

## 第IV章 理化学分析調査

### 第1節 浦添ようどれ出土銅・鉄関連遺物の金属学的調査

(株)九州テクノロジー・TACセンター

大澤正己

#### 1. 概要

琉球王国の中山王陵（英祖・尚寧両王陵）である浦添ようどれから検出された5遺構（金属工房跡A・B・C地点・土坑、瓦溜り）出土の銅、鉄関連遺物を調査して、次の点が明らかになった。

##### (1) 銅関連遺物

銅製品は、次の作業工程を経て製作された可能性をもつ。原料銅は含鉄粗銅塊をもって溶解炉（直径50～60cm程度か）で、不純物の除鉄・脱硫の精錬（真吹き）を行ない、高純度の素銅を確保している。小物細工の原料は、素銅以外に釘頭や切片などスクラップを坩堝溶解した痕跡を残す。銅製品は、木郭・板厨子使用の装飾金具や瓦留め釘などであろう。製品製作は当然鑄造品と鍛造品が共存し、後者の銅釘は金属組織から純銅の鍛造焼なまし（多角形結晶の双晶）が確認できた。該品は耐食性に優れ、強度は軟鋼レベルに匹敵する。

なお、銅精錬に際しては、鉄酸化物（ウスタイト： $\text{FeO}$ ）を内蔵する椀形滓を派生するが、椀形鍛冶滓と区別し難い問題点を生ずる。銅椀形滓は本来微細銅粒を含んでいたが、酸化溶出（溶脱）により消滅した可能性が提言できる。この現象を羽口先端の紅色組織（よB-2）より解明できた。浦添ようどれ出土の銅製品の大きな特徴は、脈石成分（As、Fe、Pb、Zn、Sn、）なく、硫化物や金属砒化物が見当たらない。産地同定の手掛りが絶たれた遺物群である。しかし、これも東北アジアの金属文化を考察する上での1つの視点になりうる貴重な情報と云えよう。何となれば、中世の国内銅生産は、活況を呈した古代と戦国時代の狭間の枯渇期に当り、浦添ようどれ金属工房跡の銅原料（スクラップ）は大陸側へ依存した可能性に結びつく。これを裏付けるのが、鎌倉大仏の宋銭溶解説であり、首里城（京ノ内）の被熱中国銭出土である。更に『明実録』や『李朝実録』など文献の存在は無視できない（133p参照）。詳細は「まとめ」の項に譲る。なお、浦添ようどれ金属工房における13世紀から15世紀の間の操業において顕著な差異は認められなかった。

##### (2) 鉄関連遺物

ようどれ金属工房での鍛冶作業は、銑鉄（鉄鍋など廃鉄器を含む）を原料として脱炭ズク卸しを施して素材を確保する。この作業で排出された鍛冶滓は、鍛冶炉（直径35cm前後か）の炉底で堆積形成されて椀状を呈する。鉱物組成は酸化第1鉄（Wüstite： $\text{FeO}$ ）が凝集し、鉄分（Total Fe）は54～64%と多く、かつ脈石成分（Ti、V、Mn）は極めて少ない。こうして生成された鉄の錬鉄は、非金属介在物の少ない清浄なものである。

鉄釘など鉄器製作に際しては、熱間加工で赤熱された素材が鉄床石上で鍛打を受けると表面酸化膜が剥離して粒状滓や鍛造剥片を派生する。これらの微細遺物が各調査地点から出土している。なお、鉄製品は砂鉄・鉍石両方の原料がみられる。熱処理は油焼入れなど高度な技術が確認できた。鉄原料の産地も銅に付随して大陸側依存の可能性大と想定するのが自然だろう。理由は、地質的に中国東南海岸地方（福建省方面）は九州に類似の砂鉄鉍床賦存地といわれている。これに対して、最近未発表ながら台湾や波照間島などから砂鉄精錬滓が検出された。宮古を経由して沖縄本島からは既存の砂鉄系遺物のデータは発表してきた。13～15世紀代の大陸側からの浦添ようどれまでの「鉄の道」は成立するであろう。

## 2. 金属学的調査のいきさつ

浦添ようどれは、英祖王（1229～1299）と第二尚氏第7代国王尚寧（1564～1620）が眠る王陵と考えられている。墓は琉球石灰岩の岩盤に横穴を開けて墓室とし、前面を石積みで塞ぐ。墓室には高麗系瓦で葺かれた木造建物、その中には朱漆塗り板厨子の安置があって鉄・銅金属の使用が想定されている。

遺跡の位置は沖縄県浦添市仲間2丁目に所在し、史跡浦添城跡復元整備事業に伴う遺構確認調査として、1997.1.16～2004.7.21まで実施された。この調査の成果として瓦溜り遺構と金属工房跡の検出がある。前者の瓦溜り遺構は墓室に所在した瓦葺きの建物を取り壊し、その廃材を焼却処分した場所と判断された。鍍金の飾り金具や漆の塗膜片は、建物の中の漆塗り板厨子が安置されたことを窺わせ、建物の廃材と共に遺棄されたと考えられている<sup>(注1)</sup>。

また、金属工房跡は14世紀末～15世紀前半に構築された二番庭石垣の下層から鍛冶を想定される焼土坑や金床石、更には鉄滓や微細遺物の粒状滓、鍛造剥片、羽口などを出土する。これに加えて銅関連遺物（溶解炉壁片、坩堝、銅粒など）も共伴している。

手工業金属器製作を通して浦添ようどれの変遷に関する新たな情報が得られるものとして、金属学的調査の運びとなった。この分析調査に先立ち、浦添市教育委員会発掘担当者と筆者は下記のとおり3度の打合せを行った。

- (1)平成12年8月9日～11日 関連遺物の観察・分類方法の打合せ。  
「沖縄の鍛冶関連遺跡－研究の現状と課題－」提示<sup>(注2)</sup>
- (2)平成15年9月26日・27日 供試材45種抽出、外観写真・実測図・秤量準備
- (3)平成15年11月7日 (株)九州テクノリサーチ本社にて最終打合せ

## 3. 調査方法

### (1) 供試材

Table.1に示す。ようどれ金属工房跡では銅関連遺物（炉壁、坩堝、羽口、銅塊、銅粒、銅釘、飾板、椀形滓）と鉄関連遺物（椀形滓、鉄塊系遺物、再結合滓、鉄釘、粒状滓、鍛造剥片、鉄床石）の遺物群が出土している。浦添市教育委員会で洗浄・整理・計測したもののから筆者と発掘担当者と協議して分析資料45種を抽出し、調査の運びとなった。

### (2) 調査項目

#### ①肉眼観察

分析調査を実施する遺物の外観特徴や、特殊金属探知機での反応の有無など、調査前

の観察所見を記載した。この結果をもとに、分析資料の採取位置を決めている。

## ②メタル度

埋蔵文化財用に整準された特殊金属探知機を使用マニュアルにより用いて判断する。遺存度の小さい金属から大きなものの順に、H(○)→M(◎)→L(●)→特L(☆)の表示をした。金属が錆化消滅したものは(なし)とする。

## ③マクロ組織

顕微鏡埋込み試料の断面全体像を、投影機の5、10、20倍のいずれかで撮影した。低倍率の観察は、組織の分布状態、形状、大きさなど顕微鏡検査(×50、100、400)によるよりも広範囲にわたっての情報が得られる利点がある。

## ④顕微鏡組織

切り出した試料をベークライト樹脂に埋込み、エメリー研磨紙の#150、#240、#320、#600、#1000と順を追って研磨し、最後は被研磨面をダイヤモンド粒子の $3\mu$ と $1\mu$ で仕上げ、光学顕微鏡観察を行った。なお、金属鉄の炭化物は、ピクルル(ピクリン酸飽和アルコール液)で、フェライト結晶粒は5%ナイトル(硝酸アルコール液)で、腐食(Etching)している。

## ⑤ビッカース断面硬度

鉄滓の鉱物組成と、金属鉄の組織同定を目的として、ビッカース断面硬度計(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 $136^\circ$ の頂角をもったダイヤモンドを押し込み、その時に生じた窪みの面積をもって、その荷重を除いた商を硬度値としている。試料は顕微鏡用を併用した。

## ⑥EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) 調査

分析の原理は、真空中で試料面(顕微鏡試料併用)に電子線を照射し、発生する特性X線を分光後に画像化し、定性的な結果を得る。更に標準試料とX線強度との対比から元素定量値をコンピューター処理してデータ解析を行う方法である。化学分析を行えない微量試料や鉱物組織の微小域の組織同定が可能である。

## ⑦化学組成分析

供試材の分析は次の方法で実施した。

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

炭素(C)、硫黄(S)：： 燃焼容量法、燃焼赤外吸収法

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

## ⑧耐火度

耐火度の加熱に耐える温度とは、溶融現象が進行の途上で軟化変形を起こす状態の温度で表示することを定め、これを耐火度と呼んでいる。胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に作り、1分間当たり $10^\circ\text{C}$ の速度で $1000^\circ\text{C}$ まで温度上昇させ、それ以降は $4^\circ\text{C}$ 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。

試料番号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	計測値		メタル度	調査項目							備考		
					大きさ(mm)	重量(g)		マクロ組織	顕微鏡組織	ヒッカース断面硬度	X線回折	EPMA	化学分析	耐火度		カラー	
よA-1	浦添ようどれ (金属工房跡A地点)	R4区Ⅲb	炉壁ガラス化(緑色)	15世紀前半	39×27×24	27.5	なし		○								
よA-2		R4区Ⅲb	炉壁ガラス化(小豆色)		56×48×23	57.0	なし		○								
よA-3①		R5区Ⅲa	銅釘(角釘)		19×6	7.2	L(●)		○								
よA-3②		R4区Ⅲa	銅釘(円頭釘)		26×21×8	15.7	L(●)		○								本書20p(第11図6)
よA-4		R4区Ⅲc	銅粒		—	—	1~3H(O) 4錆化(Δ) 5なし		○	○							
よA-5		R4区Ⅲb	椀形滓(緻密質)		61×37×31	153.0	H(O)		○	○			○				
よA-6		R4区Ⅲb	再結合滓		29×20×15	7.9	なし		○								
よA-7		R4区Ⅲa	鉄塊系遺物		26×19×17	13.6	M(◎)		○								
よA-8		R4・5区Ⅲc	鉄製品(器種不明)		41×17×15	13.9	L(●)		○								
よA-9①		R4区Ⅲc	粒状滓様遺物(大)		—	—	なし		○	○							
よA-9②	R4区Ⅲc	粒状滓(中)	—	—	なし		○	○									
よA-9③	R4区Ⅲc	粒状滓(小)	—	—	なし		○	○									
よA-10	R4・5区Ⅲc	鍛造剥片	—	—	なし		○	○									
よB-1	浦添ようどれ (金属工房跡B地点)	Q6区13層	炉壁ガラス化(黒色)	13世紀	84×59×37	25.0	なし		○								
よB-2		Q6区12層	坩堝(銅板溶着)		61×50×18	50.0	L(●)		○			○					本書25p(第14図5)
よB-3		Q6区11層	羽口(先端紅色)		72×51×15	55.0	H(O)		○			○					
よB-4		Q5区15層	羽口(胎土)		50×50×38	65.0	なし						○	○			
よB-5		Q6区13層	銅塊(流動状)		30×24×13	1.5	L(●)		○	○							
よB-6		Q6区5層	銅片		20×13×3	3.1	L(●)		○								
よB-7		Q6区北側斜面	銅板(板状銅製品)		65×15×1	6.1	L(●)		○	○							本書31p(第17図6)
よB-8		Q6区8層	椀形滓(緻密質)		58×57×47	350.0	なし		○	○			○				
よB-9		Q6区13層	滴下滓(ガラス質滓)		30×15×9	3.2	なし		○	○							
よB-10		Q6区8層	鉄塊系遺物		27×24×17	17.4	L(●)		○	○							
よB-11		R6区1層	鉄製品(鑄造鉄片か)		30×24×14	11.2	L(●)		○	○							本書31p(第17図5)
よB-12		Q6区15層	鉄釘		55×8	8.7	L(●)		○	○		○					本書31p(第17図1)
よC-1	浦添ようどれ (金属工房跡C地点)	Q4区Ⅱa	椀形滓	15世紀前半	86×61×23	195.0	なし		○								
よC-2		R4区Ⅱa	銅塊(流動状)		28×15×9	9.7	L(●)		○	○							
よC-3		Q4区Ⅱb	椀形滓(緻密質)		74×64×34	265.0	なし		○				○				
よC-4		R4区Ⅱ	針状滓		20×4×4	1.7	なし		○	○							
よC-5		Q4区Ⅱb	鉄製品(器種不明)		37×32×17	24.3	L(●)		○	○		○					
よC-6		R3・4区Ⅱa	鉄釘		41×7	8.3	L(●)		○	○							
よC-7①		Q4区Ⅱb	粒状滓様遺物(大)8.4mm径		—	—	なし		○								
よC-7②		Q4区Ⅱb	粒状滓(中)2.2~3.5mm径		—	—	なし		○	○							
よC-7③	Q4区Ⅱb	粒状滓(小)0.6~1.7mm径	—	—	なし		○	○									
よC-8	Q4区Ⅱb	鍛造剥片(厚み0.2~0.6mm)	—	—	なし		○	○									
よ土-1	浦添ようどれ (金属工房跡土坑)	P3区Ⅳd	炉壁ガラス化(黒色)	11世紀~14世紀	67×54×30	90.0	なし		○								
よ土-2		P4区Ⅳe	炉壁ガラス化(小豆色)		84×57×50	180.0	なし		○				○	○			
よ土-3		P4区Ⅳd	羽口溶融物		54×32×38	50.0	なし		○								
よ土-4		Q4区Ⅳc	銅塊(流動状)		34×19×13	15.0	L(●)		○	○							
よ土-5		P4区Ⅳd	扁平椀形滓		62×26×16	57.0	なし		○				○				
よ土-6		P4区Ⅳd	含鉄椀形滓		81×35×37	240.0	なし		○	○			○				
よ土-7		P4区Ⅳd	鉄塊系遺物		34×28×24	27.0	錆化(Δ)		○	○							
よ土-8		P3区Ⅳd	金床石付着剥片		36×19×4	4.0	なし		○								
よ瓦-1	浦添ようどれ (瓦溜り遺構)	P3区Ⅱc	銅釘	14世紀末~ 15世紀前半	61×5	7.8	L(●)	○	○	○		○				『浦添ようどれⅡ』第44図7	
よ瓦-2		P3区Ⅲc	鉄釘		44×4	4.6	L(●)	○	○	○						『浦添ようどれⅡ』第45図20	

Table 1 供試材の履歴と調査項目

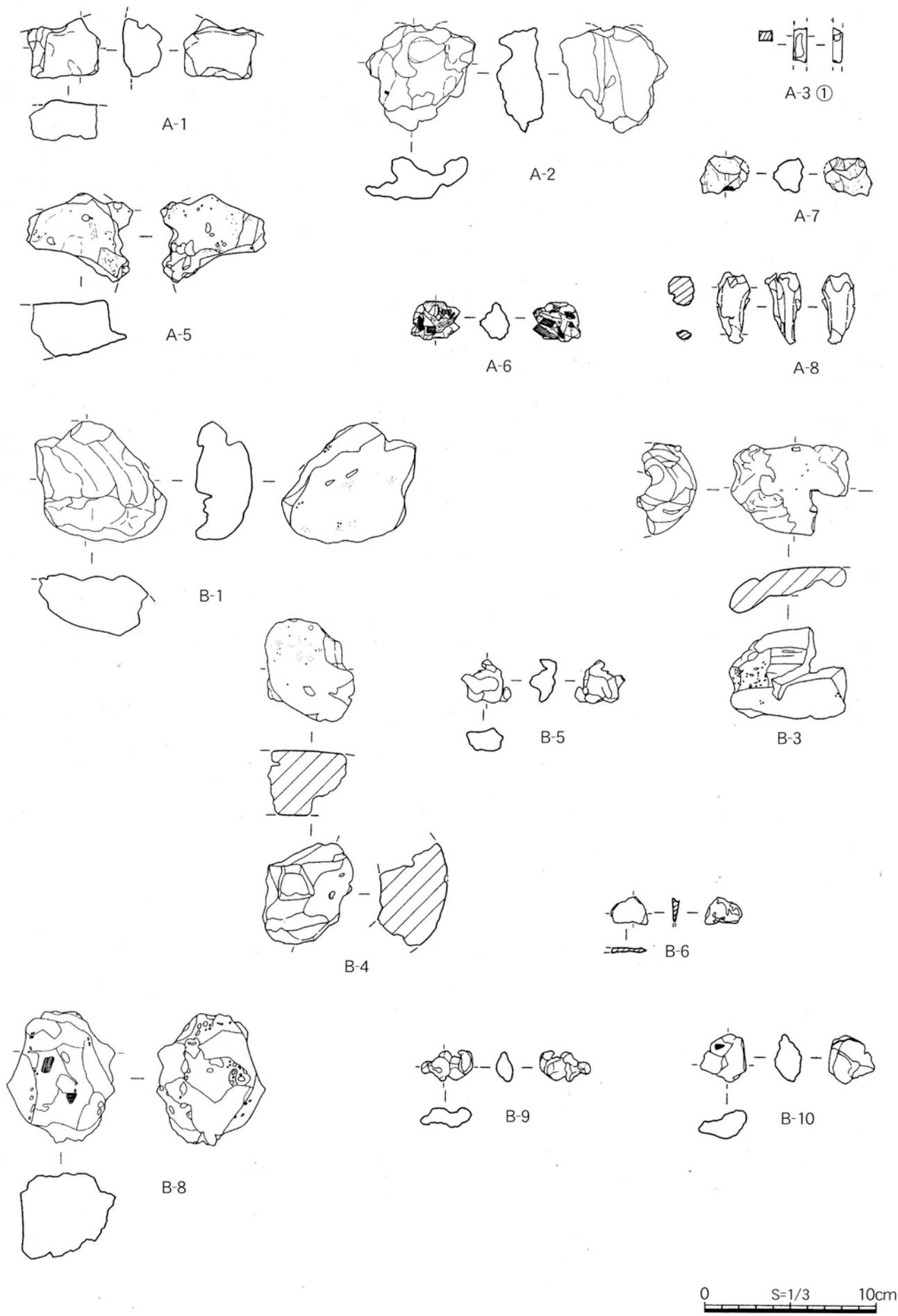


図1 供試材実測図

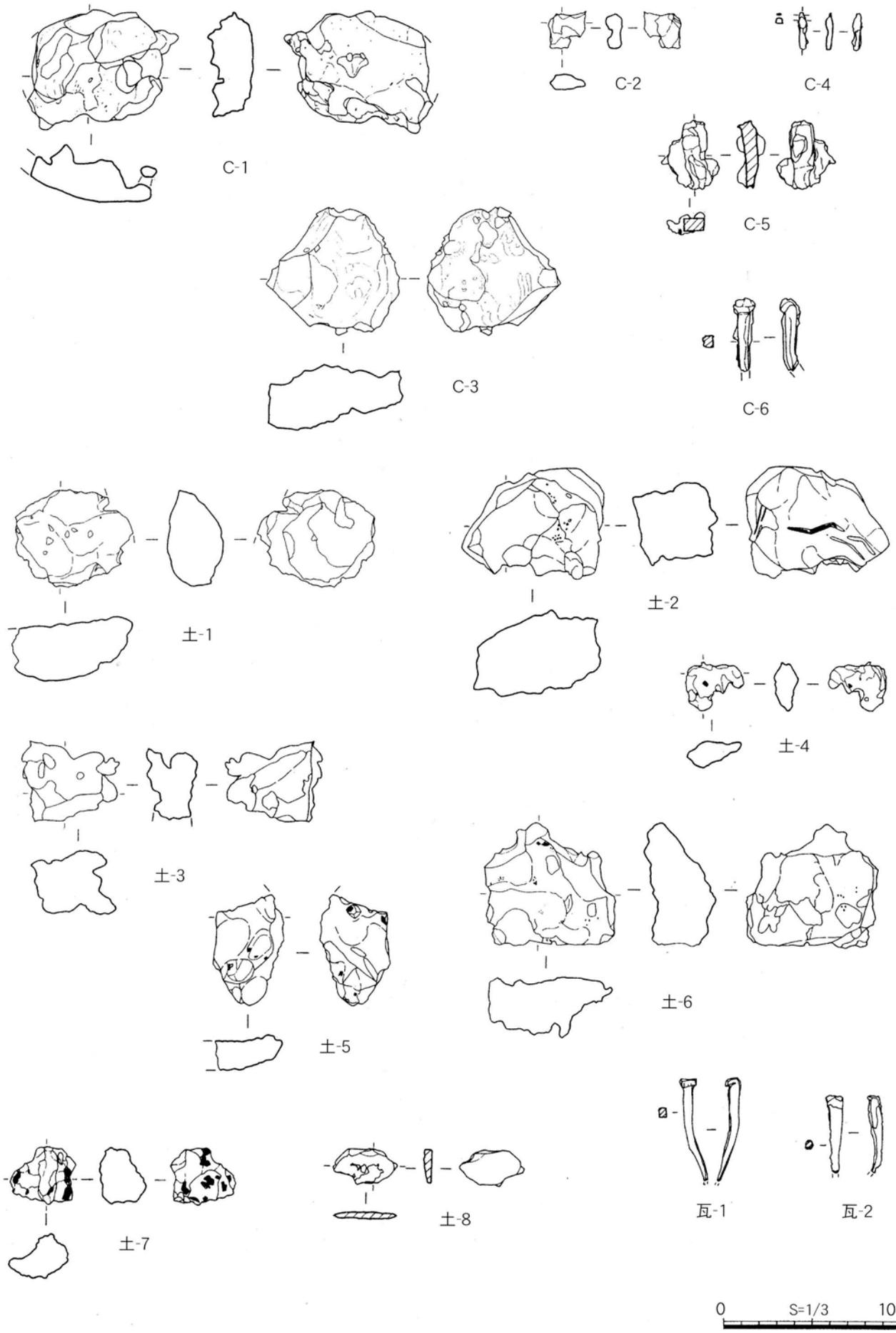


図2 供試材実測図

## 4. 調査結果

### 金属工房跡A地点出土遺物（15世紀前半）

#### よA-1：炉壁（緑色）

(1)肉眼観察：平面が不整五角形を呈する溶解炉の炉壁小破片（28g 強）である。内面表層は熱影響を受けて熔融ガラス質化する。その表層は風化気味で色調は緑灰色となる。外面は緻密な胎土で、微細な木炭片を若干含む。また胎土部分も熱影響を受けて赤褐色を呈する。

(2)顕微鏡組織：Photo.1 の①～⑤、Photo.2 の①に示す。Photo.1 の①～③は、内面が熔融ガラス質化した部分の組織である。暗黒色ガラス中に灰白色多角形結晶のマグネタイト（Magnetite： $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）を局部的に晶出する。なお一部に白色金属鉄が存在するのは胎土混入砂鉄由来であろう。熔融ガラス中には0.05～0.1 mm径の孔がある。

Photo.2 の①に示したカラー写真で観察すると孔底部に緑青～紅色の色素が認められる。銅の溶脱した痕跡の可能性をもつ。該品は銅鑄造溶解炉の炉壁を示唆する。Photo.1 の③④は炉壁外面の胎土部分の組織を示す。粘土鉱物セリサイト基地に不整形の石英・長石の粒子が点在する。石英には加熱クラックは発生せず、こちらは然程（さほど）温度上昇は認められない。⑤の中央の二つに割れた白色鉱物は粘土混入の砂鉄粒子である。この砂鉄類が熔融ガラス化した中にマグネタイトとなり、金属鉄の晶出の元にもなっている。

#### よA-2：炉壁（小豆色）

(1)肉眼観察：築炉時の輪積み痕跡を残す57gの炉壁片である。内面ガラス化部分は起伏のある流動状で小豆色を呈する。この小豆色は酸化雰囲気と共に、銅溶脱からの発色の可能性をもつ。なお、表面には微細な茶褐色の錆化物が固着する。該品はよA-1が緑色に対しての比較資料でもある。外面は緻密な胎土で、極く、短く切ったスサが混和される。胎土部分は熱影響を受けて赤褐色化している。

(2)顕微鏡組織：Photo.1 の⑥～⑧、Photo.2 の②～④に示す。Photo.1 の⑥は熔融ガラス部分に晶出した微小結晶のマグネタイトである。粘土混入砂鉄由来であろう。ガラス地には気孔があり、銅の溶脱孔の可能性をもつ。溶脱孔をPhoto.2 の②～④にカラーで示す。③の気孔は研磨面に焦点を合せ、④は気孔底の赤銅色で銅痕跡と考えられる。赤紅色部にピントを合せた。また、③④の視野右側の暈し紫紅色は銅溶脱の拡散痕跡の可能性を示唆する。なお、Photo.1 の⑦は熔融ガラス質に淡灰色短柱状結晶のファイヤライト（Fayalite： $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）が晶出するが半数以上が風化の為に黒く侵蝕される。⑧は外面側の粘土鉱物セリサイトと石英・長石組織を示す。前者は高温化から非晶出化し、石英には高温クラックが発生する。銅溶解炉高温域に属する炉壁片であろう。

#### よA-3①：銅釘（角釘）

(1)肉眼観察：横断面は長方形を呈する銅製品。長軸方向両端は破面なので、頭と脚部を欠落した平打釘の部類が想定できる。リサイクル原料銅として、坩堝溶解し易いように人為的に折った可能性をもつ。表面は黒褐色の錆化物で覆われるが、特殊金属探知機でL（●）

反応を示し、内部には金属銅の残留を表わす。

(2)顕微鏡組織：Photo.2 の⑤、Photo.3 の①～⑤、Photo.6 の上段 5 枚に示す。まず、Photo.2 の⑤は、研磨ままの金属銅のカラー組織である。母金属は、点蝕を受けて褐色斑点の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が発生する。次に Photo.3 の①～⑤は酢酸・硝酸・アセトン腐食 (etching) で現われた金属組織を示す。①は断面全体像で、上部の拡大が②③、下部拡大が④⑤である。多角形結晶と、結晶粒内に焼なまし双晶を含むので鍛造品と判断できる。最後に Photo.6 の上段 5 枚はカラーによる銅鍛造品としての多角形結晶と、結晶粒内焼なまし双晶を示している。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.5 の①～③に、表面・中央・裏面側と 3 点の硬度測定を行った圧痕を示す。硬度値は 118Hv、98Hv、111Hv と鉄釘の軟鋼レベルと同等の強度を有している。

#### よA-3②：銅釘（円頭釘） ※本書20p(第11図6)

(1)肉眼観察：長径 26 mmを測る円頭釘の頭部破片である。側面の一部と裏面は破面で厚さは 8 mmを残す。表面は黒褐色および青緑色の銹化物に覆われるが、特殊金属探知機で L(●) の反応があり、金属銅を残す。なお、基部取っ付きから切り離されて、坩堝溶解の再生原料と考えられる。切り口は 11 mmの隅丸方形で基部へと連なる。銅鍛造品としての鍛打痕を残す。

(2)顕微鏡組織：Photo.2 の⑥は、カラー組織で母金属に亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) の発生を示す。Photo.4 の①～⑤は酢酸・硝酸・アセトン腐食 (etching) で現われた鍛造焼なまし組織の多角形結晶と焼なまし双晶である。銅角釘のよA-3①に比べると、内部に亀裂が多く、それに従属して亜酸化銅の量も増加する。この結果は、円形加工に要する鍛打回数の重なりの影響が読み取れる。次に Photo.6 の下段 5 枚のカラー組織は、Photo.4 の①～⑤のモノクロ組織に準じたものである。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.5 の④～⑥に表層・中央・裏面寄りの 3 点の圧痕写真を示す。内部は 92Hv と軟質で両側は 106Hv、103Hv と若干の硬化傾向にある。歪取りの焼なまし効果は十分に発揮されていた。

#### よA-4：銅粒

5 点の銅粒を供試材とした。個々について述べる。

##### A-4①：銅粒（長径5.4mm）

(1)肉眼観察：歪な銅粒で、表面は微細な凹凸をもち、青緑色の銹化物に覆われる。特殊金属探知機で H (○) 反応があり、金属銅の残存が予想された。

(2)顕微鏡組織：Photo.8 の①にカラー組織を示す。銅の母金属に褐色斑点状の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が僅かに発生する。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.5 の⑦に硬度測定の際の圧痕を示す。値は 50Hv と軟質で、錫 (Sn) や鉛 (Pb) などの添加されていない純銅レベルの硬度値である。銅粒は溶融された溶銅が湯こぼれ状態になり、表面張力の関係から球状化した遺物と考えられる。

##### A-4②：銅粒（長径4.4mm）

(1)肉眼観察：やや歪を有した銅粒である。全体に青緑色の銹化物に覆われるが、地は黒褐

色を呈している。

(2)顕微鏡組織：Photo.8 の②にカラー組織を示す。銅の母金属に褐色斑点の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) を発する。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.7 の①に硬度圧痕を示す。値は 53Hv と軟質で純銅に同定される。

#### A-4③：銅粒（長径4.3mm）

(1)肉眼観察：大小二連状球体の趣を留めた銅粒である。地は黒褐色で、青緑色の銹化物に覆われて金属銅を残す。

(2)顕微鏡組織：Photo.8 の③にカラー組織を示す。銅の母金属には自然腐食 (etching) に由来した結晶粒界が現われて、その交点に褐色斑点の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が存在する。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.7 の②に硬度測定 of 圧痕を示す。44Hv と軟質で純銅と想定できる。

#### A-4④：銅粒（長径3.9mm）

(1)肉眼観察：ほぼ球体をなすが、僅かに雫状痕跡を残し、これに炉材粘土屑を固着させる。特殊金属探知機での H (○) での反応は弱まる。また、表面を覆う青緑色の銹化膜は厚みを増し、小粒化は銹化を促進させている。

(2)顕微鏡組織：Photo.8 の④にカラー組織を示す。表層から内部へ向っての酸化が進行し、母金属銅の残存面積は狭まり、亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) の肥大化が目立つ。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.7 の③に硬度測定 of 圧痕を示す。硬度値は 46Hv と軟質で、純銅と同定される。

#### A-4⑤：銅粒（長径5.8mm）

(1)肉眼観察：球状から雫状の尾を引く供試材である。表面は微細な凹凸で、平滑半光沢の肌をもつ。更に緑青はみられず、特殊金属探知機にも反応がない。銅粒とは異なる球状遺物である。

(2)顕微鏡組織：Photo.8 の⑤にカラー組織を示す。金属銅の母金属はなく、酸化物からなる鉱物相である。まず、全面を占めるのは白色粒状結晶のウスタイト (Wüstite :  $\text{FeO}$ ) らしき凝集組織と、視野中央に約  $60\mu\text{m}$  程の灰白色球状の金属痕跡がある。こちらは銹化鉄であろうか。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.7 の④と⑥に硬度測定 of 圧痕を示す。⑥の白色粒状結晶は、415Hv でウスタイトの可能性をもつ。因みにウスタイトの文献硬度値は、450～500Hv であるが<sup>(注1)</sup>、その下限値を僅かに切っている。⑤の  $60\mu\text{m}$  球状物質は 566Hv の硬さであった。マグネタイトのレベル (500～600Hv) であって鉄銹化物であろうか。酸化銅粒であれば、210Hv 台を呈する筈である。(Photo.26 参照)

よ A-4 ①～⑤の粒状遺物は、銅溶解炉からの操業派生物とみなされる。銅の不純物としての鉄の晶出が考えられる。(206p: Fig-1 参照)

#### よ A-5：椀形滓（緻密質）

(1)肉眼観察：平面は不整形形状に破損した椀形滓の側面部破片である。上下面と側面 1 面は資料本来の面であるが、側面 5 面が破面となる。上面は平坦で、表層には茶褐色の鉄銹化物が点々と固着する。このうちの破面 1 箇所は特殊金属探知機の H (○) で反応し、金

属鉄の残存が予想される。また、側面から下面にかけては細かい流動状の凹凸が著しい。破面には中小の気孔が若干散在するが緻密で重量感のある滓である。

(2)顕微鏡組織：Photo.9 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが凝集気味に晶出し、その粒間に淡灰色盤状結晶のファイヤライト(Fayalite： $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )が晶出する。この晶癖はズク卸し(鑄鉄の脱炭下げ処理)で排出された精錬鍛冶滓に分類できる。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.9 の③に白色粒状結晶の硬度測定の前痕を示す。値は473HVで、ウスタイトに同定できる。

(4)化学組成分析：Table2 に示す。全鉄分(Total Fe)が67.51%と高く、ガラス質成分( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ )は7.09%と極めて少なく、かつ、随伴微量元素の二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )0.30%、バナジウム(V)0.04%、ジルコニウム( $\text{ZrO}_2$ )0.07%、酸化マンガン( $\text{MnO}$ )0.09%など、低値である。更に鉄に有害な五酸化リン( $\text{P}_2\text{O}_5$ )0.03%、硫黄(S)0.01%も微量である。鍛冶原料鉄の純度の高さが、滓成分に反映している。顕微鏡組織でみた如く、廃鉄器(例えば鉄鍋)などの再生ズク卸しの精錬鍛冶滓とみなされよう。

#### よA-6：再結合滓

(1)肉眼観察：再結合滓とは鍛冶工房での作業時に派生した微細遺物を包含した2次堆積層である。鍛冶原料鉄屑や鉄滓屑、木炭屑、更には鍛打で飛散した粒状滓、鍛造剥片などを含む。今回の供試材は8g弱で、微細な木炭片を多数噛み込み、茶褐色酸化土砂で形成される。

(2)顕微鏡組織：Photo.9 の④～⑧に示す。④は赤熱鉄素材に鍛打を加えた時に剥離した酸化膜の鍛造剥片<sup>(注5)</sup>である。厚みは0.12mmと微厚で、被膜は3層をなす。まず、外層は白色超微厚のヘマタイト(Hematite： $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、中間層はマグネタイト(Magnetite： $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、内層は被膜主体をなす非晶質ウスタイト(Wüstite： $\text{FeO}$ )から構成される。この被膜構造は、鉄器製作に際しての最終工程、すなわち低温成型火造り時の派生物の可能性をもつ。⑤⑥は鍛冶原料鉄屑で、片状黒鉛の痕跡をもつねずみ鑄鉄である。次に⑦⑧は、亜共晶組成(<4.23%C)白鑄鉄の痕跡をもつ錆化鉄を示す。層状組織のパーライト(Pearlite：フェライトとセメンタイトが交互に重なり合って構成された層状組織)と、レデブライト(ledebulite：オーステナイトとセメンタイトの共晶)の痕跡が読み取れる。鑄鉄の組織は、凝固冷却速度が遅い場合は黒鉛を晶出してねずみ鑄鉄、速くなればセメンタイト( $\text{Fe}_3\text{C}$ )を晶出して白鑄鉄となる。両者の存在は、鍛冶原料鉄が一定の規格品ではなくて、ランダムにあり、廃鉄器などの充当が考えられる。鍛冶作業は鑄鉄を原料とした卸し脱炭を想定しても大過なからう。

#### よA-7：鉄塊系遺物

(1)肉眼観察：14g弱の小型塊状の鉄塊系遺物である。表面は赤褐色の酸化土砂に覆われて錆化による亀裂が著しい。錆びてはいるが鉄主体の遺物であり、特殊金属探知機のM(◎)で反応し、内部に僅かな金属鉄が遺存する。

(2)顕微鏡組織：Photo.10 の①～⑨に示す。当鉄塊は表皮スラグを固着して②③にみられるように鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが大量に晶出し、その粒間を淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライトが埋める。これは酸化雰囲気中に曝された結果であり、鍛冶系鉄塊

を物語る。また、滓には木炭を付着し、組織は窓状分野壁孔をもつもので、針葉樹の松炭の使用が想定される。④～⑥には金属鉄の腐食 (etching) 組織を示す。亜共析鋼 (<0.77% C) で、一見層状組織に似るが羽毛状フェライトとベイナイト (bainite : フェライト地に分散した微細なセメンタイトで構成される) の晶出である。当該品は非金属介在物が少なく頗る清浄であることからズク卸し脱炭鉄の可能性が窺われる。

(3) ビッカース断面硬度 : Photo.10 の⑦～⑨に硬度測定 of 圧痕を示す。⑦はフェライト析出の多い個所で 106Hv、⑧はベイナイトに若干のフェライト混在域で 143Hv、⑨は全面ベイナイト域で 172Hv であった。層状組織ながら軟質である。これがパーライトであれば 200Hv 以上の数値となる。ベイナイト組織の鑑定は、硬度値からも検証できた。

#### よA-8 : 鉄製品 (器種不明・半製品か)

(1) 肉眼観察 : 全体に錆が激しく亀裂の走る棒状鉄片である。側面が不整長三角形を呈しているのは条材の破片からであろうか。特殊金属探知機で L (●) 反応があり、芯部に金属鉄を残す。顕微鏡試料は長軸方向側面全部を研磨面とした。

(2) 顕微鏡組織 : Photo.11 の①～⑦に示す。表皮スラグは一切残さない半製品以降の鍛造品に分類できる。①は鉄中の非金属介在物である。組成はファイヤライトを内蔵する珪酸塩である。視野は横断面でないので断定はできないが、介在物の展進度が低く加工度は高くない事が指摘できる。鉄製品ではなくて半製品留りであろう。②～④にナイトル腐食 (etching) の金属組織を示す。層状組織のパーライト基地に網目状のオーステナイト粒界を残して、②③は亜共析域 (<0.77%C) である。局所的には④にみられるような板状セメンタイトを晶出した過共析域 (>0.77%C) が観察される。これは下げ脱炭の不良個所で、やはりズク卸し脱炭材由来の半製品の可能性が高い。

(3) ビッカース断面硬度 : Photo.11 の⑤～⑦に硬度測定 of 圧痕を示す。⑤のフェライト・パーライト域は 112Hv、⑥の同じくやや炭素量の多い個所は 162Hv と硬度は上昇する。⑦は全面パーライトの共析域 (0.77%C) で硬度値は 223Hv であった。⑦は前述よA-7鉄塊系遺物のソルバイト組織より硬質であり、当組織がパーライトであることが硬度値から実証された。

#### よA-9① : 粒状滓<sup>(注4)</sup> (大型粒)

直径 5.1～10.6 mmを測る大型粒(①)で、強磁着(イ)3点、弱磁着(ロ)3点について述べる。

#### よA-9①イ-1 : 擬似粒状滓 (長径9.5mm)

(1) 肉眼観察 : 通常、鍛打鍛冶遺物としての粒状滓は、6 mm以上の大型品はあまり存在しない。該品もその例に漏れず粒状滓と呼称するより粒状鉄滓が相応しく、茄子状に伸びた形状は、これを後押しする。色調は黒褐色光沢質の平滑肌である。側面に 1 個所気孔を発生し、内部は大きく空洞化する。更に外面に木炭痕を刻み、磁着は強い。

(2) マクロ組織 : Photo.12 の⑦に示す。楕円形状断面は大きく空洞化し、外周を形成する白色鉍物相には 0.1～0.5 mm径の気孔が点在する。

(3) 顕微鏡組織 : Photo.12 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが凝集晶出する。素地は珪酸塩ガラス質で、高温のためにファイヤライトは微細化されている。鉄滓屑の高温溶融で球状化しかかった擬似粒状滓とも呼ぶべき微細遺物である。

#### よA-9①イ-2：擬似粒状滓（長径7.5mm）

(1)肉眼観察：ほぼ球状をなす粒状遺物である。色調は黒褐色無光沢質であるが表層は茶褐色の酸化土砂に覆われる。表面には1箇所不定形の気孔が存在する。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.12の⑧に示す。外縁部は薄く錆化鉄被膜に覆われた球体遺物である。断面には白色鉍物相に0.3～1.0mm径の気孔が観察される。

(3)顕微鏡組織：Photo.12の④～⑥に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが凝集して晶出する。該品も鍛打派生物ではなくて鉄滓屑の再熔融球状遺物と呼ぶに相応しいものである。

#### よA-9①イ-3：粒状滓（長径5.1mm）

(1)肉眼観察：端正な球状遺物である。地の色調は黒褐色で平滑肌をもつ。全体に茶褐色の鉄酸化物が点々と固着する。表面には1箇所不定形の大きな気孔が開き、内部は空洞化している。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.13の⑦に示す。こちらは0.5mm厚みの白色鉍物相で縁取された断面が観察される。

(3)顕微鏡組織：Photo.13の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶の大きく成長したウスタイトと、その粒間は珪酸塩ガラスが風化されて黒く侵食される。こちらは断面内部の大きな空洞化とウスタイトの晶出からみて鍛打に関係した粒状滓に分類される。

#### よA-9①ロ-1：擬似粒状滓（長径10.6mm）

(1)肉眼観察：色調は暗茶褐色・無光沢でやや扁平楕円状の粒である。但し現状は茶褐色酸化土砂に覆われる。側面には小粒が瘤状に溶着した2連の球状遺物となる。表面は平滑で、微細な気孔が点在し、磁着は弱い。

(2)マクロ組織：Photo.13の⑧に示す。大粒1点の断面である。粒表層全体が黒く侵された内部に淡灰色鉍物相の晶出物と共に0.1～2.0mm径の気孔が認められる。

(3)顕微鏡組織：Photo.13の④～⑥に示す。鉍物組成は淡灰色長柱状結晶のファイヤライトと、微小白色樹晶状のウスタイトが晶出する。低温型素延べ時の派生物である。鍛打作業も後発であり、弱磁着の性格が現われている。

#### よA-9①ロ-2：粒状滓（長径6.0mm）

(1)肉眼観察：やや歪な球状となる黒色ガラス粒である。茶褐色酸化土砂に覆われ、表面には細かい気孔が多数散在する。弱磁着で、軽い質感をもつ。

(2)マクロ組織：Photo.14の⑦に示す。ほぼ球状断面には、暗黒色ガラスに0.1～0.3mm径の気孔が多発する。

(3)顕微鏡組織：Photo.14の①～③に示す。粘土鉍物セリサイトが非晶出で熔融し、これに石英、長石類が混在する。赤熱鉄素材の酸化防止に塗布された粘土汁由来の粒である。弱磁性共に矛盾はしない。

#### よA-9①ロ-3：粒状滓（長径5.6mm）

(1)肉眼観察：色調は黒褐色・無光沢で酸化土砂は剥落し、全体が風化のため侵された球状

遺物である。表面は大小の気孔が密に露出して、一部に茶褐色の鉄錆化物が付着する。ほとんど磁着しない。

(2)マクロ組織：Photo.14 の⑧に示す。大部分の外縁被膜が剥落した断面は、左側の表層は黒く侵されて、右側に白色鉍物相を残す。全面には0.1～1.0 mm径の気孔が多発する。

(3)顕微鏡組織：Photo.14 の④～⑥に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトと淡灰色盤状結晶のファイヤライトで構成される。本来は強磁着をもつものが風化のため侵された粒状滓と考えられる

#### よA-9②：粒状滓（中型粒）

直径3.1～6.2 mmの中型粒(②)で、強磁着(イ)3点と弱磁着(ロ)2点を供試材とした。

##### よA-9②イ-1：粒状滓（長径3.7mm）

(1)肉眼観察：色調は黒灰色光沢質で、歪な粒状滓である。表面は平滑肌をもち、一部に棘状突起と微細な気孔が点在する。強磁着粒であった。

(2)マクロ組織：Photo.15 の⑦に示す。大きく空洞化した断面をもち、0.2～0.5 mm厚みの白色鉍物相で形成された粒状滓である。0.1～0.3 mm径の気孔が点在する。

(3)顕微鏡組織：Photo.15 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが粒界の一部不鮮明になるまで凝集した組織を呈している。粒状滓に分類されて、強磁性とも結びつく。

##### よA-9②イ-2：粒状滓（長径3.3mm）

(1)肉眼観察：色調は黒灰色の半光沢で、僅かに歪な球体となる粒状滓である。表面は平滑肌に微細棘状突起と、その周囲に僅かな皺状の凹凸が見られる。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.15 の⑧に示す。断面は0.1～0.3 mmと肉薄の白色鉍物相に支えられた大空洞の粒状滓である。

(3)顕微鏡組織：Photo.15 の④～⑥に示す。鉍物組成は白色粒状ウスタイトが凝集し、その粒間を僅かに暗黒色ガラス質スラグが埋める。粒状滓に分類できる。強磁性鉍物も納得できる。

##### よA-9②イ-3：粒状滓（長径3.1mm）

(1)肉眼観察：ほぼ端正な球状を呈する粒状滓である。色調は黒灰色光沢質で、平滑肌をもつ。表面には不定形の小さな気孔を2個所に発生する。磁着は強い

(2)マクロ組織：Photo.16 の⑦に示す。断面からみた粒形も端正で、白色鉍物相は肉薄の0.1～0.4 mmでもって球形を形成し、内部は大きく空洞化する。気孔も0.2以下のものが多発していた。

(3)顕微鏡組織：Photo.16 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが成長し、粒界を埋め尽くす状況である。鍛打作業の派生物の粒状滓に分類できる。

##### よA-9②ロ-1：擬似粒状滓（長径6.2mm）

(1)肉眼観察：やや扁平な楕円状の粒状遺物である。色調は茶褐色で、若干錆化物が固着するが、ほとんど磁着しない。表面はかなり風化されて肌はざらつき、微細な気孔が密に露

出する。

(2)マクロ組織：Photo.16 の⑧に示す。形状は断面からみても楕円形状で、暗黒色ガラス地に0.1～0.7 mm径の気孔を多発する。外縁には3個所に金属銹化物を抱え込む。

(3)顕微鏡組織：Photo.16 の④～⑥に示す。鉱物組成は粘土鉱物の溶融したセリサイトで、この中に白色微細金属粒を極く微量晶出する。また、外縁部に付着した金属銹化物の1つを拡大して⑤⑥に示す。金属組織の痕跡はなく、鉄であれば極軟鋼のフェライトらしくもあるが決め手を欠く。粒状滓としての本体は、赤熱鉄素材の酸化防止に塗布された粘土汁由来の珪酸塩ガラスである。ただし、6.2 mm径と大型で金属銹化物を外縁部に付着するので、鍛打派生物の粒状滓に分類するには抵抗を覚える。鍛冶炉内の溶融形成物に分類すべき微細遺物となろう。

#### よA-9②ロ-2：粒状滓（長径4.3mm）

(1)肉眼観察：若干楕円形気味の球状遺物である。色調は茶褐色で、表層に薄く酸化土砂が固着するが、微細な気孔の発生が観察できる。ほとんど磁着しない

(2)マクロ組織：Photo.17 の⑦に示す。断面には珪酸塩がガラス地に0.1～0.8 mm径の気孔を多発させ、極く微小金属鉄粒を点在させる。粘土汁塗布の溶融派生物である。弱磁性の鉱物は矛盾しない。

(3)顕微鏡組織：Photo.17 の①～③に示す。鉱物組成はマクロ組織で述べた通りで、視野中央に最大30 μmの金属鉄粒を示した。

#### よA-9③：粒状滓（小型粒）

直径1.0～2.4 mmの小型粒(③)で強磁着(イ)5点について述べる。

#### よA-9②イ-1：粒状滓（長径2.4mm）

(1)肉眼観察：やや歪な球状を呈する粒状滓である。色調は黒灰色無光沢で、表面は微かに凹凸をもつが平滑で磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.17 の⑧に示す。断面は歪な円形で0.1～0.4 mm厚の白色鉱物相に支えられ、内部は大きく空洞化する。

(3)顕微鏡組織：Photo.17 の④～⑥に示す。鉱物組成はウスタイトの凝集層で埋められる。強磁着は当然の組織である。

#### よA-9③イ-2：擬似粒状滓（長径2.2mm）

(1)肉眼観察：ほぼ端正な球状遺物である。色調は黒灰色無光沢で、幾つかの棘状突起をもち、強磁性を呈する。

(2)マクロ組織：Photo.18 の⑦に示す。断面は0.03 mmという超微厚の銹化鉄膜（黒錆）で形成されている。内部は酸化消滅して大空洞化した鉄粒であった。

(3)顕微鏡組織：Photo.18 の①～③に示す。黒錆が白く光り、その外側は酸化土砂と赤錆混じり、内部は銹化鉄痕跡を僅かに残し、空洞化している。擬似粒状滓であった。

#### よA-9③イ-3：粒状滓（長径1.6mm）

(1)肉眼観察：やや歪な球状の粒状滓である。色調は黒灰色半光沢の平滑肌をもち、磁着は

強い。

(2)マクロ組織：Photo.18 の⑧に示す。断面は大小の気孔が食い合って大空洞化した球状を白色鉍物相が支える。

(3)顕微鏡組織：Photo.18 の④～⑥に示す。鉍物組成は白色結晶が成長して粒界が不鮮明となったウスタイトで占められる。強磁性と対応する。

#### よA-9③イ-4：粒状滓（長径1.1mm）

(1)肉眼観察：ほぼ端正な球状をもつ粒状滓である。色調は黒灰色無光沢で表面は平滑で磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.19 の⑦に示す。断面を形成する白色鉍物相は、厚みが不均一で内部空洞は大小気孔から成長したことが読み取れる。

(3)顕微鏡組織：Photo.19 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトの凝集で埋まる。内部の空洞化は気孔に起因した状況が理解できる組織である。

#### よA-9③イ-5：粒状滓（長径1.0mm）

(1)肉眼観察：端正な球状を呈する粒状滓である。色調は黒灰色の半光沢で平滑肌を有する。1箇所気孔を発生し、磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.19 の⑧に示す。断面は0.1mm前後厚みの白色鉍物相で球体を支えた大空洞が観察される。

(3)顕微鏡組織：Photo.19 の④～⑥に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが凝集し、粒界が不鮮明になるまで成長する。強磁性をもつ組織である。

#### よA-10：鍛造剥片

剥片は0.13～0.57mmと、厚みの異なるもの6点を供試材とした。

##### よA-10-1：擬似鍛造剥片（5.7×4.1×0.57mm）

(1)肉眼観察：大型で厚手の剥片である。表面は微かに凹凸をもつが平坦度は保つ。色調は黒褐色を呈する。

(2)マクロ組織：Photo.20 の⑦に示す。表面中央が僅かに盛り上がり、裏面はほぼ水平の断面をもつ。鉍物相は白色鉍物で占められて粒界相当部に黒色斑点が網目状に点列する。

(3)顕微鏡組織：Photo.20 の①～③に示す。鉍物組成は白色粒状結晶ウスタイトが凝集化し、粒界隙間は殆んど潰れる。酸化膜としての3層分離は不明瞭となる。鍛打作業で派生する鍛造剥片とはいい難い。

##### よA-10-2：擬似鍛造剥片（鉄滓皮か：4.2×2.4×0.3mm）

(1)肉眼観察：やや厚手で、一端が内彎する剥片である。色調は黒灰色を呈し、表裏面とも細かい凹凸がみられる。

(2)マクロ組織：Photo.20 の⑧に示す。断面は片方が鉤状に曲がる剥片で、白色鉍物相に0.05～0.1mm程度の気孔が点在する。

(3)顕微鏡組織：Photo.20 の④～⑥に示す。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトが樹状晶で晶出する。外層にヘマタイトが存在するが全面ウスタイトと多数の気孔の発生から鍛

造剥片は否定されて鉄滓皮とみるべきだろう。

#### よA-10-3：鍛造剥片（4.8×1.8×0.1mm）

(1)肉眼観察：薄手で平坦な鍛造剥片である。色調は暗灰色で表裏面とも平滑である。一部に貫い錆の茶褐色斑点が目に残る。

(2)マクロ組織：photo.21 の⑦に示す。断面は片減りをもつ端正な剥片である。被膜構成は3層分離型を呈する。

(3)顕微鏡組織：photo.21 の①～③に示す。③は王水腐食（etch）で現われた3層分離の被膜である。外層は白色点列状ヘマタイト（Hematite：Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、当組織写真は少々見辛い。次に中間層のマグネタイト（Magnetite：Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>）は僅かに黄変する被膜で、こちらは明瞭に観察できる。最後の内層は被膜の主体をなすウスタイト（Wüstite：FeO）は若干マグネタイトの微小結晶が混在するが非晶質である。該品は鉄器製作も最終仕上げの火造り過程の派生品に分類される。

#### よA-10-4：鍛造剥片（2.8×2.3×0.1mm）

(1)肉眼観察：こちらも薄手で平坦な鍛造剥片である。色調は暗灰色の半光沢質で、表裏面共に平滑である。

(2)マクロ組織：photo.21 の⑧に示す。断面は僅かに片減り傾向にあつて緩く内彎するものの3層分離型に分類できる鍛造剥片である。

(3)顕微鏡組織：photo.21 の④～⑥に示す。外層ヘマタイトは白色が明瞭に現われて、中間層マグネタイト、内層ウスタイトは非晶質で、3層はしっかりと判別できる。

#### よA-10-5：鍛造剥片（2.2×1.6×0.1mm）

(1)肉眼観察：薄手で平坦な鍛造剥片である。色調は表面が銀灰色光沢質、裏面は暗灰色無光沢を呈し、表裏面共に平滑である。

(2)マクロ組織：Photo.22 の⑦に示す。断面は水平で平坦度を保つ剥片である。王水腐食（etch）により結晶粒界を介して色ムラを発生している。

(3)顕微鏡組織：Photo.22 の①～③に示す。3層分離型の鍛造剥片である。王水腐食で染みが発生し、明瞭さを欠くが、外層ヘマタイトは肥大化しながら健全で、中間層マグネタイトが少々汚れ、鮮明度低い。内層ウスタイトは非晶質として捉えられる。但しウスタイトを細かく分類すれば縦割り粒界を残し、非晶質との断定は慎むべきかもしれない。

#### よA-10-6：鍛造剥片（2.1×0.6×0.13mm）

(1)肉眼観察：薄手で平坦な小片となった鍛造剥片である。色調は表面が銀灰色の光沢質、裏面は暗灰色無光沢を呈し、表裏面共に平滑である。

(2)マクロ組織：Photo.22 の⑧に示す。断面は平坦度を保ち、3層分離型の典型的鍛造剥片である。

(3)顕微鏡組織：Photo.22 の④～⑥に示す。外層ヘマタイトは不連続ながら明瞭に現われ、中間層マグネタイトも黄変組織が健全で、内層ウスタイトは縦割れ結晶ながら非晶質化への動向が窺われた。鉄器製作仕上げ時の派生品である。

## 小結：金属工房跡A地点

金属工房跡には新旧2時期があつて、A地点は新しい方に属し、銅・鉄2種の金属加工の工房跡と提示されている。出土遺物の分析結果からもこれが確認できた。

### (1) 銅関連遺物

銅製品の製作に際しては、粘土製溶解炉を用いて廃銅器（銅釘など）を再溶解し、製品化を目論んだりサイクル生産が一つ想定される。操業中には湯雫れを生じ、5 mm以下程度の銅粒が飛散する状況の高温作業だった。今回調査した銅関連遺物では、錫(Sn)、亜鉛(Zn)、鉛(Pb)などの合金元素の添加はなくて、純銅の加工が主体をなす様相が指摘できた。

### (2) 鉄関連遺物

鍛冶主体の作業である。原料鉄はねずみ鑄鉄や白鑄鉄の廃鉄器を用いたズク卸し精錬鍛冶を行ない、素材を準備した痕跡を残す。鍛冶作業の実証は二次堆積した再結合滓と椀形状滓からの情報が大きい。製作鉄器は繰返し折り曲げの高温鍛接を施した刃物や工具の類であろう。鍛打派生物の粒状滓（<4.0 mm径）や鍛造剥片（<0.3 mm厚み）の存在は、鍛冶内容を知る有力な遺物である。

## 金属工房跡B地点出土遺物（13世紀）

### よB-1：炉壁（黒色）

(1)肉眼観察：銅の溶解炉が想定できる不定形に割れた炉壁片である。厚みは3.7cmを測る。内面は流動状に熔融し、光沢質の黒色ガラス化が進む。外面の胎土は緻密で淡褐色を呈し、琉球石灰石の小礫や短く切ったスサの混和がみられる。

(2)顕微鏡組織：Photo.23の①～⑨にモノクロ組織、Photo.25の①にカラー組織を示す。まずPhoto.23の①②、Photo.25の①は熔融ガラス化した視野に0.03～0.15 mm径の気孔があり、底部には紅色点が観察される。これは銅の溶脱痕跡の可能性が考えられる。前述したよA-1炉壁と共通性をもつ。また、黒色ガラス中にPhoto.23の③④にみられる微小白色樹晶状のマグネタイトが局部的に晶出する。こちらは胎土混入砂鉄由来であろう。⑤～⑨は熱影響の少ない胎土中に混入した砂鉄粒子を示した。⑦⑨は拡大組織で半還元粒子である。前述した微小マグネタイトの晶出元と考えてよからう。

### よB-2：坩堝（銅板溶着） ※本書25p(第14図5)

(1)肉眼観察：碗ないし皿状で、口径11～13cm、器高4～5cmが想定できる坩堝口縁部の破片である。内面に銅板を溶着する。付着銅板は胎土の熔融ガラス化部分に半熔融状態で貼り付き、表層は黒褐色ないし青緑色の錆化物で覆われる。ただし、広範囲に特殊金属探知機がL(●)で反応するので、金属銅の遺存状況は良好と判断できた。胎土は淡褐色で脆く、矽殻や石英粒子の混和がある。外面は大部分が剥離面で摩滅を起こしている。なお、被熱は激しく断面側にも銅粒の溶出が観察された。

(2)マクロ組織：Photo.24の①にモノクロ、Photo.25の②にカラー組織を示す。坩堝内壁には長さ3.0cm、最大厚み0.2 mm程の溶侵銅板断面が、モノクロでは白く、カラーでは赤銅色で観察される。銅板の熔融は一様でなく、鋸の歯状の凹凸は、坩堝内の温度分布の不均等を表わすものだろう。なお、底部の坩堝割れ目には熔融銅の侵入がみられた。坩堝胎

土の多くは粘土鉱物セリサイトが鱗片状で残る。

(3)顕微鏡組織：Photo.25 の③～⑥にカラー組織を示す。③は坩堝内面に残る溶着銅板の上端部の低倍率（×15）組織であり、更に拡大すると④となる。残留銅板の紅色質は極薄となり、大部分は淡褐色の銹化物で占められる。⑤は坩堝表層の胎土が熔融ガラス化し、これに淡灰色長柱状ケイ酸カルシウム（ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）系の結晶が析出する。このカラー組織は50倍で結晶組織の確認は不明瞭であるが、同一視野のPhoto.24③のモノクロ組織は100倍拡大なので鮮明となる。当ケイ酸カルシウム結晶の析出するガラス地には大小の紅色銅粒の晶出が認められた。Photo.25の⑥は残留銅板の肉厚部分で、母金属には淡茶褐色の亜酸化銅（ $\text{Cu}_2\text{O}$ ）が網目状に発生する。

(4)ビッカース断面硬度：Photo.24の⑤に亜酸化銅部の硬度測定の前痕を示す。値は78Hvと若干硬化傾向にある。⑥は母金属の前痕で60Hvだった。純銅レベルの値である。

(5)EPMA調査：まずPhoto.62に坩堝内面の熔融壁に晶出した淡灰色長柱状結晶と紅色銅粒の分析結果を示す。これらはPhoto.24の③、Photo.25の⑤と同一視野である。反射電子像（COMP）に11の番号をつけた淡灰色長柱状結晶は、白色輝点がカルシウム（Ca）と珪素（Si）、酸素（O）に強く集中し、定量分析値は、12.1%Ca-31.8%Si-39.5%O組成が得られた。一見するとファイヤライト（ $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）に見誤る結晶形態であるがケイ酸カルシウム（ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）系の鉱物相に同定される。微量のガラス質成分（5.8%Al-1.8%Mg-4.5%K）とFe分4.7%を固溶する。同じく黒色ガラス基地に12の番号をつけた個所の定量分析値は、11と同系の34.8%Ca-26.3%Si-36.4%O組成であった。次に13の番号のついた銅粒は、99.7%Cuの値から純銅が同定された。ビッカース断面硬度と矛盾はない。

もう一視野付着銅板の定量分析の結果をPhoto.63に示す。15の番号をつけた母金属は、100%Cuでここでも純銅の確認が取れた。また、淡灰褐色の14の番号のつく粒状個所は91.9%Cu-8.1%Oで亜酸化銅（ $\text{Cu}_2\text{O}$ ）が同定された。

### よB-3：羽口（先端紅色）

(1)肉眼観察：1.5cm程の厚みをもつ羽口先端部の破片である。端部外面の表層は、暗黒色ガラス化し、基部側になると紅色を呈する。先端寄り1個所には緑青が発生する。鑄銅関連遺物に分類される。内面胎土は微細で橙褐色を呈し、有機混和物を含む。内径は判然としないが3.0cm以下であろう。

(2)マクロ組織：Photo.26の1にカラー組織で示す。断面中央近くに外面側より侵入した可能性をもつ0.5～1.5mm径の紅色銅粒と、朱色で不規則帯状の溶出銅イオンが広がる。1部に緑青も点在する。

(3)顕微鏡組織：Photo.26の2～6に示す。2、3は羽口表層近くでマクロ組織にA区域とした個所の拡大組織である。右側に赤銅色の金属銅が辛うじて不安定に遺存して、これを淡灰色粒状結晶の酸化銅粒が囲む。更に酸化銅粒の左側切れ目側に淡紅色の溶出銅イオンが進展している。マクロ組織のB区域にみられる中央部に広がる朱色帯状部銅イオンの拡大組織を4、5に示す。4は50倍の低倍のため、本来は朱色を呈する色素がみられず、5の400倍になると明瞭に朱色拡散銅イオンが捉えられる。このイオン化銅は時間の経過と共に消滅するのか、視野下部側は脱色傾向が観察される。

最後に6は、マクロ組織のC区域で羽口最先端に遺存する金属銅粒の酸化された2個の

銅粒子と、これを取り囲む朱色銅溶出イオンである。2 個の銅粒子は酸化されて脱色し、点蝕孔を多数もち、早晩これも消滅する気配の濃厚な状態にあった。

Photo.27 の①～③にはモノクロ組織を示すが説明はカラー組織で述べているので割愛する。

(4)ビッカース断面硬度：Photo.27 の④は母金属銅の硬度測定の前痕で、値は 56Hv、⑤は淡灰色粒状結晶の硬度で、こちらは 210Hv であった。Photo.26 の 3 に硬度値を記入してあるのは、上記の硬度値であり、後者は酸化銅粒に同定される。

(5)EPMA 調査：Photo.63 の 3、4 段目に銅母金属と淡褐色樹晶状結晶の反射電子像 (COMP) 及び銅 (Cu)、酸素 (O) の特性 X 線像と定量分析値を示す。5 の番号のつく母金属は 99.6%Cu で純銅、6 の番号のつく淡褐色樹晶状結晶は、90.9%Cu-8.8%O で亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O) が同定される。前述したよ B・2 坩堝付着銅板と同じ組成であった。

次に Photo.64 には、淡灰色粒状結晶 (Photo.26-3 の左側) とそれに隣接した淡朱色の溶出銅部の反射電子像 (COMP) と特性 X 線像及び定量分析値を示す。まず、1 の番号は 10 μm 平方エリアでの溶出銅部分である。定量分析値は 29.3%Cu-27.1%Si-7.7%Al-2.2%Ca-1.0%Mg-2.5%K-30.2%O 組成であった。熔融ガラス中の銅の溶け込みを表わす。3 の番号は淡灰色粒状結晶の粒間のガラス質部である。定量分析値は 1 の番号部分に近似して、22.5%Cu-29.5%Si-5.2%Al-1.4%Ca-1.4%Mg-30.9%O 組成が得られた。ただし、こちらは 7.4%Fe-1.2%Ni が加わる。

一方、2 の番号のつく淡灰色粒状結晶は 91.5%Cu-8.5%O で亜酸化銅が同定される。4 の番号は茶褐色と色調の異なる粒状結晶群の端部である。定量分析値は 71.2%Cu-28.2%O と、より酸化度の高い組成が得られた。粒状結晶は一見、鉄酸化物のウスタイト (FeO) にみえたが、こちらは銅酸化物と判明した。

Photo.64 の 1 段目に示した反射電子像視野での主要鉱物相は、特性 X 線像でも読み取れるように白色輝点は銅と鉄に集中し、ガラス質成分に銅が重なる。朱色系の個所には銅イオンの存在が想定できる。

