ⅱ区	A－11	194	炉内流動滓(大)	864.7	4	なし	滓部を	－	○	－	○	－	○	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
16	Ⅱ区	C－6	214	流出孔滓(小)	98.4	3	なし	滓部を	－	○	－	○	－	－	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
17	Ⅱ区	B－10	239	流出孔滓(大)	420.0	3	なし	滓部を	－	○	－	○	－	○	－	－	－	－	長軸端部　1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
18	Ⅱ区	D－8	256	流出孔滓(工具痕付)	997.8	4	なし	滓部を	－	○	－	○	－	－	－	－	－	－	長軸端部　1/6	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
19	Ⅱ区	B－8	293	流出溝滓(大)	3,900.0	3	なし	滓部を	－	○	－	○	○	○	－	－	－	－	長軸端部　1/15	直線状の切断	○		○	○	○	－	－

島根県埋蔵文化財調査センター　槙ヶ垰遺跡　製鉄関連遺物分析資料一覧表

（滓　：　メタル又は胎土）

No.	地区名	遺構名	構成番号	遺物種類	重量(g)	磁着度	メタル度	分析コメント	マクロ	検鏡	硬度	CMA	X線回折	化学分析	耐火度	カロリー	放射化分析	X線透過	分析位置指定	採取方法	観察	集合写真	モノクロ	カラー	実測図	前含浸	断面樹脂
20	Ⅱ区	C－9	320-2	炉底塊	3,500.0	4	なし	滓部を	－	○	－	○	－		○	－	－	－	－	－	長軸端部角 1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
21	Ⅱ区	Q－16	329	炉底塊(含鉄)	1,000.4	8	M(◎)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		○	－	－	－	－	○	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
22	Ⅱ区	Q－16	331	炉底塊(含鉄)	1,086.4	7	M(◎)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/8	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
23	Ⅱ区	N－13	362	炉内滓(含鉄)	125.6	5	H(○)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
24	Ⅱ区	C－7	375	炉内滓(含鉄)	161.2	8	M(◎)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	○		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
25	Ⅱ区	A－7	381	炉内滓(含鉄)	167.9	5	M(◎)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
26	Ⅱ区	C－5	387	炉内滓(含鉄)	39.7	6	L(●)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
27	Ⅱ区	D－12	388	炉内滓(含鉄)	167.9	7	L(●)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		○	－	－	－	－	○	短軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
28	Ⅱ区	D－9	389	炉内滓(含鉄)	381.4	7	L(●)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	－		○	－	－	－	－	○	長軸端部　1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
29	Ⅱ区	B－5	390	炉内滓(含鉄)	757.8	8	H(○)	メタル部を中心に	○	－	◎	○	○		－	－	－	－	－	○	短軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
30	Ⅱ区	P－11	394	再結合滓(含鉄)	188.3	7	M(◎)	再結合滓として	○	○	－	－	－		－	－	－	－	－	－	長軸端部　1/5	直線状の切断	○		○	○	○	－	－
31	Ⅱ区	包含層(2層)	399	鉄製品(鍛造品　)	4.8	6	H(○)	メタル部を中心に	○	－	◎	－	－		－	－	－	－	－	○	短軸端部　1/2	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
32	Ⅱ区	H－14	400	鉄製品(鍛造品　)	21.3	6	M(◎)	メタル部を中心に	○	－	◎	－	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/4	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
33	Ⅱ区	K－16	404	鉄製品(鋳造品)	100.0	5	H(○)	メタル部を中心に	○	－	◎	－	－		－	－	－	－	－	○	長軸端部　1/7	直線状の切断	○		○	○	○	－	○
34	Ⅱ区	A－8	407-1～8	木　炭(6点)	小計99.99	1	なし	木炭として	－	○	－	－	－		○	－	－	○	－	－	必要品	選　択	○		○	○	○	－	－
35	Ⅱ区	Q－13	410	黒鉛化木炭	4.4	5	H(○)	黒鉛化木炭として	○	◎	－	－	－		－	－	－	－	－	－	長軸端部　1/3	直線状の切断	○		○	○	○	－	－

資料番号　1

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅰ区	遺跡No.	6	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	C－9　SY－04　1層	時期：根拠	不　明：出土遺物 AD.790±60：C14年代		マクロ		
試料記号	検鏡：MAK－1 化学：MAK－1 放射化：－	法量 長径 4.1 cm 短径 4.5 cm 厚さ 1.9 cm 重量 67.2 g	色調	表：青灰色～紫紅色 地：黒褐色	遺存度 破片 破面数 5	検鏡 硬度 CMA	○ ○	
遺物種類（名称）	流出溝滓（中）		磁着度	2	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度	○	
			メタル度	なし	断面樹脂 －	カロリー 放射化 X線透過		

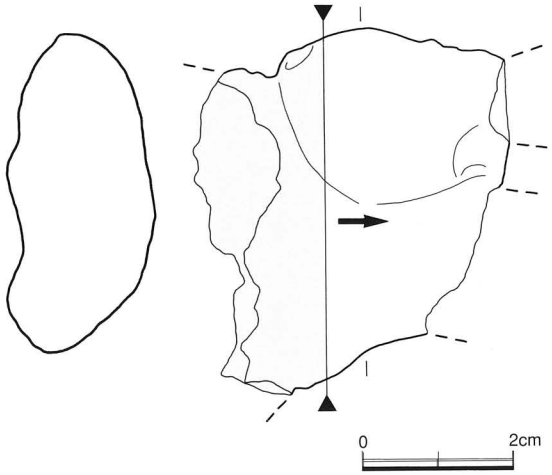
観察所見

平面、不整台形をした流出溝滓の破片である。左右の両側面が破面で、破面数は5を数える。流動状で上面表皮はやや紫紅色気味である。3単位程の流動単位が重層している。下面は浅い溝状で、表面には炉壁粉や石粒がわずかに固着している。滓は緻密で、気孔はわずかに認められる。色調は表面が青灰色から紫紅色、地は黒褐色である。

分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　　考

比較的ガスのよく抜けた流動滓である。幅が狭く、滓単位も小さめである。分析資料No.6などと似た条件の生成物である可能性がある。中近世の大型化した箱形炉ではあまり見られない、小単位の流出溝滓である。炉底塊のサイズが小さめであることなどとも、共通する要素として注目したい。なお出土位置がⅠ区であり、Ⅱ区との関連性の調査目的で選択された資料である。



上面

下面

資料番号　2

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅰ区	遺跡No.	16	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	C－9　焼土周辺	時期：根拠	不　明：出土遺物 AD.790±60：C14年代		マクロ		○
試料記号	検鏡：MAK－2 化学：－ 放射化：－	法量 長径 2.1 cm 短径 1.7 cm 厚さ 1.4 cm 重量 10.9 g	色調	表：茶褐色～暗褐色 地:暗茶褐色	遺存度：完形？ 破面数：1	検鏡硬度CMA	○	◎
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）		磁着度	6	前含浸：－	X線回析 化学 耐火度		
			メタル度	H（○）	断面樹脂：－	カロリー 放射化 X線透過		○

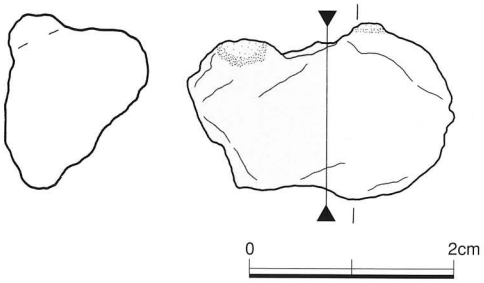
観察所見

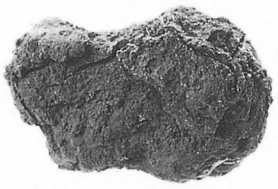
平面、不整楕円形をした小塊状の、含鉄の炉内滓である。一見、空豆状で左端部が欠けている。破面数は１を数える。上面はわずかに波状で、全体的には平坦気味である。側面から下面は弧状で丸みを持っている。放射割れが発達しかけており、左端部の欠けは放射割れに沿ったものである。含鉄部は小範囲で、銹化がかなり進んでいるものとみられる。色調は表面が銹化により茶褐色から暗褐色、地は暗茶褐色である。

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

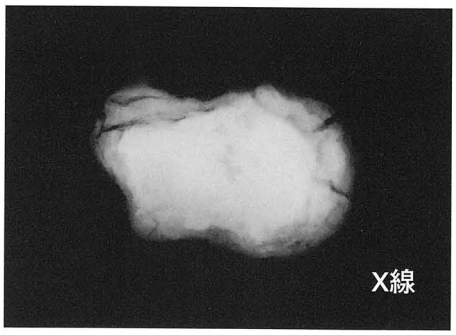
鉄塊系遺物と類似する外観を示すが、銹化が激しく内部の様相がはっきりしないために、一応、含鉄の炉内滓としておく。出土位置は本遺跡の主体をなすⅡ区から離れた、Ⅰ区C－９焼土周辺であり、Ⅱ区との関係で分析対象としたものである。





上面

下面



X線

資料番号　3

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅰ区	遺跡No.	20
	出土位置	SK－36　1層上面	時期：根拠	不　明：出土遺物 AD.790±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－3 化学：MAK－3 放射化：－	法量	長径 6.8 cm 短径 5.4 cm 厚さ 2.9 cm 重量 177.1 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：青黒色	破面数	9
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	7	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡		◎
硬度	○	
CMA	○	
X線回析		
化学	○	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		○

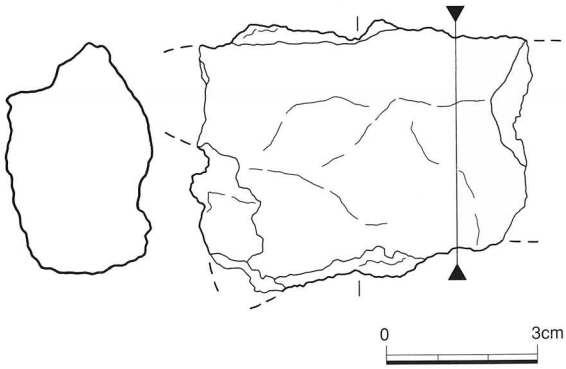
観察所見

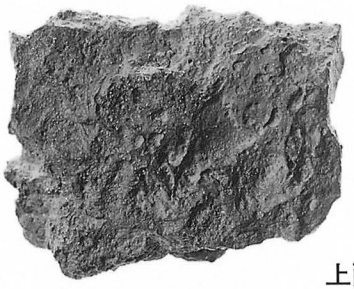
平面、不整五角形をした含鉄の炉内滓の破片である。上下面の一部と上手側面が部分的に生きており、それ以外は小破面が連続する。破面数は9を数える。一見、椀形鍛冶滓の側部破片のような印象を受けるが、製錬系の滓であろう。上面は木炭痕が点在する平坦面で、側面はシャープな破面である。下面は中央部に向かい突出気味で、浅い皿形の断面形である。上手側の側面は2段気味で、下部がひだ状に突出している。滓の上半部は緻密で気孔がほとんど無く、下半部は不定形な気孔や木炭痕が目立っている。破面の結晶は発達気味で、部分的にキラキラと輝いている。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地が青黒色である。

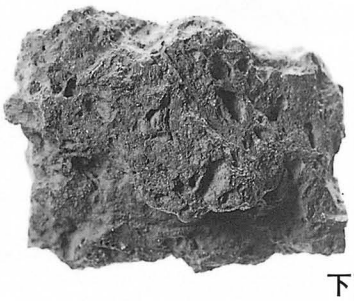
分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

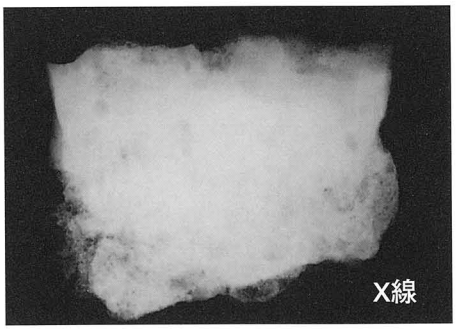
備　考

全体的な外観や上と下の滓の特色から、製錬炉の炉壁表面で形成された可能性が高そうである。手前側部の中間層に、わずかながらも砂鉄焼結部が残ることも、これを補強する材料である。本資料の出土したⅠ区は製錬系の遺構は皆無で、分析資料№1・2を含めて、Ⅱ区で大量に出土した製錬系の炉壁や滓類と関係がより強いものと推定しておきたい。




上面


下面


X線

資料番号　4

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅰ区	遺跡No.	21－1～6	分析	項目	木炭	
	出土位置	SC－01ほか	時期：根拠	不明		マクロ		
試料記号	検鏡：MAK－4 化学：MAK－4 放射化：－	法量 長径 － 短径 － 厚さ －	色調	表：黒色 / 地：黒色	遺存度 / 破面数	検鏡硬度 CMA	○	
遺物種類（名称）	木炭（5点）	重量 小計63.42 g	磁着度	1	前含浸	X線回析 化学 耐火度	○	
			メタル度	なし	断面樹脂	カロリー 放射化 X線透過	○	

観察所見

広葉樹の環孔材を用いた黒炭である。木取りは細い枝材を除き、縦ミカン割りである。炭化は、やや不良のものから良好のものまでの幅を持つ。材の年輪数は枝材の9年を除き、26年生から46年生と幅を持ち、比較的年数を経たものが主体である。

4－1　長さ3.2×幅2.0×厚さ1.7cm。重量4.35g。広葉樹の環孔材の枝材。木取りは丸のまま。年輪数９。炭化は良好。菊割れややあり。黒炭。隙間に土砂やや残る。

4－2　長さ4.0×幅2.9×厚さ2.2cm。重量4.21g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年数26年生。炭化は良好。菊割れあり。黒炭。

4－3　長さ4.7×幅2.2×厚さ2.1cm。重量6.53g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年数31年生。炭化はやや不良。菊割れややあり。黒炭。土砂わずかに残る。

4－4　長さ4.1×幅2.8×厚さ3.3cm。重量7.04g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年数46年生。炭化は良好。菊割れわずかにあり。黒炭。表面や隙間に土砂が薄く残る。

4－6　長さ7.1×幅5.0×厚さ4.8cm。重量41.29g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年数27年生。炭化はやや不良。菊割れあり。黒炭。表面や隙間に土砂が薄く残る。端部片側が焼失気味。太い樹幹部の屈曲部。

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。

備　考

分析資料No.4－5は、水洗時に破損が激しく、樹種としても重複するので、非分析とした。

4－1

4－2

4－3

4－4

4－5

4－6

資料番号　5

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	32	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	テラス 9	時期：根拠	不　明：出土遺物 AD.780±60：C14年代		マクロ		
試料記号	検鏡：MAK－5 化学：MAK－5 放射化：－	法量 長径 7.2 cm 短径 7.8 cm 厚さ 6.1 cm	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度 破片	検鏡 硬度 CMA	○ ○ ○	
				地：黒褐色	破面数 5	X線回析 化学 耐火度	○	
遺物種類（名称）	炉内滓	重量 396.1 g	磁着度	3	前含浸 －	カロリー 放射化 X線透過		
			メタル度	なし	断面樹脂 －			

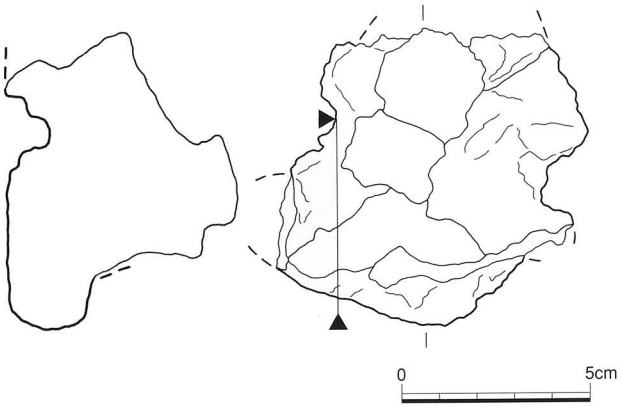
観察所見

平面、不整五角形をした炉内滓の破片である。上面と手前側部の一部が生きており、下面は全体が本来の面を使っている。それ以外の上面から側面は破面で、少なくとも5面が数えられる。滓は部位による変化が激しいことが特色である。上面は流動状で右手側部は２cm大を越える木炭痕が激しく、上手から左側部はシャープな破面である。手前側部はチリメン状のしわの目立つ流動滓が重層している。下面は褐色の炉壁土が部分的に固着し、それ以外は炉壁土の圧痕により占められている。滓は緻密な部分とやや気孔の多い部分とが併存し、緻密な部分では結晶が目立って肥大している。色調は表面が茶褐色から黒褐色、右手側部の木炭痕の一部は強い紫紅色である。地は黒褐色。

分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　　考

滓の結晶が発達し、徐冷されていることがわかる資料である。また手前側部のチリメン状の表皮を持つ流動滓は青黒く、還元雰囲気の元にあったことを示している。こうした要素と下面の炉壁土の圧痕から判断して、炉底塊の側端部にあたる炉内滓の破片と想定される。



上面

下面

資料番号　6

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	35
	出土位置	テラス 8	時期：根拠	不　明：出土遺物 AD.780±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－6 化学：MAK－6 放射化：－	法量	長径 12.8 cm 短径 9.8 cm 厚さ 5.8 cm 重量 755.8 g	色調	表：茶褐色～黒褐色 地：暗茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
						破面数	3
遺物種類（名称）	流出孔滓			磁着度	3	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析	項目	滓	メタル
	マクロ		
	検鏡	○	
	硬度	○	
	CMA		
	X線回析		
	化学	○	
	耐火度		
	カロリー		
	放射化		
	X線透過		

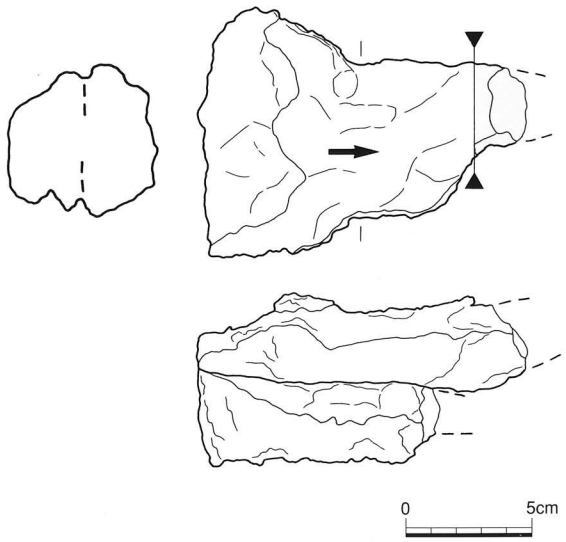
観察所見

左端部がラッパ状に開いた特異な形状の流出孔滓である。滓は上下二層からなり、右端部が破面となっている。破面数は3を数える。上下の滓のいずれもが扁平な楕円形の横断面形を持ち、左側の端部では一体となってしまっている。左端部では上半の滓の表面が流動状に下に向かい垂れ下がり、下半の滓を覆い隠している。滓は全体に右方向に向かい幅が狭くなっており、それぞれが複数の滓単位の重層気味である。上面には木炭痕がわずかに残る。下面は樋状で、表面には炉壁粉の固着が見られる。破面の気孔はかなり大型化しており、変形気味である。上半部の滓側は錆色が強い。色調は表面が茶褐色から黒褐色で、左端部の流動滓は青黒い。地は暗茶褐色から黒褐色である。

分析部分　長軸端部1/7を直線状に切断し、滓部を分析に用いる（上半部の滓）。残材返却。

備　　考

ラッパ状の形状は、流出孔の最奥部や出口付近で流動滓が途切れた場合に形成されることが多い。本資料の左端部のラッパ状の流動滓部も、同種のものか。滓は上下に重層しており、古い滓が残ったままで、さらに上層を滓が流れ出たことを示している。流出孔幅は当初よりわずかに広がっている可能性が高い。なおこうした滓は、傾斜角度の比較的強い流出孔の場合に形成されることがある。滓の色調や流動の程度は、分析資料No.5とも共通する要素を持つ。



上面

下面

資料番号　7

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区			遺跡No.	61			分析	項目	滓	胎土
	出土位置	D－10			時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代				マクロ	○	
試料記号	検鏡：MAK－7 化学：－ 放射化：－		法量	長径 9.8 cm 短径 12.0 cm 厚さ 5.8 cm 重量 477.9 g	色調	表：茶褐色～暗褐色	遺存度	破片		検鏡 硬度 CMA	◎	
						地：褐色～淡赤褐色	破面数	6		X線回析 化学 耐火度		
遺物種類（名称）	炉壁（砂鉄焼結）				磁着度	5	前含浸	－		カロリー 放射化 X線透過		
					メタル度	なし	断面樹脂	－				

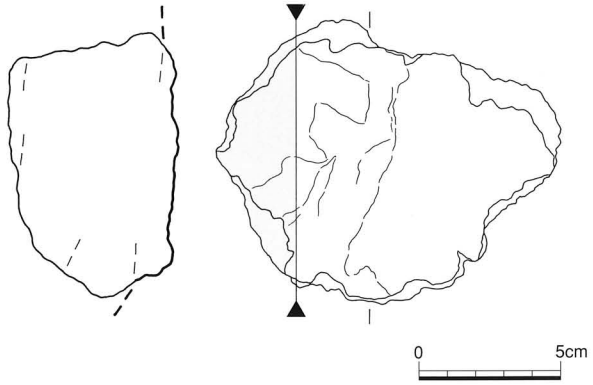
観察所見

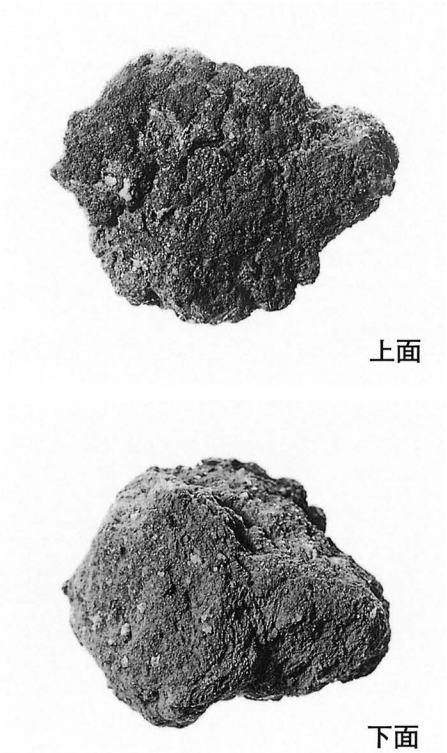
内面が薄く発泡し、一部に砂鉄が焼結している炉壁片である。内面のみ生きており、側面から裏面は破面である。破面数は6を数える。内面は中央付近にひび割れが生じ、左上部に厚さ3mm程の砂鉄焼結部が確認できる。焼結した砂鉄の粒子は0.1mm大から0.16mm大程度の微細なもので、一部は茶褐色の錆色となっている。胎土は短いスサを交えるやや硬質のもので、石英質の石粒をかなり含んでいる。色調は炉壁表面側が茶褐色から暗褐色、炉壁の地部分は褐色から淡い赤褐色である。

分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、炉壁表面の砂鉄焼結部を中心に分析に用いる。残材返却。

備　　考

分析資料No.8と極めてよく似た炉壁片である。胎土や被熱状態に加えて砂鉄の焼結部分も共通し、同一の炉体の炉壁片の可能性が大である。ただし、分析意図の違いは異なっている。本資料は炉壁表面に固着する焼結砂鉄が目的である。ポイントは分析資料No.12の砂鉄焼結塊との比較である。





資料番号　8

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	65	分析	項目	滓	胎土
	出土位置	D－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		
試料記号	検鏡：MAK－8 化学：MAK－8 放射化：－	法量 長径 12.2 cm 短径 13.5 cm 厚さ 7.8 cm 重量 1019.0 g	色調	表：茶褐色～暗褐色 地：黒褐色・赤褐色	遺存度 破片 破面数 7	検鏡硬度 CMA	○	○
遺物種類（名称）	炉壁（砂鉄焼結）		磁着度	5	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度		○ ○
			メタル度	なし	断面樹脂 －	カロリー 放射化 X線透過		

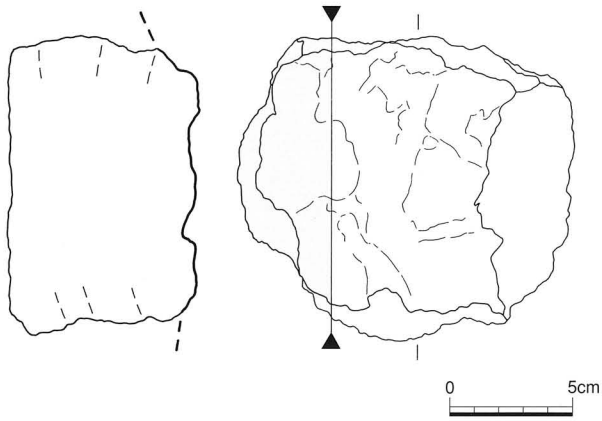
観察所見

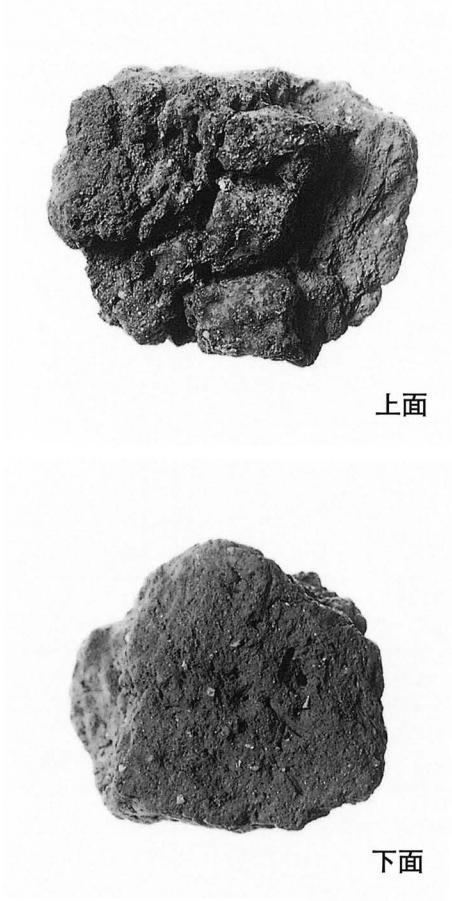
内面が発泡し一部に垂れが生じ始めている炉壁片である。左上部には砂鉄焼結部がコブ状に固着している。上下面は粘土単位の接合部で、左右の側部を中心に破面が残されている。裏面は擦れてはいるが本来の状態である。破面数は7を数える。左右の溶損具合に大きな差を持ち、右側が強く溶損し左側は分厚くなっている。これは箱形炉のコーナー部寄りのためであろうか。内面に亀裂が大きく生じたまま操業がなされており、左側上部には最大厚さ1cm程の砂鉄焼結部が認められる。胎土は3cm程度の短めのスサをやや混和した粘土質のもので、石英質の石粒や鉄滓片なども確認できる。さらに裏面の荒れた表面には、多量の金雲母が認められる。焼結した砂鉄粒子は0.1mm大前後の微細なものである。色調は表面の発泡部が茶褐色から暗褐色、地は滓部が黒褐色で、炉壁土部分が赤褐色である。特に裏面側の平坦に整えられた表層から1cm前後の厚さの赤色が強い。

分析部分　長軸端部1/4を直線状に切断し、炉壁として分析に用いる。残材返却。

備　考

情報豊かな資料である。厚みが片方が薄くもう一方が厚いため、箱形炉のコーナー寄りの原位置を推定できる。裏面は平坦に整形されて上下面の接合部が平坦に切り揃えられている。なお、上面右手の中央付近に、上下方向に向かう2本の貫通孔が認められる。径は5mmから7mm大で、スサとは考えにくいものである。何らかの目印か、あるいは上下の粘土単位を小枝様の材料でつなぎ止めるための工夫かもしれない。





資料番号　9

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅰ区	遺跡No.	151	分析	項目	粘土
	出土位置	西側斜面	時期：根拠	現代：採取品		マクロ	
試料記号	検鏡：MAK－9 化学：MAK－9 放射化：－	法量 長径 － cm 短径 － cm 厚さ － cm 重量 85.0 g	色調	表：茶褐色 地：茶褐色	遺存度 現状 破面数 －	検鏡硬度CMA	○
遺物種類（名称）	地山粘土		磁着度	1	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度	○
			メタル度	なし	断面樹脂 －	カロリー 放射化 X線透過	

観察所見

茶褐色の小塊状の地山粘土である。1mm大以下の石粒を含み、ルーペの視野上では粘土そのものと不定塊状の不明小塊から成っている。押しつぶすとつぶれて多量の黒色の微粒子が認められる。粒子のサイズは0.15mm大以下である。やや黄色味を帯びた部分もあるが、全体的には表面・地とも茶褐色である。

分析部分　必要量を選択し、地山粘土として分析に用いる。残材返却。

備　考

分析資料№7・8の炉壁土の対照資料として、地山より採取された粘土資料である。現状では乾燥して小塊状となっているが、採取時の湿った状態では非常に粘質で固まっており、人が滑り易い粘土であった。採取地点はⅠ区の西側斜面の裾部であり、調査記録上は4層としているものである。

資料番号　10

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	153	分析	項目	砂鉄
	出土位置	地山	時期：根拠	現代：採取品		マクロ	○
試料記号	検鏡：MAK－10 化学：MAK－10 放射化：－	法量 長径 － cm 短径 － cm 厚さ － cm 重量 20.0 g	色調	表：黒色 地：黒色	遺存度 － 破面数 －	検鏡硬度CMA	○
遺物種類（名称）	砂鉄（地山）		磁着度	6	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度	○
			メタル度	なし	断面樹脂 －	カロリー 放射化 X線透過	

観察所見

Ⅱ区の南西に位置する道路脇の排水溝に流れ込み、堆積していた自然砂鉄を、磁選せず採取した後に、水道水で比重選別をした砂鉄資料である。20gを定量した後、磁着砂鉄Aと非磁着の砂粒のBに二分したものである。Aは15.08gを占め、全体の75.4%にあたる。Bは4.92gを占め、全体の24.6%にあたる。A・B個別に記録する。

A:黒色の微細な砂鉄である。わずかに石英質の砂粒や有色鉱物を含むが、主体はやや角張った光沢を持つ粒子である。粒度は0.4mm大から0.03mm大で、粒径の幅が大きい資料である。また砂鉄粒子の一部は石英質の石粒と一体になっており、母岩から遊離して程ないということも分かる。0.1mm以下の微細な粒子はやや丸みを持っている。磁着はやや弱い印象を持つ。

B:砂鉄粒子と砂粒の混在した胡麻塩状の資料である。非磁着で約半量は石英質の砂粒、残りは黒色の非磁着の粒子である。一部は光沢を持っている。粒径は0.3mm大から0.02mm程度の幅を持ち、長柱状の鉱物も目立つ。

分析部分　必要量を選択し、砂鉄として分析に用いる。分析には、A・Bを量比に応じて均等に混合して用いること。残材返却。

備　考

A・Bの比率は八分洗いを前提とした比重選別の後に磁石で分離した結果である。自然砂鉄のためか粒径の幅はあるが、頓原地区などに比べて全体に微細な砂鉄である、ということはいえる。なお分析資料№7・8・12などの粒子幅が小さいのは、それらが谷川や河川等で自然の比重選別を受けているという、証拠にもなる。

資料番号　11

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	154	分析	項目	砂鉄
	出土位置	D－12	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ	○
試料記号	検鏡：MAK－11 化学：MAK－11 放射化：－	法量 長径 － cm 短径 － cm 厚さ － cm 重量 20.0 g	色調	表：黒色 地：黒色	遺存度 － 破面数 －	検鏡硬度CMA	○
遺物種類（名称）	砂鉄（遺跡）		磁着度	7	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度	○
			メタル度	なし	断面樹脂 －	カロリー 放射化 X線透過	

観察所見

Ⅱ区の斜面に堆積した排滓層の鉄滓類の水洗時に採取した、砂鉄資料である。水洗時に大型の磁石で磁選しているために、砂分が低い。また分析資料の整備時に0.8mm目のステンレス網で鉄滓屑の残留物を17.75g分離している。砂鉄資料は20gを定量した後、磁着砂鉄Aと非磁着の砂粒Bに二分したものである。Aは19.51gを占め、全体の97.75%にあたる。Bは0.49gを占め、全体の2.45%にあたる。A・B個別に記録する。

A:黒色の微細な砂鉄である。やや石英質の砂粒や鉄滓の微細片を含むが、主体は光沢を持った砂鉄と無光沢で褐色の砂鉄粒子の混在物である。粒度は0.4mm大から0.01mm大以下で、粒径の幅が極めて大きいものである。褐色の砂鉄粒子は0.1mm大から2mm大のもので、被熱砂鉄の可能性もある。

B:黒色や黒褐色の粒子に加えて石英質の砂粒を混在した、やや胡麻塩状の資料である。非磁着でさまざまな鉱物が混在する特色を持つ。黒色の鉱物の一部は、ガラス質の光沢を持っている。粒径は0.7mm大から0.01mm程度の幅を持ち、長柱状の鉱物も混在する。

分析部分　必要量を選択し、砂鉄として分析に用いる。分析には、A・Bを量比に応じて均等に混合して用いること。残材返却。

備　考

分析資料№10に比べて、磁着するAにも非磁着のBにも褐色の粒子が目立っている。分析資料№10との違いは、全くの自然砂鉄と本資料が鉄滓水洗時の残砂であるという点である。褐色の粒子は砂鉄の場合は被熱した砂鉄粒子と予想され、非磁着の場合は炉壁などに由来した鉱物ということも想定される。

