

(付編)

西有田赤ハゲ遺跡出土鍛冶関連遺物の 金属学的調査

大 澤 正 己

〈概 要〉

古墳時代後期（6世紀後半～7世紀前半）に属する西有田赤ハゲ遺跡出土の鍛冶関連遺物（小鉄塊・ガラス質鉄滓・刀子）を調査して次の事が明らかになった。

- 〈1〉出土鉄滓は、鉄器製作最終段階の熱処理時に排出されたガラス質滓で、鍛錬鍛冶滓に分類される。
- 〈2〉小鉄塊は、過共析鋼（C：0.8以上）クラスで、過熱組織（Over heated Structure）のウィッドマンステッテン組織の中に局部的に片状黒鉛を析出する。炭素含有量は1.38%であった。該品は成分調整の精錬鍛冶を施されて鉄素材になるものと想定される。
- 〈3〉刀子は、皮金と心金からなる合せ鍛えの可能性をもつ。皮金は亜共析鋼（C：0.2%前後）が供されているが、全体に腐食が激しく、金属鉄の残存がなく心金部も消滅し、詳しい情報は得られなかった。
- 〈4〉当遺跡出土の各鍛冶関連遺物は、いずれも鉱石系鉄素材が充当されていた。特に4号住居跡出土ガラス質滓は、銅（Cu）を0.12%と高値を含有し、含銅磁鉄鉱を始発原料とする鉄素材の使用が考えられる。
- 〈5〉当遺跡は標高170mの高所に立地し、急斜面に住居を構えた9軒の集落である。発掘当初より生活の基盤が稲作以外が予測されていたが、ここに鍛冶工人の存在が浮上した。
- 〈6〉鍛冶炉は未検出であったが、前述した鉄滓や素材となる小鉄塊、鉄製品が出土するところからみて鍛冶工房の存在が考えられる。

丘陵斜面に占地した集落は、特殊技能集団との係りあるものとして注目される。今後共類例を追求すべきであろう。^⑩

1. いきさつ

西有田赤ハゲ遺跡は、日田市三ノ宮町に所在し、ゴルフ場建設に伴って調査された遺跡である。遺構は2ヶ所で検出されて、A地点は古墳時代中期（5世紀）の祭祀土壌、B地点では堤池と呼ばれる小さな貯水池周辺の急な斜面を利用した古墳時代後期の9軒の竪穴住居や、溝・道状遺構が確認された。

このB地点出土の鍛冶関連遺物の専門調査を日田市教育委員会より要請されたので金属学的調査を行った。

2. 調査方法

2-1 供試材

Table. 1 西有田赤ハゲ遺跡鍛冶関連遺物の試料履歴と調査項目

符 号	出土位置	試 料	推定年代	計 測 値		調 査 項 目			
				大きさ(mm)	重量(g)	顕微鏡組	ビッカース断面硬度	C M A	化学組成
AH-1	B地点1号溝状遺構	小鉄塊	6世紀後半～7世紀前半	50×40×15	60	○	○	○	○
AH-2	B地点1号溝状遺構	鍛錬鍛冶滓(不定形)	同 上	25×23×15	10	○			
AH-3	B地点4号竪穴住居跡	鍛錬鍛冶滓(碗形状)	同 上	66×45×15	40	○			○
AH-4	B地点4号竪穴住居跡	刀 子	同 上	67×15×7	12	○			

調査試料をTable. 1 に示す。1号溝出土品2点、4号住居跡出土品2点の合計4点の調査である。

2-2 調査項目

- (1) 肉眼観察
- (2) 顕微鏡組織
- (3) ビッカース断面硬度
- (4) CMA (Computer Aided X-ray Micro Analyzer) 調査
- (5) 化学組成

3. 調査結果

3-1 B地点1号溝状遺構出土品

(1) AH-1、小鉄塊

① 肉眼観察

表裏共に赤褐色を呈する扁平状小鉄塊である。亀裂が走り金属鉄の残留が認められる。

② 顕微鏡組織

Photo. 1 の①～⑤に示す。①は研磨のままで腐食なしの組織である。水平状に一本の片状黒鉛 (Flake graphite) の析出が認められる。②はピクラル (ピクリン酸飽和アルコール液) で腐食 (Etching) した組織で、パーライト (Pearlite: フェライトとセメントライトが交互に重なり合って構成された層状組織) と針状のフェライト (Ferrite: α 鉄または純鉄) が晶出して過熱組織 (Over heated Structure) が現われてウイッ