Photo.29 の 1 段目に銅粒外縁が 2 層に分かれている状況をカラー組織で示す。これを EPMA 調査結果を援用して組成を推定すると、(a)赤銅色母金属は 99.6%Cu で純銅、(b)茶褐色酸化銅は 71.2%Cu-28.2%O、(c)朱色溶出(溶脱)銅は 29.3%Cu-27.1%Si-7.7%Al-2.2%Ca-1.0%Mg-2.5%K-30.0%O 組成となる。溶出(溶脱)銅はガラス質成分(珪酸塩)に溶け込んでいる。

#### よ B-4：羽口

(1)肉眼観察：3.8cm と厚手の羽口基部側の小破片である。穿孔部が殆んど残存してなくて、口径の復元は難しい。外面は僅かに熱影響を受けた痕跡を残し、表層は部分的に小さな気孔が生じている。胎土は緻密であるが脆く、靱殻が少量混和されている。

(2)化学組成分析：Table2 に示す。該品は被熱を受けて結晶構造水が一部除かれた状態の材質であり、強熱減量 (Ig Loss) は 5.31%とやや高めである。鉄分 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) は 4.47%、酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 12.52%、は低めで耐火度には不利な成分系となる。五酸化燐 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) の 0.14%はやや多くて、これに銅 (Cu) も 0.12%と高め傾向にある。

(3)耐火度：1093℃と低めの値である。鍛冶用であれば溶融孔つまりなど懸念されるが銅羽

口の可能性が高いので使用上の心配はなかろう。地場粘土であろうか。

#### よB-5：銅塊（流動状）

(1)肉眼観察：1.5g と極小型で不定形の銅塊である。周縁に滴下状突起をもち、表面は黒褐色・青緑色の銹化物に覆われる。特殊金属探知機のL(●)反応で金属の残存が予想される。

(2)顕微鏡組織：Photo.29 の②③はカラー組織で示す。②は銅塊表層に巻き込まれた木炭の窓状分野壁孔の残存組織である。この組織内には微細な紅色の銅粒が点在する。③はやはり微細な酸化銅に縁取られた残存金属銅粒と、淡灰白色針状結晶の銅-鉄酸化物が共伴する組織を示す。また、金属銅の拡大組織はモノクロで Photo.28 の③～⑤でみられる。母金属には多量の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が発生している。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.28 の④は、銅母金属の高度測定の高圧痕を示す。硬度値は54Hv と軟質で純銅と同定される。⑤の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 発生個所は、やや硬化して66Hvであった。該品はよB-2 坩堝内の銅板や、よB-3 羽口内容け込み銅粒と同質であり、溶解炉からの注入時の湯零れの可能性をもつ。

#### よB-6：銅片

(1)肉眼観察：平面は不整形形状で、厚み3mm、縁部は総て破面、重量は3.1gを測る小片である。表面は全体が緑青に覆われ、側面や下面は不整形の空隙をもつ。ガスを含んだ状態からの冷却かもしれない。特殊金属探知機でL(●)反応があり、金属銅を残す。

(2)顕微鏡組織：Photo.28 の⑥～⑧に示す。⑥は酢酸・硝酸・アセトン腐食(etch)で網目状結晶が表われた。ただし鍛造品とは異なって双晶の発生はない。Photo.29 の④はカラー組織を提示した。銅母金属には亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が多量に点在し、周縁部には薄く酸化銅被膜が認められる。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.28 の⑦は銅母金属の硬度測定の高圧痕である。値は軟質で56Hv と純銅を表わす。⑧は亜酸化銅の点在個所で76Hv と硬質が捉えられた。

#### よB-7：銅板（板状銅製品）※本書31p(第17図6)

(1)肉眼観察：平面は不整形長方形(6.5×1.5×0.1cm)で大きく彎曲した銅板である。短軸片方は生きるが他の周縁は削り痕跡を留める。特に裏面長軸下端縁には線条痕が走り、鑿痕の可能性をもつ。

(2)顕微鏡組織：Photo.29 の⑤はカラー組織である。全面に淡褐色点状の亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) が発生する。Photo.30 の②③は酢酸・硝酸・アセトン腐食(etch)のモノクロ組織を示す。こちらは鍛造焼きなまし組織の特徴である多角形 $\alpha$ 相と双晶が認められた。1mm厚み(Photo.30②の断面厚みは0.4mm 残存)の銅鍛造板である。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.30 の①に硬度測定の高圧痕を示す。銅母金属個所は残さなくて、全面亜酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 発生個所である。値は78Hv でやや硬質気味ではあるが純銅鍛造品とみてよかろう。

#### よB-8：椀形滓

(1)肉眼観察：平面が不整形楕円形状の大型(350g)椀形滓である。側面の一部が直線状に生

きた部分があつて、残りの面が破面となる。この側面の一部が直線状になる鍛冶炉が宜野湾市から検出されていて、該品は形状から椀形鍛冶滓の可能性が大きい。<sup>(注9)</sup> 上面は細かい木炭痕を残し、下面は茶褐色の銹化鉄部が点在する。この部分は特殊金属探知機のH(○)で反応し、僅かばかりの金属鉄を遺存する。また裏面の一部には灰白色の鍛冶炉の炉床粘土を固着する。なお、下面表層付着には中・小の気孔が密に発生する部分をもつが、全体的には緻密で重量感のある滓である。表層は酸化土砂に覆われる。

**(2)顕微鏡組織**：Photo.30 の④～⑥に示す。④は表層の酸化土砂に取り込まれた3層分離型の鑄造剥片である。剥片断面は、まず外層に白色微厚のヘマタイトが判別でき、中間層は黄褐色のマグネタイトが健在で、内層には非晶質のウスタイトが存在する。この鍛造剥片は、鍛冶工程における鉄製品製作時の鍛打最終仕上げ段階からの派生物に想定される。

⑤は鉄滓の鉱物組成を示す。白色粒状結晶のウスタイトが主要鉱物相で、僅かの粒間隙を淡灰色盤状結晶のファイヤライトが埋める。この晶癖は鉄鍋破片など鑄鉄廢鉄器を原料としたズク卸し、精鍊鍛冶滓で見かける鉱物相である。<sup>(注10)</sup>

**(3)ビッカース断面硬度**：Photo.30 の⑥に白色粒状結晶の硬度測定の前痕を示す。硬度値は544Hvとウスタイト文献硬度値の450～500Hvの上限を越えるが、ウスタイト結晶に対して前痕が大きくて誤差を招いたの観がある。ただし500Hv以上の値はマグネタイトの領域でもあつてマグネタイト結晶の存在も否定は出来ない。

**(4)化学組成分析**：Table2 に示す。鉄分が多くて脈石成分が低い特徴を呈する滓である。全鉄分(Total Fe)は58.90%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は0.07%、酸化第1鉄(FeO)59.49%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)18.00%の割合であつた。ガラス質成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)は19.42%とさほど多くなくて塩基性成分(CaO+MgO)を3.50%を含む。砂鉄特有成分となると、二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)0.30%、バナジウム(V)0.02%、ジルコニウム(ZrO<sub>2</sub>)0.04%と低値であり、他の随伴微量元素は酸化マンガン(MnO)0.10%、酸化クロム(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)0.07%、硫黄(S)<0.01%、五酸化燐(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)0.09%、銅(Cu)<0.01%なども押並べて少ない。該滓は製鉄原料の脈石を殆んど残留しておらず、廢鉄器再生時鍛冶滓の特徴を示すものである。

### よB-9：滴下（ガラス質滓）

**(1)肉眼観察**：3.2gと小型で流動状不定形の黒色ガラス質滓である。羽口や炉壁など炉材粘土の溶融物で、表面に木炭痕を残す。破面なく完形の滓である

**(2)顕微鏡組織**：Photo.30 の⑦に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグの非晶質である。0.01～0.2 mm径の気孔のみが多発する。低温型火造り鍛鍊鍛冶でも排出される。この場合も酸化防止の粘土汁のガラス化である。銅鑄造か鍛冶での派生物か結論の出し難い遺物である。

### よB-10：鉄塊系遺物

**(1)肉眼観察**：17gと小型で不定形の鉄塊系遺物の破片である。表面は1面を除き銹化による破面で、更に大きくなる塊の破砕片の可能性が高い。表層には亀裂と細かい木炭痕の付着があり、滓の固着も一部で認められる。特殊金属探知機でL(●)反応があり、内部に金属鉄を遺存する。

(2)顕微鏡組織：Photo.31 の①～⑧に示す。①は表皮スラグである。鉍物組成は白色粒状結晶のウスタイトと、その粒間に淡灰色盤状結晶のファイヤライトが晶出する。酸化雰囲気曝された履歴を物語る。②は鉄中の非金属介在物で、組成は表皮スラグと同系である。介在物の形状は僅かに展伸傾向をもち、軽度の鍛打痕跡を留める。半製品の要素が認められる。③～⑥は金属鉄を 5%ナイトル液（硝酸アルコール）で腐食（etch）した組織である。③は低倍率（15 倍）で、厚み方向全体像、④はその拡大組織（50 倍）である。フェライト（Ferrite： $\alpha$ 鉄）地にパーライト（Pearlite）を析出し、炭素量はバラツキをもつ亜共析鋼（ $<0.77\%C$ ）から共析鋼（ $0.77\%C$ ）である。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.31 の⑤～⑧に示す。まず⑤は白色粒状結晶の凝集部の硬度圧痕で、値は 485Hv でウスタイトが同定される。⑥は共析鋼（ $C:0.77\%$ ）領域で 220Hv、⑦はフェライト・パーライト地で軟化して 127Hv、⑧は純鉄（フェライト）に近く炭素量の殆んどを含有されぬ領域で 96Hv であった。それぞれ組織に対応した値である。以上の結果から、該品は鍛冶系鉄塊であり、ズク卸しを経た錬鉄の可能性の高い材質と考えられる。

#### よB-11：鉄製品 ※本書31p(第17図5)

(1)肉眼観察：平面が不整三角形を呈し、板状から鑄造鉄片を想定できそうであったが、厚みに均一性がなく鍛造品に落ち着く外観をもつ。表面は錆化による錆膨れや微細な木炭片による凹凸が顕著である。特殊金属探知機で L（●）反応があり、内部には金属鉄が残存する。

(2)顕微鏡組織：Photo.32 の①～⑧に示す。①は捲込スラグであり、②は鉄中非金属介在物で、両者の鉍物組成は同じ白色粒状結晶のウスタイトである。後者の黒色ガラス質スラグの長く伸びた形状は、鍛造品を証明する。③～⑧は金属鉄を 5%ナイトル腐食（etch）した組織を示す。③④は厚み方向全体像で左側は高炭素域（ $0.5\%C$ ）に対して、右側は低炭素（ $<0.1\%C$ ）傾向にある。左側の高炭素側は材質強化を目論んだ浸炭処理が推定されて、工具類の小破片の可能性をもつ。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.32 の⑤～⑧は硬度測定の前記の圧痕を示す。高炭素側から低炭素側と変化させた値であって、⑤は共析鋼部分（ $0.77\%C$ ）で 201Hv、⑥はパーライト・フェライトで 146Hv、⑦は炭素量の低下したところで 126Hv、⑧は極く微量のパーライト部分で 101Hv が得られた。炭素量の低下は軟化に繋がる。

#### よB-12：鉄釘 ※本書31p(第17図1)

(1)肉眼観察：基部が 0.8cm 角の皆折釘（折頭）である。先端側を欠落するが現存長さ 5.5cm を測る。特殊金属探知機で L（●）反応を残す。供試材は側面全面を研磨した。

(2)マクロ組織：Photo.36 に示す。断面の金属鉄は表層側から不均一に腐食を受けるが、繰返し折り曲げ鍛接線や鍛接割れが明瞭に読み取れる。また組織に明暗差があるのは炭素量のバラツキで、炭素量は暗い個所が高く、明るい方は低い。

(3)顕微鏡組織：Photo.33 の①～⑨に鉄釘頭部の組織を示す。①は鉄中の非金属介在物である。暗黒色ガラス質スラグ中には淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル（Ulvöspinel： $2FeO \cdot TiO_2$ ）が晶出する。該品は砂鉄原料の鉄素材の充当が想定される。

②～⑨は 5%ナイトル腐食による金属組織を示す。②～④の頭部の折り曲げ加工は鈍角

をとり、表層側は加工中の被熱により酸化されると同時に、表皮の炭素も取り去られて脱炭反応を起こし、フェライト (Ferrite : 純鉄) 化している。なお、鍛打加工後の歪取り焼なましは行なわれ、フェライト結晶粒は齊粒化が認められる。

Photo.34 は鉄釘基部側の金属組織を示す。①②は基部に大きな亀裂をもつが、表層は木炭粉を塗して加熱された痕跡が読み取れて浸炭組織が想定できる。母材の亜共析鋼は加炭を受け、表層は炭素量を増加させて共析鋼 (0.77%C) となる。③の左と⑤の右の黒色部が浸炭層である。なお金属組織の全体は、フェライト結晶粒が微細化する。高加工度の後の焼なまし焼鈍が読み取れる。

Photo.35 の①～⑧は鉄釘先端側の金属組織である。①②の左側は炭素拡散層の痕跡を留め、ここからも浸炭処理のあったことが窺われる。同じく④⑤の右側の黒色層の存在も同様な発言が出来る。

(4)ビッカース断面硬度 : Photo. 33 の⑦～⑨に炭素含有量の変動に対する硬度変化を示す。⑦のフェライト単相の軟質個所で 105Hv、これに僅かの炭素量に加わると⑧の如く 123Hv と硬度値は増加し、⑨になると炭素量は更に増えて硬度値も上昇して 149Hv となる。Photo.34 の⑥は基部のパーライト地にフェライトが網目状に走る個所での硬度測定である。値は 237Hv と組織に対応した結果が得られた。Photo.35 の⑥～⑧は釘先端部の硬度測定結果である。⑥は浸炭した表層で 276Hv、⑦は素材内部で亜共析域に属し、150Hv と軟質であり、⑧は浸炭過共析域 (>0.7%C) で 328Hv が得られた。

(5)EPMA 調査 : Photo.65 に 3 視野の鉄釘中の非金属介在物の反射電子像 (COMP) と定量分析結果を示す。まず、1 段目の反射電子像は釘頭部の介在物である。暗黒色ガラス質スラグと淡茶褐色多角形結晶を対象とした。暗黒色ガラス質スラグに 1 の番号をつけた個所の定量分析値は、37.3%SiO<sub>2</sub> - 7.1%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 3.6%CaO - 1.0%MgO - 3.2%K<sub>2</sub>O - 1.0%Na<sub>2</sub>O 組成が得られて珪酸塩が同定される。これには 1.5%MnO - 1.2%ZrO<sub>2</sub> を固溶して、ジルコン (Zr) の存在は微量ながら砂鉄系製鉄原料の使用が想定される。更に 2 の番号のつく淡茶褐色不定形結晶は、63.2%FeO - 25.4%TiO<sub>2</sub> - 4.7%V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 組成である。これは砂鉄原料に由来するウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>) に同定できる。Photo.65 の 2 段目に示す鉄 (Fe) とチタン (Ti) の特性 X 線像は白色輝点が明瞭に集中し、前述鉱物相の存在を視覚的に理解させてくれる。

また、3 段目の反射電子像 (COMP) にみられる 3 の番号のつく白色粒状結晶は、100%FeO の定量分析値からウスタイト (Wüstite : FeO) が同定される。次に 4 段目の 4 の番号のつく介在物は、暗黒色ガラス質スラグの単相で、48.4%SiO<sub>2</sub> - 10.0%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 6.3%CaO - 1.3%MgO - 4.7%K<sub>2</sub>O - 1.3%Na<sub>2</sub>O 組成である。珪酸塩であり、これに 2.2%TiO<sub>2</sub> - 1.5%ZrO<sub>2</sub> - 1.1%MnO 組成の砂鉄系成分が加わる。前に述べた 1 の番号のつく珪酸塩に近似する。

### 小結：金属工房跡 B 地点

B 地点は A 地点と同様に銅・鉄両方の関連遺物が混在するが、遺構はなくて他からの投棄が指摘されている。

#### (1) 銅関連遺物

銅溶解の可能性をもつ炉壁 (37 mm 厚み) と共に 1.5g の流動状銅塊 (純銅) があるのは共伴遺物と見做されよう。銅製品の小物製作に当っては、坩堝溶解が想定されて、純銅板

溶着品が検出された。他の調査遺物に純銅の銅片や鍛造銅板などの存在も、スクラップ再溶解作業を裏付ける。次に注目すべきは、先端が紅色に発色する羽口がある。表層は金属銅から酸化銅粒を有し、内部側への熔融ガラス中には溶出銅を内蔵し、1～2 mm径の銅粒までを侵入させる。銅製品の製造に際しての紅色や赤銅色の発色は銅の酸化溶出（溶脱）現象の現われと解釈できる。銅生産関連遺物は銅の痕跡を留めていなくても、溶脱現象のあることは配慮すべきであろう。

## （2）鉄関連遺物

椀形滓は凝集ウスタイトを晶出し、ズク卸し精錬鍛冶滓の可能性が発言できる。また、非晶出ガラス質の滴下滓があるのは粘土溶融物で鍛冶作業の低温型火造り鍛錬鍛冶の可能性を示す。更に表皮スラグにウスタイトを晶出する鉄塊系遺物は、鍛冶系鉄塊であり椀形滓との共伴遺物と見做されよう。一方、器種不明の鉄製品の母材は亜共析鋼（<0.77% C）であるが、表層側は高炭素傾向の痕跡をもち、浸炭処理による材質強化品の可能性が考えられる。また、鉄釘は鉄中の非金属介在物にウルボスピネル（Ulvöspinel :  $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ）を内蔵して砂鉄系原料で、合せ鍛え鍛造品が確認できた。砂鉄系鉄製品の産地同定を配慮する時大陸側か鹿児島方面産なのか注目される。なお、過去にも砂鉄系鉄製品の存在は幾つか指摘している。<sup>(注11)</sup>

## 金属工房跡C地点出土遺物（15世紀）

### よC-1：椀形滓

(1)肉眼観察：平面が不整楕円形状の滓で 195g を測る。上下面と側面の約 1/2 が生きた本来の表面であり、残る側面 1/2 は4面程小破面が連続する。滓の地の色は黒灰色で、表面、破面には気孔が若干点在するが緻密で重量感をもつ。上面には一部に黒色ガラス部分や、茶褐色の錆化鉄粒がみられ、凹凸の激しい荒れ肌である。下面は、ほぼ全面鍛冶炉床の粘土が固着する。炉床土は緻密な粘土質で灰褐色～赤褐色を呈する。該品は炉壁と間違えて抽出された資料である。

(2)顕微鏡組織：Photo.37 の①～⑨に示す。①は滓に固着した木炭の窓状分野壁孔組織である。前述したよB-5銅塊に巻き込まれた炭と同質である。②③が該品の主要鉱物相で、白色粒状結晶のウスタイトと淡灰色長柱状結晶のファイヤライトである。前者は特に大粒で大量に晶出する。④⑤⑥は滓中に遺存する 0.5 mm径の錆化鉄粒である。フェライト地に微量のパーライトを析出した極軟鋼である。⑦は表層の局部にみられた白色多角形結晶のマグネタイトを示す。鉄器製作に際して鉄素材の高温繰返し折り曲げの高温沸し鍛接で派生した鍛錬鍛冶滓に分類される。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.37 の⑧は白色粒状結晶の硬度測定の際の圧痕で 504Hv が得られた。ウスタイトに同定できる。両者は大差ない値となったが、後者は結晶形態からマグネタイトとみてよかろう。

### よC-2：銅塊（流動状）

(1)肉眼観察：平面は不整形で 9.7g と小型の銅塊である。表面は全面が緑青に覆われており、細かい凹凸が顕著である。小さな木炭片が多数固着し、特殊金属探知機の L (●) で

反応する。金属銅の残存は明らかである。

(2)顕微鏡組織：Photo.38 の①～③と Photo.39 の①にカラー組織を示す。まず、Photo.38 の①は表面に付着した鍛造剥片である。銅塊に鍛冶遺物の剥片が共伴するのは、C 地点での遺物の混在を表わすものである。Photo.38 の②と Photo.39 の①は銅金属に亜酸化銅が発生する状況を提示した。よ A、よ B 地点で観察してきた銅組織と大差ない。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.38 の③に硬度測定の圧痕を示す。値は母金属で 65Hv が得られた。純銅に同定される。

### よ C-3：椀形滓（緻密質）

(1)肉眼観察：平面が不整五角形状を呈する 264g の椀形滓。上下面と側面の 1 面は資料本来の面であるが、残る側面 4 面は破面である。滓の色調は黒灰色で、破面に若干の気孔が点在するが緻密で重量感をもつ。表面には鍛造剥片の付着がみられる。該品もよ B-8 椀形滓にみられた生きた側面を直線状にもつのは鍛冶滓の可能性の高い滓に区分される。

(2)顕微鏡組織：Photo.38 の④～⑥に示す。④は付着鍛造剥片である。3 層分離型をもち、外層白色へマタイト、中間層黄変マグネタイト、内層非晶出ウスタイトは明瞭である。⑤は滓の主要鉱物相で凝集した白色粒状結晶のウスタイトで埋まる。大量のウスタイトはズク卸し精錬鍛冶滓の晶癖であった。

(3)化学組成成分：Table.2 に示す。鉄分多くガラス質成分や脈石成分の少ない成分系である。全鉄分 (Total Fe) は 63.54% に対して金属鉄 (Metallic Fe) <0.01%、酸化第 1 鉄 (FeO) 多くて 65.74%、酸化第 2 鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 17.79%、の割合だった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) は少なくても 12.83%、このうちに塩基性成分 (CaO+MgO) を 2.29% 含む。脈石成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.12%、バナジウム (V) 0.01%、ジルコニウム (Zr<sub>2</sub>O) 0.02% など砂鉄系は少なく、酸化マンガン (MnO) も 0.10% と低い。また硫黄 (S) <0.01%、五酸化燐 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 0.08% など低値で夾雑物をあまり含まぬ廃鉄器などの卸し精錬で派生した滓と想定される。

### よ C-4：針状滓

(1)肉眼観察：短軸両端が破面で 0.4cm 径の棒状流出滓である。表面は酸化雰囲気曝されたためか黒褐色で平滑肌をもつ。破面の気孔は僅かで緻密質。

(2)顕微鏡組織：Photo.38 の⑦に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のウスタイトやファイヤライトの微小結晶が 3 層に分かれて晶出する。木炭の間隙を流出滓が間歇的に流れたものであろう。鍛冶滓に分類される。

### よ C-5：鉄製品（器種不明）

(1)肉眼観察：横断面が 1.2×0.8cm の長方形を呈し、現存長さ 3.7cm を測る棒状の鉄器片である。表層部は全面鉄膨れや錆化による亀裂が著しく器種の特정이難しい。特殊金属探知機の L (●) 反応から内部の金属鉄の残存は確実である。

(2)顕微鏡組織：Photo.41 の①～⑥に示す。①は鉄中の非金属介在物である。白色粒状結晶のウスタイトと共に暗黒色ガラス質スラグ中に茶褐色多角形結晶のウルボスピネル (2FeO·TiO<sub>2</sub>) が存在し、砂鉄系の鉄素材が想定できる。組織の検証は EPMA の項で述

べる。②～⑥はナイトル腐食 (etching) 後の金属組織である。②は低倍 (×15) により全断面を示す。長方形断面も銹化消滅から不整形となる。上面側が黒味を帯びて中央部より高炭素傾向にある。③④はこの上面表層側で針状結晶のマルテンサイト地に、微細パーライトが黒く結節状に現れている。冷却能力の小さい油などで焼入れした時にみられる組織である。⑤⑥は微細パーライトが酸化を受けたのか、風化のためか弱くしか現われていない。③④と同系組織であるが経時劣化現象と見做されよう。いずれにしても油焼入れの熱処理技術の採用が確認できた。

(3)ビッカース断面硬度 : Photo.41 の⑦は微細パーライトが結節状に現れた個所の硬度測定の前痕である。硬度値は 410Hv を呈する。この硬度を測定した結節部分は、微細パーライトであり妥当な値である。次に針状組織をもつマルテンサイト地は、非常に硬質で 953Hv が得られた。組織に対応した数値である。

(4)EPMA 調査 : Photo.66 に鉄中非金属介在物の分析結果を示す。2 視野調査した。まず 1 段目の反射電子像 (COMP) にみられる介在物に 5 の番号をつけた茶褐色多角形結晶の定量分析値は、68.9%FeO-25.5%TiO<sub>2</sub> 組成でウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>) が同定されて、砂鉄由来の鉄素材が指摘できる。6 の番号の白色粒状結晶は、97.7%FeO 組成でウスタイト (Wüstite : FeO)、これにも 2.4%TiO<sub>2</sub> の砂鉄特有元素を固溶する。7 の番号は 51.1%FeO-34.0%SiO<sub>2</sub> で鉄かんらん石のファイヤライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) が検出される。ただし、当鉍物はガラス成分を含み、6.4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2.6%CaO-2.9%K<sub>2</sub>O などと共に燐分として 1.9%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> など固溶する。

次に Photo.66 の 3 段目の反射電子像 (COMP) に示した暗黒色ガラス質スラグ中に内蔵された褐色鉍物相に 8 の番号をつけた 10 μm 平方エリアでの定量分析値は、13.2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-23.4%TiO<sub>2</sub>-47.6%SiO<sub>2</sub> 組成が得られた。酸化チタンを含む複合酸化物であるが、見慣れぬ鉍物相でチタン鉍物としての正確な同定は出来なかった。同じく 9 の番号をつけた鉍物においても、15.4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-8.1%TiO<sub>2</sub>-59.5%SiO<sub>2</sub> なる近似した定量分析値が得られたが帰属不明となる。しかし砂鉄系もしくはチタン磁鉄鉍系由来は間違いなからう。

## よC-6 : 鉄釘

(1)肉眼観察 : 0.7cm 角の皆折れ釘の頭部側破片で、残存長さ 4.1cm を測る。表層部は銹化により亀裂が著しい。特殊金属探知機の L (●) 反応があり、内部には金属鉄の残存は確かである。先端寄り断面を供試材とした。

(2)顕微鏡組織 : Photo.42 の①～④に示す。①は鉄中の非金属介在物である。暗黒色ガラス質スラグの非晶質珪酸塩が展伸状態で認められる。②～④はナイトル腐食後の金属組織である。②は低倍率による断面全体像を示す。外縁部は銹化するが心部は金属鉄を残す。パーライト地に網目状の初析セメンタイトの析出をみる。炭素量は多くて共析域 (0.77% C) から過共析域 (>0.77% C) の鋼である。

(3)ビッカース断面硬度 : Photo.42 の⑤～⑧に硬度測定の前痕を示す。値は 236Hv～339Hv が得られた。組織に見合った値であり、硬質釘である。

## よC-7① : 粒状滓様遺物 (大型粒)

(1)肉眼観察 : 8.4 mm 径の大粒の球状遺物である。色調は黒灰色でやや歪な球状を呈する。

表面は微細な気孔が少量点在する。軽い質感で磁着は殆んどない。ガラス質の粘土熔融物である。

(2)顕微鏡組織：Photo.43 の①～⑤にモノクロ組織を示す。鉱物組成は暗黒色ガラス地に気孔を発生させ、表層近傍に微細な銅粒を晶出させる。モノクロ組織の銅粒は白色となるのでPhoto.39 の②③にカラー組織を提示した。こちらの銅粒は淡い朱色で点在している。前述したよA-4銅粒が3.9～5.8 mm径で検出されているが、これに対応した大口径送風管先端部の溶損部であろうか。

### よC-7②：粒状滓（中型粒）

3.1～2.3 mm径の光沢質(イ)3点と、3.5～2.2 mm径錆化表面(ロ)3点の計6点の調査である。

#### よC-7②イ-1：粒状滓（直径3.1mm）

(1)肉眼観察：端正な球状を呈する粒状滓である。色調は黒灰色で半光沢。表面は平滑で極く微細な気孔を若干点在する。磁着は強い。

(2)顕微鏡組織：Photo.43 の⑥～⑧に示す。⑥は低倍率で全断面が観察される。径1 mm以下の気孔と共に白色粒状結晶で埋もれた組織である。⑦⑧になると拡大組織で白色粒状結晶のウスタイトが樹枝状に現われて粒間を淡灰色長柱状結晶のファイヤライトが占める。鍛冶作業の粒状滓に認定できる。

#### よC-7②イ-2：粒状滓（長径2.6mm）

(1)肉眼観察：僅かに楕円状に広がる粒状滓である。色調は黒灰色で光沢質。表面は平滑で雫状先端が棘状の突起となる。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.44 の⑦に示す。断面は大きく空洞化し外縁部を白色鉱物相が支える。

(3)顕微鏡組織：Photo.44 の①～③に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のウスタイトの凝集であった。鍛冶派生物の粒状滓に認定できる。

#### よC-7②イ-3：粒状滓（長径2.3mm）

(1)肉眼観察：端正な球状を呈する粒状滓である。色調は黒灰色で光沢質。表面は若干風化を帯びて微細な気孔が点在する。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.44 の⑧に示す。断面は大きく空洞化し、その外縁部を白色粒状鉱物相が支える。

(3)顕微鏡組織：Photo.44 の④～⑥に示す。鉱物組成は白色粒状結晶の凝集ウスタイトの晶出である。前述イ-2に酷似した組織であった。

#### よC-7②ロ-1：粒状滓様遺物（錆化鉄粒：長径3.5mm）

(1)肉眼観察：全面が錆化物に覆われ、一部剥落のため歪な球状をとる遺物である。色調は茶褐色で磁着は強く、錆化鉄粒の可能性が強く現われる。

(2)マクロ組織：Photo.44 の⑦に示す。外周部に石英粒子を含む酸化土砂を固着し、その内壁は亀裂をもつ酸化鉄から輪郭を描く球状断面が観察される。また、空洞部も完全でなく、中央に錆化鉄を残す。

(3)顕微鏡組織：Photo.45 の①～③に示す。②は錆化鉄に過共析鋼 (>0.77%C) の痕跡が認められる。パーライト地に針状組織の初析セメンタイトの析出がこれを証明する。③は視野を変えると白色粒状結晶のウスタイトが凝集して晶出し、鉄粒の酸化被熱を語るものである。

#### よC-7②ロ-2：粒状滓様遺物（鍛冶粒状化：長径2.3mm）

(1)肉眼観察：全面が酸化土砂に覆われた歪な形状の球状遺物である。色調は光沢のない茶褐色で平滑性にも欠ける。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.45 の⑧に示す。断面は不整五角形を呈し、白色粒状結晶で埋まる。粒状滓独特の円形断面が認められず空洞形状も不自然である。上方に微細な鍛造剥片2片を固着させる。

(3)顕微鏡組織：Photo.45 の④～⑥に示す。④は主要鉱物組成の白色粒状結晶の凝集ウスタイトである。⑤⑥は固着鍛造剥片の拡大組織を示す。剥片は内層ウスタイトは粒状化であった。該品は鍛造滓屑が高熱化され、表面張力の関係から球状化し、これに鍛造剥片を2次的に付着したものと考えられる。

#### よC-7②ロ-3：粒状滓様遺物（錆化白鑄鉄粒：長径2.2mm）

(1)肉眼観察：幾分楕円形状で棘状突起をもつ球状遺物である。色調は茶褐色で全体が錆化物に覆われるが錆零（さびこぼれ）れは見当らない。磁着は強く旧形を留める。

(2)マクロ組織：Photo.46 の⑥に示す。断面は全体が錆化鉄で埋まる。気孔は僅んどなく錆化巢の発生のないところは白鑄鉄が想定できる。

(3)顕微鏡組織：Photo.46 の①②に示す。金属組織の痕跡は亜共晶組成 (<4.23%C) 白鑄鉄である。淡灰色丸味を残す組織はオーステナイト（常温でパーライト）と白色板状結晶のセメンタイトなどの痕跡が読みとれる。高炭素域になると鉄は融点が下がるので球状化はし易いであろう。鉄粒のズク卸しで派生した遺物の可能性が考えられる。

#### よC-7②：粒状滓（小型粒）

1.6～0.6 mm径の光沢質(イ)4点と、1.7～1.6 mm径の錆化物に覆われた(ロ)2点の合計6点の調査である。

#### よC-7③イ-1：粒状滓（長径1.5mm）

(1)肉眼観察：やや楕円状の粒状滓である。色調は黒灰色で光沢質。表面は平滑であるが1箇所筋状の突起がみられる。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.46 の⑦に示す。断面は不整円形で白色粒状鉱物が晶出する。空洞形状は輪郭が不明瞭である。

(3)顕微鏡組織：Photo.46 の③～⑤に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のウスタイトが凝集する。鍛打作業の粒状滓の晶癖とみてよかろう。

#### よC-7③イ-2：粒状滓（長径1.1mm）

(1)肉眼観察：端正な球状を呈する粒状滓である。色調は暗灰色の光沢質。表面は平滑で磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.47 の⑦に示す。断面はきれいな円形で白色鉍物相が大きな空洞を支えて輪郭を形成している。

(3)顕微鏡組織：Photo.47 の①～③に示す。鉍物組成は外層に不連続の白色へマタイトが析出し、その内側を淡灰白色多角形結晶のマグネタイトが凝集晶化する。これも鍛打作業の粒状滓に認定できる。

#### よC-7③イ-3：粒状滓（長径0.8mm）

(1)肉眼観察：端正な球状を呈する粒状滓である。色調は暗灰色の光沢質。表面は平滑で磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.47 の⑧に示す。断面はきれいな円形で小気孔が数点みられるが、ほぼ全面を白色鉍物相が埋める。

(3)顕微鏡組織：Photo.47 の④～⑥に示す。淡灰白色多角形結晶のマグネタイトが粒界を埋めて凝集晶化する。鍛打作業派生の粒状滓と認定できる。

#### よC-7③イ-4：粒状滓（長径0.6mm）

(1)肉眼観察：イ-2、イ-3に近似して端正な球状を呈する粒状滓である。色調は暗灰色の光沢質。表面は平滑で磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.48 の⑦に示す。断面はきれいな円形で2点の気孔がみられるが全面を白色鉍物相が埋める。

(3)顕微鏡組織：Photo.48 の①～③に示す。鉍物組成は淡灰白色多角形結晶のマグネタイトが淡灰色盤状結晶のファイヤライトと共に埋める。マクロ組織では断面を円形と述べたが組織を拡大すると瘤状突起が不連続に認められる。こちらも鍛打作業の粒状滓と認定できる。

#### よC-7③ロ-1：粒状滓様遺物（黒鉛化木炭：長径1.7mm）

(1)肉眼観察：歪な形状で全面酸化物に覆われた球状遺物である。色調は茶褐色で非光沢。磁着は強く、錆化鉄粒らしくもみえるが些か違和感も感じられる。

(2)マクロ組織：Photo.48 の⑧に示す。断面は木炭にみられる管孔らしき楕円形状の孔が認められる。木炭に鉄が置換した黒鉛化木炭らしい。

(3)顕微鏡組織：Photo.48 の④～⑥に示す。木炭組織で、散孔材で管孔をもつ樹木であろう。樹種は研磨方向（木口、柀目、板目）が定かでなく同定し難い。この黒鉛化木炭は鉄が置換しているので磁着を帯びて、過去には鍛造剥片の紛れ込みの経験があった。球状化の例は珍しい。⑤⑥の淡灰白色の不定形個所は錆化鉄である。

#### よC-7③ロ-2：粒状滓様遺物（錆化斑鑄鉄粒：長径1.3mm）

(1)肉眼観察：楕円形状で片方に尖りをもつ球状遺物である。表面は全面が黄褐色の酸化土砂に覆われて磁着は強く、錆化鉄粒の可能性をもつ。

(2)マクロ組織：Photo.49 の⑦に示す。断面は不整円形で鉄素地に片状黒鉛と気孔が認められる。鑄鉄粒が想定できる。

(3)顕微鏡組織：Photo.49 の①～③に示す。①は低倍率の組織である。左側に片状黒鉛、上方に3点の気孔が印象的である。②は気孔周辺の拡大、③は白鑄鉄レデブライトの痕跡

が読み取れる。斑鑄鉄粒の混入であった。こちらは鍛冶のズク卸し派生物であろう。

#### よC-8：鍛造剥片

6片の剥片を供試材とした。

##### よC-8-1：鍛造剥片 (6×3.5×0.7mm)

(1)肉眼観察：0.7 mmと厚手で平坦度を保つ剥片である。色調は黒灰色で非光沢。表面は平滑で、一部に茶褐色の錆化物が固着する。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.49 の⑧に示す。断面は平坦性を保持した剥片で、左下面の一部を剥落するが酸化膜片としての層分離の痕跡も窺える。

(3)顕微鏡組織：Photo.49 の④～⑥に示す。被膜構成は外層へマタイトは白色微厚が存在し、中間層マグネタイトは亀裂を起こし、やや不明瞭となるが、内層のウスタイトは粒状痕跡を残しながらも凝集する。鍛打派生物としての鍛造剥片に認定できる。

##### よC-8-2：鍛造剥片 (5.5×5.3×0.4mm)

(1)肉眼観察：0.4 mmの厚みでやや波状のうねりをもつ剥片である。色調は暗灰色で光沢質。表裏面共に一部に錆化物を付着する。磁着は強い。

(2)マクロ組織：Photo.50 の⑦に示す。断面はほぼ平坦度を保つが裏面側は凹凸をもつ。僅かに点蝕が発生する。

(3)顕微鏡組織：Photo.50 の①～③に示す。王水腐食の効果はあがらず、酸化膜としての3層分離（へマタイト、マグネタイト、ウスタイト）は不鮮明である。ただし、従来の鍛造剥片としての被膜構造は雰囲気で見ることが出来る。内層は粒状結晶の凝集型であり、粒界から風化侵食が起こっている。該品は鍛造剥片として認定できる。

##### よC-8-3：鍛造剥片 (5.7×4.6×0.3mm)

(1)肉眼観察：0.3 mm厚みで僅かに内彎する剥片である。色調は表裏面共に暗灰色であるが表が光沢質、裏は無光沢となる。また、表面は平滑であるが、裏面は微細な凹凸を生ずる。

(2)マクロ組織：Photo.50 の⑧に示す。断面は若干平坦性を欠き、内彎傾向と裏面の凹凸は外観でチェックした通りである。

(3)顕微鏡組織：被膜は酸化を受け、王水腐食の効果はあがらず、酸化膜としての3層分離は読み取り難い。しかし該品も外層へマタイトの白色微厚、中間層の黄変マグネタイト、内層の粒状ウスタイトは痕跡として読み取れる。鍛造剥片と認定できて、鍛打初期段階の派生物に分類される。

##### よC-8-4：鍛造剥片 (5.2×4.6×0.3mm)

(1)肉眼観察：0.3 mm厚みの平坦な剥片である。色調は暗灰色で半光沢質。

(2)マクロ組織：Photo.51 の⑦に示す。断面は平坦度を保ち、両端の厚みを僅かに減じ、数点の気孔を發する。

(3)顕微鏡組織：Photo.51 の①～③に示す。王水腐食の効果は少ないが、外層へマタイトは不連続ながら痕跡を残し、中間層マグネタイトは薄く遺存し、内層ウスタイトは凝集して僅かに粒界が窺われる。鍛打作業の派生物の鍛造剥片と認定できる。

### よC-8-5：鍛造剥片（3.8×3.0×0.2mm）

(1)肉眼観察：0.2 mmと薄手で平坦度を保つ剥片である。色調は表面が銀灰色光沢質、裏面は暗灰色の無光沢質となる。

(2)マクロ組織：Photo.51 の⑧に示す。断面は白色非晶質で僅かに片減り気味の平滑な剥片である。

(3)顕微鏡組織：Photo.51 の④～⑥に示す。3層分離型の酸化被膜である。外層へマタイトは明瞭で、中間層マグネタイトは健全に区別でき、内層ウスタイトは非晶質であった。鍛打作業の最終仕上げ段階の派生物と認定できる。

### よC-8-6：鍛造剥片（2.9×2.6×0.2mm）

(1)肉眼観察：該品も0.2 mmと薄手で平坦な剥片である。色調は表面が銀灰色の光沢質、裏面は暗灰色の無光沢は前述した8-5剥片に近似する。

(2)マクロ組織：Photo.52 の①に示す。断面は僅かに反りをもち、片減りがみられる剥片である。

(3)顕微鏡組織：Photo.52 の②に示す。こちらも3層分離型の酸化被膜が確認できる。すなわち、外層へマタイトは白く明瞭で、中間層マグネタイトも読み取れて、内層ウスタイトは非晶質に近い凝集であった。鍛造剥片として認定できる。

### 小結：金属工房跡C地点

C地点からもA・B地点同様に銅・鉄関連遺物が検出された。概略は次の通りである。

#### (1)銅関連遺物

10g 弱の小銅塊と、8.4 mm径の粒状滓様遺物で、微細銅粒を晶出したガラス質粘土溶融物を調査した。両者は純銅で、銅溶解炉からの派生物が想定される。

#### (2)鉄関連遺物

1点の椀状滓の鉱物組成はウスタイト＋ファイヤライトから高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓、他の椀形滓は凝集ウスタイトの晶出から、ズク卸し精錬鍛冶滓に分類できる。また4 mm径の針状滓はウスタイト＋ファイヤライトの3層の鉱物相をもつもので、木炭の間隙を滴下した鍛冶系流出滓が想定できた。

2点の椀形滓の共伴遺物に鍛打作業で派生した粒状滓と鍛造剥片が遺存する。粒状滓は0.6～3.5 mm径でウスタイトと凝集し、強磁性を呈する。これに対して弱磁性の擬似粒状滓は、銹化鉄となった黒鉛化木炭（木炭に鉄が置換）や斑鑄鉄、高炭素鋼などが検出された。いずれにしる、鍛冶の高温沸し鍛接やズク卸し精錬鍛冶などを間接的に証明する遺物であった。

鉄器は2点を調査した。1点の棒状鉄器（断面長方形）は非金属介在物にウルボスピネル（Ulvöspinel： $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ）を内蔵し、前述したよB-1 2鉄釘と同系の砂鉄原料由来であり、金属組織は油焼入れの特徴をもつマルテンサイト地に微細パーライトを結節状に析出するものだった。残る1点は鉄釘で、こちらは共析鋼（0.77%C）以上の高炭素鋼充当の製品だった。釘は軟鉄から硬鋼にわたる各種素材が使用されている。

## 金属工房跡土坑出土遺物（11～14世紀）

### よ土-1：炉壁（黒色）

(1)肉眼観察：平面は不整五角形状を呈し、強い熱影響を受けて内面が黒色ガラス質化した炉壁破片である。炉壁厚み 3.0cm のうち、ガラス化部分の最大値は 0.8cm を測る。破面には細かい気孔が多数散在するが表面は滑らかだった。外面側の胎土は橙褐色である。

(2)顕微鏡組織：Photo.52 の③～⑨にモノクロ組織を示す。③は粘土混入の砂鉄粒である。熱影響を受けて粒子外縁部から半還元された微細マグネタイトが晶出しつつある。④⑤は暗黒色ガラス地に砂鉄から還元されたマグネタイト粒子が群存する。その一角に銅微粒子の溶脱のあることをカラー組織の Photo.39 の④に示す。該品は銅溶解炉の破片の可能性が頗る高い。Photo.52 の⑦～⑨は炉壁付着の鍛造剥片である。銅溶解炉に鍛冶の鍛造剥片の組合せは、一見奇異に感じるかも知れないが、前述したよ土C・2銅塊も鍛造剥片を付着していた。鍛造剥片は二次的なものである。

### よ土-2：炉壁（小豆色）

(1)肉眼観察：平面が不整台形状の炉壁破片である。内面は熔融ガラス化して小豆色を呈する。炉壁厚みは 5.0cm で、ガラス化熔融部分の最大厚みは 1.5cm 程度を測る。炉壁下面側には半円状の通風孔らしき痕跡が見受けられるが、外面胎土側の被熱度が弱く判然としない。胎土は橙褐色を呈し、スサ痕跡が弱く見受けられた。

(2)顕微鏡組織：Photo.53 の①～⑤にモノクロ組織を示す。暗黒色ガラス質スラグ中に白色多角形結晶のマグネタイトが局部的に晶出する。Photo.39 の⑤と Photo.40 の①～③はカラーによる銅溶脱状況を示す。風化のために銅の残存は僅かとなるが、その痕跡は留めている。該品も銅溶解炉の炉壁と認定できる。

(3)化学組成分析：Table2 に示す。胎土分析である。強熱減量の Ig Loss は 2.24% と低く、結晶構造水のかなり飛散した状態での分析となる。鉄分( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )は 4.78% と左程高くなく軟化性は問題視しなくてよい。酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )は 11.92% と低値で、高い耐火性は望めない成分系である。胎土には砂鉄の混入があつて二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ ) 0.89% となる。

(4)耐火度：1240°C が得られた。低アルミで塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 1.93% とこちらも若干含有されているのであるが、以外に高めの耐火性を確保していた。この耐火度は銅鑄造用炉壁の性状は保つものである。

### よ土-3：羽口溶融物

(1)肉眼観察：不定形で 50g と小型のガラス質滓である。表面は弱い流動状を呈した粘土溶融物。上面は破面で細かい気孔が多数散在する。

(2)顕微鏡組織：Photo.53 の⑥～⑧にモノクロ組織を示す。熔融ガラスの珪酸塩に淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライトが局部的に晶出する。次にカラー組織を Photo.40 の④～⑥でみると熔融ガラス地に朱色の銅の酸化溶出（溶脱）痕跡が認められる。銅溶解炉の羽口（送風管）先端の高温域での溶融物の可能性が高い。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.53 の⑧に淡灰色木ずれ状結晶の硬度測定の際の圧痕を示す。硬度値は 636Hv であった。ファイヤライトの文献硬度値の 600～700Hv の範囲内に収ま

り、ファイヤライトに同定される。

#### よ土-4：銅塊（流動状）

(1)肉眼観察：L字状に流動する 15g の銅塊である。表面全体が緑青に覆われ、細かい起伏が著しい。木炭片が複数固着する。金属銅の遺存度は良好で、重量感に溢れる。

(2)顕微鏡組織：Photo.54 の①～③にモノクロ組織を示す。①は酢酸・硝酸・アセトン腐食で現われた母金属に亜酸化銅と結晶粒界が認められる。前述してきた A・B・C 地点出土銅塊とまったく同じ金属銅組織である。Photo.40 の⑦にカラー組織を示しておく。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.54 の②に母金属、③に亜酸化銅域の硬度測定 of 圧痕を示す。前者は 52Hv で軟質、後者は 68Hv で酸化物含み、硬質であるが純銅に同定される。

#### よ土-5：偏平椀形滓

(1)肉眼観察：平面が不整台形状で 1.6cm と薄手の偏平椀形滓の破片である。上下面と側面 1 面は資料本来の表面で、残る側面 2 面が破面となる。滓の地の色調は黒灰色で、破面には中小の気孔が散在するが緻密で重量感のある滓である。

(2)顕微鏡組織：Photo.54 の④～⑧にモノクロ組織を示す。主要鉱物相は白色粒状結晶のウスタイトと淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライトであるが、局部的にファイヤライト単独個所も見受けられる。また、2 次的に鍛造剥片の付着も観察された。Photo.55 の①②はカラー組織を示す。表層近傍には朱色個所が点在し、銅の酸化溶出（溶脱）痕跡の可能性が窺えた。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.54 の⑦は白色粒状結晶の硬度測定 of 圧痕である。値は 431Hv とウスタイトの文献硬度値 450～500Hv の下限値を若干割るが、誤差範囲とみてウスタイトに同定される。⑧は淡灰色木ずれ状結晶で 657Hv が得られた。ファイヤライトに同定される。

(4)化学組成分析：Table2 に示す。全鉄分 (Total Fe) は 53.56% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.01% 以下、酸化第 1 鉄 (FeO) 57.27%、酸化第 2 鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 12.93% の割合であった。ガラス質成分は 24.71% であり、この内に塩基性成分 (CaO+MgO) を 3.02% 含む。二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 0.27%、バナジウム (V) 0.01%、ジルコニウム (Zr<sub>2</sub>O) 0.02% など低値である。脈石成分の酸化マンガン (MnO) のみは 0.13% と当遺跡内では最高値をとるが、特別高い訳ではない。他の随伴微量元素もおしなべて低く特徴をもたぬ滓である。銅 (Cu) も 0.01% 以下まで落ちているのは溶脱現象の可能性があるやも知れぬ。

#### よ土-6：含鉄椀形滓

(1)肉眼観察：平面が不整五角形を呈し、240g を測り、3.7cm の厚みをもつ大型の椀形滓片である。上下面と側面 1 面は資料本来の表面で、側面が直線状の破面をもつ。上面には直径 2.0cm ほどの鉄が残存し、亀裂を生ずる。滓の色調は黒灰色で破面には若干の気孔を発生するが緻密で重量感のある滓である。

(2)顕微鏡組織：Photo.56 の①～⑨に示す。①～③は表層に付着した微細遺物で、粒状滓様遺物は銹化鉄粒と銹化鉄剥片である。④⑤も銹化鉄で酸化が激しく金属鉄組織の痕跡を残さない。多分フェライト粒の可能性が高い。⑥⑦は滓の主要鉱物相のウスタイトとファ

イヤライトである。鍛冶の高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓の晶癖とみておきたい。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.56 の⑧⑨に鉱物相の硬度測定 of 圧痕を示す。前者は白色粒状結晶で 608Hv、後者は淡灰色盤状結晶で 659Hv が得られた。検鏡結果通りのウスタイトとファイヤライトの同定で大過なからう。

(4)化学組成分析：Table.2 に示す。全鉄分(Total Fe)は 49.10%に対して、金属鉄(Metallic Fe)は<0.01%、酸化第1鉄(FeO) 55.68%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 8.32%の割合である。含鉄鉄滓であって顕微鏡でもメタルに当らず、分析では酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が特別高くはなく、やや外観にそぐわない。ガラス質成分は 33.05%、このうちに塩基性成分(CaO+MgO)は高めの 4.32%を含む。脈石成分は全体に低め傾向にあり、酸化マンガン(MnO) 0.07%、二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>) 0.32%、バナジウム(V) 0.01%、ジルコニウム(Zr<sub>2</sub>O) 0.02%であった。組成的には前述よ土・5 椀状滓に近似するが、こちらは滓中に銅溶脱現象が認められなかった。

### よ土-7：鉄塊系遺物

(1)肉眼観察：27g と小型で不定形の鉄塊系遺物である。表面は木炭を多数含む酸化土砂に覆われる。特殊金属探知機で L (●) 反応があった。

(2)顕微鏡組織：Photo.57 の①～⑤に示す。①は滓に付着した木炭の組織で、窓状分野壁孔だった。針葉樹の可能性が高い。②は同じく表層に付着した鍛造剥片である。3 層分離型で、内層ウスタイトは非晶質だった。③は左側の灰色明暗部は錆化鉄、その右側に白色粒状結晶のウスタイトの晶出がある。④は片状黒鉛を晶出したねずみ鑄鉄の錆化物である。鑄鉄の下げ脱炭過程の鉄塊であろうか。外縁に酸化雰囲気曝された鉄塊の痕跡を残す。

(3)ビッカース断面硬度：Photo.57 の⑤に白色粒状結晶の硬度測定 of 圧痕を示す。硬度値は 465Hv でウスタイトに同定できる。ズク卸し中途の鉄塊系遺物である。

### よ土-8：金床石付着剥片

(1)肉眼観察：使用面が 10×20cm 程度の金床石とおぼしき石材から剥離した薄板状の石材の小破片(3.6×1.9×0.4cm)である。表面には茶褐色の酸化物や、光沢質の強い剥片付着物が認められる。この剥片を供試材とした。

(2)顕微鏡組織：Photo.57 の⑥～⑧に 2 点の剥片の組織を示す。剥片の鉱物相は外層に微厚の白色へマタイト層の痕跡を僅かに残し、中間層のマグネタイトも存在し、内層ウスタイトも確認できた。剥片は歪のために亀裂を発生し、かつ風化されて腐食(etching)効果が弱めであった。いずれにしろ該品は金床石の付着の表層剥離片であり、0.1～0.2 mm厚みの鍛造剥片に認定できる。

### 小結：金属工房跡土坑

#### (1) 銅関連遺物

黒色と小豆色の炉壁及び羽口先端熔融ガラスから銅の溶脱痕跡が確認できた。15g の湯零れ状の小銅塊は母金属と亜酸化銅の発生する純銅であり、前述してきた A・B・C 地点出土の銅と同系であった。なお、扁平椀形滓は鉱物組成にウスタイトとファイヤライトを晶出するが、これからも銅溶脱痕跡が認められた。以上の遺物はセット関係でまとめられる。

## (2) 鉄関連遺物

高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓が想定できる椀形鍛冶滓と、ねずみ鑄鉄のズク卸し中途の鉄塊系遺物が検出された。この鉄塊系遺物は、表層に微細な粒状滓様の銹化鉄粒と剥片状銹化鉄を付着して、表層スラグはウスタイトを晶出する。なお、当地点から一抱えある金床石とおぼしき石塊が出土して、表面付着物は3層分離型の鍛造剥片が確認できた。

金属工房跡の土坑は銅・鉄両方の作業のあったことが想定できる。

### 瓦溜り遺構出土遺物：釘

**よ瓦-1：銅釘** ※『浦添ようどれⅡ－瓦溜り遺構編－』76p(第44図7)

(1)肉眼観察：0.5cm角で残存長さ6.1cmを測る完形の皆折れ釘(折頭角釘)である。緩く彎曲して表面は黒褐色から青緑色の銹化物で覆われる。特殊金属探知機でL(●)反応があり金属銅は遺存する。

(2)マクロ組織：Photo.61に示す。鍛造品であって上下面の肌は微妙に凹凸を持って鍛打痕を残す。僅かに折頭部に銹化痕跡が認められる。

(3)顕微鏡組織：Photo.58、59に示す。酢酸・硝酸・アセトン腐食した頭部組織がPhoto.58である。金属組織は多角形結晶に双晶がみられ、鍛造焼なまし組織が明瞭である。Photo.59の①～⑤は腐食なしの組織である。頭の折り曲げ部は粒界腐食と亜酸化銅の発生が著しい。⑥⑦は釘先端である。厚みが減少してここでも腐食の進行が激しく、粒界が侵されている。

(4)ビッカース断面硬度：Photo.59の⑧は母金属の硬度圧痕で、値は61Hv、⑨は亜酸化銅発生個所で69Hvとなる。組織に対応した硬度で、軟質な純銅が同定される。

(5)EPMA調査：Photo.67に反射電子像(COMP)を示す。7の番号が母金属で定量分析値は99.8%Cuであった。純銅が同定される。8の番号は褐色小斑点で、分析値は91.1%Cu-8.4%O組成だった。亜酸化銅が同定される。

**よ瓦-2：鉄釘** ※『浦添ようどれⅡ－瓦溜り遺構編－』77p(第45図20)

(1)肉眼観察：断面0.6cm角、現存長さ4.4cmを測る。皆折釘の頭と先端部を欠損した破片である。残存部は銹化割れを生ずるが、特殊金属探知機でL(●)反応して内部に金属鉄を遺存する。基部寄り断面を供試材とした。

(2)マクロ組織：Photo.61の下段に示す。心金に対して皮鉄が黒く高炭素域が存在する。また鍛接線に沿って非金属介在物が点列するところから、該品は2種の合せ鍛え製品に分類される。

(3)顕微鏡組織：Photo.60の①～⑧に示す。①は鉄中の非金属介在物である。白色粒状結晶のウスタイトが若干延びた状態で大量に晶出する。錬鉄の可能性をもつ。②～⑧はナイタル腐食(etching)した金属鉄である。②は切口0.5cm程の断面である。両端は黒く中央は白味の増した濃淡をもつ組織であった。③④は左側、⑤⑥は右側の拡大組織を示す。パーライト・フェライト組織で亜共析鋼(<0.77%C)に分類される。左側の高炭素域は0.2%前後の炭素量であろう。最表層は銹化しており、更に炭素量は増加するのが予測される。パーライトはフェライト結晶粒界に析出している。中央白色域は極軟鋼である。

(4)ビッカース断面硬度：Photo.60 の⑦⑧に硬度測定の前痕を示す。⑦は表層側の皮金側で 164Hv、⑧は心金相当部で炭素含有量は極く微量の 0.01%以下相当で 114Hv が得られた。結晶粒は歪を残さず焼なましを受けた組織だった。

### 小結：瓦溜り出土遺物：釘

銅釘は折頭角釘を供試材とした。素材は純銅を用い、金属組織は双晶が現われる鍛造焼なまし品であった。よ A・3 ①銅釘や、よ A・3 ②円頭釘と同系である。

次に鉄釘は鉄中の非金属介在物にウスタイトを大量に晶出した錬鉄であった。鉱石系鉄素材を当金属工房内でズク卸しを行った後の製品の可能性が高い。

## 5. まとめ

### 銅関連遺物

(1) 浦添ようどれ金属工房跡 5 地点 (A、B、C、土坑、瓦溜り) から出土した銅関連遺物は、合金添加元素の Sn、Pb、Zn など一切含まなく、更に不純物としての Fe、As、S なども殆んど内蔵していない。これを補足すれば鑄造工程からの派生物である銅塊や銅粒からも、また製品の銅板 (よ B・7 : 飾り板か) や銅釘までも夾雑物を含まぬ純銅品だった。

(2) 飾り板とみられる銅板や銅釘は、前述したように純銅の鍛造焼なまし製品で  $\alpha$  相と双晶組織が観察される。また、金めつきを施された他の飾り金具は、在地製作の蓋然性が極めて高い。地点 B、C、土坑から金の薄板や金粒付着坩堝など、製作作業に直接結び付く遺物が出土しており、これを裏付ける。

(3) 飾り板や銅釘の成分が純銅なのは、加工性 (柔軟性) や強度からみて当然の選択であり一般的な傾向であろう。沖縄県下の遺跡品と比較すると以下の様になる。那覇市の銘苺古墳群 B 地区 2 号墓出土の 2 種の装飾品は、98~100%Cu の実績がある。<sup>(注12)</sup> 銅釘の純銅採用は今回調査の 3 本 (よ A・3 ①・②、よ瓦・1) を始め、当山東原遺跡 (浦添市) の銅釘 (94.3%Cu-5.6%O : 14~17 世紀)<sup>(注13)</sup>、首里城 (京の内) の銅釘 (96.6%Cu-3.4%O : 15 世紀中頃)<sup>(注14)</sup>、銘苺古墳群 B 地区 2 号墓の銅釘 (98%Cu : 近世)<sup>(注15)</sup> など、総て純銅製である。

(4) 浦添ようどれ金属工房の飾り板や銅釘の銅原料は、非常に高純度であり、不純物のマット (matte : 鉍、Cu-Fe-S が主成分で、これに O、Pb、その他の金属、貴金属を含む) やスパイス (speiss : 金属砒化物、主成分 As、Fe、Ni、Co、Cu。副成分 Pb、Ag、Au、Zn、Bi、S) の類を全く含まぬ特徴をもつ。このことは採鉍から素吹き・真吹きを経た粗銅 (荒銅) の搬入は否定されて、精成・製品化された銅製品のスクラップの再溶解作業が想定される。

(5) 銅の溶解は、炉壁片の存在から 30~40cm 径程度の溶解炉と、碗ないし皿状坩堝の

使用が推定される。坩堝は口径 11～13cm、器高 4～5cm 程度が想定されて 20～30 個体分が出土している。<sup>(注 16)</sup> この種の坩堝には、溶解途中で残された銅板付着品 (よ B・2) があったのは先に報告している。次に原料となる銅素材は、三角形の銅板破片、帯状、針金状 (螺旋状も含まれる) などの切り屑が遺存する。切断された円頭銅釘の頭部 (よ A・3②) もリサイクル銅原料の一つであろう。

(6) 沖縄県下の坩堝の出土例は、中・近世のもので、湧田古窯群 (那覇市)<sup>(注 17)</sup> や根間西里遺跡 (宮古島市)<sup>(注 18)</sup> でみられる口径 6cm 前後、器高 6～8cm、底尖りが目につく。熔融金属は Cu-Zn (黄銅)、Cu-Sn (青銅)、Cu-Sn-Zn (錫黄銅) などである。浦添ようどれ金属工房跡出土坩堝とは、器形も合金組成 (地金) も大きく異なる。繰り返しになるが、浦添ようどれの銅製品が合金元素の添加のない純銅充当の釘や飾り金具に対して、他は主に黄銅使用の簪 (かんざし) や煙管の類であって、浦添ようどれの鑄銅作業 (銅鍛造含む) とは一線を画する。

(7) 浦添ようどれ金属工房跡からは、羽口が 20～30 個体分出土している。内径 3.0cm 弱で、厚手と薄手が存在し、銅・鉄関連作業の 2 つに股がる。銅関連羽口の一つは (よ B・3) で観察したように、胎土侵入の銅粒も不純物も含まぬ純銅であった。他の共伴遺物と矛盾するものではない。これに対して首里城城郭 (西のアザナ B 石列) 出土羽口の含有銅粒は、73.5%Cu-26.2%Sn 組成の青銅系<sup>(注 19)</sup> で、ここでも差異が認められた。浦添ようどれ出土の羽口の厚みは、厚手・薄手の違いがあって、これが何に起因するのか定かでない。今後に残された研究課題の一つになる。因みに (よ B・3) 羽口の厚みは 15mm を測った。

(8) 浦添ようどれ金属工房跡からは、炉壁破片が大量に検出された。厚みは 23～34mm を測り、内面熔融ガラスの色調は緑色、小豆色、黒色などがある。今のところ鉄関連の鑄型のないことから銅鑄造の溶解炉の可能性が考えられる。炉壁に付着した熔融物からは銅粒は発見できなかったが、銅の溶脱孔と覚しき痕跡のみは観察された。

(9) 炉壁と共に多く出土するのが椀形滓である。この椀形滓は浦添ようどれの場合は、大部分が鍛冶に関連する可能性が高い。鑄造原料の銅が鉄や硫黄を多く含む粗銅塊であれば、溶解炉内に椀形滓 (鋳物組成はウスタイト(FeO)) が派生するが、浦添ようどれの銅原料は、高純度のスクラップであって、椀形滓の発生は極めて少ないものと考えられる。(よ 土・5) 偏平椀形滓は緑青や朱色痕跡をもつ溶脱孔の存在から銅関連と想定したが、滓の鋳物組成や化学組成から積極的に銅滓とする根拠は見当らない。今後共に検討課題を残す滓であった。

(10) 浦添ようどれ金属工房跡の銅関連遺物は、マットやスパイスを含まぬ純銅のみの検出で、非常に特殊な傾向をもつ事は繰り返し述べてきた。筆者は過去に沢山の鑄銅工房出土遺物を調査してきたが、このような例は皆無に等しい。銅鑄造では、不純物として絶えずマットやスパイスの類の夾雑物が発見される。卑近な調査例を 3 つ挙げて銅鑄造に鉄の存在が

通常であることを提示することにより、浦添ようどれ金属工場の原料銅がリサイクル品であったことの裏付けをとってみる。

#### ①滋賀県甲賀市鍛冶屋敷の調査（奈良時代中頃）<sup>(注 20)</sup>

鍛冶屋敷遺跡は東大寺大仏鑄込みに先駆けて甲賀寺に用いられた大型製品を製作した官営工場の可能性の高い遺跡である。溶解炉（40～50cm 径）、送風装置、鑄込み遺構がセットをなし、9 基が整然と並ぶ大規模な鑄造工場である。含鉄粗銅塊の再溶解（鉄・硫黄除去）から鑄込み作業が想定される。当遺跡では大量の出土遺物があって、これを分類したところ、銅鑄造場にもかかわらず「鉄」（多くは木炭に置換した黒鉛化木炭）が存在して議論を呼んだ。「鉄」は銅・鉄両方の鑄込み作業を意味するのか、銅のみで「鉄」は銅素材の不純物と見做すべきか問題を含む。今後課題を残すものの筆者は「鉄」の非金属介在物が含銅硫化鉄（FeS）なのに注目し、マット状介在物と解釈して後者を支持する。

Fig.1 に産銅・鑄造工程における鉄の存在理由を模式的に示した。銅鉱石は鉄・硫黄と共存している。粗銅の「鉄」は銅鉱石由来の可能性をもつ。更に補足資料に Fig.2 の銅・鉄・硫黄三元系状態図がある。スラグ溶液に少量の硫黄が存在し、1300℃以上の高温が確保されたならば、銅・鉄メルトとマットの 2 液共存は温度の低下によって銅・鉄メルトから個体の鉄が析出し、2 液（マット+銅）と 1 個体（鉄）の 3 相共存状態に変化する。<sup>(注 21)</sup>