資料番号　12

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	160
	出土位置	P－9	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－12 化学：－ 放射化：－	法量	長径 4.3 cm 短径 3.5 cm 厚さ 2.0 cm 重量 25.0 g	色調	表：茶褐色～青黒色 地：青黒色	遺存度	破片
						破面数	4
遺物種類（名称）	砂鉄焼結塊			磁着度	6	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ	○	
検鏡硬度CMA	◎	
X線回析 化学 耐火度		
カロリー 放射化 X線透過		○

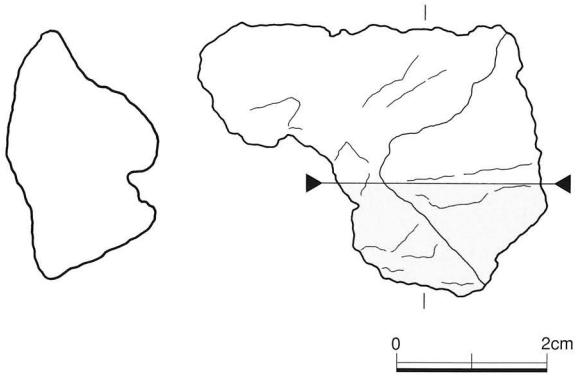
観察所見

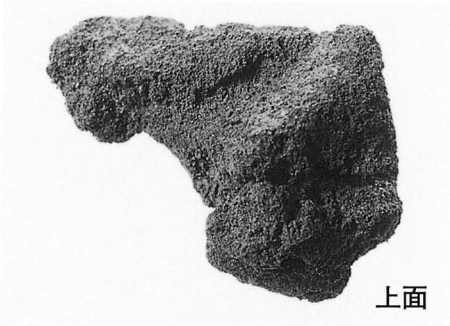
平面、不整五角形をした砂鉄焼結塊の破片である。全体が焼結砂鉄で、裏面の一部は炉壁土の剥離面、上面や側面は破面と木炭痕が混在する。破面数は４を数える。木炭痕は比較的大きめで、炉中段上部以上の高さの部位で形成された可能性が高い。右側の塊状部分は青黒色で、きれいな砂鉄焼結部である。左端部の突出部はやや滓化気味で一部は茶褐色に銹化している。焼結した砂鉄の粒度は0.08mmから0.13mm大で、微細な砂鉄といえる。焼結の程度は部位によりまちまちであるが、木炭痕に接した部分では粒子がはっきりしなくなっている。色調は表面が茶褐色から青黒色、地は青黒色である。

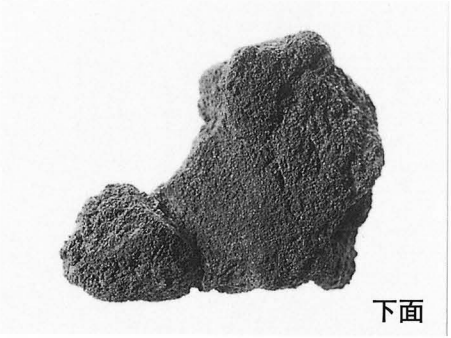
分析部分　短軸端部1/3を直線状に切断し、砂鉄焼結塊として分析に用いる。残材返却。

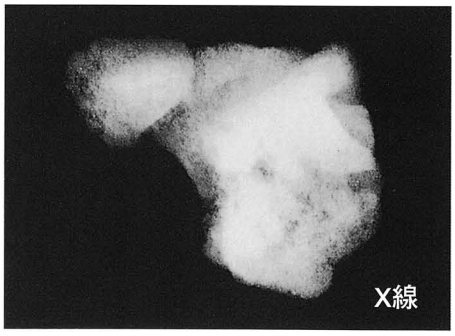
備　　考

２cm以上の厚さに炉壁表面に焼結したと推定される資料である。砂鉄の粒径は0.1mm大前後で、分析資料№７・８と基本的には共通している。粒径の小ささからみて、還元性は良さそうである。









資料番号　13

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	172
	出土位置	A－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－13 化学：MAK－13 放射化：－	法量	長径 4.9 cm 短径 4.6 cm 厚さ 2.4 cm 重量 85.1 g	色調	表：黒褐色～青黒色	遺存度	破片
					地：青黒色	破面数	6
遺物種類（名称）	マグネタイト系遺物			磁着度	6	前含浸	－
				メタル度	H（◯）	断面樹脂	◯

分析 項目	滓	メタル
マクロ		
検鏡	◎	
硬度	◯	
CMA	◯	
X線回析		
化学	◯	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		◯

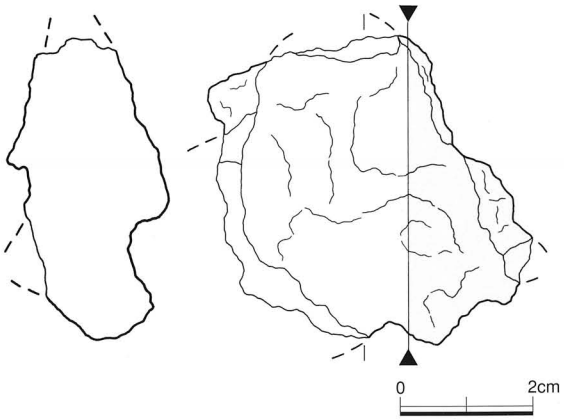
観察所見

平面、不整多角形をしたマグネタイト系遺物の破片である。各面とも自然面と破面が混在し、破面数は6以上を数える。表裏面とも下方に向かい垂れ始めており、磁着が強く破面は強い青光りをしている。下面の上端部寄りの窪みには灰色の炉壁土の痕跡を持ち、その周辺部にはわずかに砂鉄焼結部が残っている。上面は波状で垂れが始まっている。色調は表面が黒褐色から青黒色、地は青黒色である。一部、表皮が紫紅色気味の部分も残る。

分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

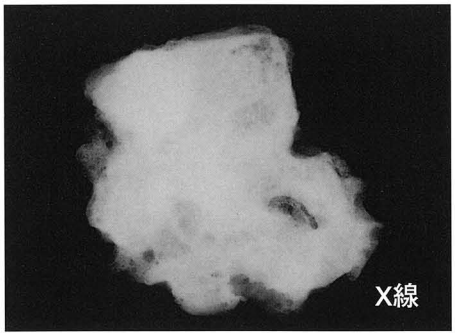
備　　考

半流動状で上下方向に垂れが始まっている資料である。破面は強い青光りをしており、磁着の強さがマグネタイト系遺物の証拠である。含鉄部は外見的には不明である。分析資料№12と同様、炉壁表面に張り付くようにして生成されたものであろう。



上面

下面



X線

資料番号　14

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	186	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	D－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		
試料記号	検鏡：MAK－14 化学：MAK－14 放射化：－	法量 長径 11.3 cm 短径 5.8 cm 厚さ 3.8 cm 重量 264.7 g	色調 表：青黒色 地：青黒色	遺存度 ほぼ完形 破面数 7		検鏡 硬度 CMA	○ ○	
遺物種類（名称）	炉内流動滓（小）		磁着度 5 メタル度 なし	前含浸 － 断面樹脂 －		X線回析 化学 耐火度	○	
						カロリー 放射化 X線透過		

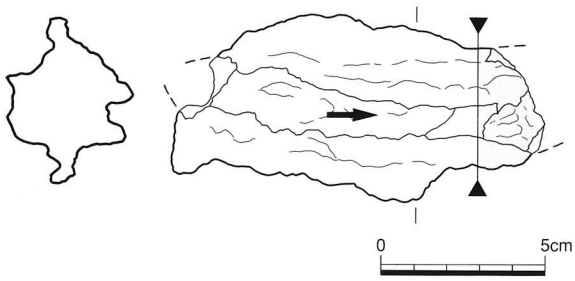
観察所見

5mm幅以下の極めて細い流動単位が、数十条重層して形成された特徴的な流動滓である。長軸の両端部に小さな破面を持つが、大半の流動単位が生きている。破面数は7を数える。各流動単位は左から右に向かい重層し、柱状になっている。本来の生成角度は左端部が上で右端部が下を向く、斜め上方から斜め下方への滓の流れであろう。右側の滓端部の欠けは小さく、伸びてもそう長くはならない可能性が高い。左側部の小さな突出部は裏面に炉壁土の痕跡を残し、わずかに炉壁の表面に接していた可能性があろう。破面の気孔はごくわずかで、滓は緻密である。色調は表面、地ともに青黒色である。

分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　　考

左端部が炉壁に接しながらも、小単位の単位流動滓が急角度で重層し続けて形成された資料である。炉内の高還元雰囲気の範囲が狭く、生成される滓量も少ない段階で形成されることの多い、特殊な炉内流動滓である。操業段階としては、比較的前半の段階に相当するものと考えられる。また炉容量の少なさをも反映した可能性のある資料としても、注目される。



上面

下面

資料番号　15

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	194
	出土位置	A－11	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－15 化学：MAK－15 放射化：－	法量	長径 15.0 cm 短径 12.2 cm 厚さ 7.3 cm 重量 864.7 g	色調	表：茶褐色～黒褐色 地：黒褐色～青黒色	遺存度	破片
						破面数	6
遺物種類（名称）	炉内流動滓（大）			磁着度	4	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ		
検鏡	○	
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学	○	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		

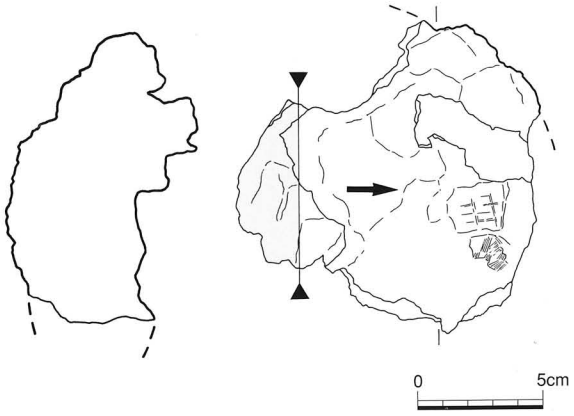
観察所見

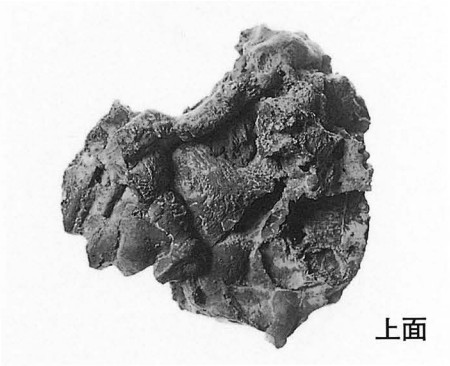
平面、不整多角形をした流動滓の破片である。上下面と側面のごく一部が生きており、側面には小さな破面が連続する。上面は流動状の部分と半流動状の部分が共存し、部分的に滓が割れて方向を違えているものもある。側面の破面はシャープで、下端部寄りには多量の木炭をかみ込み、上半部の滓は緻密である。下面の短軸方向の断面形は浅いU字形で、表面の一部には灰色の炉壁土の固着も見られる。固着する木炭は1cm大前後のものが主体で、燃え残り状である。色調は表面が茶褐色から黒褐色で、部分的に黒褐色となっている。地は黒褐色から青黒色である。

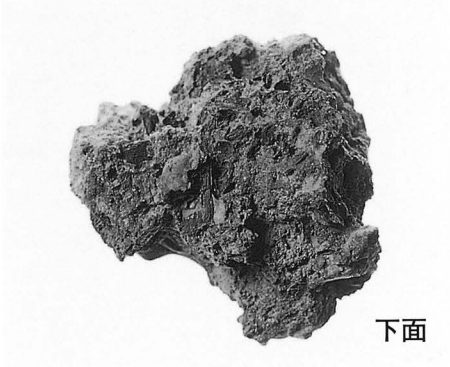
分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　考

木炭のかみ込みや下面の形状から炉内流動滓としているが、炉底塊端部の流動滓部分あるいは、炉外に流出した流出溝滓の可能性も残されている。上層と下層の滓質に大きな差を持つ資料である。







資料番号　16

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	214
	出土位置	C－6	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－16 化学：－ 放射化：－	法量	長径 10.6 cm 短径 2.8 cm 厚さ 2.1 cm 重量 98.4 g	色調	表：茶褐色～青黒色	遺存度	破片
					地：青黒色	破面数	3
遺物種類（名称）	流出孔滓（小）			磁着度	3	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ		
検鏡	○	
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学		
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		

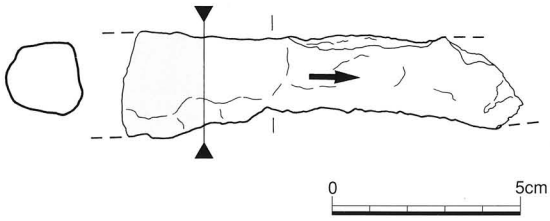
観察所見

上面がやや平坦気味な丸棒状の流出孔滓である。左右の両端部のみが破面で、側面は全面が炉壁土の圧痕や炉壁粉の固着した自然面である。横断面形は下半部は丸棒状で、上端部寄りは傘状に広がり気味である。破面はやや結晶の発達した滓部で、中央付近に大型の気孔が残る。色調は表面が茶褐色から青黒色で、地は青黒色である。

分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　　考

わずかに弧状ではあるが、炉壁に穿たれた初期の流出孔滓と推定され、一種の工具痕流入滓という性格も併せ持っている資料である。下半部の丸棒状の断面形は、工具そのものを写している可能性もあろう。



上面

下面

資料番号　17

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	239
	出土位置	B－10	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－17 化学：MAK－17 放射化：－	法量	長径 10.0 cm 短径 7.8 cm 厚さ 5.1 cm 重量 420.0 g	色調	表：茶褐色～灰黒色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	4
遺物種類（名称）	流出孔滓（大）			磁着度	3	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ		
検鏡	○	
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学	○	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		

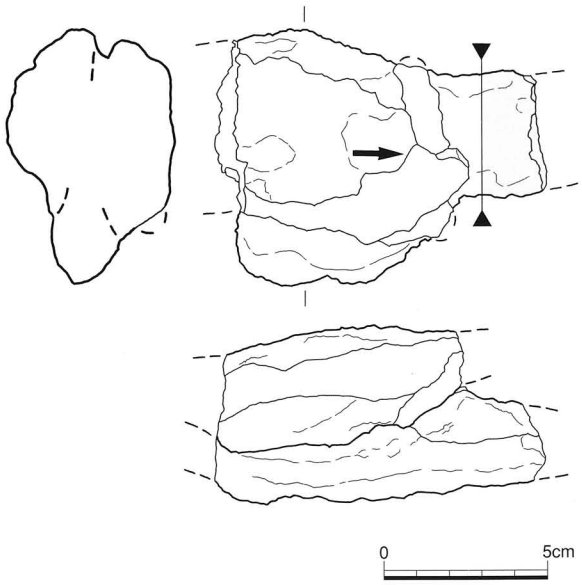
観察所見

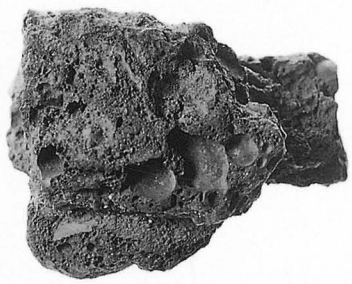
上下３枚の流動滓が重層した流出孔滓の破片である。上下面は生きており、長軸側の両側面が破面である。破面数は４を数える。滓は上中下と大きく３単位からなり、下面のものがきれいな樋状の滓で、上半部の２枚が扁平なものである。上面は流動状で大型の気孔と破面が点在している。中間部の滓は扁平で手前側部にも突出したような形状である。底面は緩やかな弧状。下面の滓は緻密で気孔が上下方向に発達している。上面は気孔が密集しややガサガサしたものである。３枚の滓のいずれもが下半部が緻密で、上半部の表皮寄りに気孔が密集する傾向を持っている。色調は表面が茶褐色から灰黒色、地は黒褐色である。

分析部分　長軸端部1/4を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

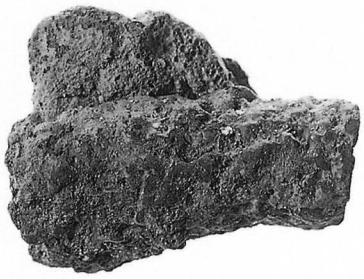
備　　考

下面の樋状の滓の特色から流出孔滓としているが、場合によれば流出溝滓となるかもしれない。形状は異なるが上中下の3枚とも、滓質は比較的に似ている。分析の指定位置は下面に固着する滓部である。





上面



下面

資料番号　18

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	256
	出土位置	D－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－18 化学：－ 放射化：－	法量	長径 13.3 cm 短径 10.0 cm 厚さ 6.5 cm 重量 997.8 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	5
遺物種類（名称）	流出孔滓（工具痕付）			磁着度	4	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析 項目	滓	メタル
マクロ		
検鏡	○	
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学		
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		

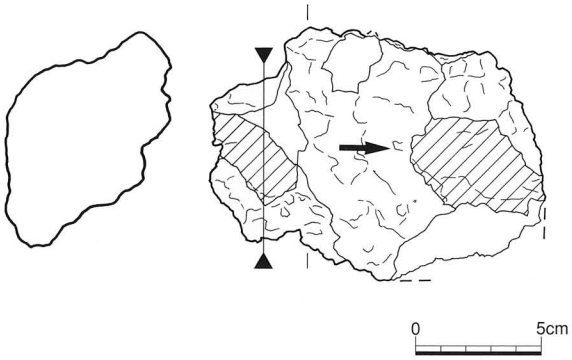
観察所見

平面、不整多角形をしたゴツゴツした質感を持つ流出孔滓である。上下面や側面の一部が生きており、側部を中心に小破面が点在する。破面数は5を数える。最大の特色は長軸の両端部に、やや斜め方向の工具痕が2か所残される点である。右側部の工具痕は、直径2cmから2.8cm大の丸棒状で、突き差すような痕跡を残している。左側上面の工具痕は、幅2.0cm以上の丸棒状で、下面の圧痕のみを残している。滓は部位により滓質に幅を持ち、全体にイガイガしたり不自然な隙間を持ったものであり、錆色も強い。内部にも木炭をかみ込んでいる部分もある。下面は浅い樋状で全体が粉炭痕と炉壁片により占められている。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地は黒褐色である。

分析部分　長軸端部1/6を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　　考

極めて流動性の悪い滓を流出孔中から取り除こうとして、丸棒状の工具により斜め下方や斜め上方から力を加えている資料である。そのため、結果的には左側部の工具痕と連動して滓が取り除かれた可能性が高い。



上面

下面

資料番号　19

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	293
	出土位置	B－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－19 化学：MAK－19 放射化：－	法量	長径 31.4 cm 短径 17.5 cm 厚さ 6.9 cm 重量 3900.0 g	色調	表：青黒色 地：青黒色	遺存度	破片
						破面数	4
遺物種類（名称）	流出溝滓（大）			磁着度	3	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析	項目	滓	メタル
	マクロ		
	検鏡	○	
	硬度	○	
	CMA	○	
	X線回析	○	
	化学		
	耐火度		
	カロリー		
	放射化		
	X線透過		

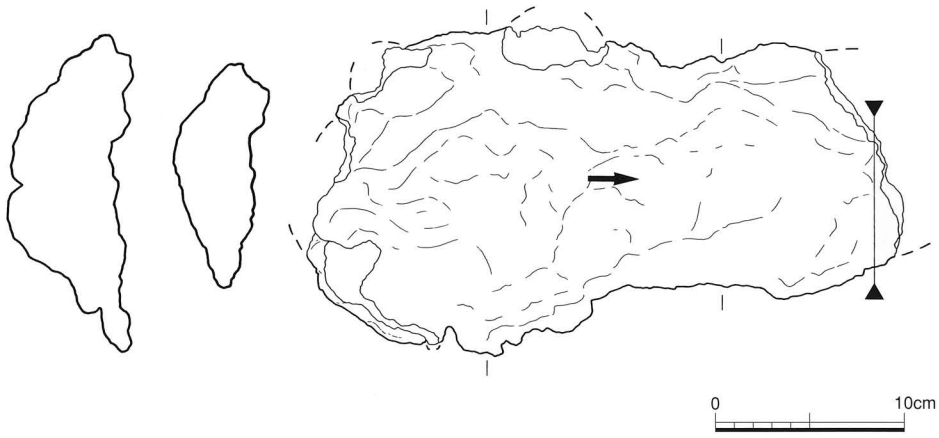
観察所見

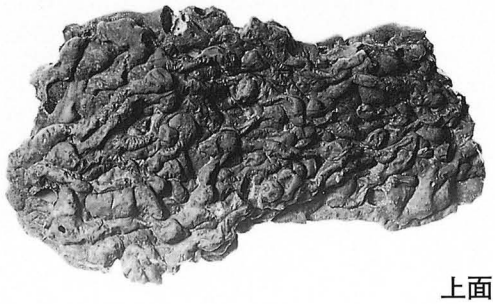
幅0.8から1.5cm程度の単位流動滓が不定方向に重層しながら、全体的には左手から右手に向かい一体化している幅広い流出溝滓である。上下面と側面の大半が生きており、長軸の両端部寄りには主破面が、短軸肩部に小破面が残されている。破面数は4を数える。上面の流動滓は左端の中央部からやや放射状に、右側では逆に外周部から中心方向に向かい斜めに集まってきている。これは溝底の横断面形と傾斜角度の影響によるものと考えられる。上面の各流動滓は表皮が紫紅色気味で、風化した部分は青灰色となっている。下面は浅い樋状で、裏面にも滓単位の重層が筋として残されている。表面には2cm大以下の広葉樹材を用いた、しっかりした木炭がかみ込まれ、部分的に滓が盛り上がっている。また炉壁粉も点在する。色調は表面、地とも青黒色である。

分析部分　長軸端部1/15を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　考

細い流動滓が並走したり重層したりしながら、長時間にわたり流れ続けている状態を示している資料である。古代や近世にはあまり見られない、中世的な様相の滓である。操業法に関わるとすれば、原燃料や送風を一貫して変更せず、長時間にわたり自然に滓が流れ出る程度の操業法を示すものであろうか。分析資料№14とは推定される生成位置こそ異なるが、一本調子の操業法を示すという意味では共通する要素かもしれない。





上面

下面

資料番号　20

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	320－2
	出土位置	C－9	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－20 化学：MAK－20 放射化：－	法量	長径 17.9 cm 短径 15.0 cm 厚さ 9.2 cm 重量 3500.0 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	6
遺物種類（名称）	炉底塊			磁着度	4	前含浸	－
				メタル度	なし	断面樹脂	－

分析 項目	木炭	
マクロ		
検鏡	○	
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学	○	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		

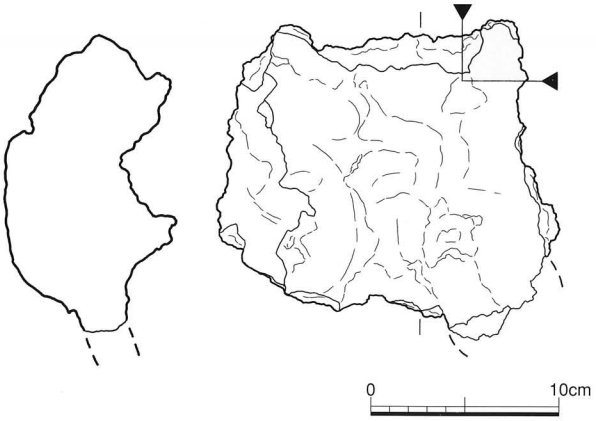
観察所見

平面、不整五角形をした炉底塊の端部破片である。上下面と短軸側の側面が生きており、長軸の両端部は破面主体である。破面数は6を数える。平面観は左右で異なり、右半分はやや木炭痕の目立つガサガサした滓部で、左半分は盛り上がった流動状の部分である。左側部は中央が大きく窪み、外周部は花びら状である。下面は大型の樋状で、長軸方向に向かい緩やかな波状のカーブを持っている。上面は中央付近が窪み、半流動状の滓部と木炭痕、さらに流動状の滓部が混在する。半流動状の滓部には、チリメン状のしわが生じている。右側中央付近はわずかに銹化部があり、磁着が強い。下面は全体に粉炭痕と石粒が固着している。破面は上下で滓質が異なり、下半部は緻密な滓、上半部はガサガサした顆粒状の滓部となっている。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地は黒褐色である。

分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　考

上半部は流動性の悪い不均一な滓である。炉底塊の端部から流出孔にかけての滓と推定される。上面の盛り上がった流動滓は左側から右側へ向かい流動しているが、ことによれば左右が逆で、左側部のえぐれたような窪みが流出孔側である可能性も残る。現状で最大幅が17.9cmと狭く、炉底塊とすればかなり幅の狭い個体である。なお流動性の悪い流出孔滓としては分析資料№18があり、滓質や下面の状態もよく似ている。



上面

下面

資料番号　21

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	329
	出土位置	Q－16	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－21 化学：MAK－21 放射化：－	法量	長径 14.1 cm 短径 11.5 cm 厚さ 6.0 cm 重量 1000.4 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	3
遺物種類（名称）	炉底塊（含鉄）			磁着度	8	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡硬度CMA	○	◎
X線回析化学耐火度	○	
カロリー放射化X線透過		○

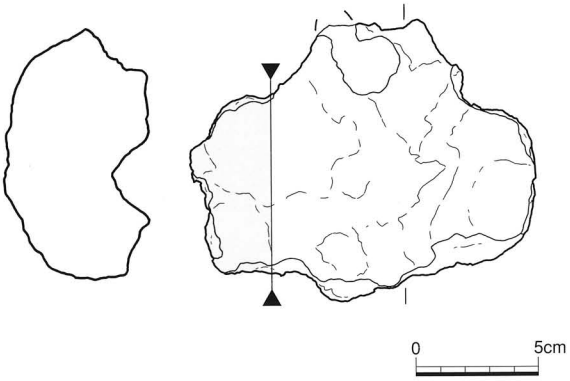
観察所見

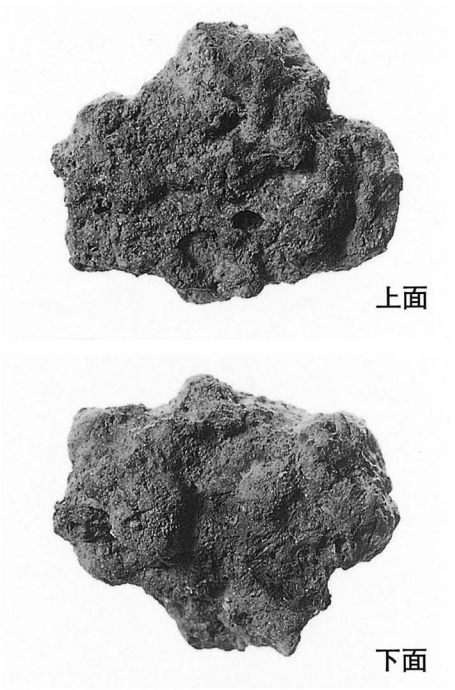
平面、不整多角形をした樋状の炉底塊の破片である。含鉄であるが、外見的には位置がはっきりしない。上下面と上手側側部は生きており、それ以外の側面が破面と考えられる。破面数は現状で3面を数える。上面は全体的には平坦で、上手側から右側にかけてが盛り上がっている。また中間部分はさざ波状で2・3cm大の凹部は木炭痕と推定される。下面は樋状で部分的にこぶ状に盛り上がっており、黄褐色の酸化土砂も激しい。滓内部は木炭をかみ込み銹化物が点在する、やや密度の低い滓である。色調は表面が茶褐色から黒褐色、上面の平坦部は灰黒色である。地は黒褐色である。

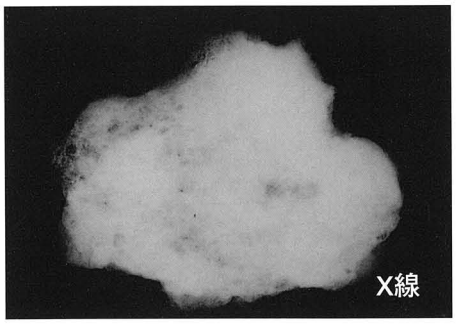
分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考

含鉄の炉底塊としているが、流出孔滓である可能性も残されている。流動性が低く木炭を内部にかみ込むことから、一応、炉底塊の可能性を持つものとしておく。







資料番号　22

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	331
	出土位置	Q－16	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－22 化学：－ 放射化：－	法量	長径 17.2 cm 短径 9.2 cm 厚さ 5.6 cm 重量 1086.4 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	7
遺物種類（名称）	炉底塊（含鉄）			磁着度	7	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡	○	◎
硬度		
CMA		
X線回析		
化学		
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		○

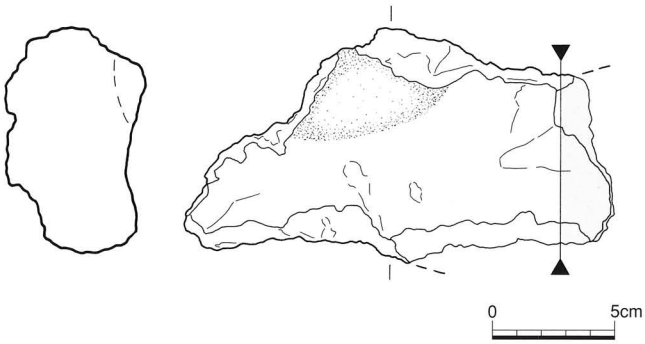
観察所見

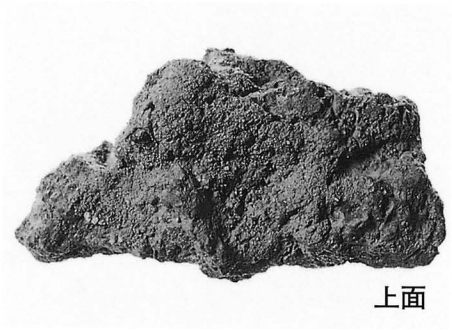
平面、不整台形をした含鉄の炉底塊の破片である。上下面と側面の大半が生きており、左側部から上手側が破面となっている。破面数は7を数える。全体観はやや樋状で、肩部が陵を持っている。上面は一部が突出するが全体的には平坦気味である。下面は不規則な凹凸を持つ滓部で、大きく放射割れが入り始めている。長軸方向に向かって全体的に樋状である。含鉄部は数か所に分散している。滓部は流動性の悪いもので、内部に木炭痕や銹化部が散在している。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地は黒褐色である。上面の酸化土砂が厚い。

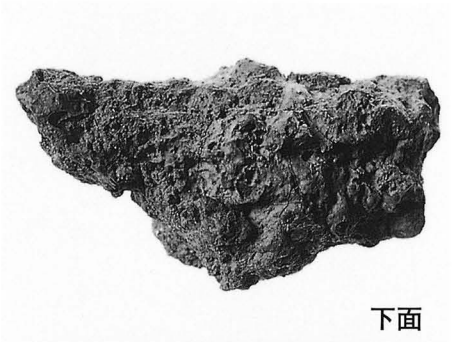
分析部分　長軸端部1/8を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

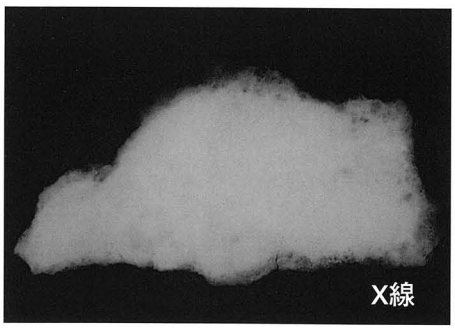
備　　考

流動性の悪い含鉄の滓である。樋状の外観からは流出孔滓の可能性もあるが、滓表面の黒味の強さや破面の一部に見られる結晶の発達状態から、炉底塊の側端部片とみておく。









資料番号　23

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	362
	出土位置	N－13	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－23 化学：－ 放射化：－	法量	長径 7.5 cm 短径 5.3 cm 厚さ 3.4 cm 重量 125.6 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	3？
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	5	前含浸	－
				メタル度	H（○）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡硬度CMA	○	◎
X線回析化学耐火度		
カロリー放射化X線透過		○

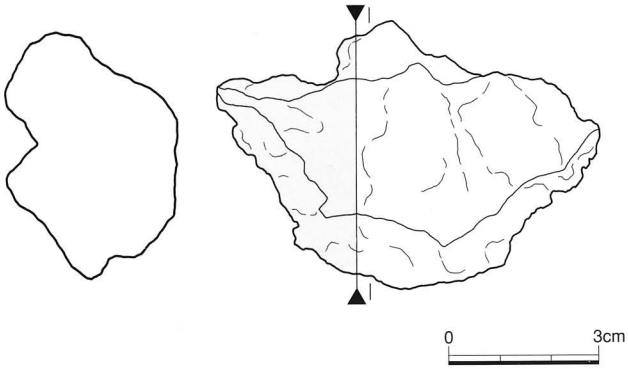
観察所見

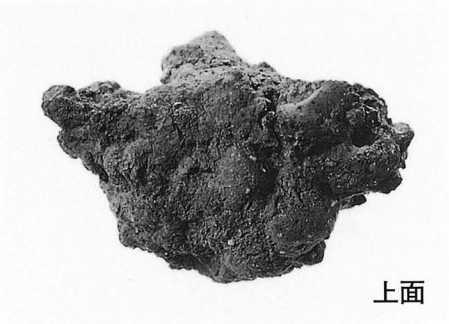
平面、不整六角形をした含鉄の炉内滓である。七割以上の表面が酸化土砂に覆われており、不明点も多い。破面数は少なくとも３面以上である。右端部には半流動状の滓部が、それ以外の部分は酸化土砂の固着の強さから、銹化物を含む炉内滓部と推定される。右端部の滓部は表面が半流動状で、内部には気孔が密集する。左端部には径８mm大の丸棒状の突出部があり、一見、鉄製品かとも見えるが滓部かもしれない。磁着は強く、工具先等が欠け落ちて巻き込まれている可能性も残るが、透過Ｘ線像では全く鉄製品とは認めにくい。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地は黒褐色である。