ドマンステッテン (Widmannstätten) 組織を呈している。製鉄炉の中で還元浸炭状態で保持されて炉冷を受けている。写真の如く、局部的にねずみ铸铁 (Gray Cast Iron) になりかけているが、大部分の組織は、④⑤に示すパーライトを析出する過共析鋼 (C : 0.8 % 以上) であった。高炭素含有の鉄素材となりうるが、成分調整の精錬鍛冶が必要となる。

③ ビッカース断面硬度

金属組織の同定を目的としてビッカース断面硬度 (Vickers Hardness Test) の測定を行った。硬度測定の圧痕写真を Photo. 2 の⑦に示す。パーライトが全面に析出した個所の硬度値で 240 Hv、258 Hv であった。炭素含有量が 0.8 % 前後の個所なので、組織に見合った妥当な値と考えられる。

④ CMA 調査

Table. 3 に小鉄塊中の片状黒鉛析出個所の高速定性分析結果を示す。検出元素は鉄 (Fe) と塩素 (Cl) である。塩素は 2 次汚染に由来するものでこれを除外すると、鉄 (Fe) 単独となる。純度の良い鉄である。

Photo. 3 には、特性 X 線像を示す。分析元素の存在は、白色輝点の集中度によって表わされる。鉄 (Fe) は、水平棒状の片状黒鉛の個所を除いて全面白色輝点が集中して、その存在が認められる。片状黒鉛は炭素 (C) なので、これにのみ白色輝点が集中する。低倍率 ($\times 200$) の SE (2 次電子像) の中央の灰色塊状部は、当初非金属介在物の可能性ありと思って分析したところ、酸素 (O) の検出で鉄の錆化物と判明した。この錆化個所には塩素 (Cl) が含有される。塩素 (Cl) は 2 次汚染物であろう。

⑤ 化学組成

Table. 2 に示す、全鉄分 (Total Fe) は 58.09 % で、このうち、金属鉄 (Metallic Fe) は 11.55 %、酸化第 1 鉄 (FeO) 14.59 %、酸化第 2 鉄 (Fe_2O_3) 50.33 % の割合である。金属鉄 11.55 % に対して鉄錆の酸化第 2 鉄 (Fe_2O_3) を 50.33 % 含有している。鉄錆には、土壌からくる汚染物質が含まれるので、珪酸らのガラス質成分 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) が小鉄塊にしてはやゝ高めの 9.687 % を含む。

砂鉄特有元素の二酸化チタン (TiO_2) 0.11 %、バナジウム (V) 0.001 % らは低めで、当小鉄塊の始発原料は鉍石系に分類される。該品の特徴は硫黄 (S) が 0.128 % と多い事である。五酸化磷 (P_2O_5) 0.13 %、銅 (Cu) 0.008 %、酸化クロム (Cr_2O_3) 0.01 % らは一般に見受ける含有量であり、赤鉄鉍か磁鉄鉍系ではないかと考えられる。

なお、炭素 (C) 量は 1.38 % であるが、これは、全体の平均値であって、顕微鏡組織で見た様に、片状黒鉛の析出個所もあれば、パーライトのみの個所もあり、かなりのバラツキがあるものと思われる。

(2) AH-2 ガラス質鉄滓

① 肉眼観察

表裏共に赤黒色を呈し、木炭を噛み込み、かつ木炭痕を残す不定形滓である。磁性は無い。

② 顕微鏡組織

Photo. 1 の⑥～⑧に示す。暗黒色ガラス質スラグ中に、球状金属鉄や、金属鉄の錆化したゲーサイト (Goethite: α -^{フェル}FeO、OH) を含む鉄器製作熱処理時の排出滓である。鉄器酸化防止に粘土汁を灌いだ場合にも認められる。鍛錬鍛冶滓に分類される。試料が10gと小型であって化学組成をみる事が出来なかった。

3-2 B地点4号住居跡出土品

(1) AH-3 ガラス質滓

① 肉眼観察

表裏共に赤褐色を呈し、表面は気泡を露出した荒れた肌に木炭痕を残す。裏面は炉材粘土との反応痕を有し、これに木炭痕をつけた碗形状に成長しつつある滓である。軽い滓であった。

② 顕微鏡組織

Photo. 2 の①～③に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグに淡灰色長柱状のファイヤライト (Fayalite: 2FeO 、 SiO_2) から構成される。鉄器製作熱処理時の排出滓である。一部に白色不定形の金属鉄の残留が認められた。焼入れ、焼もどしの必要な刃物類の製作が想定される鍛錬鍛冶滓に分類される。