鍛冶屋敷の銅原料は銅鉱山からの直接搬入の可能性をもち、銅塊にはマットやスパイスの夾雑物を多く含む。それからの不純物としての「鉄」の派生物は当然多くなる。粗銅原料の銅鑄造物では「鉄」の存在理由はこのように整理できる。なお、鍛冶屋敷では坩堝の出土はなくて羽口も大口径（径 15cm 前後）のみであった。

#### ②福岡市吉塚祝町遺跡の調査<sup>(注 22)</sup>

吉塚祝町遺跡からは、古代前半代の銅鑄造関連遺物と共に、公的施設や寺院等の存在を示唆する遺物（緑釉陶器、石帯、瓦）などが出土している。銅関連遺物は、炉壁片、皿状坩堝、土師器破片転用ドロス（銅溶融面に漂う軽質スラグ）掻き出し具、椀状滓などである。ここでは純銅と、銅-鉄酸化物（47%Cu-30%Fe-17%O）が存在する。なお、土師器破片転用ドロス掻き出し具からは、浦添ようどれ出土羽口（よ B・3）と同様に銅の溶脱現象がカラー組織として捉えられた。共伴遺物としての椀状滓は銅溶脱からか銅粒内蔵は捉えきれなかった。

#### ③福岡県大宰府史跡観世音寺地区の調査<sup>(注 23)</sup>

観世音寺は日本戒壇院の一つとして、更に法隆寺式の伽藍配置を残し、奈良・平安期の梵鐘・仏像など有名な史跡の工場に関連する遺物を大量に出土する。8 世紀創建時から近世へかけての 5 時期にわたる金属関連遺物の調査を行ったが、ここでは鑄銅関連の 3 時期の遺物について簡単に状況を述べる。

##### (イ)45 次調査（観世音寺東面築地地区）……8 世紀中頃：創建時期

土坑 1280 出土の羽口と取鍋（坩堝：皿状）の調査を行った。取鍋溶着物から純銅の検出があったが、マットやスパイスは未確認。羽口溶融物には微量のマグネタイト（Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>）の晶出のみで、銅の残留は認められない。銅は長い歳月で溶脱痕跡も消滅した可能性が高い。墨書土器との共伴は寺院工場の性格を表わす。

##### (ロ)130 次調査（南回廊東側）……11 世紀後半

SX3888 鑄造土坑から大型銅製容器鑄型と溶解炉が検出されている。関連遺物は炉壁

片、送風管、椀状滓など調査した。3点共に銅粒や夾雑物のマットやスパイスの確認はできなかった。銅の溶脱は消滅したのだろう。

(ハ)111次調査（観世音寺前面西側地区）……13世紀前半

当該区は観世音寺地区の調査の中で、鑄造関連遺物が最も多く出土して一括性が評価され、中心的位置にあったことが指摘されている。土坑出土の鑄銅関連遺物は、中小の取鍋（坩堝：皿状）や羽口、小銅塊（13g）などの調査を行った。いずれも母金属は純銅で、これにSn、Pbの酸化物や、銅・鉄砒化物を内蔵する。更に共伴する椀状滓の数ある中の1点にのみ底部に少量の緑青を吹き、鉱物相は鍛冶滓に酷似するウスタイト（FeO）やファイヤライト（ $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）の晶出である。これに微小銅粒を含む。化学組成は全鉄分（Total Fe）は51%強で0.41%Cu、0.46%Sn、0.04%Pb、0.017%Asなど銅滓としての随伴微量元素を含む。原料粗銅の純度の影響から不純物の残存の大小が表われてくるのだろう。

(11) 銅原料の産地同定は、脈石由来の不純物を含まないのも非常に難問となる。浦添ようどれは、英祖王（1229～1299）と第7代琉球国王尚寧（1564～1620）の王陵である。この在位からみて銅の流通を考えてみる。国内では鎌倉の高徳院の大仏は13世紀なかばの鑄込みで、その材料は中国貨幣の宋銭（高Pb：20～45%）との見解があり、<sup>(注24)</sup> 国内銅生産の文献的記録の少ない時期に対応する。<sup>(注25)</sup>『対外関係史総合年表』<sup>(注26)</sup>によると、国内銅生産に関しては15世紀始め頃は、中国の明から銭を賜る関係と『李朝実録』「世宗実録」に記されているらしい。輸入から輸出に転ずるのは1417年「宗貞茂が銅鉄500斤を送り、範鐘を請う」などを参考にすると、12世紀から15世紀初頭の国内銅産山の産銅量はいたって少なかったとの見方が成立する。<sup>(注27)</sup> この背景には銅製錬技術の問題も絡む。国内では11世紀頃までは、酸化銅鉱が使われていたが、これが涸渇して12～14世紀は銅生産の空白の時代とも呼ばれたらしい。15世紀以降になると、硫化銅鉱の製錬技術が軌道にのり、銅生産は活況を呈する。この発言は奈良大仏建立に貢献した山口県長登銅山の消長からも指摘されている。（植田晃一「銅の生産—古代から現代まで—」『一銅・古代から未来へ—』シンポジウム「文化資源の活用」第21回国民文化祭やまぐち2006. 山口県美東町教育委員会）

15世紀中頃の首里城京ノ内地区には被熟中国貨銭が出土する。材質は鉛入り青銅（47.3%Cu—17.9%Sn—18.9%Pb—15.3%O）、琉球貨銭の鳩目銭（初鑄造年1534年）は鉛合金（98%Cu—5.9%Pb）、同じく琉球貨銭の世高通宝（初鑄造年1446年）は鉛入り青銅（74.2%Cu—7.4%Sn—15.2%Pb）であり、他に不純物は含まない。<sup>(注28)</sup> また、鹿児島県下の上加世田遺跡でも中世の湯こぼれ銅粒が出土して鉛入り青銅であった。中国宋銭の鑄つぶしの可能性が高い。<sup>(注29)</sup>

一方、中世の平安京で生産された模鑄銭は銀（Ag）や砒素（As）を含む特徴をもち、国内産銅石の成分系が指摘されている。このような背景をみていくと、傍証となるが浦添ようどれ鑄銅関連遺物（鍛造銅製品を含めて）の銅原料は、大陸産の可能性を秘めていると指摘できそうである。

## 鍛冶関連遺物

(1) 鍛冶関連の遺構は、鍛冶炉の痕跡が窺われる A、C 地点から検出された。遺物は A・B・C 地点、土坑の 4 地点から出土した。鍛冶炉の炉底を反転形成された椀形滓、鑄鉄廃鉄器から脱炭された錬鉄系の鉄塊系遺物、鍛打発生での微細遺物の粒状滓、鍛造剥片、鉄製品（釘、不明鉄器）などである。

(2) 椀形滓の鉱物組成は、凝集したウスタイト ( $\text{FeO}$ ) が大量に晶出し、化学組成の鉄分 (Total Fe) は、54~64% と多く、随伴微量元素は逆に少なく、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) 0.13% 以下、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.12~0.32%、バナジウム (V) 0.01~0.02% など極く微量である。

(3) 以上の脈石成分の少ない特徴は、鍛冶原料鉄が不純物が少なく高純度であったことを表わす。更に考察を加えれば、廃鉄器鑄鉄（処女銑鉄使用を完全無視出来ないが）を溶解脱炭したズク卸し精錬鍛冶から低炭素可鍛鉄の錬鉄が生まれ、これが鍛冶素材となる。

(4) 鍛冶作業の派生物としての鉄塊系遺物が、例えば（よ A-7）鉄塊であろう。酸化雰囲気曝されて表皮スラグはウスタイト ( $\text{FeO}$ ) が晶出し、亜共析鋼が存在する。Fig. 3 に浦添ようどれ金属工房跡での鍛冶操業想定図を示す(129p)。基本的には沖縄県下の他の鍛冶工房にも当て嵌まる工程とみられよう。

(5) ズク卸し精錬鍛冶の後工程に、生成錬鉄（素材）の高温沸し・鍛接の鍛錬鍛冶作業がある。当鉄滓は、赤熱鉄素材の酸化防止に粘土汁を塗布した鍛打なので、珪酸分が増加し、鉱物相はウスタイト ( $\text{FeO}$ ) にファイヤライト ( $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が加わる。（よ C-1）にみられる木炭噛み込み椀形滓であり、高塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 含みの（よ土-6）椀形滓などが挙げられる。

(6) 鉄器製作は赤熱鉄素材の熱間加工であり、高温沸し鍛接（1200℃前後）から低温成型（800~900℃）の素延べ、火造工程で鍛打される。ここで表面酸化膜が飛散し、初期段階では粒状滓、その後工程で鍛造剥片の厚手から薄手が派生する。これら微細遺物は（よ土-8）金床石らと共に A、C 地点出土遺物で提示してきた。

(7) 沖縄県下では、椀形滓と鑄造鉄鍋破片のセット関係で出土する遺跡は多い。過去の調査実績として 15 遺跡が挙げられる。<sup>(注 30)</sup>

- イ. 大謝名カンジャーガマ岩陰遺跡
- ロ. 真志喜森川原第 1 遺跡
- ハ. 真志喜石川第 1 遺跡
- ニ. 勝連城跡
- ホ. 中城城跡
- ヘ. 首里城跡
- ト. 新里村東遺跡

- チ. 上村遺跡
- リ. 上ノ頂遺跡
- ヌ. 尻川遺跡
- ル. 住屋遺跡
- オ. 根間・西里遺跡
- ワ. 尻並遺跡
- カ. 宮国元島遺跡
- コ. 砂川元島遺跡

(8) 浦添ようどれ金属工房跡出土の鉄製品は、鉍石系と砂鉄系がある。特に後者は砂鉄特有成分のチタン (Ti) を含み、これが 2 点 (よ B-12 : 釘、よ C-5 : 不明鉄製品) 検出された。砂鉄系鉄器の産地は、日本側と華南方面の可能性が考えられる。後者の中国砂鉄鉍床 (Dteritel Iron Deposit) は福建式鉄鉍床と呼称されるように福建省地方が生産地で、浙江省・福建省・広東省の東南海岸地方が挙げられる。砂鉄母岩は火山岩で日本の砂鉄と同じ火山帯であり、産地同定に際しては慎重なる検討が必要となる。<sup>(注 31)</sup> なお、注意すべきは、高 Ti 高 V 磁鉄鉍が中国にも朝鮮半島側にも賦存する。<sup>(注 32)</sup> 高チタン系が即く砂鉄との短絡は慎むべきことは当然である。

(9) 台湾や<sup>(注 33)</sup> 八重山列島 (波照間島)<sup>(注 34)</sup> で高チタン精錬鍛冶滓の存在が明らかになってきた。これに連なる宮古列島 (住屋遺跡) から本島 (我謝遺跡・浦添城跡) にかけても既存データが挙げられる。<sup>(注 35)</sup> これらの遺跡は点として繋がり、線となりうる。また、2006 年には宜野湾市普天間飛行場基地内の上原同原遺跡より、9~10 世紀代の可能性をもつ小破片炉壁 (半還元砂鉄粒子付着 25g 以下) や小破片砂鉄製錬滓 (50g 以下) が発見された。製鉄操業が議論できる資料である。<sup>(注 36)</sup> 更に北谷町のグスク時代の集落 (12~13 世紀) からは沖縄諸島に類例のない砂鉄貯蔵穴 (直径 30cm、深さ 30cm) が検出された。中の砂鉄は塩基性砂鉄 (17.95%TiO<sub>2</sub>) である。<sup>(注 37)</sup> これらの事例を眺めると、浦添ようどれ金属工房跡の鉄関連遺物も銅と同様に大陸側からの搬入も、あながち否定はできまい。今後は分析データからの裏付け検証が必要で、今後の研究課題となる。

(10) 浦添ようどれ金属工房からは、分析調査に耐えうる未錆の鍛冶原料鉄 (廃鉄器鑄鉄) の抽出はできなかった。しかし、椀形滓の鉍物・化学組成、鉄塊系遺物 (錬鉄傾向)、再結合滓、鍛打微細遺物の粒状滓や鍛造剥片などの共伴遺物の組合せから、ズク卸し精錬鍛冶から鉄器製作の鍛錬鍛冶までの作業が想定できた。なお、熱処理技術は浸炭・焼入れなど高度な技術らしき確認は読み取れたが、錆化のため不明瞭な点が多い。鍛冶原料鉄の産地同定は鉍石系と砂鉄系共に状況証拠を並べたことにより、大陸側に比定できよう。

浦添ようどれ金属工房使用の銅・鉄原料産地は大陸側の可能性が高いと結論づけられる。

試料番号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	全鉄分	金属鉄	酸化	酸化	二酸化	酸化アル	酸化カル	酸化マク	酸化	酸化ナ	酸化マン	二酸化	酸化	硫黄	五酸化	炭素	バナジウム	銅	ジルコ	耐火度	造滓成分 Σ *	造滓成分	TiO <sub>2</sub>
					(Total Fe)	(Metallic Fe)	第1鉄 (FeO)	第2鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	珪素 (SiO <sub>2</sub> ) *	ミニウム (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) *	シウム (CaO) *	ネシウム (MgO) *	カリウム (K <sub>2</sub> O) *	リウム (Na <sub>2</sub> O) *	ガン (MnO)	チタン (TiO <sub>2</sub> )	クロム (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	(S)	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(C)	(V)	(Cu)	ニウム (ZrO <sub>2</sub> )	(°C)		Total Fe	Total Fe
よA-5	浦添のりん	R4区Ⅲb	椀形滓 (緻密質)	15世紀前半	67.51	<0.01	73.00	15.39	4.63	1.20	0.71	0.32	0.17	0.06	0.09	0.30	0.08	0.01	0.03	1.35	0.04	<0.01	0.07	-	7.09	0.105	0.004
よB-4		Q5区15層	羽口(胎土)	13世紀	4.30	<0.01	1.51	4.47	67.39	12.52	2.48	0.96	1.76	0.42	0.04	0.78	0.03	<0.01	0.14	IgLoss 5.31	0.01	0.12	0.04	1093	85.53	19.891	0.181
よB-8		Q6区8層	椀形滓 (緻密質)	13世紀	58.90	0.07	59.49	18.00	12.60	2.36	3.02	0.54	0.70	0.20	0.10	0.30	0.07	<0.01	0.09	0.73	0.02	<0.01	0.04	-	19.42	0.330	0.005
よC-3		Q4区Ⅱb	椀形滓 (緻密質)	15世紀前半	63.54	<0.01	65.74	17.79	8.80	1.37	1.79	0.50	0.26	0.11	0.10	0.12	0.09	<0.01	0.08	1.30	0.01	<0.01	0.02	-	12.83	0.202	0.002
よ土-2		P4区Ⅳe	炉壁ガラス化 (小豆色)	11世紀 ~14世紀	3.74	0.01	0.50	4.78	73.14	11.92	0.83	1.10	1.91	0.50	0.04	0.89	0.03	<0.01	0.16	IgLoss 2.24	0.01	0.01	0.06	1240	89.40	23.904	0.238
よ土-5		P4区Ⅳd	扁平椀形滓	11世紀 ~14世紀	53.56	<0.01	57.27	12.93	18.00	3.10	2.27	0.75	0.41	0.18	0.13	0.27	0.09	0.01	0.12	1.66	0.01	0.01	0.02	-	24.71	0.461	0.005
よ土-6		P4区Ⅳd	含鉄椀形滓	11世紀 ~14世紀	49.10	<0.01	55.68	8.32	23.79	3.73	3.53	0.79	0.93	0.28	0.07	0.32	0.09	<0.01	0.14	0.83	0.01	<0.01	0.02	-	33.05	0.673	0.007

Table 2 供試材の組成

Σ \* = SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO + MgO + K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O

Table 3-① 出土遺物の調査結果のまとめ

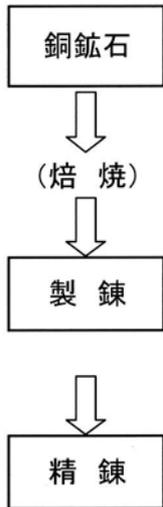
試料番号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	化学組成(%)								所見
						Total Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	塩基性成分	TiO <sub>2</sub>	V	MnO	ガラス質成分	Cu	
よA-1	浦添ようどれ (金属工房跡 A地点)	R4区Ⅲb	炉壁ガラス化(緑色)	15世紀 前半	銅溶脱孔、ガラス地にM、粘土鉱物に砂鉄混入	-	-	-	-	-	-	-	-	銅溶解炉壁の可能性
よA-2		R4区Ⅲb	炉壁ガラス化(小豆色)		銅溶脱孔、ガラス地にF、	-	-	-	-	-	-	-	-	銅溶解炉壁の可能性
よA-3①		R5区Ⅲa	銅釘(角釘)		母金属に亜酸化銅発生、多角形結晶と双晶	-	-	-	-	-	-	-	-	銅鍛造焼なまし品、強度軟鋼レベル(90Hv台)
よA-3②		R4区Ⅲa	銅釘(円頭釘)		母金属に亜酸化銅発生、多角形結晶と双晶	-	-	-	-	-	-	-	-	銅鍛造焼なまし品、強度軟鋼レベル(90Hv台)
よA-4		R4区Ⅲc	銅粒(5粒)		4粒は硬度値が44~53Hvと軟質、純銅、1粒酸化	-	-	-	-	-	-	-	-	3.9~5.8mm径、銅溶解炉からの高温派生物
よA-5		R4区Ⅲb	椀形滓(緻密質)		鉱物相:W凝集	53.56	12.93	3.02	0.27	0.01	0.13	24.71	0.01	ズク卸し精錬鍛冶滓の可能性
よA-6		R4区Ⅲb	再結合滓		鍛造剥片、錆化鉄(片状黒鉛、レデブライト)	-	-	-	-	-	-	-	-	ズク卸し裏付け遺物
よA-7		R4区Ⅲa	鉄塊系遺物		表皮スラグW+F、木炭噛み込み、金属鉄:亜共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛冶系鉄塊、高纯净度鉄、ズク卸しの可能性
よA-8		R4・5区Ⅲc	鉄製品(器種不明)		介在物:ガラス中にF、金属鉄:亜共析~過共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	-	介在物:弱展伸、炭素量バラツキ大、半製品か
よA-9①		R4区Ⅲc	粒状滓様遺物(大)		強磁性粒:W凝集、弱磁性粒:F、ガラス、W+F	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1~9.5mm径、強磁性、5.6~10.6mm径弱磁性、球状滓もしくは炉内球状化
よA-9②	R4区Ⅲc	粒状滓(中)	強磁性粒:W凝集、弱磁性粒:ガラス(粘土溶融物)	-	-	-	-	-	-	-	-	3.1~3.7mm径:強磁性、4.3~6.2mm径:弱磁性、鍛打派生物		
よA-9③	R4区Ⅲc	粒状滓(小)	強磁性粒のみ、W凝集	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0~2.4mm径、鍛打派生物		
よA-10	R4・5区Ⅲc	鍛造剥片	<0.1mm剥片:外層:H、中間層:M、内層:W	-	-	-	-	-	-	-	-	最終段階鍛打派生物、>0.3mm剥片は擬似剥片で鉄滓皮		
よB-1	浦添ようどれ (金属工房跡 B地点)	Q6区13層	炉壁ガラス化(黒色)	13世紀	銅溶脱孔らしき孔、ガラス地にM、粘土鉱物に砂鉄混入	-	-	-	-	-	-	-	-	銅溶解炉壁の可能性、よA-1炉壁に近似
よB-2		Q6区12層	坩堝(銅板溶着)		銅板は純銅、坩堝内面胎土に銅粒、F晶出	-	-	-	-	-	-	-	-	坩堝は銅切片や釘頭などスクラップ再溶解に使用
よB-3		Q6区11層	羽口(先端紅色)		羽口胎土内に銅粒、酸化銅粒、ガラス地に溶脱銅など存在	-	-	-	-	-	-	-	-	銅の酸化溶出(溶脱)状況明瞭
よB-4		Q5区15層	羽口(胎土)		検鏡なし、4.5%Fe-12.5%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、耐火度1093°C	4.30	4.47	3.44	0.78	0.01	0.04	85.53	0.12	中[Fe]・低[Al]系粘土、耐火度不利な成分、鉄鑄造には不向き
よB-5		Q6区13層	銅塊(流動状)		噛み込み木炭窓状分野壁孔に微細銅粒、銅・鉄酸化物晶出、純銅	-	-	-	-	-	-	-	-	純銅塊、1.5g流動状で湯零れか
よB-6		Q6区5層	銅片		母金属網目状組織、亜酸化銅、硬度56Hv	-	-	-	-	-	-	-	-	純銅:鑄造組織(α相)
よB-7		Q6区北側斜面	銅板(板状製品)		母金属多角形結晶・双晶、亜酸化銅	-	-	-	-	-	-	-	-	純銅鍛造・焼なまし組織
よB-8		Q6区8層	椀形滓(緻密)		付着鍛造剥片、滓はW凝集	58.90	18.00	3.56	0.30	0.02	0.10	19.42	<0.01	ズク卸し精錬鍛冶滓の可能性
よB-9		Q6区13層	滴下滓(ガラス質滓)		暗黒色ガラス質スラグ:非晶質珪酸塩	-	-	-	-	-	-	-	-	粘土溶融物:低温型火造り鍛錬鍛冶滓か
よB-10		Q6区8層	鉄塊系遺物		表皮スラグ:W+F、介在物:W、金属鉄:亜共析~共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛冶系鉄塊、ズク卸し関連鉄塊の可能性
よB-11		R6区1層	鉄製品		巻き込みスラグ・介在物:W、亜共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	-	表層高炭素の鍛造品(浸炭の可能性)
よB-12		Q6区15層	鉄釘		介在物:U、金属鉄:亜共析鋼、鍛接線明瞭	-	-	-	-	-	-	-	-	砂鉄原料の合せ鍛え鍛造品、表層高炭素傾向:浸炭品か

Table 3-② 出土遺物の調査結果のまとめ

試料番号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	化学組成(%)							所見	
						Total Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	塩基性成分	TiO <sub>2</sub>	V	MnO	ガラス質成分		Cu
よC-1	浦添ようどれ (金属工房跡 C地点)	Q4区IIa	梘形滓	15世紀 前半	嗜み込み木炭、滓の鉱物相:W・M+F、鉄粒P痕	-	-	-	-	-	-	-	-	高温沸し鍛接・鍛錬鍛冶滓
よC-2		R4区IIa	銅塊(流動状)		附着鍛造剥片、網目状組織母金属に亜酸化銅	-	-	-	-	-	-	-	-	9.7gと小塊純銅、湯零れか、銅塊に附着鍛造剥片に注目
よC-3		Q4区IIb	梘形滓(緻密質)		附着鍛造剥片、鉱物相:W凝集	63.54	17.79	2.29	0.12	0.01	0.10	12.83	<0.01	ズク卸し精錬鍛冶滓の可能性
よC-4		R4区II	針状滓		鉱物相:W+F、3層に重なる	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛冶滓か
よC-5		Q4区IIb	鉄製品(器種不明)		介在物:U、金属鉄:Ma地に微細P	-	-	-	-	-	-	-	-	砂鉄原料断面長方形の鉄器、焼入れ組織の工具の類か
よC-6		RⅢ・4区IIa	鉄釘		介在物:珪酸塩展伸、金属鉄:共析～過共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	-	高炭素含有鉄釘(>0.77%C)
よC-7①		Q4区IIb	粒状滓様遺物(大)8.4mm径		暗黒色ガラス地に微小銅粒晶出	-	-	-	-	-	-	-	-	銅鑄造関連遺物、溶解炉派生品か
よC-7②		Q4区IIb	粒状滓(中)2.2～3.5mm径		イ-1～3:W凝集、ロ-1～3:錆化鉄粒(高炭素鋼)	-	-	-	-	-	-	-	-	粒状滓と鉄粒(過共析～白鑄鉄)混在
よC-7③		Q4区IIb	粒状滓(小)0.6～1.7mm径		イ-1～4:W凝集、ロ-1～2:黒鉛化木炭と斑鑄鉄	-	-	-	-	-	-	-	-	粒状滓と鑄鉄混在、卸し鍛冶傍証資料
よC-8	Q4区IIb	鍛造剥片(厚み0.2～0.6mm)	6点の剥片、外層H、中間層M、内層W:粒状～非晶質	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛打作業前半派生物主体		
よ土-1	浦添ようどれ (金属工房跡 土坑)	P3区IVd	炉壁ガラス化(黒色)	11世紀 ～ 14世紀	胎土溶融ガラス地に微細Mと銅溶脱粒共伴、鍛造剥片2次附着	-	-	-	-	-	-	-	銅溶解炉の炉壁厚み3.0mm	
よ土-2		P4区IVe	炉壁ガラス化(小豆色)		銅溶脱孔、ガラス地にM、	3.74	4.78	1.93	0.89	0.01	0.04	89.40	0.01	銅溶解炉壁片の可能性
よ土-3		P4区IVd	羽口溶融物		胎土溶融ガラス地にF晶出、色調から銅溶脱推定	-	-	-	-	-	-	-	-	銅鑄造に關係する羽口溶融物の可能性
よ土-4		Q4区IVc	銅塊(流動状)		母金属は網目状結晶、硬度52Hv、亜酸化銅発生	-	-	-	-	-	-	-	-	15gの流動状純銅、湯零れか
よ土-5		P4区IVd	扁平梘形滓		附着鍛造剥片、鉱物相:W+F、銅溶脱痕跡色調	53.56	12.93	3.02	0.27	0.01	0.13	24.71	0.01	銅鑄造関連滓か
よ土-6		P4区IVd	含鉄梘形滓		微細遺物附着、鉱物相:W+F、錆化鉄Go	49.10	8.32	4.32	0.32	0.01	0.07	33.05	<0.01	高温沸し鍛錬鍛冶滓
よ土-7		P4区IVd	鉄塊系遺物		鍛造剥片附着、木炭嗜み込み、表皮ウスタイト、わずみ鑄鉄粒内風	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛冶関連遺物か
よ土-8		P3区IVd	金床石付着剥片		3層分離型剥片(外層H、中間層M、内層W)	-	-	-	-	-	-	-	-	鍛冶用金床石の可能性大
よ瓦-1	浦添ようどれ (瓦溜り)	P3区IIc	銅釘	14世紀 末～ 15世紀	母金属純銅、多角形結晶痕跡、亜酸化銅発生	-	-	-	-	-	-	-	純銅釘鍛造品	
よ瓦-2		P3区IIc	鉄釘	前半	介在物:W、金属鉄:亜共析鋼	-	-	-	-	-	-	-	折返し曲げ合せ鍛え製品	

M: Magnetite(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)、F: Fayalite(2FeO・SiO<sub>2</sub>)、W: Wüstite(FeO)、H: Hematite(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、U: Ulvöspinel(2FeO・TiO<sub>2</sub>) 砂鉄原料、S: ケイ酸カルシウム(CaO/SiO<sub>2</sub>)、

P: Pearlite(パーライトは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)、Ma: Martensite(細かい針状組織で硬質・焼入れ組織)、Go: Goethite(α-FeO・OH)

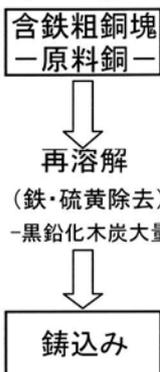


硫化銅鉱(黄銅鉱:  $\text{CuFeS}_2$ )  
 酸化銅鉱(赤銅鉱:  $\text{Cu}_2\text{O}$ )  
 硫砒銅鉱( $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$ )  
 ※長登・大切製錬遺跡:  
 酸化銅鉱(孔雀石付着ザクロ石スカルン) + 含銅褐鉄鉱 ⇒ 井澤英二他

現代自熔炉内反応(イメージ用参考データ)  
 $\text{CuFeS}_2 + \text{SiO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS} + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SO}_2 + \text{反応熱}$   
 銅精鉱 珪酸 酸素 鉍 鍍 ガス  
 [ ※Matte中の酸化脱鉄中にマグネタイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )相を生ずる場合あり ]  
 炉況不良時 ⇒ スラグ粘性・融点を高め銅損失

$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS} + \text{SiO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu} + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SO}_2 + \text{反応熱}$   
 鉍 珪酸 酸素 粗銅 鍍 ガス

鍛冶屋敷遺跡 ⇒ 銅鑄造工房ながら鉄塊系遺物出土



← 鉍(Matte)・金属砒化物(speiss)含む

出土遺物の特徴

- ① 滓の鉱物相: 含銅ファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )  
 含鉄ファイヤライト(Fayalite:  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )  
 含銅ウスタイトWüstite( $\text{FeO}$ )  
 含鉄ウスタイトWüstite( $\text{FeO}$ )
- ② 緑青吹き黒鉛化木炭: 各遺構に対してほぼ平均的に分布
- ③ 銅塊(金属砒化物含み): As, Sb, Ag, Sn含み
- ④ 鉄塊: 非金属介在物: 含銅硫化物、銅Matte、As, Ag含み

- 鉍(Matte)
- ① 化合物 → 例えば  $(\text{Cu}_2\text{S})_2 \cdot \text{FeS}$
  - ② 共融的混合物  $\text{FeS}-\text{Cu}_2\text{S}$
  - ③ 固溶体  $\text{Cu}_2\text{S}-\text{FeS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}-\text{As}_2\text{S}_5$

金属砒化物(speiss) 主成分 : As, Sb, Fe, Ni, Co, Cu  
 副成分 : Pb, Ag, Au, Zn, Bi, S

Fig.1. 産銅・鑄造工程における鉄の存在

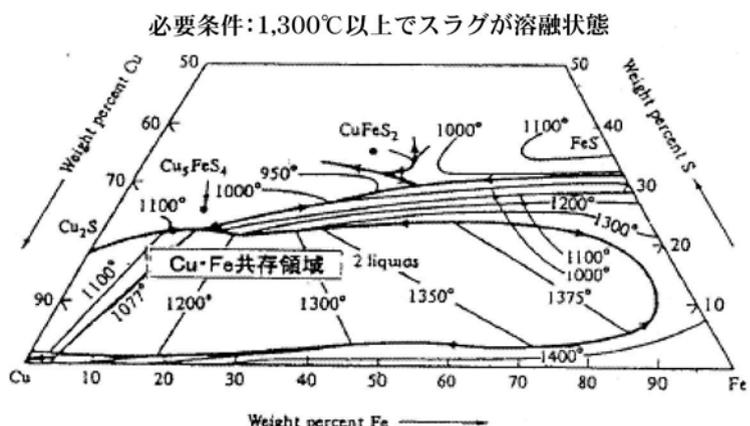
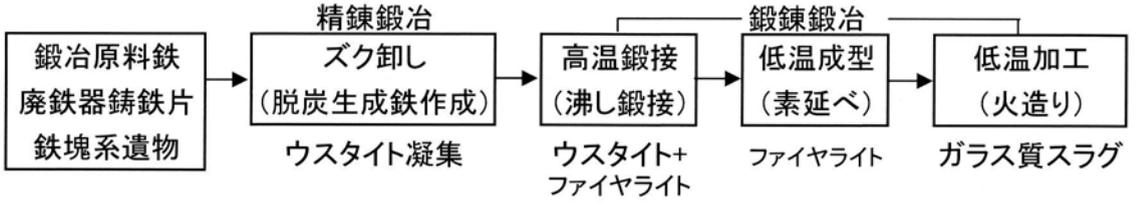


Fig.2. 銅・鉄・硫黄 三元系状態図(植田晃一氏御教示) Schlegel and Schuller (1952)

# 鉄器製作工程の流れ一覧

## (1) 沖縄の場合



下げ: 銑鉄の大量脱炭処理

卸し: 小規模小型廃鉄器を原料とした脱炭処理

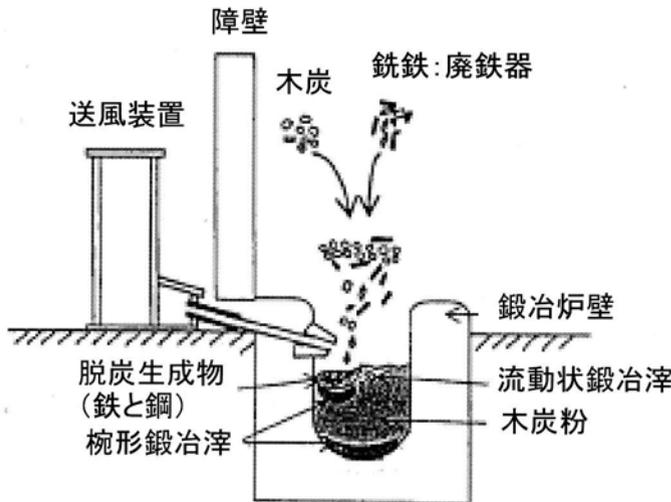
## (2) 本土の場合



鉄 鋳 滓 物 相	鉍石	ファイヤライト	ファイヤライト(マグネタイト)	ウスタイト	ファイヤライト	ガラス質スラグ
	砂鉄	ウルボスピネル※	ウスタイト(粒内Fe-Ti)	ウスタイト	ファイヤライト	ガラス質スラグ

※砂鉄製錬滓はTi含有により低い場合はウスタイト(粒内析出のみ)、高い場合はウルボスピネル+イルミナイト、シュードブルーカイトなどが晶出する。

(本土においても廃鉄器を原料とした鍛冶は平安末・中世で認められる。)



眞鍋純平氏原図 大澤加筆、一部改訂

〔「下げ」は銑鉄の大きな塊を羽口の全面に合掌又はアーチ形に組んで配置するが、卸しは廃鉄器(小割品)と炭を一緒に投入する。〕

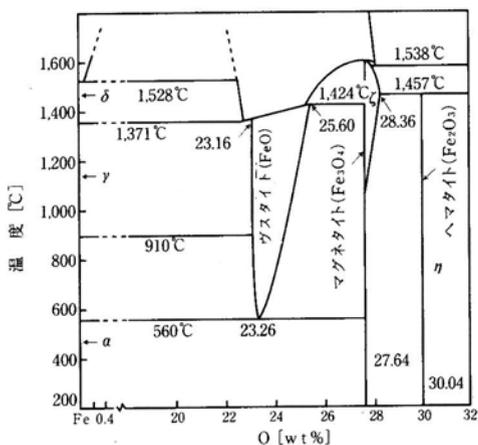
Fig.3 鍛冶操業想定図(ズク卸し)

〔注〕

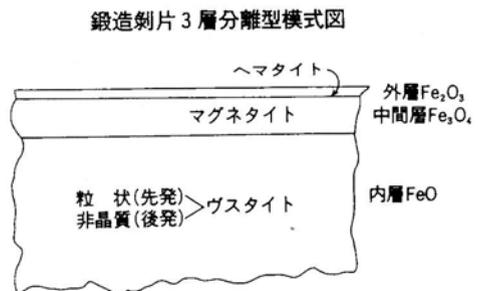
- (1) 浦添市教育委員会『浦添ようどれⅡ』瓦溜り遺構編 浦添市文化財調査研究報告書 2005.3
- (2) 勉強会資料「沖縄県の鍛冶関連遺跡：研究の現状と課題」(本書201p 参照)
- (3) 日刊工業新聞社『焼結鉍組織写真および識別法』1968.

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がないが、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。

- (4) 粒状滓は鍛冶作業において凹凸を持つ鉄素材が鍛冶炉の中で赤熱状態に加熱されて、突起部が溶け落ちて酸化され、表面張力の関係から球状化したり、赤熱鉄塊に酸化防止を目的に塗布された粘土汁が酸化膜と反応して、これが鍛打の折に飛散して球状化した微細な遺物。
- (5) 鍛造剥片とは鉄素材を大気中で加熱、鍛打したとき、表面酸化膜が剥離、飛散したものを指す。俗に鉄肌(金肌)やスケールとも呼ばれる。鍛冶工程の進行により、色調は黒褐色から青味を帯びた銀色(光沢を発する)へと変化する。粒状滓の後続派生物で、鍛打作業の実証と、鍛冶の段階を押える上で重要な遺物となる。(注6) 鍛造剥片の酸化膜相は、外層は微厚のヘマタイト(Hematite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、中間層マグネタイト(Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)、大部分は内層ヴスタイト(Wüstite : FeO)の3層から構成される。鍛造剥片を王水(塩酸 3 : 硝酸 1)で腐食すると、外層ヘマタイト(Hematite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は腐食しても侵されず、中間層マグネタイト(Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)は黄変する。内層のヴスタイト(Wüstite : FeO)は黒変する。鍛打作業前半段階では内層ヴスタイト(Wüstite : FeO)が粒状化を呈し、鍛打仕上げ時になると非晶質化する。(注7) 鍛打作業工程のどの段階が行われていたか推定する手がかりともなる。(注8)
- (6)①大澤正己「奈良尾遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『奈良尾遺跡』(今宿バイパス関連埋蔵文化財調査報告第13集) 福岡県教育委員会 1991
- ②大澤正己「重留遺跡鍛冶工房跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『重留遺跡第4地点』～若園線住宅移転用地整備事業関係埋蔵文化財調査報告4～(北九州市埋蔵文化財報告書第303集)(財)北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室 2003.3
- (7) 森岡進ら「鉄鋼腐食科学」『鉄鋼工学講座』11 朝倉書店 1975
- (8) 大澤正己「房総風土記の丘実験試料と発掘試料」『千葉県立房総風土記の丘 年報15』(平成3年度) 千葉県房総風土記の丘 1992



Fe-O系平衡状態図



- (9) 大澤正己「カンジャーガマ岩陰遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『大謝名カンジャーガマ岩陰遺跡の鍛冶関連遺物』～市道大謝名4号道路の舗装改良工事に伴う緊急調査報告書～(宜野湾市文化財調査報告書 第29集) 沖縄県宜野湾市教育委員会 1998
- (10) 大澤正己・渡久地真「中城城跡出土鍛冶関連遺物の意義」～鉄滓、微細遺物：粒状滓、鍛造剥片の金属学的調査～『たたら研究』第45号 たたら研究会 2006
- (11) ①大澤正己・大城慧「沖縄出土鉄器の調査」『昭和63年度たたら研究大会発表要旨』たたら研究会種子島開発総合センター 1988. 11. 26 我謝遺跡出土鉄釘の非金属介在物：37%TiO<sub>2</sub> 13～16c
- ②大澤正己「パナタガー嶺・上ノ頂・尻川遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『尻川遺跡』(平良市埋蔵文化財調査報告書 第5集) 平良市教育委員会 2003 角釘の非金属介在物：ウスタイト+フアイヤライト 1.8%～2.4%TiO<sub>2</sub>含有 14～18c
- ③大澤正己「根間・西里遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『根間・西里遺跡』(宮古島市埋蔵文化財発掘調査報告書 第1集) 宮古島市教育委員会 2006 鍋破片の非金属介在物：64.8%FeO-51.1%TiO<sub>2</sub> MnS：砂鉄系鑄鉄 坩堝：Sn、Zn 酸化物：黄銅製品製作か
- ④大澤正己「宮古・住屋遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『住屋遺跡(Ⅰ)』(平良市埋蔵文化財調査報告書 第4集) 平良市教育委員会 1999 鉄釘、刀子の非金属介在物からTi分析出
- (12) 大澤正己「カイジ浜貝塚出土の鉄器および周辺遺跡出土遺物の金属学的調査」『カイジ浜貝塚』(沖縄県文化財調査報告書第115集) 沖縄県教育委員会 1994
- (13) 大澤正己・鈴木瑞穂「当山東原遺跡出土銅釘と鉄滓の金属組織」『当山東原遺跡』(浦添市文化財調査報告書第33集) 浦添市教育委員会 2003
- (14) 大澤正己「首里城跡出土の青銅製品の科学分析調査～平成8年度事業～」『首里城跡』～京の内跡発掘調査報告書(Ⅰ)～(沖縄県文化財調査報告書第132集) 沖縄県教育委員会 1998
- (15) 大澤正己(12)前掲書
- (16) 浦添市教育委員会よりの情報
- (17) 沖縄県教育委員会『湧田古窯跡(Ⅳ)』～県民広場地下駐車場建設に係る発掘調査～(沖縄県文化財調査報告書第136集) 1999
- 上記報告書には記載されていないが坩堝溶着物の分析報告を提出してある。大澤正己・鈴木瑞穂「湧田古窯跡出土鑄造関連遺物の金属学的調査」2004.6提出
- (18) 大澤正己((11)-③)前掲書
- (19) 大澤正己(12)前掲書 羽口熔融物内銅粒は4点調査して全部がCu-Sn合金であった。
- (20) 滋賀県教育委員会『鍛冶屋敷遺跡』-甲賀市信楽町黄瀬-2006.3 当書に分析報告「鉄」の存在をi 銅・鉄両方の鑄込み作業説。ii 銅のみで鉄は銅素材の不純物の2説の可能性を提示。大澤正己・鈴木瑞穂「鍛冶屋敷出土遺物の金属学的調査」
- (21) 大道和人・大澤正己「滋賀県甲賀市鍛冶屋敷跡の調査～「鉄」をめぐる解釈について～」『鑄造遺跡研究資料2005』<日本古代の鑄物生産>鑄造遺跡研究会 2005.10
- (22) 大澤正己「吉塚祝町遺跡出土銅鑄造・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『吉塚祝町遺跡2』(福岡市埋蔵文化財調査報告書第912集) 福岡市教育委員会 2006.3
- (23) 大澤正己「大宰府観世音寺地区鑄銅・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『観世音寺～遺物・考察編』九州歴史資料館 2007
- (24) 石野亨『鑄造』(技術の源流と歴史) 1977 137～140頁
- (25) 内田俊秀「日本国内の中世銅製品の素材からみた特徴」『シンポジウム中世日本の鑄物生産-日本列

島の西と東一』京都橘大学 2006.9

- (26) 対外関係史総合年表編纂委員会編『対外関係史総合年表』吉川弘文館 1999
- (27) 内田俊彦 (25) 前掲書
- (28) 大澤正己 (14) 前掲書
- (29) 大澤正己「上加世田遺跡出土製鉄一貫体制遺物と鑄銅遺物の金属学的調査」『上加世田遺跡一 I』(加世田市埋蔵文化財発掘調査報告書(3)) 加世田市教育委員会 1985
- (30) 大澤正己 (2) 前掲書参照
- (31) 門倉三能『北支鐵硫黄鑛資源』丸善 昭和 15 年上記文献を元に稲角氏の解説文があり、これを引用した。稲角忠弘「中国土法製鉄の使用原料について」『「中国製鉄史」研究グループ第 4 回例会予稿集』(社)日本鉄鋼協会 社会鉄鋼工学部会「鉄の歴史～その技術と文化～」フォーラム編 2006.5
- (32) 大澤正己「弥生時代の鉄器の動向～金属学的見地からのアプローチ」(『東日本における鉄器文化の受容と展開』第 4 回鉄器文化研究会) 埼玉県朝霞市コミュニティセンターホール 1997
- (33) 沖縄県公文書館管理部 資料編集室 大城慧氏依頼の鉄滓 5 点ある (竹富町西表祖納在住の石垣金星氏採集)。後日発表予定。
- (34) 竹富町教育委員会『伝ペーミシュク村跡遺跡』(竹富町文化財調査報告書第 1 集) 2000.3 当報告書には総数 988 個の鉄滓 13.3Kg が出土。羽口や中国産陶磁器など出土。鉄滓の成分分析の成果は別稿となる。後日刊行予定のものである。2001.6.5 原稿提出
- (35) 大澤正己 (2) 前掲書 1987 年 1999 年
- (36) 大澤正己・鈴木瑞穂「上原同原遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『基地内埋蔵文化財調査報告書 II』上原同原遺跡範囲確認調査他。(宜野湾市文化財調査報告書第 38 集) 沖縄県宜野湾市教育委員会 2006.3
- (37) 北谷町教育委員会『後兼久原遺跡』(北谷町文化財調査報告書第 21 集) 2003.3 当報告書に砂鉄分析結果のみ掲載されている。大澤正己「後兼久原遺跡 砂鉄貯蔵穴出土の砂鉄分析結果」

〔参考資料〕

『明実録』

永樂六年五月己酉朔

〔癸丑〕 日本國王源道義、遣僧圭密等百余人、貢方物、并獻所獲海寇、上命以寇

屬刑部、賜圭密鈔百錠錢十萬綵幣五表裏僧衣一襲、賜其僉從、有差。

※永樂六年（一四〇八）五月

日本國王源道義、僧圭密ら百余人を遣し、方物を貢ぐ。並びに海寇を捉えし所を獻す。上（天帝）寇を以て刑部に屬すを命ず。圭密、鈔百錠・錢十萬・綵幣五・表裏僧衣一襲を賜う。其れ僉從に賜う。差し有り。

『李朝実録』

〔太宗実録〕

太宗十七年十二月壬午朔

〔庚寅〕 對馬島守護宗貞茂、送銅鐵五百斤、請範鍾也、教曰、今姑鑄給、勿以為式。

※太宗十七年（一四一七）永樂十五年十二月

對馬島守護宗貞茂、銅鐵五百斤を送り、範鍾を請うなり。教えて曰く、「今姑く鑄給う。以て式と為す勿れ。」

〔世宗実録〕

世宗元年八月戊寅朔

〔辛卯〕 倭人司正表沙貴、率其國銅鐵匠來、

※世宗元年（一四一八）八月

倭人司正表沙貴、其の國の銅鐵匠を率いて來たる。

世宗元年四月乙亥朔

〔丁亥〕 視事、上曰、「典祀請鑄祭器、何如、禮曹判書許稠對曰、鑿器易破、遠輸甚難、不如銅器之牢緻、宜買商倭銅鐵鑄之、上曰然。」

※世宗元年（一四一九）四月

視事して、上曰く、「典祀祭器を鑄るを請う。如何、禮曹判書。」許稠對えて曰く、「鑿器破れ易く、遠輸甚だ難し。銅器の牢緻如くにあらず。商倭銅鐵之を鑄るを宜しく買う。」上曰く、「然るに。」

世宗二年十一月乙丑朔

〔己丑〕 日本國九州總管源義俊、遣人獻硫黃二千斤・蘇木五百斤・銅二百斤、回賜麻布三千匹・縣布四百七十四匹、濃州太守平宗壽・筑州石城管事民部少輔平滿景・石城商倭宗金等、亦各遣人來獻土宜、回賜有差。

※世宗二年（一四二〇）十一月

日本國九州總管源義俊、人を遣し硫黃二千斤・蘇木五百斤・銅二百斤を獻す。回して麻布三千匹・縣布四百七十四匹を賜う。濃州太守平宗壽・筑州石城管事民部少輔平滿景・石城商倭宗金ら、また各人を遣し土宜を獻し來たる。回して賜いえ差し有る。

〔引用文献〕

日本史料集成編纂会『中国・朝鮮の史籍における日本史料集成 明実録之

部（1） 株式会社 国書刊行会 昭和54年5月20日

日本史料集成編纂会『中国・朝鮮の史籍における日本史料集成 李朝実録之部（1） 株式会社 国書刊行会 昭和54年8月25日

〔読み下し文〕

仲原伸子・長間安彦による（以上、浦添市立図書館）

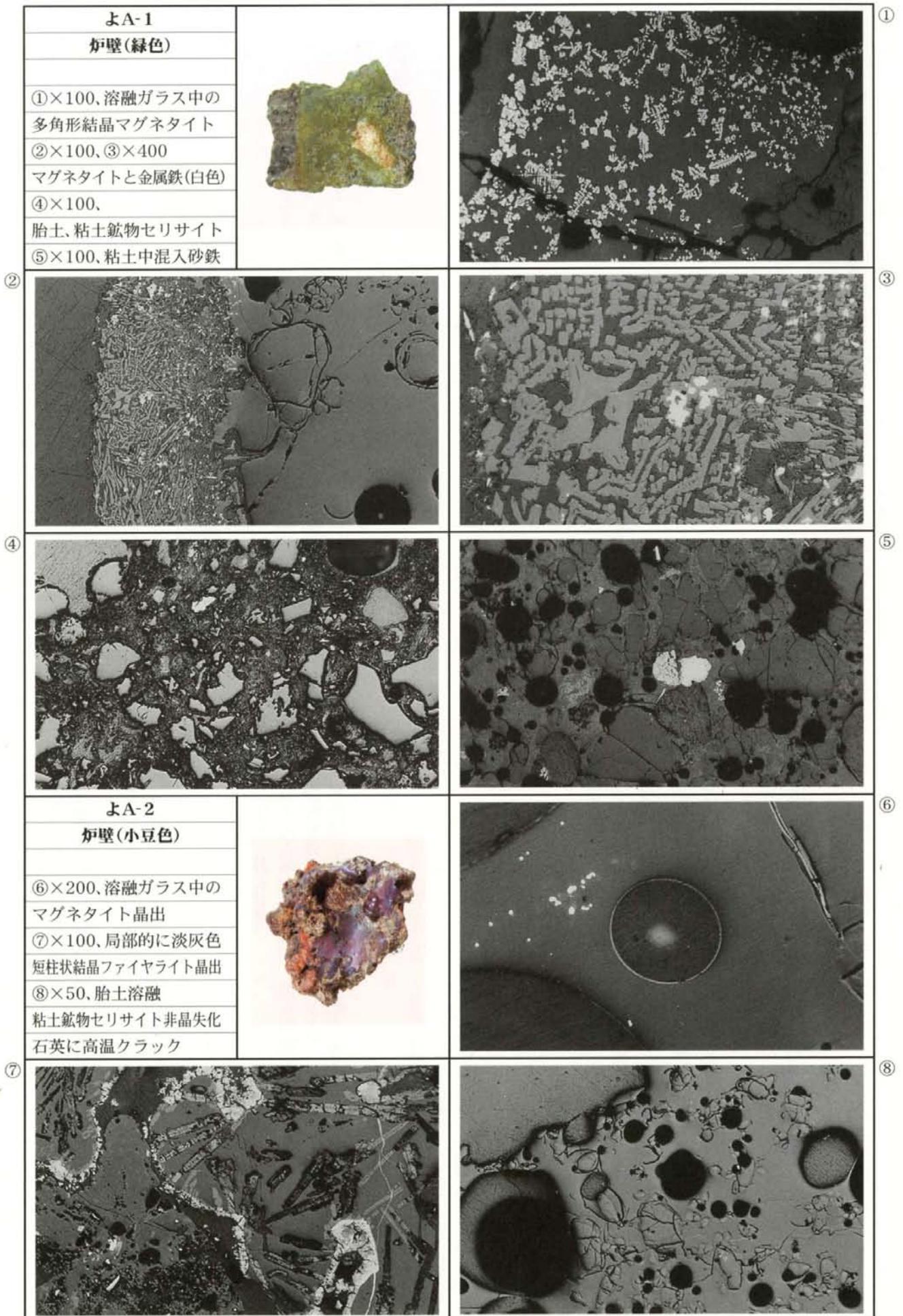


Photo.1 炉壁の顕微鏡組織

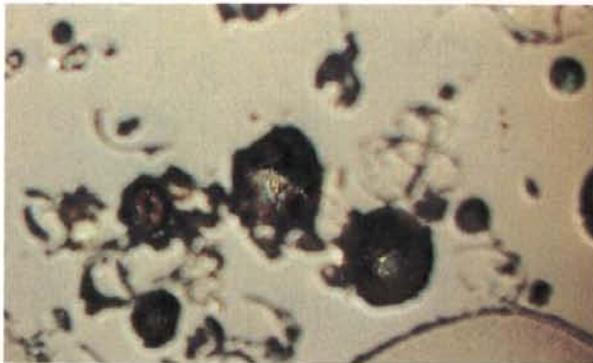
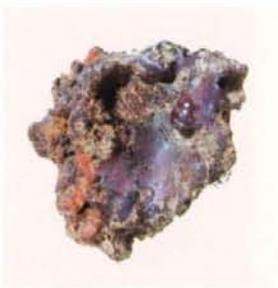
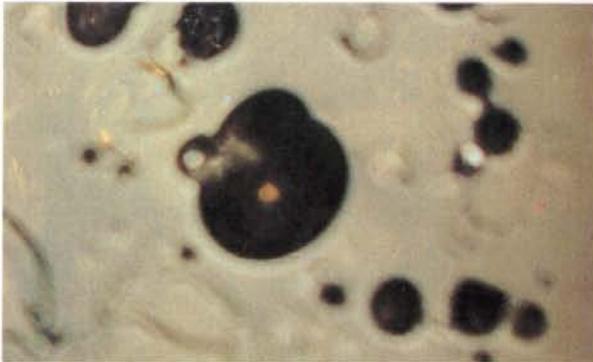
<p>よA-1 炉壁(緑色)</p> <p>①×200 黒色孔:銅溶脱痕か 中央孔:底部緑青・紅色痕跡</p>			①
<p>よA-2 炉壁(小豆色)</p> <p>②×200 黒色孔:銅溶脱痕か ③×200研磨面に焦点 ④×200溶脱痕底に焦点 右側暈し紫紅色: 銅溶脱痕跡の可能性</p>			②
<p>③</p>	 <p>暈し紫紅色</p>		④
<p>よA-3① 銅釘(角釘)</p> <p>no etch ⑤×400 銅(母金属) 褐色斑点:亜酸化銅(Cu<sub>2</sub>O)</p>			⑤
<p>よA-3② 銅釘(円頭釘)</p> <p>no etch ⑥×400 銅(母金属) 褐色斑点:亜酸化銅(Cu<sub>2</sub>O)</p>			⑥

Photo.2 炉壁と銅釘の顕微鏡組織

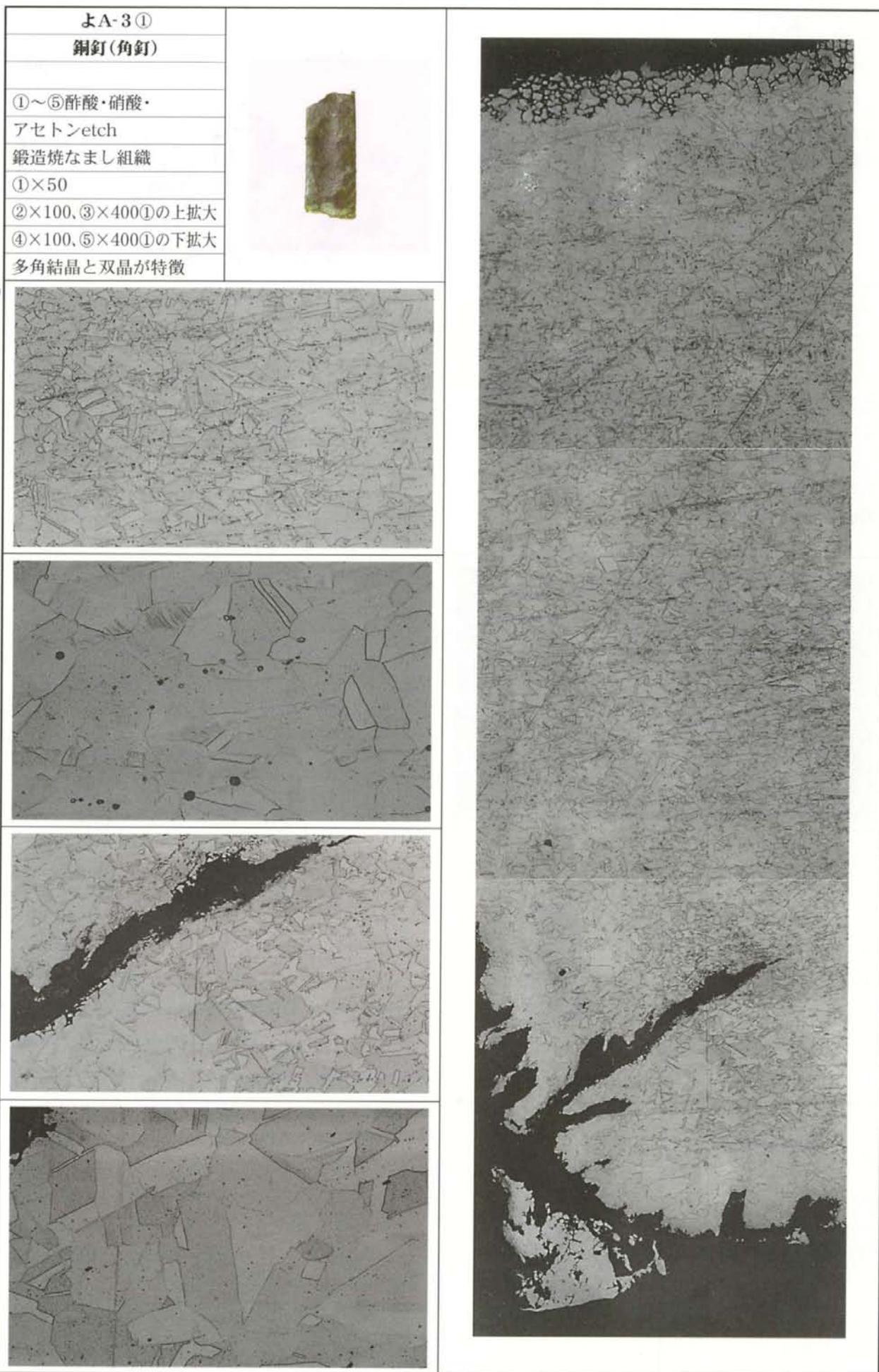


Photo.3 銅釘(角釘)の顕微鏡組織

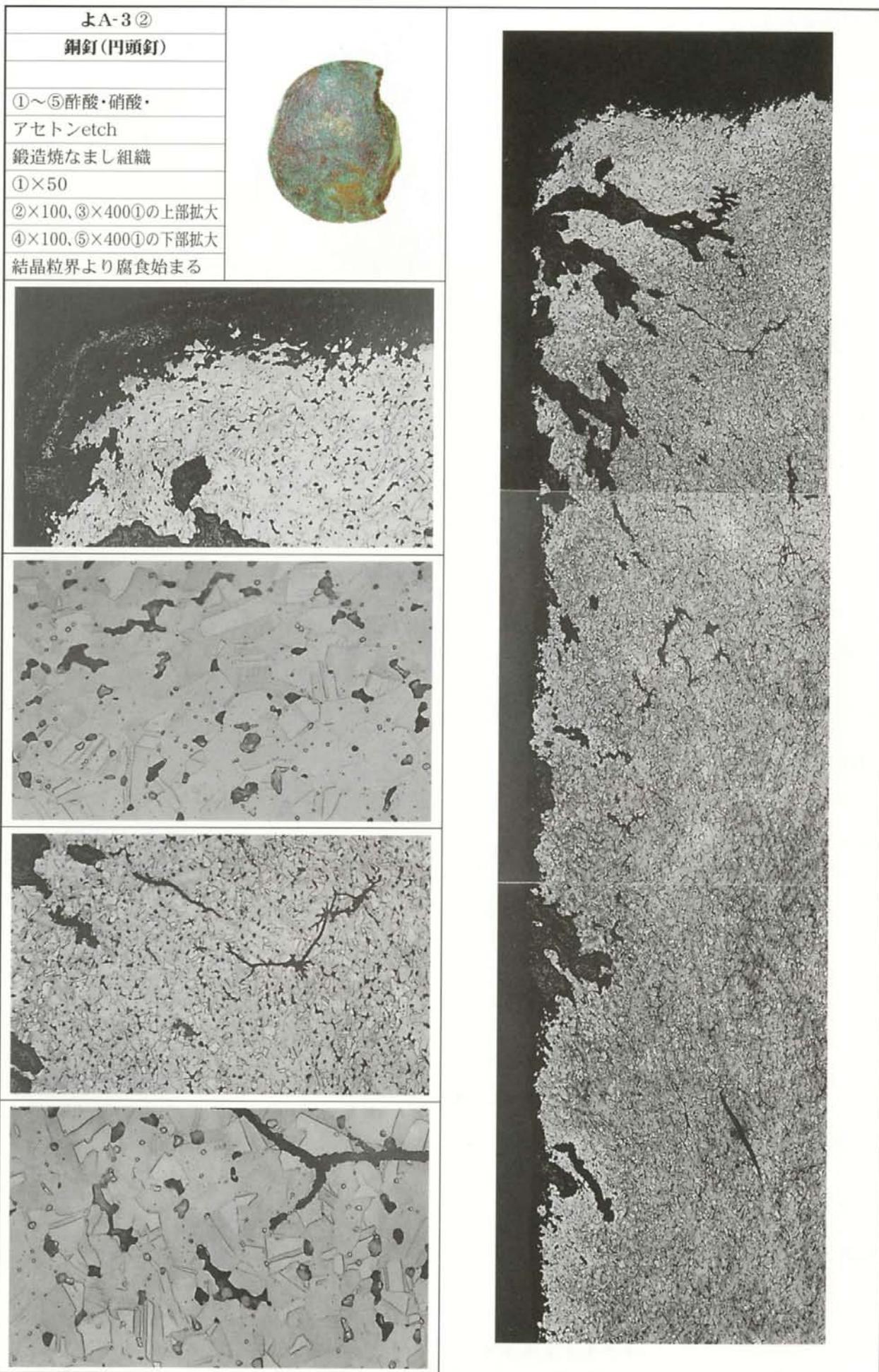


Photo.4 銅釘(円頭釘)の顕微鏡組織

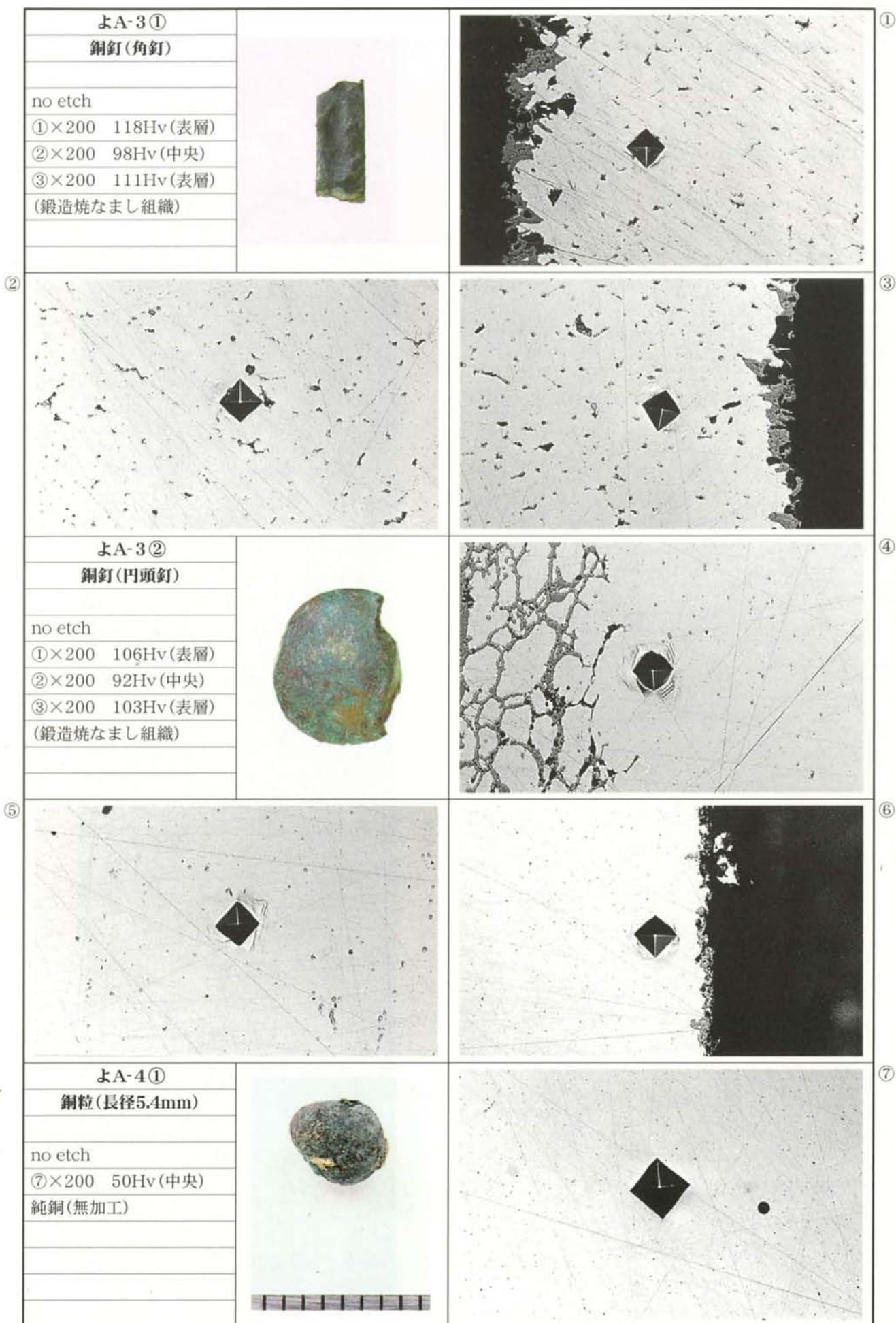
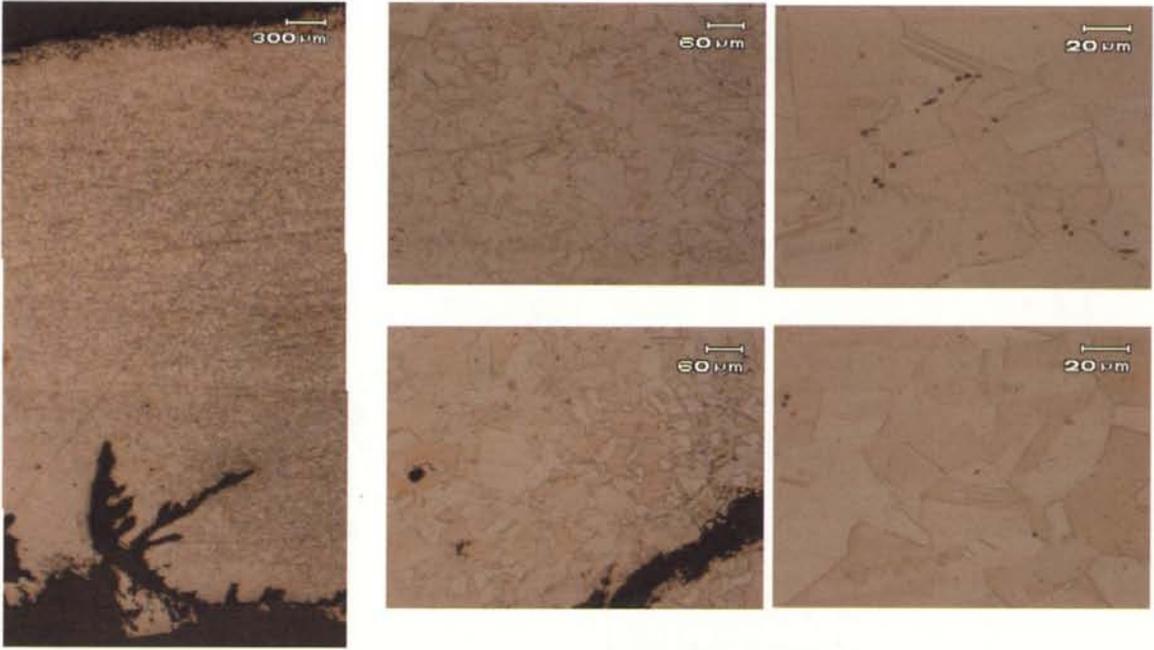
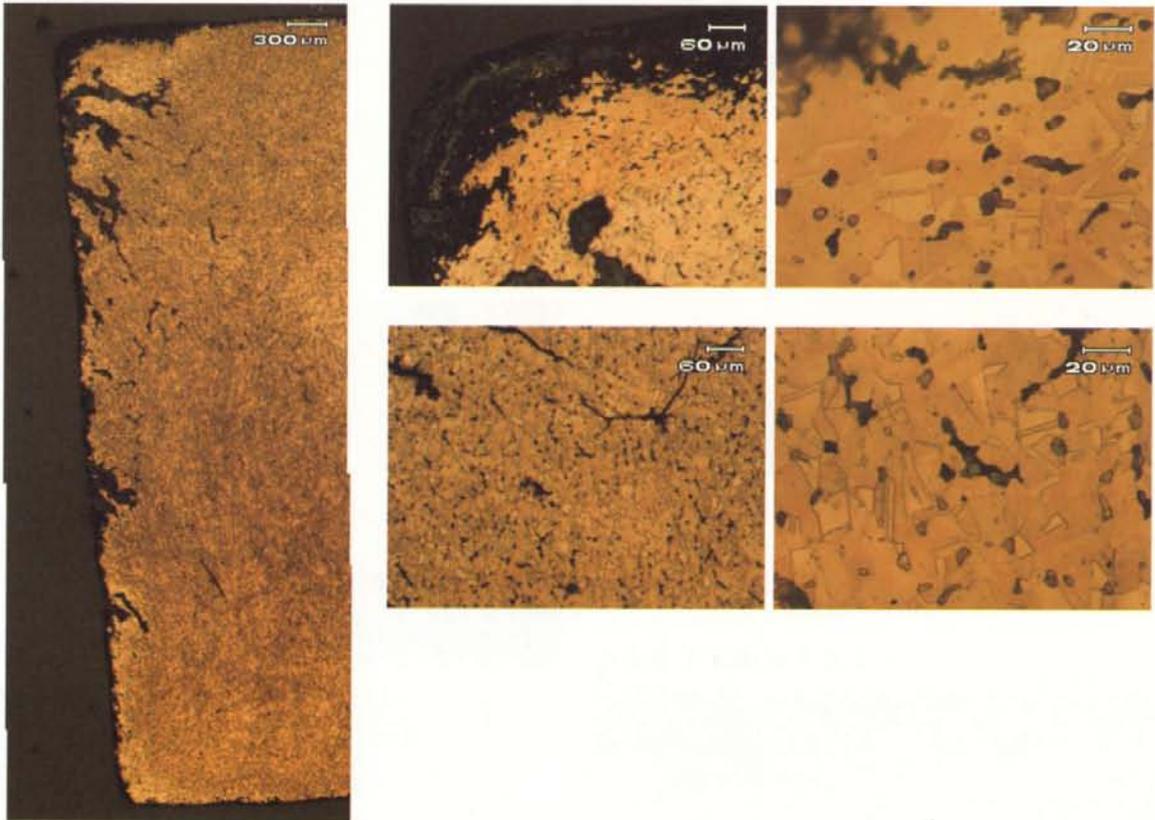