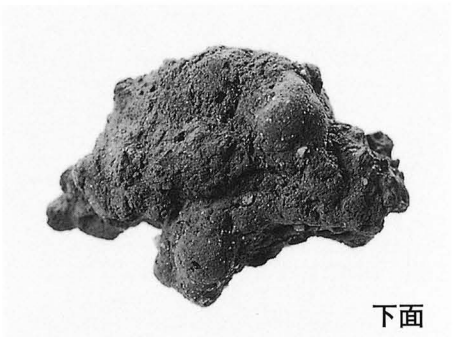
分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

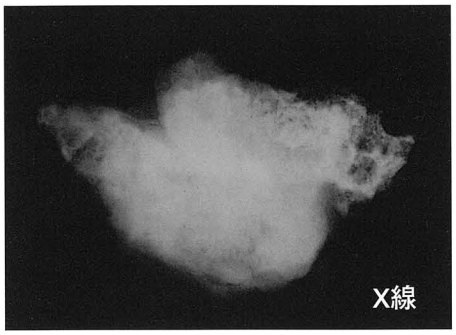
備　　考

酸化土砂が厚く、不明点の多い資料である。透過Ｘ線像では、分析資料№24や25と近い像を示している。密度の低い滓主体で、わずかに含鉄部を持つ可能性が高い。









資料番号　24

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	375
	出土位置	C－7	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－24 化学：－ 放射化：－	法量	長径 6.3 cm 短径 5.3 cm 厚さ 4.3 cm 重量 161.2 g	色調	表：暗褐色～青黒色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	6？
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	8	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡		◎
硬度	○	
CMA	○	
X線回析		
化学		
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		○

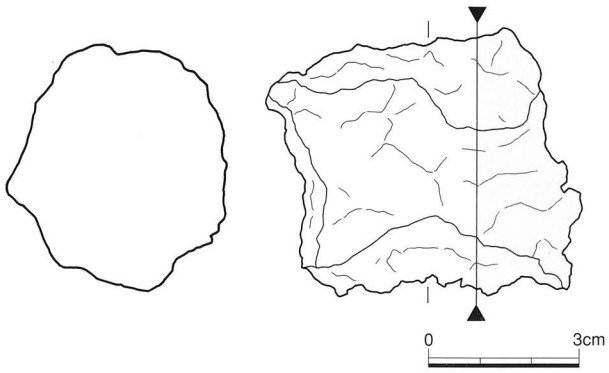
観察所見

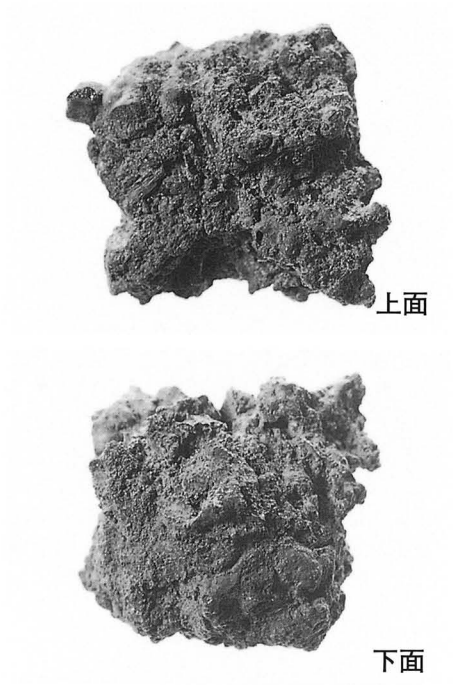
平面、不整方形をした含鉄の炉内滓の破片である。ややガサガサした印象で、上手側部や下面には小さな流動単位が分離しかけている。また各所に砂鉄焼結部から滓化部が混在し、全体にスポンジ状の滓となっている。各面とも自然面と破面が混在し、破面数は6以上を数える。流動滓部はまさに流動し始めた段階の、不規則で小単位のものである。なお、その一部は磁着が強く破面の光沢も強めで、マグネタイト系の滓となっている。表面や内部にも木炭をかみ込む部分も見られる。焼結した砂鉄部分は各粒子が還元して粒径は不明瞭である。色調は表面が暗褐色から青黒色、地は黒褐色である。

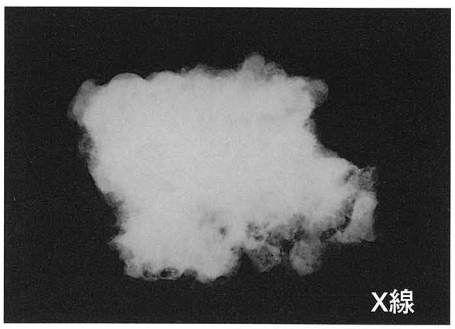
分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　　考

ガサガサした滓で、見かけ以上に磁着が強いのは、部分的にマグネタイト化しているためであろう。含鉄部は小範囲で、生成初期の炉内滓でもある。







資料番号　25

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	381	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	A－7	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		○
試料記号	検鏡：MAK－25 化学：－ 放射化：－	法量 長径 6.5 cm 短径 4.6 cm 厚さ 3.9 cm 重量 167.9 g	色調	表：茶褐色～青黒色 地：青黒色	遺存度 破片 破面数 4(6)	検鏡硬度CMA	○	◎
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）		磁着度	5	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度		
			メタル度	M（◎）	断面樹脂 ○	カロリー 放射化 X線透過		○

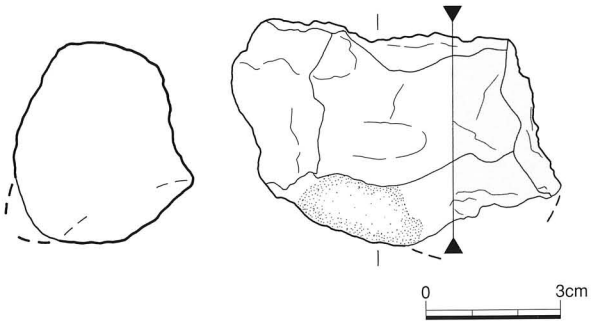
観察所見

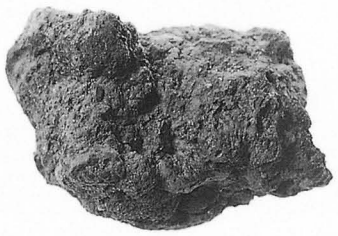
平面、不整六角形をした塊状の、含鉄の炉内滓である。全体に薄く酸化土砂が固着しているため、はっきりしない部分も多い。上下面と側面の一部が生きており、側面から下面を中心に少なくとも4面の破面を数える。長軸方向に扁平な丸棒状で、左側が盛り上がっている。短軸方向の断面形は不整楕円形である。上面の右寄りに、流動状の滓表皮がわずかに残る。滓は内部に横方向へ発達した気孔が数多い。また結晶が発達して部分的にキラキラと輝いている。磁着は強めで特に下半部は反応が強い。色調は表面が茶褐色から青黒色、地は青黒色である。

分析部分　長軸端部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。

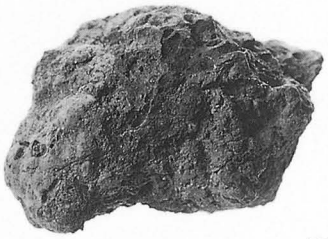
備　　考

流出孔滓の可能性も残る資料である。また透過X線像では、分析資料№23などとも類似点を持っている。

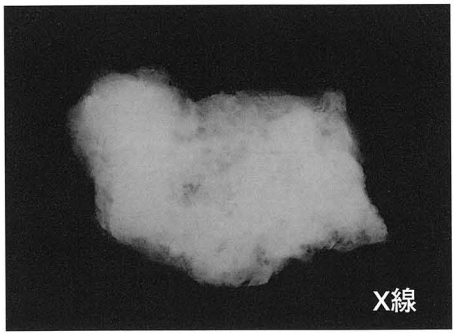




上面



下面



X線

資料番号　26

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	387	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	C－5	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		○
試料記号	検鏡：MAK－26 化学：－ 放射化：－	法量 長径 2.8 cm 短径 3.2 cm 厚さ 2.4 cm 重量 39.7 g	色調	表：茶褐色 / 地：黒褐色	遺存度 / 破面数	破片 / 6？	検鏡硬度CMA ○	◎
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）		磁着度	6	前含浸	－	X線回析 化学 耐火度	
			メタル度	L（●）	断面樹脂	○	カロリー 放射化 X線透過	○

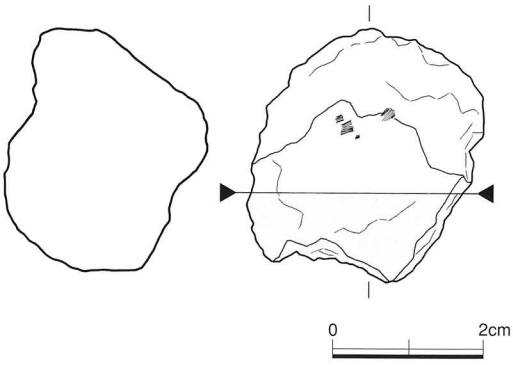
観察所見

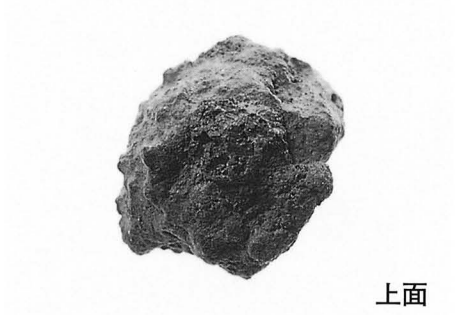
平面、不整楕円形をした小塊状の含鉄の滓である。上下面の一部は生きており、側面は小破面に覆われている。破面数は6以上を数える。破面はややシャープで、滓の密度の高さを窺わせる。上面は緩やかな波状で、上手側に粉炭がまとまって固着する。左側面は小さな凹凸がある滓部で、一部が自然面の可能性を持つ。下面には2cm大の木炭痕が残る。透過X線像では特に鉄部が肥大している状態ではない。色調は表面が酸化土砂により茶褐色、地は黒褐色である。

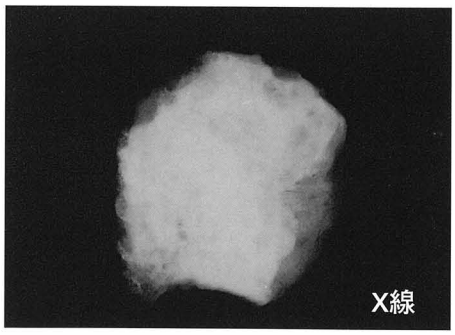
分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　　考

小塊状で破面の目立つ含鉄の滓である。炉底塊から荒割り・小割りを経て鉄部を分離した際の小破片であろうか。







資料番号　27

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	388
	出土位置	D－12	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－27 化学：MAK－27 放射化：－	法量	長径 5.3 cm 短径 7.3 cm 厚さ 4.1 cm 重量 167.9 g	色調	表：茶褐色～黒褐色 地：黒褐色＝青黒色	遺存度	破片
						破面数	5
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	7	前含浸	－
				メタル度	L（●）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡		◎
硬度	○	
CMA		
X線回析		
化学	○	
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		○

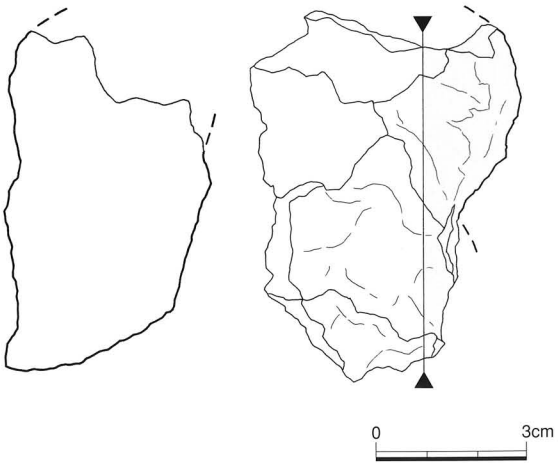
観察所見

平面、不整六角形をした含鉄の炉内滓の破片である。上半部には重層した流動滓が、下半部に砂鉄焼結部から変化した滓部を含む個体である。上下面は生きており、側面5面は破面である。上面の流動滓は、1cm前後の幅のものが4条以上並走している。この流動滓部の内部には1・2cm大の木炭痕を持ち、下面には木炭痕と炉壁粉が密集する。右側部下面に巻き込まれている砂鉄焼結部は、全体に茶褐色で、磁着も強い。焼結した砂鉄の粒度は0.1mm大前後の微細なものである。メタル度はL（●）となっているが、1か所にまとまった鉄部の評価ではなく、焼結砂鉄の各部が部分的に還元したための全体的な反応かもしれない。

分析部分　短軸端部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。

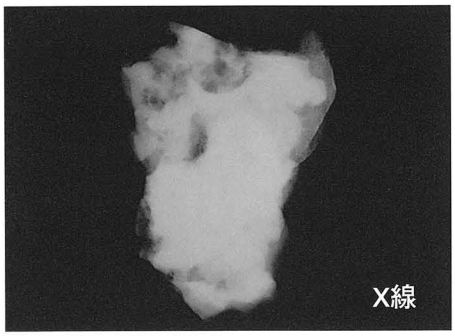
備　考

炉外流出滓の可能性も残る遺物である。下面にかみ込まれている砂鉄焼結部は破片として巻き込まれた可能性があり、炉外の生成品とすれば、砂鉄焼結塊の落ちていた空間に流動滓が流れ出た、ということになる。一方、炉内滓での生成品とみれば、何らかの原因で砂鉄焼結塊が流出孔側に落下した結果であろう。



上面

下面



X線

資料番号　28

出土状況	遺跡名	槙ヶ坪遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	389
	出土位置	D－9	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－28 化学：MAK－28 放射化：－	法量	長径 11.0 cm 短径 6.4 cm 厚さ 4.9 cm 重量 381.4 g	色調	表：茶褐色～黒褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	5？
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	7	前含浸	－
				メタル度	L（●）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡硬度CMA	○	◎
X線回析化学耐火度	○	
カロリー放射化X線透過		○

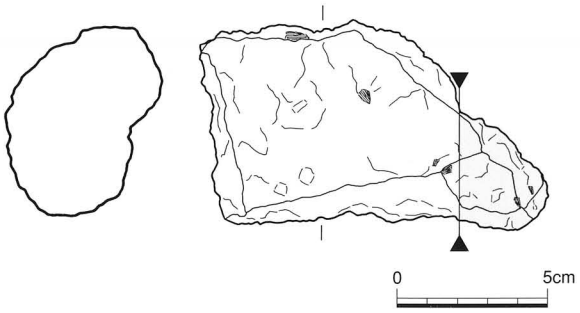
観察所見

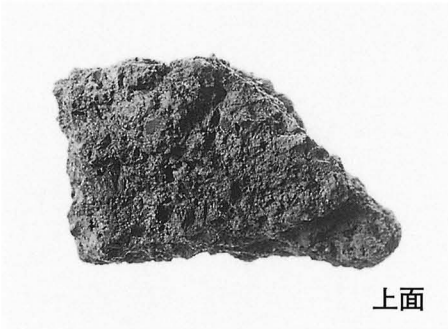
平面、不整台形をした厚板状の炉内滓の破片である。上下面が生きており、側面は基本的に破面である。破面数は5を数える。全体に気孔が多量に見られるスポンジ状の滓である。内部に木炭痕を持ち、表面の一部には粉炭が固着している。上面は平坦で、下面は短軸方向に向かう浅い樋状である。磁着は小範囲のみで、全体的には磁着が弱い。色調は表面が茶褐色から黒褐色で、地は黒褐色である。

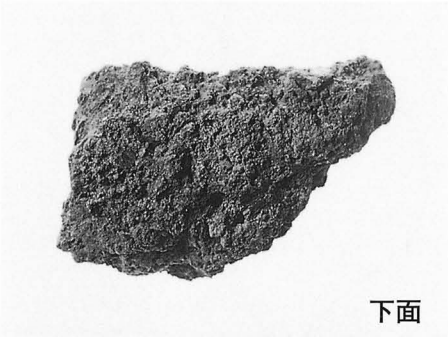
分析部分　長軸端部1/4を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

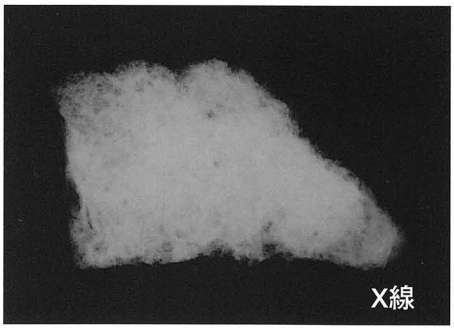
備　考

薄い個体ではあるが、炉底塊の破片であろうか。鉄部の生成範囲はわずかで、全体的にスポンジ状の滓主体である。なお側部の破面は直線状で、何らかの刃部を持つ工具による破面の可能性もあろう。









資料番号　29

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	390
	出土位置	B－5	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－29 化学：　－ 放射化：　－	法量	長径 8.9 cm 短径 15.3 cm 厚さ 6.1 cm 重量 757.8 g	色調	表：茶褐色～黒褐色 地:暗茶褐色	遺存度	破片
						破面数	4？
遺物種類（名称）	炉内滓（含鉄）			磁着度	8	前含浸	－
				メタル度	H（○）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡		◎
硬度	○	
CMA	○	
X線回析		
化学		
耐火度		
カロリー		
放射化		
X線透過		○

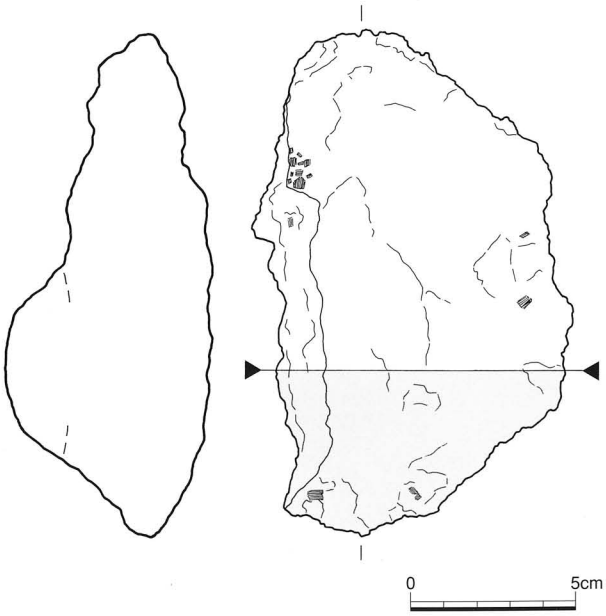
観察所見

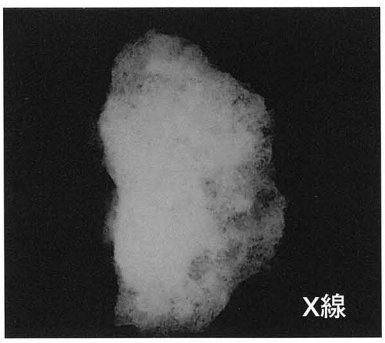
平面、不整半円形をした含鉄の炉内滓である。上面は生きているが、側面から下面は粉炭を主体とした酸化土砂が厚く、自然面か破面かはっきりしない点も多い。左側部は明瞭な破面である。肩部にも破面があり、破面数は少なくとも４面を数える。上面は平坦気味で左半分がやや小高くなっている。小さな凹凸がある可能性も残るが、凹部はほとんどが酸化物により埋められている。下面は浅い椀形で、面的やコブ状に粉炭主体の酸化土砂が付着している。透過X線像では内部も比較的ガス質である。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地は暗茶褐色である。

分析部分　短軸端部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

炉底塊の端部片なのか、炉壁表面に貼り付いた滓部なのか、はっきりしない遺物である。透過X線像では分析資料№28と類似点が多い。





資料番号　30

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	394
	出土位置	P－11	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－30 化学：－ 放射化：－	法量	長径 10.3 cm 短径 6.5 cm 厚さ 3.7 cm 重量 188.3 g	色調	表:暗茶褐色	遺存度	破片
					地：黒褐色	破面数	7
遺物種類（名称）	再結合滓（含鉄）			磁着度	7	前含浸	－
				メタル度	M（◎）	断面樹脂	－

分析	項目	滓	メタル
	マクロ	○	
	検鏡硬度CMA	○	
	X線回析		
	化学		
	耐火度		
	カロリー		
	放射化		
	X線透過		

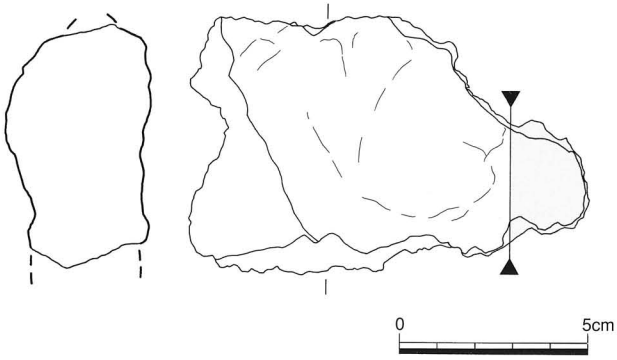
観察所見

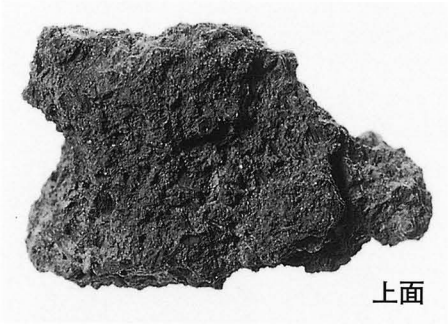
平面、不整多角形をした再結合滓の破片である。上下面の大半が生きており、側面は全面が破面である。破面数は7を数える。粉炭と滓片から成っており、部分的に砂鉄焼結部が点在する。木炭は2cm大以下で、一部に黒鉛化木炭片も確認できる。上面はわずかに突出部を持つが、全体的には平坦気味である。下面は左半分が生きており、茶褐色の土砂が薄く固着している。色調は表面が暗茶褐色で、地は黒褐色である。

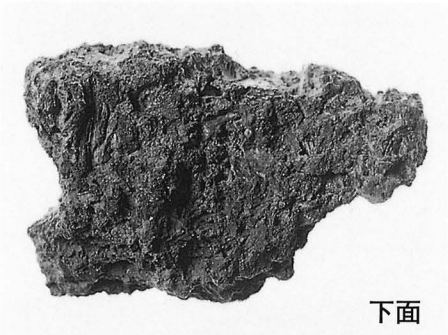
分析部分　長軸端部1/5を直線状に切断し、再結合滓として分析に用いる。残材返却。

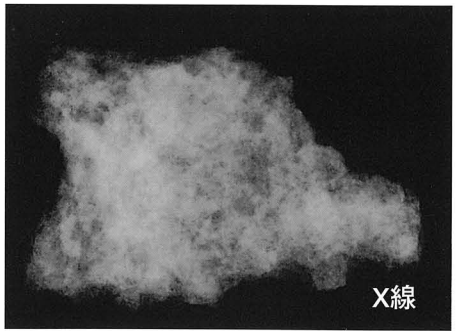
備　考

再結合滓は排滓場や製錬炉の炉床部などで形成される場合があり、本例はどちらかはっきりしない。黒鉛化木炭片が散在している上に、砂鉄焼結部が目立つことから、後者の可能性を推定しておきたい。









資料番号　31

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	399	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	包含層（2層）	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		○
試料記号	検鏡：MAK－31 化学：－ 放射化：－	法量 長径 2.5 cm 短径 2.2 cm 厚さ 0.4 cm 重量 4.8 g	色調	表：茶褐色 地：青黒色	遺存度 破片 破面数 3(4)	検鏡 硬度 CMA		◎
遺物種類（名称）	鉄製品（鍛造品）		磁着度	6	前含浸 －	X線回析 化学 耐火度		
			メタル度	H（○）	断面樹脂 ○	カロリー 放射化 X線透過		○

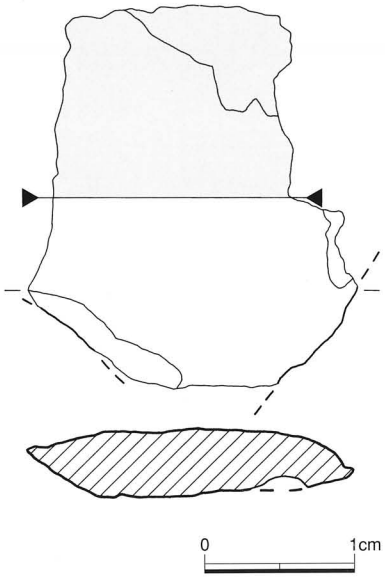
観察所見

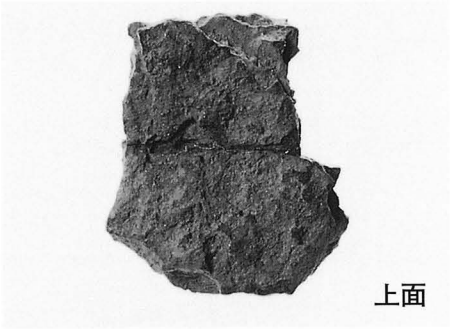
性格・用途とも不明の小さな薄板状の鉄製品の破片である。上下面は平坦な面をなし、外周部には新旧の破面が共存する。大きく2片に割れ、層状に剥離していることから、鍛造品と推定される。右側面の破面は新しい破面で、層状の剥離が都合6枚程度確認できる。一部の剥離層の中間部には、黄褐色の酸化物が生じている。メタル度はH（○）で、わずかながらもメタルが残っているようである。色調は表面が茶褐色で、地は青黒色である。

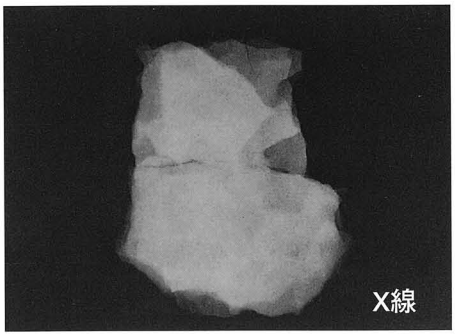
分析部分　短軸端部1/2を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

備　考

外周部が破面となっているため、本来の製品名は不明である。表面の錆色からは時期的に多少新しいかもしれない、という印象を持つ。







資料番号　32

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	400	分析	項目	滓	メタル
	出土位置	H－14	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ		○
試料記号	検鏡：MAK－32 化学：－ 放射化：－	法量 長径 6.5 cm 短径 0.9 cm 厚さ 0.8 cm 重量 21.3 g	色調	表：茶褐色	遺存度 破片	検鏡硬度CMA		◎
				地:暗茶褐色	破面数 2	X線回析 化学 耐火度		
遺物種類（名称）	鉄製品（鍛造品）		磁着度	6	前含浸 －	カロリー 放射化 X線透過		○
			メタル度	M（◎）	断面樹脂 ○			

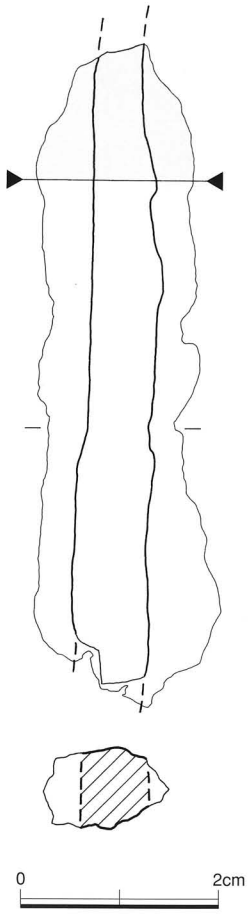
観察所見

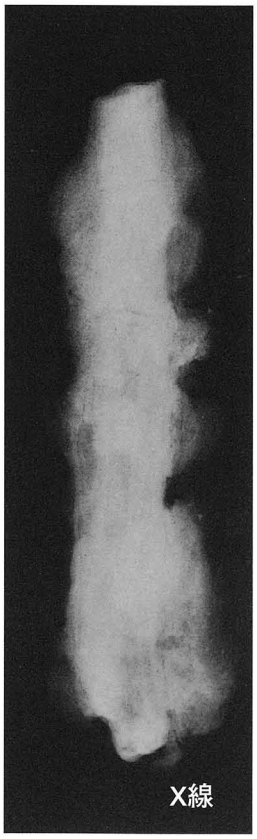
わずかに屈曲した方柱状の鉄製品の破片である。外周部には分厚く酸化土砂が取り巻き、端部に鉄製品の一部が覗いている。5mm大前後の幅を持ち、方柱状の各面は平坦に整えられている。錆化が進み、メタル部の残存は端部側にわずかな範囲である。

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。断面樹脂塗布。残材返却。

備　　考

釘状であるが、両端部が欠けているために、製品名としては不明である。





資料番号　33

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	404
	出土位置	K－16	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代

試料記号	検鏡：MAK－33 化学：－ 放射化：－	法量	長径 7.2 cm 短径 8.3 cm 厚さ 0.8 cm 重量 100.0 g	色調	表：茶褐色	遺存度	破片
					地：暗茶褐色	破面数	3
遺物種類（名称）	鉄製品（鋳造品）			磁着度	5	前含浸	－
				メタル度	H（○）	断面樹脂	○

分析 項目	滓	メタル
マクロ		○
検鏡硬度CMA		◎
X線回析 化学 耐火度		
カロリー 放射化 X線透過		○

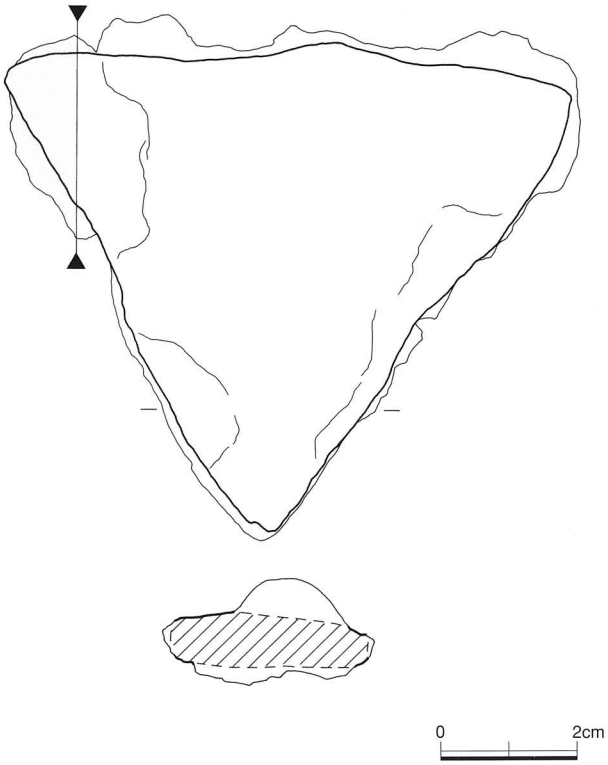
観察所見

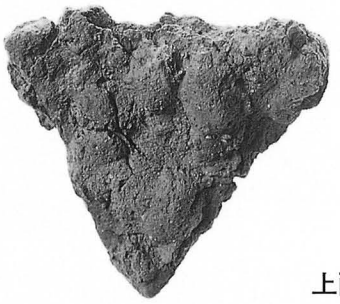
三角形をした、板状の鉄製品の破片である。側部は三辺ともに破面と推定される。各辺ともごく緩やかな弧状で、厚みは4.3mm前後である。鋳造品の体部破片と推定される。表裏面には分厚く茶褐色の酸化土砂が固着し、その間に放射割れが生じ始めている。磁着もごく一部を除き弱く、銹化がかなり進んでいることを窺わせる。色調は表面が茶褐色で、地は暗茶褐色である。

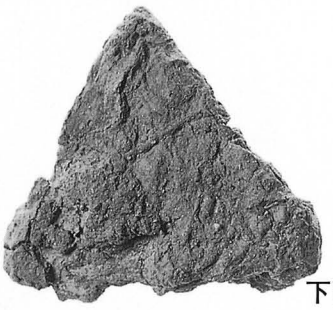
分析部分　長軸端部1/7を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

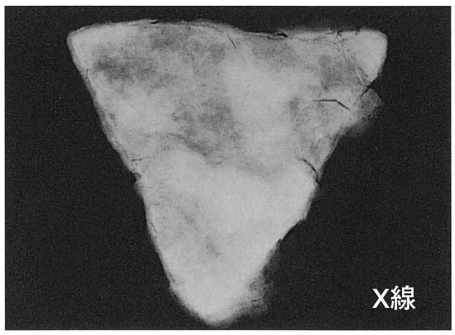
備　　考

Ⅱ区出土の唯一の鋳造品と推定される鉄製品の破片である。厚みやカーブなどからみて、鉄鍋の体部破片と推定される。









資料番号　34

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	407－1～8	分析	項目	木炭
	出土位置	A－8	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ	
試料記号	検鏡：MAK－34 化学：MAK－34 放射化：－	法量 長径 －cm 短径 －cm 厚さ －cm	色調 表：黒色 地：黒色	遺存度 － 破面数 －		検鏡硬度CMA	○
						X線回析 化学 耐火度	○
遺物種類（名称）	木炭（6点）	重量 小計99.99 g	磁着度 1 メタル度 なし	前含浸 － 断面樹脂 －		カロリー 放射化 X線透過	○