③ 化学組成

Table. 2 に示す。鉄分少なくガラス質成分の多い滓である。全鉄分 (Total Fe) が16.20%に対してガラス質成分 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 70.39%で、このなかの酸化カルシウム (CaO) が4.28%と高目が注目される。塩基度 (CaO/SiO_2) は0.1である。粘土や木炭灰に由来するのであろうか。

該滓の特徴は、銅 (Cu) が0.12%と多く、砂鉄系鉄素材は否定される。又、砂鉄特有元素の二酸化チタン (TiO_2) は0.87%、バナジウム (V) 0.008%が低めで、これを裏付ける。他の随伴微量元素は、酸化マンガン (MnO) 0.19%、硫黄 (S) 0.063%、五酸化燐 (P_2O_5) 0.43%である。

銅 (Cu) と燐 (P) の高目の鉄素材が鍛冶に供されている。鉄素材の産地同定は、これが鍵を握っていて、今後の研究課題となってくる。

COMMENT : AH-1

ACCEL. VOLT. (KV) : 15

PROBE CURRENT : 5.000E-08 (A)

STAGE POS. : X 40000 Y 40000 Z 11000

CH(1)			TAP			CH(2)			PET			CH(3)			LIF			
EL	WL	COUNT	INTENSITY (LOG)	EL	WL	COUNT	INTENSITY (LOG)	EL	WL	COUNT	INTENSITY (LOG)	EL	WL	COUNT	INTENSITY (LOG)	EL	WL	COUNT
Y -1	6.45	214	*****	TI-k	2.75	122	*****	BI-1	1.14	71	*****	BI-1	1.14	71	*****			
RE-m	6.73	165	*****	BA-1	2.78	106	*****	PB-1	1.18	75	*****	PB-1	1.18	75	*****			
SR-1	6.86	165	*****	CS-1	2.89	96	*****	TL-1	1.21	80	*****	TL-1	1.21	80	*****			
W -m	6.98	164	*****	SC-k	3.03	76	*****	HG-1	1.24	80	*****	HG-1	1.24	80	*****			
SI -k	7.13	122	*****	I -1	3.15	74	*****	AU-1	1.28	74	*****	AU-1	1.28	74	*****			
TA-m	7.25	122	*****	TE-1	3.29	59	*****	PT-1	1.31	82	*****	PT-1	1.31	82	*****			
RB-1	7.32	123	*****	CA-k	3.36	63	*****	IR-1	1.35	77	*****	IR-1	1.35	77	*****			
HF-m	7.54	116	*****	SB-1	3.44	57	*****	OS-1	1.39	65	*****	OS-1	1.39	65	*****			
LU-m	7.84	87	*****	SN-1	3.60	49	*****	ZN-k	1.44	53	*****	ZN-k	1.44	53	*****			
YB-m	8.15	68	*****	K -k	3.74	45	*****	CU-k	1.54	52	*****	CU-k	1.54	52	*****			
AL-k	8.34	68	*****	IN-1	3.77	43	*****	NI -k	1.66	34	*****	NI -k	1.66	34	*****			
BR-1	8.37	63	*****	U -m	3.91	34	*****	TM-1	1.73	41	*****	TM-1	1.73	41	*****			
ER-m	8.82	44	*****	CD-1	3.96	38	*****	CO-k	1.79	60	*****	CO-k	1.79	60	*****			
SE-1	8.99	49	*****	TH-m	4.14	29	*****	◎FE-k	1.94	8130	*****	◎FE-k	1.94	8130	*****			
HO-m	9.20	40	*****	AG-1	4.15	31	*****	GD-1	2.05	20	*****	GD-1	2.05	20	*****			
DY-m	9.59	38	*****	PD-1	4.37	22	*****	MN-k	2.10	20	*****	MN-k	2.10	20	*****			
AS-1	9.67	40	*****	RH-1	4.60	13	*****	EU-1	2.12	19	*****	EU-1	2.12	19	*****			
MG-k	9.89	31	*****	◎CL-k	4.73	1086	*****	SM-1	2.20	17	*****	SM-1	2.20	17	*****			
TB-m	10.00	29	*****	RU-1	4.85	24	*****	CR-k	2.29	13	*****	CR-k	2.29	13	*****			
GE-1	10.44	26	*****	S -k	5.37	19	*****	ND-1	2.37	12	*****	ND-1	2.37	12	*****			
GA-1	11.29	22	*****	MO-1	5.41	16	*****	PR-1	2.46	10	*****	PR-1	2.46	10	*****			
NA-k	11.91	14	*****	NB-1	5.72	7	*****	V -k	2.50	7	*****	V -k	2.50	7	*****			
**	14.72	9	*****	ZR-1	6.07	7	*****	CE-1	2.56	6	*****	CE-1	2.56	6	*****			
F -k	18.32	9	*****	P -k	6.16	6	*****	LA-1	2.67	3	*****	LA-1	2.67	3	*****			