Photo.5 銅釘・銅粒の顕微鏡組織



よA-3①銅釘(角釘)の顕微鏡組織(酢酸・硝酸・アセトン混合液で腐食)



よA-3②銅釘(円頭釘)の顕微鏡組織(酢酸・硝酸・アセトン混合液で腐食)

Photo.6 銅釘の顕微鏡組織

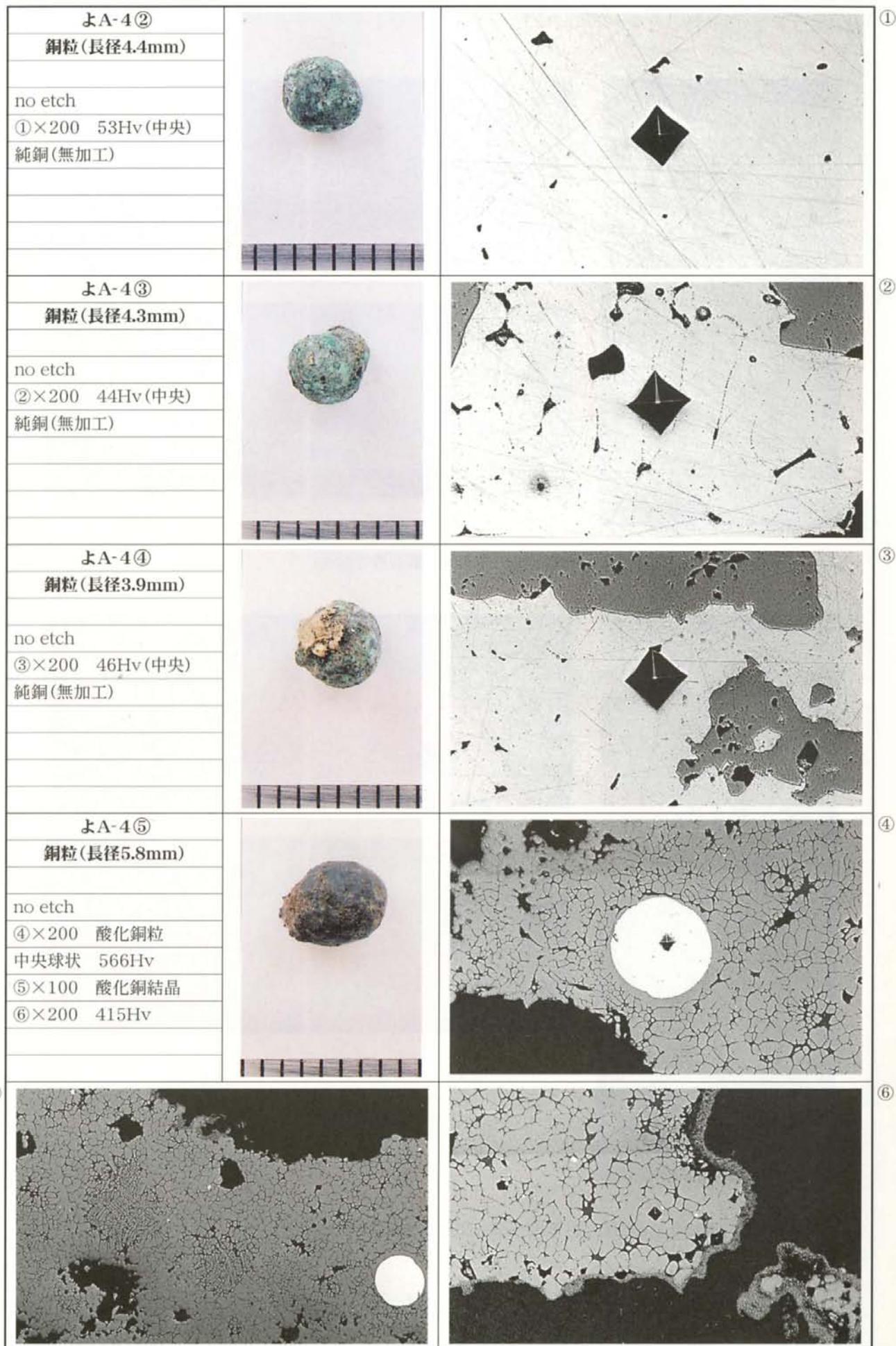


Photo.7 銅粒の顕微鏡組織

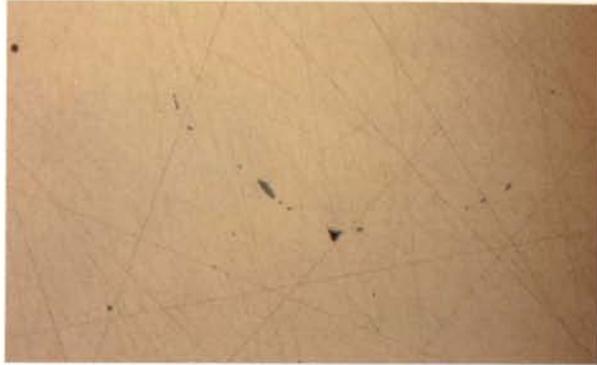
<p>よA-4① 銅粒(長径5.4mm)</p> <p>no etch ①×400 銅(母金属) 純銅 褐色斑点:亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O)</p>			①
<p>よA-4② 銅粒(長径4.4mm)</p> <p>no etch ②×400 銅(母金属) 純銅 褐色斑点:亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O)</p>			②
<p>よA-4③ 銅粒(長径4.3mm)</p> <p>no etch ③×400 銅(母金属) 純銅 褐色斑点:亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O) (結晶粒界腐食始まる)</p>			③
<p>よA-4④ 銅粒(長径3.9mm)</p> <p>no etch ④×400 銅(母金属) 純銅 褐色斑点:亜酸化銅 (Cu<sub>2</sub>O)</p>			④
<p>よA-4⑤ 銅粒(長径5.8mm)</p> <p>no etch ⑤×400 酸化銅粒 淡灰白色粒 } 酸化 淡灰白色球状 }</p>			⑤