観察所見

広葉樹の環孔材を用いた黒炭である。木取りは縦ミカン割りとミカン割り後に平割りをしたものが、混在する。樹種により、割り方を変えている可能性が大。炭化はやや不良である。材の年輪数は一部がミカン割り後平割りを加えているため不明ながら、22年生から64年生と幅を持ち、平割りを加えているものも18年から32年以上と、年数を経た材を共通して用いている。

34－1　長さ9.5×幅4.3×厚さ3.1cm。重量40.05g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年輪数22本以上。炭化は不良。菊割れわずかにあり。黒炭。端部に斜めの工具痕。隙間に土砂かなり残る。

34－2　長さ6.4×幅4.0×厚さ2.9cm。重量19.56g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り後平割り。年輪数26本以上。炭化はやや不良。菊割れごくわずかにあり。黒炭。表面や隙間に土砂かなり残る。

34－3　長さ5.7×幅3.2×厚さ1.9cm。重量8.10g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り後平割り。年輪数32本以上。炭化はやや不良。菊割れなし。黒炭。端部に斜めの工具痕。表面に土砂薄く残る。

34－5　長さ6.2×幅3.1×厚さ1.7cm。重量8.89g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り後平割り。年輪数27本以上。炭化はやや不良。菊割れなし。黒炭。表面に土砂薄く残る。

34－6　長さ5.1×幅4.8×厚さ2.1cm。重量11.66g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り。年数64年生。炭化はやや不良。菊割れあり。黒炭。隙間に土砂わずかに残る。

34－7　長さ4.5×幅4.6×厚さ2.4cm。重量11.73g。広葉樹の環孔材。木取りは縦ミカン割り後平割り。年輪数18以上。炭化はやや不良。菊割れあり。黒炭。表面や隙間に土砂多目に残る。

分析部分　必要品を選択し、木炭として分析に用いる。樹種は分析資料№34－1が一種で、34－2・3・5が同一種で、34－6・7が同一種である。このバランスを考慮して選択のこと。残材返却。

備　考

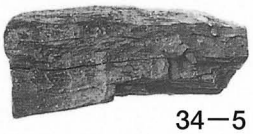
分析資料№34－4・8は水洗時に破損が激しく、土砂も取れにくいため、非分析とした。

34－1

34－2

34－3

34－4


34－5

34－6

34－7

34－8

資料番号　35

出土状況	遺跡名	槙ヶ垰遺跡　Ⅱ区	遺跡No.	410	分析	項目	木炭	
	出土位置	Q－13	時期：根拠	10世紀代：出土遺物 AD.860±60：C14年代		マクロ	○	
試料記号	検鏡：MAK－35 化学：－ 放射化：－	法量 長径 3.2 cm 短径 1.8 cm 厚さ 0.9 cm 重量 4.4 g	色調	表:暗茶褐色～鉛色 地：鉛色		検鏡硬度CMA	◎	
				遺存度	破片	X線回析化学耐火度		
				破面数	2			
遺物種類（名称）	黒鉛化木炭		磁着度	5	前含浸	カロリー放射化X線透過		
			メタル度	H（○）	断面樹脂			

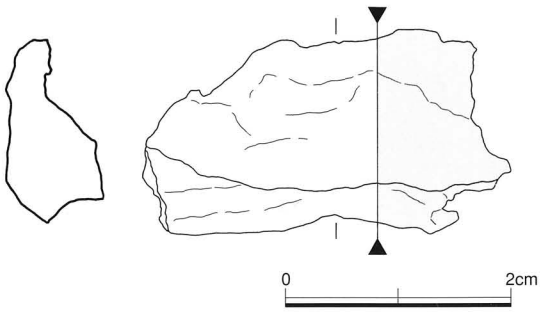
観察所見

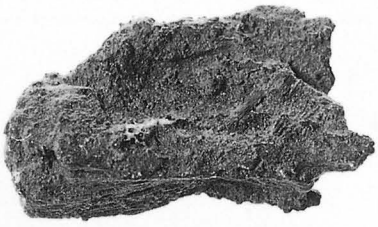
平面、不整五角形をした黒鉛化木炭の小片である。右側部が新しい破面で、それ以外の面は木炭組織の状態を反映している。表面は薄く酸化物に覆われており、裏面の一部が削れて鉛色の光沢を持った面が露出している。右側の破面は、キラキラした砂目状の風化した組織である。木炭は年輪の確認できる広葉樹材と判断される。磁着はまちまちである。色調は表面が暗茶褐色から鉛色、地は鉛色である。

分析部分　長軸端部1/3を直線状に切断し、黒鉛化木炭として分析に用いる。残材返却。

備　考

本遺跡では、黒鉛化木炭の出土量はごく少ない。本資料も小片で、端部が焼失気味である。分析資料№30の再結合滓の一部にも黒鉛化木炭の小片が確認され、部分的に炉内でも生成されたことが読み取れる。





上面

下面

第7章　自然科学的分析

第1節　槙ヶ垰遺跡出土安山岩製石器の原材産地分析

藁　科　哲　男
（京都大学原子炉実験所）

はじめに

石器石材の産地を自然科学的な手法を用いて、客観的に、かつ定量的に推定し、古代の交流、交易および文化圏、交易圏を探ると言う目的で、蛍光X線分析法によりサヌカイトおよび黒曜石遺物の石材産地推定を行なっている[1, 2, 3]。地質時代に自然の力で移動した岩石の出発露頭を元素分析で求めるとき、岩石と露頭原石の組成が一致すれば、その露頭から流れた岩石であると言うことは、自然法則に従って流れたルートを証明できる。産地分析では『石器とある産地の原石が一致したからと言って、そこの産地のものと言い切れないが、一致しなかった場合そこの産地のものでないと言い切れる』が大原則である。人が移動させた石器の組成とA産地原石の組成が一致したからと言って、産地と出土遺跡の間に地質的関連性がないため、移動ルートが自然の法則に従って証明できず、その石器がA産地の原石と決定することができない。従って、石器原材と産地原石が一致したことが、直ちに考古学の資料とならない。確かにA産地との交流で伝播した可能性は否定できなくなったが、B、C、Dの産地でないとの証拠がないために、A産地だと言い切れない。A産地と一致しなかった場合、結果は考古学の資料として非常に有用である。それは石器に関してはA産地と交流がなかったと言い切れるからである。考古学において様式が一致すると言う結果が非常に重要な意味を持っていて、まず見える様式としての形態、文様があり、それから見えない様式として土器、青銅器、ガラスなどの素材があり、それらが一致すると言うことは古代人が意識して一致させた可能性があり、また一致すると言うことは、古代人の思考が一致すると考えてもよく、相互関係を調査する上で重要な意味を持っている。

地質など自然科学の場合は、自然科学的方法（物理・化学的方法）に従って産地を特定するものである。しかし、分析装置を使用すれば科学的分析と誤解している科学者が一部にみられるが、あくまで装置は物差しにすぎず、得られた結果を自然の法則に従って処理し産地を特定しなければならない。考古学者は考古学を基準にして、例えば産地が遺跡から近い、移動キャンプ地のルート上に位置する、または原産地地方との交流が石器以外の他の遺物で証明されているなどの条件を考えて、石器の石質と一致する最も近い産地の原石を肉眼観察を基準にして推測する。しかしこの結果が信用されるのは、石質の一致という条件よりも産地との交流を推測できる考古学条件に無理がない場合である。これは、遺跡から500km以上離れた産地の石材が石器と一致しても、遠距離の産地を言わず、近くの一致した産地しか言わないことから分かる。従って、実際に遠距離から伝播した原材でも、近くの産地のものとして処理してしまっている。だが日本中の産地の石材を観察すると、とても肉眼観察で産地を特定することはできないと思う。また地質学者に聞いても、とても肉眼観察で産地など特定できないと言う人が多い。このことから客観的なデータに基づいて決定した石器原材の岩石名、産出産地を記さなければ、報告書全体が正確さを欠くように思われる。黒曜石、サヌカイトなどの主成分組成は、原産地ごとに大きな差はみられないが、不純物として含有される微

量成分組成には異同があると考えられるため、微量成分を中心に元素分析を行ない、これを産地を特定する指標とした。分類の指標とする元素組成を遺物について求め、あらかじめ、各原産地ごとに数十個の原石を分析して求めておいた各原石群の元素組成の平均値、分散などと遺物のそれを対比して産地を推定する。この際多変量解析の手法を用いて、各産地に帰属される確率を求めて産地を同定する。

蛍光Ｘ線分析法は試料を破壊せずに分析することができて、かつ、試料調整が単純、測定の操作も簡単である。石器のような古代人の日用品で多数の試料を分析しなければ遺跡の正しい性格が分からないという場合にはことさら有利な分析法である。

今回分析した遺物は島根県木次町に位置する槙ヶ坪遺跡出土の安山岩製石鏃１個、石斧１個、石棒１個の合計３個について産地分析の結果が得られたので報告する。

安山岩原石の分析

安山岩原石の自然面を打ち欠き、新鮮面を出し、塊状の試料を作り、エネルギー分散型蛍光Ｘ分析装置によって元素分析を行なう。分析元素はAl、Si、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr、Y、Zr、Nbの12元素をそれぞれ分析した。

塊試料の形状差による分析値への影響を打ち消すために元素量の比を取り、それでもって産地を特定する指標とした。

サヌカイト、ガラス質安山岩など安山岩、玄武岩では、K／Ca、Ti／Ca、Mn／Sr、Fe／Sr、Rb／Sr、Y／Sr、Zr／Sr、Nb／Srの比量を指標として用いる。サヌカイトの原産地は、西日本に集中してみられ、石材として良質な原石の産地、および質は良くないが考古学者の間で使用されたのではないかと話題に上る産地、その他には玄武岩、ガラス質安山岩など、合わせて32ヶ所の調査を終えている。図１にサヌカイトの原産地の地点を示す。このうち、香川県の金山・五色台地域では、その中の多く地点からは良質のサヌカイトおよびガラス質安山岩が多量に産出し、かつそれらは数ヶの群に分かれる。近年、丸亀市の双子山の南嶺から産出するサヌカイト原石で双子山群を確立し、またガラス質安山岩は細石器時代に使用された原材で善通寺市の大麻山南からも産出している。これらの原石を良質の原石が産出する産地および原石産地不明の遺物として元素組成で分類すると108個の原石群に分類でき、その結果を表１に示した。香川県内の石器原材の産地では金山・五色台地域のサヌカイト原石を分類すると、金山西群、金山東群、国分寺群、蓮光寺群、白峰群、法印谷群の６個の群、城山群および双子山群に、またガラス質安山岩は、金山奥池・五色台地区産が奥池第一、二群、雄山群、神谷・南山群の４個の群に、大麻山南産が大麻山南第一、二群の２群にそれぞれ分類され区別が可能なことを明らかにした。金山・五色台地域産のサヌカイト原石の諸群にほとんど一致する元素組成を示すサヌカイト原石が淡路島の岩屋原産地の堆積層から円礫状で採取される。これら岩屋のものを分類すると、全体の約２／３が表２に示す割合で金山・五色台地域の諸群に一致し、これらが金山・五色台地域から流れ着いたことがわかる。淡路島中部地域の原産地である西路山地区および大崩地区からは、それぞれの地区に対して92％および88％の割合で岩屋第一群に一致する原石が存在し、その他に群を作らない数個の原石がみられ、金山・五色台地域の諸群に一致するものはみられなかった。和泉・岸和田原産地からも全体の約１％であるが金山東群に一致する原石が採取される（表３）。また和歌山市梅原原産地からは、金山原産地の原石に一

致する原石はみられない（表４）。仮に、遺物が岩屋、和泉・岸和田原産地などの原石で作られている場合には、産地分析の手続きは複雑になる。その遺跡から10個以上の遺物を分析し、表２、３のそれぞれの群に帰属される頻度分布を求め、確率論による期待値と比較して確認しなければならない。二上山群を作った原石は奈良県北葛城郡当麻町に位置する二上山を中心にした広い地域から採取された。この二上山群と組成の類似する原石は和泉・岸和田の原産地から６％の割合で採取されることから、一遺跡10個以上の遺物を分析し、表４のそれぞれの群に帰属される頻度分布をもとめて、和泉・岸和田原産地の原石が使用されたかどうか判断しなければならない。

結果と考察

遺跡から出土した石器、石片は、風化のためサヌカイト製は表面が白っぽく変色し、新鮮な部分と異なった元素組成になっている可能性が考えられる。このため遺物の測定面の風化した部分に、圧縮空気によってアルミナ粉末を吹きつけ風化層を取り除き新鮮面を出して測定を行なった。

今回分析した槙ヶ垰遺跡から出土した安山岩製石器の分析結果を表５に示した。石器の分析結果から石材産地を同定するために数理統計の手法を用いる。例えば試料番号80588番の遺物ではRb／Srの値は0.339で、金山東群の［平均値］±［標準偏差値］は、0.316±0.017である。遺物と原石群の差を標準偏差値（σ）を基準にして考えると遺物は原石群から1.3σ離れている。ところで金山東原産地から100個の原石を採ってきて分析すると、平均値から±1.3σのずれより大きいものが19個ある。すなわち、この遺物が金山東群の原石から作られていたと仮定しても、1.3σ以上離れる確率は19％であると言える。だから、金山東群の平均値から1.3σしか離れていないときには、この遺物が金山東群の原石から作られたものでないとは、到底言い切れない。ところがこの遺物を二上山産地の原石に比較すると、二上山群の平均値からの隔たりは、約９σである。これを確率の言葉で表現すると、二上山群の原石を採ってきて分析したとき、平均値から9σ以上離れている確率は、十億分の一であると言える。このように、一億個に一個しかないような原石をたまたま採取して、この遺物が作られたとは考えられないから、この遺物は、二上山群の原石から作られたものではないと断定できる。これらのことを簡単にまとめて言うと、「この遺物は金山東群に19％で帰属され、信頼限界の0.1％を満たしていることから金山東産原石が使用されいると同定され、さらに二上山群に対しては千万分の一％の低い確率で帰属され、信頼限界の0.1％に満たないことから二上山産原石でないと同定される」。遺物が一ヶ所の産地（金山東産地）と一致したからと言って、例え金山東群と二上山群の原石は成分が異なっていても、分析している試料は原石でなく遺物で、さらに分析誤差が大きくなる不定形（非破壊分析）であることから、他の産地に一致しないとは言えない。同種岩石の中での分類である以上、他の産地にも一致する可能性は推測される。即ちある産地（金山東群）に一致し、必要条件を満たしたと言っても一致した産地の原石とは限らないために、帰属確率による判断を表１の108個すべての原石群について行ない、低い確率で帰属された原石群を消して、十分条件を満たしていくことにより、はじめて金山東産地の石材のみが使用されていると判定される。実際はRb／Srといった唯１個の変量だけでなく、前述した８個の変量で取り扱うので変量間の相関を考慮しなければならならい。例えばA原産地のA群で、Ca元素とRb元素との間に相関があり、Caの量を計ればRbの量は分析しなくても分かるようなときは、A群の石材で作られた遺物であれば、A群と比較したとき、Ca量が一致すれば当然Rb量も一致するはずであ

る。したがって、もしRb量だけが少しずれている場合には、この試料はＡ群に属していないと言わなければならない。このことを数量的に導き出せるようにしたのが相関を考慮した多変量統計の手法であるマハラノビスの距離を求めて行なうホテリングのＴ２乗検定である。これによって、それぞれの群に帰属する確率を求めて産地を同定する[4、5]。産地の同定結果は１個の遺物に対して、サヌカイト製では108個の推定確率結果が得られている。今回産地分析を行った遺物の産地推定結果については、低い確率で帰属された原産地の推定確率は紙面の都合上記入を省略しているが、これら産地の可能性が非常に低いことを確認したという非常に重要な意味を含んでいる。すなわち、香川県の金山東産原石と判定された遺物について、奈良県の二上山の原石とか北海道旭山産の原石の可能性を考える必要がない結果で、高い確率で同定された産地のみの結果を表６に記入した。原石群を作った原石試料は直径３㎝以上であるが、多数の試料を処理するために、小さな遺物試料の分析に多くの時間をかけられない事情があり、短時間で測定を打ち切る。このため、得られた遺物の測定値には、大きな誤差範囲が含まれ、ときには原石群の元素組成のバラツキの範囲を越えて大きくなる。したがって、小さな遺物の産地推定を行なったときに、判定の信頼限界としている0.1％に達しない確率を示す場合が比較的多くみられる。この場合には、原石産地（確率）の欄の確率値に替えて、マハラノビスの距離Ｄ２乗の値を記した。この遺物については、記入されたＤ２乗の値が原石群の中で最も小さなＤ２乗値で、この値が小さい程、遺物の元素組成はその原石群の組成と似ていると言えるため、推定確率は低いが、そこの原石産地と考えてほゞ間違いないと判断されたものである。今回分析した槙ヶ垰遺跡出土の安山岩製石鏃１個に金山東産が使用されている。ここで、金山産原石と同定された金山東群のサヌカイトは香川県金山原産地以外に岩屋原産地、和泉・岸和田原産地からも採取されるため、これら遺物の原石産地は複数の地点を考えなければならない。槙ヶ垰遺跡出土の金山東産と同定された１個を岩屋原産地から採取する確率は0.05の確率になり、和泉・岸和田原産地から0.01の確率になる。これらの確率は低いとは言えず、槙ヶ垰遺跡の石鏃の原石産を香川県の金山東限定したときに、誤判定の確率は最大５％含まれるとも解釈できる。この誤判定の可能性を低くするには、出土遺物の分析個数を増やすことにより、より精度の高い判定が求められる。例えば尾原ダム地域（川平Ｉ、垣ノ内、家の後Ｉ、槙ヶ垰）から出土する金山東群に同定された９個の遺物が岩屋原産地から採取される確率は0.05を９乗した百億分の一パーセントにまで低くなり、この９個は、岩屋および和泉・岸和田原産地から採取されたものでないと結論され、香川県の金山東麓原産地から伝搬した原石を使用したと言える。次に分析番号80589と80590番の石斧、石棒は表１のサヌカイト原石・遺物群の何処にも一致せず原石産地は特定できなかった。これら石材の使用圏を明らかにし、槙ヶ垰遺跡との関わりを明らかにしていくということを目的に、この２個の遺物の分析場所を変えて48回分析し、槙ヶ垰石斧群と槙ヶ垰石棒群の遺物群を作ったことにより、他の遺跡において、この群の使用圏を明らかにできる。これら石器原材の伝播に伴って、原石産地地方の生活とか文化情報が伝達すると推測すると、槙ヶ垰遺跡では、瀬戸内地方、香川県金山東産地地域の情報を入手していたと推測しても産地分析の結果と矛盾しない。

参考文献

1）藁科哲男・東村武信（1975），蛍光X線分析法によるサヌカイト石器の原産地推定（Ⅱ）。考古学と自然科学，8：61－69

2）藁科哲男・東村武信・鎌木義昌（1977），（1978），蛍光X線分析法によるサヌカイト石器の原産地推定（Ⅲ）。（Ⅳ）。考古学と自然科学，10,11：53－81：33－47

3）藁科哲男・東村武信（1983），石器原材の産地分析。考古学と自然科学，16：59－89

4）東村武信（1976），産地推定における統計的手法。考古学と自然科学，9：77－90

5）東村武信（1980），考古学と物理化学。学生社

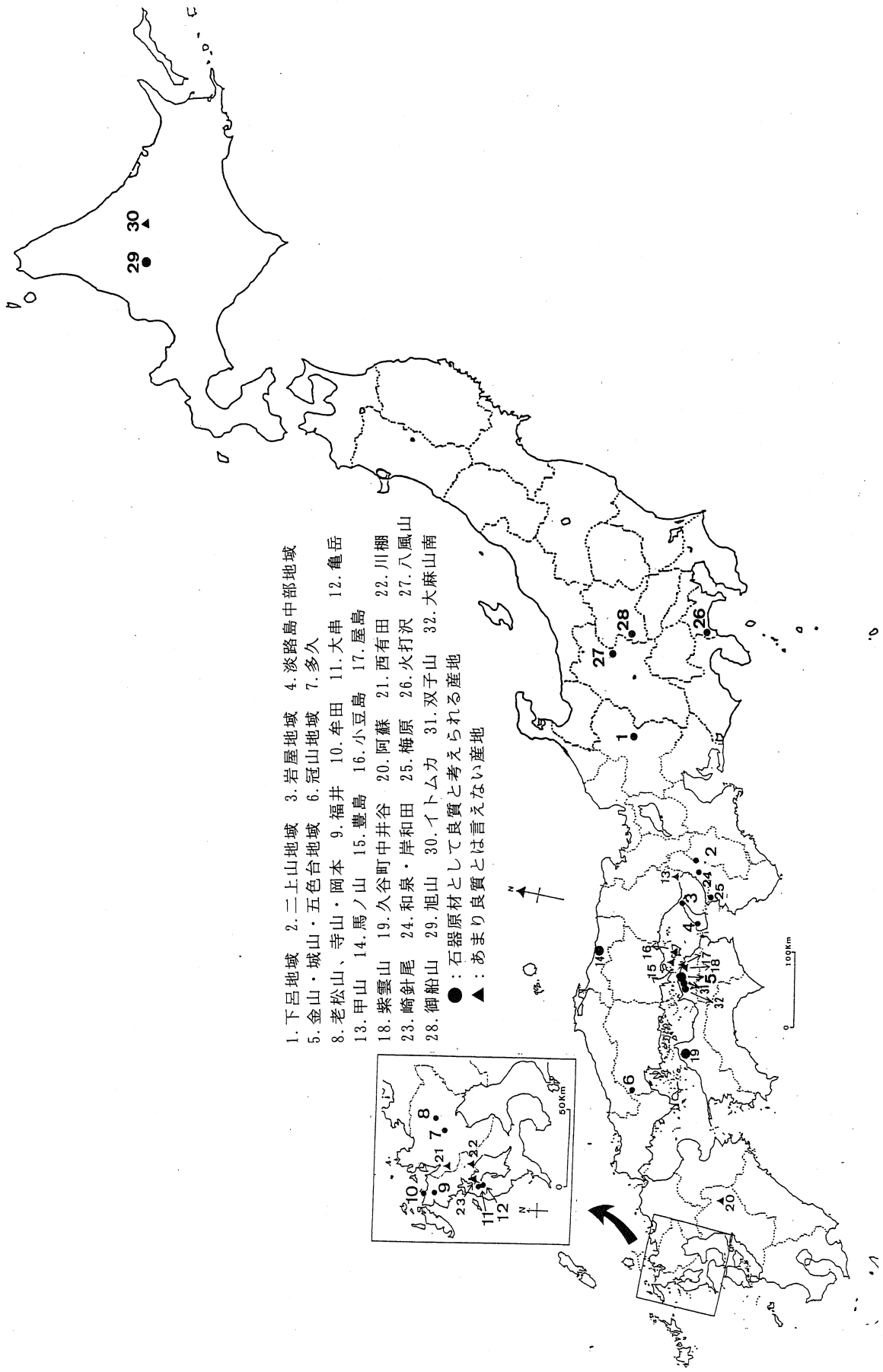


図１　サヌカイト及びサヌカイト様岩石の原産地

表1－1　各サヌカイトの原産地における原石群の元素比の平均値と標準偏差値

原産地	原石群名	分析個数	K／Ca	Ti／Ca	Mn／Sr	Fe／Sr	Rb／Sr	Y／Sr	Zr／Sr	Nb／Sr	Al／Ca	Si／Ca
			元素比									
北海道	イトムカ	46	0.359±0.020	0.430±0.014	0.081±0.006	5.884±0.223	0.166±0.011	0.120±0.013	0.883±0.030	0.015±0.013	0.013±0.001	0.137±0.007
	旭山	80	0.351±0.011	0.288±0.010	0.089±0.005	5.064±0.140	0.174±0.011	0.096±0.009	0.903±0.029	0.015±0.012	0.015±0.001	0.141±0.005
新潟県	極野	48	0.231±0.008	0.349±0.028	0.141±0.015	10.218±0.328	0.141±0.012	0.159±0.011	0.819±0.042	0.019±0.012	0.012±0.001	0.124±0.005
群馬県	荒船山	43	0.194±0.070	0.360±0.028	0.129±0.014	9.205±1.153	0.080±0.034	0.085±0.014	0.458±0.082	0.009±0.010	0.013±0.021	0.123±0.032
長野県	横川	70	0.183±0.007	0.340±0.017	0.153±0.017	11.018±0.398	0.118±0.011	0.157±0.013	0.721±0.030	0.019±0.009	0.012±0.001	0.113±0.005
	八風山	46	0.274±0.028	0.324±0.010	0.090±0.008	4.905±0.505	0.104±0.009	0.100±0.009	0.581±0.033	0.012±0.009	0.018±0.002	0.168±0.014
神奈川県	火打沢	40	0.092±0.005	0.285±0.009	0.166±0.009	12.406±0.332	0.023±0.006	0.111±0.008	0.483±0.023	0.005±0.007	0.012±0.001	0.012±0.001
岐阜県	下呂	93	1.576±0.055	0.227±0.011	0.038±0.004	0.766±0.025	0.277±0.020	0.031±0.013	0.504±0.024	0.035±0.009	0.052±0.003	0.660±0.025
奈良県	二上山	51	0.288±0.010	0.215±0.006	0.071±0.006	4.629±0.270	0.202±0.012	0.066±0.009	0.620±0.022	0.024±0.010	0.019±0.001	0.144±0.005
大阪府	和泉	26	0.494±0.023	0.325±0.025	0.056±0.004	4.060±0.148	0.296±0.021	0.065±0.010	0.706±0.025	0.038±0.010	0.023±0.001	0.194±0.009
兵庫県	岩屋第一	28	0.616±0.021	0.254±0.012	0.057±0.005	3.610±0.189	0.365±0.019	0.056±0.012	0.846±0.026	0.027±0.017	0.018±0.001	0.186±0.007
	〃 第二	24	0.535±0.020	0.263±0.005	0.053±0.005	3.438±0.103	0.340±0.015	0.042±0.012	1.069±0.030	0.026±0.014	0.017±0.001	0.173±0.008
	甲山	22	0.300±0.017	0.154±0.005	0.056±0.007	3.350±0.261	0.130±0.012	0.061±0.033	0.574±0.021	0.012±0.007	0.018±0.001	0.159±0.008
香川県	五色台 国分寺	28	0.457±0.011	0.251±0.007	0.053±0.005	3.574±0.122	0.311±0.019	0.043±0.016	0.970±0.033	0.038±0.015	0.015±0.001	0.149±0.005
	五色台 蓮光寺	18	0.459±0.012	0.249±0.008	0.053±0.005	3.518±0.129	0.308±0.019	0.043±0.015	0.972±0.037	0.034±0.009	0.016±0.001	0.150±0.004
	五色台 白峰	51	0.534±0.015	0.262±0.005	0.053±0.005	3.376±0.108	0.340±0.014	0.040±0.016	1.071±0.051	0.032±0.011	0.017±0.001	0.173±0.007
	五色台 法印谷	25	0.397±0.009	0.239±0.004	0.069±0.005	4.619±0.127	0.277±0.012	0.059±0.011	1.145±0.029	0.031±0.013	0.015±0.001	0.130±0.004
	金山 金山東	24	0.488±0.012	0.222±0.004	0.079±0.005	4.617±0.126	0.316±0.017	0.057±0.011	1.186±0.033	0.020±0.015	0.017±0.001	0.155±0.005
	金山 〃 西	19	0.406±0.009	0.216±0.005	0.082±0.005	4.808±0.125	0.292±0.017	0.064±0.011	1.059±0.025	0.020±0.011	0.015±0.001	0.133±0.006
	城山	63	0.402±0.011	0.216±0.006	0.079±0.006	4.741±0.138	0.289±0.014	0.068±0.016	1.065±0.026	0.021±0.014	0.013±0.001	0.116±0.003
	双子山	54	0.350±0.007	0.233±0.005	0.074±0.006	4.898±0.169	0.261±0.012	0.061±0.014	1.093±0.035	0.023±0.016	0.011±0.002	0.105±0.004
	＊奥池第一群	51	0.842±0.046	0.127±0.006	0.024±0.006	2.087±0.088	0.492±0.030	0.018±0.018	0.722±0.047	0.045±0.013	0.035±0.003	0.434±0.024
	＊奥池第二群	50	0.641±0.052	0.133±0.007	0.033±0.007	2.471±0.135	0.391±0.028	0.021±0.017	0.934±0.067	0.038±0.011	0.029±0.003	0.331±0.027
	＊雄山	50	0.827±0.052	0.128±0.006	0.026±0.008	2.119±0.091	0.485±0.032	0.016±0.018	0.731±0.050	0.043±0.014	0.035±0.003	0.421±0.027
	＊神谷・南山	51	0.852±0.040	0.131±0.007	0.027±0.008	2.083±0.088	0.495±0.026	0.020±0.016	0.703±0.045	0.050±0.014	0.035±0.004	0.433±0.023
	＊大麻山南第一	39	0.693±0.072	0.149±0.007	0.041±0.010	2.792±0.180	0.473±0.043	0.034±0.021	0.965±0.061	0.044±0.012	0.029±0.003	0.344±0.038
	＊ 〃 第二	34	0.992±0.041	0.124±0.009	0.034±0.011	2.370±0.138	0.691±0.024	0.021±0.022	0.774±0.032	0.054±0.015	0.039±0.004	0.480±0.018
愛媛県	中井谷	40	0.458±0.041	0.374±0.007	0.073±0.009	5.160±0.157	0.393±0.022	0.108±0.017	1.473±0.051	0.037±0.021	0.020±0.008	0.219±0.009
鳥取県	馬ノ山	23	0.188±0.007	0.178±0.006	0.011±0.001	0.916±0.033	0.032±0.002	0.001±0.002	0.177±0.009	0.004±0.002	0.015±0.001	0.111±0.005
	下砂見	46	0.168±0.003	0.162±0.004	0.021±0.003	1.447±0.038	0.028±0.004	0.011±0.003	0.262±0.026	0.007±0.003	0.016±0.001	0.119±0.005
	坂本	51	0.442±0.012	0.444±0.044	0.061±0.006	3.570±0.097	0.109±0.008	0.080±0.009	0.988±0.032	0.078±0.009	0.027±0.003	0.206±0.006