RESULTS:

THE FOLLOWING ELEMENTS ARE PRESENT

CL FE

THE FOLLOWING ELEMENTS ARE PROBABLY PRESENT

MO

Photo. 3 の S E (2 次電子像) に示した片状黒鉛と鉄錯部の分析である。鉄錯部は非金属介入物 (鉄の製造過程で金属鉄と分離しきれなかったスラグや耐火物の混じり物) ではないかと考えて分析視野に入れたが、介入物系元素は未検出に終わった。検出元素は鉄 (Fe) 8130 の Count であり、これに塩素 (Cl) 1086 が加わる。塩素は 2 次的な汚染元素であろう。当分析箇所は鉄 (Fe) のみで、他の含有元素は認められない。純度のよい鉄であった。

Table. 3 西有田赤ハゲ遺跡 1 号溝状遺構出土 小鉄塊 (AH-1) のコンピュータープログラムによる高速定性分析結果

(2) AH-4 刀子

① 肉眼観察

現存長さ67mm、身幅15mm、厚み7mmを計る。先端側を欠損した刀子であろう。茎側は僅かに反りを持つ。試料採取は、関に近い断面と茎部の2ヶ所としてが、後者は錆化が激しく組織は汚染されていたので割愛している。Fig. 1 に試料採取要領を示す。

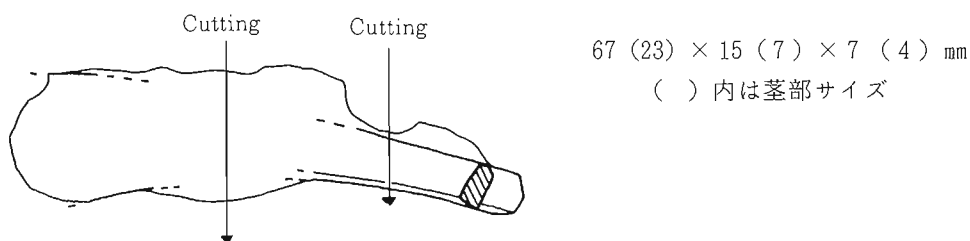


Fig. 1 試料採取要領

② 顕微鏡組織

Photo. 2 の④～⑦に示す。④は身部断面の5倍のマクロ組織を示す。錆化が激しく皮金が薄く形を留めるのみで、心金の大部分は消滅して空洞化している。この皮金部分の組織が⑤⑥である。金属鉄はなく、ゲーサイト (Goethite: $\alpha\text{-FeO}$, OH) になっている。僅かに結晶粒界にパーライトが析出していた痕跡が認められる。炭素量はパーライト量から推定して0.2%前後であろう。錆化の為、熱処理技術までの言及ができなかった。造りは合せ鍛えの可能性を持つ。

4. ま と め

西有田赤ハゲ遺跡B地点は、標高180mの高所斜面に9軒の集落が営まれていた。古墳時代後期の竪穴住居跡で、地形的な制約のためか規模は小さく横長を呈している。この遺跡の溝や住居跡から鉄器製作に際して排出された滓や、鉄素材の原料となる小鉄塊、それに最終製品の刀子らが検出された。

急斜面に立地した遺構のせいか、鍛冶作業を十二分に解明する豊富な遺構や遺物に恵まれた訳ではないが、古墳時代後期における鍛錬鍛冶の一端は捉えることが出来た。

西有田赤ハゲ遺跡では、鍛冶原料として鉾石系小鉄塊より鉄素材が準備されて、刃物類の利器製作がなされたと推定される。遺存鉄滓は、ガラス質主体の刃物熱処理時に排出された滓が見受けられたところから刀子類や鍔当りの製作が想定される。

現在のところ、鍛冶原料の鉄素材の産地は定かでないが、高低炭素鋼が用いられて、合せ鍛えや、焼入れ、焼もどし、浸炭処理等の高度の鍛冶技術を擁した技能集団があった事は指