Photo.8 銅粒の顕微鏡組織

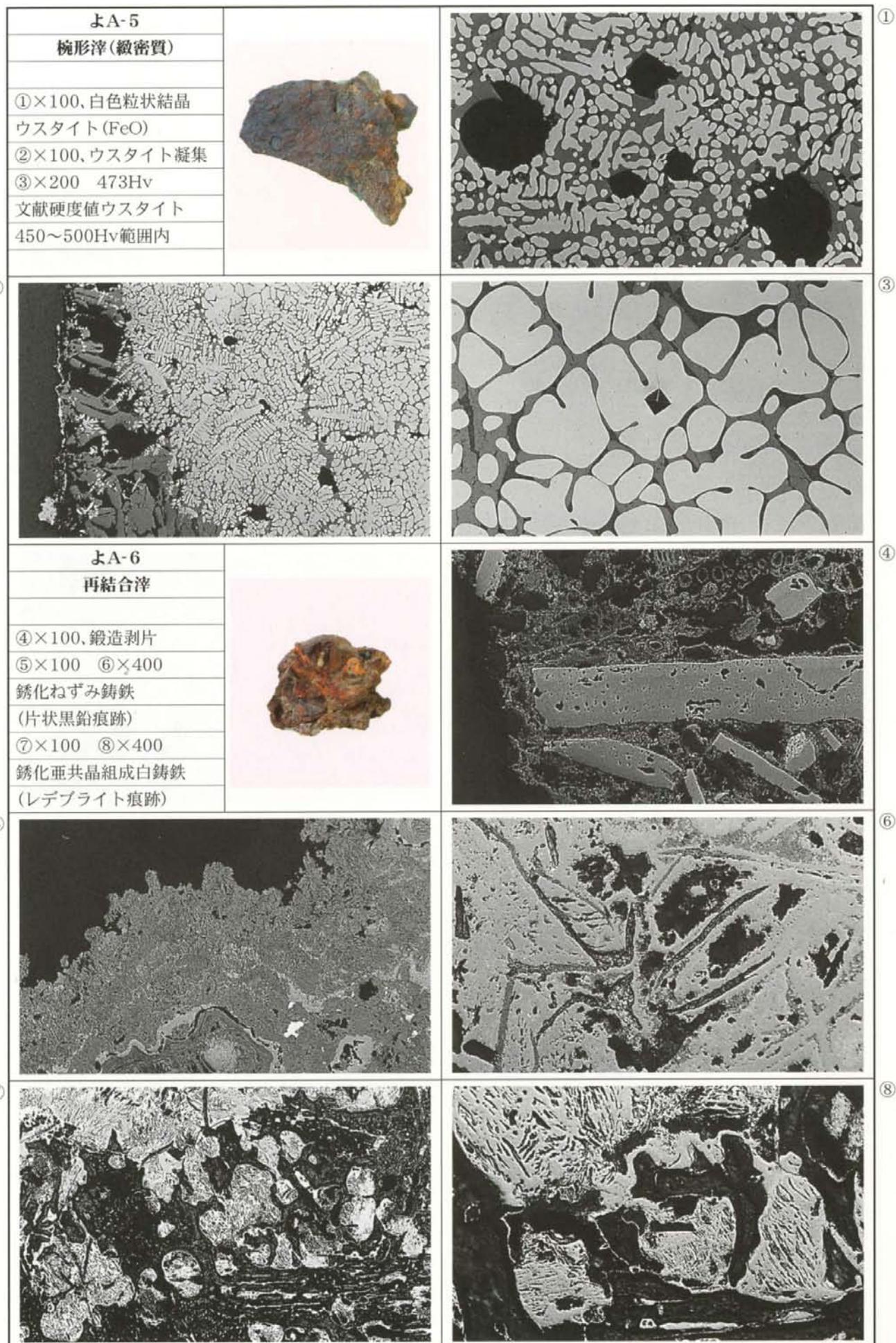


Photo.9 椀形滓・再結合滓の顕微鏡組織

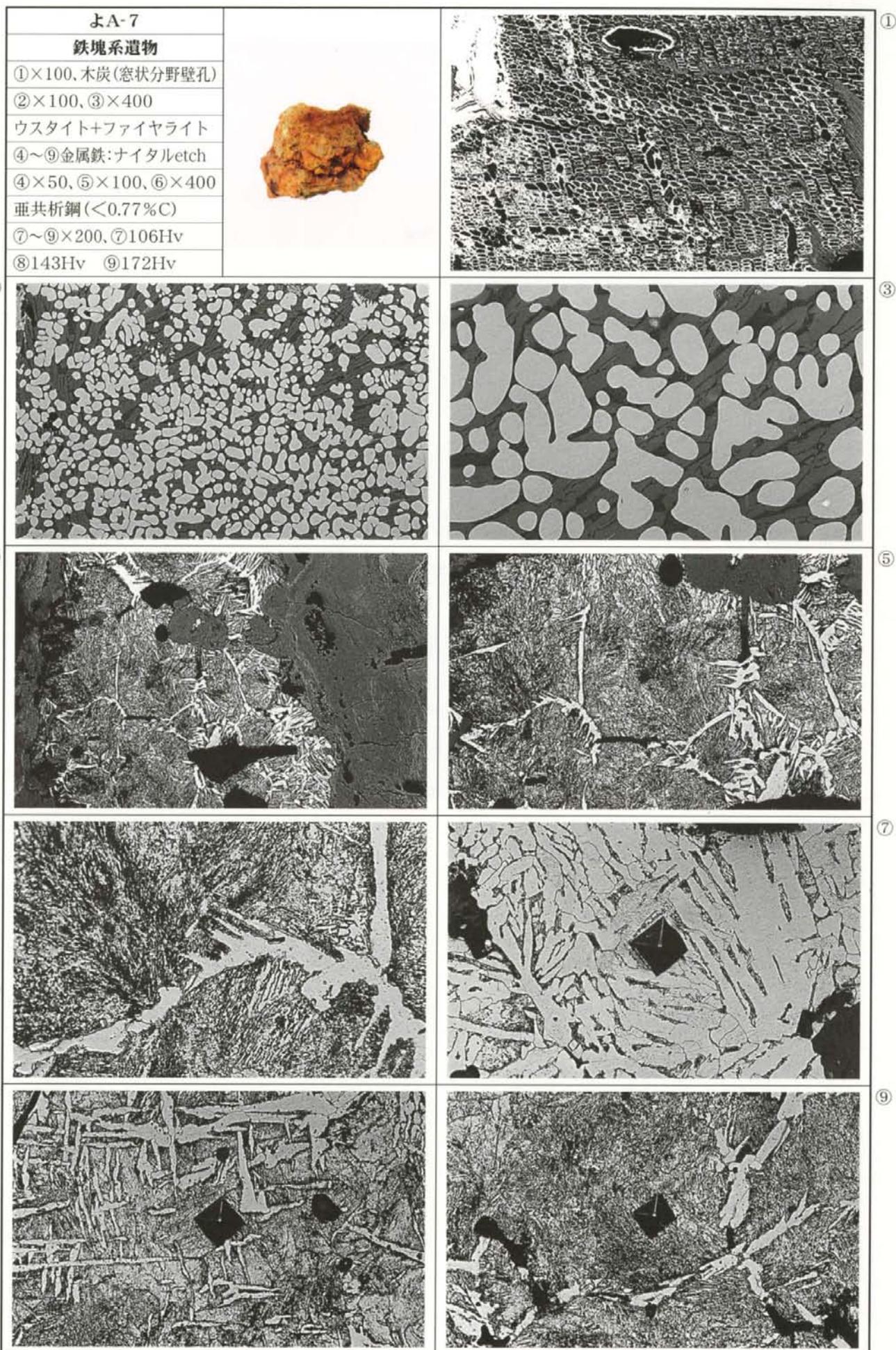


Photo.10 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

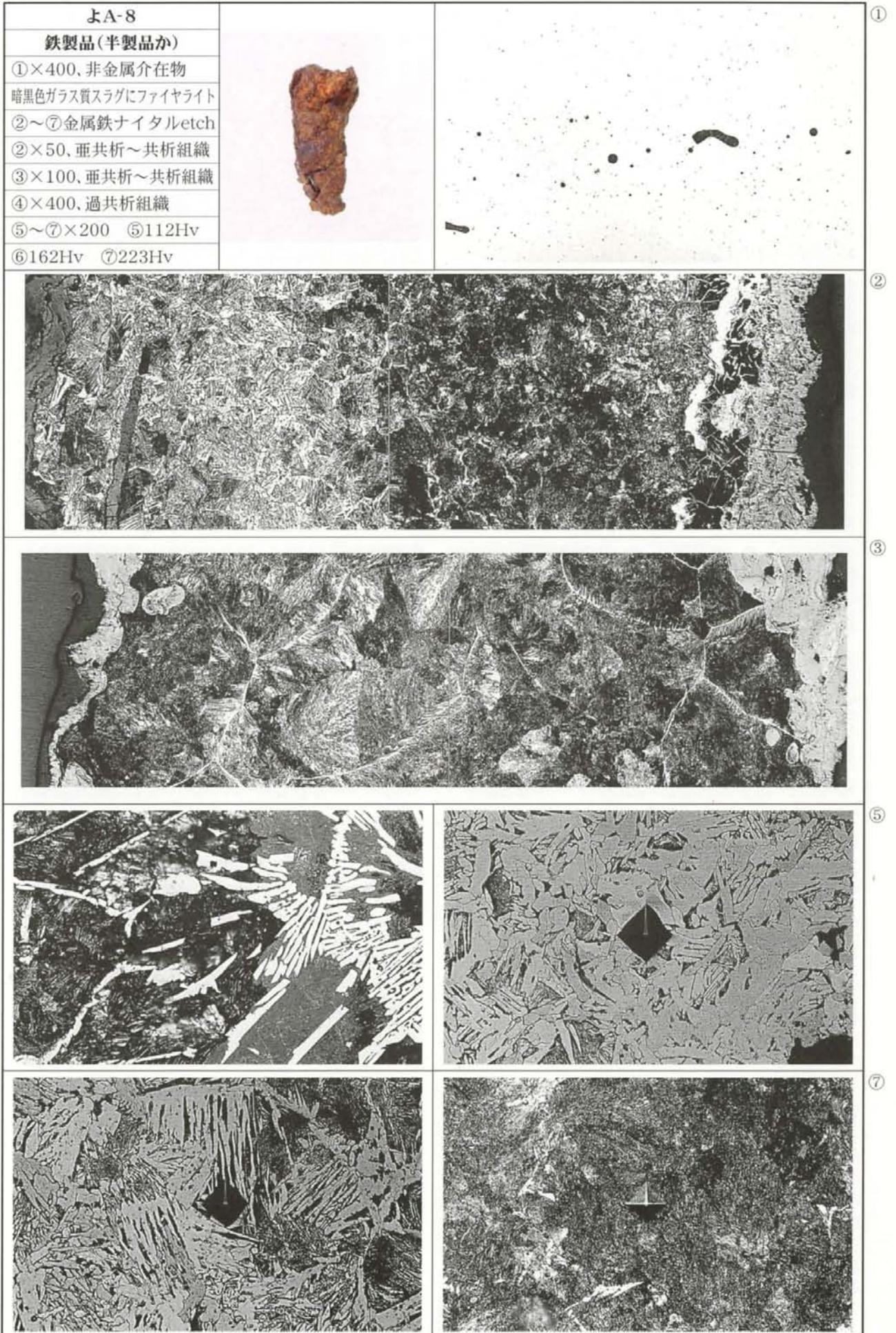


Photo.11 鉄製品(半製品か)の顕微鏡組織

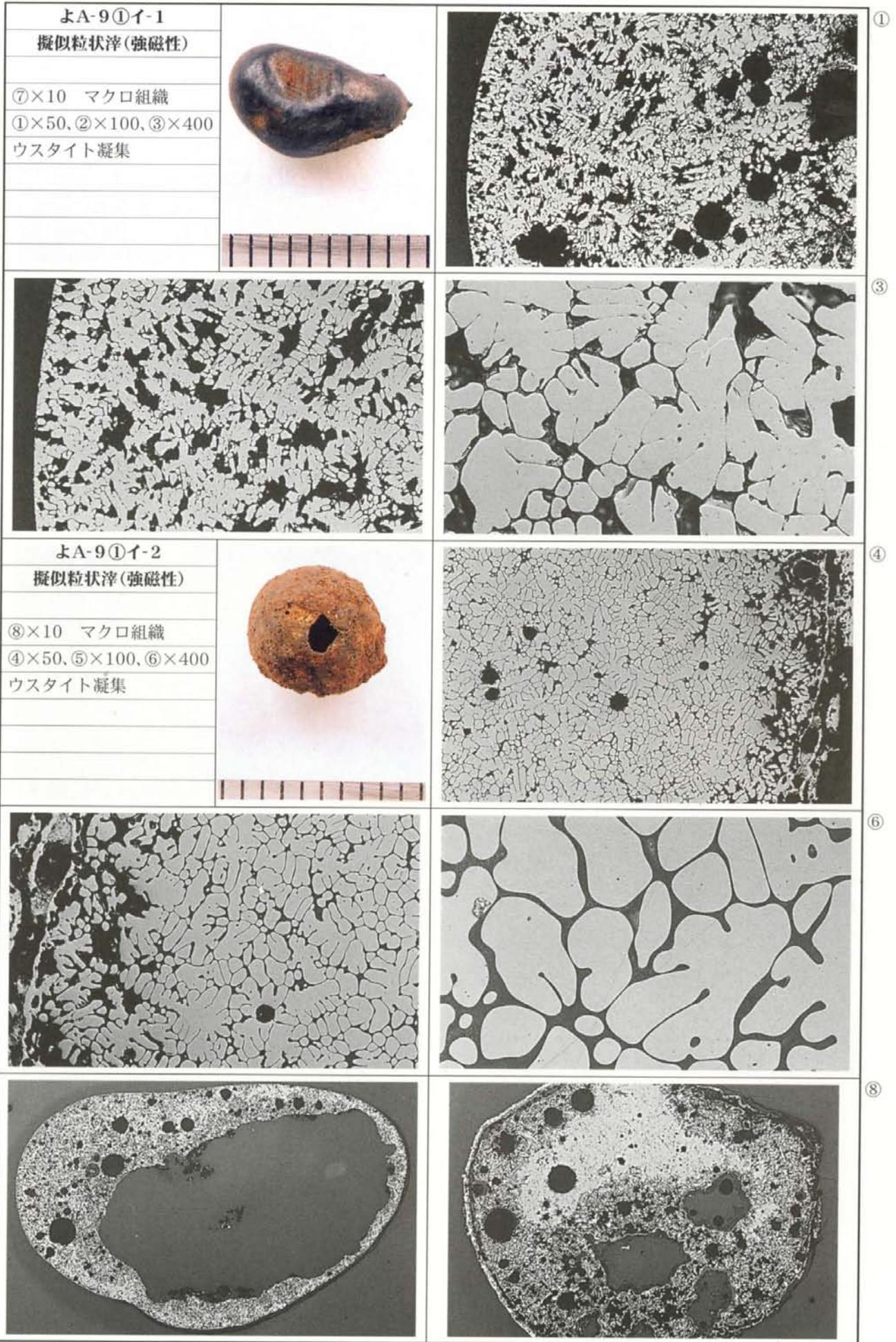


Photo.12 粒状滓の顕微鏡組織

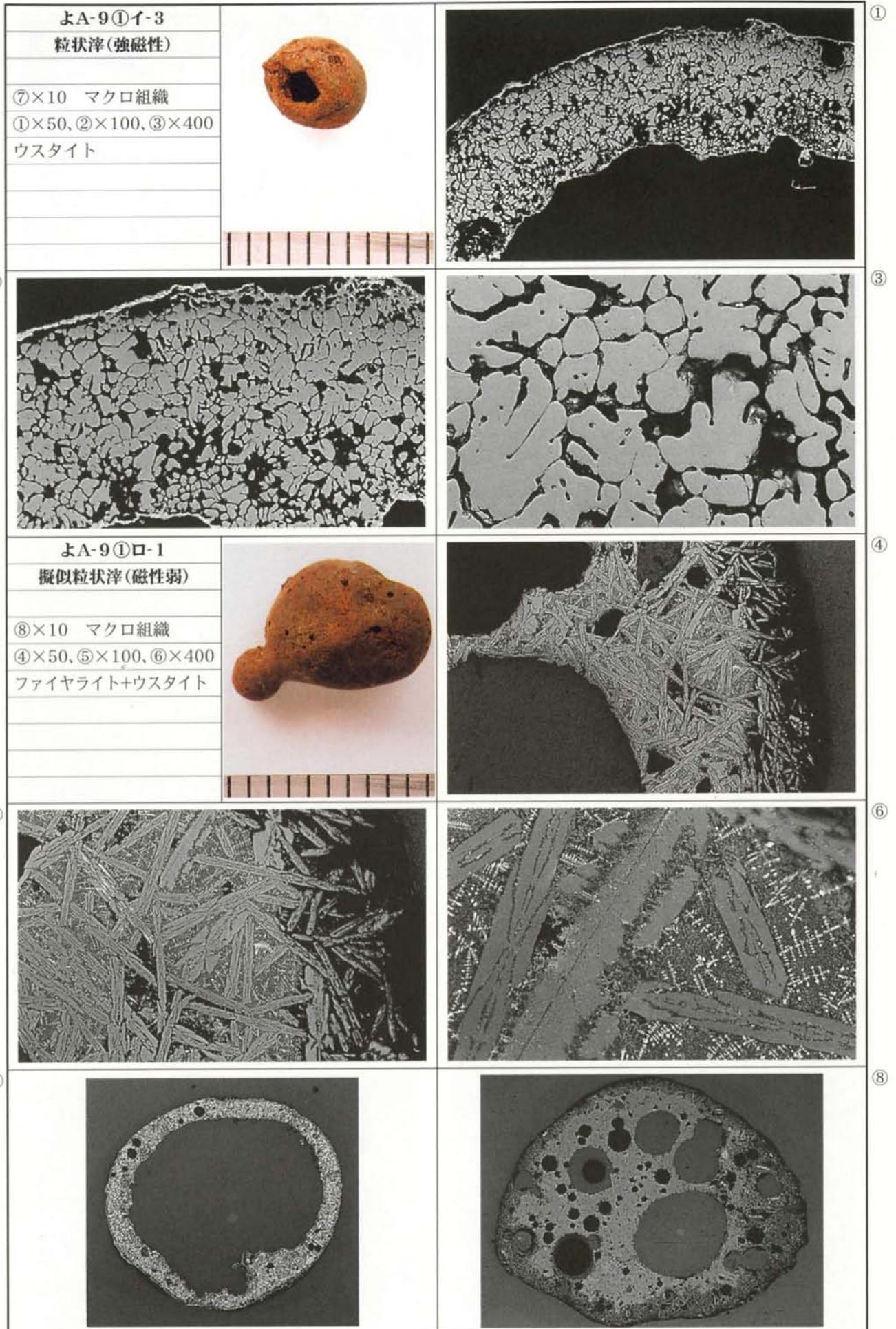


Photo.13 粒状滓の顕微鏡組織

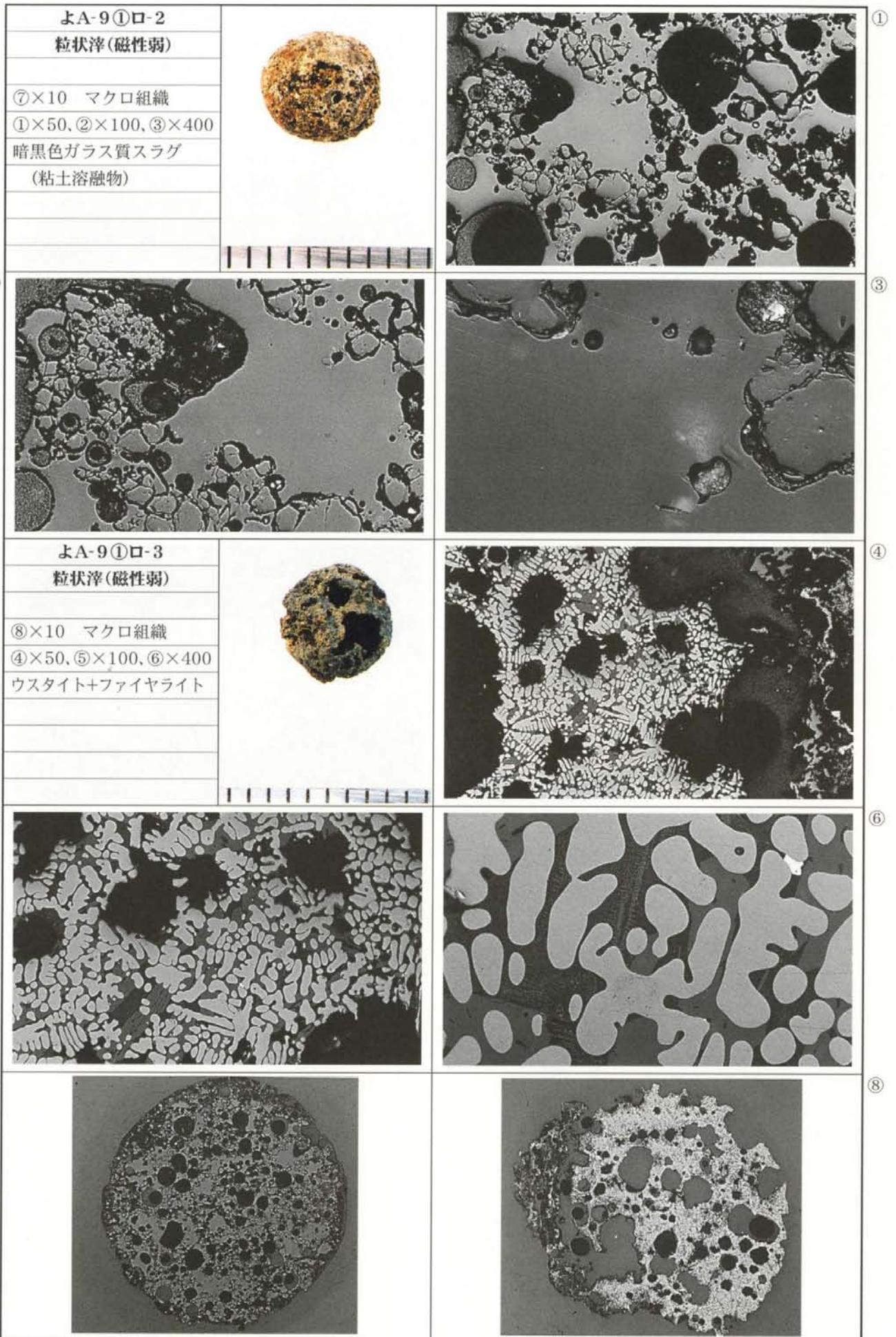


Photo.14 粒状滓の顕微鏡組織

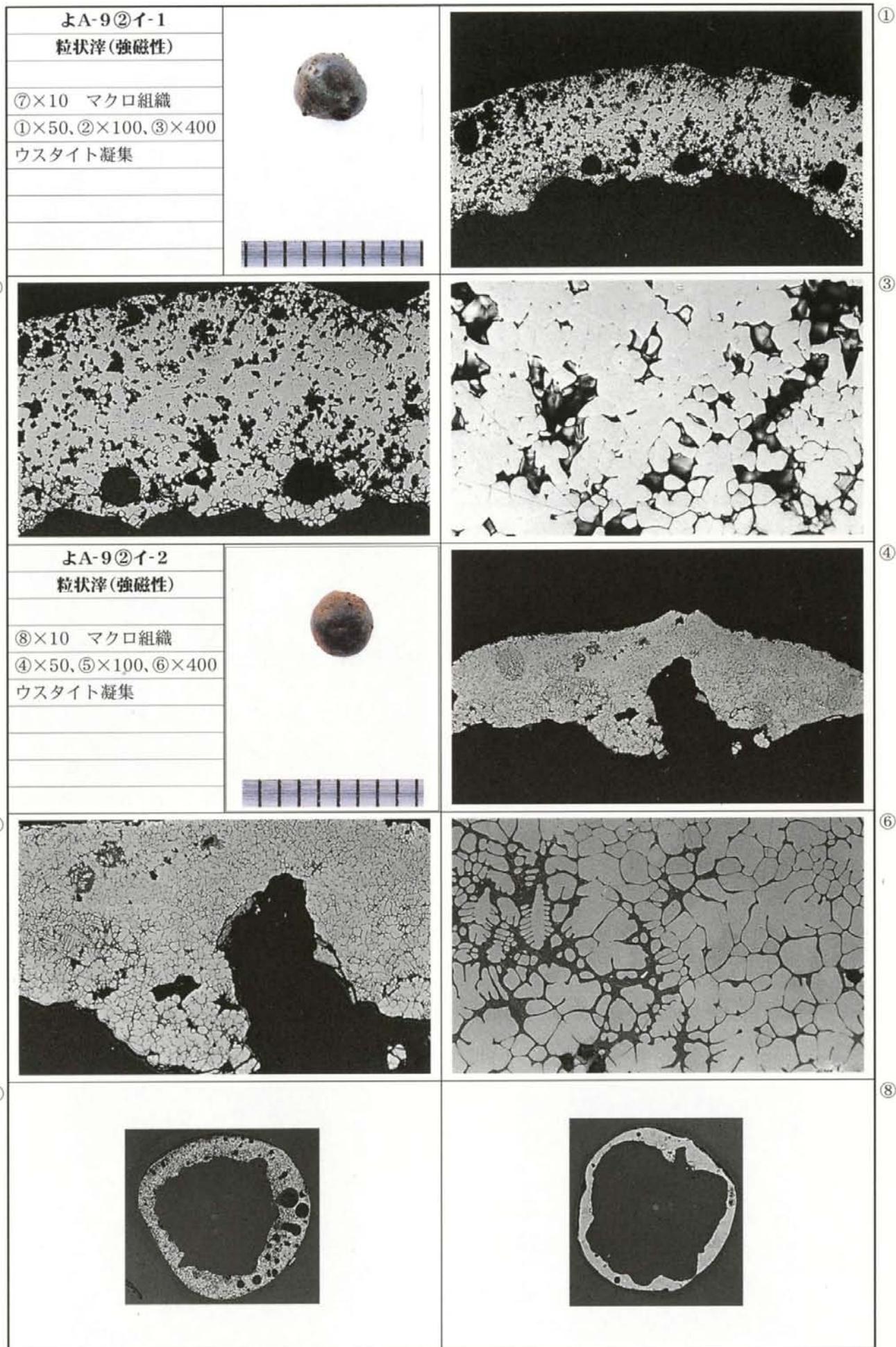


Photo.15 粒状滓の顕微鏡組織

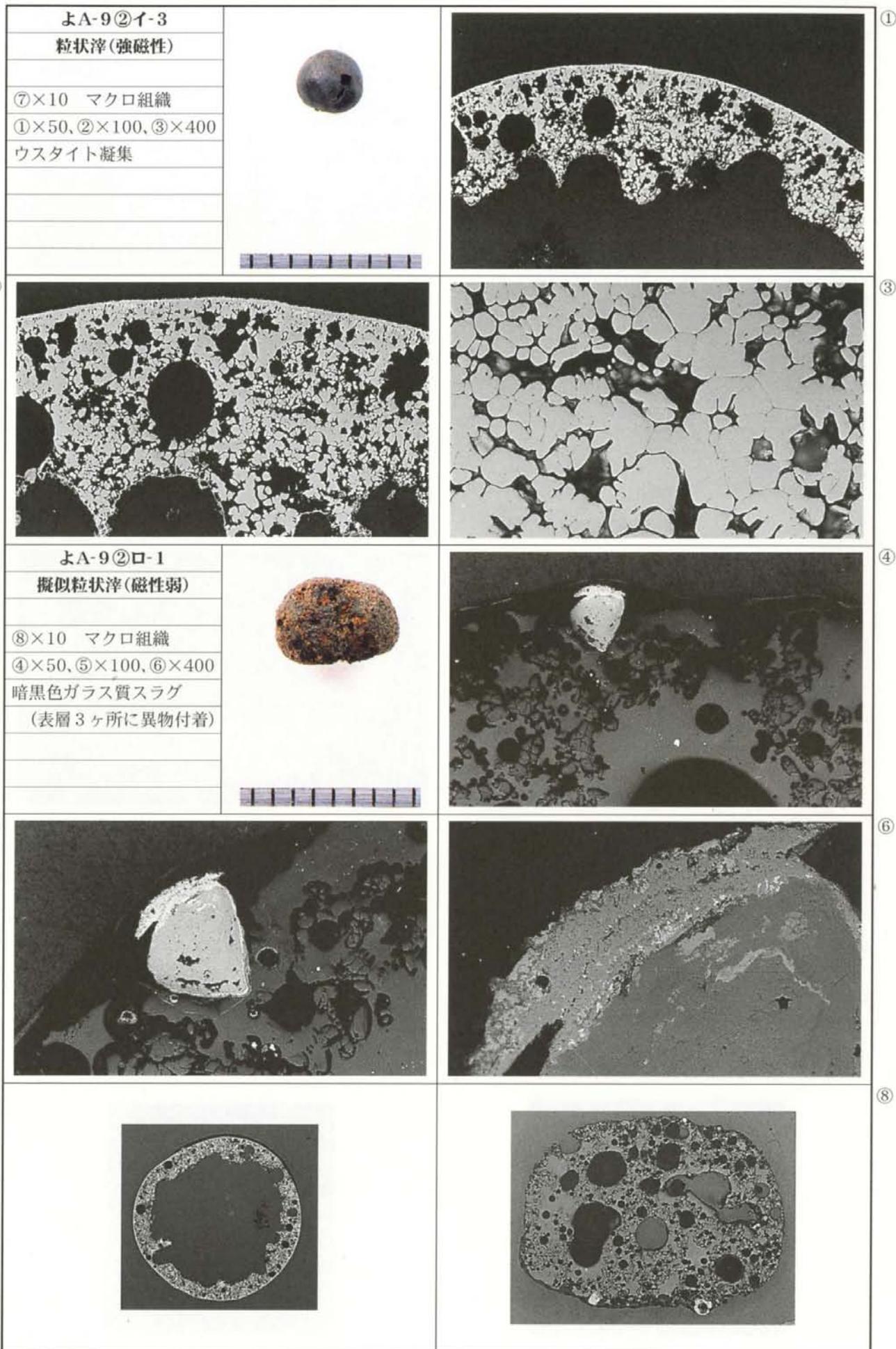


Photo.16 粒状滓の顕微鏡組織

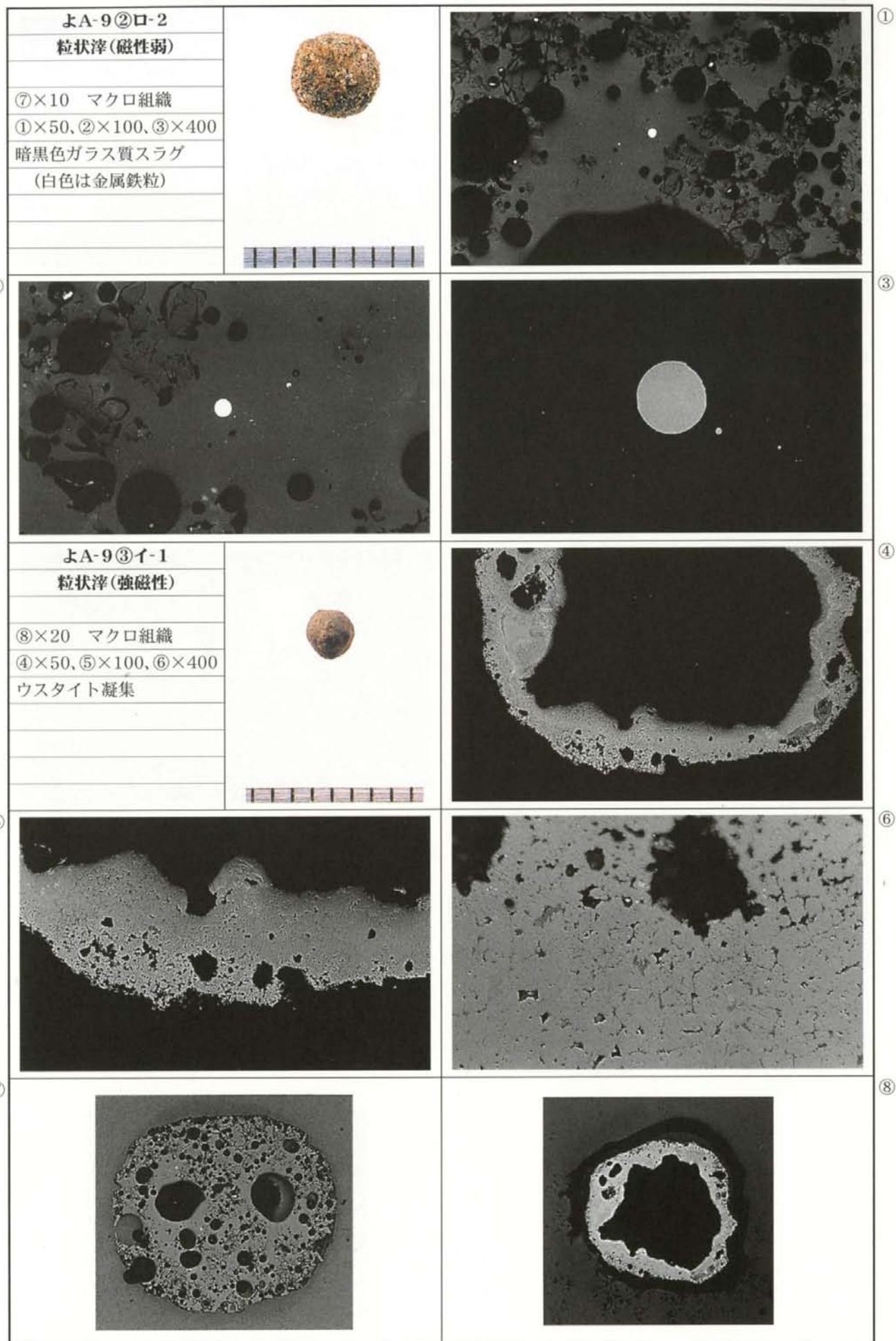


Photo.17 粒状滓の顕微鏡組織

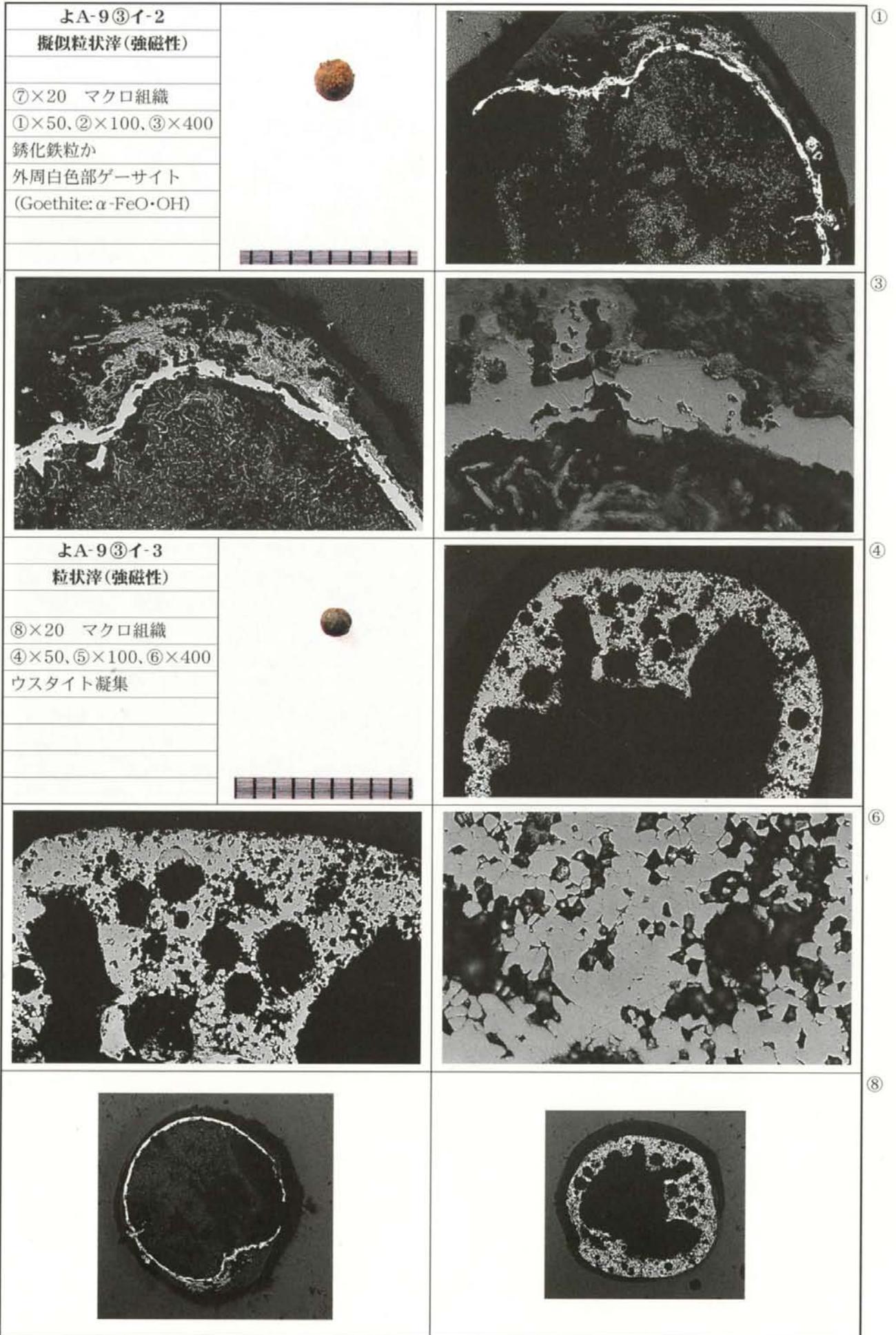


Photo.18 擬似粒状滓・粒状滓の顕微鏡組織

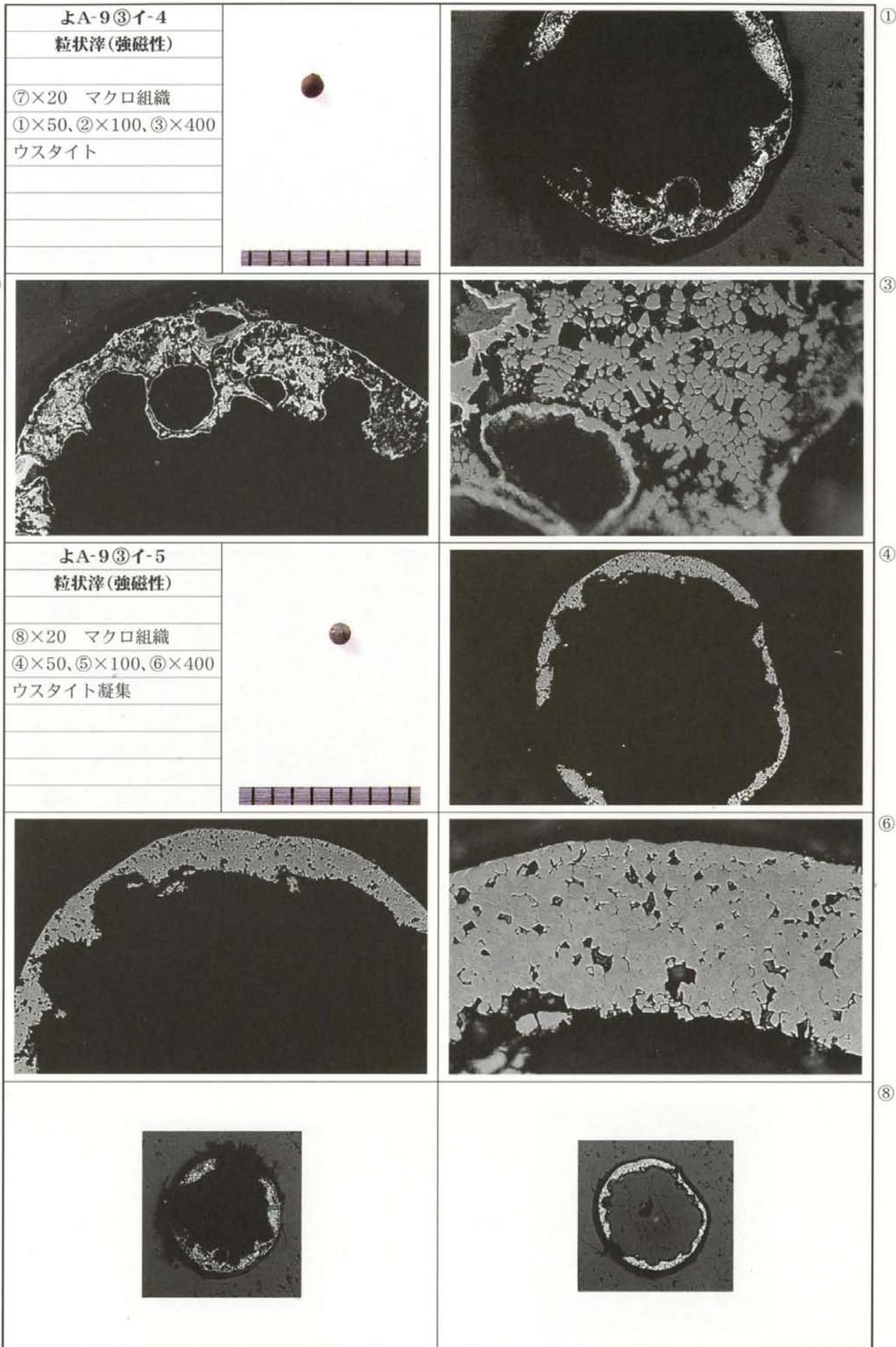


Photo.19 粒状滓の顕微鏡組織

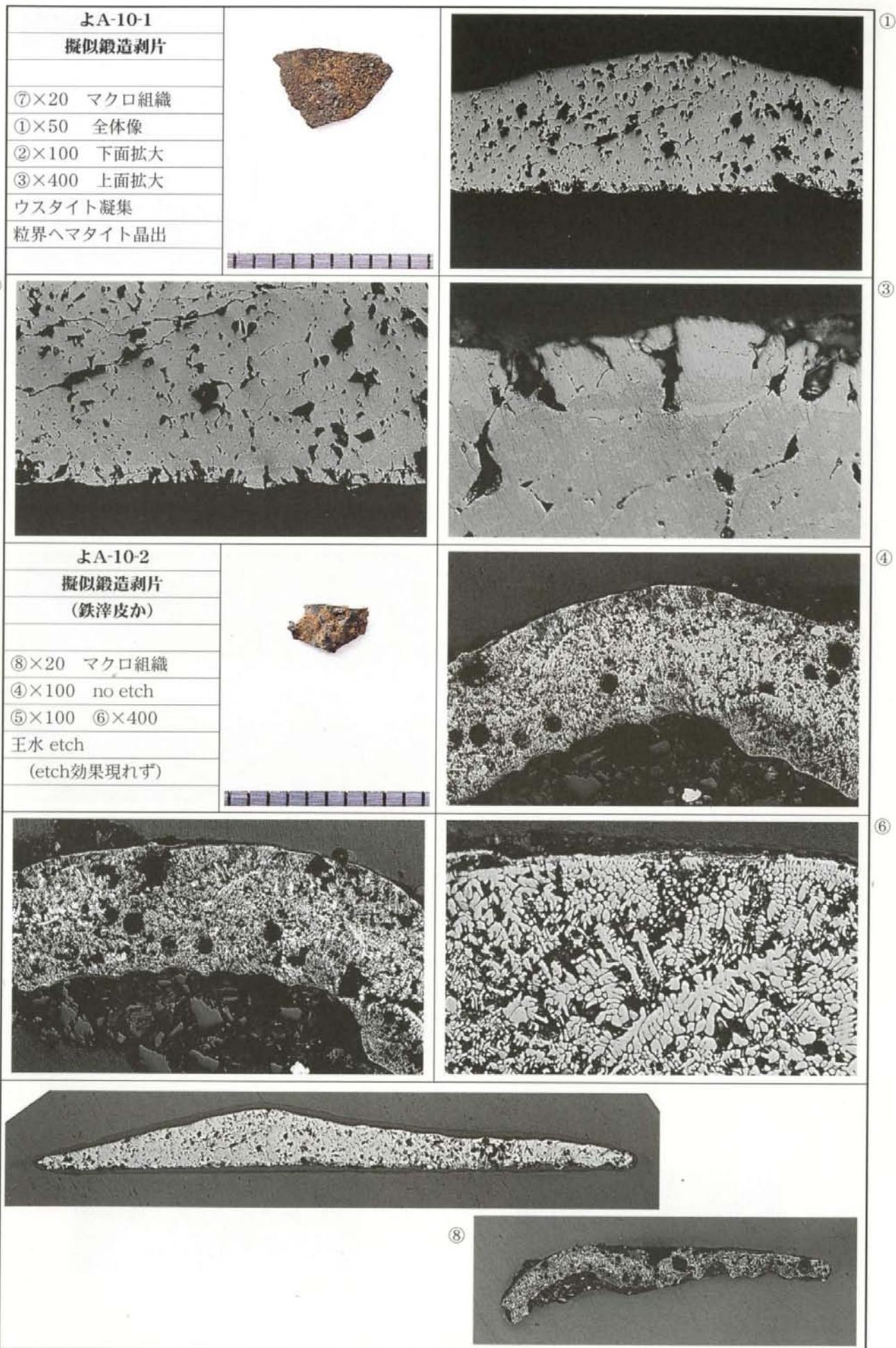


Photo.20 擬似鍛造剥片・鉄滓皮の顕微鏡組織

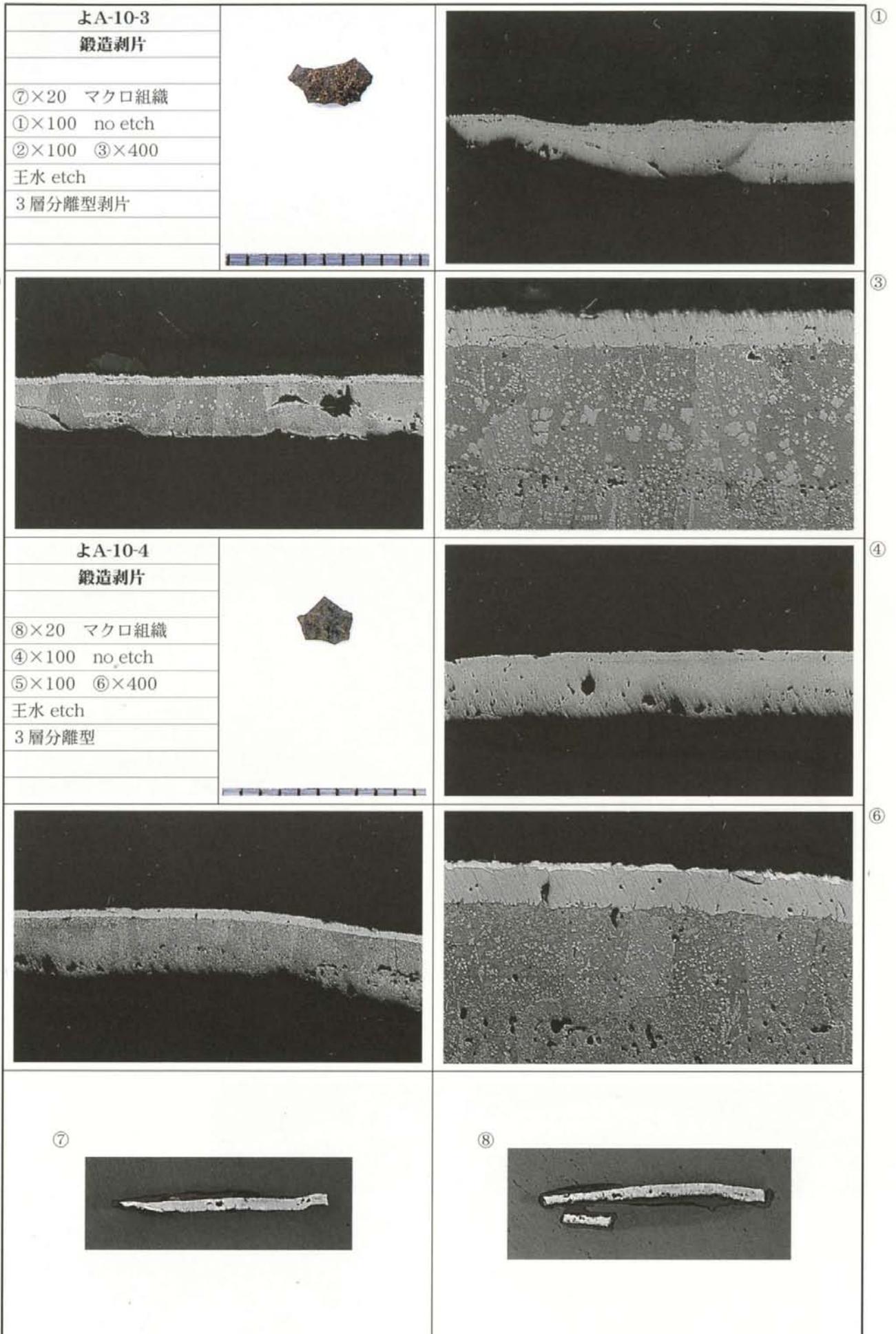


Photo.21 鍛造剥片の顕微鏡組織

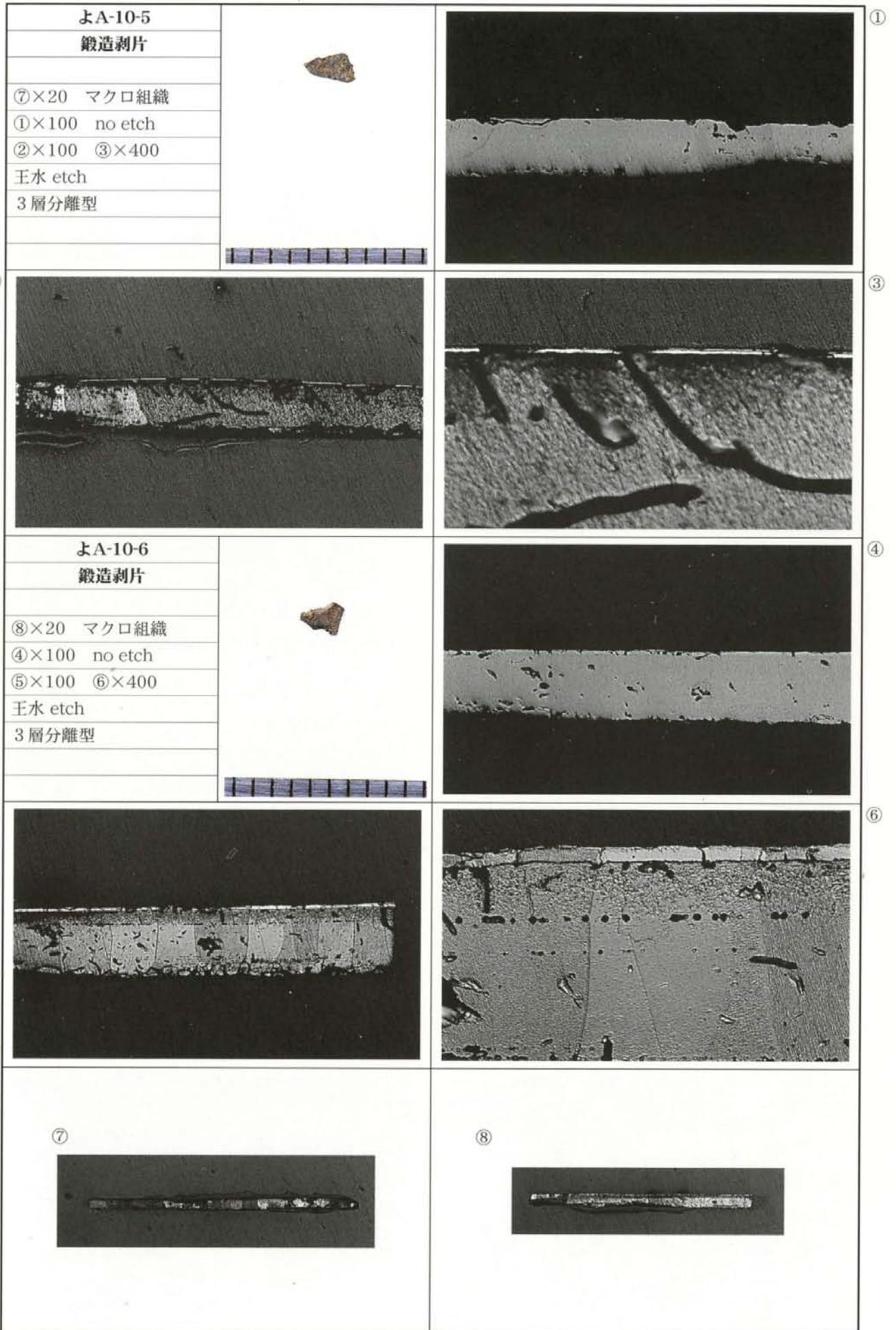


Photo.22 鍛造剥片の顕微鏡組織

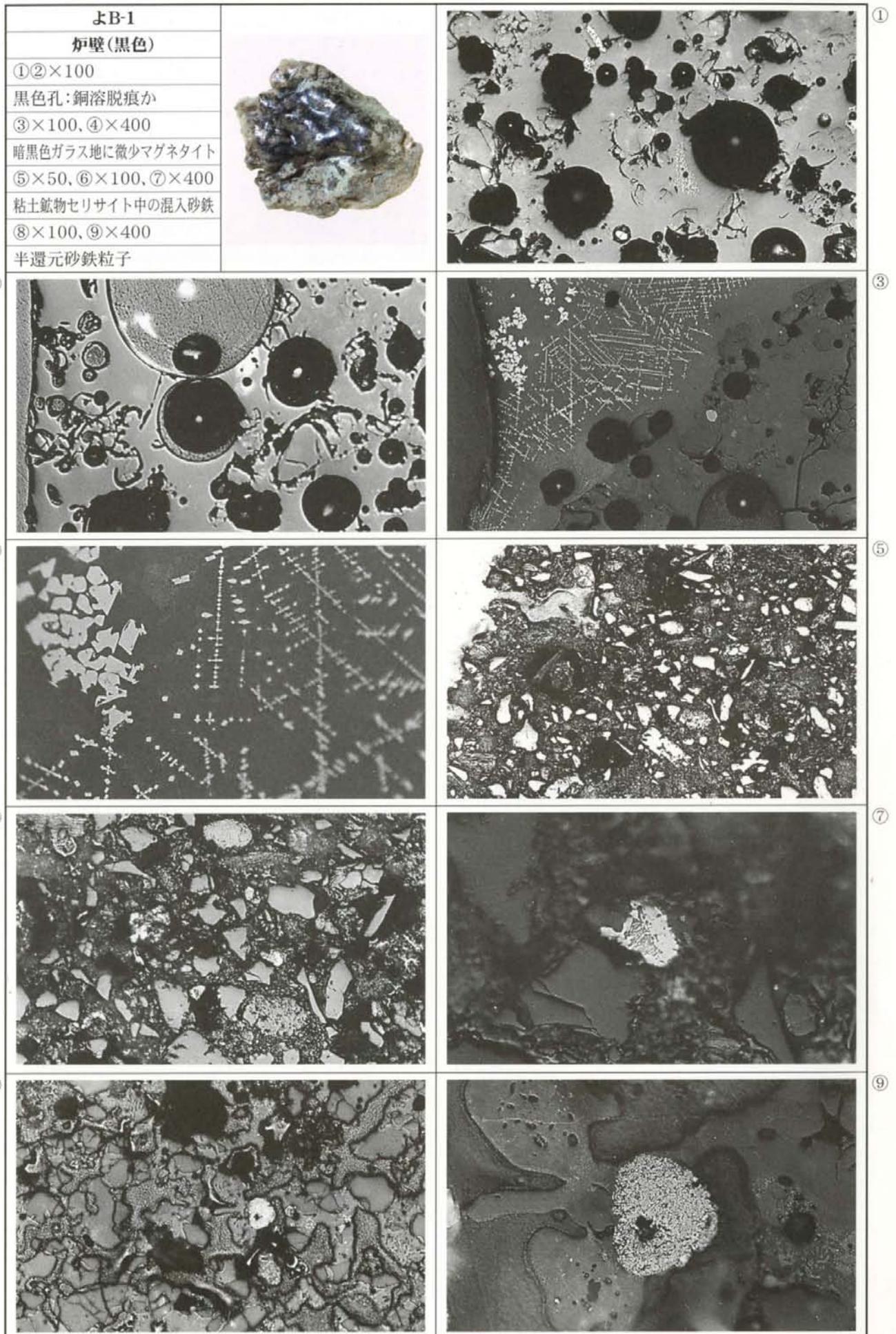


Photo.23 炉壁の顕微鏡組織

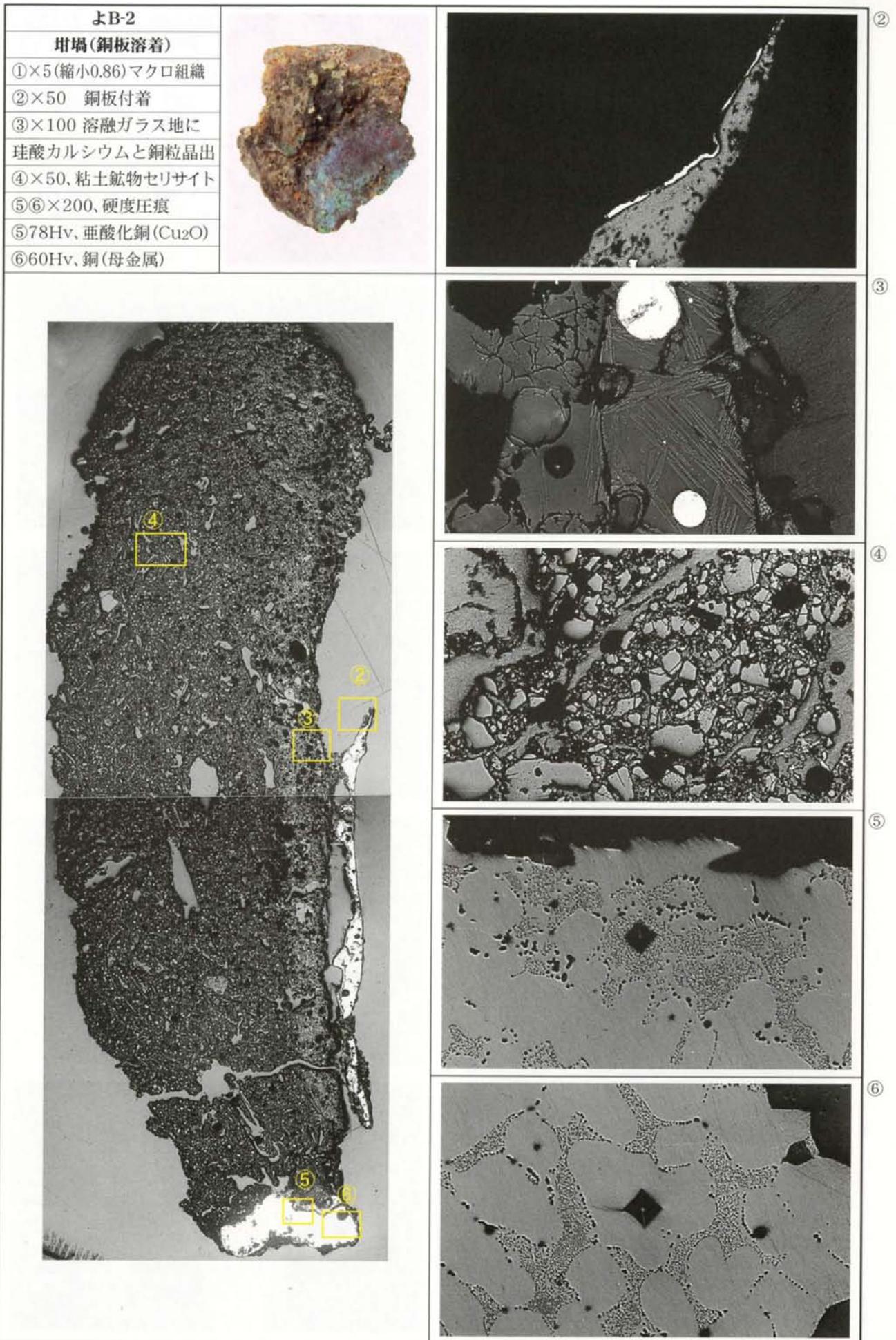


Photo.24 坩堝(銅板溶着)の顕微鏡組織

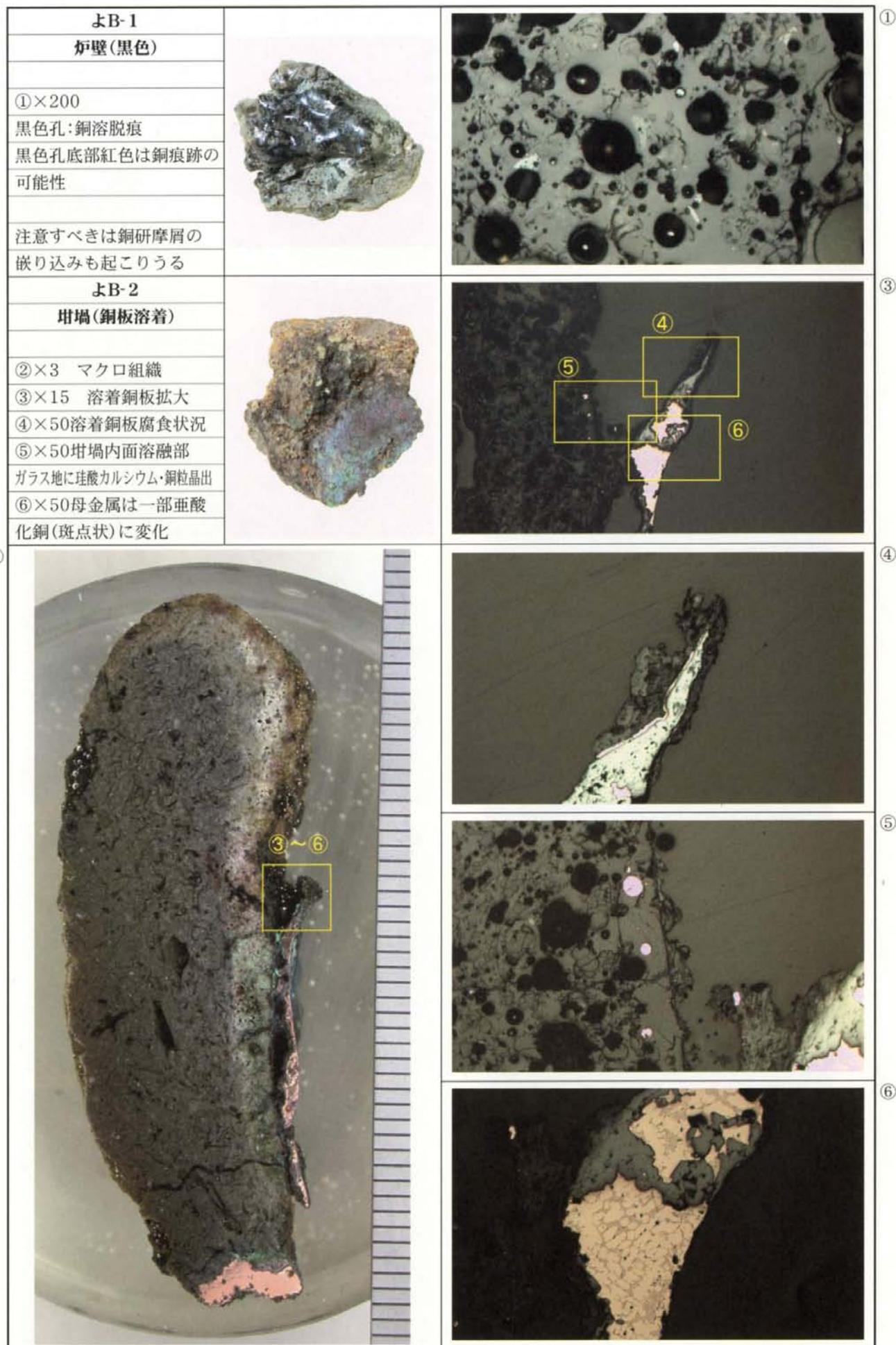


Photo.25 炉壁・坩堝(銅板溶着)の顕微鏡組織

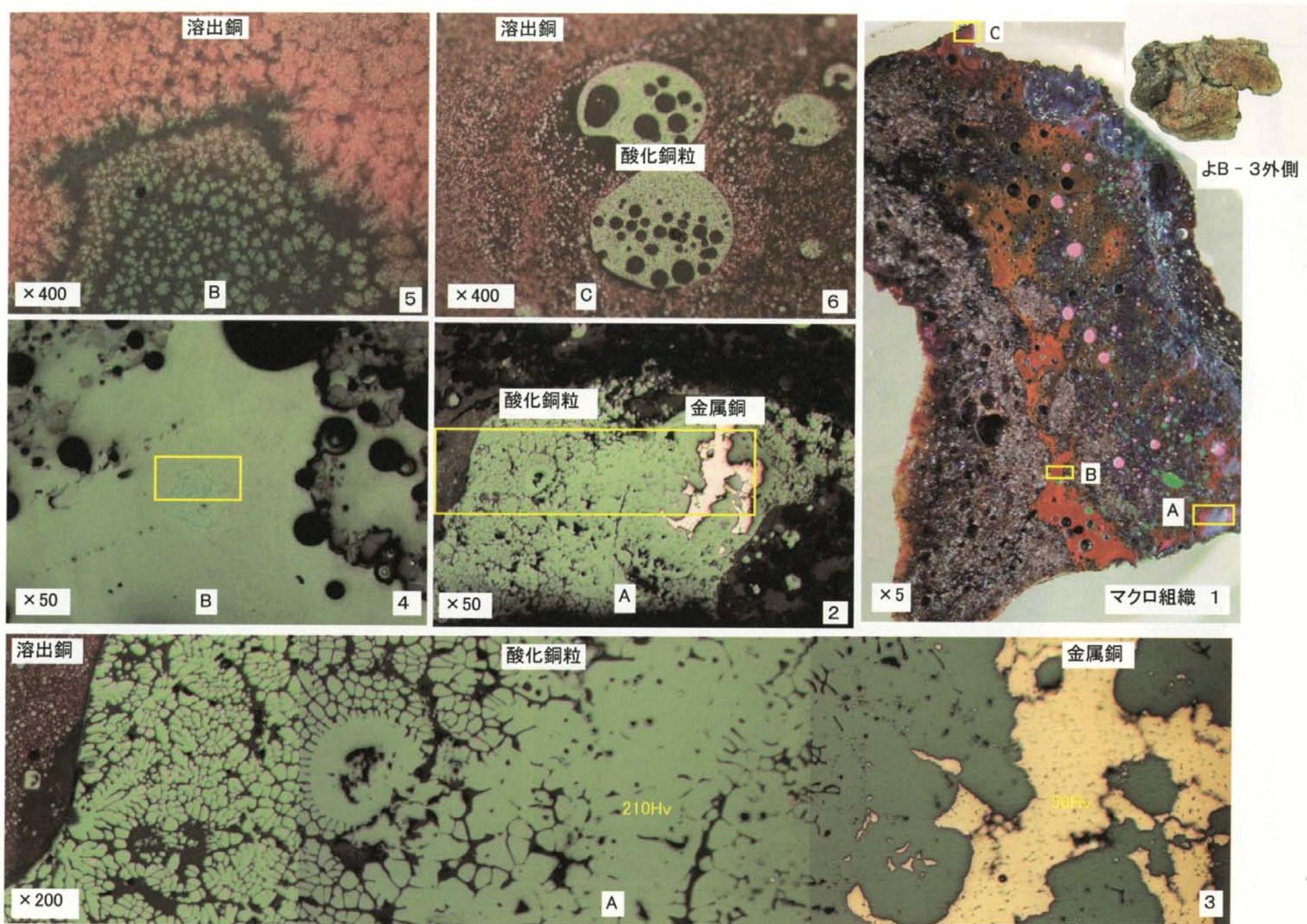


Photo.26 よB-3・羽口(先端紅色):銅の酸化溶出(溶脱)状況

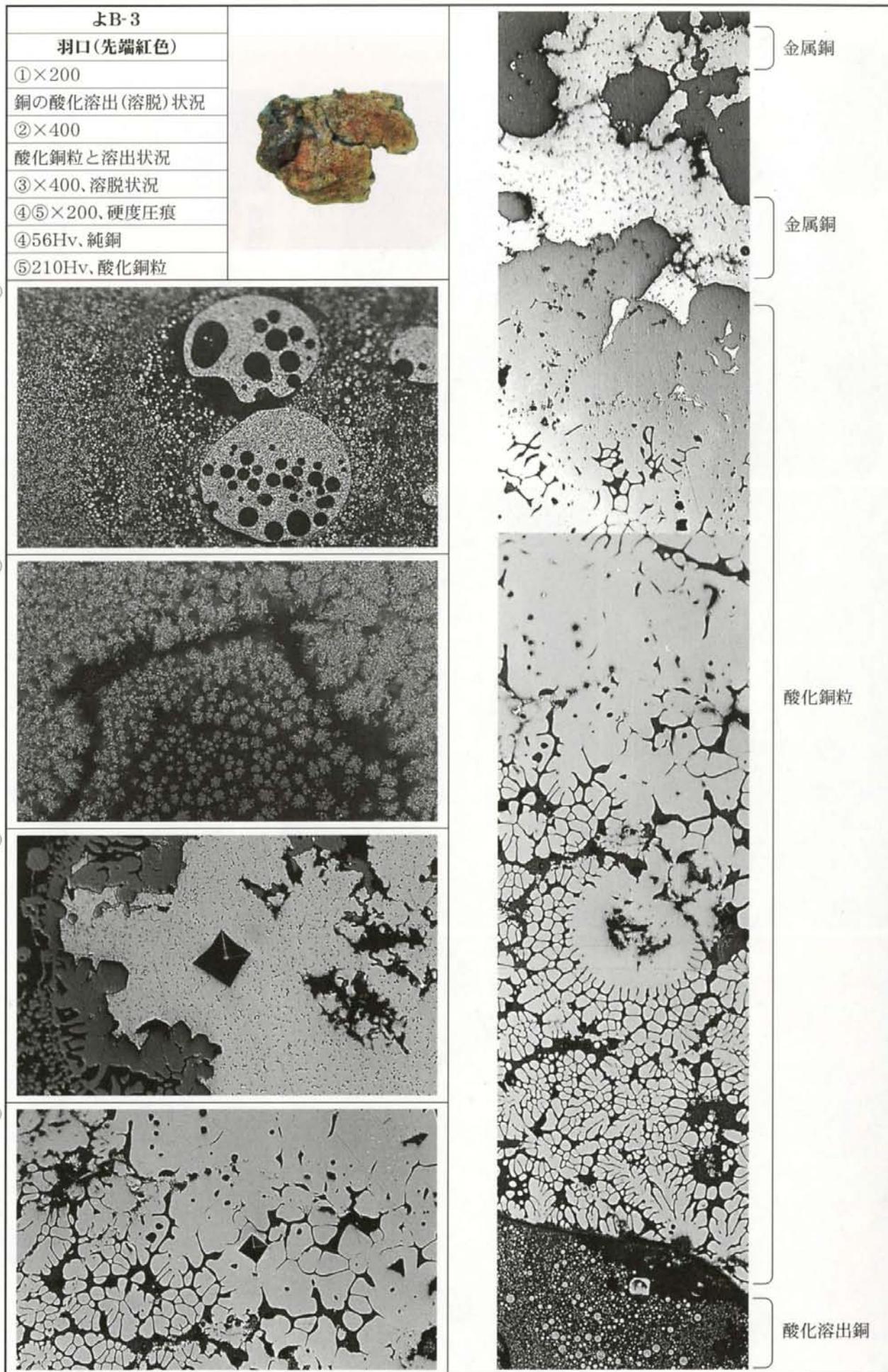


Photo.27 羽口(先端)の顕微鏡組織

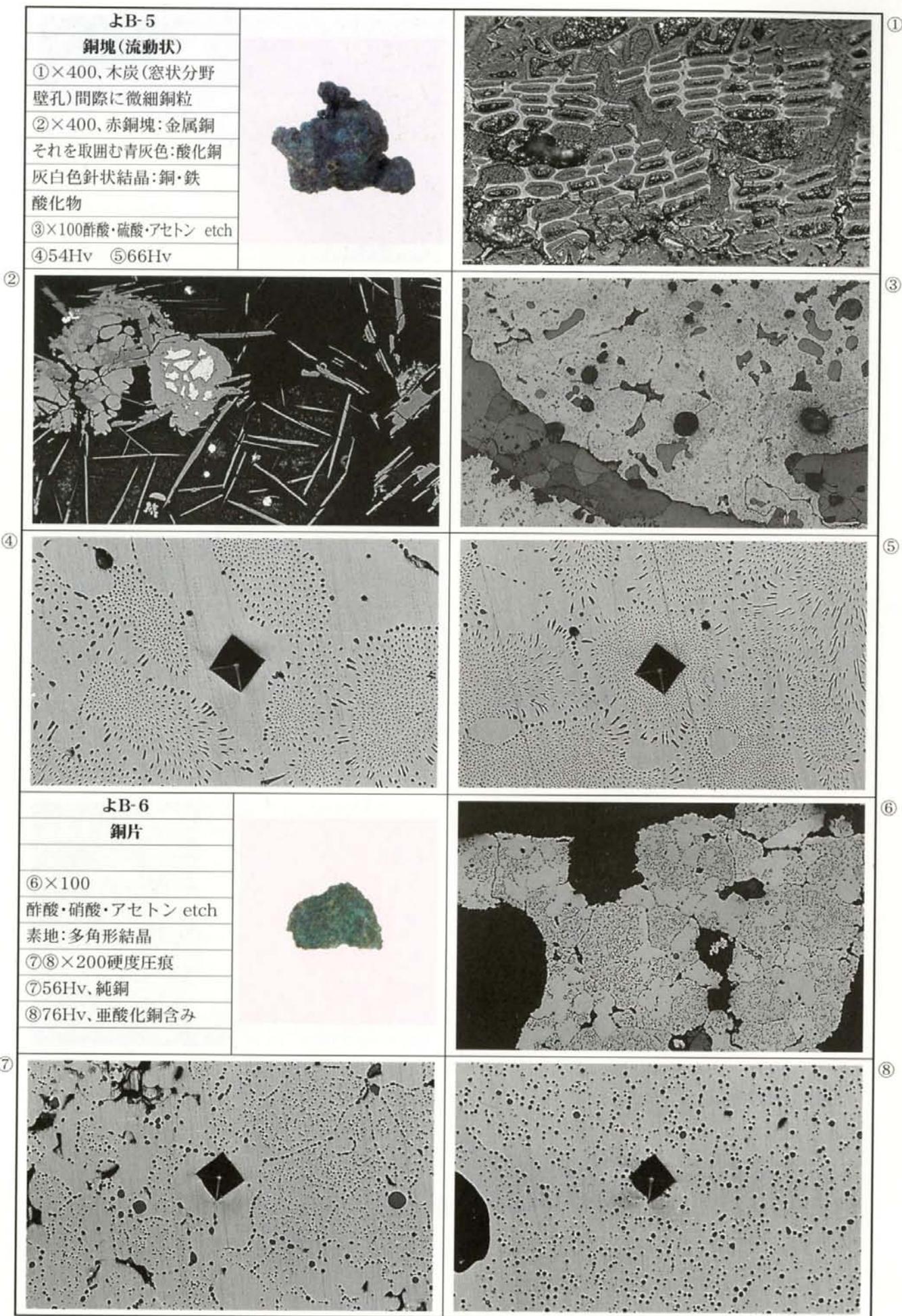


Photo.28 銅塊・銅片の顕微鏡組織

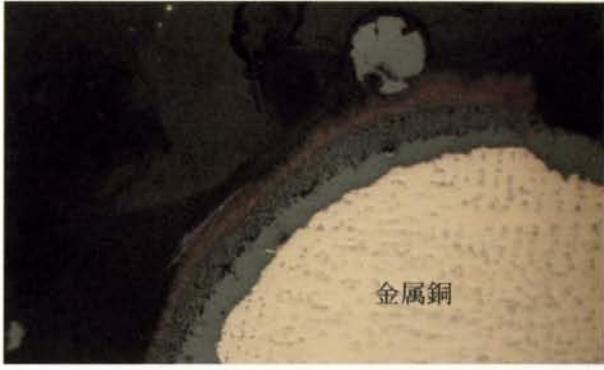
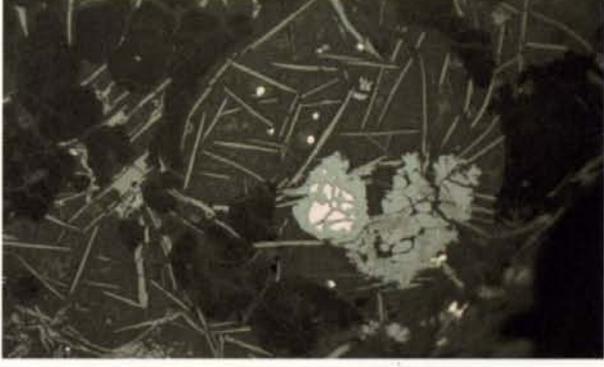
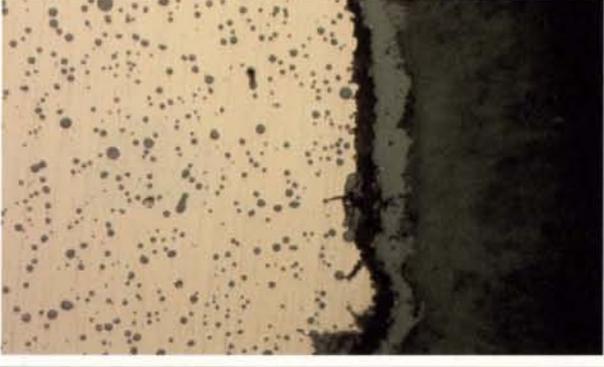
<p>よB-3 羽口(先端紅色)</p> <p>①×400 銅粒からの銅の酸化溶出 3層に分かれる (a)金属銅 (b)酸化銅 (c)溶出(溶脱)銅</p>			<p>① ← c ← b ← a</p>
<p>よB-5 銅塊(流動状)</p> <p>②×400 木炭(窓状分野壁孔) 間隙に微細銅粒</p>			<p>②</p>
<p>よB-5 銅塊(流動状)</p> <p>③×400 赤銅色塊:金属銅 銅を取り囲む不定形青灰色:酸化銅 灰白色針状結晶: 銅:鉄酸化物</p>			<p>③</p>
<p>よB-6 銅片</p> <p>④×400 金属銅に亜酸化銅(Cu<sub>2</sub>O) 発生</p>			<p>④</p>
<p>よB-7 銅片(板状銅製品)</p> <p>⑤×400 金属銅に亜酸化銅(Cu<sub>2</sub>O) 発生</p>			<p>⑤</p>

Photo.29 銅関連遺物の顕微鏡組織

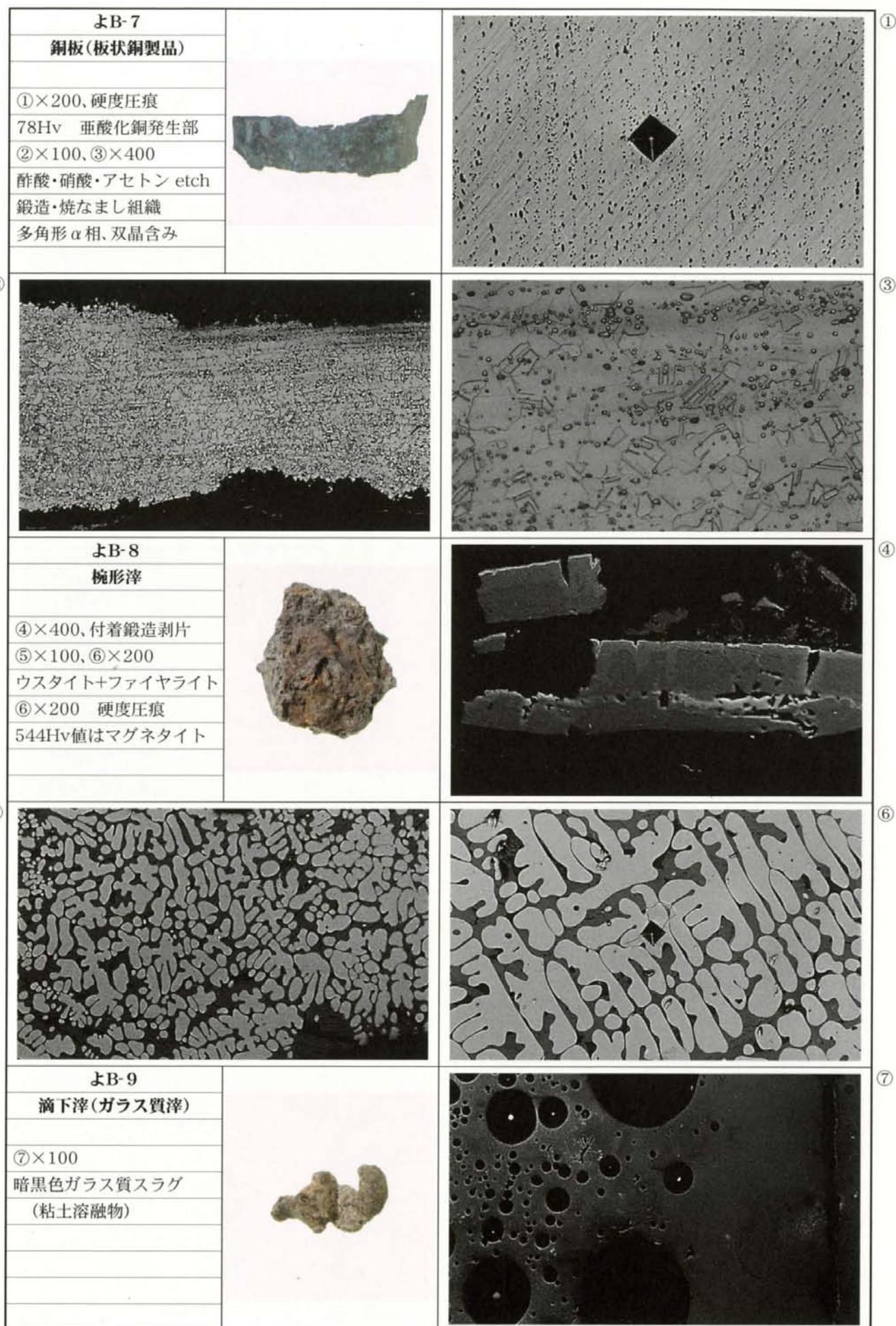


Photo.30 銅板・椀形滓・滴下滓の顕微鏡組織

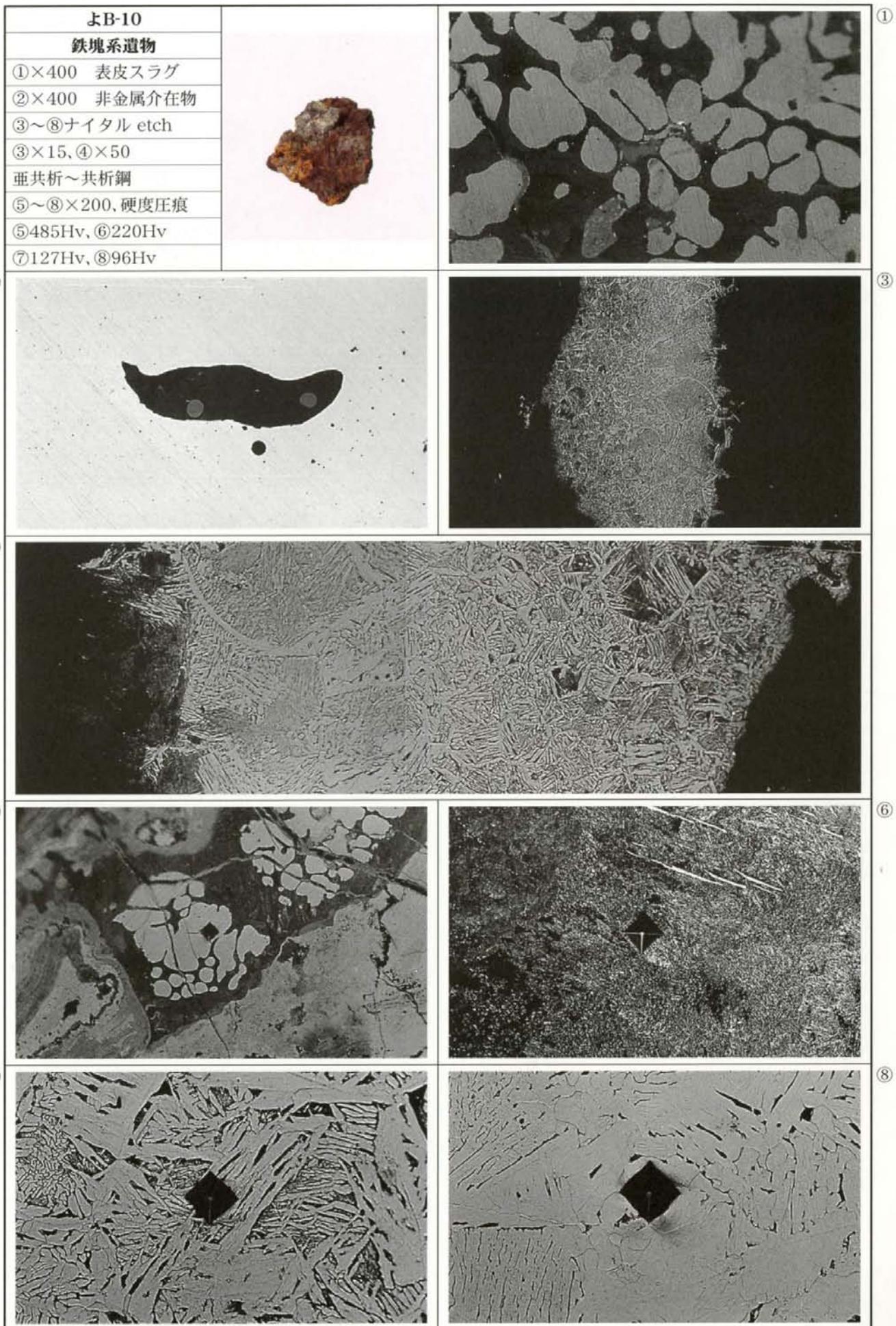


Photo.31 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

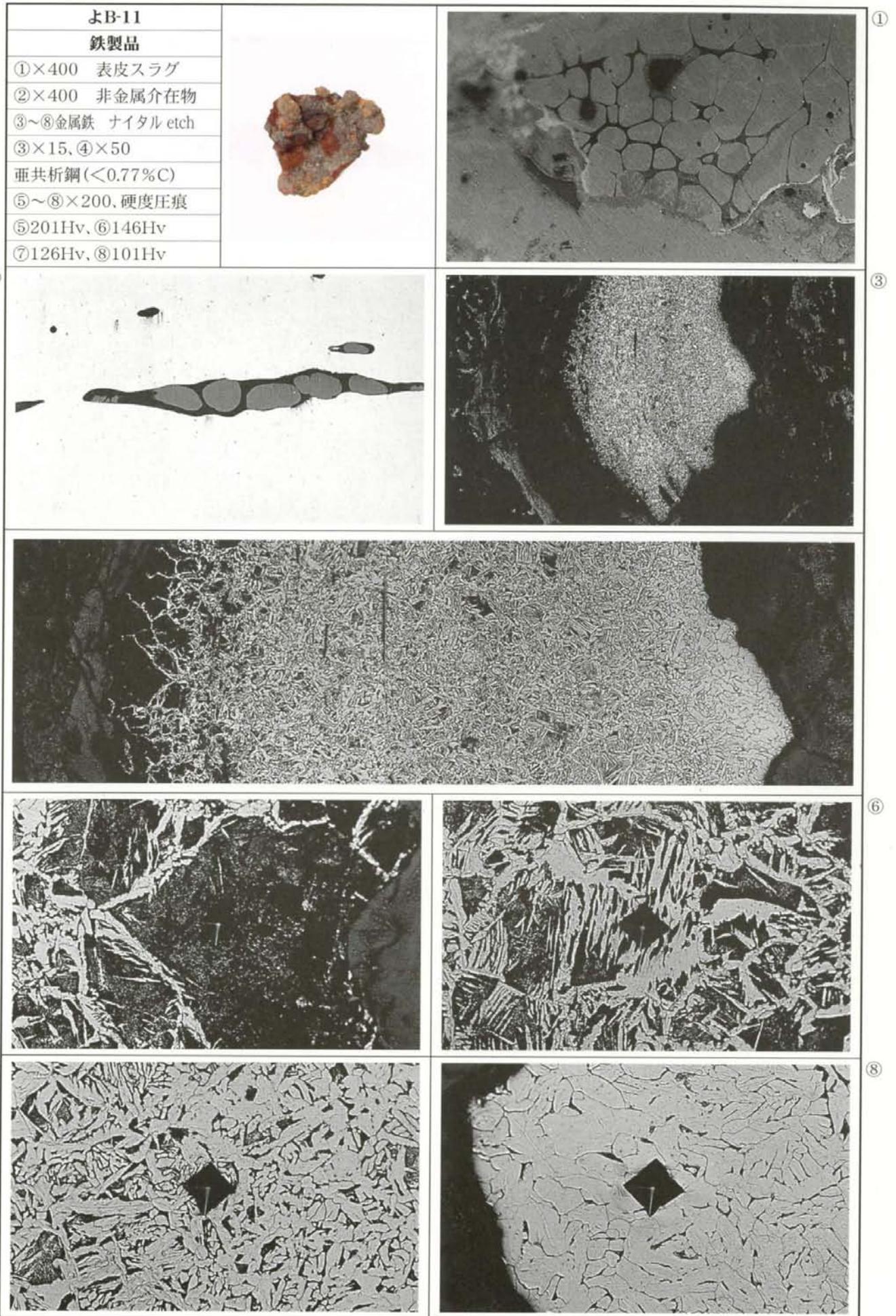


Photo.32 鉄製品の顕微鏡組織

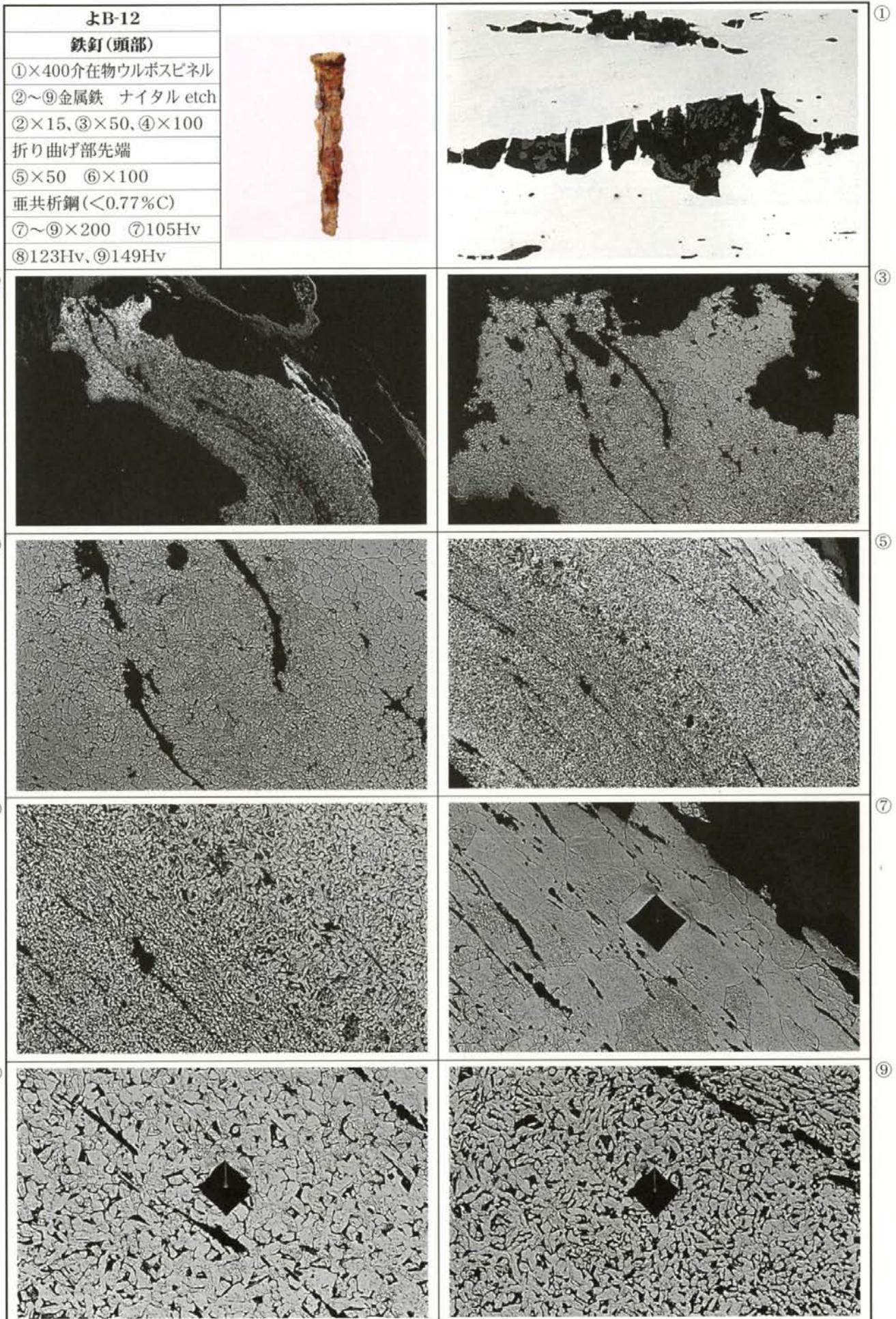


Photo.33 鉄釘(頭部)の顕微鏡組織

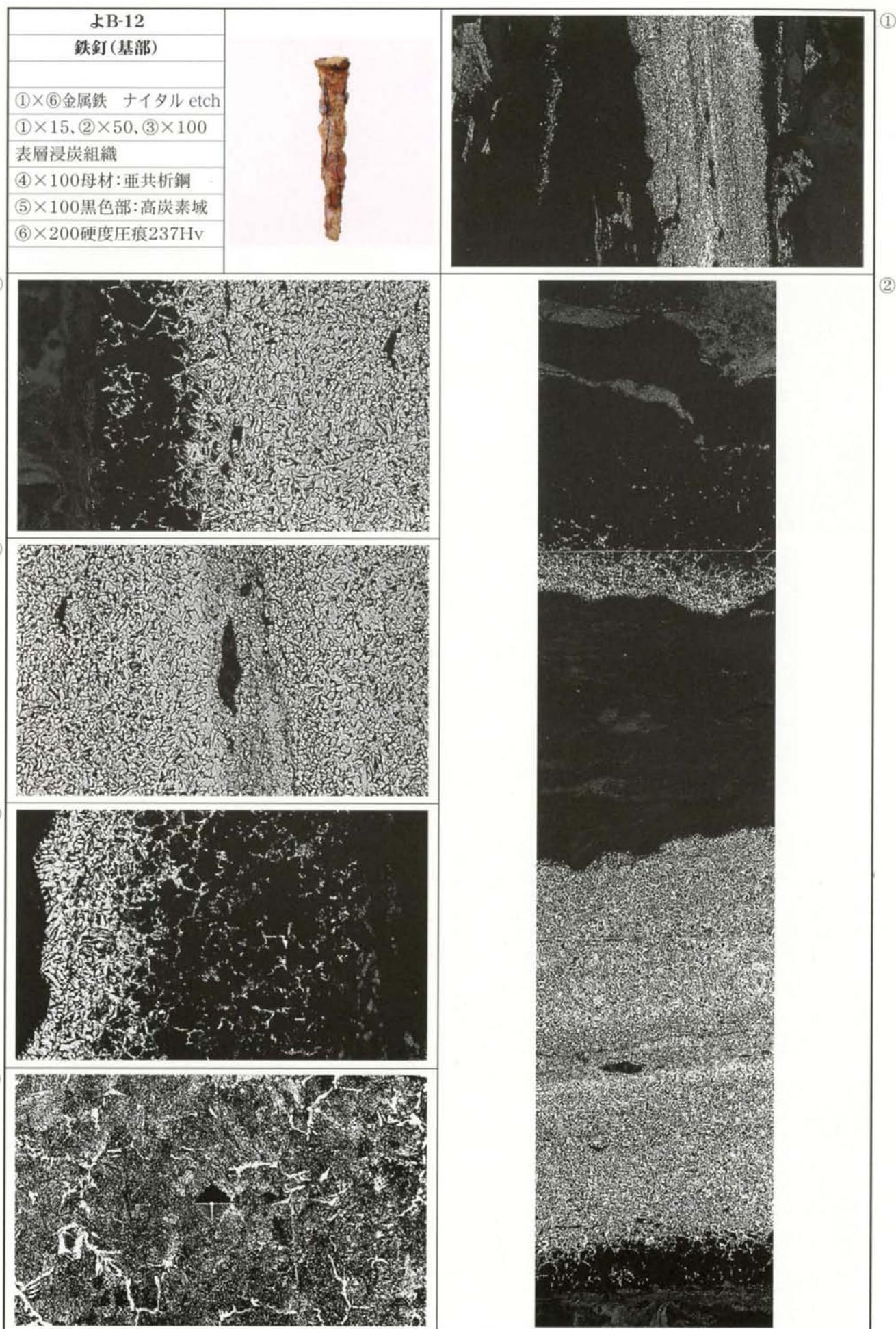


Photo.34 鉄釘(基部)の顕微鏡組織

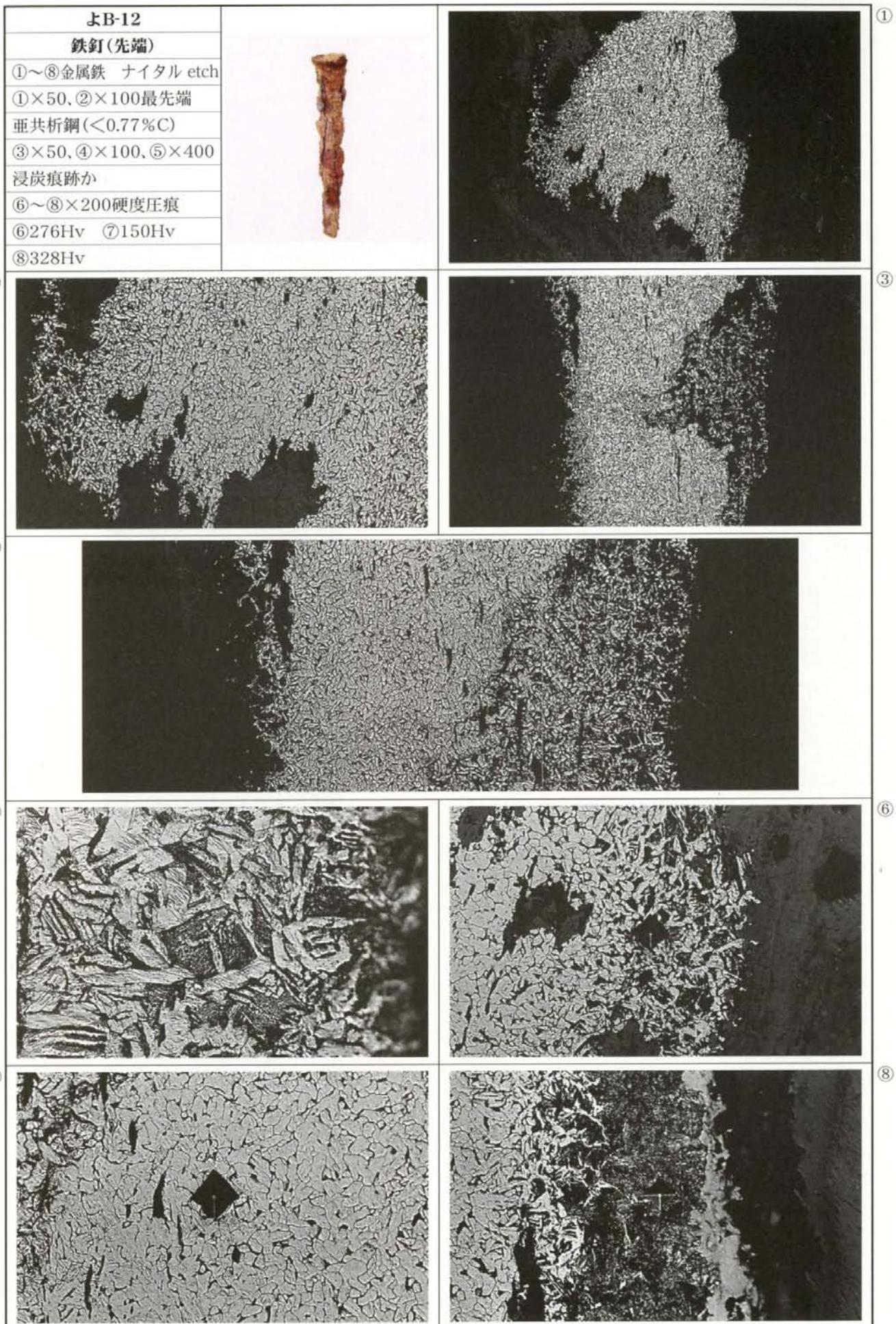
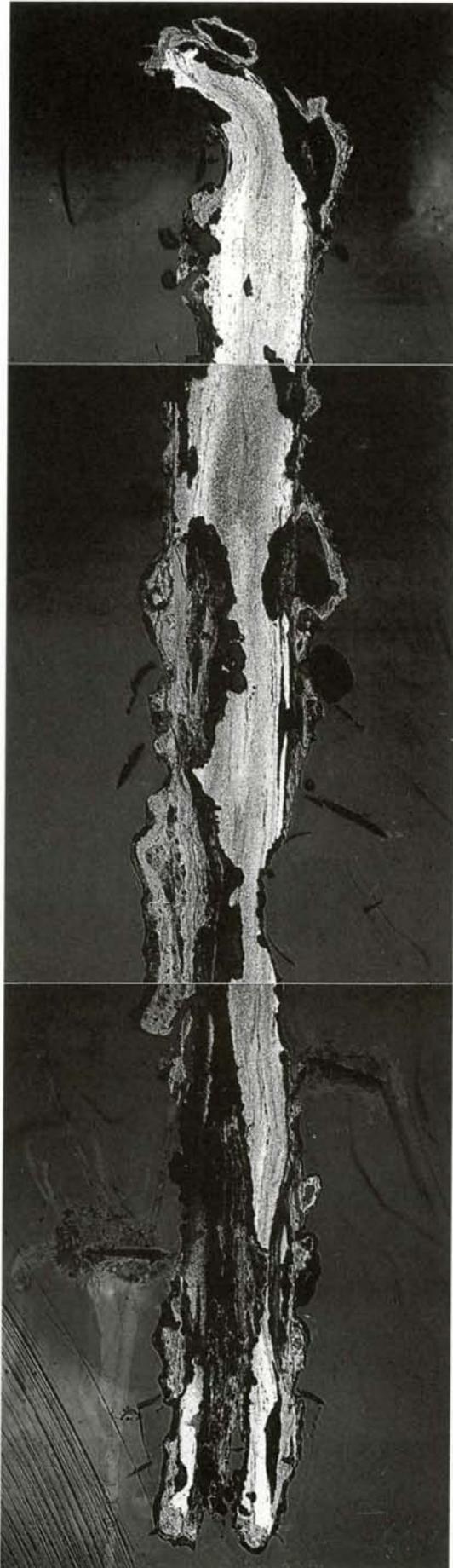


Photo.35 鉄釘(先端)の顕微鏡組織



⇒Photo.33②③拡大

⇒Photo.34①②拡大

⇒Photo.35拡大

Photo.36 鉄釘のマクロ組織(85%縮小)

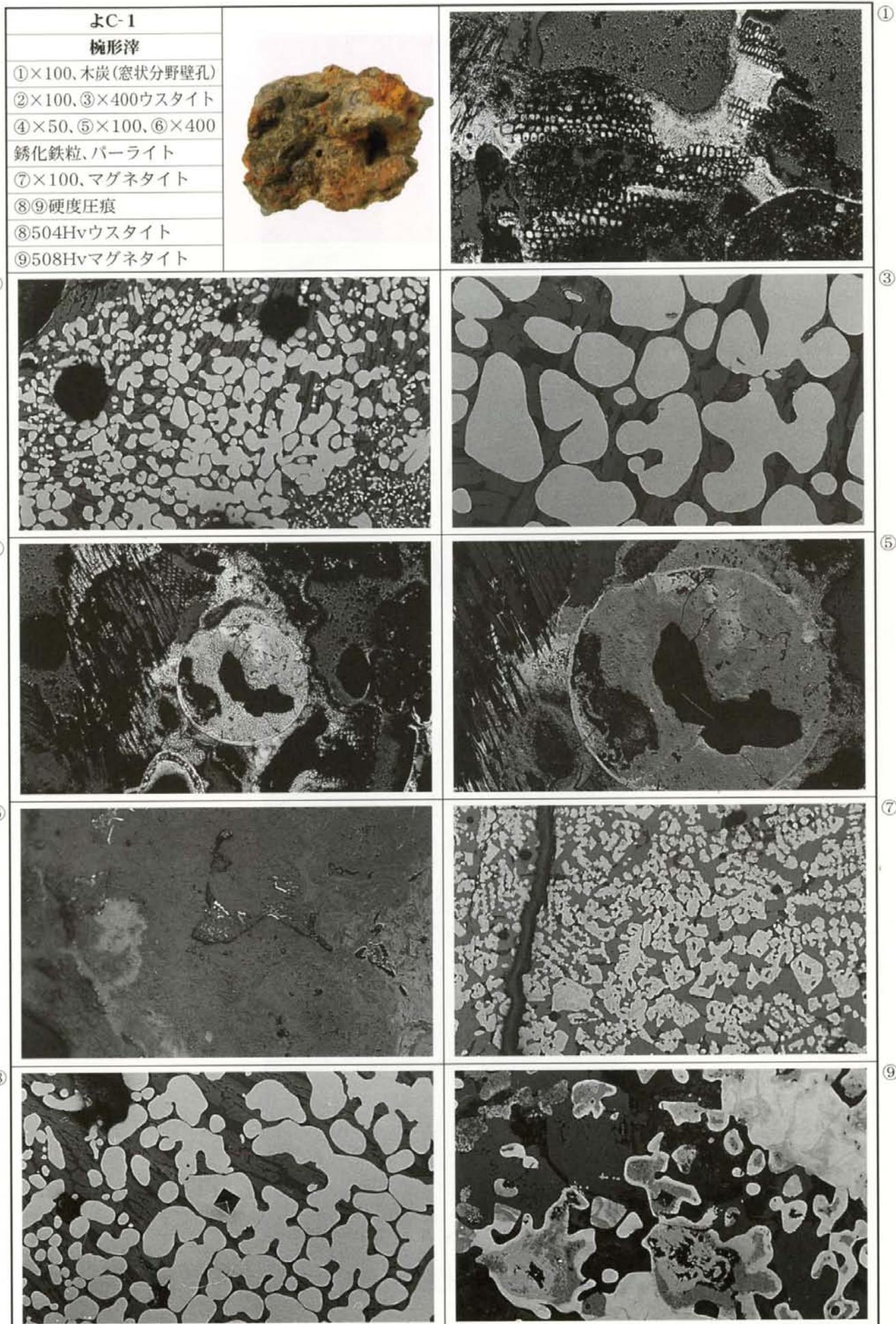


Photo.37 椀形滓の顕微鏡組織

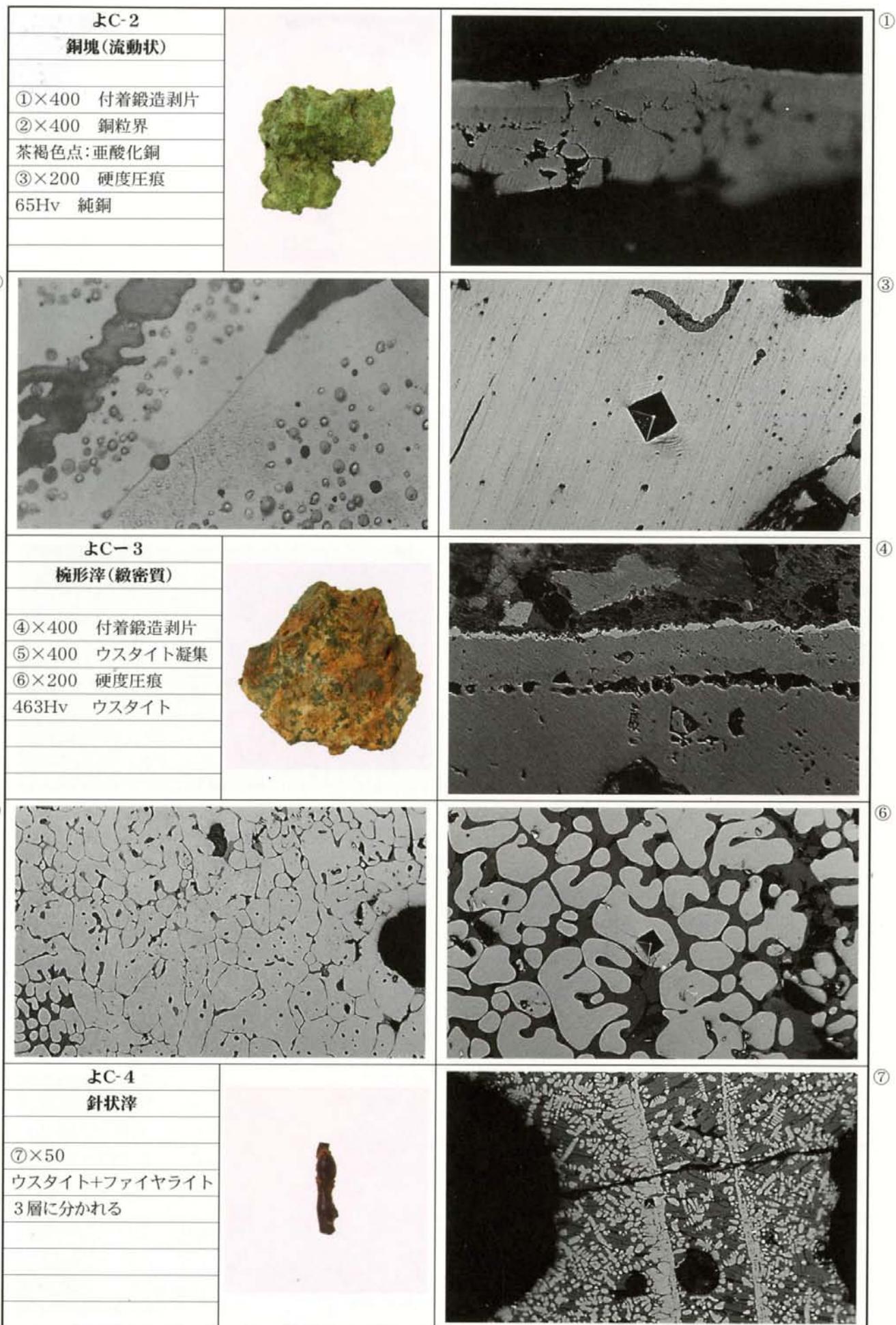


Photo.38 銅塊・椀形滓・針状滓の顕微鏡組織

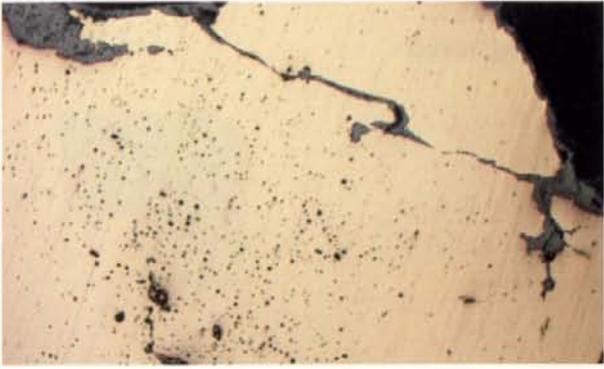
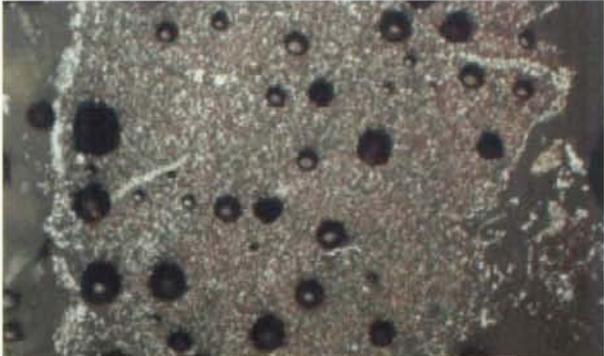
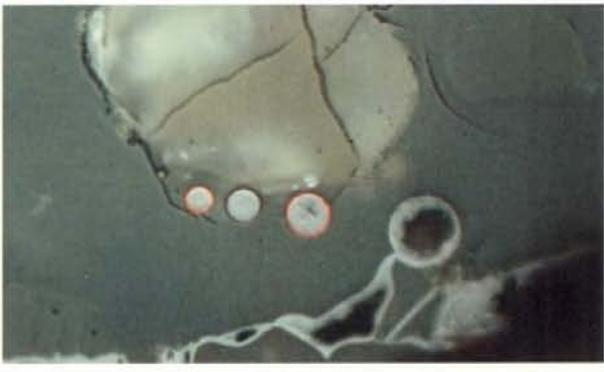
<p>よC-2 銅塊</p> <p>①×100 母金属に亜酸化銅 (褐色斑点粒発生)</p>			①
<p>よC-7-① 粒状滓様遺物</p> <p>②×400 表層近傍の熔融ガラス地に に微少銅粒存在</p>			②
<p>よC-7-① 粒状滓様遺物</p> <p>③×400 表層近傍の熔融ガラス地に に微少銅粒存在</p>			③
<p>よ土-1 炉壁(黒色)</p> <p>④×400 ガラス地に銅の酸化溶出 (溶脱)現象</p>			④
<p>よ土-2 炉壁(小豆色)</p> <p>⑤×400 熔融ガラス地に溶脱銅痕跡</p>			⑤