坂本原石産地は岡山理科大学白石純氏発見の原産地（近日正式発表予定）

表1－2　各サヌカイトの原産地における原石群の元素比の平均値と標準偏差値

原産地		原石群名	分析個数	K／Ca	Ti／Ca	Mn／Sr	Fe／Sr	Rb／Sr	Y／Sr	Zr／Sr	Nb／Sr	Al／Ca	Si／Ca
広島県	冠	冠高原	60	0.651±0.021	0.485±0.014	0.046±0.004	3.322±0.104	0.174±0.009	0.029±0.009	0.462±0.017	0.185±0.010	0.025±0.002	0.241±0.008
		伴蔵C	45	0.277±0.010	0.345±0.008	0.019±0.002	1.604±0.057	0.039±0.015	0.008±0.006	0.368±0.012	0.026±0.006	0.019±0.001	0.171±0.006
		伴蔵A	51	0.340±0.008	0.319±0.008	0.020±0.003	1.347±0.025	0.047±0.011	0.011±0.005	0.381±0.021	0.044±0.056	0.019±0.002	0.190±0.009
		冠山東	29	0.323±0.019	0.363±0.031	0.019±0.001	1.607±0.060	0.059±0.009	0.003±0.005	0.399±0.043	0.025±0.009	0.021±0.001	0.171±0.006
	山	飯山	25	1.116±0.061	0.472±0.022	0.037±0.005	2.228±0.080	0.245±0.011	0.023±0.009	0.524±0.014	0.246±0.013	0.038±0.003	0.391±0.021
山口県		平生	45	0.184±0.009	0.190±0.006	0.112±0.031	7.290±0.346	0.170±0.015	0.077±0.011	0.691±0.040	0.026±0.010	0.011±0.001	0.097±0.004
福岡県	八女市	昭和池第一	50	1.825±0.041	0.644±0.024	0.053±0.007	2.125±0.063	0.453±0.019	0.107±0.017	1.477±0.049	0.044±0.022	0.050±0.003	0.500±0.012
		〃 第二	50	1.592±0.066	0.609±0.020	0.061±0.005	3.075±0.123	0.534±0.039	0.111±0.020	1.671±0.134	0.049±0.012	0.042±0.003	0.419±0.014
		〃 第三	50	3.144±0.069	0.724±0.036	0.073±0.009	2.919±0.099	0.925±0.048	0.181±0.026	2.820±0.114	0.072±0.020	0.074±0.026	0.817±0.040
		〃 第四	50	1.922±0.108	0.681±0.050	0.064±0.005	3.023±0.103	0.607±0.033	0.122±0.017	1.887±0.098	0.050±0.015	0.050±0.004	0.499±0.018
佐賀県		多久第一	53	0.831±0.047	0.404±0.013	0.056±0.007	4.718±0.225	0.510±0.037	0.062±0.019	0.850±0.033	0.222±0.018	0.016±0.003	0.201±0.011
		〃 第二	23	0.834±0.055	0.396±0.016	0.065±0.010	5.342±0.317	0.566±0.047	0.081±0.028	0.866±0.046	0.242±0.023	0.016±0.005	0.202±0.014
		〃 第三	8	1.097±0.232	0.350±0.028	0.065±0.014	4.498±0.903	0.701±0.084	0.084±0.025	0.828±0.052	0.239±0.019	0.021±0.003	0.263±0.046
		梅野	42	1.287±0.051	0.340±0.013	0.058±0.010	3.643±0.225	0.784±0.030	0.081±0.022	0.824±0.033	0.265±0.032	0.038±0.009	0.458±0.050
		老松山	62	0.705±0.034	0.314±0.011	0.067±0.009	5.323±0.244	0.543±0.036	0.075±0.021	0.691±0.034	0.208±0.023	0.014±0.002	0.174±0.007
		寺山・岡本	30	0.629±0.043	0.310±0.010	0.070±0.008	5.600±0.323	0.489±0.029	0.066±0.017	0.644±0.032	0.192±0.018	0.013±0.001	0.157±0.010
		西有田	17	0.453±0.019	0.331±0.005	0.098±0.010	7.489±0.249	0.307±0.024	0.081±0.015	0.568±0.023	0.106±0.010	0.023±0.002	0.237±0.016
		松尾転礫	47	0.717±0.036	0.410±0.012	0.081±0.006	5.312±0.241	0.383±0.024	0.094±0.013	0.810±0.039	0.095±0.023	0.028±0.027	0.291±0.014
		松尾第二	40	0.970±0.032	0.330±0.009	0.066±0.007	3.683±0.122	0.431±0.021	0.077±0.016	0.554±0.023	0.110±0.021	0.034±0.003	0.377±0.012
		椎葉崖第一	42	0.822±0.027	0.369±0.010	0.065±0.007	3.888±0.236	0.392±0.021	0.076±0.018	0.540±0.049	0.089±0.020	0.027±0.009	0.330±0.013
		〃 第二	41	0.675±0.016	0.390±0.010	0.073±0.007	4.666±0.218	0.346±0.021	0.078±0.012	0.582±0.065	0.087±0.013	0.024±0.007	0.280±0.011
		〃 第三	12	0.538±0.011	0.401±0.007	0.076±0.010	5.271±0.189	0.296±0.019	0.075±0.015	0.587±0.024	0.075±0.009	0.022±0.002	0.227±0.009
		〃 第四	37	0.744±0.014	0.409±0.010	0.080±0.010	5.176±0.202	0.399±0.020	0.092±0.015	0.807±0.027	0.096±0.023	0.029±0.003	0.302±0.010
長崎県		大串	28	1.111±0.118	0.140±0.009	0.055±0.020	1.650±0.236	0.236±0.043	0.041±0.027	0.486±0.038	0.082±0.022	0.050±0.006	0.607±0.059
		亀岳	19	1.072±0.042	0.144±0.008	0.041±0.006	1.776±0.152	0.233±0.014	0.015±0.013	0.497±0.018	0.065±0.015	0.049±0.003	0.587±0.018
		牟田第一	30	0.784±0.092	0.345±0.026	0.069±0.008	4.561±0.236	0.875±0.132	0.220±0.028	0.727±0.053	0.299±0.039	0.015±0.003	0.188±0.021
		〃 第二	13	0.594±0.048	0.328±0.013	0.088±0.010	7.759±0.411	1.114±0.104	0.348±0.031	0.989±0.071	0.496±0.041	0.012±0.001	0.144±0.010
		川棚第一	59	0.498±0.030	0.302±0.011	0.067±0.005	4.225±0.181	0.220±0.018	0.076±0.010	0.814±0.048	0.035±0.012	0.012±0.002	0.133±0.008
		〃 第二	9	0.406±0.048	0.265±0.027	0.071±0.004	4.854±0.374	0.203±0.029	0.081±0.012	0.714±0.048	0.034±0.017	0.011±0.001	0.109±0.011
		福井第一	15	0.630±0.012	0.329±0.005	0.090±0.011	7.531±0.315	1.211±0.040	0.365±0.035	1.028±0.047	0.534±0.033	0.013±0.001	0.154±0.003
		〃 第二	25	0.512±0.014	0.317±0.008	0.084±0.011	7.157±0.312	0.941±0.037	0.301±0.027	0.874±0.043	0.431±0.033	0.011±0.002	0.126±0.004
		崎針尾第一	68	0.382±0.026	0.252±0.023	0.052±0.006	4.106±0.227	0.160±0.018	0.057±0.009	0.434±0.039	0.056±0.011	0.010±0.001	0.107±0.007
		〃 第二	14	0.599±0.115	0.373±0.045	0.073±0.014	5.167±0.749	0.320±0.058	0.077±0.016	0.650±0.084	0.086±0.027	0.015±0.002	0.163±0.031
		駒崎鼻	42	0.642±0.071	0.310±0.010	0.070±0.008	5.529±0.354	0.498±0.051	0.081±0.015	0.656±0.039	0.200±0.028	0.022±0.006	0.246±0.023
熊本県		阿蘇第一	15	2.006±0.258	0.646±0.052	0.064±0.011	2.085±0.320	0.481±0.068	0.106±0.028	1.647±0.197	0.063±0.012	0.057±0.010	0.597±0.099
		〃 第二	14	0.993±0.198	0.514±0.070	0.061±0.008	3.087±0.441	0.299±0.066	0.064±0.013	1.043±0.182	0.038±0.013	0.032±0.005	0.293±0.041
		菊池	42	0.678±0.057	0.458±0.020	0.062±0.005	3.457±0.206	0.194±0.018	0.072±0.009	0.728±0.054	0.025±0.010	0.019±0.002	0.185±0.015
		JG－1 a)	56	1.327±0.021	0.266±0.006	0.058±0.006	2.817±0.074	0.756±0.015	0.183±0.024	0.762±0.033	0.078±0.014	0.036±0.003	0.448±0.011

平均値±標準偏差値、　＊：黒曜石様ガラス質安山岩　a)：Ando,A., Kurasawa,H., Ohmori,T. & Takeda,E.(1974). 1974 compilation of data on the GSJ geochemical reference samples JG-1 granodiorite and JB-1 basalt. Geochemical Journal Vol.8 175-192.

表１－３　原石産地不明の組成の似た遺物で作られた遺物群の元素比の平均値と標準偏差値

遺跡名	遺物群名	分析個数	元素比 K／Ca	Ti／Ca	Mn／Sr	Fe／Sr	Rb／Sr	Y／Sr	Zr／Sr	Nb／Sr	Al／Ca	Si／Ca
北海道	頭無川遺物群	35	0.352±0.029	0.291±0.021	0.094±0.012	5.376±0.721	0.170±0.015	0.103±0.016	0.874±0.101	0.018±0.011	0.017±0.021	0.156±0.090
石川県	酒見遺物群	39	0.476±0.016	0.596±0.012	0.097±0.053	5.229±0.168	0.160±0.010	0.110±0.015	1.282±0.033	0.031±0.008	0.025±0.017	0.228±0.075
岐阜県	野笹No.261他群	56	0.632±0.032	0.393±0.013	0.045±0.005	2.234±0.070	0.170±0.009	0.046±0.012	1.030±0.041	0.029±0.006	0.022±0.002	0.213±0.010
	野笹No.271他群	35	0.407±0.010	0.304±0.005	0.040±0.005	1.882±0.041	0.089±0.005	0.033±0.005	0.671±0.030	0.023±0.005	0.018±0.002	0.177±0.006
	野笹No.282他群	33	0.799±0.009	0.512±0.010	0.050±0.005	2.540±0.096	0.221±0.014	0.077±0.011	1.213±0.039	0.034±0.007	0.026±0.002	0.240±0.009
	野笹No.289他群	32	3.515±0.134	1.068±0.047	0.149±0.023	6.620±0.453	0.617±0.041	0.210±0.032	1.330±0.067	0.158±0.027	0.167±0.015	2.525±0.081
	野笹No.262群	40	0.384±0.004	0.318±0.006	0.057±0.005	2.356±0.068	0.102±0.007	0.051±0.007	0.651±0.022	0.022±0.005	0.017±0.002	0.161±0.004
	野笹No.295群	32	3.584±0.178	1.077±0.058	0.075±0.016	3.775±0.153	0.441±0.024	0.197±0.019	1.118±0.053	0.150±0.028	0.183±0.019	2.989±0.159
愛知県	朝日No.7群	35	0.334±0.004	0.362±0.005	0.067±0.009	3.895±0.150	0.082±0.005	0.044±0.007	0.758±0.044	0.027±0.009	0.017±0.002	0.147±0.010
	朝日No.15群	35	1.016±0.022	0.582±0.012	0.043±0.005	4.187±0.141	0.477±0.019	0.089±0.020	1.722±0.058	0.058±0.026	0.032±0.009	0.557±0.021
大阪府	向出No.6群	30	0.236±0.003	0.189±0.003	0.075±0.005	4.966±0.089	0.194±0.010	0.063±0.011	0.588±0.019	0.010±0.011	0.015±0.001	0.127±0.002
	向出No.49群	30	0.310±0.003	0.203±0.003	0.052±0.004	3.734±0.074	0.228±0.016	0.059±0.010	0.610±0.021	0.011±0.012	0.017±0.001	0.147±0.002
	中社No.62群	30	0.333±0.003	0.229±0.003	0.066±0.004	4.363±0.080	0.212±0.014	0.066±0.011	0.618±0.019	0.010±0.011	0.017±0.001	0.142±0.002
	中社No.82群	30	0.340±0.003	0.226±0.003	0.065±0.005	4.305±0.085	0.208±0.010	0.069±0.009	0.628±0.015	0.010±0.010	0.016±0.001	0.136±0.002
	中社No.86群	30	2.638±0.057	0.949±0.026	0.025±0.008	4.536±0.105	0.624±0.019	0.139±0.027	1.425±0.050	0.059±0.019	0.097±0.033	1.903±0.055
	中社No.89群	30	0.600±0.005	0.287±0.004	0.046±0.004	3.077±0.060	0.363±0.014	0.048±0.012	1.088±0.022	0.022±0.016	0.028±0.002	0.256±0.004
	中社No.104群	30	0.133±0.002	0.117±0.002	0.095±0.006	6.365±0.098	0.112±0.007	0.044±0.010	0.328±0.020	0.009±0.009	0.011±0.001	0.102±0.002
	鬼虎No.16群	33	0.361±0.004	0.253±0.004	0.053±0.007	3.105±0.070	0.238±0.106	0.063±0.014	0.684±0.025	0.027±0.008	0.018±0.001	0.170±0.004
	鬼虎No.17群	33	0.372±0.004	0.250±0.004	0.049±0.007	2.987±0.060	0.241±0.010	0.056±0.009	0.675±0.024	0.023±0.008	0.018±0.001	0.176±0.005
	粟生間谷No.98群	48	0.421±0.009	0.227±0.005	0.066±0.009	4.359±0.132	0.217±0.015	0.067±0.009	0.651±0.025	0.026±0.009	0.015±0.002	0.129±0.006
	粟生間谷No.T5群	48	0.240±0.002	0.268±0.005	0.058±0.007	4.106±0.087	0.160±0.010	0.059±0.009	0.582±0.027	0.022±0.008	0.018±0.002	0.123±0.004
兵庫県	寺田No.117群	48	0.378±0.005	0.226±0.004	0.071±0.007	4.592±0.093	0.216±0.009	0.063±0.009	0.611±0.024	0.022±0.008	0.019±0.002	0.134±0.004
鳥取県	笹畝２No.2群	48	0.491±0.008	0.524±0.009	0.040±0.005	2.278±0.047	0.098±0.006	0.045±0.007	0.629±0.017	0.066±0.006	0.028±0.002	0.222±0.006
	笹畝２No.3群	48	0.324±0.007	0.508±0.007	0.048±0.005	2.859±0.079	0.068±0.056	0.051±0.006	0.622±0.025	0.048±0.008	0.021±0.002	0.152±0.006
島根県	平田遺物群	70	0.211±0.006	0.296±0.007	0.092±0.014	7.108±0.245	0.098±0.011	0.071±0.012	0.552±0.038	0.021±0.008	0.013±0.001	0.118±0.005
	喜時雨遺物群	44	3.461±0.177	2.341±0.134	0.158±0.041	17.661±1.079	1.099±0.048	0.268±0.036	2.124±0.106	0.157±0.035	0.116±0.012	1.201±0.085
	下山遺物群	60	0.190±0.003	0.286±0.005	0.090±0.010	6.872±0.311	0.088±0.008	0.064±0.008	0.528±0.021	0.017±0.008	0.014±0.001	0.102±0.005
	下山No.5遺物群	48	0.178±0.002	0.284±0.003	0.086±0.007	7.148±0.141	0.082±0.007	0.060±0.009	0.501±0.023	0.013±0.005	0.012±0.001	0.092±0.003
	下山No.11遺物群	48	0.161±0.004	0.272±0.004	0.090±0.008	7.586±0.287	0.076±0.009	0.060±0.008	0.468±0.019	0.014±0.006	0.012±0.001	0.087±0.003
	東船１遺物群	48	4.547±0.269	0.836±0.030	0.168±0.048	10.523±1.762	2.447±0.594	0.375±0.120	14.278±3.081	1.094±0.249	0.114±0.008	1.029±0.047
	川平No.2遺物群	48	0.745±0.012	0.216±0.006	0.017±0.002	0.685±0.015	0.104±0.005	0.005±0.005	0.276±0.025	0.019±0.004	0.032±0.004	0.311±0.011
	槙ヶ垰石斧群	48	8.728±1.974	2.927±0.557	0.242±0.037	25.324±3.676	2.332±0.005	0.115±0.045	1.833±0.105	0.040±0.012	0.142±0.030	0.952±0.188
	槙ヶ垰石棒群	48	0.020±0.003	0.170±0.011	0.319±0.027	33.311±1.670	0.053±0.016	0.151±0.017	0.517±0.051	0.022±0.012	0.007±0.001	0.051±0.002
	家の後No.14群	48	1.518±0.195	0.929±0.084	0.108±0.014	7.721±0.024	0.462±0.036	0.101±0.022	1.134±0.046	0.026±0.011	0.049±0.007	0.384±0.041
	平田磨製石斧群	48	0.365±0.025	0.281±0.018	0.252±0.010	3.352±0.083	0.241±0.013	0.016±0.008	0.189±0.024	0.005±0.002	0.023±0.003	0.165±0.006

表１－４　原石産地不明の組成の似た遺物で作られた遺物群の元素比の平均値と標準偏差値

遺跡名	遺物群名	分析個数	K／Ca	Ti／Ca	Mn／Sr	Fe／Sr	Rb／Sr	Y／Sr	Zr／Sr	Nb／Sr	Al／Ca	Si／Ca
香川県	六ツ目遺物群	30	0.307±0.004	0.258±0.005	0.067±0.005	4.736±0.096	0.235±0.010	0.058±0.014	0.840±0.023	0.030±0.013	0.016±0.005	0.133±0.004
	庵の谷遺物群	60	0.684±0.012	0.248±0.006	0.066±0.012	4.139±0.128	0.429±0.019	0.077±0.022	1.178±0.040	0.058±0.013	0.025±0.002	0.262±0.007
高知県	松ノ木遺物群	37	0.610±0.017	0.223±0.004	0.797±0.005	4.528±0.120	0.325±0.016	0.063±0.017	1.151±0.028	0.019±0.014	0.024±0.002	0.193±0.006
宮崎県	永迫No.18遺物群	48	0.293±0.007	0.237±0.003	0.050±0.006	3.976±0.127	0.164±0.010	0.061±0.010	0.658±0.026	0.024±0.008	0.017±0.002	0.127±0.007
	永迫No.19遺物群	48	0.440±0.085	2.190±0.242	0.026±0.005	0.671±0.068	0.012±0.002	0.057±0.005	0.913±0.047	0.050±0.008	0.339±0.037	4.867±0.543

注：向出遺跡、下山No.5,No11群、中ノ社遺跡、六ツ目遺跡、松ノ木遺跡、朝日遺跡、鬼虎川遺跡、野笹No.262、295群、粟生間谷遺跡、永迫２遺跡、笹畝２遺跡、川平Ⅰ遺跡、家の後遺跡、槙ヶ垰遺跡の遺物群の分析個数は１個の遺物の分析場所を変えて分析した回数をあらわす。
下山遺跡(No.4,No.14,No.15)、平田遺跡(No.12,No.13)、庵の谷遺跡、野笹遺跡、喜時雨遺跡、東船遺跡の遺物群の分析個数はそれぞれ２、３個の遺物の分析場所を変えて分析した回数をあらわす。

表2　岩屋原産地からのサヌカイト原石66個の分類結果

原石群名	個数	百分率	他原産地および他原石群との関係
岩屋第一群	２０個	３０％	淡路島、岸和田、和歌山に出現
第二群	２２	３３	白峰群に一致
	6	9	法印谷群に一致
	5	8	国分寺群に一致
	4	6	蓮光寺群に一致
	3	5	金山東群に一致
	2	3	和泉群に一致
	4	6	不明（どこの原石群にも属さない）

表3　和泉・岸和田原産地からのサヌカイト原石72個の分類結果

原石群名	個数	百分率	他原産地および他原石群との関係
岩屋第一群	１２個	１７％	淡路島、岸和田、和歌山に出現
和　泉　群	9	１３	〃　、　〃　、　〃
岩屋第二群	6	8	白峰群に一致
	4	6	二上山群に一致
	1	1	法印谷群に一致
	1	1	金山東群に一致
	３９	５４	不明（どこの原石群にも属さない）

表4　和歌山市梅原原産地からのサヌカイト原石21個の分類結果

原石群名	個数	百分率	他原産地および他原石群との関係
和　泉　群	１０個	４８％	淡路島、岸和田、和歌山に出現
岩屋第一群	1	5	〃　、　〃　、　〃
	１０	４８	不明（どこの原石群にも属さない）

表5　槙ヶ垰跡出土安山岩製石器の元素比分析結果

分析番号	元素比									
	K/Ca	Ti/Ca	Mn/Sr	Fe/Sr	Rb/Sr	Y/Sr	Zr/Sr	Nb/Sr	Al/Ca	Si/Ca
80588	0.446	0.221	0.086	4.807	0.339	0.079	1.208	0.044	0.023	0.185
80589	6.408	2.285	0.213	20.466	2.066	0.076	1.722	0.042	0.106	0.757
80590	0.019	0.154	0.319	33.192	0.050	0.160	0.616	0.060	0.008	0.055
JG-1	1.308	0.298	0.058	2.696	0.741	0.210	0.748	0.056	0.038	0.428

JG-1：標準試料-Ando, A., Kurasawa, H., Ohmori, T. & Takeda, E. 1974 compilation of data on the GJS geochemical reference samples JG-1 granodiorite and JB-1 basalt. *Geochemical Journal*, Vol.8 175-192 (1974)

表6　槙ヶ垰遺跡出土の安山岩製石器の原産地推定結果

分析番号	試料番号, 取上No.	原石産地（確率）	判定	器種
80588	1, SK10-386	金山東(28%)	金山東	石鏃
80589	2, B9-5482	槙ヶ垰石斧群(91%)	槙ヶ垰石斧群	石斧
80590	3, C7-602	槙ヶ垰石棒群(11%)	槙ヶ垰石棒群	石棒

注意：近年産地分析を行う所が多くなりましたが、判定根拠が曖昧にも関わらず結果のみを報告される場合があります。本報告では日本における各遺跡の産地分析の判定基準を一定にして、産地分析を行っていますが、判定基準の異なる研究方法（土器様式の基準も研究方法で異なるように）にも関わらず、似た産地名のために同じ結果のように思われるが、全く関係（相互チェックなし）ありません。本研究結果に連続させるには本研究法で再分析が必要です。本報告の分析結果を考古学資料とする場合には常に同じ基準で判定されている結果で古代交流圏などを考察をする必要があります。

第２節　槙ヶ垰遺跡出土の耳飾りに付着した赤色顔料について

東京文化財研究所　朽　津　信　明

１．はじめに

島根県木次町の槙ヶ垰遺跡から出土した土製耳飾りには、赤色顔料の付着が認められた[1]。考古遺物に用いられる赤色顔料については、近年さかんに行われている科学分析の成果から、時代や用途などによって使い分けのようなものが観察されることが報告されている[2]。従って、この赤色顔料を分析することは、遺物としてのその耳飾り、そして遺跡全体を理解する上でも重要な情報を与えることが期待される。そこで、ここではその赤色顔料を分析するとともに、関連する他の遺跡から出土した土器に付着した赤色顔料をあわせて分析することにより、赤色顔料の使用に関する議論を行うこととする。

２．試料

槙ヶ垰遺跡では、縄文時代後期・晩期と弥生時代中期・後期の土器が出土しているが、顔料の付着が、認められるのは、件の耳飾り一点のみであるという[1]。この耳飾りでは、縄文時代後期中葉～後葉（彦崎Ｋ２）の遺物と見られ、県内で出土した同時期の耳飾りとしては、他に川本町のキタバタケ遺跡[3]出土のもの（後期～晩期）と美保関町の小浜洞窟遺跡[4]出土のもの（後期～晩期）とにも、同様に赤色顔料の付着が認められていると言う。そこで、これら３点をまず、分析対象試料とした。なお、これらの耳飾りのうち、槙ヶ垰遺跡のものとキタバタケ遺跡出土のものとは、形状や大きさが相互に類似し、顔料が片面にしか認められない点が共通するが、小浜洞窟遺跡出土のものだけは、両者とは形状が異なり、また顔料が側面を含めた全面に認められる点が異なっている。

一方、同じ木次町から出土した、赤色顔料の付着する縄文土器としては、平田遺跡[5]Ｉ区から出土した、有文精製土器が挙げられる。これらは、後期前葉（福田Ｋ２）とされているため、件の槙ヶ垰遺跡出土の耳飾りよりも若干先んじるものである可能性があり、土器の性格として異なるものと考えられるが、出土地が近接するため、比較試料として分析対象とした。

さらに、仁多町の暮地遺跡[6]や家ノ脇Ⅱ遺跡[7]出土の有文精製土器にも赤色顔料の付着が報告されているが、これらは縄文時代後期頃とされていることから、件の槙ヶ垰遺跡出土の耳飾りと近接した時期のものと見られるため、これらも分析対象とした。

３．分析方法

それぞれの土器に付着する赤色顔料は、まず、非接触型分光光度計を用いて可視光反射スペクトルを測定し、厳密に色を記載した[8]後、X線分析顕微鏡[9]にて元素分析を行った。いずれの分析においてもサンプリングは行わず、試料をそのままの状態で測定したのはもちろん、顔料部分には一切接触せずに測定しており、測定後に各土器片は分析前と変わらぬ状態で返却された。

分光光度計は、Photo Research社のPR-650を用い、接写レンズを用いて直径約１㎜の顔料部分を対象として、各ポイントあたり約１秒の計測を行った。また、X線分析顕微鏡は、堀場製作所のXGT-2000を用い、50kV、0.1mAの条件で各試料あたり100秒の測定を行った。

４．結果

結果は表１に示す。

槙ヶ垰遺跡出土の耳飾り付着赤色顔料からは水銀と硫黄が検出され、反射スペクトルは朱の波形と類似した。また、キタバタケ遺跡の耳飾り付着赤色顔料もこれと同様の結果だった。一方、平田遺跡出土土器付着顔料からは、素地部分に比べて有意に顕著に鉄が検出され、反射スペクトルはベンガラの波形と類似した。また、小浜洞窟遺跡出土の耳飾り付着赤色顔料、そして暮地遺跡及び家ノ脇Ⅱ遺跡出土の土器付着赤色顔料も、これとほぼ同様の結果だった。

５．考察

まず、槙ヶ垰遺跡とキタバタケ遺跡出土の耳飾り付着赤色顔料は、いずれもその成分及び反射スペクトルから、朱（ここでは、水銀の硫化物を主成分とする赤色顔料と定義[10]する）であると考えられる。これに対して、平田遺跡、暮地遺跡、家ノ脇Ⅱ遺跡出土の土器付着赤色顔料と、小浜洞窟遺跡出土の耳飾り付着赤色顔料は、成分及び反射スペクトルから、いずれも、少なくとも鉄を発色の主要因とする「広義のベンガラ」[10]であると考えられる。「広義のベンガラ」とはさらに、赤鉄鉱を主成分として赤みの強い「狭義のベンガラ」と、粘土鉱物を含みやや茶色みがかった色の、建造物で言うところのいわゆる「丹土」に対応するような顔料とに分類可能な場合があることが指摘されている[10]。今回の分析は、サンプリングを行わず、表面から試料を分析しているに過ぎないため、表面付着物の影響などで純粋な顔料色は測定できておらず、ここでは厳密に細分することは困難ではあるが、少なくとも暮地遺跡出土土器付着顔料と、小浜洞窟遺跡出土耳飾り付着顔料については、赤さの指標[10]であるa^*/b^*値（表１）がそれぞれ1.17と1.22と、１を越えていることから、赤みの強い「狭義のベンガラ」に近い色を示していることになる。これらの試料も含め、今回の試料はいずれも表面付着物の影響で、a^*/b^*としては、本来の顔料そのものの色に比べて低めに計測されている可能性が高いと考えられるが、それでも値が１を越えるか、あるいは１に極近接した値を示す試料が多いところを見ると、これらの顔料はいずれも、当初は赤みの強い「狭義のベンガラ」であった可能性も想定することができる。いずれにしろここでは、これらを単に「広義のベンガラ」として、朱と区別して考えると、今回分析を行った試料の中では、類似した形状を示す二つの耳飾りに付着する顔料のみが朱であり、有文精製土器に付着する顔料はいずれも広義のベンガラであったことになる。小浜洞窟遺跡出土の耳飾り付着顔料は、朱ではなく広義のベンガラと考えられるものの、これは同じ耳飾りとは言っても、形状も顔料の付着状況も他の二遺跡出土のものとは異なっており、一概にこれらと比較はできないかも知れない。

一般に、朱とベンガラとは、時代や用途などによって、複雑に使い分けられていたことが明らかにされつつある[2]。今回は、比較的近接した時代の、比較的近接した地域の試料に限定して調査を行った結果、遺物の性格、特に推定される用途の違いにより、そこに付着する赤色顔料に違いが確認され、一定の傾向が見られたことになる。

今後は他地域まで含めた類例調査を行うことにより、その背景に関する議論が可能となることが期待される。

引用文献

1）本報告書本編参照

2）本田光子（1995）古代の色－赤－，科学が解き明かす古墳時代，57－67，日本文化財科学会

3）島根県川本町教育委員会（1992）キタバタケ遺跡発掘調査報告書、25－26　第28図１を対象とした。

4）山本清（1967）山陰地方の洞窟遺跡、日本の洞穴遺跡、210-218、平凡社
この資料については島根大学の1958年調査によるものであり、同大学考古学研究室よりご提供・ご配慮いただいた。

5）島根県木次町教育委員会（1997）平田遺跡　木次町文化財調査報告書第４集、14-18
第12図３・第14図51・第14図55を対象とした。

6）暮地遺跡については報告書未刊行のため、仁多町教育委員会の杉原清一氏よりご教示いただいた。

7）島根県教育委員会（2004）家ノ脇Ⅱ遺跡･原田遺跡･前田遺跡４区　尾原ダム建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書４

8）朽津信明・黒木紀子・井口智子・三石正一（1999）顔料鉱物の可視光反射スペクトルに関する基礎研究、保存科学、38、108－123

9）朽津信明（1997）X線分析顕微鏡による文化財試料の分析、保存科学、36、91－94

10）朽津信明・景山真二・松尾充晶・松本岩雄（2001）出雲大社における塗装顔料の変遷に関する研究の試み、文建協通信、64、１－13ss

表１．試料と結果一覧

遺跡名	試料	L*	a*	b*	a* ／ b*	主要元素	解釈
槙ヶ垰	耳飾り	39.3	16.4	13.9	1.17	Hg, S	朱
キタバタケ	耳飾り	38.7	16.9	13.7	1.23	Hg, S	朱
小浜洞窟	耳飾り	48.7	20.7	17.0	1.22	Fe	ベンガラ
平田	有文精製土器	42.8	16.0	16.2	0.99	Fe	ベンガラ
暮地	有文精製土器	44.6	22.5	19.2	1.17	Fe	ベンガラ
家ノ脇Ⅱ	有文精製土器	45.0	12.7	16.1	0.79	Fe	ベンガラ

第３節　槙ヶ垰遺跡出土植物遺体（木炭）の^{14}Ｃ年代測定について

測　定　結　果　報　告　書

平成14年３月22日

島根県　教育庁　埋蔵文化財調査センター
所　長　　宍　道　正　年　　殿

福岡市東区松香台１丁目10番１号
財団法人九州環境管理協会

平成14年２月13日付け、貴依頼による試料の^{14}Ｃ年代測定結果は下記のとおりです。

記

採 取 日：
試 料 名：尾原ダム建設予定地内埋蔵文化財の年代測定
採 取 者：
測定結果：

No.	依頼者コード	試　料　名	^{14}Ｃ年代／years ＢＰ
ＫＥＥＡ-596	ＳＹ０４	槙ヶ垰遺跡 植物遺体（木炭）	1120±60 (1160±60)
ＫＥＥＡ-597	ＳＫ０１	槙ヶ垰遺跡 植物遺体（木炭）	1130±60 (1170±60)
ＫＥＥＡ-598	ＳＫ０２	槙ヶ垰遺跡 植物遺体（木炭）	240±60 (250±60)
ＫＥＥＡ-599	Ｃ５グリッド	槙ヶ垰遺跡 植物遺体（木炭）	1060±60 (1090±60)

備考：測定結果は、^{14}Ｃ年代測定で慣例になっているLibbyの半減期5568年を採用し、西暦1950年までの経過年（years ＢＰ）で表示しております。また、()内の年代は^{14}Ｃの半減期として現在使用されている最新の値、5730年を採用し算出された値です。年代誤差は放射壊変の統計誤差（1σ）から換算された値であり、測定結果が約70％の確率でこの範囲にあることを意味します。
^{14}Ｃ年代は必ずしも暦と一致するとは限りませんので御注意下さい。

第４節　槙ヶ垰遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査

九州テクノリサーチ・TACセンター
大澤正己・鈴木瑞穂

１．いきさつ

槙ヶ垰遺跡は島根県大原郡木次町内に所在し、斐伊川に近い丘陵斜面中程に立地する。当遺跡内では製鉄関連遺構は検出されなかったが、Ⅱ区で廃棄された鉄滓類が集中して出土する地点が２個所確認されている。平安時代半ば（10世紀代）の当地域の鉄生産の実態を検討する目的から、金属学的調査を実施する運びとなった。

２．調査方法

２－１．供試材

Table.1に示す。製鉄関連遺物計35点の調査を行った。

２－２．調査項目

（１）肉眼観察

遺物の肉眼観察所見である。これらの所見をもとに分析試料採取位置を決定する。

（２）マクロ組織

本来は肉眼またはルーペで観察した組織であるが、本稿では顕微鏡埋込み試料の断面全体像を、投影機の10倍もしくは20倍で撮影したものを指す。当調査は、顕微鏡検査によるよりも広い範囲にわたって、組織の分布状態、形状、大きさなどの観察ができる利点がある。

（３）顕微鏡組織

滓中に晶出する鉱物及び鉄部の調査を目的として、光学顕微鏡を用い観察を実施した。観察面は供試材を切り出した後、エメリー研磨紙の＃150、＃240、＃320、＃600、＃1000、及びダイヤモンド粒子の3μと1μで順を追って研磨している。なお金属組織の調査では腐食（Etching）液に５％ナイタル（硝酸アルコール液）を用いた。

（４）ビッカース断面硬度

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

（５）EPMA（Electron Probe Micro Analyzer）調査

化学分析を行えない微量試料や鉱物組織の微小域の組織同定を目的とする。

分析の原理は、真空中で試料面（顕微鏡試料併用）に電子線を照射し、発生する特性Ｘ線を分光後に画像化し、定性的な結果を得る。更に標準試料とＸ線強度との対比から元素定量値をコンピューター処理してデータ解析を行う方法である。

（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

主に炉材の性状調査を目的とする。耐火度は、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される。胎土でゼーゲルコーンという三角錐の試験片を作り、1分間当り10℃の速度で温度上昇させ、変化が起ると4℃に昇温速度をおとし、試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度を示している。

（8）木炭組織

木炭組織の観察を目的とする。

調査破面（木口、柾目、板目）を#1,000のサンド水ペーパーで研磨して平滑な面を出し、十分に乾燥する。次に調査面にカーボン蒸着し導電性を確保した後、走査型電子顕微鏡で組織を撮影する。

走査型電子顕微鏡は、真空中で試料面に電子線を照射し、発生する2次電子線の情報を画像処理するものである。

（9）木炭の性状

供試材の分析は次の方法で実施した。

水分、灰分、揮発分、固定炭素：マイクロプロセッサー法。

硫黄（S）：燃焼赤外吸収法、灰分の燐（P）、蛍光X線分析法、発熱量、カロリー計。

3．調査結果

3－1．Ⅰ区出土遺物

MAK－1：流出溝滓

（1）肉眼観察：流動状の滓が堆積して生じた流出溝滓片である。両端2面は破面で、平面が不整台形を呈する。上面表層は酸化雰囲気に曝されたためか紫紅色気味である。気孔は僅かで緻密な滓である。

（2）顕微鏡組織：Photo.1①に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel:2FeO·TiO_2）、微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite:2FeO·SiO_2）が素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.1①の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は653Hvで、ウルボスピネルと推測される（注1）。

（4）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）34.76％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.19％、酸化第1鉄（FeO）41.31％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）3.52％の割合であった。造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は42.08％と高値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は4.53％である。また主に原料砂鉄に由来する二酸化チタン（TiO_2）は9.13％、バ

ナジウム（V）が0.18％と高めである。更に酸化マンガン（MnO）は1.21％と高値であった。銅（Cu）は＜0.01％で低値である。脈石成分（Ti，V，Mn）の値から、チタン（Ti）を比較的多く含む（TiO_2：５％前後）の砂鉄を原料とした製錬滓と推定される。

MAK－2：炉内滓（含鉄）

（１）肉眼観察：小塊状（11g弱）の含鉄炉内滓である。側面端部が欠損するがほぼ完形に近い。上面は比較的平坦で、側面から下面にかけては丸みを帯びる。銹化の進行による放射割れが激しく、端部の破面は銹化による欠損と推測される。