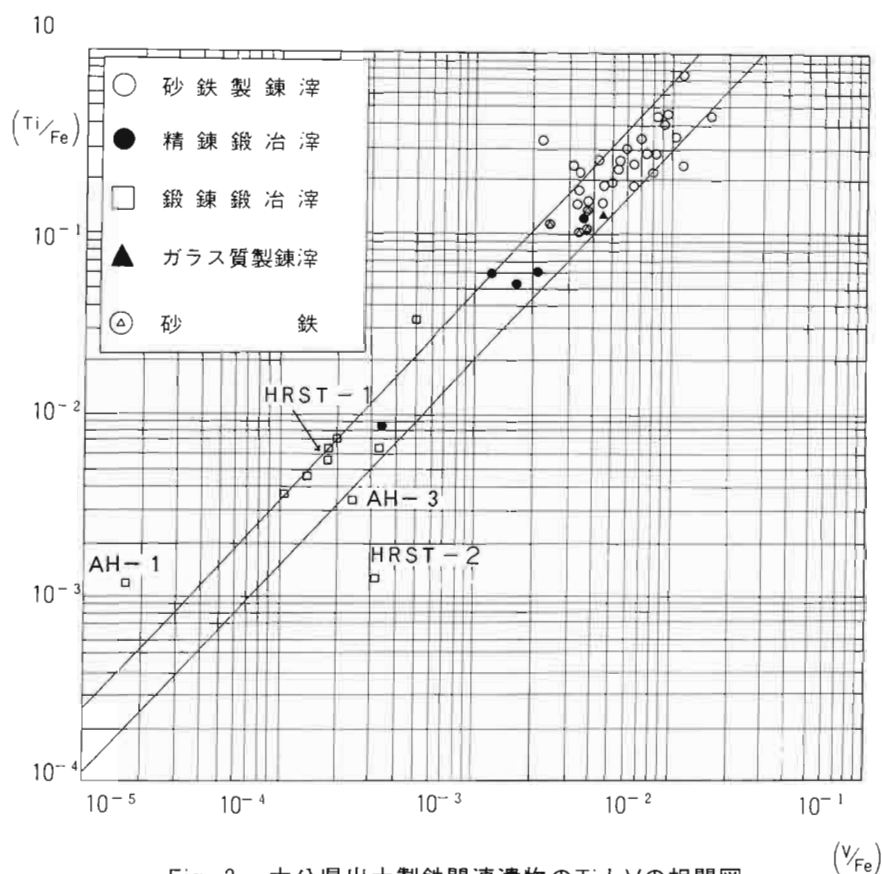


Fig. 2 大分県出土製鉄関連遺物のTiとVの相関図

摘できる。かくの如く、西有田赤ハゲ遺跡は、稲作環境より遠く離れた立地集落における鍛冶集団の存在を提起する遺跡であった。

銅 (Cu) や 燐 (P) らを含有する鉄素材の産地同定ら、今後に残された課題も多いが、更に試料データの蓄積によって、古墳時代の鍛冶の実態が解明される日も近づくであろう。

補足データ

Fig. 2 は Table. 2 に示した化学組成のうち、砂鉄特有成分のチタン (Ti) とバナジウム (V) をもとに全鉄分 (Total Fe) で割って比をとった結果のプロットである。製鉄一貫作業 (製練→精練鍛冶: 大鍛冶→鍛練鍛冶: 小鍛冶) において $Ti/T.Fe$ と $V/T.Fe$ は漸次減少してゆく傾向をもつ。国東半島に賦存する高チタン含有の塩基性砂鉄を始発原料として製練から小鉄塊の成分調整をはかって精練鍛冶を行い、鉄素材とし、更に鉄器加工の鍛練鍛冶を行えば 45度の左下りの直線上に分布する。今回の西有田赤ハゲ遺跡の鉄滓は45度の直線から外れた結果となっている。恐らく鉾石系鉄素材に基づく為と考えられる。

なお、長者原遺跡のHRST-2鉄滓も大きく外れているが、こちらは鑄造滓の可能性をもつもので後日稿を改めて言及する所存である。

注

- ① 大澤正己「吉田奥遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『上之山』瀬戸市教育委員会 1992。当報告書中の鍛冶工房も5世紀末に属する標高154 mの丘陵斜面に立地する集落である。5、6世紀の鍛冶工房の占地の問題の追求は重要である。