Photo.39 銅関連遺物の顕微鏡組織

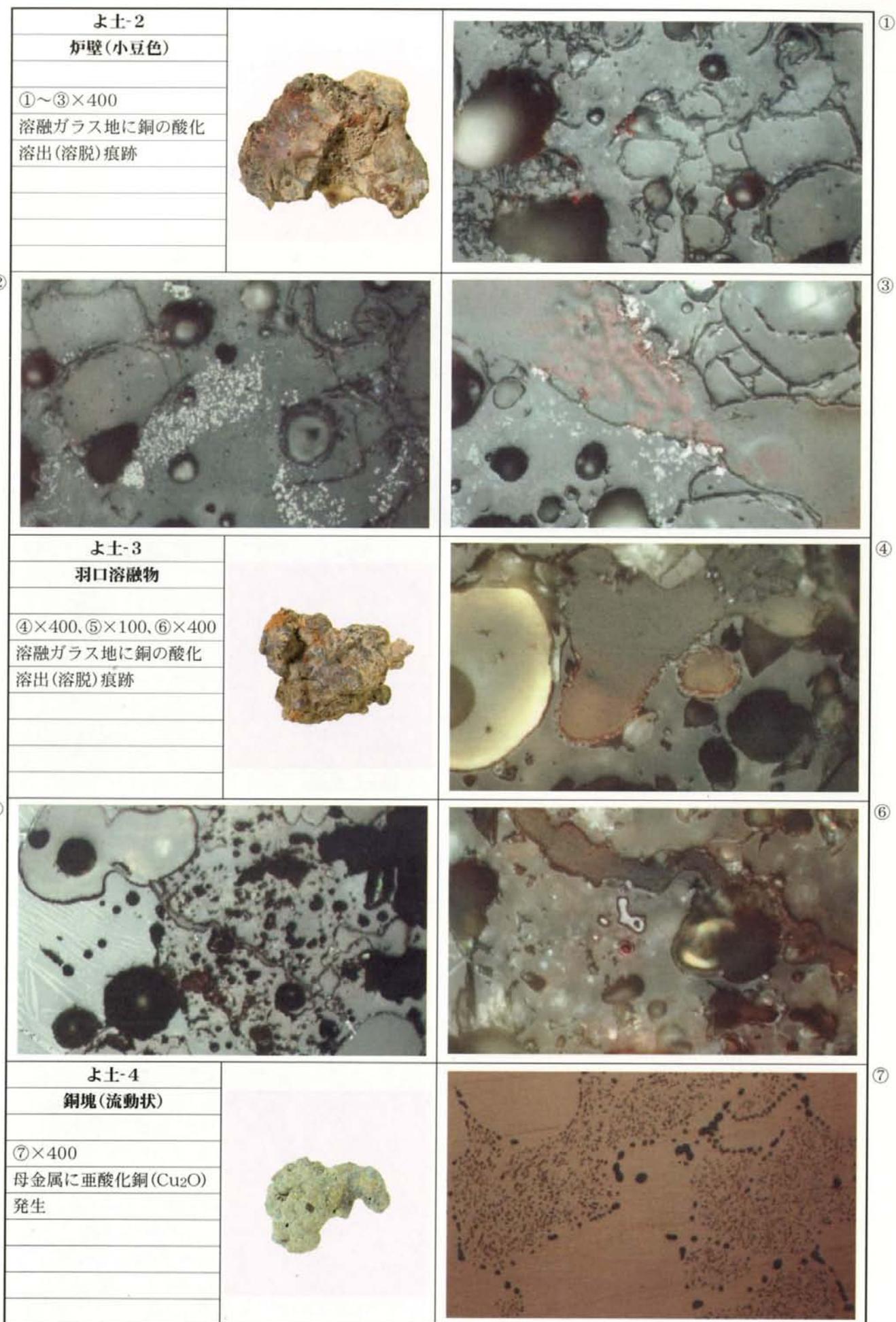


Photo.40 銅関連遺物の顕微鏡組織

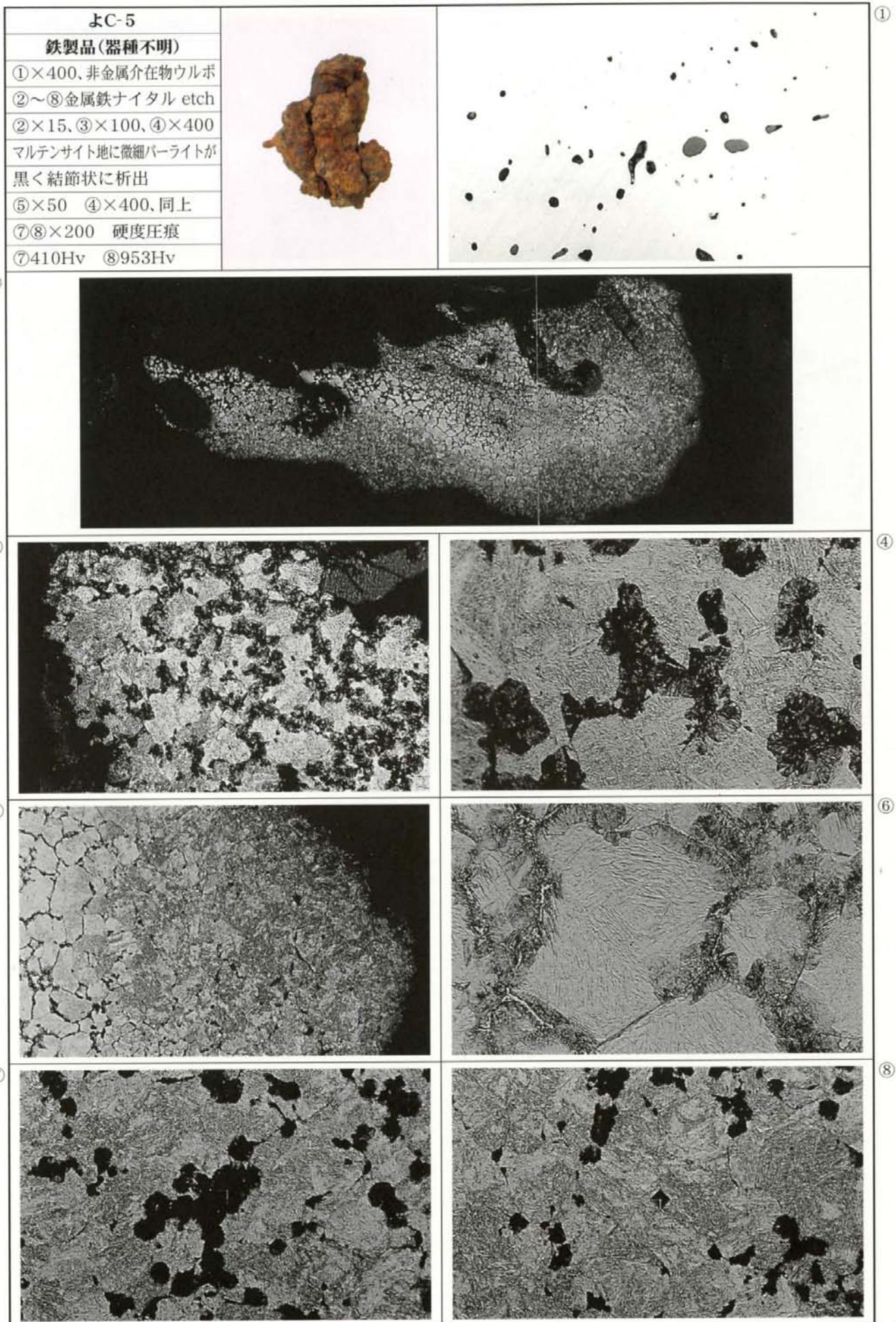


Photo.41 鉄製品の顕微鏡組織(砂鉄系原料)

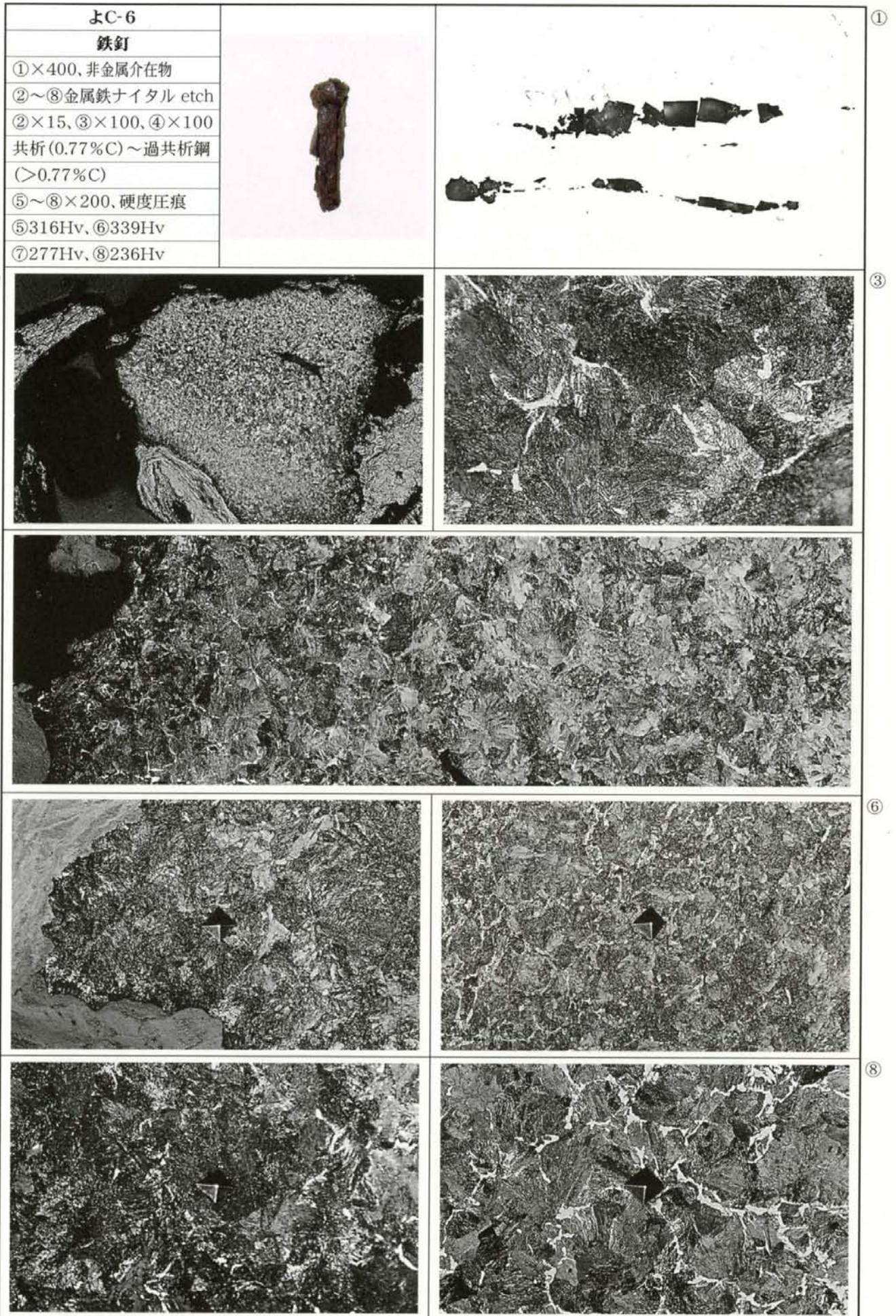


Photo.42 鉄釘の顕微鏡組織

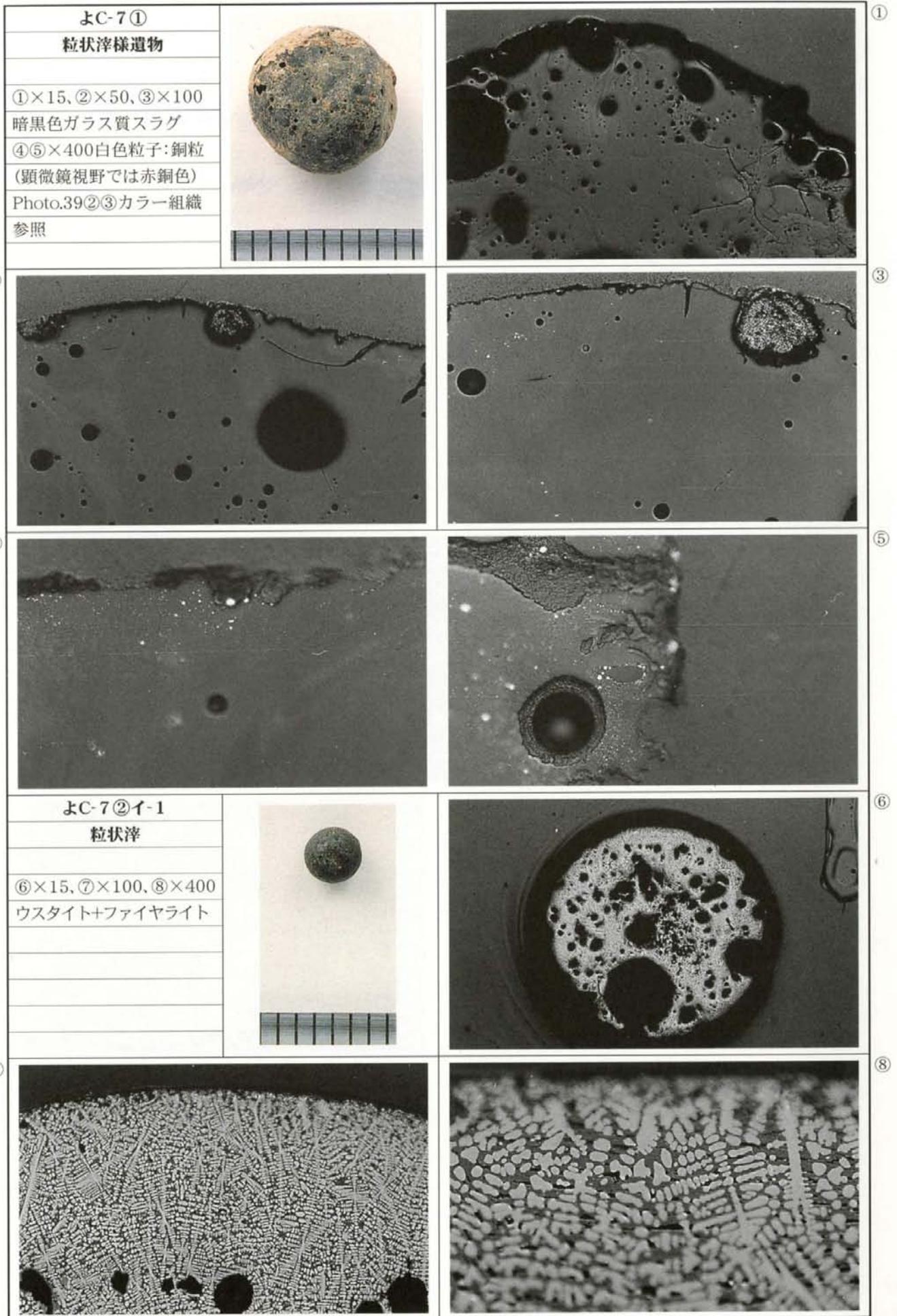


Photo.43 粒状滓様遺物・粒状滓の顕微鏡組織

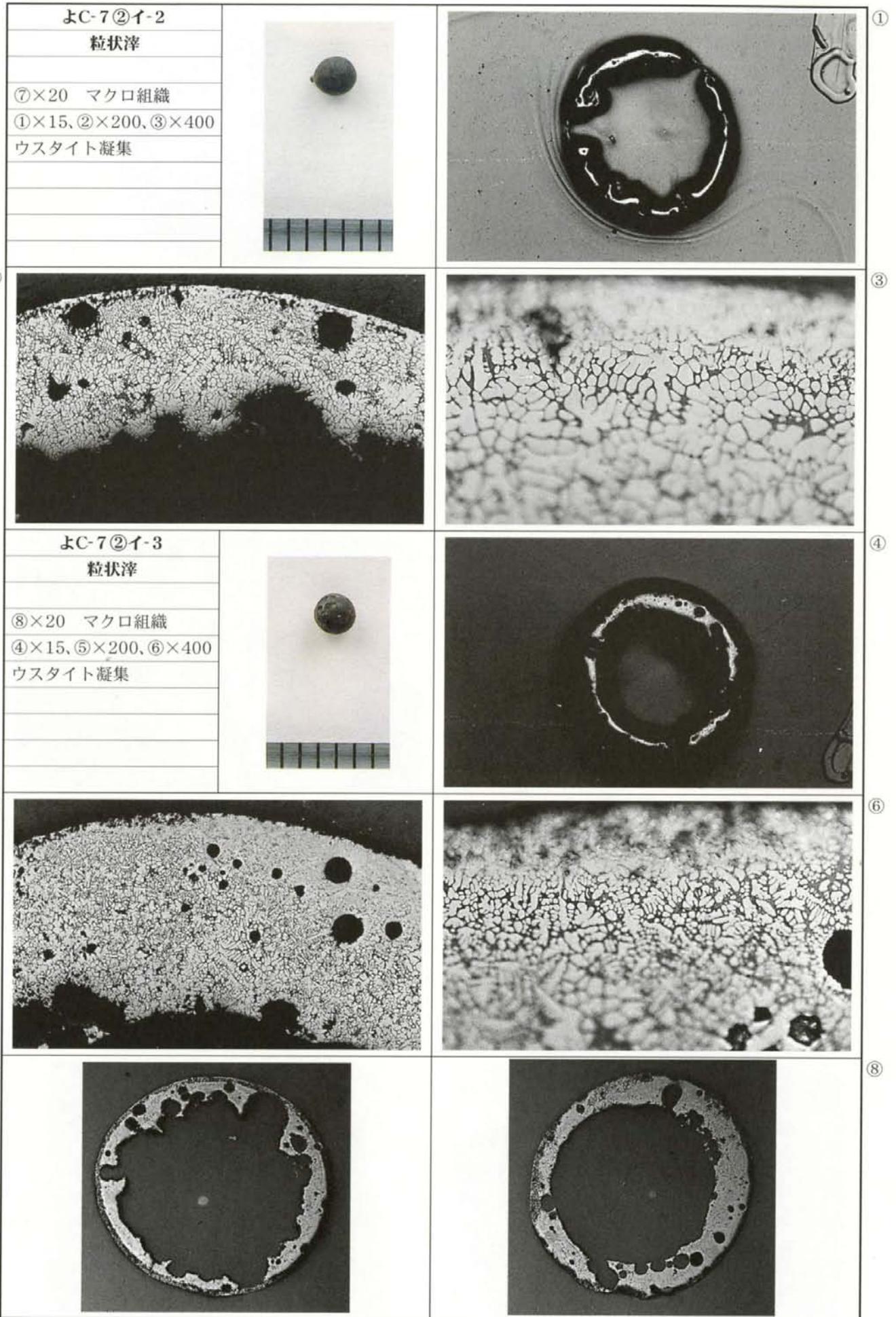


Photo.44 粒状滓の顕微鏡組織

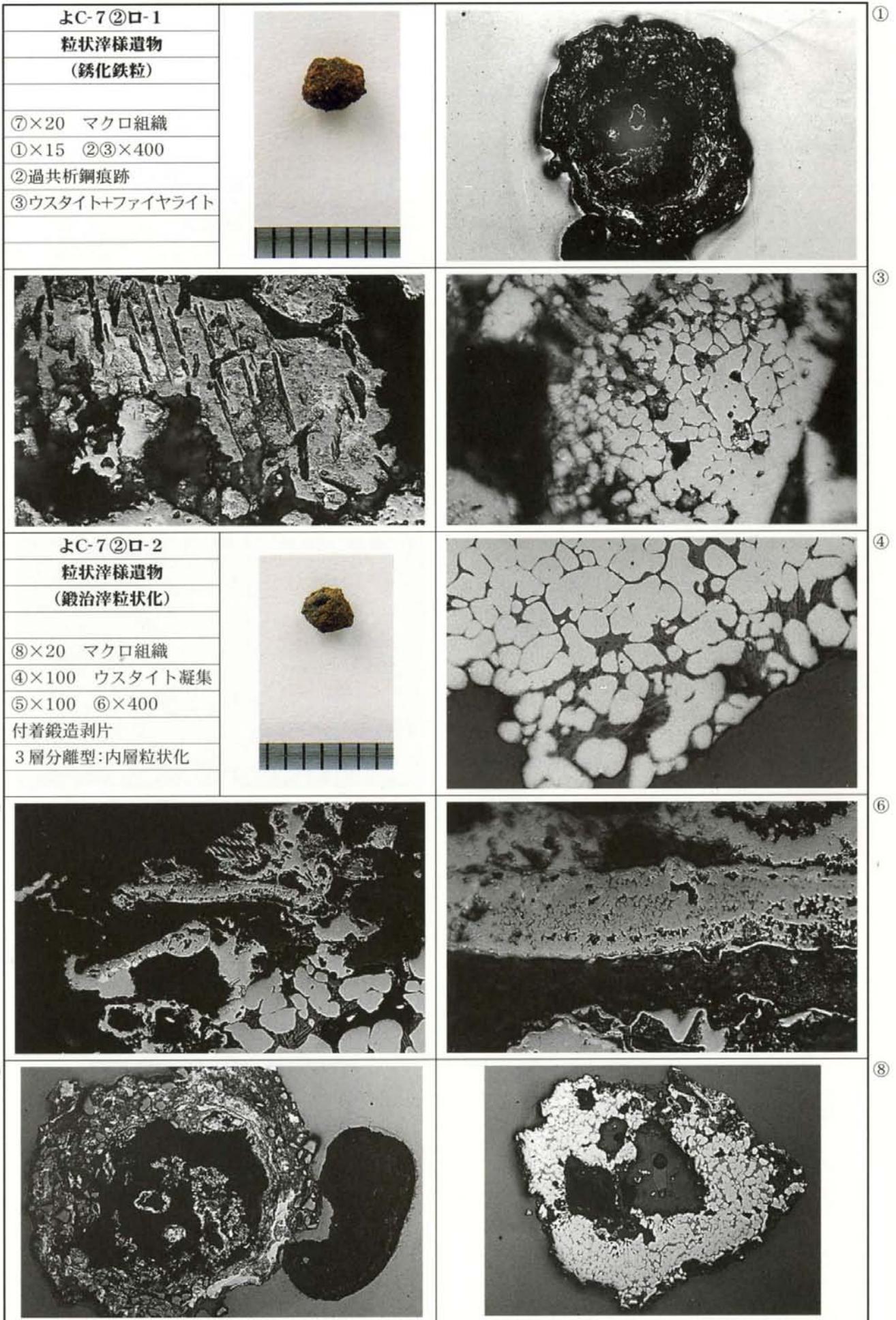


Photo.45 粒状滓様遺物の顕微鏡組織

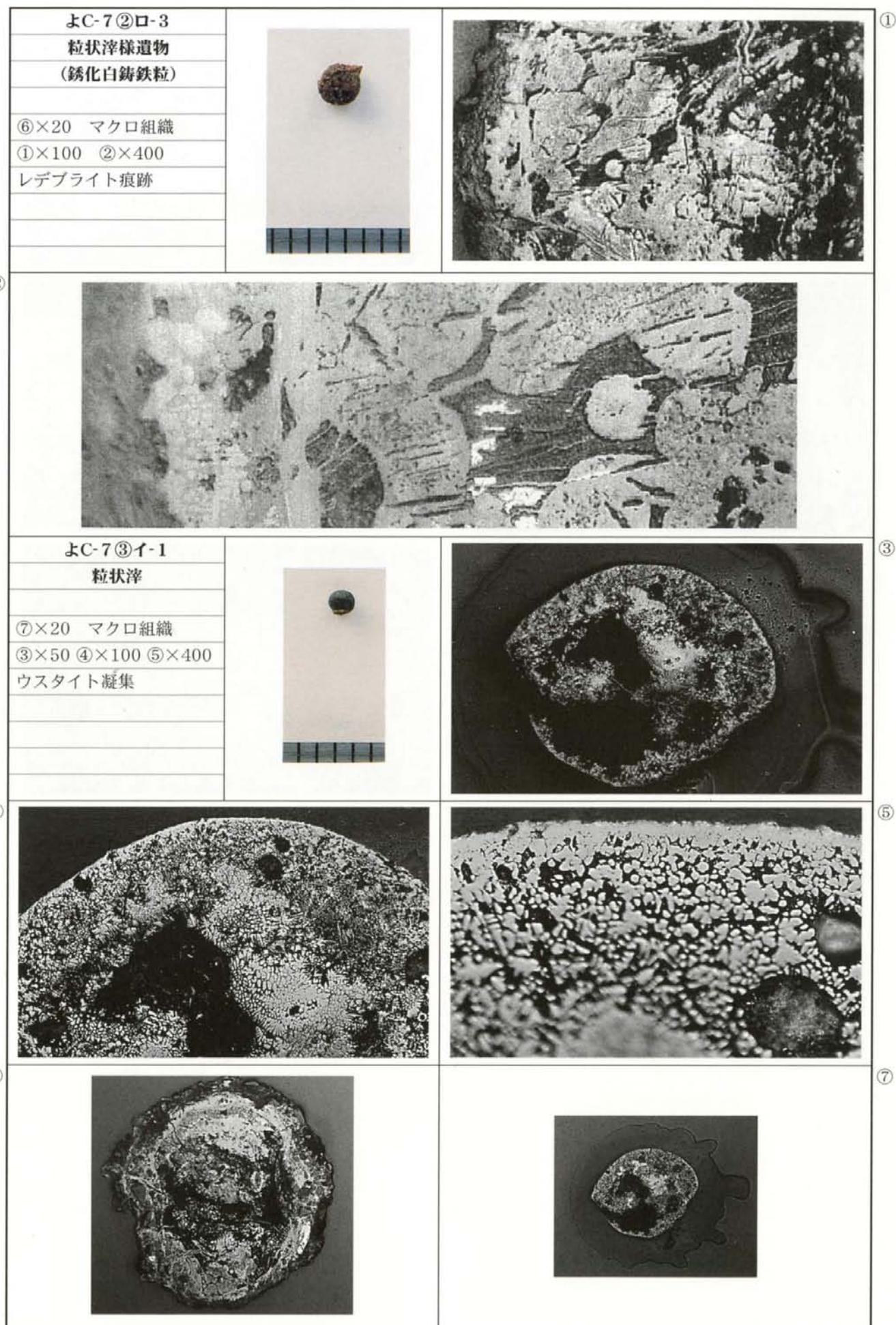


Photo.46 粒状滓様遺物・粒状滓の顕微鏡組織

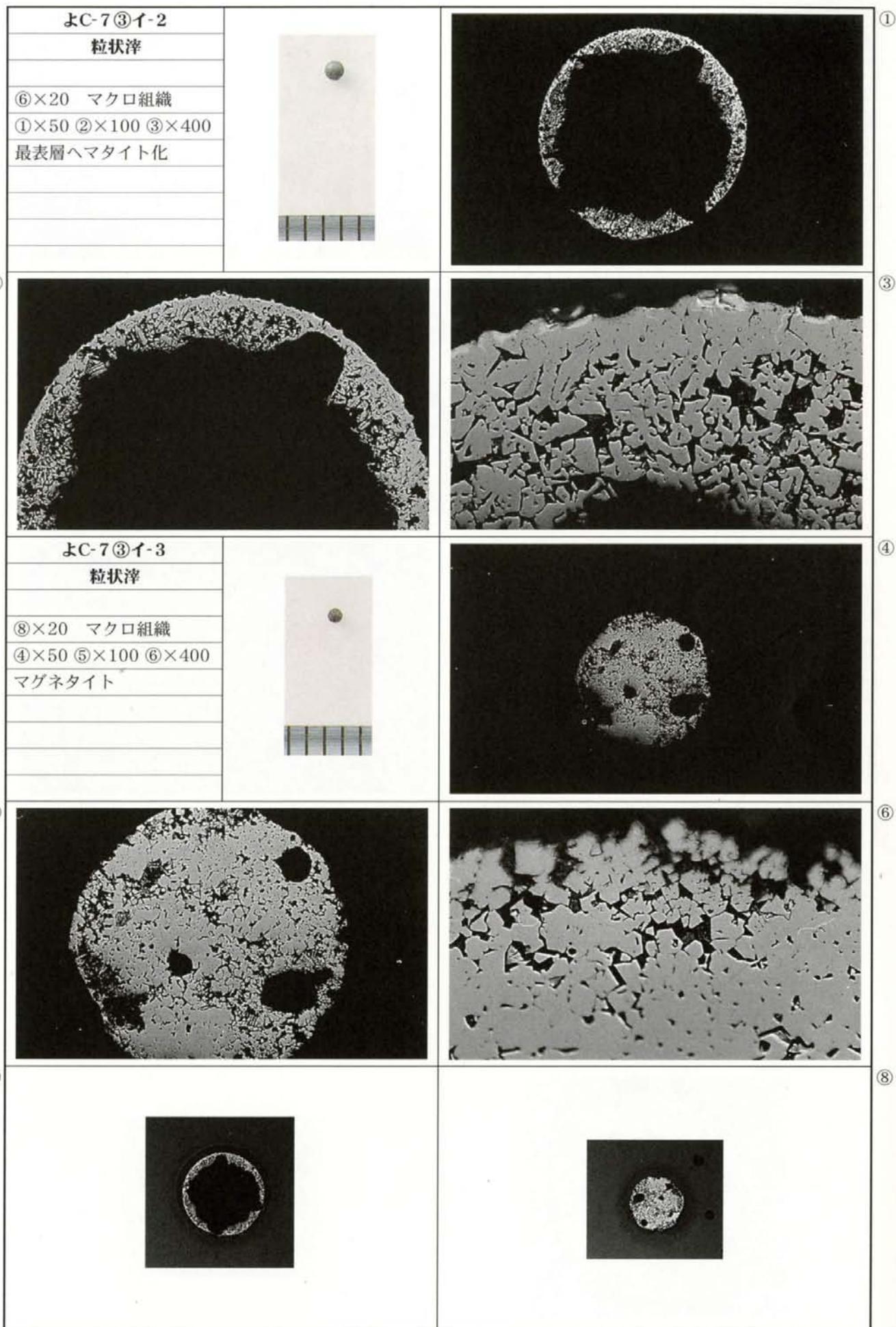


Photo.47 粒状滓の顕微鏡組織

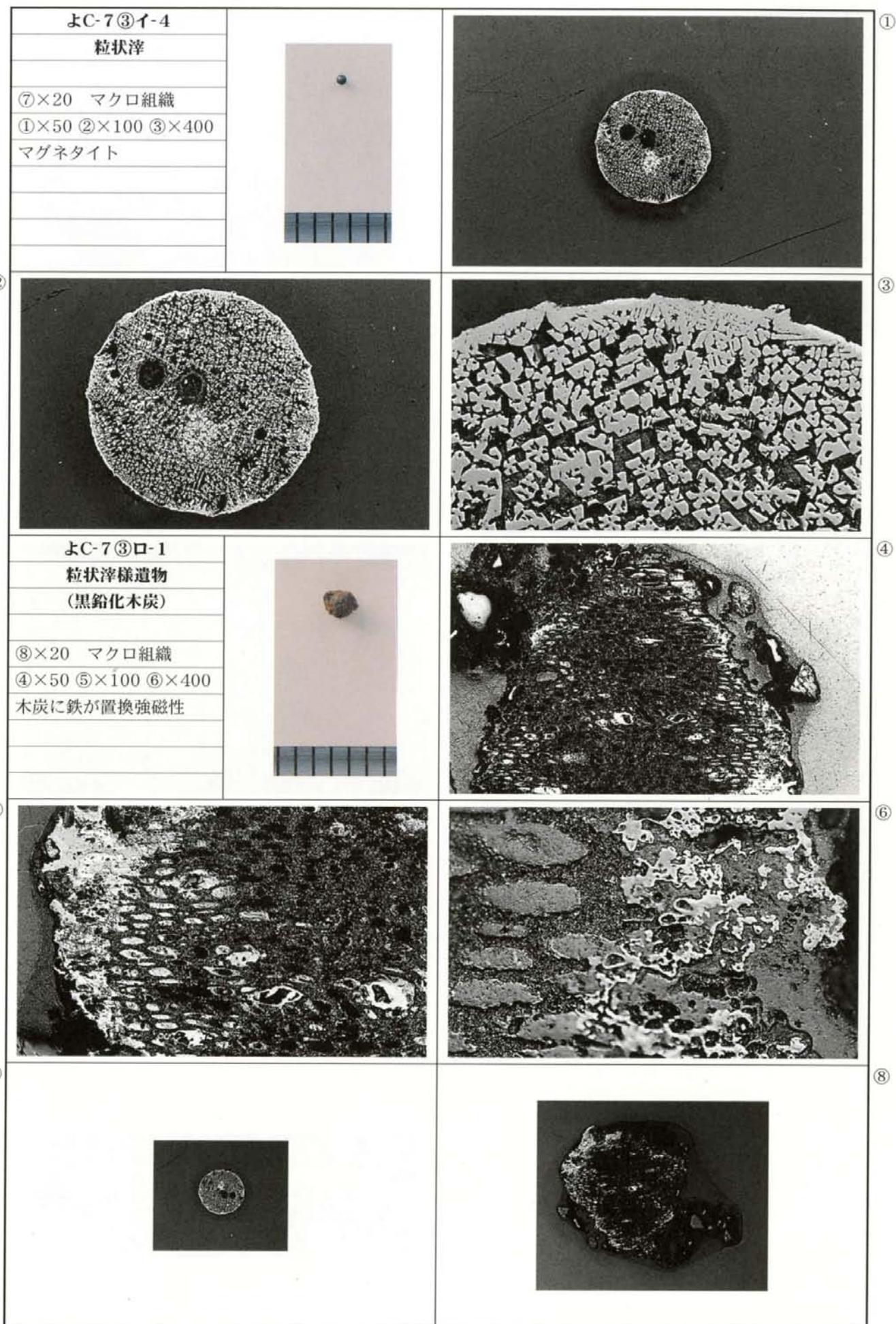


Photo.48 粒状滓・粒状滓様遺物の顕微鏡組織

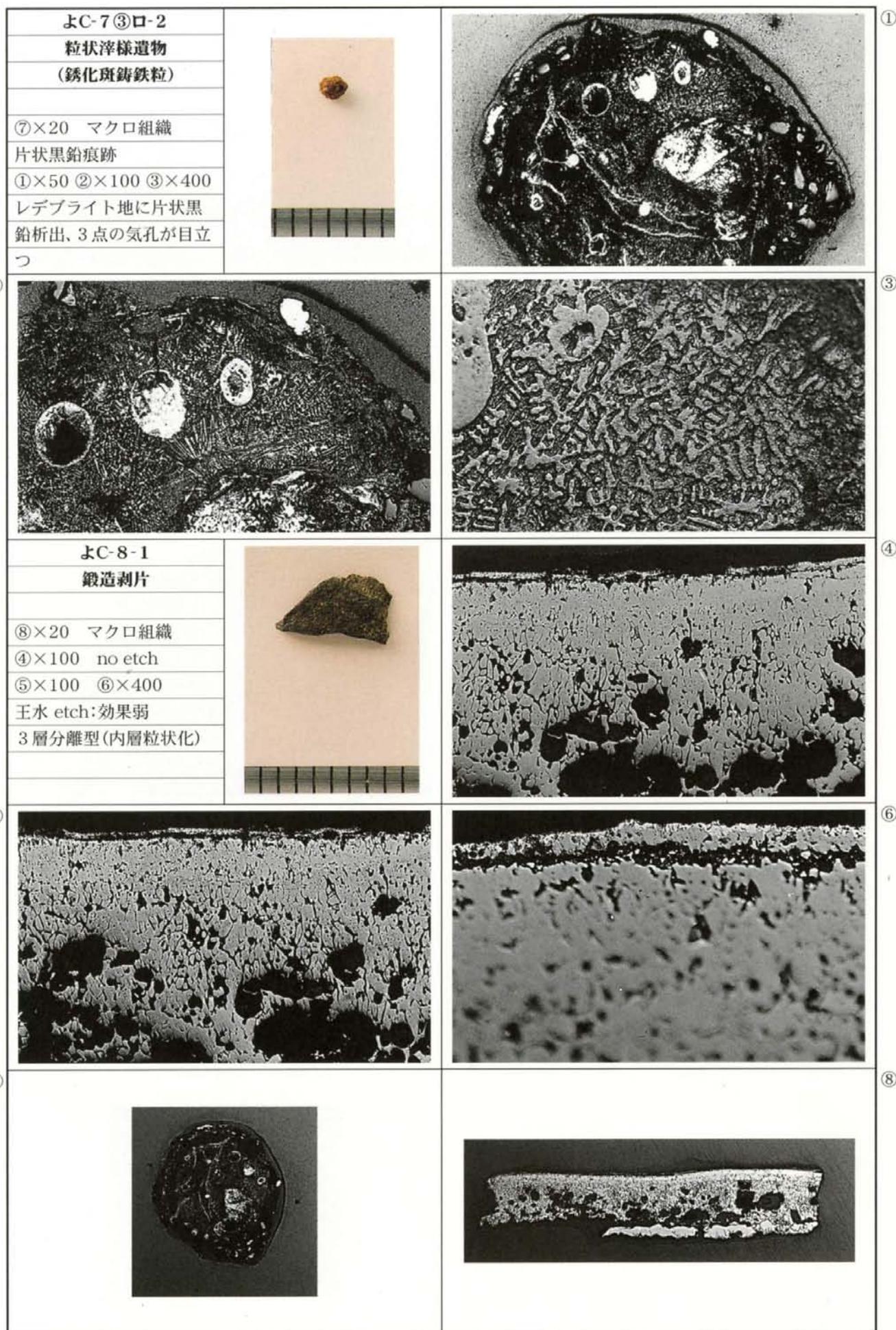


Photo.49 粒状滓様遺物・鍛造剥片の顕微鏡組織

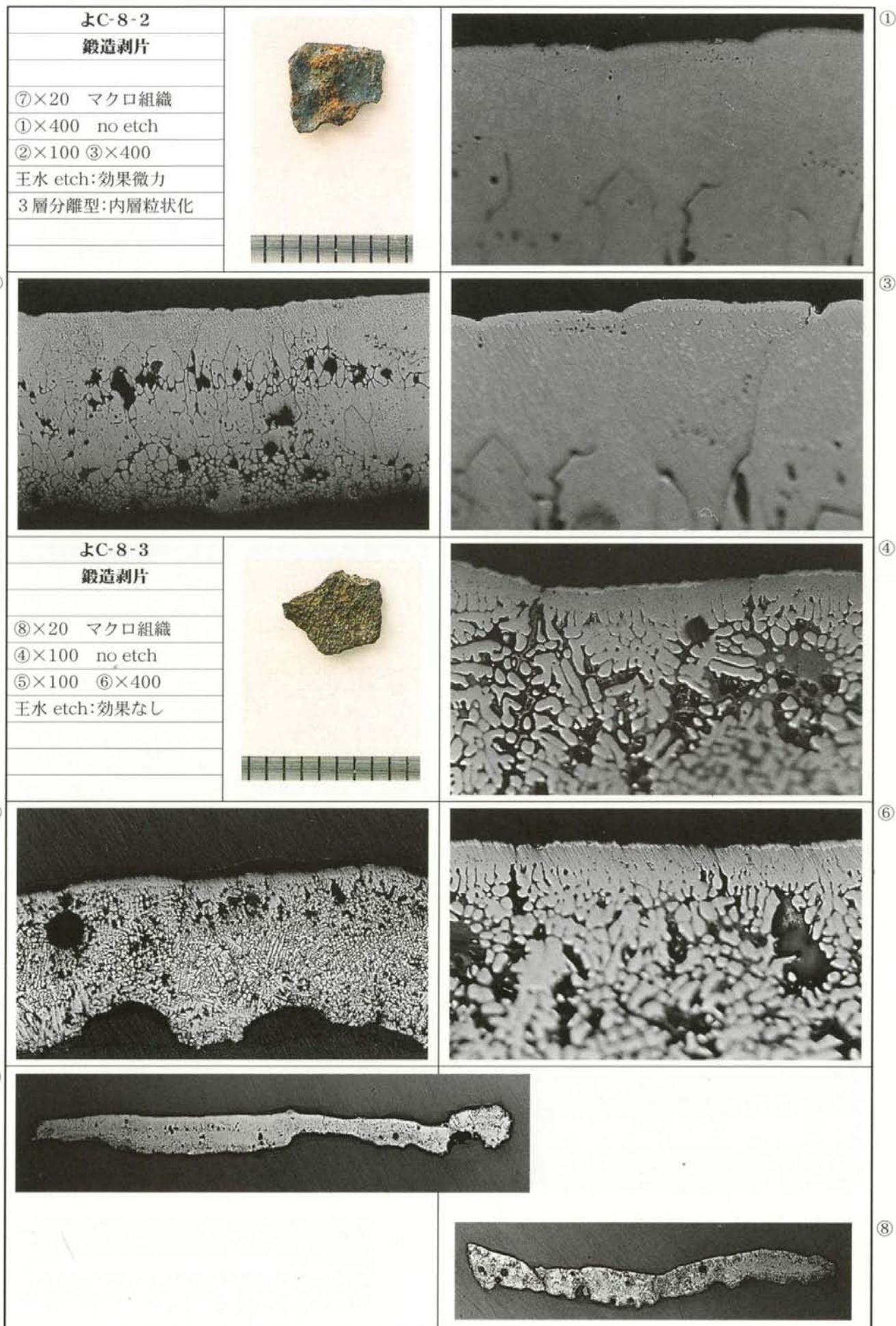


Photo.50 鍛造剥片の顕微鏡組織

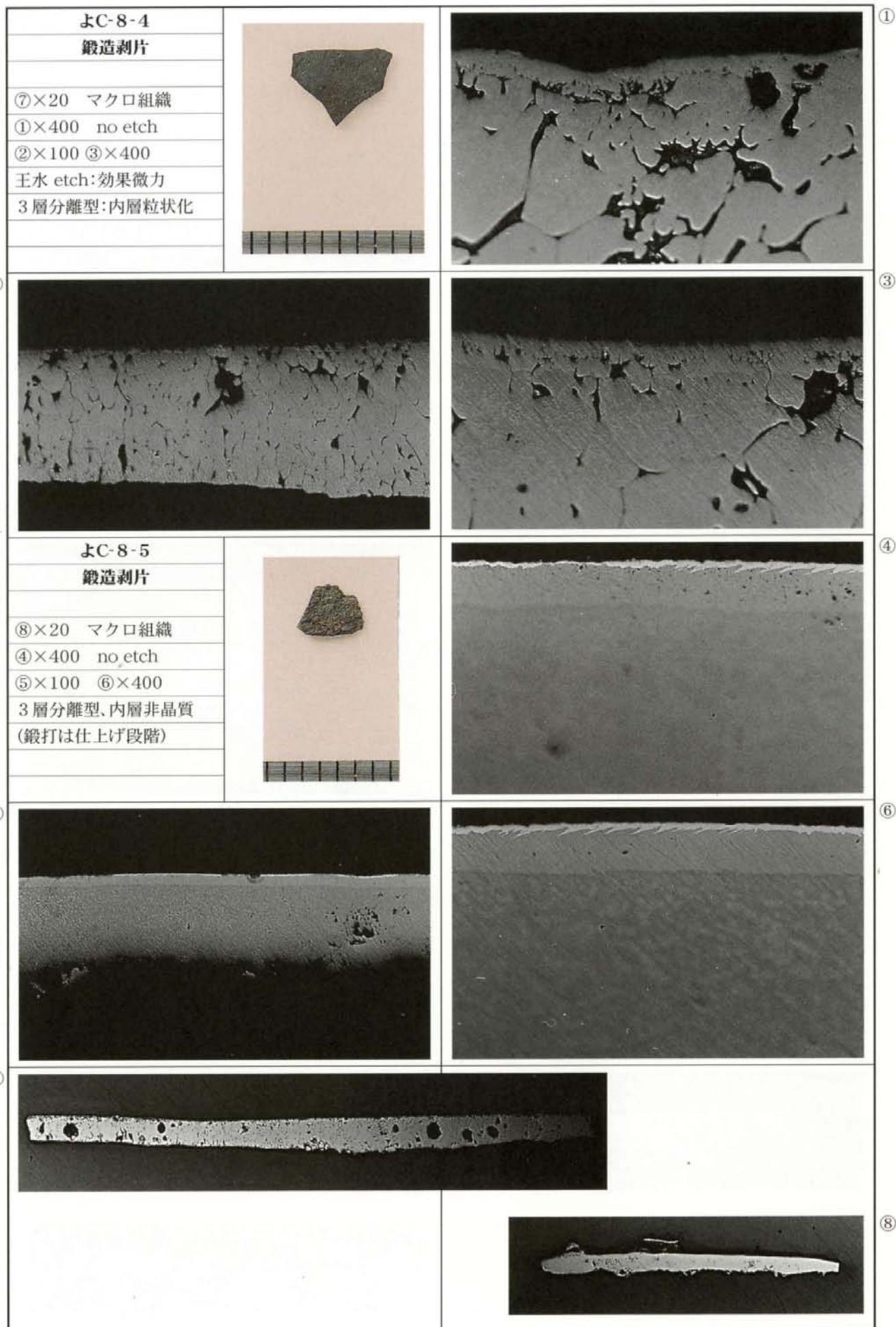


Photo.51 鍛造剥片の顕微鏡組織

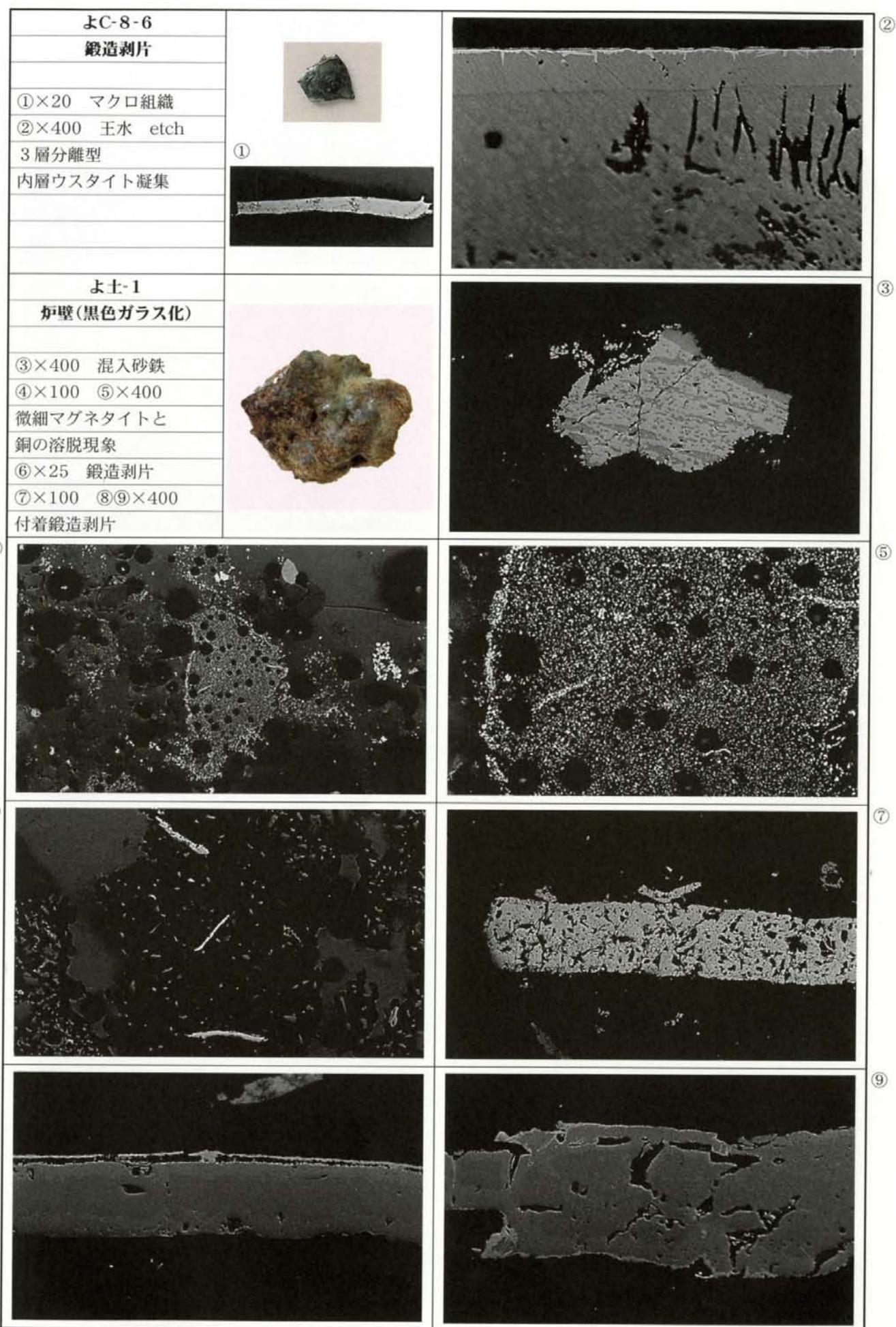


Photo.52 鍛造剥片・炉壁の顕微鏡組織

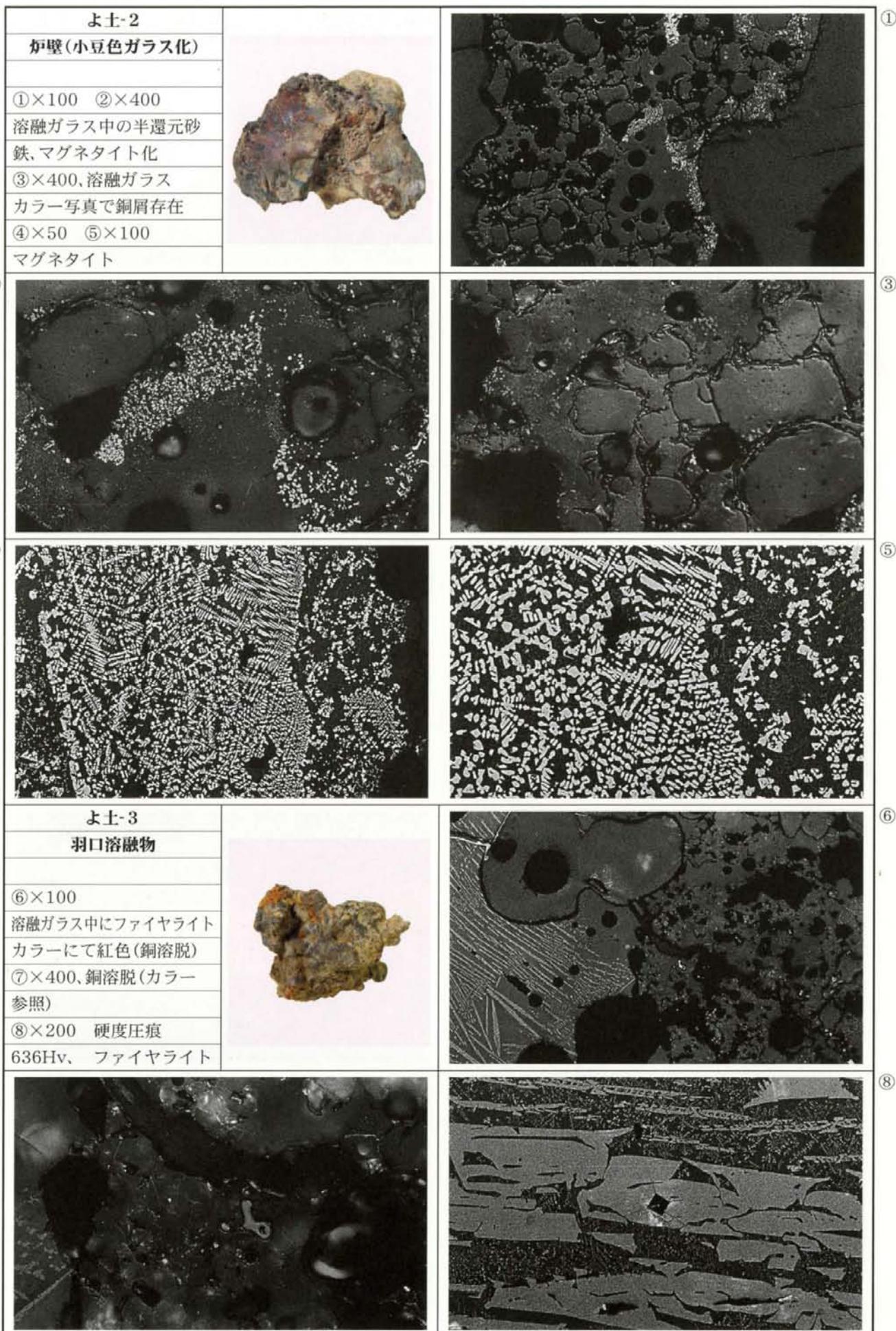


Photo.53 炉壁・羽口溶融物の顕微鏡組織

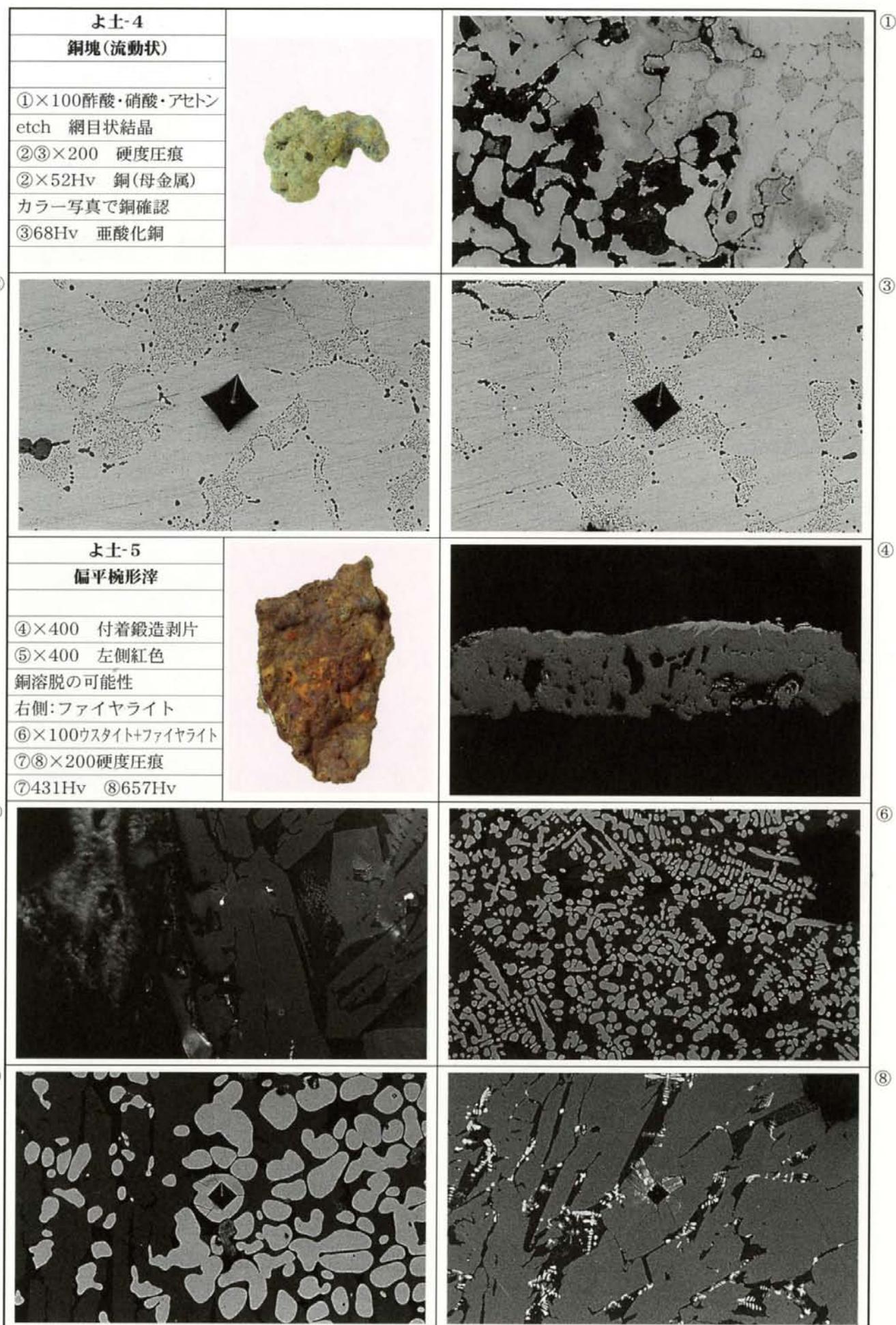


Photo.54 銅塊・扁平椀形滓の顕微鏡組織

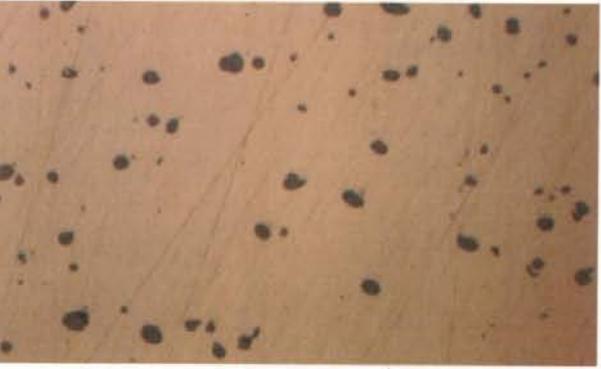
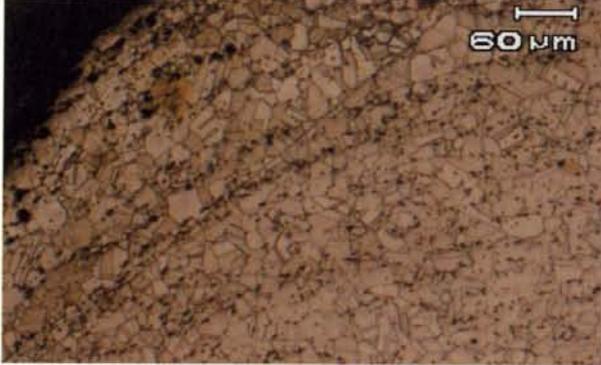
<p>よ土-5 偏平椀形滓</p> <p>①×400 朱色は銅酸化溶出(溶脱) 痕跡か</p>			①
<p>よ土-5 偏平椀形滓</p> <p>②×400 朱色は銅酸化溶出(溶脱) 痕跡か 淡灰色短柱状結晶は ファイヤライト</p>			②
<p>よ瓦-1 銅釘</p> <p>③×400 母金属に亜酸化銅(Cu<sub>2</sub>O) 発生</p>			③
<p>よ瓦-1 銅釘</p> <p>④×400 母金属の粒界腐食</p>			④
<p>⑤</p>			⑥