（２）マクロ組織：Photo.19に示す。滓部はほとんどみられない、まとまった鋳鉄塊であった。また主に試料表層側はねずみ鋳鉄、内側は白鋳鉄組織を呈する。

（３）顕微鏡組織：Photo.1②～⑦に示す。②の中央部は試料端部表層に固着する滓部である。不定形の明灰色部は砂鉄粒子の痕跡であり、素地のガラス質滓中にはごく微細な淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）(注２)が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖といえる。③の中央部は鉄中非金属介在物である。片状の明色部は硫化鉄（FeS）、暗色部は硫化鉄と硫化マンガン（(Fe, Mn) S）の固溶体と推定される。②の付着滓、③の介在物に関してはEPMA調査の項で詳述する。

④～⑦は金属鉄を５％ナイタルで腐食した組織である。⑤の写真左側が試料表層側である。表層と内側の一部で、片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄組織が確認された。これに対して内部の大半は蜂の巣状のレデブライトが晶出する亜共晶組成（C:＜4.23％）白鋳鉄組織であった。全体に浸炭が進み、滓との分離も良好な製錬系鉄塊（鋳鉄塊）といえる。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.1⑥⑦の白鋳鉄部分の硬度を測定した。⑥素地のパーライト組織の硬度値は269Hvであった。また⑦のレデブライト部分の硬度値は729Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

（５）EPMA調査：Photo.29の１段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。１の番号をつけた片状暗色部の定量分析値は48.5％FeO－35.2％MnO－35.9％Sであった。暗色部は硫化鉄と硫化マンガン（(Fe, Mn)S）の固溶体に同定される。また２の番号をつけた明色部の定量分析値は82.8％FeO－1.5％V_2O_3－1.4％MnO－37.0％Sであった。硫化鉄（FeS）に同定される。更にV，Mnを若干固溶する。

更に２段目に表層付着滓の反射電子像（COMP）を示す。写真左下の不定形白色部は砂鉄粒子であるが、内部に筋状の暗色部が確認される。反射電子像は原子量の小さい元素で構成される物質ほど暗い色調で表されるため、暗色部はよりTi，Alなどを固溶する個所と推測される。なお３の番号をつけた素地部分の定量分析値は101.1％FeOで、不純物の少ない磁鉄鉱（Magnetite:$FeO \cdot Fe_2O_3$）であった。また４の番号をつけた暗茶褐色多角形結晶の定量分析値は66.5％FeO－16.0％TiO_2－10.9％Al_2O_3であった。ウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）の固溶体に同定される。さらに5の番号をつけたガラス質滓の定量分析値は21.1％SiO_2－9.9％Al_2O_3－7.7％CaO－49.3％FeO－3.9％TiO_2－1.3％ZrO_2であった。

付着滓の鉱物組成から当試料は砂鉄を原料とする製錬系鉄塊（鋳鉄塊）に分類される。また鉄中の硫化物にはマンガン（Mn）の固溶が確認された。MAK－1流出溝滓の化学分析値にも高マンガ

ン傾向がみられるため、これは原料の砂鉄に由来する。なおマンガンの固溶により硫化物の融点が上昇することが知られている（注３）。当試料は高温製錬で派生した鉄塊と推測される。

MAK－３：炉内滓（含鉄）

（１）肉眼観察：平面が不整五角形状の含鉄炉内滓片である。表面は上下面と側面の一部を除き小破面が多数みられる。上面は木炭痕が散在する平坦面で、下面は浅い皿状を呈する。滓の上半部は緻密で気孔がほとんどなく、下半部は不定形の気孔や木炭痕が目立つ。

（２）マクロ組織：Photo.19に示す。滓中に微細な金属鉄粒が僅かに散在するのみで、まとまった金属鉄は遺存しない。また試料下面側端部には熱影響を受けた砂鉄粒子が多数散在する。

（３）顕微鏡組織：Photo.2①～④に示す。①②は試料下面側の拡大である。下面表層には熱影響を受け、周囲から粒状のウスタイト（Wüstite:FeO）や多角形状のウルボスピネルが晶出しかけた状態の砂鉄粒子が多数分布する。また試料内側では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、発達した白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが晶出する。また③④は試料内側の拡大である。

当試料は発達したウスタイト（FeO）結晶が多数晶出しており、製鉄炉内の鉄分の多くが金属鉄まで還元されず滓中にとどまる。弱い還元雰囲気で派生したと推測される。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.2③④中央の鉱物の硬度を測定した。③の白色粒状結晶の硬度値は496Hvでウスタイト、また④淡茶褐色多角形結晶の硬度値は696Hvでウルボスピネルに同定される。

（５）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）50.34％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.10％、酸化第1鉄（FeO）48.22％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）18.24％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は16.69％と低値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は2.19％を含む。原料砂鉄に由来する二酸化チタン（TiO_2）は12.20％、バナジウム（V）が0.98％と高く、酸化マンガン（MnO）は0.58％と若干低めであった。銅（Cu）も＜0.01％と少ない。

当試料は金属鉄をほとんど含まないが全鉄分が高値で、滓中に酸化鉄が多く残存する特徴が現れている。前述の鉱物の鉱物組成からの所見と符合する数値といえる。また脈石成分（Ti，V，Mn）をみると、当試料は中チタン（Ti）含有砂鉄を原料としているが、バナジウム（V）が高く、マンガン（Mn）は若干低めで、MAK－1流出溝滓とは若干異なる特徴がみられた。

MAK－４：木炭

（１）肉眼観察：広葉樹の環孔材の黒炭である。細い枝材以外の幹材はミカン割りされている。

（２）顕微鏡組織：Photo.31に示す。最も重量のある4－6の組織観察を実施した。上から木口、柾目、板目面である。

（３）性状調査：Table.3に示す。遺跡から出土した木炭は通常酸化土砂に汚染されて、固定炭素（F.C）が低く灰分の多い傾向を呈する例が多い。固定炭素（F.C）は汚染されていない木炭であれば通常85％台であるが、当試料は57.28％に留まった。また灰分は２％以下が正常であるところが8.94％と多く、発熱量も5660cal／gと低値となった。本来は7000cal／g程度は確保できるはず

である。(注4) なお揮発分は33.78％でこれは多い。たたら用木炭は低固定炭素・高揮発分が必要条件である。この条件痕跡は残されていた。

また鉄製錬で有害元素となる硫黄（T.S）は＜0.01％、灰中燐（P）は0.051％で共に低値であった。

小結

Ⅰ区の出土遺物を調査した結果、次の点が明らかになった。

〈1〉鉄滓2点（MAK－1・3）は、Ⅱ区出土鉄滓よりチタン含有量（TiO_2：9.13％、12.20％）が高い。当地区ではチタンをより多く含む砂鉄を原料としたと推定される。原料砂鉄中のTiO_2量は4～6％程度の可能性が高い。ただし両鉄滓の脈石成分のうちマンガン、バナジウムの含有率が大きく異なっており、原料砂鉄の採取地が異なる可能性も考えられる。

〈2〉また炉内滓（含鉄）（MAK－2）は表層に付着した滓の鉱物組成から、製錬工程での派生物に分類される。ほぼまとまった鉄部からなる小鉄塊で、浸炭の進んだ鋳鉄塊であった。

〈3〉木炭（MAK－4）は、製錬工程で鉄中に移行すると悪影響を及ぼす硫黄（T.S:＜0.01％）、燐（灰中P:0.051％）の含有量が比較的少ない。製鉄燃料として使用しても大きな支障はないと推察される。

3－2．Ⅱ区出土遺物

MAK－5：炉内滓

（1）肉眼観察：平面不整五角形をした炉内滓片である。上面と側面は一部を除き破面である。上表面は流動状を呈し、側面では2㎝強の大型の木炭痕が多数残る個所がある。また下面はほぼ全面表皮が残り、炉壁土が点々と固着する。なおこの試料は緻密な部分と気孔の多い部分とが混在する滓である。

（2）顕微鏡組織：Photo.2⑤～⑦に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト、白色樹枝状結晶ウスタイトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。また⑥の中央の白色部は被熱砂鉄粒子で、⑦はその拡大である。粒内の褐色部はTi，Alなどが固溶する個所となる。また外周部から微細なウスタイトやヘーシナイトが晶出している。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.2⑤の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は602 Hvであった。この値から当結晶はAlの固溶は少なく、マグネタイト（Magnetite:Fe_3O_4）もしくはウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）に近い組成であろう。

（4）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）41．61％に対して、金属鉄（Metallic Fe)0.12％、酸化第1鉄（FeO）47.86％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）6.13％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は40.59％と高く、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は6.42％を含む。主に原料砂鉄に由来する二酸化チタン（TiO_2）は2.05％、バナジウム（V）0.09％と低く、酸化マンガン（MnO）も0.39％と少ない。また銅（Cu）も＜0.01％と低値であった。

鉱物組成・化学組成双方の特徴から、当試料は低チタン含有酸性砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。

MAK－6：流出孔滓

（１）肉眼観察：端部片側の幅が広がる形の流出孔滓である。上面には僅かに木炭痕が残り、下面は樋状を呈する。また滓は大きく上下２層に分かれ、一度炉外に排出された滓を残したまま、再度排滓したものと推測される。破面では大型で不定形の気孔が散在する。

（２）顕微鏡組織：Photo.3①～③に示す。①の写真中央と左側の不定形白色部は被熱砂鉄粒子である。またその周囲には比較的発達したファイヤライト結晶と微細なウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体が晶出する。②③は滓部である。①で述べた鉱物に加えて、白色粒状結晶ウスタイトが晶出する。

（３）ビッカース断面硬度：Photo.3③の多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は864Hvと硬質で、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（４）EPMA調査：Photo.29の３段目に滓部鉱物相の反射電子像（COMP）を示す。７の番号をつけた白色粒状結晶の定量分析値は99.8％FeOであった。ウスタイト（Wüstite:FeO）に同定される。また９の番号をつけた多角形結晶の定量分析値は62.1％FeO－18.1％Al_2O_3－14.4％TiO_2－3.7％V_2O_3－1.1％MgOであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）を主な端成分とする固溶体で、他にもMg，Vを微量固溶する。10の番号をつけた淡灰色木ずれ状結晶は66.6％FeO－2.9％MgO－31.5％SiO_2であった。ファイヤライト（Fayalite:$2FeO \cdot SiO_2$）に同定される。

（５）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）39.97％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.19％、酸化第１鉄（FeO）45.82％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）5.95％の割合であった。造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は42.57％と高値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）が6.50％である。原料の砂鉄に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は2.13％、バナジウム（V）が0.10％と低値であった。また酸化マンガン（MnO）も0.38％と低めで、銅（Cu）も＜0.01％と低値である。

鉱物組成・化学組成双方の特徴から、当試料はチタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓である。

MAK－7：炉壁（砂鉄焼結）

（１）肉眼観察：内面の一部に砂鉄が焼結した炉壁片である。内面を除き、側面や外面は破面である。砂鉄粒子は微細で一部銹色を呈する。

（２）マクロ組織：Photo.20に示す。写真上側が炉壁内面側である。内面の微細な白色粒は被熱砂鉄で、全体に溶融・滓化が進んでいる。また胎土中には大粒の砂粒が多数混和されており、若干微細な砂鉄粒子も混在する。

（３）顕微鏡組織：Photo.3④～⑦に示す。④は炉壁胎土部分の拡大である。鱗片状の粘土鉱物中に石英・長石等の砂粒が多数存在する。また写真左側の白色粒は砂鉄粒子である。
⑤～⑦は炉壁内面に固着する被熱砂鉄を示した。0.1～0.2㎜径の粒子である。ほとんどの砂鉄粒子が強い熱影響を受け、外周部から溶融・滓化が進む。また⑦は砂鉄粒子の拡大である。粒内の暗色部はよりチタン（Ti）を固溶する個所と推定される。このような暗色部が点在する砂鉄粒子は多数存在するが、格子組織のチタン鉄鉱（Ilmenite:$FeO \cdot TiO_2$）は見られない。チタン含有量の低い

砂鉄が原料に用いられている。

MAK－8：炉壁（砂鉄焼結）

（1）肉眼観察：内面が熱影響を受けてガラス質化した炉壁片である。内面には一部砂鉄焼結塊が瘤状に付着する。上下面は築炉時の粘土塊の接合面である。

（2）顕微鏡組織：Photo.4①～⑤に示す。①～③は炉壁内面表層の砂鉄焼結部である。不定形白色部は外周から溶融・滓化が進んだ砂鉄粒子である。粒内に多数点在する暗色部は、よりチタンを固溶する個所と推定される。MAK－7炉壁に付着する砂鉄と類似する特徴が確認された。また周囲には白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが晶出する。これはチタン含有量の低い砂鉄を原料とする製錬滓で一般的な組成である。

④⑤は炉壁胎土部分である。鱗片状の粘土鉱物セリサイトと石英・長石粒が混在する。

（3）化学組成分析：Table.2に示す。炉壁胎土部分の分析を実施した。強熱減量（Ig loss）は5．87％であった。熱影響は弱くて結晶構造水が僅かに減少した状態での分析である。鉄分（Fe_2O_3）は7.16％と高めで軟化性が懸念される。ただし酸化アルミニウム（Al_2O_3）が25.19％と高値で耐火性に有利な成分系といえる。滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分は（CaO＋MgO）2.39％であった。

（4）耐火度：1435℃であった。古代の製鉄炉材粘土としては耐火性の高い性状である。

MAK－9：地山粘土

（1）肉眼観察：Ⅰ区西側斜面4層から出土した地山粘土である。黄褐色の粘性が高い粘土に1㎜以下の砂粒が混在する。

（2）顕微鏡組織：Photo.4⑥～⑧に示す。鱗片状の粘土鉱物中に微細な石英・長石などの砂粒が多数散在する。

（3）化学組成分析：Table.2に示す。熱影響を受けていない試料のため、強熱減量（Ig loss）は9.95％と高値である。鉄分（Fe_2O_3）は6.65％と高めであるが、酸化アルミニウム（Al_2O_3）は18.04％と低くはなく耐火性には支障のない成分系といえる。また滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分（CaO＋MgO）は4.70％と高めであった。

MAK－8炉壁と比較すると若干組成に違いがみられる。ただし当遺跡の炉壁は砂粒を多量に混和しているため組成の違いがが生じた可能性も考えられる。

MAK－10：砂鉄（Ⅱ区南西部道路脇の排滓溝採取砂鉄：水洗）

（1）肉眼観察：光沢のある黒色の微細な砂鉄である。粒径はばらつきが大きく、やや角張った形状の粒子が多い。磁着はやや弱い。さらに石英粒や有色鉱物が混在する。

（2）マクロ組織：Photo.20に示す。白色粒が砂鉄粒子である。0.05～0.2㎜径を測る。粒内にチタン鉄鉱（Ilmenite:$FeO \cdot TiO_2$）の格子模様が見られるものは僅かで、全体にチタン含有量は低めと推測される。また暗色粒は脈石鉱物で、0.15～0.3㎜の短柱状から角張った粒子形状が多い。

（3）顕微鏡組織：Photo.5①～⑨に示す。0.05㎜径前後の微細な砂鉄粒子の割合が高い。またほとんどが白色の磁鉄鉱（Magnetite:$FeO \cdot Fe_2O_3$）粒子である。僅かに⑤に示したような白色針状

は離溶赤鉄鉱（Hematite:Fe_2O_3）が確認される粒子や、⑦⑨のような明暗2相が顕著で、暗色部にチタン（Ti）が固溶するMag－Ilmeniteの溶離組織がみられる。

（４）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）52.09％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.01％、酸化第1鉄（FeO）21.53％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）50.54％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は21.51％と高めで、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は4.65％である。砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は3.29％、バナジウム（V）が0.22％であった。また酸化マンガン（MnO）が0.24％、銅（Cu）は＜0.01％である。チタン含有量が低めの砂鉄であった。酸性砂鉄に分類される。

MAK－11：砂鉄（Ⅱ区排滓層採取：磁選）

（１）肉眼観察：光沢のある黒色の砂鉄と、無光沢褐色の被熱砂鉄粒子が混在する。また石英粒や有色鉱物、微細な鉄滓の破片が混在する。

（２）マクロ組織：Photo.21に示す。白色粒が磁鉄鉱粒子である。粒径のばらつきが大きく、0.05～0.35㎜径の範囲が目に付き、角張ったものとやや丸みを帯びた形状のものが混在する。MAK－10採取砂鉄と比較すると大粒のものが多い。また当試料も粒内にチタン鉄鉱（Ilmenite:$FeO\cdot TiO_2$）の格子模様が見られるものは僅かで、全体にチタン含有量は低めと推測される。

（３）顕微鏡組織：Photo.6①～⑨に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルや淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが晶出する微細な製錬滓片が混在する。①の写真右下や②③の中央は製錬滓片である。

砂鉄粒子は白色の磁鉄鉱粒子が多い。0.05～0.3㎜径の粒子で構成される。熱影響が著しい砂鉄は少ないが、④⑤中央の砂鉄粒子のように熱影響を受けて外周部が滓化しかけたものも混在する。また⑧⑨はチタン鉄鉱の格子模様が確認された砂鉄粒子を示した。

（４）EPMA調査：Photo.29の４段目に被熱砂鉄粒子の反射電子像（COMP）を示す。反射電子像は、大きい原子量の大きさで構成される鉱物程明色で現れるため、針状の暗色部はAl，Tiなどを固溶する個所と推測される。さらに11の番号をつけた10μm平方の定量分析値は98.0％FeO－1.0％Al_2O_3－0.9％TiO_2であった。全体的には不純物の少ない磁鉄鉱（Magnetite:$FeO\cdot Fe_2O_3$）である。

また12の番号をつけた個所の定量分析値は86.4％FeO－9.5％SiO_2－3.0％Al_2O_3－1.0％TiO_2であった。Si，Alなどの不純物の多い個所となる。ただし砂鉄粒子の外周部の微細な晶出物もほぼ同じ明度であるため、炉壁からSiO_2の供給を受けてファイヤライト（Fayalite:$2FeO\cdot SiO_2$）が晶出しかけた状態である可能性も考えられる。

（５）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）は63.68％と高値で、金属鉄（Metallic Fe）が0.07％、酸化第１鉄（FeO）41.53％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）44.79％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は7.63％と低値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は1.07％である。また砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は1.36％、バナジウム（V）が0.25％と低値で、酸化マンガン（MnO）も0.20％と低めであった。銅（Cu）は＜0.01％である。鉄分高く、脈石鉱物由来の造滓成分の少ない試料であった。

MAK－12：砂鉄焼結塊

（1）肉眼観察：平面不整五角形を呈する砂鉄焼結塊である。裏面には一部炉壁胎土が付着する。また上面や側面では木炭痕が散在する。砂鉄は微細で、熱影響の度合いは部位によって異なる。

（2）マクロ組織：Photo.21に示す。砂鉄は粒径のばらつきが0.1～0.4㎜と大きく、角張った粒子とやや丸みを帯びた形状のものがみられる。また熱影響をあまり受けずに本来の形状をとどめる砂鉄と、滓化が進み形状が崩れた砂鉄粒子とが混在する。

（3）顕微鏡組織：Photo.7①～③に示す。①は比較的砂鉄粒子の形状をとどめる個所である。粒内には明暗2相が観察されるが、暗色部はTi，Alを固溶する個所と推測される。

②③は滓化の進んだ個所である。砂鉄粒子の形状は崩れ、②では周囲に白色粒状のウスタイトが、③では針状のファイヤライトが晶出し、外縁は帯状晶出メタルが取り囲む。ただし帯状メタルは銹化鉄となる。

MAK－13：マグネタイト系遺物

（1）肉眼観察：平面不整多角形をしたマグネタイト系遺物の破片である。裏面では僅かに灰色の炉壁胎土の痕跡が残る。全体が下面に向かって微かに流動気味で、破面は光沢の強い青灰色である。また僅かに砂鉄焼結部も残存する。

（2）顕微鏡組織：Photo.7④～⑧に示す。④の発達した白色多角形結晶はマグネタイトで、その周囲の暗黒色ガラス質滓中には淡灰色針状のファイヤライトが晶出する。⑤～⑧はマグネタイト結晶が凝集する個所である。⑥⑧の写真にみられる明色部はチタン（Ti）を固溶する個所で、マグネタイト（Magnetite:$FeO \cdot Fe_2O_3$）とウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）の中間の組成のチタン磁鉄鉱（Titanomagnetite）（注5）と推測される。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.7⑦⑧の個所の硬度を測定した。⑦の硬度値は478Hvである。マグネタイトの文献硬度値500～600Hvを若干下回る値であった。測定時の亀裂等による誤差の可能性と、ウスタイトである可能性が考えられる。

また⑧の明色部の硬度値は822Hvと硬質で、チタン（Ti）等を固溶している可能性が高い。

（4）EPMA調査：Photo.29の5段目に反射電子像（COMP）を示す。金属顕微鏡下の視野とは明暗が逆転して、硬質部が僅かに暗い色調を呈する。これはTiの原子量がFeより軽いためで、定量分析値をみると13の番号をつけた素地部分が92.4％FeO、14の番号をつけた暗色部が89.9％FeO－3.3％TiO_2であった。前者はマグネタイト（Magnetite:$FeO \cdot Fe_2O_3$）、後者はチタン磁鉄鉱（Titanomagnetite）と同定される。

（5）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）67.52％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.08％、酸化第1鉄（FeO）26.91％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）66.52％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は4.80％と低値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.99％である。また砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は1.06％、バナジウム（V）が0.08％であった。酸化マンガン（MnO）も0.23％と低値で、銅（Cu）は＜0.01％であった。

当試料は鉄分高く、脈石成分の低い成分系であった。またMAK－11砂鉄と類似した化学組成である。

MAK－14：炉内流動滓

（１）肉眼観察：完形に近い炉内流動滓である。幅５㎜以下の非常に細い滓が多数斜め下方に垂下、堆積している。滓は緻密で破面の気孔はごく僅かである。

（２）顕微鏡組織：Photo.8①～③に示す。多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄製錬滓の一般的な鉱物組成である。

また全体に結晶が微細で試料の冷却速度が速かったと推定される。これは滓が細く、1条あたりの量が少ないためと考えられる。なお②の写真の層状白色部は滓の接着面である。

（３）ビッカース断面硬度：Photo.3①の多角形結晶の硬度を測定した。硬度値740Hvであった。比較的硬質の値のため、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（４）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）46.44％に対して、金属鉄（Metallic Fe)0.21％、酸化第１鉄（FeO）52.73％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）7.50％の割合であった。造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は31.92％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は4.65％であった。また主に原料の砂鉄に由来する二酸化チタン（TiO_2）は3.85％、バナジウム（V）が0.22％と低めであった。酸化マンガン（MnO）は0.80％と若干高めで、銅（Cu）は＜0.01％であった。チタン含有量の低い酸性砂鉄を原料とした製錬滓の成分系である。

MAK－15：炉内流動滓

（１）肉眼観察：平面不整多角形をした流動滓の破片である。上下面及び側面ともごく一部が生きている。上面は流動状を呈し、上半部は緻密な滓である。これに対して、下半部では１㎝大の木炭を多数噛み込んでいる。

（２）顕微鏡組織：Photo.8④に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体、さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。MAK－14炉内流動滓と結晶粒の大きさは異なるが同じ組成であり、チタン含有量の低い砂鉄製錬滓にみられる一般的な鉱物組成である。

（３）ビッカース断面硬度：Photo.8④の多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は823Hvであった。硬質の値を示すためウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（４）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）40.63％に対して、金属鉄（Metallic Fe)0.06％、酸化第１鉄（FeO）44.66％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.37％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36.65％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は5.81％であった。主に原料の砂鉄に由来する二酸化チタン（TiO_2）は4.94％、バナジウム（V）が0.39％と低めであった。また酸化マンガン（MnO）は0.47％、銅（Cu）は＜0.01％である。チタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓の成分系といえる。

MAK－16：流出孔滓

（１）肉眼観察：上面がやや平坦気味な丸棒状の流出孔滓である。短軸両端が破面である。また滓は全体に緻密であるが、破面には中央に大型の気孔が存在する。側面には全面に炉壁土が付着す

る。

（2）顕微鏡組織：Photo.8⑤～⑦に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。更に⑦の中央の結晶のように、淡茶褐色多角形結晶の外周に暗色のヘーシナイトが晶出するものも観察される。さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

MAK－14・15炉内流動滓と同様の、チタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓の鉱物組成であった。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.8⑤の多角形結晶の硬度を測定したところ、硬度値は910Hvであった。硬質の値のためウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（4）EPMA調査：Photo.30の1段目に滓部鉱物相の反射電子像（COMP）を示す。15の番号をつけた淡灰色木ずれ状結晶の定量分析値は65.8％FeO－3.0％CaO－1.5％MgO－1.0％MnO－31.7％SiO_2であった。ファイヤライト（Fayalite:$2FeO \cdot SiO_2$）に同定される。更に若干Ca，Mg，Mnなどを固溶する。また16の番号をつけた、淡灰色木ずれ状結晶の外周に晶出する暗色結晶の定量分析値は47.0％FeO－19.0％CaO－32.2％SiO_2であった。ファイヤライトのFeをかなりCaが代替したかんらん石類の鉱物（$2(Fe,Ca)O \cdot SiO_2$）(注6)である。

また17の番号をつけた淡茶褐色多角形結晶の定量分析値は59.6％FeO－16.3％TiO_2－15.0％Al_2O_3－5.0％V_2O_3－1.3％MgO－1.1％Cr_2O_3であった。スピネル類の鉱物でウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）を主な端成分とする固溶体で、他にもV，Mg，Crを微量固溶する。更に18の番号をつけた、淡茶褐色多角形結晶の外周に晶出する暗色結晶の定量分析値は52.8％FeO－40.5％Al_2O_3－4.5％TiO_2であった。Tiを若干固溶するがヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）に同定される。

19の番号をつけた素地のガラス質滓部分の定量分析値は37.4％SiO_2－11.7％Al_2O_3－13.6％CaO－6.2％K_2O－2.0％Na_2O－27.9％FeOであった。硅酸塩であり微細なファイヤライト結晶を含む測定値のため、Si，Feが高値傾向を示す。さらに20の番号をつけた白色粒状結晶の定量分析値は94.7％FeO－2.5％TiO_2－1.2％Al_2O_3－1.0％SiO_2であった。Ti，Al，Siなどを若干固溶するがウスタイト（Wüstite:FeO）に同定される。

滓中に晶出するスピネル鉱物のチタン含有量はあまり高くないため、当試料もやはり低チタン砂鉄を原料とした製錬滓である。

MAK－17：流出孔滓

（1）肉眼観察：流出孔滓の破片である。上下面が生きており長軸両側面が破面である。滓は3層堆積しており、下面はきれいな樋状、上面2層は偏平な断面形を呈する。また3層とも下半部が緻密で、上半部の表層よりに気孔が集中する。

（2）顕微鏡組織：Photo.9①～③に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄製錬滓の一般的な鉱物組成である。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.9①の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は733Hvである。硬質の値のためウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（４）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）41.35％に対して、金属鉄（Metallic Fe）＜0.01％、酸化第１鉄（FeO）46.55％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）7.37％の割合であった。造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は36.07％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は5.27％である。原料の砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は3.22％、バナジウム（V）が0.21％と低値であった。酸化マンガン（MnO）は0.63％と若干高めで、銅（Cu）が＜0.01％である。低チタン含有砂鉄を原料とした製錬滓の成分系であった。

MAK－18：流出孔滓

（１）肉眼観察：平面不整多角形をした流出孔滓である。上下面及び側面の一部が生きている。滓は流動性が悪かったと推測され、長軸側の両端に丸棒状の工具の圧痕が残る。

（２）顕微鏡組織：Photo.9④～⑥に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体と共に、さらに発達した白色粒状結晶ウスタイトと微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが、素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄製錬滓で一般的な鉱物組成である。

（３）ビッカース断面硬度：Photo.9⑤⑥の鉱物の硬度を測定した。⑤の白色粒状結晶の硬度値は505Hvであった。ウスタイトの文献硬度値の450～500Hvを僅かに上回り、マグネタイトの文献硬度値500～600Hvの範疇に入るが、測定時の亀裂等による誤差の可能性もありウスタイト、マグネタイト双方の可能性が残る。

また⑥の淡茶褐色多角形結晶の硬度値は812Hvであった。硬質の値のためウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

鉱物組成から、当試料は低チタン砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。

MAK－19：流出溝滓

（１）肉眼観察：幅１㎝前後の流動滓が複数堆積して生じた、幅広の流出溝滓片である。上面及び側面の大半は生きている。上面表層は酸化雰囲気に曝されて紫紅色を呈する。

（２）顕微鏡組織：Photo.9⑦に示す。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。更に白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄製錬滓で一般的な鉱物組成である。

（３）ビッカース断面硬度：Photo.9⑦の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は797Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が高い。

（４）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）43.59％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.06％、酸化第１鉄（FeO）50.33％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）6.30％の割合であった。造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は35.70％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は4.67％であった。原料の砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は3.77％、バナジウム（V）が0.24％と低めであった。また酸化マンガン（MnO）も0.73％、銅（Cu）は＜0.01％であった。低チタン砂鉄を原料とした製錬滓の成分系である。

MAK－20：炉底塊

（1）肉眼観察：平面不整五角形をした炉底塊の端部破片で3.5kgを測る。上下面と短軸両面が生きている。上面は中央が窪み、木炭痕による凹凸の顕著な面と盛り上がった流動状の面が相半ばする。下面は樋状で、細かい木炭痕による凹凸や石粒の付着が著しい。

（2）顕微鏡組織：Photo.10①に示す。白色粒状結晶ウスタイトもしくはマグネタイトと微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い製錬滓の晶癖といえる。

（3）ビッカース断面硬度：Photo.10①の白色粒状結晶の硬度を測定した。硬度値は543Hvであった。ウスタイトの文献硬度値を上回り、マグネタイトの文献硬度値の範疇に入るが、測定時の亀裂等による誤差の可能性もありウスタイト、マグネタイト双方の可能性が残る。

（4）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）53.09％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.07％、酸化第1鉄（FeO）59.93％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）9.20％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）25.83％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）3.98％であった。主に原料の砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は1.72％、バナジウム（V）が0.15％と低値であった。また酸化マンガン（MnO）も0.35％と低めである。銅（Cu）は＜0.01％であった。

チタンの低い砂鉄を原料とした製錬滓の成分系である。また製錬滓としては鉄分が高い。このため製鉄炉内の還元雰囲気が弱く、原料砂鉄の鉄分の多くが酸化物のまま滓中にとどまったものと推測される。

MAK－21：炉底塊（含鉄）

（1）肉眼観察：平面不整多角形をした炉底塊片である。上下面と側面1面が生きている。上面は比較的平坦で、下面は樋状を呈する。また内部には銹化物が点在し、木炭の噛み込みも著しい。やや密度の低い滓である。

（2）マクロ組織：Photo.22に示す。供試材の切断面ではまとまった鉄部は確認されず、白色の微細な金属鉄粒や灰色で不定形の銹化鉄粒が散在する。

（3）顕微鏡組織：Photo.10②～④に示す。②は銹化鉄部の拡大である。中央下側は還元が進んだ砂鉄粒子の痕跡である。晶出した微細な金属鉄は銹化鉄となっている。またその周囲の不整円形および不定形の灰色部も銹化鉄である。

③④は主に滓部を示した。淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体で、さらに白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄製錬滓で一般的な鉱物組成である。

（4）ビッカース断面硬度：Photo.10④の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は812Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。

（5）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）43.14％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.07％、酸化第1鉄（FeO）28.18％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）30.26％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は25.90％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は3.26％である。主に原料の砂鉄に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は3.74％、バナジウム（V）が0.45％と低めであった。また酸化マンガン（MnO）も0.29％と低めである。さらに銅（Cu）は＜

0.01％である。低チタン含有砂鉄を原料とした製錬滓の成分系といえる。

MAK－22：炉底塊（含鉄）

（１）肉眼観察：平面不整台形をした含鉄炉底塊の破片である。上下面と側面の大半が生きている。上面は平坦気味で下面は樋状を呈する。滓は流動性が悪く、内部に木炭痕や銹化鉄が散在する。

（２）マクロ組織：Photo.22に示す。供試材の切断面ではまとまった鉄部は確認されず、ごく微細な金属鉄粒が僅かに散在する。また試料上面表層部分を除き、発達した粒状のウスタイト結晶が凝集気味に見受けられる。

この鉱物組成から、当試料は低チタン含有砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。炉内の還元雰囲気が弱く、原料砂鉄中の鉄分の多くが酸化鉄の状態のまま滓中にとどまった状況にある。

（３）顕微鏡組織：Photo.10⑤～⑦に示す。何れも上面表層部分の拡大である。⑤の試料表層（写真左側）に沿って凝集気味に晶出する白色結晶はマグネタイト、その内側に晶出する淡色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。なお⑦の中央はその拡大を示す。さらに淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトも素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

⑥の中央は砂鉄が滓化したものである。内部の暗色部はよりTiやAlを固溶する個所と推測される。さらに外周部にはウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体が晶出しかけている。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.10⑥⑦の硬度を測定した。⑥の滓化した砂鉄の硬度値は552Hvであった。マグネタイトの文献硬度値の範囲内であり、TiやAlの固溶する割合は低い。また⑦の淡色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は774Hvでウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。

（５）EPMA調査：Photo.30の2段目に滓化の進行した砂鉄の反射電子像（COMP）を示す。21の番号をつけた個所の定量分析値は88.3％FeO－3.9％TiO_2－2.2％Al_2O_3－1.1％MgOであった。マグネタイト（Magnetite:$FeO \cdot Fe_2O_3$）に近い組成で、若干Ti，Al，Mgを固溶する。