Table. 2 の注

- ① 大澤正己「長者原遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『長者原田迎遺跡』日田市埋蔵文化財調査報告書第5集 日田市教育委員会 1992
- ② 大澤正己「西有田赤ハゲ遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『西有田赤ハゲ遺跡』日田市埋蔵文化財調査報告書第7集 日田市教育委員会 1992
- ③ 国東町教育委員会『国東地区遺跡群発掘調査概報Ⅰ』（1990）
- ④ 国東町教育委員会“ほ場整備に伴う調査”1991.8～1991.10
- ⑤ 国東町教育委員会“ほ場整備に伴う調査”1990.9～1991.1
- ⑥ 国東町教育委員会「重藤遺跡」（『重藤遺跡・下平遺跡』、1991）
- ⑦⑧ 大澤正己表面採取
- ⑨ 大分県教育委員会「安平遺跡」（『中津市伊藤田地区遺跡群、1987』）
- ⑩ 結城明泰「国東半島の製鉄と鍛冶の遺跡」『国東半島』～自然・社会・教育～大分大学教育学部 1983. 3. 31

なお、Table. 2 の国東半島出土鉄滓の化学組成は下記の発表資料である。

藤本啓二・大澤正己「国東半島における古代・中世の鉄生産について」

『九州史学会大会研究発表要旨』1991. 12. 7 九州大学