Photo.55 偏平椀形滓・銅釘の顕微鏡組織

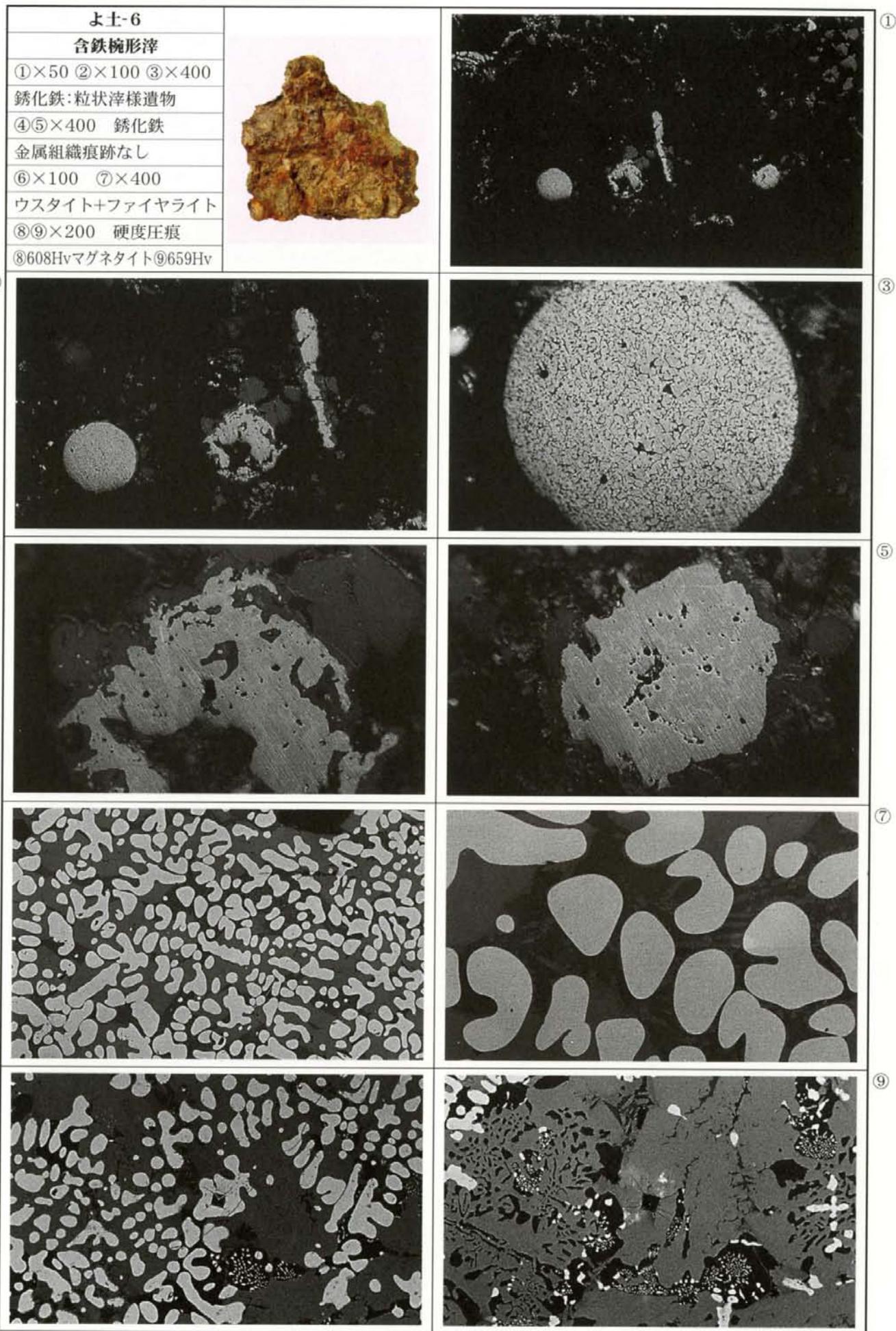


Photo.56 含鉄椀形滓の顕微鏡組織

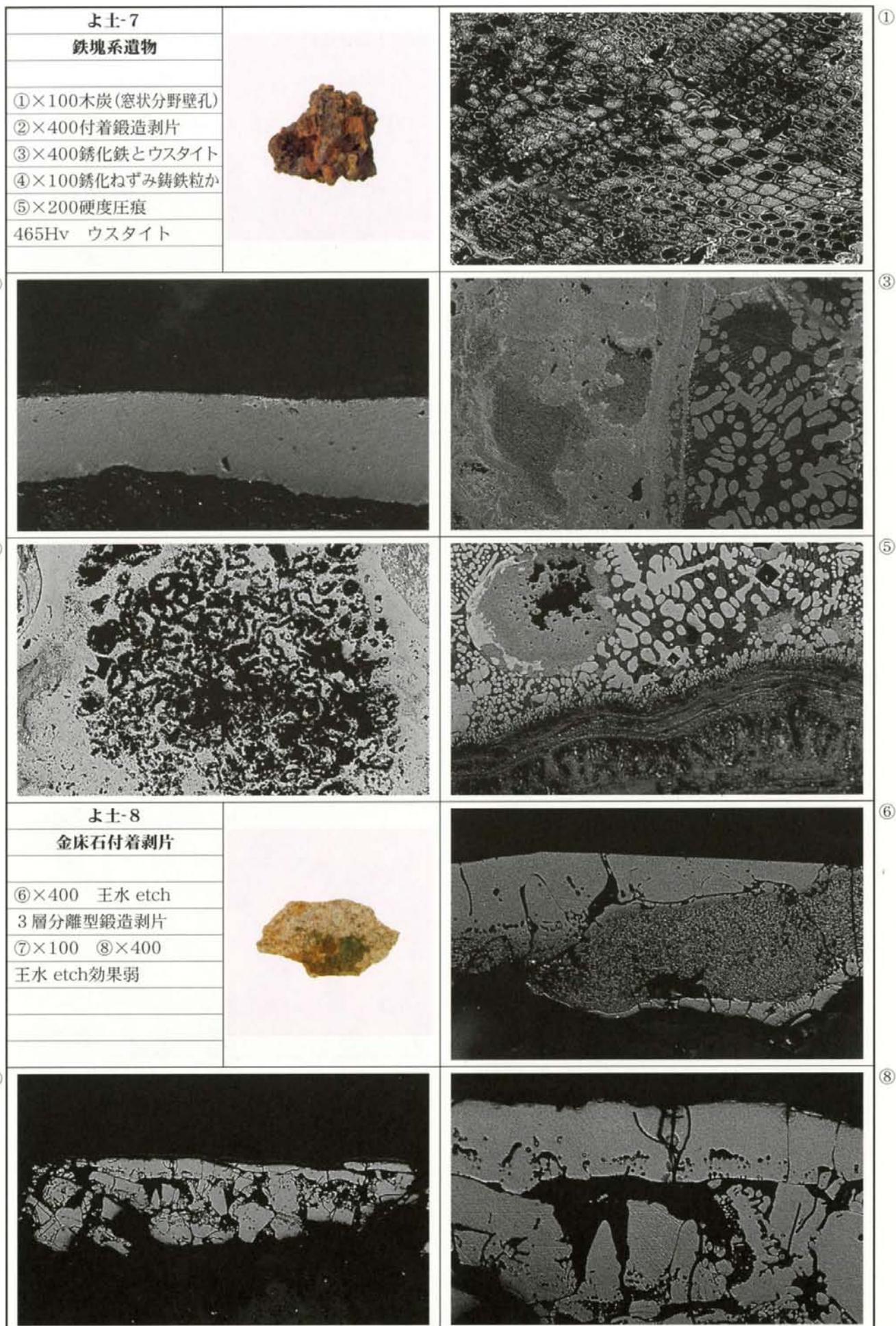


Photo.57 鉄塊系遺物・金床石附着剥片の顕微鏡組織

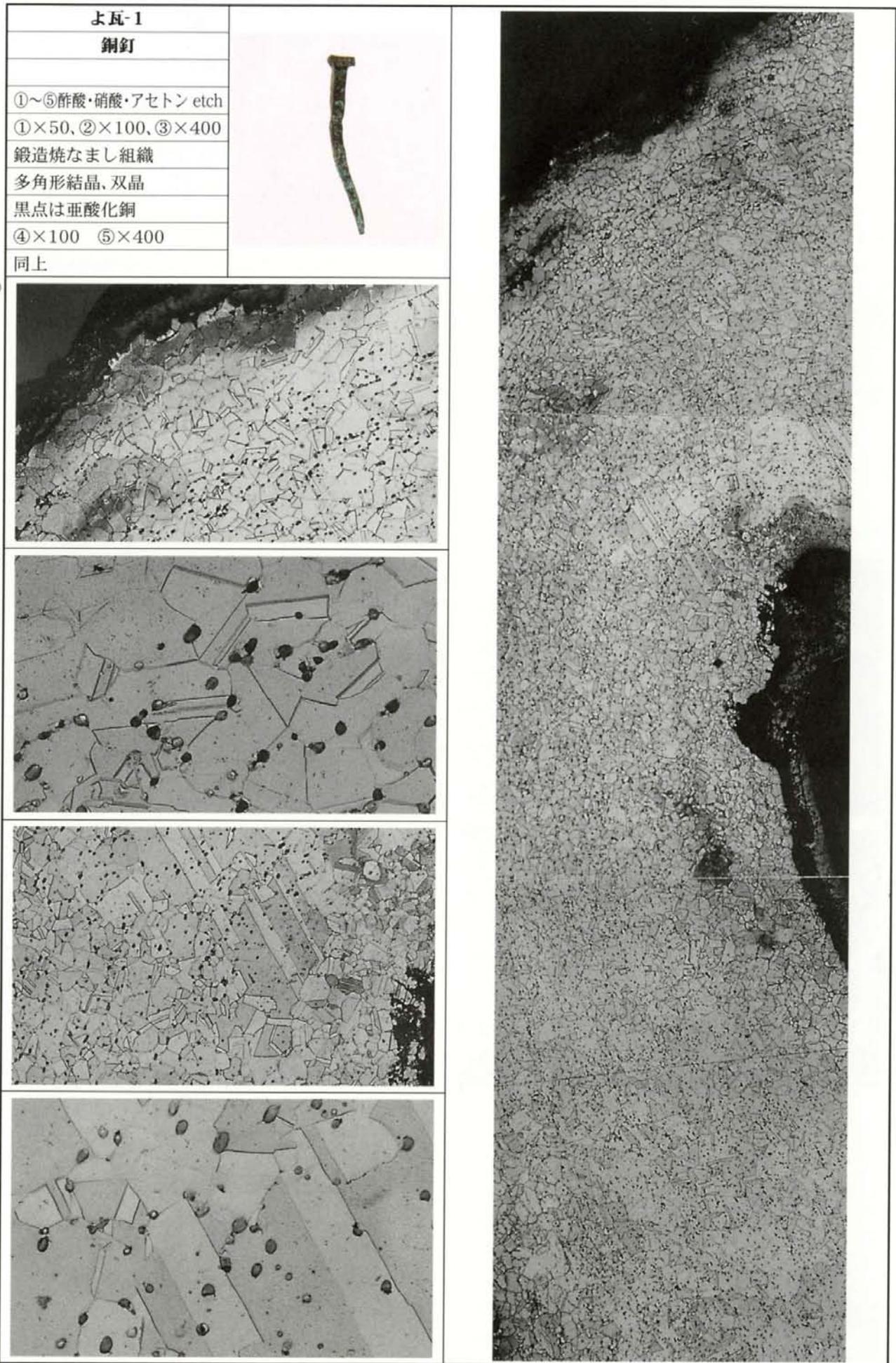


Photo.58 銅釘の顕微鏡組織

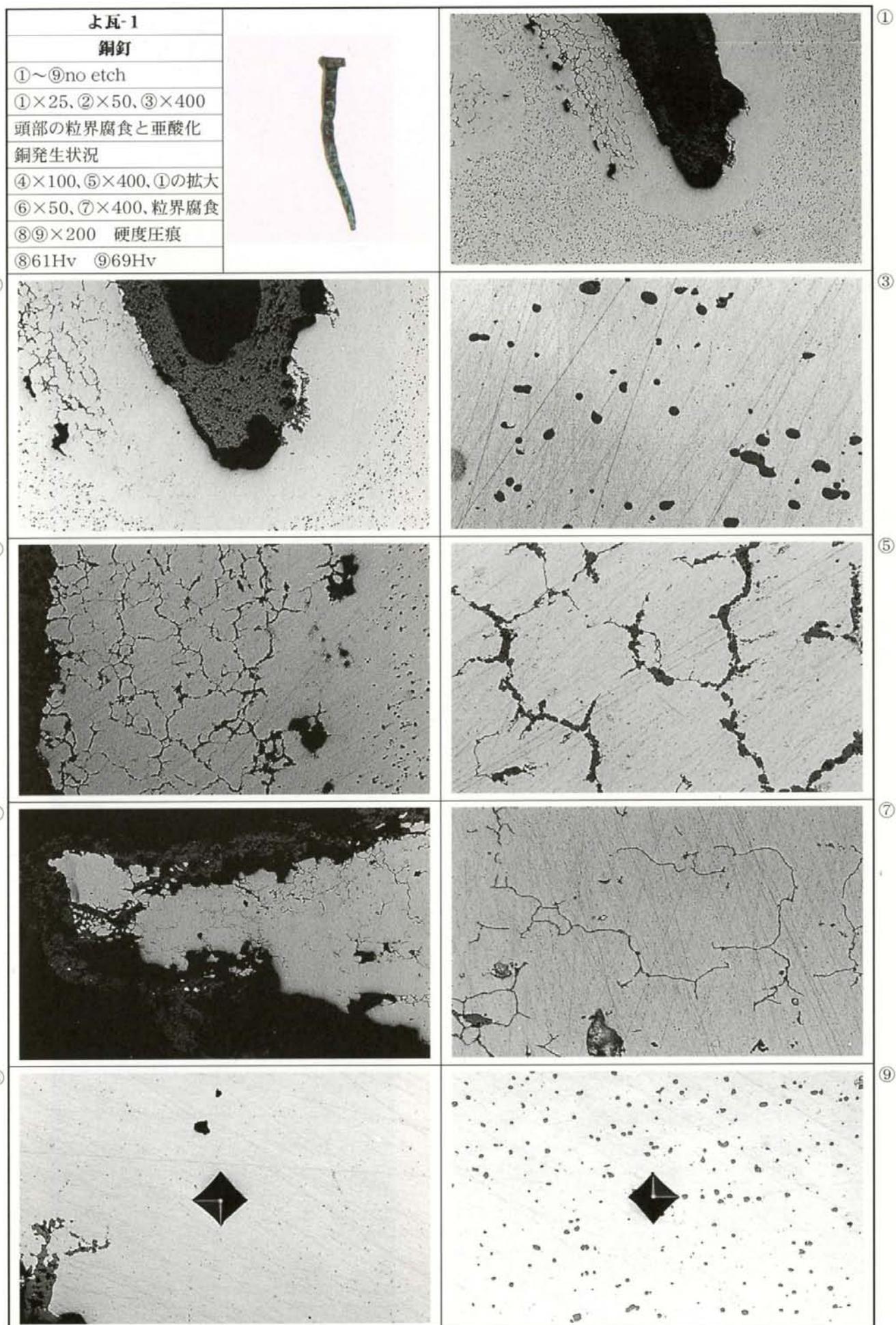


Photo.59 銅釘の顕微鏡組織

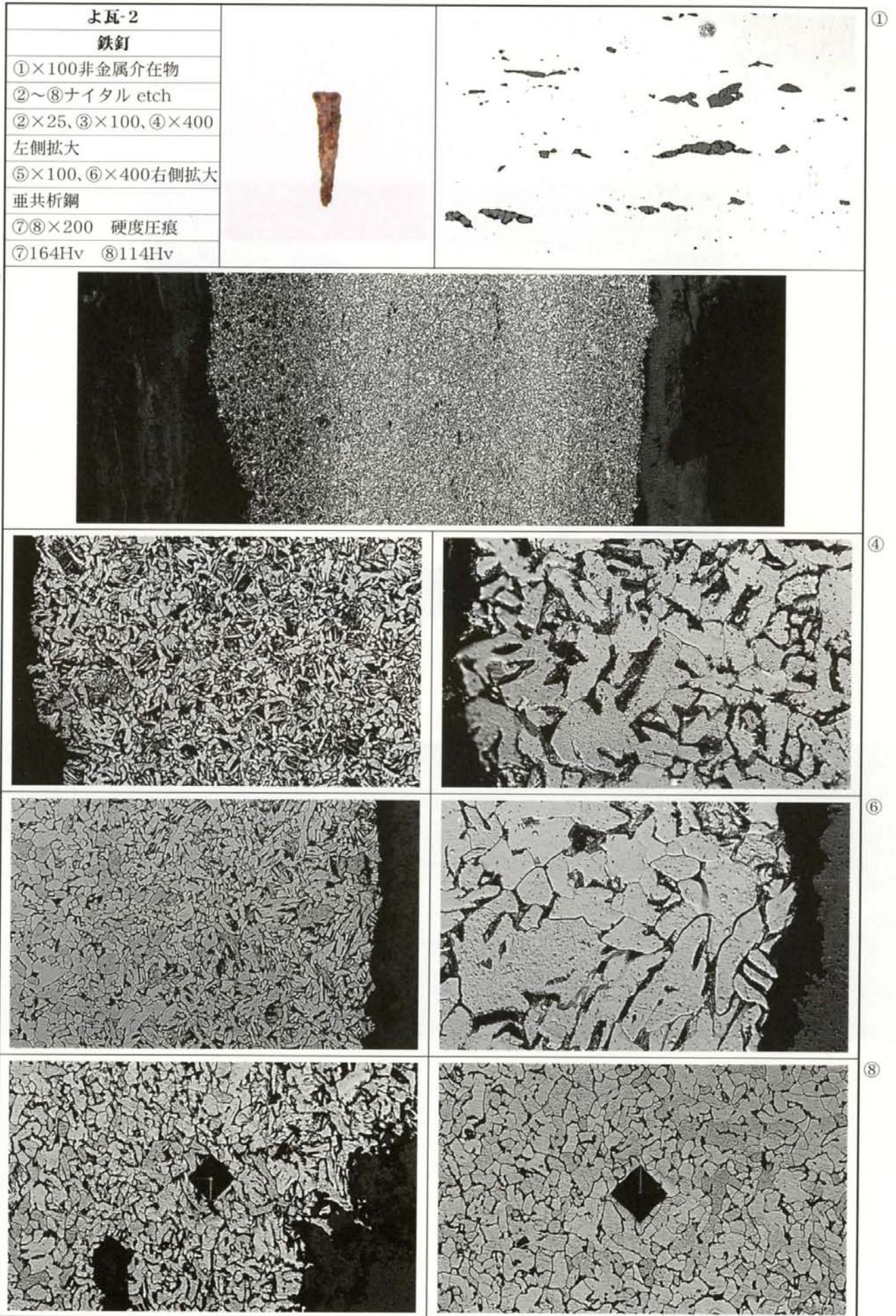
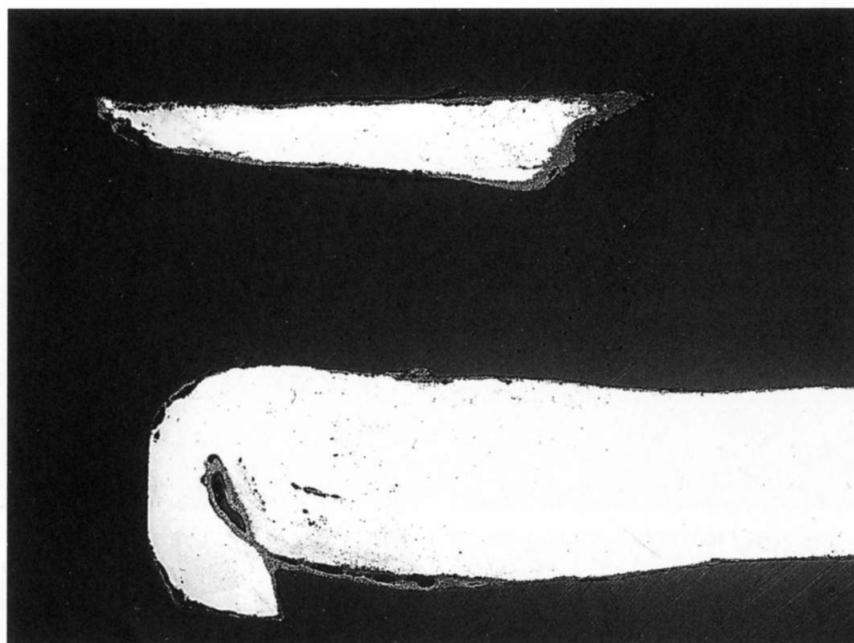
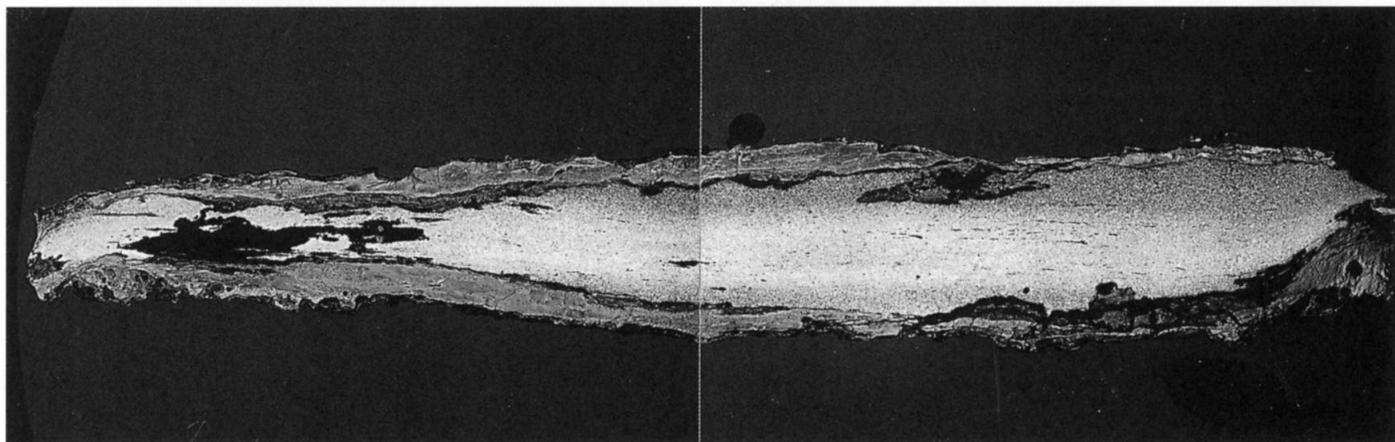


Photo.60 鉄釘の顕微鏡組織



よ瓦-1 (銅釘)

×50



よ瓦-2 (鉄釘)

×5

Photo.61 銅釘・鉄釘のマクロ組織

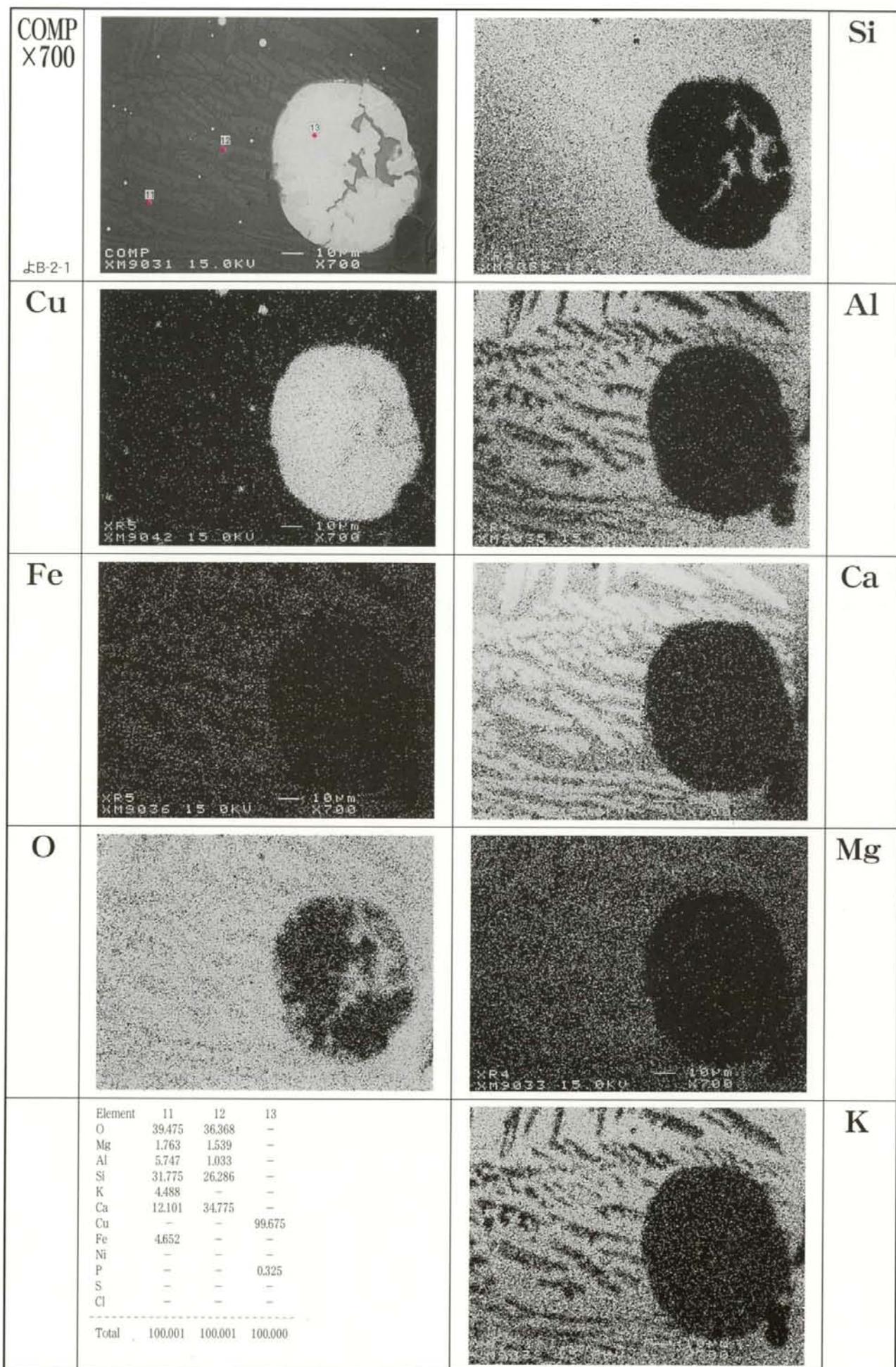


Photo.62 坩堝(よB-2:銅板溶着)のEPMA調査

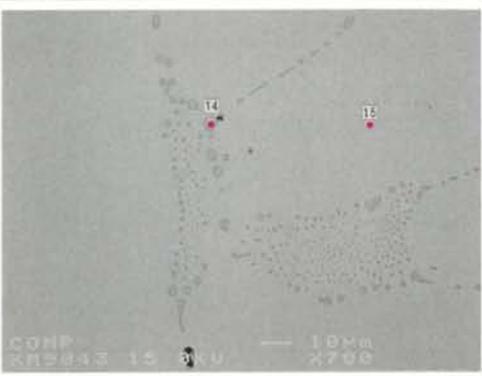
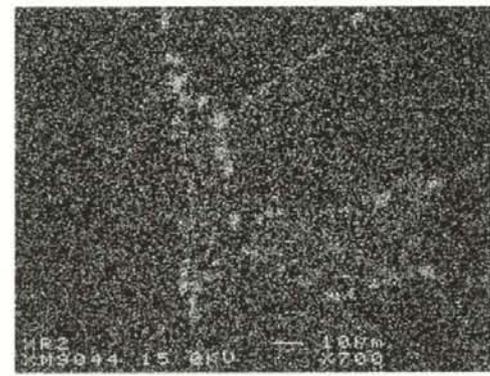
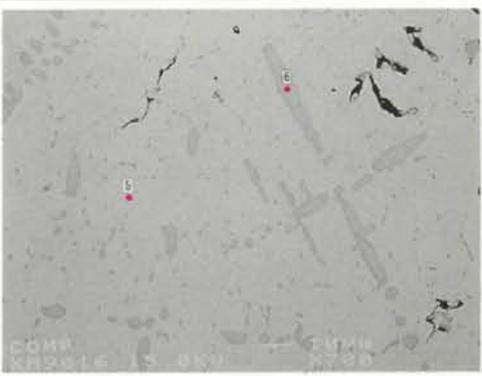
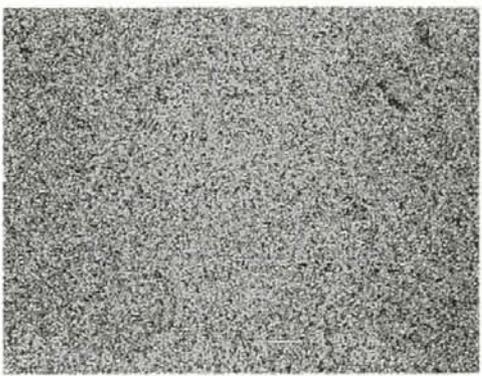
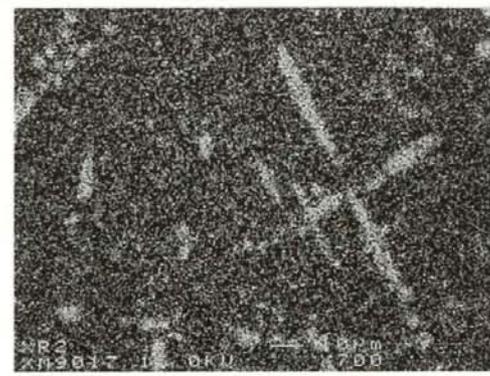
<p>COMP X700</p> <p>よB-2-2</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>14</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>8.137</td><td>-</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Al</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Si</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>K</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>91.863</td><td>-</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>-</td><td>100.000</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>P</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>S</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td colspan="3">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.000</td><td>100.000</td></tr> </tbody> </table>	Element	14	15	O	8.137	-	Mg	-	-	Al	-	-	Si	-	-	K	-	-	Ca	-	-	Cu	91.863	-	Fe	-	100.000	Ni	-	-	P	-	-	S	-	-	Cl	-	-	-----			Total	100.000	100.000	
Element	14	15																																														
O	8.137	-																																														
Mg	-	-																																														
Al	-	-																																														
Si	-	-																																														
K	-	-																																														
Ca	-	-																																														
Cu	91.863	-																																														
Fe	-	100.000																																														
Ni	-	-																																														
P	-	-																																														
S	-	-																																														
Cl	-	-																																														
-----																																																
Total	100.000	100.000																																														
<p>Cu</p>			<p>O</p>																																													
<p>COMP X700</p> <p>よB-3-1</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O</td><td>-</td><td>8.788</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Al</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Si</td><td>-</td><td>0.312</td></tr> <tr><td>K</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>99.625</td><td>90.901</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>P</td><td>0.375</td><td>-</td></tr> <tr><td colspan="3">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>100.000</td><td>100.000</td></tr> </tbody> </table>	Element	5	6	O	-	8.788	Mg	-	-	Al	-	-	Si	-	0.312	K	-	-	Ca	-	-	Cu	99.625	90.901	Fe	-	-	Ni	-	-	P	0.375	-	-----			Total	100.000	100.000							
Element	5	6																																														
O	-	8.788																																														
Mg	-	-																																														
Al	-	-																																														
Si	-	0.312																																														
K	-	-																																														
Ca	-	-																																														
Cu	99.625	90.901																																														
Fe	-	-																																														
Ni	-	-																																														
P	0.375	-																																														
-----																																																
Total	100.000	100.000																																														
<p>Cu</p>			<p>O</p>																																													

Photo.63 坩堝(よB-2:銅板溶着)・羽口(よB-3:先端紅色)のEPMA調査

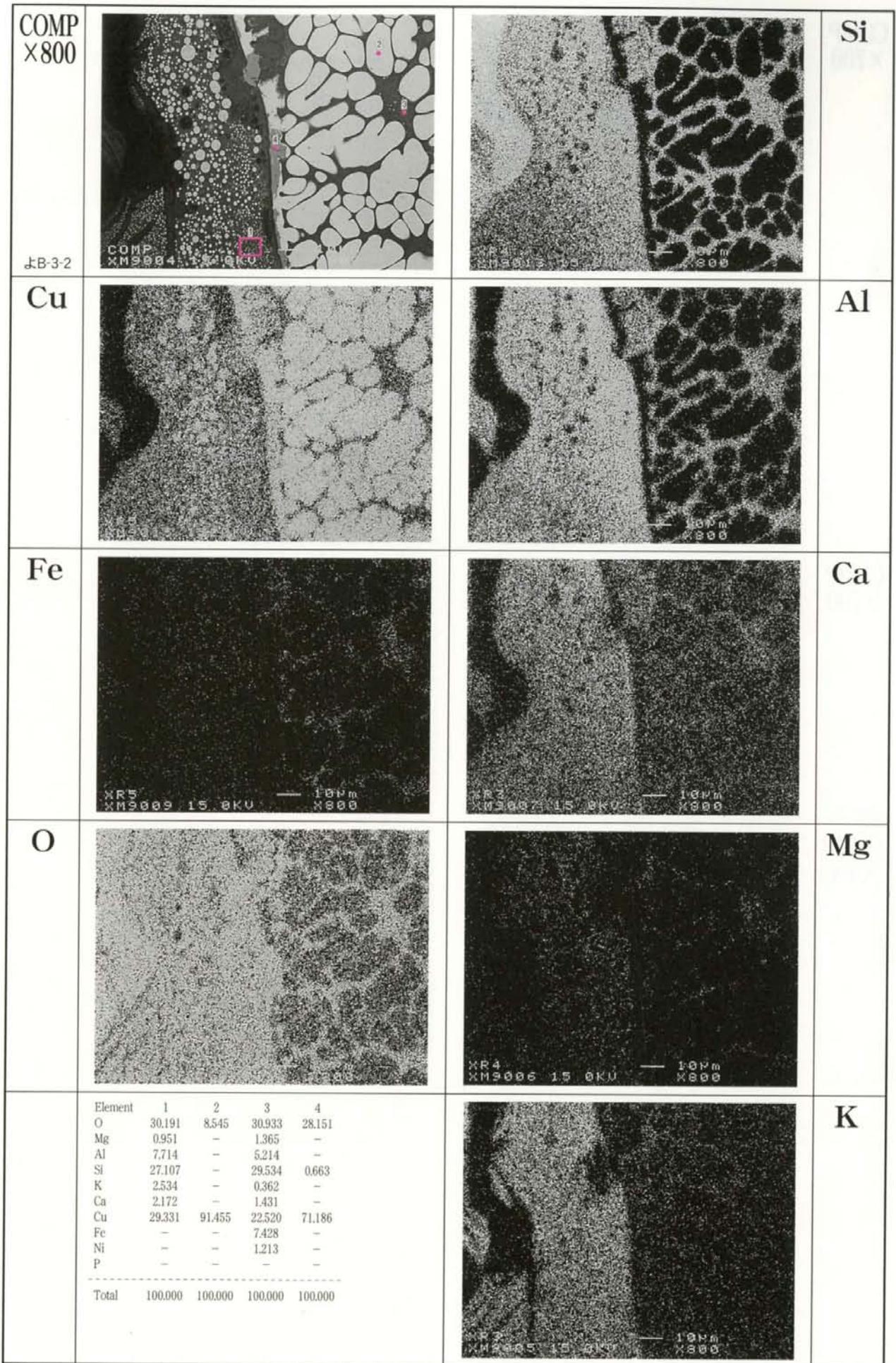


Photo.64 羽口(よB-3:先端紅色)のEPMA調査

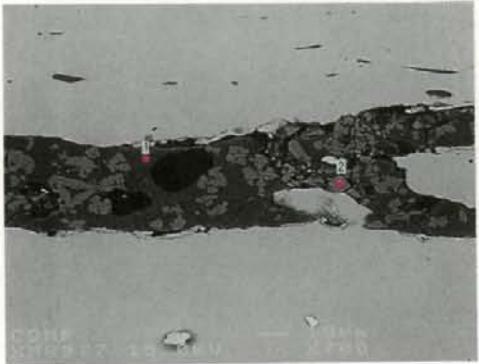
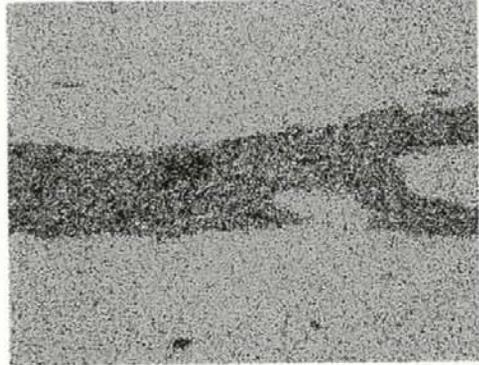
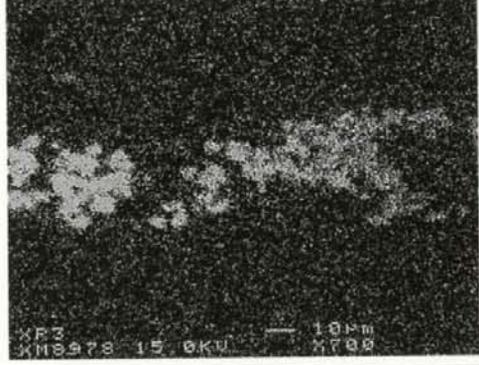
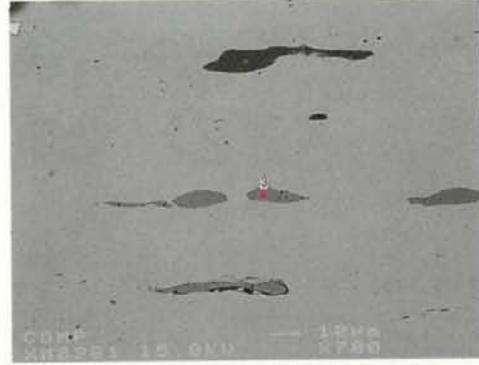
<p>COMP X700</p> <p>よB-12-1</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Na2O</td><td>1.028</td><td>-</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>0.996</td><td>0.667</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>7.102</td><td>4.442</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>37.256</td><td>0.446</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>3.109</td><td>0.051</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>3.642</td><td>0.052</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.104</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>0.103</td><td>-</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>0.821</td><td>25.422</td></tr> <tr><td>Cr2O3</td><td>0.052</td><td>0.364</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>1.508</td><td>0.777</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>44.129</td><td>63.232</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>1.219</td><td>0.273</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>0.031</td><td>0.094</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>-</td><td>4.741</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td colspan="3">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>101.074</td><td>100.571</td></tr> </tbody> </table>	Element	1	2	F	-	-	Na2O	1.028	-	MgO	0.996	0.667	Al2O3	7.102	4.442	SiO2	37.256	0.446	K2O	3.109	0.051	CaO	3.642	0.052	S	0.104	0.013	P2O5	0.103	-	TiO2	0.821	25.422	Cr2O3	0.052	0.364	MnO	1.508	0.777	FeO	44.129	63.232	ZrO2	1.219	0.273	CuO	0.031	0.094	V2O3	-	4.741	As2O5	-	-	-----			Total	101.074	100.571	
Element	1	2																																																													
F	-	-																																																													
Na2O	1.028	-																																																													
MgO	0.996	0.667																																																													
Al2O3	7.102	4.442																																																													
SiO2	37.256	0.446																																																													
K2O	3.109	0.051																																																													
CaO	3.642	0.052																																																													
S	0.104	0.013																																																													
P2O5	0.103	-																																																													
TiO2	0.821	25.422																																																													
Cr2O3	0.052	0.364																																																													
MnO	1.508	0.777																																																													
FeO	44.129	63.232																																																													
ZrO2	1.219	0.273																																																													
CuO	0.031	0.094																																																													
V2O3	-	4.741																																																													
As2O5	-	-																																																													
-----																																																															
Total	101.074	100.571																																																													
<p>Fe</p>			<p>Ti</p>																																																												
<p>COMP X700</p> <p>よB-12-2</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>-</td></tr> <tr><td>Na2O</td><td>-</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>0.206</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>0.250</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>0.070</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>-</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>-</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.011</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>-</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>0.328</td></tr> <tr><td>Cr2O3</td><td>0.004</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>0.077</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>100.682</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.047</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>-</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>0.040</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>0.063</td></tr> <tr><td colspan="2">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>101.775</td></tr> </tbody> </table>	Element	3	F	-	Na2O	-	MgO	0.206	Al2O3	0.250	SiO2	0.070	K2O	-	CaO	-	S	0.011	P2O5	-	TiO2	0.328	Cr2O3	0.004	MnO	0.077	FeO	100.682	ZrO2	0.047	CuO	-	V2O3	0.040	As2O5	0.063	-----		Total	101.775																					
Element	3																																																														
F	-																																																														
Na2O	-																																																														
MgO	0.206																																																														
Al2O3	0.250																																																														
SiO2	0.070																																																														
K2O	-																																																														
CaO	-																																																														
S	0.011																																																														
P2O5	-																																																														
TiO2	0.328																																																														
Cr2O3	0.004																																																														
MnO	0.077																																																														
FeO	100.682																																																														
ZrO2	0.047																																																														
CuO	-																																																														
V2O3	0.040																																																														
As2O5	0.063																																																														
-----																																																															
Total	101.775																																																														
<p>COMP X600</p> <p>よB-12-3</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>Na2O</td><td>1.274</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>1.322</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>10.027</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>48.382</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>4.676</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>6.269</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.016</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>0.110</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>2.182</td></tr> <tr><td>Cr2O3</td><td>-</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>1.058</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>26.423</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>1.537</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>0.005</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>0.014</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>-</td></tr> <tr><td colspan="2">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>103.305</td></tr> </tbody> </table>	Element	4	F	0.025	Na2O	1.274	MgO	1.322	Al2O3	10.027	SiO2	48.382	K2O	4.676	CaO	6.269	S	0.016	P2O5	0.110	TiO2	2.182	Cr2O3	-	MnO	1.058	FeO	26.423	ZrO2	1.537	CuO	0.005	V2O3	0.014	As2O5	-	-----		Total	103.305																					
Element	4																																																														
F	0.025																																																														
Na2O	1.274																																																														
MgO	1.322																																																														
Al2O3	10.027																																																														
SiO2	48.382																																																														
K2O	4.676																																																														
CaO	6.269																																																														
S	0.016																																																														
P2O5	0.110																																																														
TiO2	2.182																																																														
Cr2O3	-																																																														
MnO	1.058																																																														
FeO	26.423																																																														
ZrO2	1.537																																																														
CuO	0.005																																																														
V2O3	0.014																																																														
As2O5	-																																																														
-----																																																															
Total	103.305																																																														

Photo.65 鉄釘(よB-12:非金属介在物)のEPMA調査

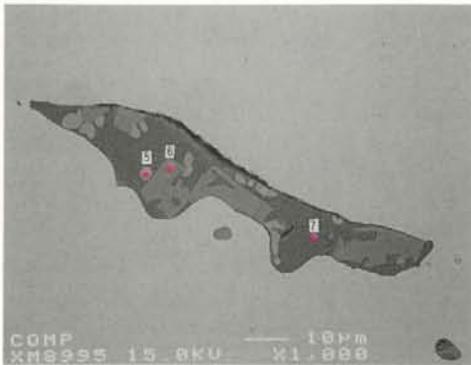
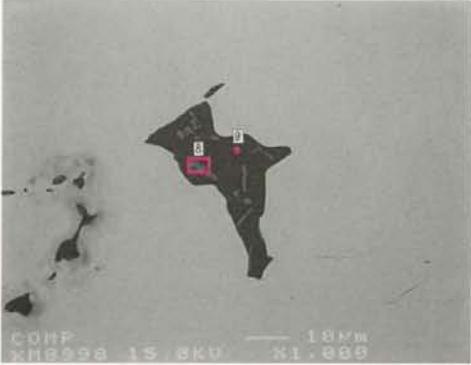
<p>COMP ×1000</p> <p>よC-5-1</p>	 <p>COMP XMG995 15 8KV X1,000</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Na2O</td><td>-</td><td>0.070</td><td>0.962</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>0.471</td><td>0.161</td><td>0.789</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>5.671</td><td>0.769</td><td>6.423</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>0.179</td><td>0.890</td><td>34.002</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>0.008</td><td>-</td><td>2.874</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>0.006</td><td>-</td><td>3.559</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.006</td><td>-</td><td>0.048</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>-</td><td>0.015</td><td>1.918</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>25.544</td><td>2.350</td><td>0.921</td></tr> <tr><td>Cr2O3</td><td>0.035</td><td>0.043</td><td>-</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>0.374</td><td>0.294</td><td>0.643</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>68.912</td><td>97.739</td><td>51.048</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.126</td><td>-</td><td>0.456</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>0.059</td><td>0.003</td><td>-</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>0.707</td><td>0.046</td><td>0.092</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>0.012</td><td>-</td><td>0.075</td></tr> <tr><td colspan="4">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>102.109</td><td>102.380</td><td>103.798</td></tr> </tbody> </table>	Element	5	6	7	F	-	-	-	Na2O	-	0.070	0.962	MgO	0.471	0.161	0.789	Al2O3	5.671	0.769	6.423	SiO2	0.179	0.890	34.002	K2O	0.008	-	2.874	CaO	0.006	-	3.559	S	0.006	-	0.048	P2O5	-	0.015	1.918	TiO2	25.544	2.350	0.921	Cr2O3	0.035	0.043	-	MnO	0.374	0.294	0.643	FeO	68.912	97.739	51.048	ZrO2	0.126	-	0.456	CuO	0.059	0.003	-	V2O3	0.707	0.046	0.092	As2O5	0.012	-	0.075	-----				Total	102.109	102.380	103.798	
Element	5	6	7																																																																																
F	-	-	-																																																																																
Na2O	-	0.070	0.962																																																																																
MgO	0.471	0.161	0.789																																																																																
Al2O3	5.671	0.769	6.423																																																																																
SiO2	0.179	0.890	34.002																																																																																
K2O	0.008	-	2.874																																																																																
CaO	0.006	-	3.559																																																																																
S	0.006	-	0.048																																																																																
P2O5	-	0.015	1.918																																																																																
TiO2	25.544	2.350	0.921																																																																																
Cr2O3	0.035	0.043	-																																																																																
MnO	0.374	0.294	0.643																																																																																
FeO	68.912	97.739	51.048																																																																																
ZrO2	0.126	-	0.456																																																																																
CuO	0.059	0.003	-																																																																																
V2O3	0.707	0.046	0.092																																																																																
As2O5	0.012	-	0.075																																																																																
-----																																																																																			
Total	102.109	102.380	103.798																																																																																
<p>Fe</p>		 <p>XRF XMG995 15 8KV X1,000</p>	<p>Ti</p>																																																																																
<p>COMP ×1000</p> <p>よC-5-2</p>	 <p>COMP XMG998 15 8KV X1,000</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>8</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>Na2O</td><td>2.468</td><td>2.133</td></tr> <tr><td>MgO</td><td>2.155</td><td>1.439</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>13.193</td><td>15.414</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>47.607</td><td>59.490</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>3.702</td><td>4.329</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>5.929</td><td>8.111</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.026</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>0.005</td><td>-</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>23.392</td><td>8.085</td></tr> <tr><td>Cr2O3</td><td>0.082</td><td>-</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>0.425</td><td>0.515</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>3.915</td><td>2.546</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.645</td><td>0.501</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>-</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>0.114</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>-</td><td>0.034</td></tr> <tr><td colspan="3">-----</td></tr> <tr><td>Total</td><td>103.652</td><td>102.658</td></tr> </tbody> </table>	Element	8	9	F	-	-	Na2O	2.468	2.133	MgO	2.155	1.439	Al2O3	13.193	15.414	SiO2	47.607	59.490	K2O	3.702	4.329	CaO	5.929	8.111	S	0.026	0.041	P2O5	0.005	-	TiO2	23.392	8.085	Cr2O3	0.082	-	MnO	0.425	0.515	FeO	3.915	2.546	ZrO2	0.645	0.501	CuO	-	0.015	V2O3	0.114	0.015	As2O5	-	0.034	-----			Total	103.652	102.658																					
Element	8	9																																																																																	
F	-	-																																																																																	
Na2O	2.468	2.133																																																																																	
MgO	2.155	1.439																																																																																	
Al2O3	13.193	15.414																																																																																	
SiO2	47.607	59.490																																																																																	
K2O	3.702	4.329																																																																																	
CaO	5.929	8.111																																																																																	
S	0.026	0.041																																																																																	
P2O5	0.005	-																																																																																	
TiO2	23.392	8.085																																																																																	
Cr2O3	0.082	-																																																																																	
MnO	0.425	0.515																																																																																	
FeO	3.915	2.546																																																																																	
ZrO2	0.645	0.501																																																																																	
CuO	-	0.015																																																																																	
V2O3	0.114	0.015																																																																																	
As2O5	-	0.034																																																																																	
-----																																																																																			
Total	103.652	102.658																																																																																	
<p>Fe</p>		 <p>XRF XMG998 15 8KV X1,000</p>	<p>Ti</p>																																																																																

Photo.66 鉄製品(よC-5:非金属介在物)のEPMA調査

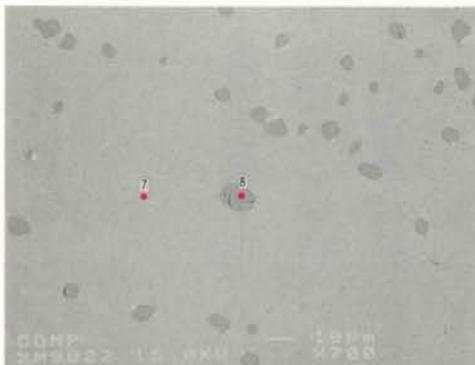
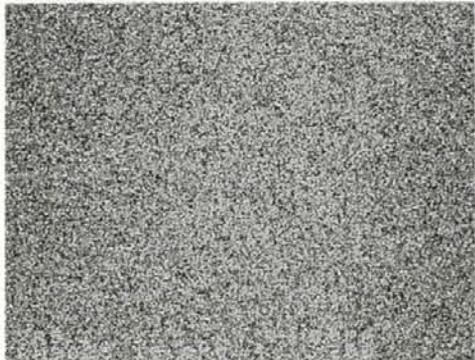
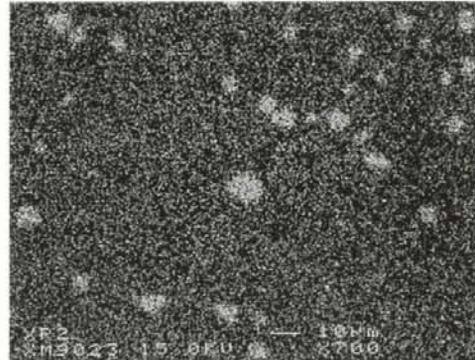
<p>COMP X700</p> <p>よ瓦-1</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O</td> <td>-</td> <td>8.393</td> </tr> <tr> <td>Mg</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>99.632</td> <td>91.144</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0.368</td> <td>0.462</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><hr/></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100.000</td> <td>99.999</td> </tr> </tbody> </table>	Element	7	8	O	-	8.393	Mg	-	-	Al	-	-	Si	-	-	K	-	-	Ca	-	-	Cu	99.632	91.144	Fe	-	-	Ni	-	-	P	0.368	0.462	<hr/>			Total	100.000	99.999	
Element	7	8																																								
O	-	8.393																																								
Mg	-	-																																								
Al	-	-																																								
Si	-	-																																								
K	-	-																																								
Ca	-	-																																								
Cu	99.632	91.144																																								
Fe	-	-																																								
Ni	-	-																																								
P	0.368	0.462																																								
<hr/>																																										
Total	100.000	99.999																																								
<p>Cu</p>			<p>O</p>																																							

Photo.67 銅釘(よ瓦-1)のEPMA調査

# 附:「沖縄県の鍛冶関連遺跡—研究の現状と課題—」(2000.8.10)

※2004.12.4 たたら研究会沖縄大会提出のため一部加筆

大澤正己

## 1. はじめに

近年、歴史上の鉄の占める位置付けの重要性は万人の認めるところである。しかし、この重要な鉄（生産・製品）の実体は意外と不明瞭である。筆者は、冶金学的見地から鉄に視点を当て、約30年近く研究してきたが、その本質を捉えるまでに至っていない。現状は問題点の整理にのみ追われて、汲々としている毎日である。今度浦添市教育委員会より浦添ようどれ調査に際して、標記の命題が与えられた。充分なる回答とはなっていないが、愚考を簡単に述べてみる。

## 2. 調査はどこまで進んでいるか

沖縄県下での、鍛冶関連遺物の出土例は、沖縄県立博物館刊行『考古資料より見た沖縄の鉄器文化』（1997）をみると70遺跡近くがあり、これに資料刊行後の新しく発見された遺跡を加算すると80遺跡以上になろう。

これに対して、関連遺物の金属学的調査を行っているのは、その半数以下（36遺跡：鉄滓以外の調査例を含む）である。過去に発表してきた事例を経時的に述べると次の報告が挙げられる。

- 1976「鉄滓の科学的分析調査」『(沖縄・宮古島)砂川元島遺跡発掘調査概報(第2次)』砂川元島遺跡調査団(青山学院大学)《沖縄県》
- 1979「渡名喜島遺跡発見の鉄滓について～沖縄県出土の鉄滓の調査～」(『渡名喜島の遺跡Ⅱ』渡名喜村文化財調査報告書第2集)渡名喜村教育委員会《渡名喜村(沖縄県)》
- 1985「沖縄・牧港貝塚・渡洞穴遺跡採取砂鉄・鉄滓及び具志原貝塚出土赤鉄鉱の金属学的調査」(『牧港貝塚・真久原遺跡』沖縄県文化財調査報告書第65集)沖縄県教育委員会《沖縄県》
- 1987「沖縄県我謝遺跡、浦城城跡、フルガツ山出土鉄滓の金属学的調査」(『沖縄県教育委員会文化課紀要』第4号)沖縄県教育委員会《沖縄県》
- 1988「沖縄出土鉄器の調査」『昭和63年度たたら研究会大会発表要旨』たたら研究会種子島開発総合センター 1988.11.26 大城慧氏と共著《西之表市(鹿児島県)》
- 1989「沖縄県清水貝塚出土鉄器の金属学的調査」(『清水貝塚発掘調査報告書Ⅰ』具志川村文化財調査報告書第1集)具志川村教育委員会《具志川村(沖縄県)》
- 1991「西表、上村遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」(『上村遺跡』沖縄県文化財調査報告書第98集)沖縄県教育委員会《沖縄県》
- 1991「西表、船浦スラ所と周辺遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」(『船浦スラ所跡』沖縄県文化財調査報告書第101集)沖縄県教育委員会《沖縄県》
- 1994「竹富島カイジ浜貝塚出土鉄器及び周辺遺跡出土遺物の金属学的調査」(『カイジ浜貝塚』沖縄県文化財調査報告書第115集)沖縄県教育委員会《沖縄県》
- 1994「沖縄の鉄滓資料」(『南方考古』第14号、学会創立25周年記念特集号)沖縄考古学会、三島格先生と共著《沖縄県》

- 1997「首里城跡出土青銅製品の科学分析調査」(『首里城跡』～京の内跡(Ⅰ)発掘調査報告書～) 沖縄県教育委員会 《沖縄県》
- 1998「カンジャーガマ岩陰遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」(『大謝名カンジャーガマ岩陰遺跡の鍛冶関連遺物』～市道大謝名4号道路の舗装改良工事に伴う緊急調査報告書～宜野湾市文化財調査報告書第29集) 沖縄県宜野湾市教育委員会 《宜野湾市(沖縄県)》
- 1999「当山東原遺跡出土銅釘と鉄滓の金属学的調査」(『当山東原遺跡』浦添市埋蔵文化財調査報告書第集) 浦添市教育委員会、パリーノ・サーヴェイ株式会社経由、鈴木瑞穂氏と共著 《浦添市(沖縄県)》
- 1999「宮古・住屋遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」(『住屋遺跡(Ⅰ)』～市庁舎建設に伴う緊急発掘調査報告～平良市埋蔵文化財調査報告書第4集) 平良市教育委員会 《平良市(沖縄県)》
- 2000「仲間村跡B遺跡出土鉄釘・ジューファー(耳搔き)の金属学的調査」パリーノ・サーヴェイ株式会社経由、南風原町教育委員会、鈴木瑞穂氏と共著、南風原町(沖縄県)
- 2000「若松遺跡出土鉄滓の金属学的調査」北中城村教育委員会提出原稿 1996.6.26 提出
- 2000「なかぐすくじょうせき中城城跡御獄出土鍛冶滓・粒状滓・鍛造剥片(14～15C)平成16年度たたら研究会大会にて報告
- 2003「バナタガー嶺・上ノ頂・尻川遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『尻川遺跡』～個人住宅建設予定に伴う緊急発掘調査報告書～(平良市埋蔵文化財調査報告書第5集) 平良市教育委員会
- 2003『尻並遺跡』～那覇地方裁判所平良支部建て替えに伴う発掘調査～(沖縄県立埋蔵文化財センター調査報告書第15集) 沖縄県立埋蔵文化財センター、鍛冶関係遺物整理立会
- 2004「根間・西里遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」平良市教育委員会提出原稿(刊行予定報告書)
- 2004「伝ベーミンシュク村跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」竹富町教育委員会、2001.6.5 原稿提出、報告書準備中

### 3. 何が判って、何が判ってないか

- (1) 沖縄県での鉄器初現は、貝塚時代後期(弥生時代後期)が想定される。宇堅貝塚の板状鉄斧はその一例で、鉍石系鉄素材の可能性が強い。大陸産であろう。鉄錆からの調査を行った。本質を捉えるには金属鉄の調査が望ましい。
- (2) 沖縄県内出土鉄滓は36遺跡分が調査された。時期はグスク時代(12～16C)以降のものである。鉄生産の主体は鍛冶作業であった。我謝遺跡(本島北部)出土鉄滓の1点の砂鉄製錬滓を除くと、すべてが鍛冶滓である。
- (3) 鍛冶滓は铸铁鍋破片と多くは共存する。鍋破片は鍛冶炉(火窪)内で下げ(脱炭)されて鍛造素材に再生される。鍛冶原料鉄は鉄塊・鉄板・鉄条(鉄棒)なども挙げられるが、それらの実態は明らかにされていない。
- (4) 鍛冶滓は、その始発原料が鉍石系と砂鉄系が共存する。同じく、鉄器(主に釘)は鉄中の非金属介在物からみて、同様に鉍石系と砂鉄系が確認されている。  
上村・船浦スラ所では、含銅磁鉄鉍から揚子江流域ルート、砂鉄は鹿児島から南下したルートなど、産地推定がなされているが、今後はその検証が必要。
- (5) 鉄釘は焼入れ、焼もどし・浸炭処理などの熱処理がなされ、鍛造技術は一定水準の製品が多い。鍛冶技術の体系付けが望まれる。
- (6) 沖縄からは、少量ながら製鉄原料となりうる鉍石・砂鉄が採取される。ただし、鉄生産に結びつける程のものではないが、留意するべきであろう。

- (7) 鍛冶遺構は火窪型が信憑性をもって存在する。宜野湾市所在のカンジャーガマ岩陰遺跡の鍛冶炉で試みた作業空間の再現を追求すべきであろう。また、当遺跡で調査した鍛冶関連遺物（微細遺物：粒状滓・鍛造剥片）は広く採用すべきと考えられる。
- (8) 非鉄金属（銅・青銅・黄銅）のデータも徐々に集積されてきた。これの体系化も望まれる。

#### 4. 今後はどのような調査・研究が必要なのか

沖縄は、日本列島の南西海域に点在する島嶼群からなる位置にあり、鉄文化の伝播も単純なものではなかろう。中国南部・熱帯島嶼地域（マレー・インドネシア方面）、鹿児島方面といった環シナ海地域を視座においた認識が必要であろう。列島内の鍛冶に関する研究もさほど解明された訳ではなく、沖縄の場合に更に難問となる。

ただし、沖縄では自前の製鉄はなく、鍛冶原料鉄を外部に求めたところに大きな特徴がある。これを前提に鍛冶文化を追求してゆくと、自ずから道は拓けるものとする次第である。

鍛冶技術総体に対する注目事項を以下に記す。

- ① 鍛冶炉の形態分類と作業空間位置の確認（遺構の精査）、微細遺物の分類と統計化。
- ② 鍛冶原料鉄の種類と精錬方法の解明（軟鉄・玉鋼・銑鉄（鉄鍋））の下し技術、それに廃鉄器の再生の実態把握。
- ③ 熱処理技術（水焼入れ・油焼入れ・焼き戻し・浸炭法）。
- ④ 材質強化法（硬鉄・軟鋼・軟鉄・銑鉄）の使い分け、合せ鍛え（貼付け技法）の識別。
- ⑤ 鍛冶原料鉄の産地同定（EPMAによる鉄中非金属介在物の調査）
- ⑥ グスク時代と、それ以降の鍛冶技術の変遷

## 第2節 金関連遺物の蛍光X線分析調査

福岡市埋蔵文化財センター 比佐陽一郎

### はじめに

浦添ようどれから出土した金の加工に関する資料3点について、材質を中心とした調査を行ったのでその所見を記す。資料は、金属工房跡出土の2点（本書47pの坩堝に残留した金の微粒子と、67pの用途不明の金薄板）、瓦溜り出土の飾り金具1点（註）の計3点である。調査では事前に実体顕微鏡で資料の状況を観察した後、蛍光X線分析を行った。

註：『浦添ようどれⅡ』瓦溜り遺構編（浦添市教育委員会2005.3）P.79（第46図4）の菱形笠鉾

### 分析装置

今回使用した装置は、微小領域用エネルギー分散型のもので、X線を特殊な機構で減衰させることなく細く絞って照射することができる。その面積は約300ミクロン（0.3mm）φである。分析条件は下記のとおり。

装置：エダックス社製 Eagle  $\mu$  probe / 対陰極：モリブデン（Mo） / 検出器：半導体検出器 /  
印加電圧・電流：40 kV・電流値任意 / 測定雰囲気：真空 / 測定範囲 0.3 mm  $\phi$  / 測定時間 120 秒

### 分析結果

#### 1. 金粒付着坩堝片

金色粒子部分3カ所の分析を行った。いずれの場所でも、定性的、定量的ともに似たような結果となっている。検出された主な元素は鉄（Fe）、金（Au）、銀（Ag）で、特に金が最も強く表れている。鉄は金粒内に元々含まれていた成分の可能性とともに、埋蔵環境下で土中の鉄分が付着した可能性もあり、現状ではどちらとも判断付がきかねる。

#### 2. 薄板状金片

実体顕微鏡では片側表面に筋状の傷が複数本入っており、何らかの加工を示す痕跡の可能性も考えられる。また、各面で若干色味が異なり、片面は白味を帯びた黄色（仮にA面とする）、反対面は赤みを帯びた黄色となっている（仮にB面とする）。A面では鉄、金、銀のほかに微弱ながら銅のピークが得られているが、反対面のB面では銅が突出した高さになっていて、赤色の色味が銅による発色であることが窺える。

#### 3. 飾り金具

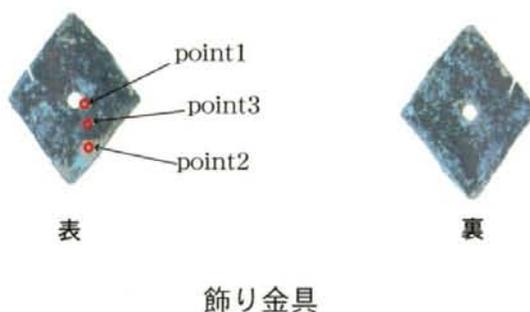
中央孔の際及び、表面に広く残る金装飾、銅の地金の3ヶ所について分析を行った。まず、銅の地金部分では銅のピークのみが際だっており、他の元素は目立たない。チャートを拡大すると、ようやくカルシウム（Ca）の小さなピークや、銀と見られるきわめて微小なピークを見ることができる。このうち銀は過去に分析を行っている銅製品（列島古墳時代の耳環の心材）でも度々見られる成分で、銅に含まれる不純物と考えられる。またカルシウムは石灰岩質の埋土に由来するものかと推測される。

金装飾部分でも地金のもと思われる銅のピークが非常に強く、他、明瞭な金のピークが見られる。更に金のピークと近接し判別が難しいが、微弱ながら水銀も存在するようである。銀についてはピークとしては認められない。

したがって、本製品は銅を鍛造によって成形した後に、アマルガム鍍金が施されたものと考えられる。

## まとめ

今回調査を行った3資料の関連性であるが、坩堝内の金と薄板では比較的純度の高い金に、僅かに銀を含む点では似ているものの、薄板では銅が強く検出される部分があり、この銅の検出要因が不明なため（元々含まれているのか、後から付着したものなのか）、積極的に共通性を述べるには至らない。また、飾り金具の金についても、地金の影響が強く、金の検出度が弱いことから、純粋な比較は困難である。銀が検出されていないのも、実際に含まれていないのか、銅のX線強度が強いため他の元素のX線が相対的に低くなった結果なのか不明であり、この点の解明も今回の調査方法では限界がある。



## 蛍光X線分析箇所

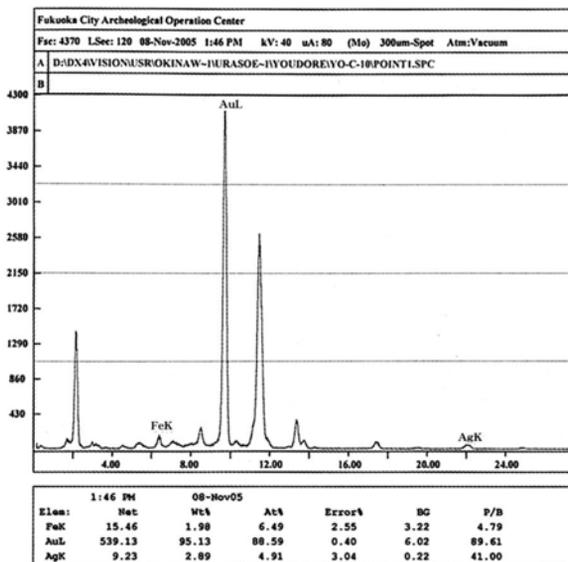


Fig-1 金粒附着坩塌片 金粒子 Point1

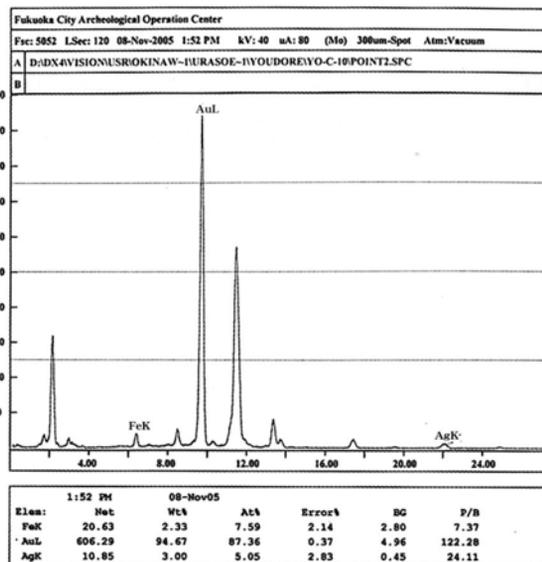


Fig-2 金粒附着坩塌片 金粒子 Point2

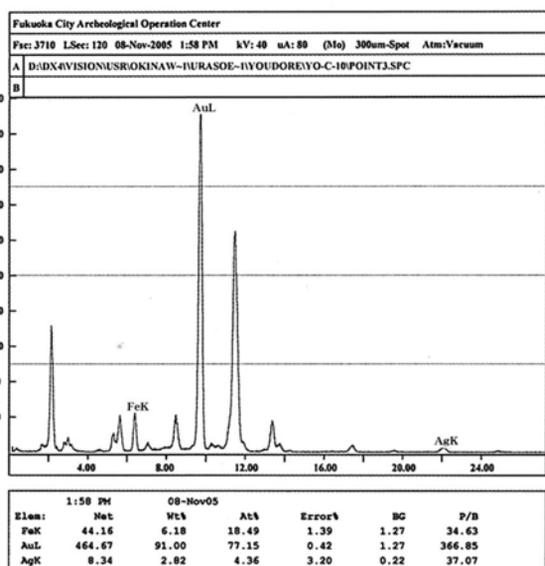


Fig-3 金粒附着坩塌片 金粒子 Point3

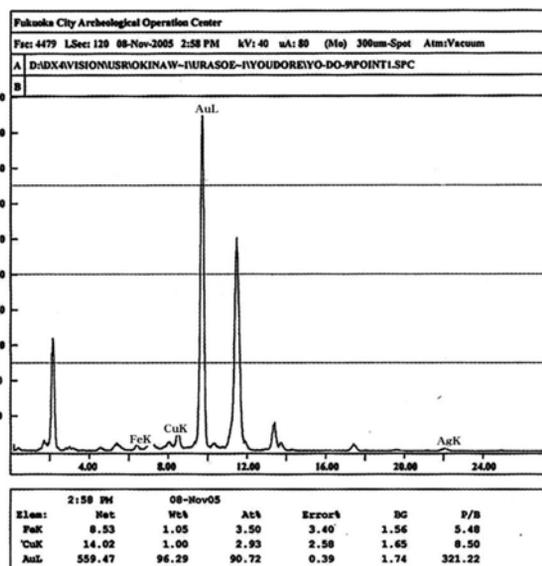


Fig-4 薄板状金片 A面 (中央付近)

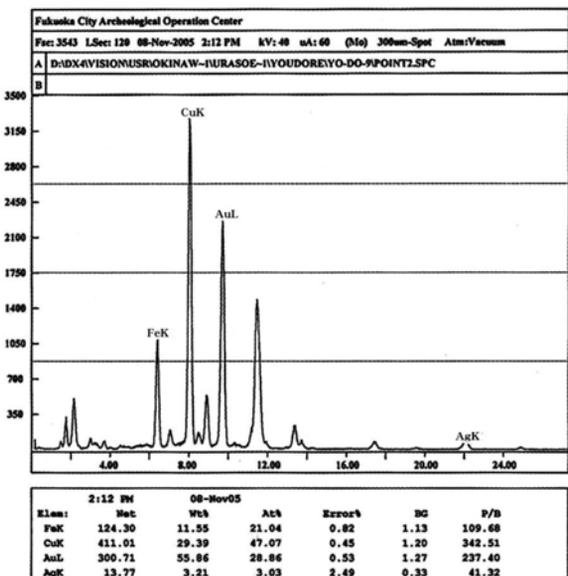


Fig-5 薄板状金片 B面 (赤色部分)

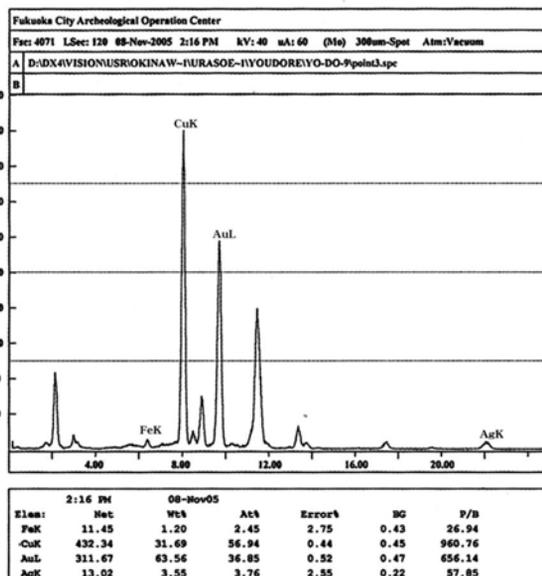


Fig-6 薄板状金片 B面 (黄色部分)