さらにもう１視野、Photo.30の３段目に滓部鉱物相の反射電子像（COMP）を示す。22の番号をつけた淡灰色木ずれ状結晶の定量分析値は57.0％FeO－7.2％MgO－5.2％CaO－1.3％MnO－32.9％SiO_2であった。かんらん石類の鉱物で、ファイヤライト（Fayalite:$2FeO \cdot SiO_2$）に近い組成であるが、Feの一部をMg，Ca，Mnが置換している。また23の番号で素地のガラス質滓の定量分析値は43.8％SiO_2－7.9％Al_2O_3－17.7％CaO－3.4％K_2O－27.9％FeOであった。更に24の番号をつけた多角形結晶外周の明色部の定量分析値は81.4％FeO－4.1％TiO_2－6.0％SiO_2－5.5％Al_2O_3－1.8％CaOである。これに対して内側の暗色部の25の番号の定量分析値は63.4％FeO－15.0％TiO_2－11.5％Al_2O_3であった。共にスピネル類の鉱物と推測される。外周の明色部の方が若干Feの割合が高く、内側の暗色部はほぼウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）を端成分とする固溶体である。

以上の鉱物組成の特徴から、当試料はチタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。

MAK－23：炉内滓（含鉄）

（１）肉眼観察：平面不整六角形をした含鉄炉内滓である。表面は広い範囲が酸化土砂で覆われる。端部はやや流動状を呈する滓部で、その内部には気孔が密に分布する。その反対側の端部には

8㎜大の丸棒状の突出部が見られる。この突出部の磁着は強い。

（2）マクロ組織：Photo.23に示す。供試材の採取位置では、まとまった銹化鉄が確認された。表面には酸化土砂の付着が著しいが滓の付着はみられない。

（3）顕微鏡組織：Photo.11①～③に示す。何れも銹化鉄部分の拡大である。①は片状黒鉛の痕跡が残存するねずみ鋳鉄。②は針状フェライトと層状のパーライト痕跡が残る亜共析組織。③は針状セメンタイトと素地のパーライト痕跡が残る過共析組織部分を示す。なお以上のような銹化鉄中に残る金属組織から、当試料は過共析組織（0.77％c以上）主体の鉄塊であった。

MAK－24：炉内滓（含鉄）

（1）肉眼観察：平面不整方形をした含鉄炉内滓片である。各所に砂鉄焼結部が残存する。ただし砂鉄は融着が進んでおり、粒径等は判然としない。また側面や下面には僅かに流動状を呈する個所がある。その一部は磁着が強く、砂鉄粒子が溶融、滓化してマグネタイト化の可能性が考えられる。

（2）マクロ組織：Photo.23に示す。供試材の切断面ではまとまった鉄部は確認されず、僅かにごく微細な金属鉄粒が散在するのみである。ただし、滓中の点状の黒色部は晶出した微細な金属鉄粒が銹化、剥落した痕跡を残す。更に小型不定形の銹化鉄部も散在する。また写真左上の試料表層は、砂鉄が溶融・滓化したマグネタイト部分である。

（3）顕微鏡組織：Photo.11④～⑧に示す。④～⑥は砂鉄が溶融・滓化したマグネタイトの凝集部分である。内部には明暗2相がみられる。暗色部はTi，Alなどを固溶する個所をもつ。さらに外周部に晶出する淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。

⑦⑧は滓部の拡大である。白色粒状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。チタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓で一般的な組成といえる。

（4）ビッカース断面硬度：Photo.11⑥～⑧の硬度を測定した。⑥は溶融、滓化した砂鉄部分で硬度値は528Hvであった。この値はマグネタイトの文献硬度値の範囲内であり、Ti，Alなどの固溶量は少ないと判断される。鉱物相はマグネタイトであろう。

また⑦の白色不定形結晶の硬度値は560Hvでマグネタイト、更に⑧の淡茶褐色多角形結晶の硬度値は733Hvと硬質のため、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。

当試料はチタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓であるが、原料砂鉄の鉄分の多くが酸化物のまま滓中にとどまっており、還元雰囲気の弱い個所で派生したと推測される。

MAK－25：炉内滓

（1）肉眼観察：平面不整六角形をした炉内滓である。上下面と側面の一部が生きている。上面表層は流動状を呈する。また破面では横方向に伸びる気孔が多数発生している。磁着は比較的強く、特に下半部が強い傾向を示す。

（2）マクロ組織：Photo.24に示す。供試材の切断面ではまとまった鉄部は検出されず、小型不定形の銹化鉄部が散在するのみである。また写真左上及び左下側では発達したウスタイト結晶が凝集して晶出する。

（3）顕微鏡組織：Photo.12①～③に示す。①③は白色粒状結晶ウスタイトが凝集気味に晶出

する個所である。また②は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.12②③の硬度を測定した。②の淡茶褐色多角形結晶の硬度値は659Hvであった。この値から当結晶のチタン含有量は比較的高く、ウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）に近い組成である可能性が高い。

③の白色粒状結晶の硬度値は503Hvであった。ウスタイトの文献硬度値の上限を微かに上回るが、測定時の亀裂などによる誤差の範囲内とも考えられ、ウスタイト、マグネタイト双方の可能性が残る。

当試料も低チタン含有砂鉄を原料とした製錬滓であり、滓中に鉄酸化物（FeO）の結晶が多数残存するため、比較的弱い還元雰囲気で派生したと推測される。

MAK－26：炉内滓（含鉄）

（１）肉眼観察：40g弱の小型で平面が不整楕円形を呈する含鉄炉内滓である。僅かに上下面の一部が生きている。破面は比較的緻密である。上面には粉炭がまとまって固着し、下面には２㎝大の木炭痕が残る。

（２）マクロ組織：Photo.24に示す。滓中にごく微細な未凝集金属鉄が多数散在する。ほとんど浸炭していないフェライト単相の組織の割合が高い。

（３）顕微鏡組織：Photo.12④～⑧に示す。写真中央はいずれも５％ナイタルで腐食した微細な金属鉄部である。⑥はほとんど浸炭していないフェライト単相の個所である。これに対して④⑤、⑦⑧は幾分炭素含有量の高い鉄部である。素地はベイナイト（フェライト地のなかに分散した微細なセメンタイトで構成された組織）で針状フェライトが析出する。
また滓中には小型の淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネルと淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが晶出する。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.12⑥～⑧の金属鉄部の硬度を測定した。⑥フェライト単相個所の硬度値は84Hv、⑦ベイナイト素地に針状フェライトが析出する個所の硬度値は144Hv、⑧ベイナイト組織の硬度値は184Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

当試料中にはごく微細な金属鉄が広範囲で確認されたが、鍛冶原料となり得る品位ではなく、滓として廃棄されたものと推測される。

MAK－27：炉内滓（含鉄）

（１）肉眼観察：平面不整六角形をした含鉄炉内滓片である。上下面は生きているが、側面5面は破面である。上面の流動滓は非常に緻密で破面の気孔も少ない。また下面には微細な気孔が多数点在し、焼結砂鉄の一部が還元されて鉄となり銹化している。

（２）マクロ組織：Photo.25に示す。写真左側が滓部である。表面は滑らかで内部の気孔も少ないため、流動性が良かったものと判断される。また下面の明灰色部は銹化鉄部である。焼結砂鉄由来の未凝集フェライトで内部には多数の空隙がみられる。まとまった鉄部が銹化したのではない。

（３）顕微鏡組織：Photo.13①～③に示す。①の不定形の白色部は銹化鉄である。金属組織の痕跡は残っていない。また②③は上面の滓部の拡大である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、

白色樹枝状結晶ウスタイト、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

（4）ビッカース断面硬度：Photo.13③の淡茶褐色多角形結晶の硬度を測定した。硬度値は694Hvである。この値から当結晶はチタン含有量が割合高く、ウルボスピネル（Ulvöspinel：2 $FeO \cdot TiO_2$）に近い組成である。

（5）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）53．25％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.21％、酸化第1鉄（FeO）38.40％、銹化鉄含みで酸化第2鉄（Fe_2O_3）が多く、33.16％の割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は21.03％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は2.57％を含む。原料の砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は2.09％、バナジウム（V）が0.14％と低めであった。また酸化マンガン（MnO）は0.41％、銅（Cu）を＜0.01％含む。チタン含有量の低い砂鉄を原料とした製錬滓の成分系といえる。

MAK－28：炉内滓（含鉄）

（1）肉眼観察：平面不整台形をした厚板状の炉内滓の破片である。上下面が生きているが、側面は破面である。破面には気孔が多数散在する。また木炭痕も多い。

（2）マクロ組織：Photo.25に示す。試料表面には酸化土砂の付着が著しい。また不定形の明灰色部は銹化鉄であるが、まとまりのある鉄部は残存しなかった。滓は外縁部のみでなく銹化鉄の内部にも観察される。

（3）顕微鏡組織：Photo.13④～⑥に示す。④の写真中央の白色部は微細な金属鉄粒である。また周囲に散在する微細な不定形の灰色部は、晶出した鉄が銹化したものである。⑤⑥は滓部である。白色樹枝状結晶はウスタイトで、その外周や粒内に晶出する微細な淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体である。さらに淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトも素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

（4）ビッカース断面硬度：Photo.13④の金属鉄部の硬度を測定した。硬度値は98Hvと軟質のため、ほとんど浸炭していない軟鉄である。

（5）化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）53．89％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.20％、酸化第1鉄（FeO）28.00％、銹化鉄を多く含み酸化第2鉄（Fe_2O_3）は45.65％と高めの割合であった。造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は15.53％と低値で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は1.47％である。製鉄原料の砂鉄中に含まれる二酸化チタン（TiO_2）は1.67％、バナジウム（V）が0.15％であった。また酸化マンガン（MnO）も0.31％と低めである。銅（Cu）は＜0.01％であった。低チタン含有砂鉄を原料とした製錬滓の成分系である。

MAK－29：炉内滓（含鉄）

（1）肉眼観察：平面不整半円形を呈する含鉄炉内滓である。上面は生きているが、側面から破面にかけては酸化土砂の付着が著しく、表面の状態が判然としない。土砂中には多量の粉炭が混在する。

（2）マクロ組織：Photo.26に示す。試料採取面ではまとまった鉄部は検出できなかった。僅かに下面側に不定形の銹化鉄部が散在する。滓もガラス質溶融物が多く結晶鉱物相は少ない。

（３）顕微鏡組織：Photo.13⑦に示す。写真中央の白色部はごく微細な金属鉄部である。また周囲の滓中には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライトが素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出するがその量は少ない。

（４）ビッカース断面硬度：Photo.13⑦の金属鉄部の硬度を測定した。硬度値は115Hvと軟質の値を示すため、炭素含有量の低い鉄の可能性があるが風化硬化の影響も無視できまい。

滓中にチタン（Ti）を含有するスピネル鉱物が晶出している。当試料は砂鉄を原料とした製錬滓と分類される。

MAK－30：再結合滓（含鉄）

（１）肉眼観察：平面不整多角形をした再結合滓の破片である。上下面の大半が生きており、側面は破面である。粉炭と製錬滓片が多数分布する。さらに焼結砂鉄も僅かに混在する。

（２）マクロ組織：Photo.26に示す。被熱及び半還元砂鉄粒子、製錬滓片、銹化鉄粒、木炭片などが多数混在する。

（３）顕微鏡組織：Photo.14①～⑨に示す。①～③は被熱砂鉄粒子である。製鉄炉内に装入され、強い熱影響を受けたものが多い。②の中央に示したように外周から還元が進み、周囲を取り巻くように晶出した金属鉄が銹化鉄となって残るもの、③のように複数の砂鉄粒子が融着したものなどが点在する。各粒子は風化を受けて侵食も進んでいる。

④～⑨は銹化鉄粒である。④⑤、⑥⑦には板状セメンタイトやレデブライトの白鋳鉄組織痕跡が残存する。また⑧⑨は片状黒鉛の痕跡が残り、ねずみ鋳鉄と判断される。何れも製鉄炉の操業時に生じたごく微細な鋳鉄粒である。

以上のように、当試料は製錬工程で派生する微細遺物で構成されて、製鉄炉に近い作業空間で２次堆積された再結合滓に分類される。

MAK－31：鉄製品（鍛造品）

（１）肉眼観察：薄板状鉄製品の破片である。破面には層状の剥離痕をもち鍛造品と推測される。

（２）マクロ組織：Photo.27に示す。4.0㎜程の厚みの鉄製品である。銹化が進行しており、供試材の採取面では金属鉄は遺存していない。また試料内部には層状の剥離痕跡が多数観察される。

（３）顕微鏡組織：Photo.15①～⑤に示す。当試料は銹化の進行が著しく、金属組織の痕跡も残存していない。また層状の剥離痕跡が顕著であるため、折り返し鍛錬の施された鍛造品の可能性が考えられる。更に、左寄りに目玉状介在物のウスタイトらしき異物がある。これがウスタイト（FeO）であれば鍛造品説を補強する。

MAK－32：鉄製品（鍛造品）

（１）肉眼観察：方柱状の鉄素材の破片である。短軸両端は破面で、全体が僅かに屈曲する。

（２）マクロ組織：Photo.27に示す。横断面は一辺が約5.0㎜程の正方形状を呈する。各面がきれいに成形された鍛造品である。また全体に銹化が進行して内部は空洞化し、供試材の採取面では金属鉄は遺存していない。

（３）顕微鏡組織：Photo.16①～⑤に示す。試料断面には金属組織の痕跡が残存している。明

灰色部はフェライト、層状の暗灰色部はパーライト痕跡である。これらの組織痕跡から、当試料は炭素含有量が0.3～0.4％前後の亜共析鋼と推定される。

MAK－33：鉄製品（鋳造品）

（1）肉眼観察：平面三角形を呈する板状鉄製品の破片である。断面は緩やかな弧状で鉄鍋など鋳造器物の体部破片の可能性が考えられる。

（2）マクロ組織：Photo.28に示す。4.0㎜程の厚みで短軸両端が破面の銹化鉄片である。金属鉄は残存していない。

（3）顕微鏡組織：Photo.17①～⑧に示す。①～③は発達した片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄痕跡が残る。また④の表層部側はねずみ鋳鉄組織痕跡、内側は蜂の巣状のレデブライト痕跡と片状黒鉛とが混在する斑鋳鉄組織痕跡が残存する。⑤⑥は表層部、⑦⑧は内部の拡大である。

MAK－34：木炭

（1）肉眼観察：広葉樹の環孔材の黒炭である。炭化はやや甘い。

（2）顕微鏡組織：Photo.32～34に示す。MAK－34－1、2、6の木口、柾目、板目の各面を撮影した。何れも発達した道管をもつ広葉樹材である。

（3）性状調査：Table.3に示す。当試料も埋蔵時の周囲の土砂等による、汚染の影響が著しい。灰分が7.97％と高値である。固定炭素（F.C）は50.04％と低値で、発熱量は6090cal／gで低値である。本来は7000cal／g程度確保できるはずである。なお揮発分は41.99％とこれは多い。たたら用木炭は低固定炭素、高揮発分狙いであることは僅かにその痕跡を留める。また鉄製錬で鉄中に移行すると製品に悪影響を及ぼす硫黄（T.S）は0.16％、灰中燐（P）が0.121％。と共に高値であった。この値が鉄製錬に用いられた木炭の平均的な分析値とすると、製品への悪影響が懸念される。

MAK－35：黒鉛化木炭

（1）肉眼観察：平面は不整五角形を呈する小型の広葉樹材からなる黒鉛化木炭である。表面は酸化土砂に覆われるが、一部鉛色の光沢のある面が露出する。磁着は部位によって強弱がある。

（2）マクロ組織：Photo.28に示す。木炭の木口面を観察している。当試料は小型の道管が弧状に配列する環孔材である。また横方向に走る割れは製炭時の菊割れの可能性が高い。表層や割れの隙間の明灰色部は銹化鉄で、木炭繊維の隙間に金属鉄が置換している。供試材の採取面では金属鉄は残存していない。

（3）顕微鏡組織：Photo.18①～⑤に示す。①は試料表面から断面を連続写真で示した。写真右側に沿って道管の配列が確認される。２条の横方向の空隙は菊割れの痕跡である。試料表層や菊割れの空隙内に比較的まとまった銹化鉄部が遺存する。

また②③は試料表層部の拡大である。この個所では銹化鉄に白鋳鉄組織痕跡を残す。④⑤は内側の拡大で、この個所でも若干明灰色の銹化鉄部が見られるが、金属組織痕跡は残存しない。条痕面をもつ塊は鉄に置換されなかった残存炭である

小結

Ⅱ区の出土遺物を調査した結果、次の点が明らかになった。

〈１〉Ⅱ区から出土した砂鉄（MAK－1）のチタン含有量は1.36％と低値であった。また出土鉄滓（MAK－5、6、14～20）のチタン含有量も全体的に低い（TiO_2：1.72～4.94％）。当地区では低チタン砂鉄を原料とした製鉄が行われたと推定される。

出土鉄滓の鉱物組成は、滓中に晶出するスピネル鉱物がTiのみでなくAlを含むウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite:$FeO \cdot Al_2O_3$）の固溶体である。さらにウスタイト（Wüstite:FeO）が晶出する試料も多い。これらの鉱物組成は、製鉄原料の砂鉄中のチタン含有量が低いことを示す特徴である。

さらにⅡ区出土鉄滓は、砂鉄粒子が多数残存する試料や、原料中の鉄分が還元されずにマグネタイト（Magnetite:Fe_3O_4）として凝集するものが多く確認された。このことから、操業回によっては炉内の還元雰囲気を均一に保つことが難しかった面もあったのだろう。

〈２〉含鉄鉄滓（MAK－21～29）のうち、ある程度のまとまりをもつ鉄部は僅かで（MAK－23・27)、大部分は滓中にごく微細な不定形の金属鉄（銹化鉄ないしはその剥落した痕跡）が散在する程度であった。これらは後の鍛冶や鋳造工程の原料となりうる品位ではなく、滓として廃棄されている。この結果からも、当地区では操業時に製鉄炉内の還元雰囲気を保ち難く、鉄分の還元や生成鉄と滓の分離が不十分なまま操業を停止している。鉄回収率の低い操業回があったと指摘できる。

なお鉄部の組織観察の結果、ほぼフェライト単相の組織から、鋳鉄組織痕跡まで確認された。操業回や炉内生成位置の違いなどによって生成鉄塊の炭素含有量は大きくばらついている。

〈３〉出土炉壁片（MAK－8）の耐火度は1435℃であった。古代（10世紀代）の製鉄炉としては、耐火性に優れた性状といえる。

〈４〉木炭（MAK－34）中の硫黄（T.S:0.16％)、燐（灰中P:0.121％）が非常に高値であった。これが製鉄に使用した木炭の平均的な値であれば、生成鉄中への影響が懸念される。特に高温操業下での生成鉄には、後工程の鍛冶原料や製品に弊害がでる可能性が高い。

４．まとめ

槙ヶ垰遺跡のⅠ区とⅡ区では若干異なる鉄生産の様相が窺える。

まず両地域では、原料に選択した砂鉄のチタン含有量が異なる。Ⅰ区は４～６％TiO_2相当品、Ⅱ区は1.02％の実績値をもつ。

Ⅰ区の含鉄炉内滓（MAK－2）には、小型であるがまとまった鋳鉄塊を残す。該品は鉄中非金属介在物の組成（(Fe,Mn)S）をみると高温製錬が推察される。

これに対してⅡ区の出土鉄滓の化学組成をみると、低温操業で還元雰囲気が弱く、鉄分の多くが酸化鉄の形で滓中にとどまる状況である。含鉄鉄滓中にも鍛冶原料になり得るような鉄部を有する鉄塊は1点（MAK－23）しか遺存しない。当地区では炉の操業後、滓中に生成した小型鉄塊の割り取り回収が丁寧に行われた様相を残す。

こうした原料の選択性や操業状況の違いは、目標とする生成鉄の炭素含有量の違いに起因する可能性が考えられる。このため今後、更に周辺地域の分析調査事例の蓄積を通して詳細な検討が望まれる。

（注）

（1）日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』1968

磁鉄鉱（鉱石）は530～600Hv、ウスタイトは450～500Hv、マグネタイトは500～600Hv、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の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。それにアルミナ（Al）が加わり、ウルボスピネルとヘーシナイトを端成分とする固溶体となると更に硬度値は上昇する。このため700Hvを超える値では、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が考えられる。

（2）黒田吉益・諏訪兼位『偏光顕微鏡と造岩鉱物　［第2版］』共立出版株式会社　1983

第5章　鉱物各論　D．尖晶石類・スピネル類（Spinel Group）の記載に加筆

尖晶石類の化学組成の一般式はXY_2O_4と表記できる。Xは2価の金属イオン、Yは3価の金属イオンである。その組み合わせでいろいろの種類のものがある。（略）

スピネル（Spinel:$MgAl_2O_4$），ヘーシナイト〔鉄スピネル〕（Hercynite:$Fe^{2+}Al_2O_4$），

マグネタイト〔磁鉄鉱〕（Magnetite:$Fe^{2+}Fe_2{}^{3+}O_4$），クロム磁鉄鉱（Chromite:$Fe^{2+}Cr_2O_4$），

マグネシオクロマイト（Magnesiochromite:$MgCr_2O_4$），ウルボスピネル（Ulvöspinel:$TiFe_2{}^{3+}O_4$）

またこれらを端成分とした固溶体をつくる。

（3）青木猪三雄・鳥取友治郎『日本鉄鋼全書（1）銑鉄と鋳鉄』鉄鋼と金属社　1960

硫化マンガンは、硫化鉄と異なり熔融点が高く1620℃で溶銑から晶出する。

（4）大澤正己「大山遺跡を中心とした埼玉県下出土の製鉄関連遺物分析調査」『大山』（埼玉県遺跡発掘調査報告書大23集）埼玉県教育委員会1979

（5）前掲注（2）　第5章　鉱物各論　E．磁鉄鉱（magnetite）

磁鉄鉱は広義のスピネル類に属し、$FeO \cdot Fe_2O_3$の理想組成を持っているが、多くの場合Tiをかなり多く含んでいる。（中略）ウルボスピネル（Ulvöspinel:$2FeO \cdot TiO_2$）と連続固溶体をつくり、この固溶体の中間組成のものをチタン磁鉄鉱（Titanomagnetite）とよぶ。

（6）前掲注（2）　第4章　主要な造含鉱物　4．7かんらん石類（Olivine Group）

かんらん石類はX_2SiO_4で表される。XにはMg，Fe^{2+}，Mn^{2+}，Caなどがはいる。このXの位置は2価のイオンだけで占められ、AlやFe^{3+}のような3価の金属イオンはほとんど存在しない。Siの位置をAlが置換することもない。代表的なかんらん石としては、Mg_2SiO_4（苦土かんらん石），Fe_2SiO_4（鉄かんらん石），Mn_2SiO_4（テフロかんらん石），$CaMgSiO_4$（モンチセリかんらん石）などがある。

Table. 1　供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	地区	出土位置	遺物名称	推定年代	計測値		磁着度	メタル度	調査項目									備考
						大きさ(mm)	重量(g)			マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	EPMA	化学分析	木炭SEM	耐火度	カロリー	
MAK-1	槙ケ垰	Ⅰ区	C-9 SY-04 1層	流出溝滓(中)	10c代?	41×45×19	67.2	2	なし		○	○			○				
MAK-2	槙ケ垰		C-9 焼土周辺	炉内滓(含鉄)	〃	21×17×14	10.9	6	H(○)	○	○	○		○					
MAK-3	槙ケ垰		SK-36 1層上面	炉内滓(含鉄)	〃	68×54×29	177.1	7	M(◎)	○	○	○			○				
MAK-4	槙ケ垰		SC-01ほか	木炭(5点)	〃	−	63.4	1	なし							○		○	
MAK-5	槙ケ垰	Ⅱ区	テラス9	炉内滓	10c代?	72×78×61	396.1	3	なし		○	○			○				
MAK-6	槙ケ垰		テラス8	流出孔滓	〃	128×98×58	755.8	3	なし		○	○		○	○				
MAK-7	槙ケ垰		D-10	炉壁(砂鉄焼結)	10c代?	98×120×58	477.9	5	なし	○	○	○							
MAK-8	槙ケ垰		D-8	炉壁(砂鉄焼結)	〃	122×135×78	1019.0	5	なし		○				○		○		
MAK-9	槙ケ垰		西側斜面(採取)	地山粘土	−	−	85.0	1	なし		○				○				
MAK-10	槙ケ垰		地山(採取)	砂鉄	−	−	20.0	6	なし	○	○				○				
MAK-11	槙ケ垰		D-12	砂鉄	10c代?	−	20.0	7	なし	○	○			○	○				
MAK-12	槙ケ垰		P-9	砂鉄焼結塊	〃	43×35×20	25.0	6	M(◎)	○	○								
MAK-13	槙ケ垰		A-8	マグネタイト系遺物	〃	49×46×24	85.1	6	H(○)		○	○		○	○				
MAK-14	槙ケ垰		D-8	炉内流動滓(小)	〃	113×58×38	264.7	5	なし		○	○			○				
MAK-15	槙ケ垰		A-11	炉内流動滓(大)	〃	150×122×73	864.7	4	なし		○	○			○				
MAK-16	槙ケ垰		C-6	流出孔滓(小)	〃	106×28×21	98.4	3	なし		○	○		○					
MAK-17	槙ケ垰		B-10	流出孔滓(大)	〃	100×78×51	420.0	3	なし		○	○			○				
MAK-18	槙ケ垰		D-8	流出孔滓(工具痕付)	〃	133×100×65	997.8	4	なし		○	○							
MAK-19	槙ケ垰		B-8	流出溝滓(大)	〃	314×175×69	3900.0	3	なし		○	○			○				
MAK-20	槙ケ垰		C-9	炉底塊	〃	179×150×92	3500.0	4	なし		○	○			○				
MAK-21	槙ケ垰		Q-16	炉底塊(含鉄)	〃	141×115×60	1000.4	8	M(◎)	○	○	○			○				
MAK-22	槙ケ垰		Q-16	炉底塊(含鉄)	〃	172×92×56	1086.4	7	M(◎)	○	○	○		○					
MAK-23	槙ケ垰		N-13	炉内滓(含鉄)	〃	75×53×34	125.6	5	H(○)	○	○								
MAK-24	槙ケ垰		C-7	炉内滓(含鉄)	〃	63×53×43	161.2	8	M(◎)	○	○	○							
MAK-25	槙ケ垰		A-7	炉内滓(含鉄)	〃	65×46×39	167.9	5	M(◎)	○	○	○							
MAK-26	槙ケ垰		C-5	炉内滓(含鉄)	〃	28×32×24	39.7	6	L(●)	○	○	○							
MAK-27	槙ケ垰		D-12	炉内滓(含鉄)	〃	53×73×41	167.9	7	L(●)	○	○	○			○				
MAK-28	槙ケ垰		D-9	炉内滓(含鉄)	〃	110×64×49	381.4	7	L(●)	○	○	○			○				
MAK-29	槙ケ垰		B-5	炉内滓(含鉄)	〃	89×153×61	757.8	8	H(○)	○	○	○							
MAK-30	槙ケ垰		P-11	再結合滓(含鉄)	〃	103×65×37	188.3	7	M(◎)	○	○								
MAK-31	槙ケ垰		包含層(2層)	鉄製品(鍛造品)	〃	25×22×4	4.8	6	H(○)	○	○								
MAK-32	槙ケ垰		H-14	鉄製品(鍛造品)	〃	65×9×8	21.3	6	M(◎)	○	○								
MAK-33	槙ケ垰		K-16	鉄製品(鋳造品)	〃	72×83×8	100.0	5	H(○)	○	○								
MAK-34	槙ケ垰		A-8	木炭(6点)	〃	−	99.99	1	なし							○		○	
MAK-35	槙ケ垰		Q-13	黒鉛化木炭	〃	32×18×9	4.4	5	H(○)	○	○								

Table. 2　供試材の化学組成

＊　＊　＊　＊　＊　＊　　#:Ig Loss　　Σ＊

符号	遺跡名	地区	遺物名称	推定年代	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
MAK-1	槙ケ垰	Ⅰ区	流出溝滓(中)	10c代?	34.76	0.19	41.31	3.52	27.70	7.95	2.93	1.60	1.31	0.59	1.21	9.13	0.03	0.02	0.46	0.12	0.18	<0.01		42.08	1.211	0.263
MAK-3	槙ケ垰		炉内滓(含鉄)	〃	50.34	0.10	48.22	18.24	9.24	4.66	1.01	1.18	0.45	0.15	0.58	12.20	0.04	0.02	0.24	0.11	0.98	<0.01		16.69	0.332	0.242
MAK-5	槙ケ垰	Ⅱ区	炉内滓	10c代?	41.61	0.12	47.86	6.13	24.63	7.60	5.37	1.05	1.44	0.50	0.39	2.05	0.03	0.06	0.63	0.07	0.09	<0.01		40.59	0.975	0.049
MAK-6	槙ケ垰		流出孔滓	〃	39.97	0.19	45.82	5.95	25.83	8.25	5.38	1.12	1.54	0.45	0.38	2.13	0.03	0.05	0.59	0.08	0.10	<0.01		42.57	1.065	0.053
MAK-8	槙ケ垰		炉壁(砂鉄焼結)	10c代	7.16	<0.01	2.76	7.16	52.28	25.19	0.83	1.56	1.40	0.64	0.15	1.02	0.02	0.01	0.13	# 5.87	0.02	<0.01	1,435	81.90	11.439	0.142
MAK-9	槙ケ垰		地山粘土	—	5.68	<0.01	1.31	6.65	54.70	18.04	2.36	2.34	1.62	1.74	0.08	0.87	0.02	0.01	0.13	# 9.95	0.01	0.02		80.80	14.225	0.153
MAK-10	槙ケ垰		砂鉄(地山)	—	52.09	0.01	21.53	50.54	12.85	3.47	2.80	1.85	0.14	0.40	0.24	3.29	0.07	0.05	0.12	0.03	0.22	<0.01		21.51	0.413	0.063
MAK-11	槙ケ垰		砂鉄(遺跡)	10c代?	63.68	0.07	41.53	44.79	4.59	1.74	0.61	0.46	0.10	0.13	0.20	1.36	0.07	0.03	0.12	0.09	0.25	<0.01		7.63	0.120	0.021
MAK-13	槙ケ垰		マグネタイト系遺物	〃	67.52	0.08	26.91	66.52	2.10	1.50	0.49	0.50	0.17	0.04	0.23	1.06	0.04	0.01	0.24	0.06	0.08	<0.01		4.80	0.071	0.016
MAK-14	槙ケ垰		炉内流動滓(小)	〃	46.44	0.21	52.73	7.50	20.41	5.10	3.55	1.10	1.37	0.39	0.80	3.85	0.06	0.05	0.42	0.03	0.22	<0.01		31.92	0.687	0.083
MAK-15	槙ケ垰		炉内流動滓(大)	〃	40.63	0.06	44.66	8.37	21.93	7.37	3.94	1.87	1.09	0.45	0.47	4.94	0.05	0.03	0.27	0.11	0.39	<0.01		36.65	0.902	0.122
MAK-17	槙ケ垰		流出孔滓(大)	〃	41.35	<0.01	46.55	7.37	22.51	6.31	4.29	0.88	1.62	0.46	0.63	3.22	0.05	0.03	0.38	0.02	0.21	<0.01		36.07	0.872	0.078
MAK-19	槙ケ垰		流出溝滓(大)	〃	43.59	0.06	50.33	6.30	21.90	7.50	3.45	1.22	1.18	0.45	0.73	3.77	0.06	0.04	0.46	0.08	0.24	<0.01		35.70	0.819	0.086
MAK-20	槙ケ垰		炉底塊	〃	53.09	0.07	59.93	9.20	15.65	4.71	3.15	0.83	1.22	0.27	0.35	1.72	0.03	0.06	0.51	0.03	0.15	<0.01		25.83	0.487	0.032
MAK-21	槙ケ垰		炉底塊(含鉄)	〃	43.14	0.07	28.18	30.26	15.67	6.33	2.15	1.11	0.48	0.16	0.29	3.74	0.06	0.06	0.25	0.24	0.45	<0.01		25.90	0.600	0.087
MAK-27	槙ケ垰		炉内滓(含鉄)	〃	53.25	0.21	38.40	33.16	13.81	3.63	2.10	0.47	0.81	0.21	0.41	2.09	0.04	0.04	0.35	0.09	0.14	<0.01		21.03	0.395	0.039
MAK-28	槙ケ垰		炉内滓(含鉄)	〃	53.89	0.20	28.00	45.65	10.42	3.24	1.05	0.42	0.29	0.11	0.31	1.67	0.04	0.06	0.18	0.77	0.15	<0.01		15.53	0.288	0.031

Table. 3　木炭の性状

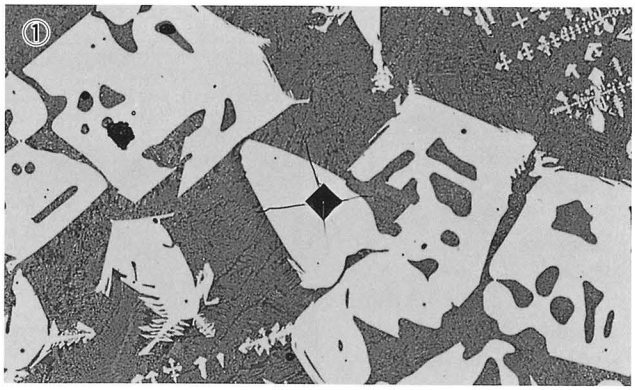
符号	遺跡名		遺物名称	推定年代	灰分 Ash	揮発分 VM	水分 MS	固定炭素 FC	トータル硫黄 T.S	発熱量	灰中 P
MAK-4	槙ケ垰	Ⅰ区	木炭	8c末?	8.94	33.78	13.97	57.28	<0.01	5,660	0.051
MAK-34	槙ケ垰	Ⅱ区	木炭	10c代?	7.97	41.99	11.08	50.04	0.16	6,090	0.121