謝辞

本稿の分析結果は新日鉄㈱TACセンターに依頼した。当センター 藤田亮輔氏及び東田輝男氏らには色々と報告書作成に当りお世話になった。

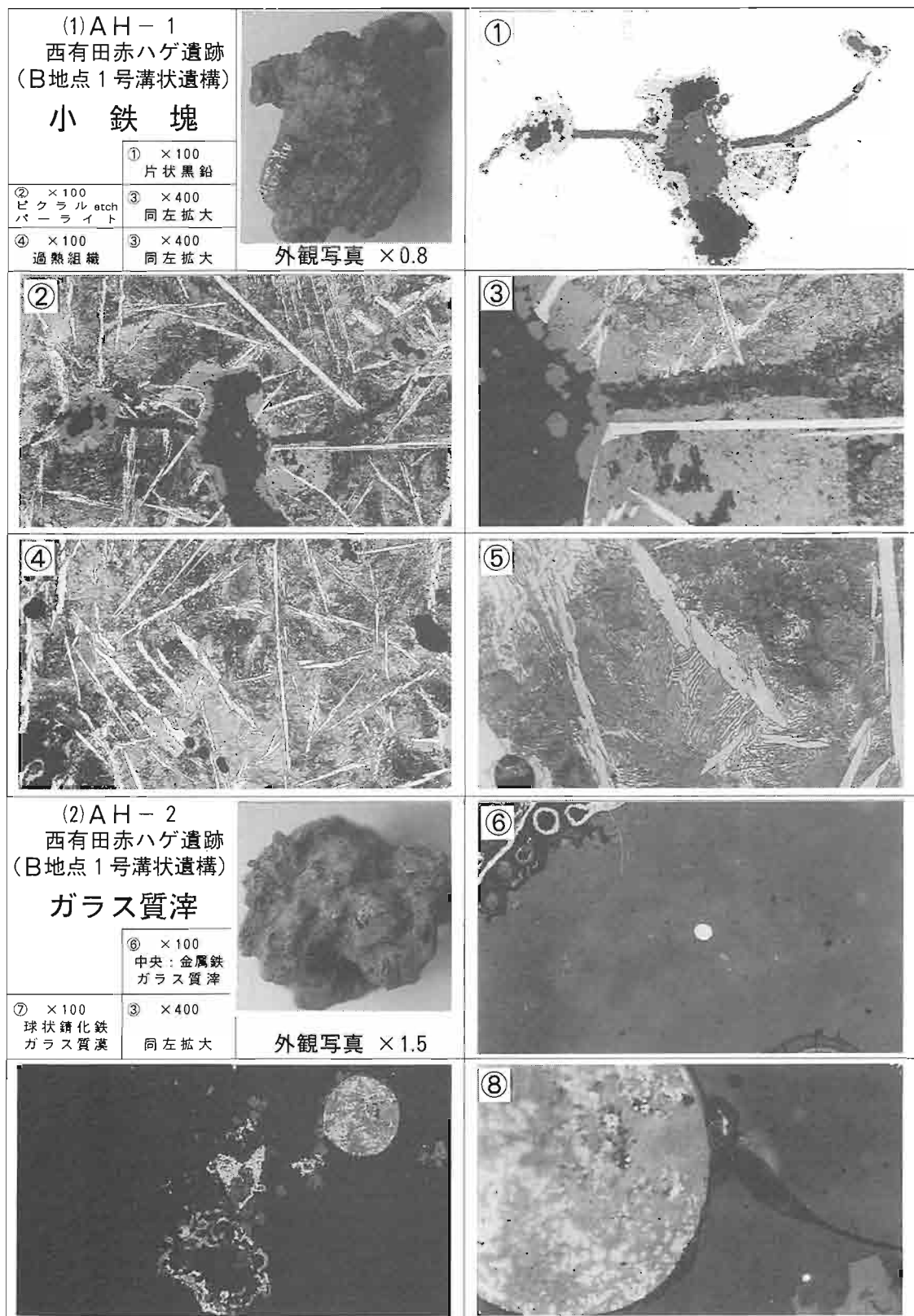


Photo. 1 小鉄塊とガラス質滓の顕微鏡組織

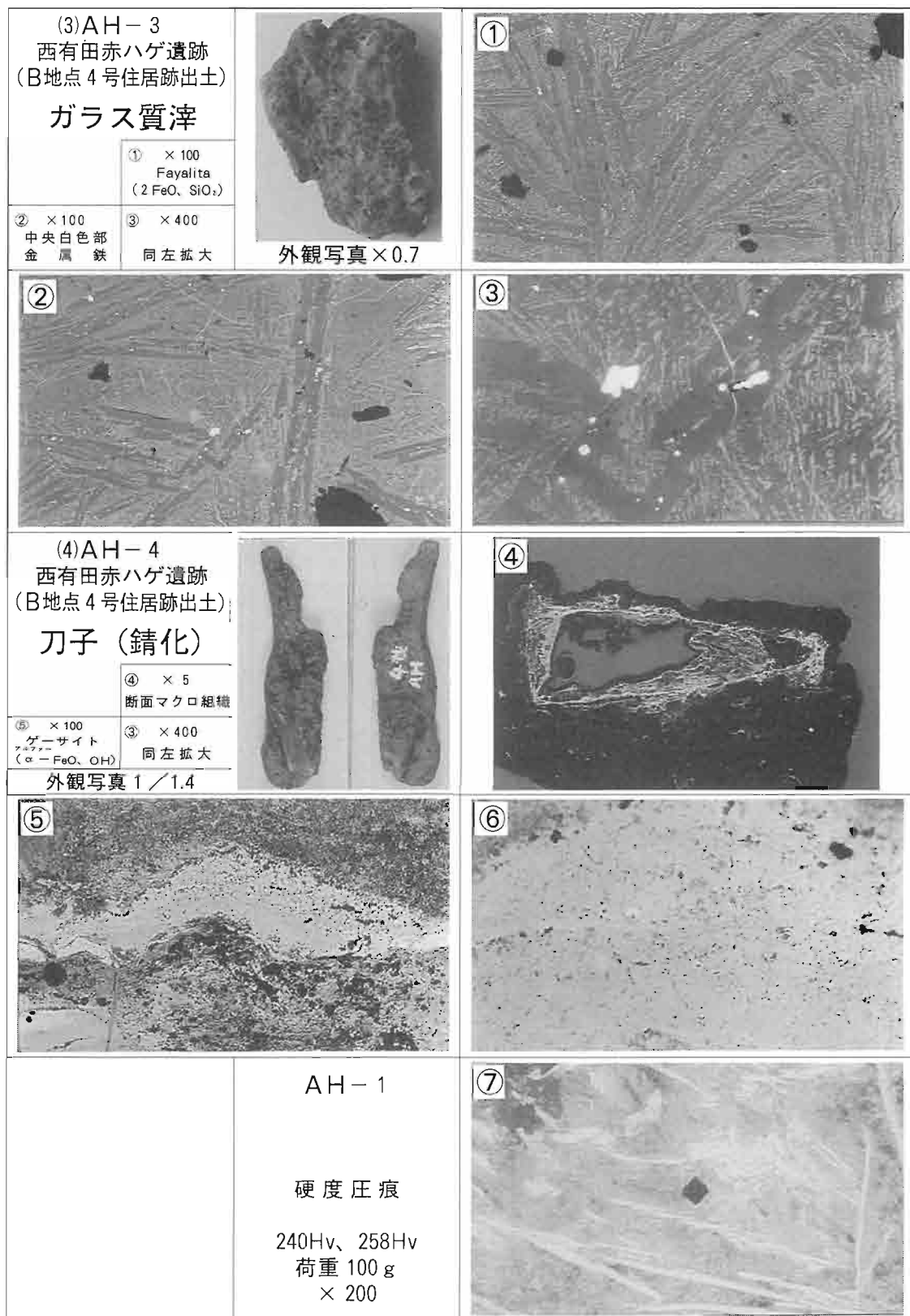


Photo. 2 鉄滓と刀子の顕微鏡組織

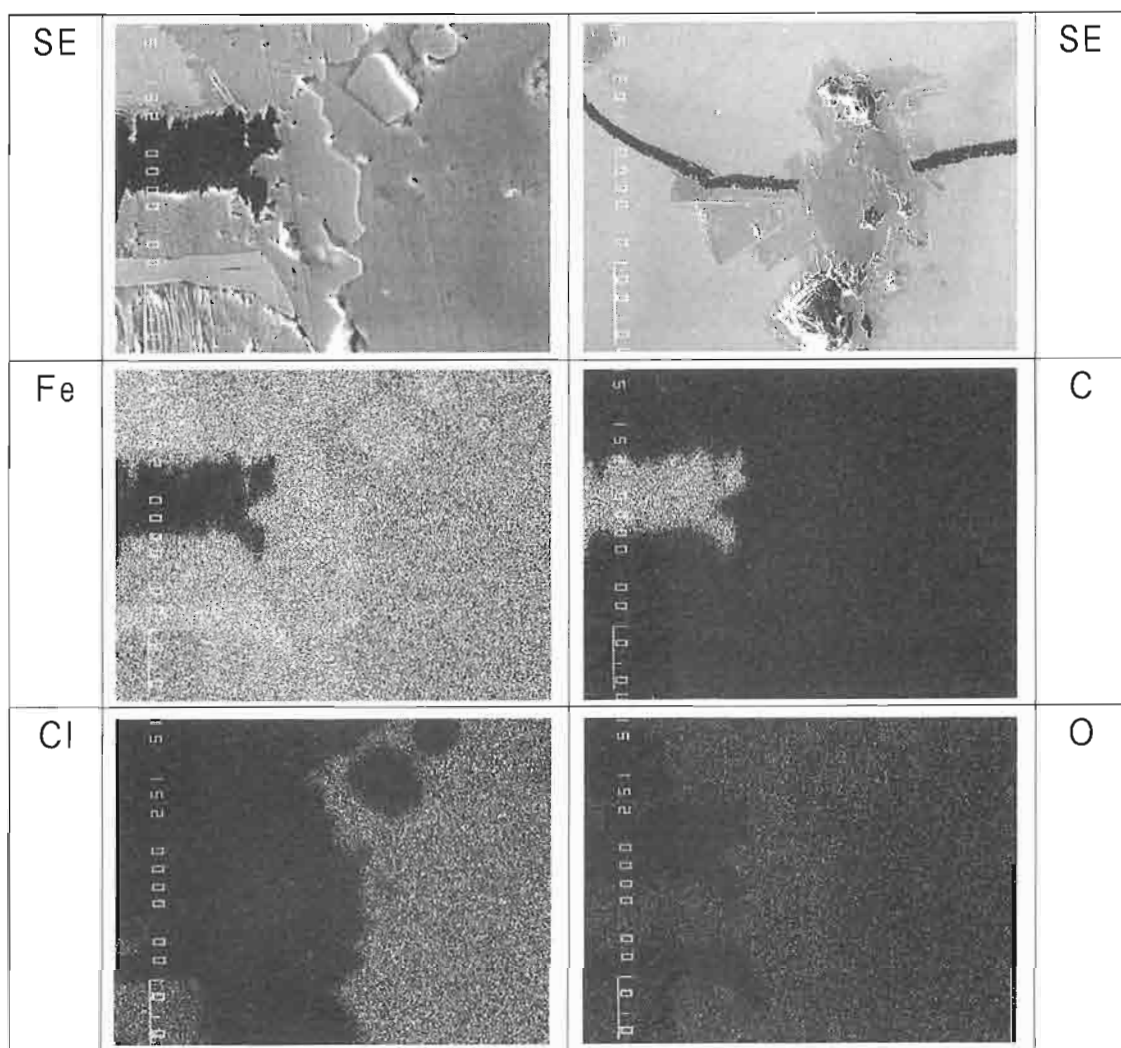


Photo. 3 西有田赤ハゲ遺跡出土小鉄塊（AH-1）中片状黒鉛の特性X線像×1500 縮小0.7