Table. 4　出土遺物の調査結果のまとめ

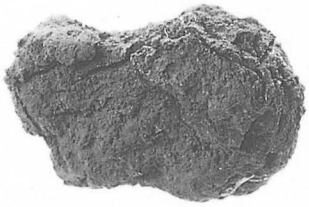
符号	遺跡名	地区	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	調査項目								所見
							Total Fe	Fe_2O_3	塩基性成分	TiO_2	V	MnO	ガラス質成分	Cu	
MAK-1	槙ケ埓	Ⅰ区	C-9 SY-04 1層	流出溝滓(中)	10c代?	U＋微細F	34.76	3.52	4.53	9.13	0.18	1.21	42.08	〈0.01	砂鉄系製錬滓
MAK-2	槙ケ埓		C-9 焼土周辺	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:砂鉄粒子残存、UとHの固溶体、金属鉄:斑鋳鉄	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬鉄鉄塊系遺物(原料:砂鉄)
MAK-3	槙ケ埓		SK-36 1層上面	炉内滓(含鉄)	〃	砂鉄粒子多数残存、U＋W＋F	50.34	18.24	2.19	12.20	0.98	0.58	16.69	〈0.01	砂鉄系製錬滓(比較的低温・低還元雰囲気での派生物の可能性あり)
MAK-4	槙ケ埓		SC-01ほか	木炭(5点)	〃	4-6:広葉樹:環孔材	—	—	—	—	—	—	—	—	5660cal／g、MAK-34と比較して低S, P
MAK-5	槙ケ埓	Ⅱ区	テラス9	炉内滓	10c代?	砂鉄粒子残存、U＋W＋F	41.61	6.13	6.42	2.05	0.09	0.39	40.59	〈0.01	砂鉄系製錬滓(始発原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-6	槙ケ埓		テラス8	流出孔滓	〃	砂鉄粒子残存、UとHの固溶体＋W＋F	39.97	5.95	6.50	2.13	0.10	0.38	42.57	〈0.01	砂鉄系製錬滓(始発原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-7	槙ケ埓		D-10	炉壁(砂鉄焼結)	10c代?	内面砂鉄焼結、U晶出、胎土:粘土鉱物	—	—	—	—	—	—	—	—	使用原料:低Ｔｉ酸性砂鉄
MAK-8	槙ケ埓		D-8	炉壁(砂鉄焼結)	〃	砂鉄粒子多数残存、W(粒内U)＋F、胎土:粘土鉱物	7.16	7.16	2.39	1.02	0.02	0.15	81.90	〈0.01	耐火度:1435℃、耐火性に優れた性状
MAK-9	槙ケ埓		西側斜面(採取)	地山粘土	—	胎土:燐片状粘土鉱物、微細な砂粒混在	5.68	6.65	4.70	0.87	0.01	0.08	80.80	0.02	炉壁(MAK-9)より低Al傾向、耐火性が低い可能性大
MAK-10	槙ケ埓		地山(採取)	砂鉄(地山)	—	砂鉄粒子:白色の磁鉄鉱粒子多数、砂粒の混入が多い	52.09	50.54	4.65	3.29	0.22	0.24	21.51	〈0.01	出土砂鉄(MAK-10)より高Ti傾向、Ⅱ区の原料砂鉄採取地ではない
MAK-11	槙ケ埓		D-12	砂鉄(遺跡)	10c代?	生砂鉄・被熱砂鉄混在、製錬滓片:U, F晶出	63.68	44.79	1.07	1.36	0.25	0.20	7.63	〈0.01	低Ｔｉ酸性砂鉄
MAK-12	槙ケ埓		P-9	砂鉄焼結塊	〃	被熱砂鉄と生砂鉄粒子多数混在、F晶出	—	—	—	—	—	—	—	—	低Ｔｉ酸性砂鉄の焼結塊
MAK-13	槙ケ埓		A-8	マグネタイト系遺物	〃	M凝集、(明色部:T)	67.52	66.52	0.99	1.06	0.08	0.23	4.80	〈0.01	マグネタイト凝集(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-14	槙ケ埓		D-8	炉内流動滓(小)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	46.44	7.50	4.65	3.85	0.22	0.80	31.92	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-15	槙ケ埓		A-11	炉内流動滓(大)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	40.63	8.37	5.81	4.94	0.39	0.47	36.65	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-16	槙ケ埓		C-6	流出孔滓(小)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-17	槙ケ埓		B-10	流出孔滓(大)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	41.35	7.37	5.17	3.22	0.21	0.63	36.07	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-18	槙ケ埓		D-8	流出孔滓(工具痕付)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-19	槙ケ埓		B-8	流出溝滓(大)	〃	UとHの固溶体＋W＋F	43.59	6.30	4.67	3.77	0.24	0.73	35.70	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-20	槙ケ埓		C-9	炉底塊	〃	WもしくはM＋微細F	53.09	9.20	3.98	1.72	0.15	0.35	25.83	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-21	槙ケ埓		Q-16	炉底塊(含鉄)	〃	滓部:砂鉄粒子、UとHの固溶体＋W＋F、微細銹化鉄粒散在	43.14	30.26	3.26	3.74	0.45	0.29	25.90	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-22	槙ケ埓		Q-16	炉底塊(含鉄)	〃	滓部:M凝集、UとHの固溶体＋W＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-23	槙ケ埓		N-13	炉内滓(含鉄)	〃	銹化鉄:亜共析組織、過共析組織、ねずみ鋳鉄組織痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	銹化鉄塊、炭素含有量の偏析大
MAK-24	槙ケ埓		C-7	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:M凝集、UとHの固溶体＋W＋F、微小銹化鉄、金属鉄粒剥落痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-25	槙ケ埓		A-7	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:W凝集、U＋F、微小銹化鉄散在	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-26	槙ケ埓		C-5	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:U＋F、金属鉄散在:フェライト単相～ベイナイト組織	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓、金属鉄未凝集
MAK-27	槙ケ埓		D-12	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:U＋W＋F、上面側:銹化鉄部	53.25	33.16	2.57	2.09	0.14	0.41	21.03	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-28	槙ケ埓		D-9	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:U＋W＋F、銹化鉄部	53.89	45.65	1.47	1.67	0.15	0.31	15.53	〈0.01	砂鉄系製錬滓(原料:低Ti酸性砂鉄)
MAK-29	槙ケ埓		B-5	炉内滓(含鉄)	〃	滓部:U＋F、微小銹化鉄散在	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓
MAK-30	槙ケ埓		P-11	再結合滓(含鉄)	〃	焼結砂鉄、製錬滓・木炭片、銹化鉄粒:白鋳鉄、ねずみ鋳鉄組織痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	微細な製鉄関連遺物で構成される再結合滓
MAK-31	槙ケ埓		包含層(2層)	鉄製品(鍛造品)	〃	銹化鉄、層状剥離痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	4㎜程の厚みの鍛造製品の可能性、
MAK-32	槙ケ埓		H-14	鉄製品(鍛造品)	〃	銹化鉄:亜共析組織痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	鍛造製品(方柱状)
MAK-33	槙ケ埓		K-16	鉄製品(鋳造品)	〃	銹化鉄:斑鋳鉄痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	鋳造製品
MAK-34	槙ケ埓		A-8	木炭(6点)	〃	広葉樹:環孔材	—	—	—	—	—	—	—	—	6090cal／g、高S, P傾向顕著
MAK-35	槙ケ埓		Q-13	黒鉛化木炭	〃	銹化鉄、白鋳鉄組織痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	表層部:白鋳鉄置換

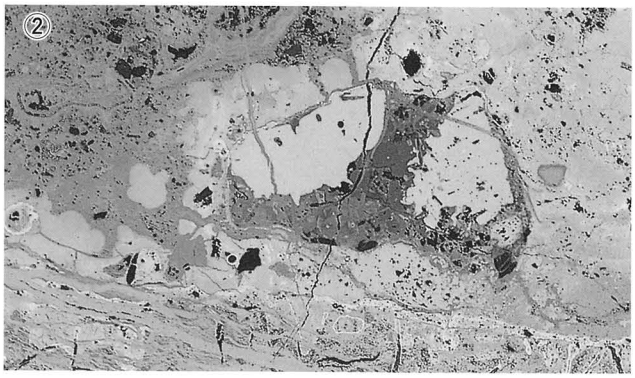
U:Ulvöspinel($2FeO \cdot TiO_2$)、H:Hercynite($FeOAl_2O_3$)F:Fayalite($2FeO \cdot SiO_2$)、W:Wüstite(FeO)、M:Magnetite(Fe_3O_4)、T:Titanomagnetite(Magnetite($FeO \cdot Fe_2O_3$)とUlvöspinel($2FeO \cdot TiO_2$)の中間の固溶体)

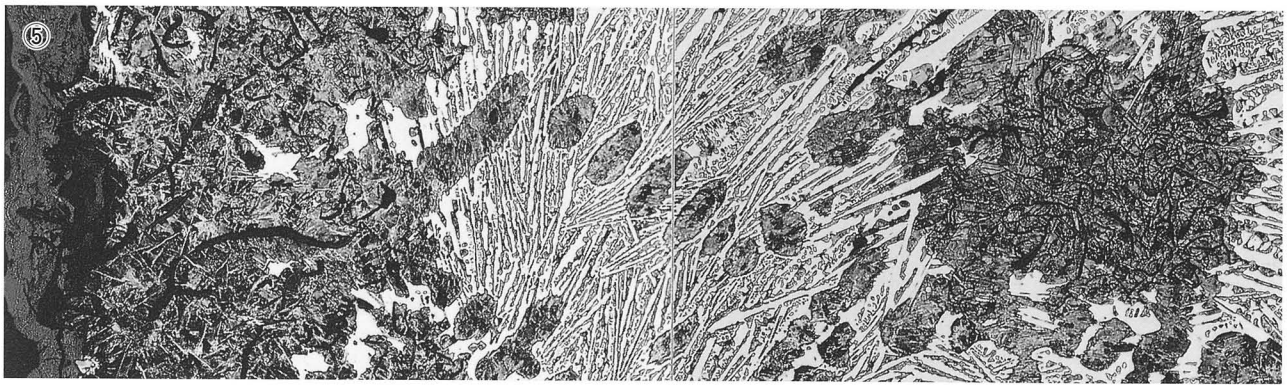
ＭＡＫ―１
　流出溝滓
①×200　硬度圧痕：653Ｈv
ウルボスピネル
＋微細ファイヤライト

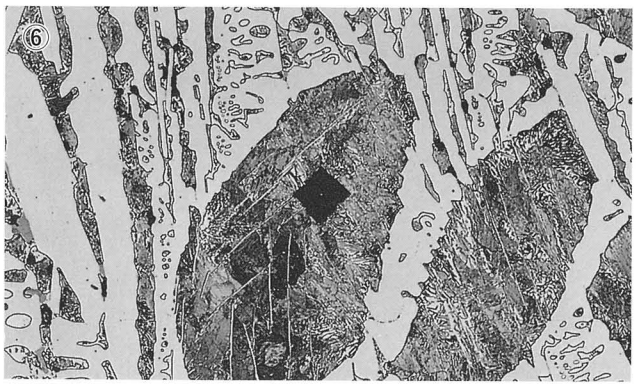


ＭＡＫ―２
　炉内滓（含鉄）
②×100　中央：滓部、白色部：残存砂鉄
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体
③×400　鉄中非金属介在物
④～⑤ナイタルetch
④×200　硬度圧痕：175Ｈv
⑤×50　片状黒鉛・レデブライト斑鋳鉄
⑥⑦×200　硬度：⑥269Ｈv、⑦729Ｈv









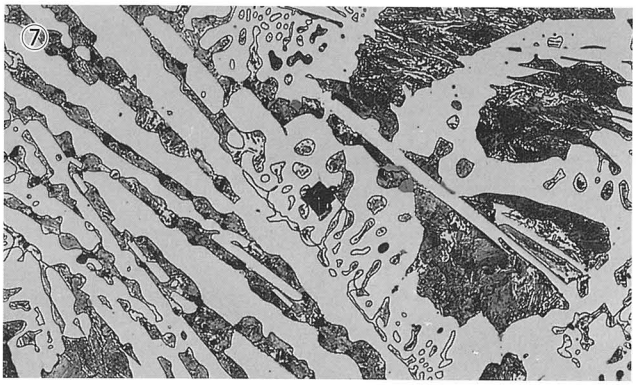
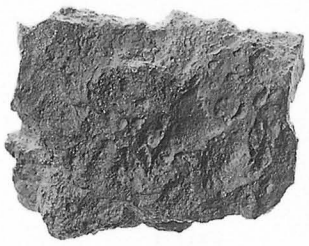
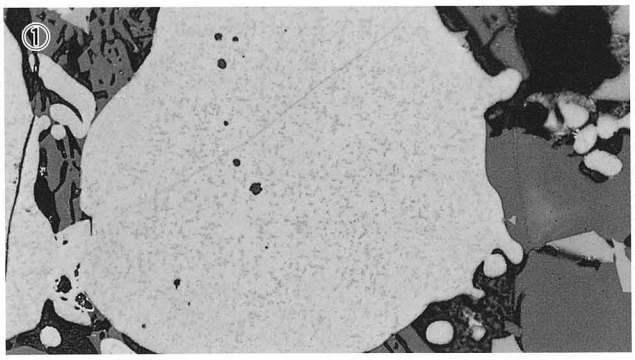
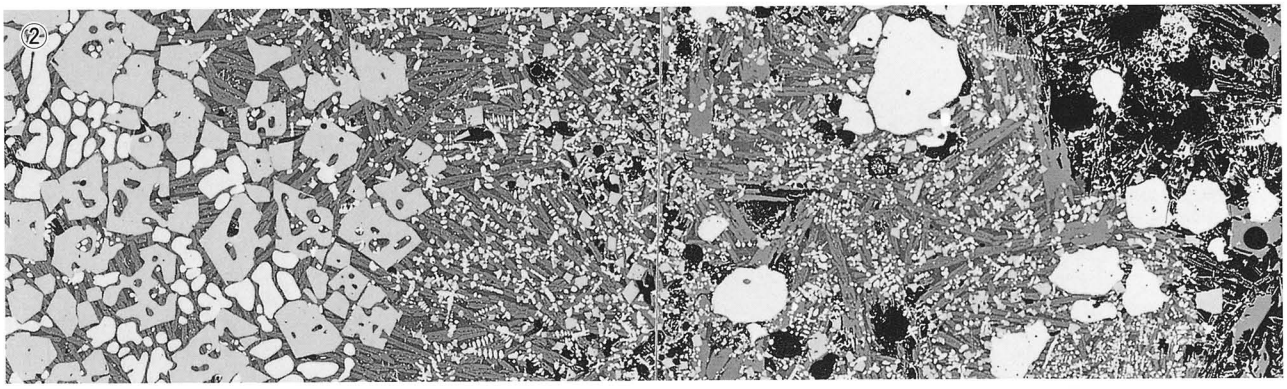


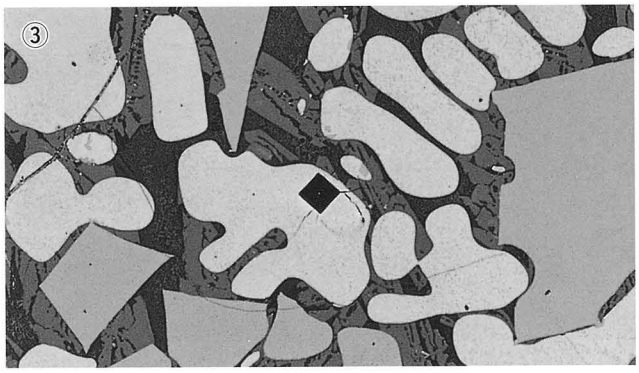
Photo. 1　流出溝滓・炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織

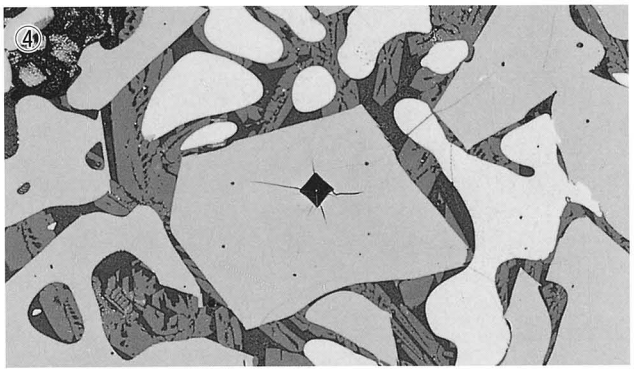
ＭＡＫ―３
　炉内滓
①×400　②の下面端部側拡大
白色部：被熱砂鉄、粒内
暗色部：ウルボスピネルか
②×50　下面表層部：砂鉄粒子散在
内側：ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト晶出
③④×200　硬度圧痕：
③496Ｈv、④696Ｈv



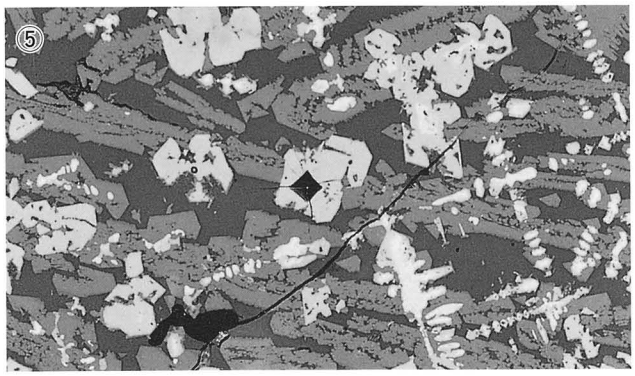


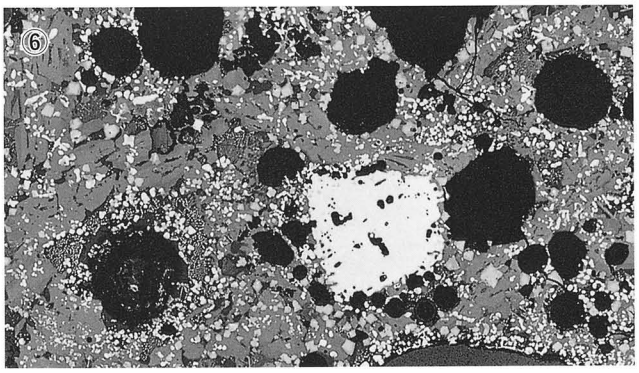






ＭＡＫ―５
　炉内滓
⑤×200　硬度圧痕：602Ｈv
ウルボスピネル又はマグネタイト
⑥×100　⑧×400　中央白色部：砂鉄粒子、外周ウスタイト晶出
ウルボスピネル・ヴスタイト
ファイヤライト





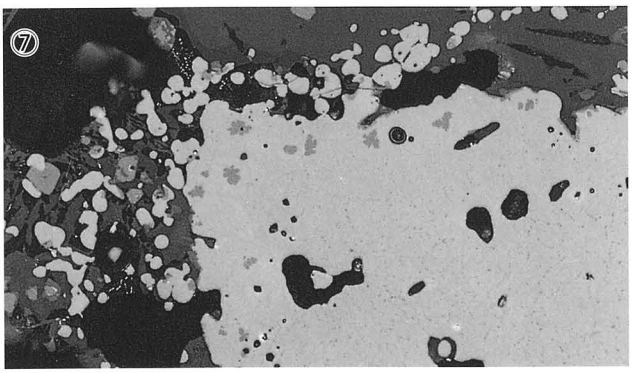
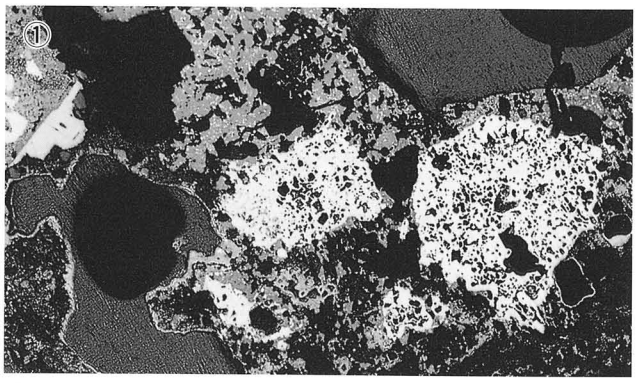
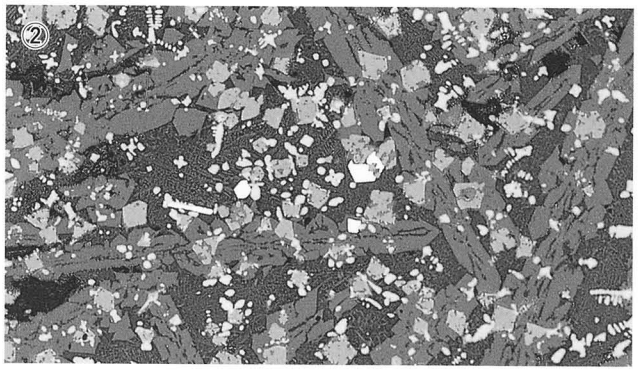
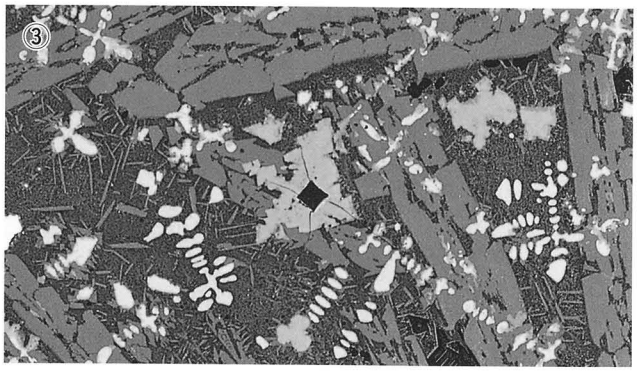


Photo. 2　炉内滓の顕微鏡組織

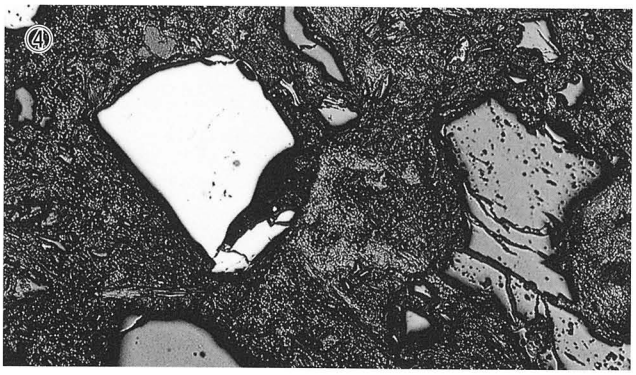
ＭＡＫ―６
　流出孔滓
①×100　白色部：砂鉄粒子周囲ファイヤライト晶出
②×100　ウルボスピネル・ヘーシナイト・ヴスタイト・ファイヤライト
③×200　硬度圧痕：864Ｈｖ
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体か

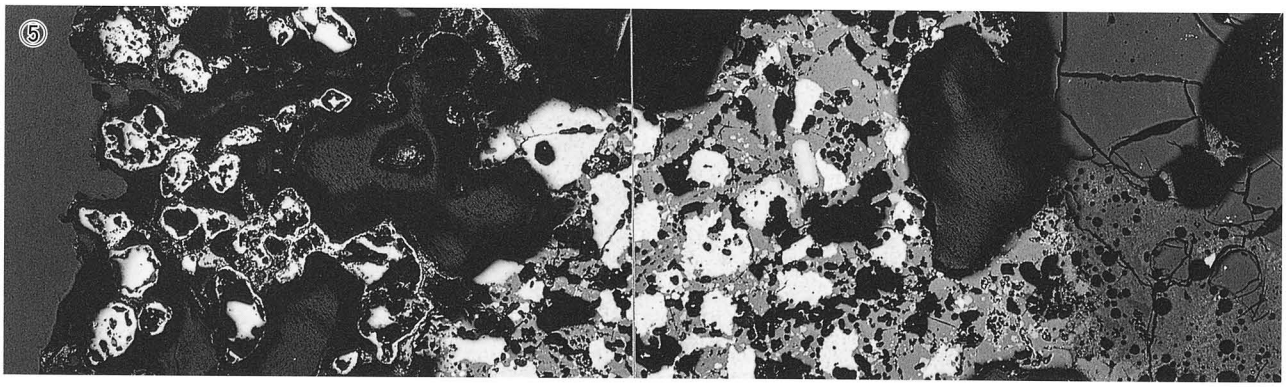


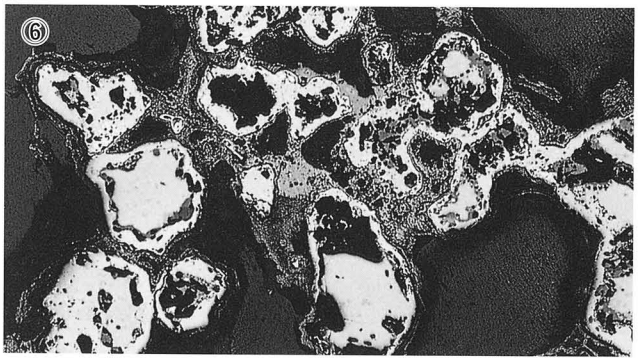




ＭＡＫ―７
　炉壁（砂鉄焼結）
④×100　炉壁胎土：鱗片状粘土鉱物、白色粒：砂鉄粒子
⑤×50　内面表層焼結砂鉄～炉壁内面溶融ガラス質化
⑥×100　⑦×400　被熱砂鉄粒内の暗色部：ウルボスピネルないしチタノマグネタイト







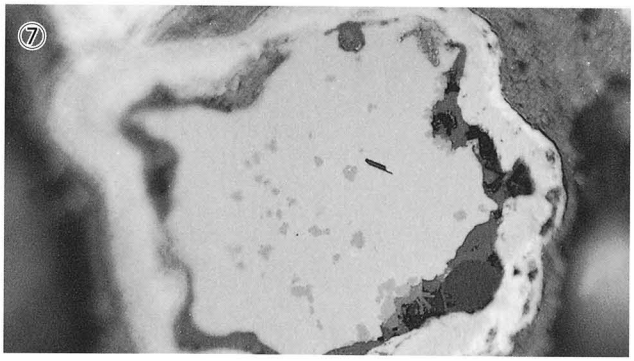
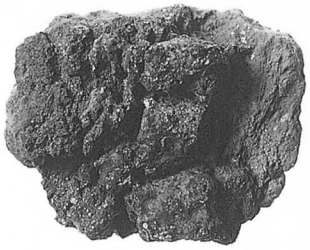
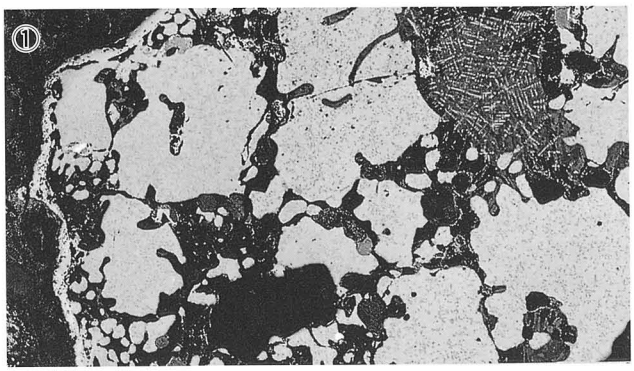
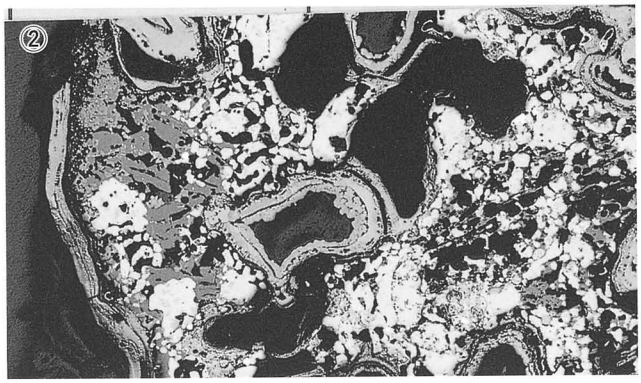


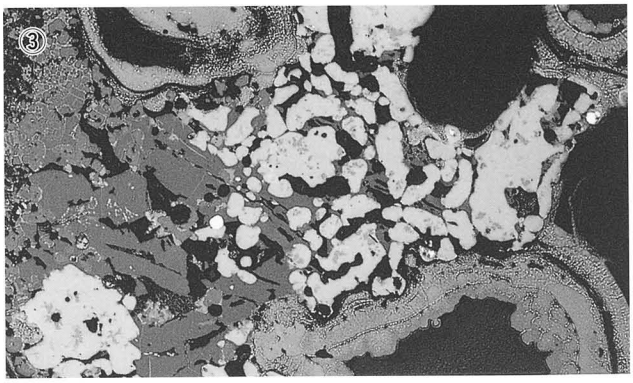
Photo. 3　流出孔滓・炉壁（砂鉄焼結）の顕微鏡組織

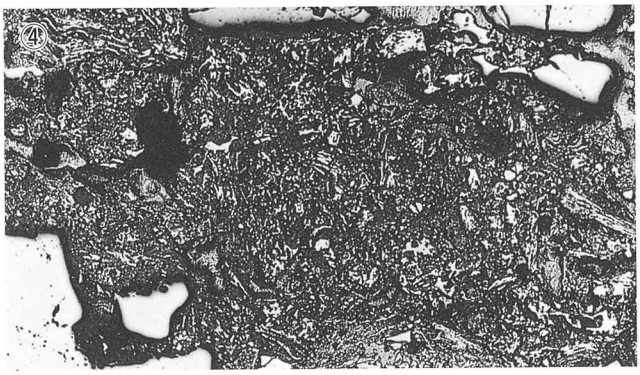
ＭＡＫ―８
　炉壁（砂鉄焼結）
①～③炉壁内面表層
①×100　不定形白色部：砂鉄粒子痕跡、粒内暗色部：ウルボスピネルないしチタノマグネタイト
周囲：ヴスタイト・ファイヤライト晶出
②×100　③×400　同上
④×50　⑤×100　炉壁胎土：鱗片状粘土鉱物

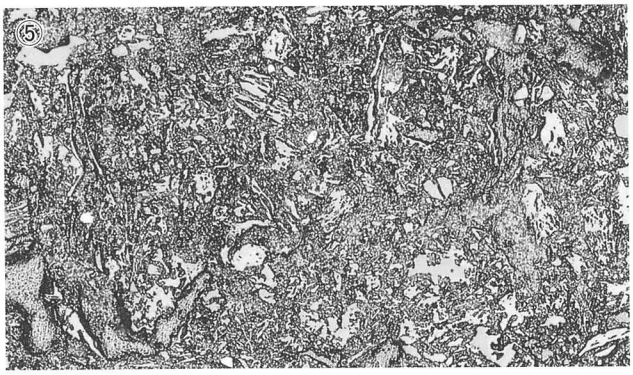




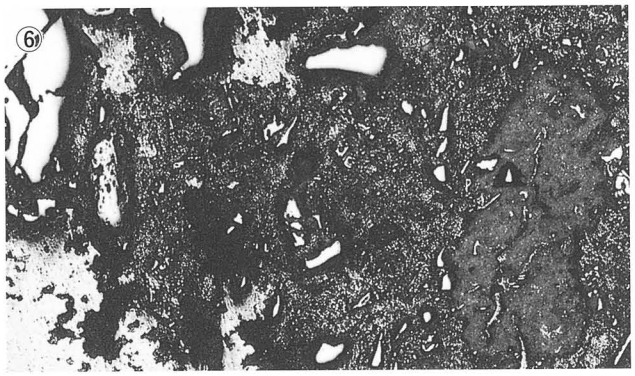


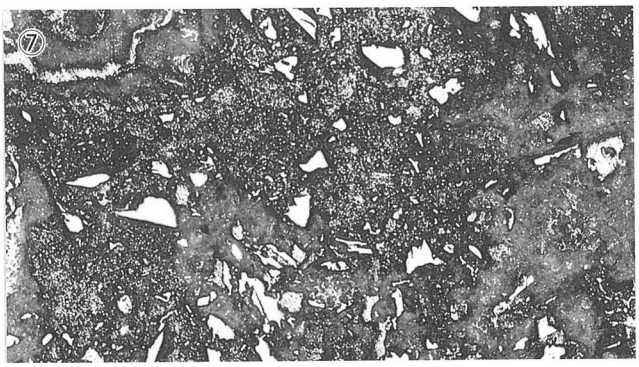






ＭＡＫ―９
　地山粘土
⑥×50　鱗片状粘土鉱物
微細な砂粒混在
⑦×50　⑧×100　同上





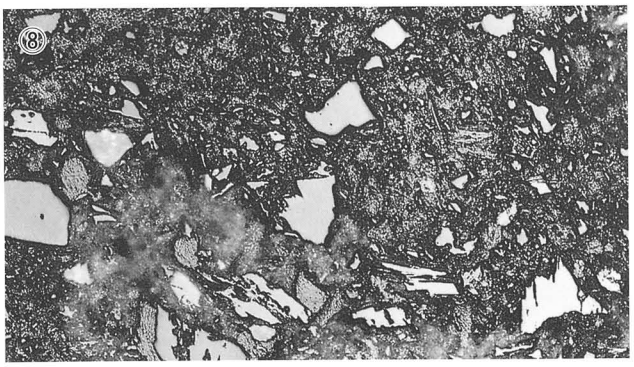


Photo. 4　炉壁（砂鉄焼結）・地山粘土の顕微鏡組織