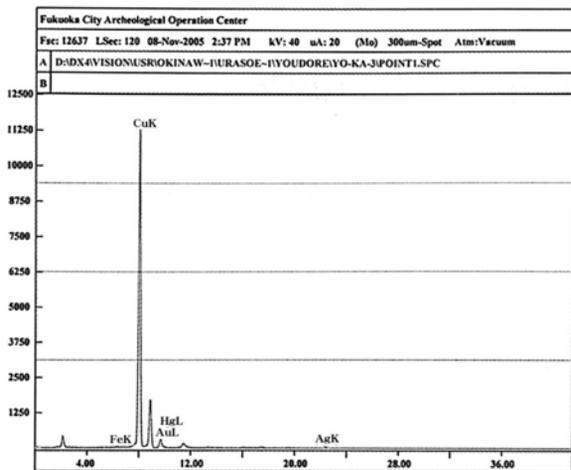


Fig-7 飾り金具 孔の縁 鍍金残存部

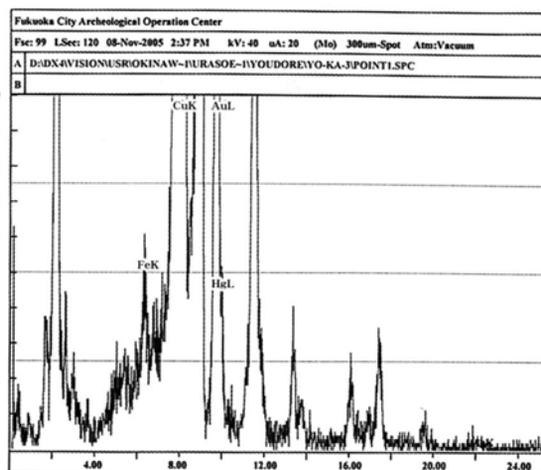


Fig-7② 飾り金具 孔付近 鍍金残存部の拡大

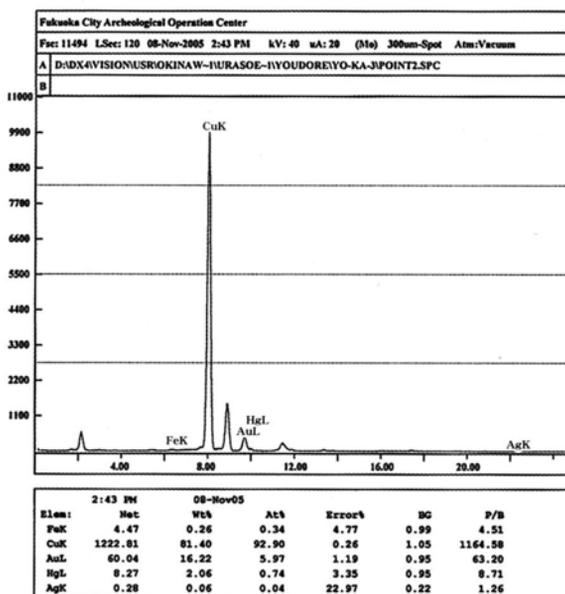


Fig-8 飾り金具 鍍金残存部②

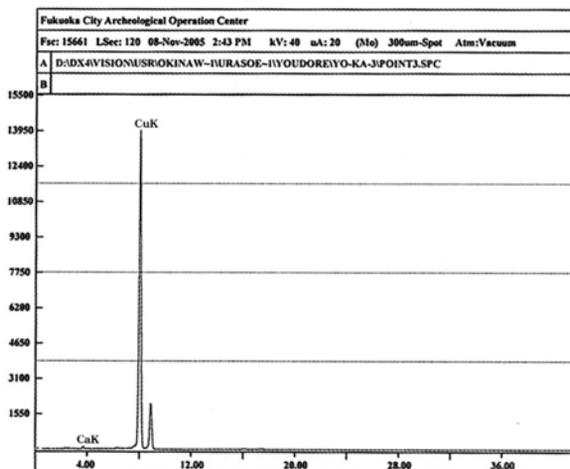


Fig-9 飾り金具 銅の地金部分

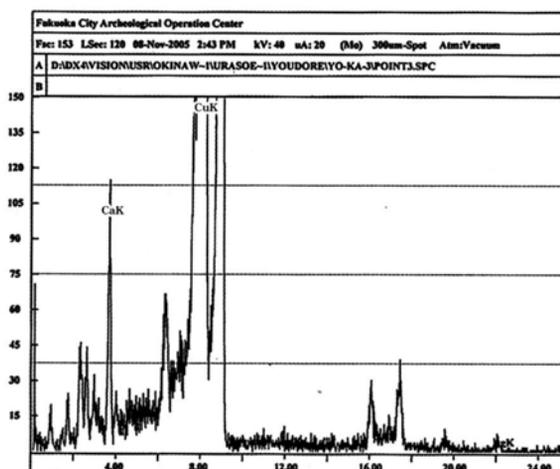


Fig-9② 飾り金具 地金部分の拡大

## 第3節 湾曲板状砂岩の被火熱分析調査

パリノ・サーヴェイ株式会社

### はじめに

これまでに行われた浦添ようどれの発掘調査で、金属工房跡とされる遺構が確認されているが、同遺構C地点から用途不明の石製遺物が出土している。発掘調査所見では、この遺物は曲面を持った扁平な形状とその片面が一様な褐色を呈することなどから、何らかの機能を持った製品の可能性があると考えられ、また出土地点が金属工房跡であることから、火熱を受けた可能性があることが指摘されている。

本報告書では、上述した石製遺物の岩石学的特徴と熱による変質の有無を、自然科学を応用した分析手法を用いて明らかにし、用途を考える際の基礎資料を作成するものである。

### 1. 試料

試料は、浦添ようどれQ-4区II a（金属工房跡C地点）の3号遺構から出土した石製遺物1点である。遺物の外形は、長径14 cm、短径10 cmほどのややいびつな菱形を呈し、厚さは2.5 cmを示し、緩く湾曲した板状を呈する。湾曲した外面及び側面は全体的に黄灰色を呈するが、内面は褐色である。なお、岩質は肉眼観察からは細粒砂岩とみられる。

### 2. 分析方法

ここでは、遺物の岩質を捉えること、及び内面の褐色部の状態やその褐色部と岩石内部との関係などを確認し、さらに鉱物に及んでいる熱による変質などを確認するために、岩石薄片を作成し、その観察を行う。また褐色部について、X線回析分析を行うことにより、顔料である可能性を含めてその構成物質を把握する。以下に各分析方法の処理手順を述べる。

#### (1) 薄片作製鑑定

ダイヤモンドカッターにより、試料を22 × 30 × 15 mm大に切断して薄片用のチップとした。そのチップをスライドガラスに貼り付け、# 180 ~ # 800 の研磨剤を用いて研磨機上で厚さ0.1 mm以下まで研磨した。さらにメノウ板上で2500 の研磨剤を用いて正確に0.03 mmの厚さに調整した。スライドガラス上で薄くなった薄片試料の上にカバーガラスを貼り付け完成とした。

薄片プレパラートは、偏光顕微鏡下において観察し、本書には下方ポーラー及び直交ポーラー下で撮影した写真を添付した。

#### (2) X線回析分析

石材表面に付着した赤褐色物質を採取し、メノウ乳鉢で微粉碎した後、アセトンを用いて無反射試料板に塗布し、測定試料とする。作製したX線回析試料について、以下の条件で測定を実施した。

検出された物質の同定解析は、Materials Data, Inc.のX線回析パターン処理プログラムJADEを用い、該当する化合物または鉱物を検索する。

装置：理学電気製 Multi Flex      Divergency Slit : 1°

Target : Cu (K $\alpha$ )      Scattering Slit : 1°

Monochrometer : Graphite 湾曲	Receiving Slit : 0.3 mm
Voltage : 40KV	Scanning Speed : 2° / min
Current : 40Ma	Scanning Mode : 連続法
Detector : SC	Sampling Range : 0.02°
Calculation Mode : cps	Scanning Range : 2 ~ 45°

### 3. 結果

#### (1) 薄片作製鑑定

本試料は、淘汰の良好な細粒碎屑物を多く含み、石灰質な基質を有する石灰質砂岩である。基質量は15%以上で、ワッケ質な砂岩に分類される。

#### 細屑片

極細粒～中粒砂サイズの碎屑片を中量程度含む。鉱物片は中量程度含まれ、石英が卓越する。その他の鉱物片としては、カリ長石、斜長石、白雲母、黒雲母、角閃石、酸化角閃石、ザクロ石、緑廉石、ゾイサイト、チタン石、ジルコン及び不透明鉱物を伴う。岩片は微～少量程度含まれ、花崗岩、チャート、頁岩、結晶片岩、緑色片岩、粘板岩及び緑色岩が認められる。その他には、炭酸塩鉱物によって置換された貝殻片が数片程度含まれる。

#### 基質

基質は比較的結晶度の良好な炭酸塩鉱物によって充填されている。その他には、褐色を呈する水酸化鉄が、黒雲母や頁岩の周辺に分布する。

#### 被火熱

試料表面部における黒雲母及び頁岩中の粘土はやや非晶質化しており、火熱による影響を受けたと考えられる。表面部分における水酸化鉄は網目状をなして広範に分布する傾向があり、試料内部に分布するものと比較し、赤みが強くなっている。この赤みの強い水酸化鉄は、火熱により赤鉄鋼化していると考えられる。針鉄鋼（水酸化鉄）が赤鉄鋼へ変化する温度は、270 - 350 °C程度とされており、少なくともこの温度以上の火熱を受けた可能性が考えられる。酸化角閃石が試料表面部において、1粒のみ分布するが、火熱によるものかは不明である。火熱によるものである場合、850 °C程度の焼成温度が推定される。

#### (2) X線回析分析

X線回析図を図1に示す。石材表面から採取した赤褐色物質から検出された鉱物は石英 (quartz)、曹長石 (albite)、正長石 (orthoclase) のほか、粘土鉱物種である緑泥岩 (clinochlore) や、雲母鉱物 (muscovite) などである。なお、赤色を呈する代表的な顔料鉱物にはベンガラ (赤鉄鋼 ; hematite [ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>]) のほか、水銀朱 (辰砂 ; cinnabar [HgS])、鉛丹 (鉛丹 ; minium [Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>]) などがあるが、回析図中にはこれら顔料鉱物の存在を示唆する回析線は確認されていない。このことから、石材表面に付着した赤褐色物質の材質は、ベンガラ、水銀朱、鉛丹などの顔料鉱物に起因したものではないと考えられる。

したがって、赤褐色化の要因としては、X線解析法によって検出されない低結晶度、あるいは非晶質な水酸化鉄の可能性が高いと予想される。

## おわりに

遺物は、薄片観察により石灰質砂岩であると確認されたが、それを構成する碎屑物の鉱物や岩石片の種類構成は、沖縄本島に分布する古生代～中生代の地質である与那原層および名護層さらにそれらに貫入する深成岩類を合わせたもの（例えば木崎編著：1985 など）に等しい。したがって、砂岩はこれらのいわば沖縄島の基盤に由来する碎屑物が堆積して形成された地質に由来する。このような地質は、沖縄島の南部に分布する新第三紀の浅海底堆積物からなる島尻層群に相当する。すなわち今回の石製遺物は、島尻層群中に堆積する砂岩に由来すると考えられる。島尻層群中の砂岩は、とくに「ニービヌフニ」と呼ばれ、石材に利用されているが、今回の遺物も同様のものであると考えられる。

湾曲した内表面の褐色物質については、上述の分析結果から、水酸化鉄であると考えられる。なお、薄片観察では、その赤鉄鋼化が指摘されたが、X線回析からは赤鉄鋼は検出されなかった。したがって、湾曲した内表面の褐色物質は、部分的に赤鉄鋼化あるいは結晶化のそれほど進んでいない赤鉄鋼化した水酸化鉄であると考えられる。このことから、おそらく湾曲した内面は熱を受けた可能性はあるものの、その温度は薄片観察結果で述べた赤鉄鋼化し始める温度である 300℃前後程度であると考えられる。なおこの場合、薄片観察で表面に認められた酸化角閃石は、被熱によって形成されたものではなく、もともと酸化角閃石として砂岩中に含まれていたと考えられる。

### <引用文献>

木崎甲子郎編著,1985,『琉球弧の地質誌』沖縄タイムス社,278p.



分析試料(湾曲板状製品)

浦添ようどれ金属工房跡C地点  
3号遺構出土

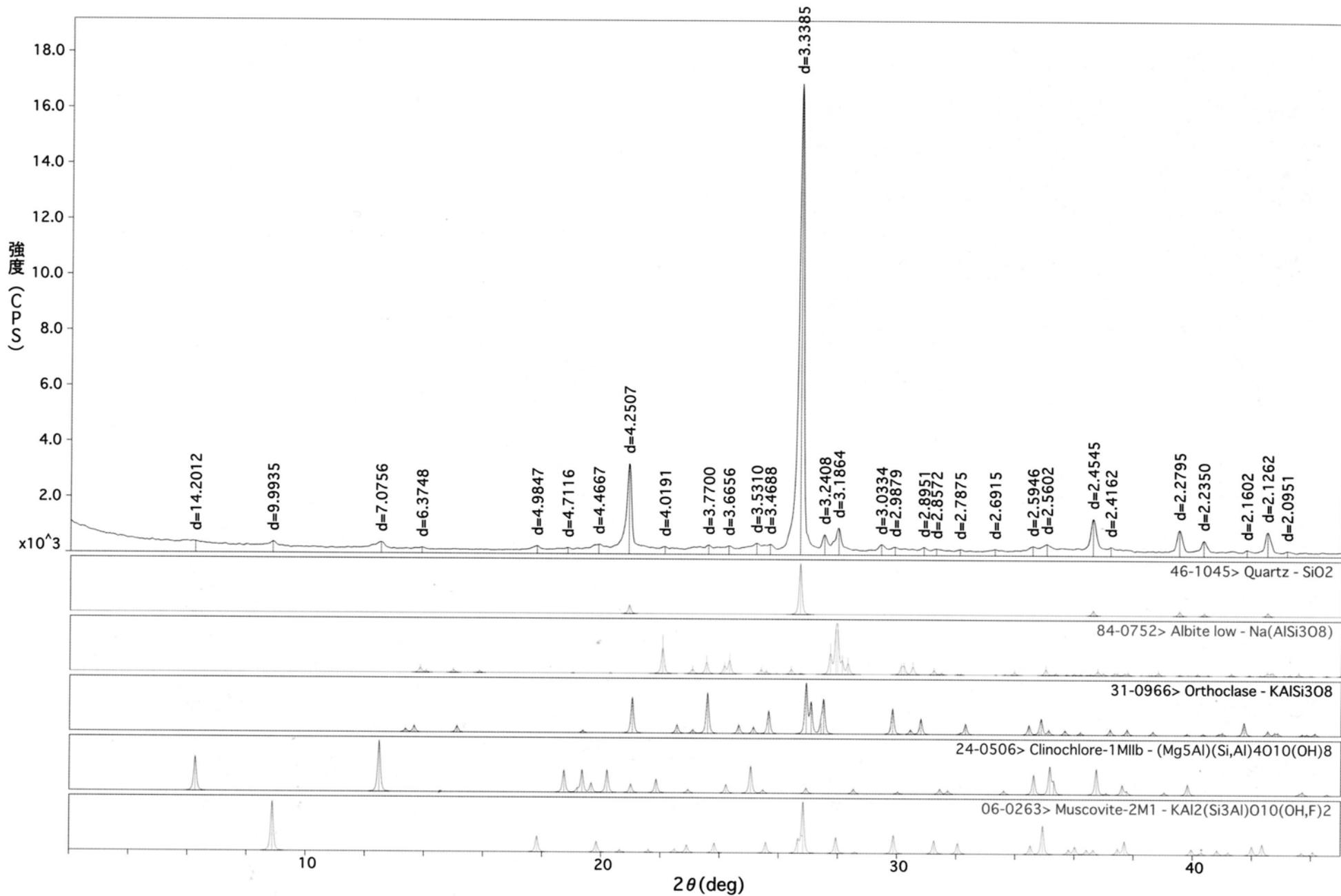
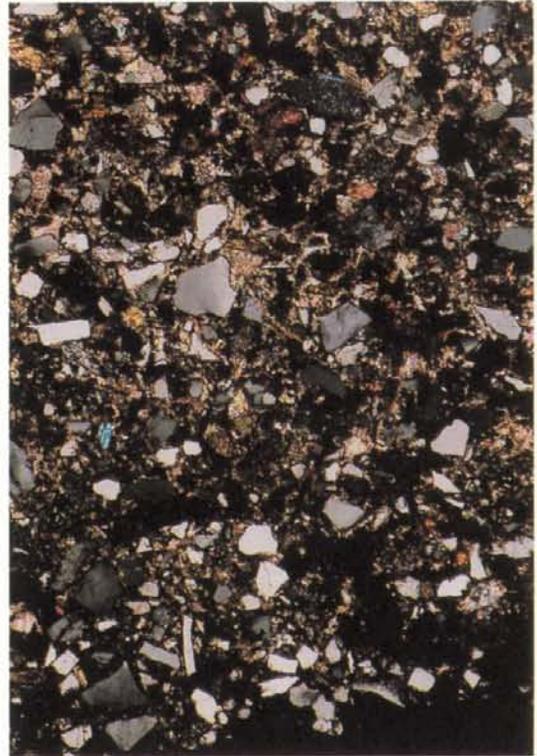
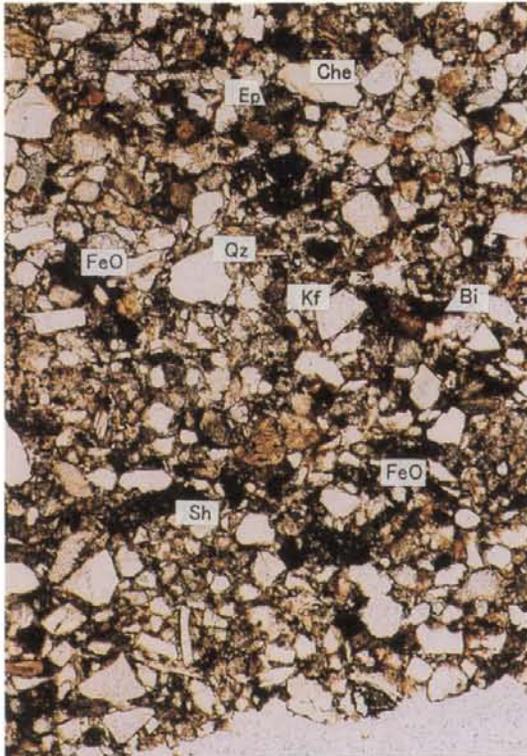
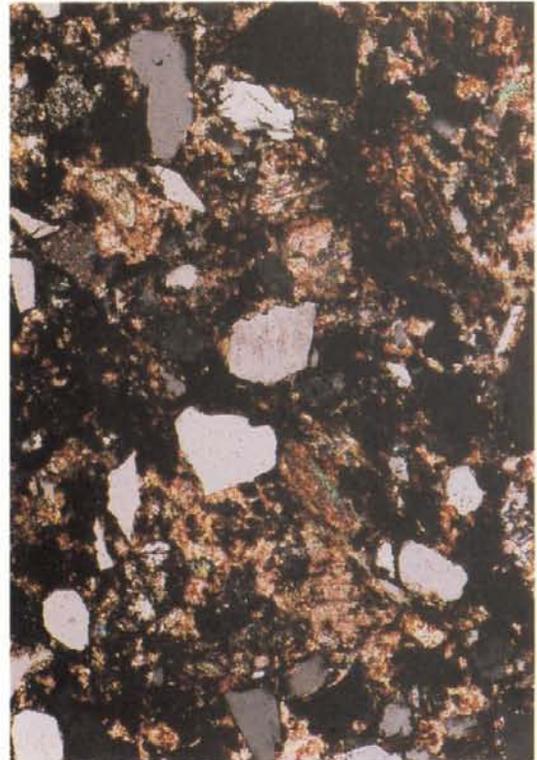
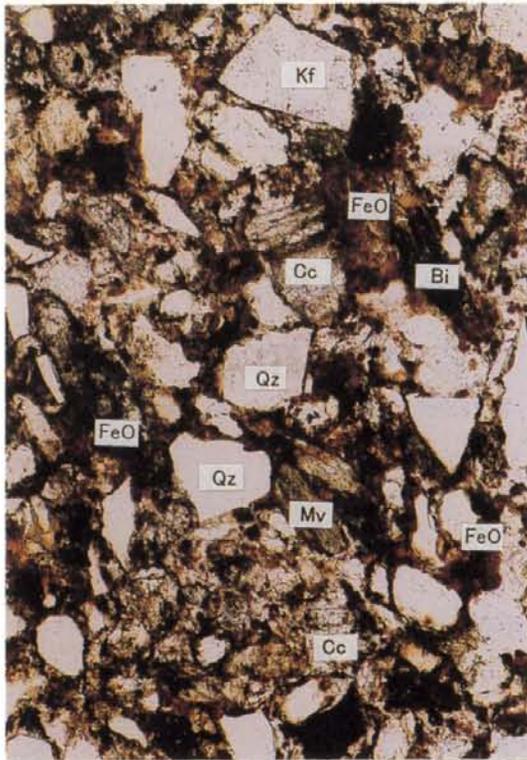


图1. X線回折图

図版1 岩石薄片



1. 浦添ようどれ出土石質遺物



2. 浦添ようどれ出土石質遺物(拡大)

Qz:石英 Kf:カリ長石 Mv:白雲母 Bi:黒雲母 Ep:緑レン石 Cc:炭酸塩鉱物  
 Sh:頁岩 Che:チャート FeO:酸化鉄  
 写真左列は下方ポーラー、写真右列は直交ポーラー下。

0.5mm 0.2mm  
 1 2

## 第V章 まとめ

### 遺構と層位からみた金属工房跡各地点の先後関係

第Ⅲ章でも記述したように、金属工房跡は古いほうから土坑→C地点→A地点の順と判断した。A・C地点・土坑の3地点は、二番庭石積の外側や二番庭下層にあって、互いに隣接している。これら3地点の土層の上下関係や遺構の切り合い関係についてみていくと次のように考えられる。

まず最初に、金属工房に伴う廃滓場所として岩陰に土坑が設けられた（この時の工房は西側に隣接するC地点と考えられるが、古い工房が近くに存在した可能性も捨てきれない）。

土坑内の覆土とC地点の覆土の上下関係をみると、C地点の覆土は二番庭西石積A（2列あるうちの東側）の辺りまで達し、東側からのびてくる土坑内覆土の上位に被っていることから、C地点のほうが新しいことがわかる。C地点の覆土の範囲からすると、C地点の工房は当初は土坑の西半部まで及んでいたと推察される。しかし、14世紀末～15世紀前半のようどれ石積み造営によって土坑部分は埋められ、二番庭西石積の造営時以降には、石積みの外側に残された空間のみで営まれた可能性が推察される。C地点の北端部はA地点により断ち切られていることから、A地点が後に造営されたことが確認できる。

### 金属工房跡の年代

金属工房跡では、すべての地点から白磁、青磁などの中国陶磁が出土している。鍛冶関連遺物以外では古瓦に次いで目立った。どの地点においても主体となるのは14c後半～15c所産の青磁である。C地点では12c中～後半の玉縁白磁碗の破片1点、土坑からは13c後半～14c中とみられる青磁皿1点なども出土したが、両者は14c後半～15cの資料と同一層または上位層からの出土であった。金属工房跡の年代は、中国陶磁でみる限りでは14c後半～15c頃とみなされる。今回の出土遺物では金属工房跡の地点間の時間差は見出せなかった。

一方、理化学分析調査の成果としてC<sub>14</sub>年代測定値がある。浦添ようどれの変遷と年代については、瓦溜りや墓室調査成果、これに文献資料やC<sub>14</sub>年代資料を加え検討した成果が既刊の調査報告書(1)(2)に詳細に報告されているので、同書を参照されたい。ここでは金属工房跡に係るC<sub>14</sub>年代調査データの紹介のみに留めておく。

浦添ようどれ金属工房跡のC<sub>14</sub>年代測定結果

	出土層	試料番号	試料	測定年代(BP)	補正年代(BP)	13C濃度	暦年較正年代
A地点	最下層 (Ⅲc)	炭化材1	炭化材	560 ± 40	530 ± 40	-26.8 %	AD 1405-1425年
		炭化材2	炭化材	550 ± 30	530 ± 30	-26.5 %	AD 1405-1425年
B地点	14層	Q6-1232	炭化材	800 ± 40	740 ± 40	-28.6 %	AD 1229-1231年 AD 1242-1246年 AD 1251-1290年
C地点	Ⅱa	No .669	炭化材	550 ± 40	530 ± 40	-26.1 %	AD 1400-1430年
土坑	最下層 (Ⅳg)	P3-4514	炭化材	760 ± 40	680 ± 40	-29.8 %	AD 1277-1306年 AD 1363-1385年
		P3-4497	炭化材	860 ± 40	770 ± 40	-30.3 %	AD 1226-1234年 AD 1237-1276年
		P3-4128	炭化材	921 ± 100	900 ± 100	-28.1 %	AD 1037-1213年

## 金床石と炉底・炉跡？

金属工房の操業に直接関連する遺構として、A地点の金床石及び炉底、C地点の1～3号遺構とした炉跡？がある。第Ⅲ章ではいずれもその可能性があるものとして報告した。

前者の金床石及び炉底については、慎重に認定すべきとの指摘もあった(12p)。このほかに、金床石とした円形の細粒砂岩については、実際に鍛造作業に使用可能な石材なのか、という疑問も投げかけられていたが、後の遺物整理作業において、鍛造剥片が嵌入した金床石の剥片と判断される同質石材の小片が発見された(第18図7)。金床石はほかにも石英斑岩製の大型資料が土坑内から出土しており(第36図)、浦添ようどれの金属工房には、細粒砂岩製と石英斑岩製の2種類存在したことが確認できた。

C地点から出土した1～3号遺構は、炉が取り壊された跡の可能性はある。周囲より少し凹み、内部は炭によって黒褐色となり、炉壁片や鉄滓等も散在した。とくに3号遺構からは、湾曲した板状砂岩(細粒砂岩製)が多く出土した。この板状砂岩はA地点でも円形金床石のすぐ側で1点出土しており、炉底の可能性のあるものとして報告したが、C地点出土の板状砂岩を含めてすべての資料において、内面への溶着物は今のところ確認されておらず判然としない。しかし、炉の構造の中で熔融金属とは直に接しない箇所の部材とも考えられる。被火熱分析調査報告の被熱温度(300℃)はこれを裏付けるものではないだろうか。いずれにせよ本資料は、炉の構造を知る上で炉壁とともに重要な資料となる可能性も考えられるため、他の遺跡での類似資料の出土を待つて検討したい。

今回の調査では、鍛冶関連遺物(鑄造含む)のうち炉壁片の出土が目立った。とくに土坑内出土のものは大型破片が多く、直径3cmほどの通風孔の確認できる資料などもあった。本報告では明らかにできなかったが、出土した多量の炉壁片は今後、炉の形態や構造・大きさ等を検討するうえで有力な資料となるだろう。

## 金属工房の操業

浦添ようどれの金属工房では銅関連、鉄関連の操業のほか、金の溶融作業もあったことが明らかになった。まず、銅についてみると、今回の出土品の中からは鑄造の決定的証拠となる鑄型は確認できないが、金属学的分析調査では、鑄造工程で派生したと判断される銅塊や銅粒が確認された。出土した坩堝は、銅の溶融に使用されたもので、炉壁も銅鑄造の溶解炉の可能性が示されている。鍛造作業も行われた可能性が考えられるが、裏付ける資料は今のところない(A地点出土の銅製角釘や円頭釘は鍛造品と判明したが、リサイクル用として持ち込まれた可能性が高い)。

鉄については、椀形滓の分析等によって素材を確保するための精錬鍛冶から鉄製品製作の鍛錬鍛冶までの作業が想定されている。

C地点出土の坩堝に付着した金粒(47p)は、金の溶融作業を示すもので、金銅製品の製作を示唆している。他に薄板状の金の小片も数点出土している。ところで瓦溜り遺構から出土した金銅唐草文金具(脚先飾り金具)<sup>(1)</sup>について、浦添ようどれの工房で製作された可能性が以前から指摘されており<sup>(3)</sup>、今回見つかった金粒は、これを裏付ける貴重な資料となった。

さて、浦添ようどれの金属工房で製作された銅製品や鉄製品については、それと断定できる製品が出土していないため明確に示し得ないが、銅製品については出土した坩堝の容量からみて小物類が推察される。鉄製品については、ようどれ造営や石積み改修等を考慮すると、鑿などの鉄器類が想像される。金属学的調査にあたった大澤正己氏は、銅製品については装飾金具や釘など、鉄製品は高温鍛接を施し

た刃物や工具の類を想定している。

## 銅・鉄製品の材料

銅製品を製作するにあたっては、その材料として銅釘や銅製金具などを再利用していることが考えられる。埴塼の容量を考慮し小割りにされたとみられる釘や金具のほか、折り曲げられた銅の切り屑などが数多く出土している。銭貨を含む銅製品のほとんどは再熔融材料として持ち込まれたものと考えられる。今回出土した埴塼の中には未熔融の銅板が熔着したまま残っているものも存在した(第14図5)。金属分析調査でも、精錬された素銅以外に銅製品の再溶解作業が想定されている。

鉄についてみると、従来より沖縄のグスク時代の鍛冶においては、鉄鍋の破片が鉄材料の一つである可能性が指摘されている(4)(5)。鋳造品である鉄鍋片を脱炭し、鍛造素材に再生したと考えられている。

浦添ようどれの出土品の中にも鉄鍋片と思われた板状品が1点あったが(第17図5)、分析の結果、鍛造品と判明し工具類の破片の可能性をもつとされた(105p)。しかし、今回分析した試料の中には、鉄塊系遺物のように鋳鉄の廃鉄器から脱炭されたものであると判明した遺物がある。また、この作業の反映と思われる精錬椀形滓の出土も少なくない。ちなみに今回の調査では、鉄塊系遺物として分類した遺物はA～C地点・土坑の全体で、計135個(約1.2kg)が出土している。

以上のことから、浦添ようどれの金属工房では、鉄製品の材料の一つとして鉄塊系遺物が使われた可能性が高いと考えられる。

## 金属工房の燃料

平成11年度・12年度・16年度に、金属工房跡から出土した炭化材の樹種同定を株式会社パリノ・サーヴェイに委託した。試料はA～C地点・土坑の各地点から採取した計18点である。

分析結果報告(1)によると、試料の炭化材はすべてマツ属複雑管束亜属で、リュウキュウマツの可能性が高いとしている。また、マツは樹脂(松脂)を多く含み、燃焼性がよいことなどから、浦添ようどれの金属工房ではリュウキュウマツを燃料材として使用していたと考察している。

金属分析調査においても、椀形滓(鍛錬鍛冶滓)の木炭咬み込みの光学顕微鏡観察によって、窓状分野壁孔組織が確認されている(よC-1試料)。窓状分野壁孔は針葉樹を示し、マツと考えられる、とのご教示を得た(6)。

## 埴塼・羽口・砥石

鍛冶・鋳造の関連遺物としては、鉄滓等のほかに埴塼や羽口、砥石などがある。

埴塼は口径11～13cmで碗ないし皿形を呈する。県内における埴塼の報告事例としては首里城跡(7)や、湧田古窯跡(8)などがあるが、浦添ようどれ出土品とは明らかに形状が異なっている。この形状の違いは時代差を示すものと推察されるが、ほかに熔融金属の違いによる可能性が考えられる。ちなみに首里城跡や湧田古窯跡では青銅粒の熔着が報告されている。今回金属分析を行った大澤氏は、浦添ようどれ出土品と湧田古窯跡出土品等の金属組成の違いから、製作された製品種の違いを示している(120p)。

羽口は完全な形で出土したものはないが、炉側の先端部、体部、鞆側端部のすべての破片が揃っており、これらの資料から推定して全体形状を知ることができた。

砥石は製品制作の際の研磨仕上げに使用されたものと考えられる。石材は細粒砂岩製とポーラス状を呈する軽石製の2種類確認された。細粒砂岩については、沖縄本島中南部一帯で容易に入手できる石材だが、軽石については本島以外から持ち込まれた可能性がある(9)。金床石に利用された石英斑岩とともに石材産地や搬入経路が気になるが、今のところ特定するまでには至っていない。

## さいごに

浦添ようどれの金属工房跡は、鉄製品・銅製品（金銅製品）の製作に係る作業空間であったことが明らかとなった。しかし、今回の調査では、作業場の空間構造や炉の形態・構造など具体的な点については明確にすることはできなかった。出土した炉壁・椀形滓等からの炉の復元などが今後の課題となろう。

グスク時代の鉄鍛冶や銅製品製作（金銅製品含む）等の金属加工技術の実態を明らかにし、さらにその技術系譜を探る上で、浦添ようどれの金属工房跡は重要な遺跡の一つになると考えられる。

註 (1) 浦添市教育委員会『浦添ようどれⅡ 瓦溜り遺構編』2005.3

(2) 浦添市教育委員会『浦添ようどれの石厨子と遺骨―調査の中間報告―』2005.3

(3) 久保智康『特別展覧会 金色のかざり―金属工芸にみる日本美―』京都国立博物館 2003.10.11

(4) 大城慧「沖縄の鉄とその特質」『考古資料より見た沖縄の鉄器文化』沖縄県立博物館 1997.3.25

(5) 大澤正己「沖縄県の鍛冶関連遺跡―研究の現状と課題―」2004.12.4（本書 201p）

(6) 大澤正己氏の御教示。

(7) 沖縄県埋蔵文化財センター『首里城―下之御庭跡・用物座跡・瑞泉門跡・漏刻門跡・廣福門跡・木曳門跡発掘調査報告書―』2001.3.30

(8) 沖縄県教育委員会『湧田古窯跡(Ⅳ)―県民広場地下駐車場建設に係る発掘調査―』1999.3.31

(9) 大城逸朗氏の御教示。

写 真 图 版



遠景① 東側から



遠景② 北側から

図版1 浦添ようどれ遠景



図版2 浦添ようどれ調査地全景 (平成12年度撮影)



①北側から (シート養生部分の平坦部が金属工房跡)



②西側から

図版3 金属工房跡土留め石積み



① 1・2 遺構



② 3号遺構

図版4 金属工房跡C地点遺構(炉跡?)



①土坑全景



②土坑内の覆土堆積状況(写真上の大型石灰岩から上位は瓦溜り層)

図版5 金属工房跡土坑全景及び土坑内堆積土

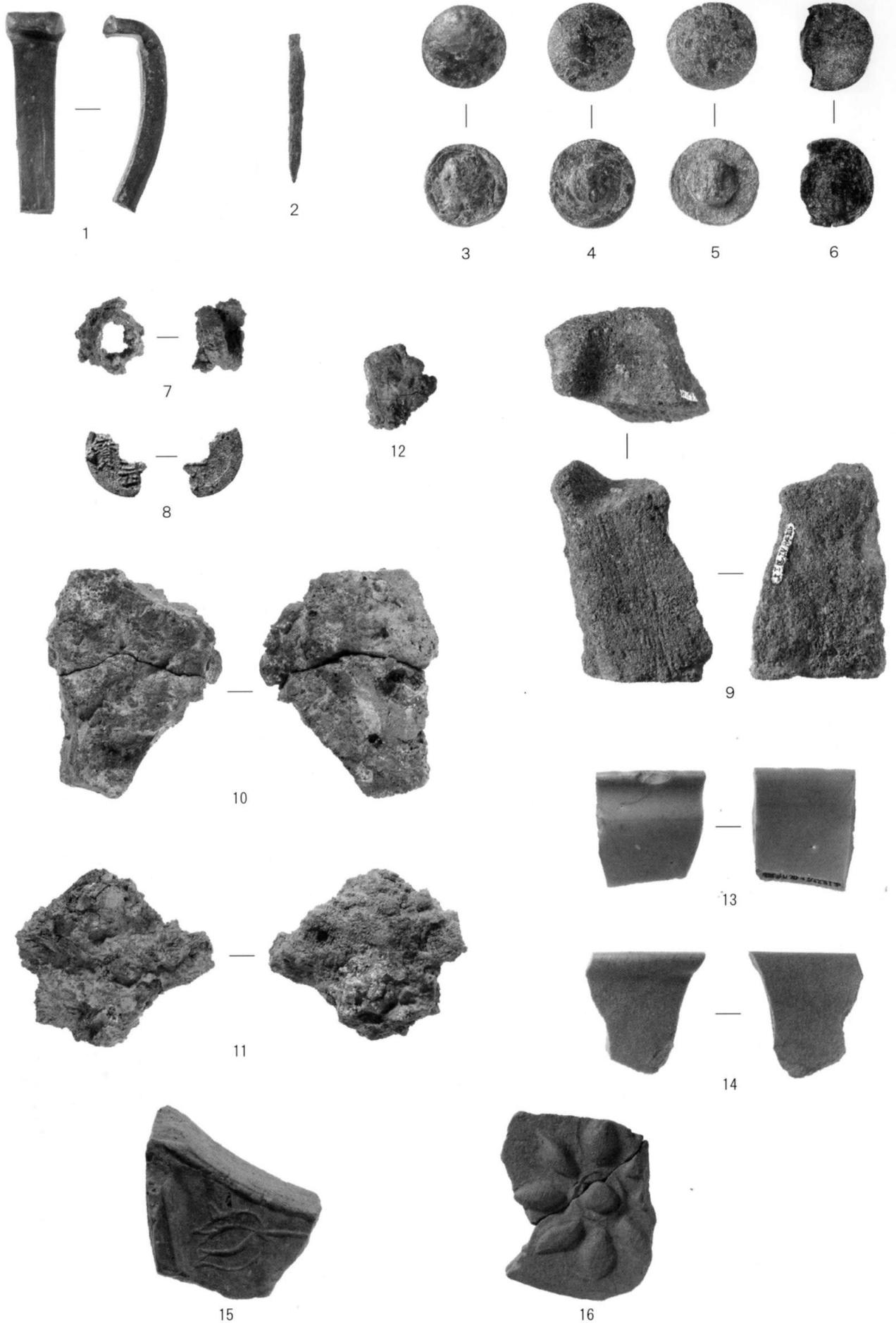


①金床石出土状況（上位は二番庭西石積み）

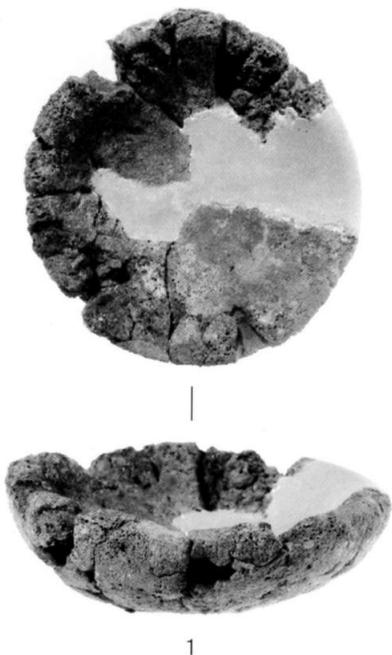


②円形銅板(蓋?)と洪武通寶の出土状況（大型石灰岩から上位は瓦溜り層）

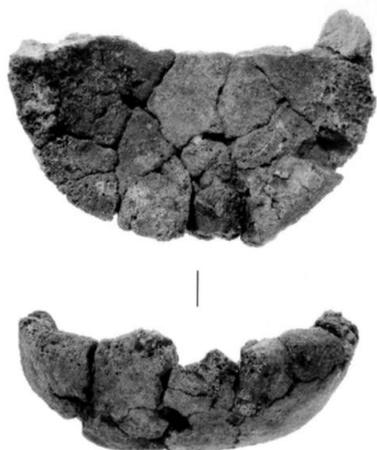
図版6 金属工房跡土坑内の遺物出土状況



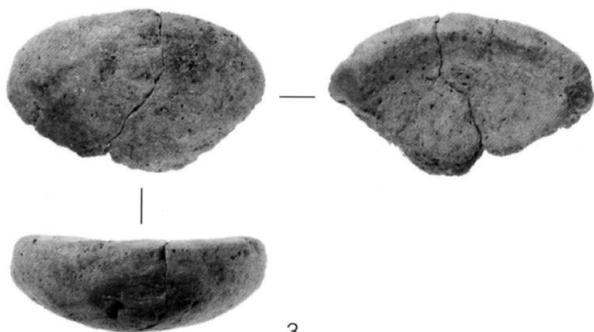
図版7 A地点出土遺物 (1・2 銅釘、3～6 円頭銅釘の頭部、7 鉄の切り屑、8 銭貨、9 砥石、10・11 椀形滓、12 鉄塊系遺物、13 白磁、14 青磁、15・16 古瓦)



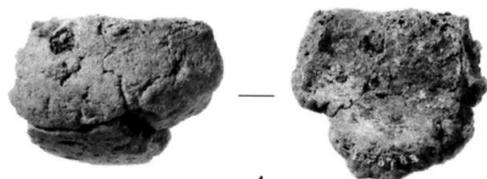
1



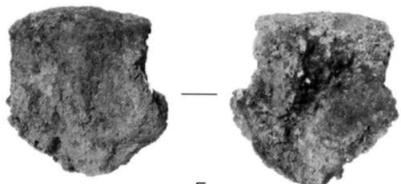
2



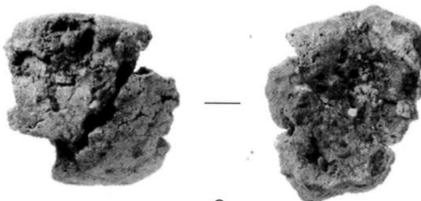
3



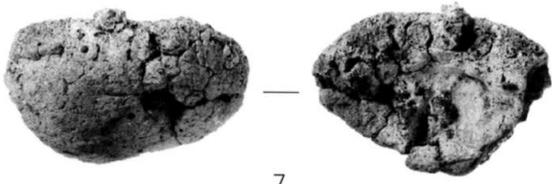
4



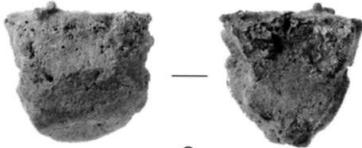
5



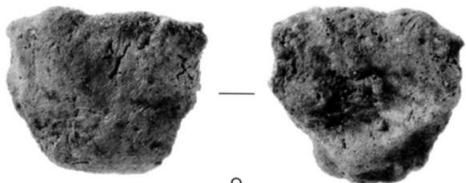
6



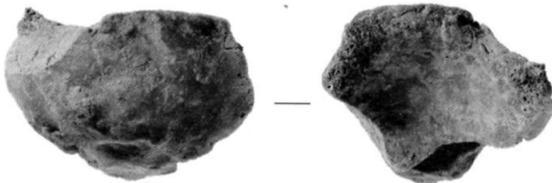
7



8

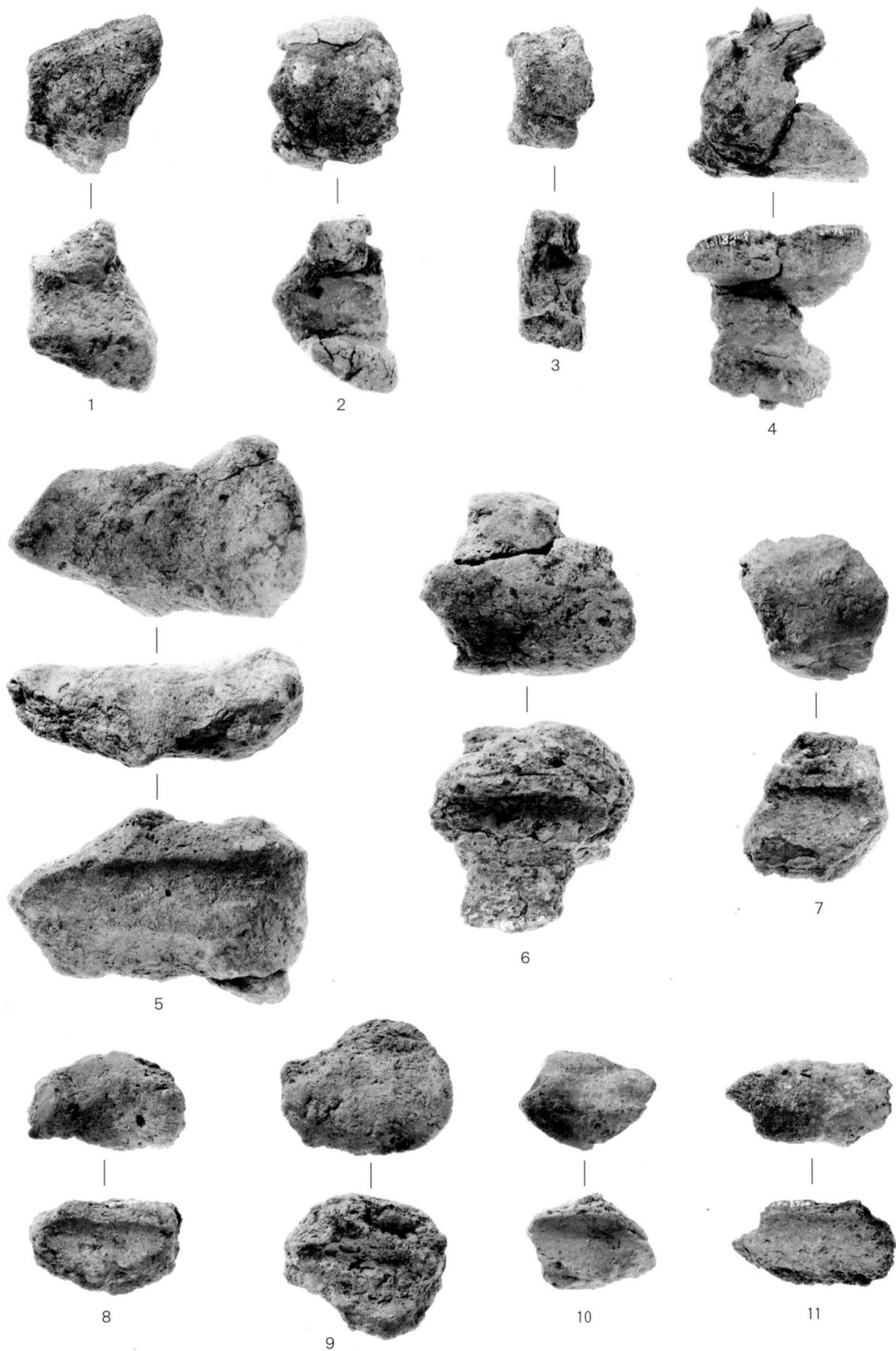


9



10

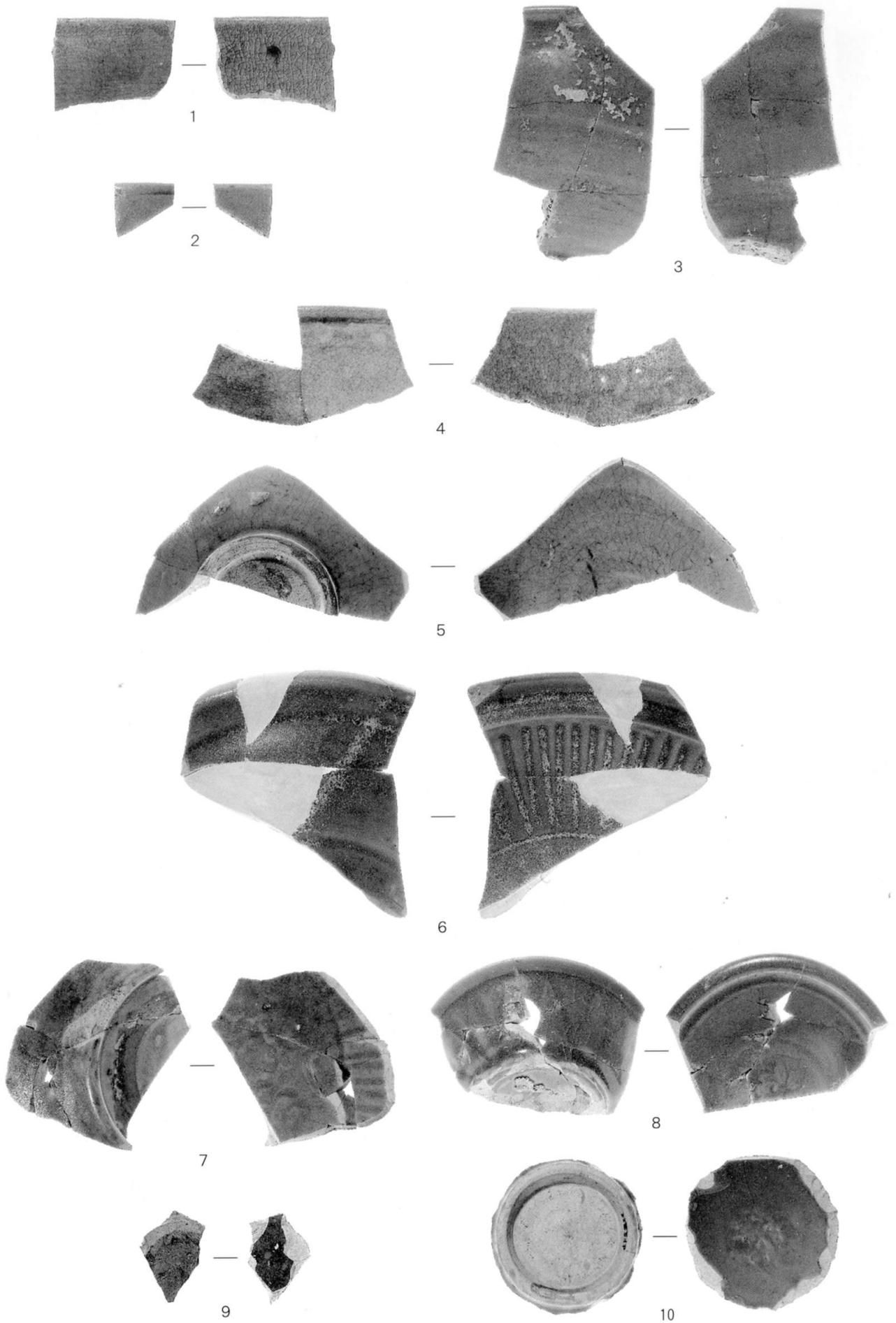
图版 8 B地点出土遺物(埴埴)



图版9 B地点出土遺物(羽口)



図版10 B地点出土遺物 (1・2 鉄釘、3 鉄鏃、4・5 板状鉄製品、6 板状銅製品、7～25 銅の切り屑、26 ガラス製品、27・28 椀形滓、29～32 鉄塊系遺物、33 金床石剥片)



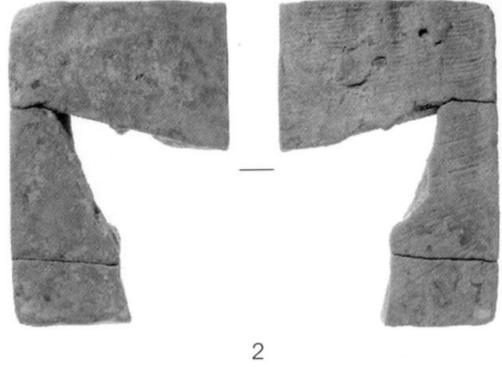
图版11 B地点出土遺物(1 白磁、2~8 青磁、9 天目茶碗、10 円盤状製品)



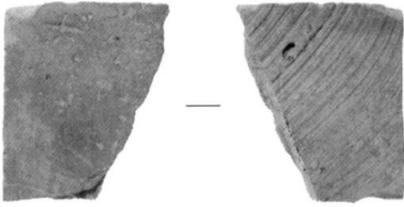
图版12 B地点出土遺物 高麗系瓦:1 軒丸瓦(蓮華文1類B)、2 平瓦(5類2-天+重ね文字)、3 平瓦(2類-格子文)



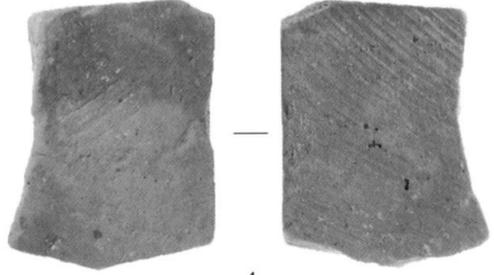
1



2



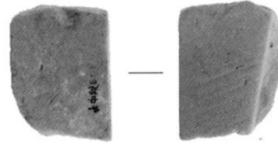
3



4



5



6



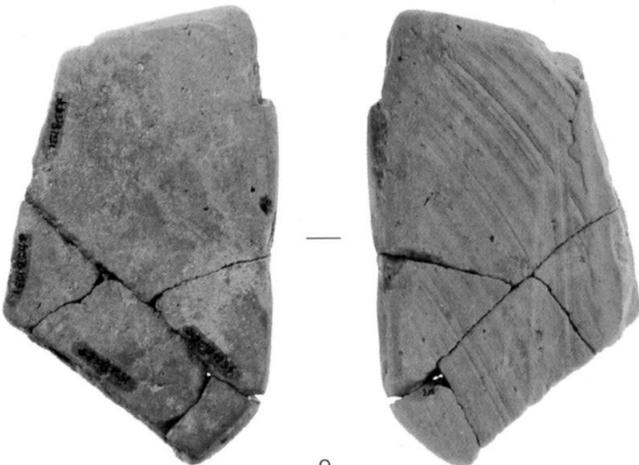
7



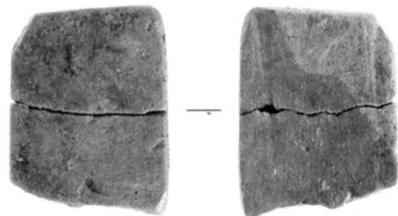
8



参考資料 (攪乱層出土)

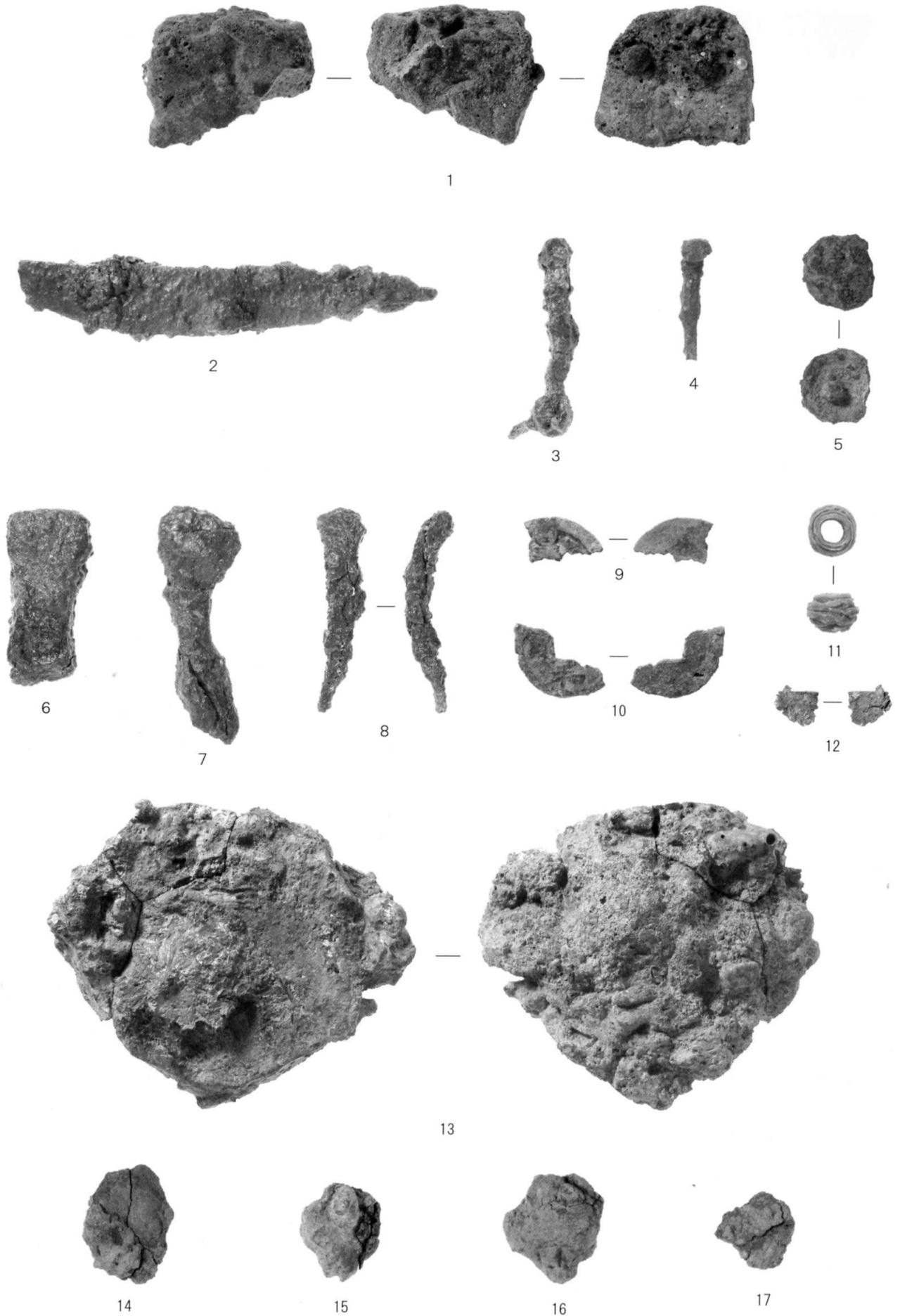


9

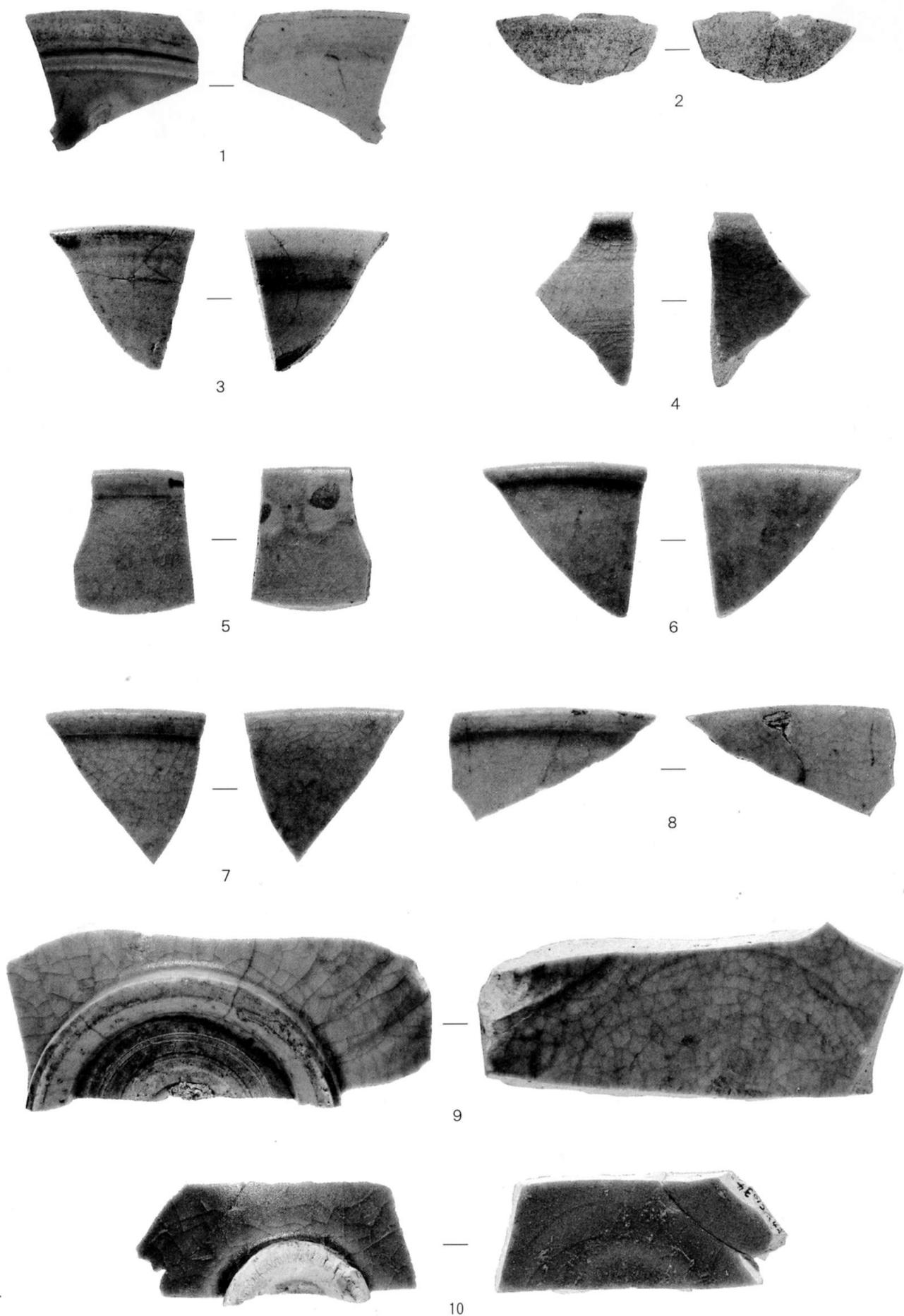


10

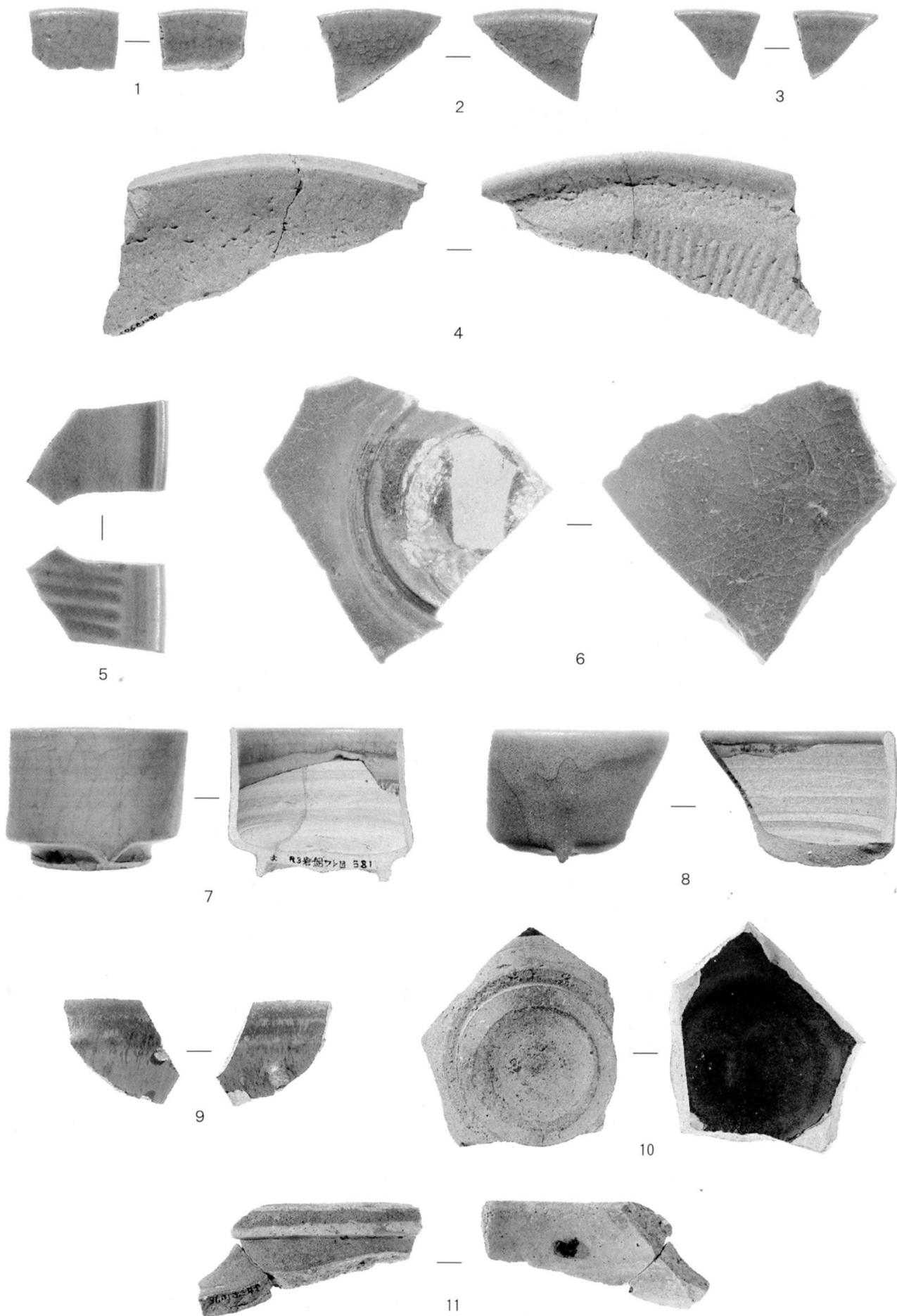
図版13 B地点出土遺物 高麗系瓦(1~6 道具瓦)、高麗系・大和系不明瓦(7・8 棟先瓦?)、9・10 板状瓦製品



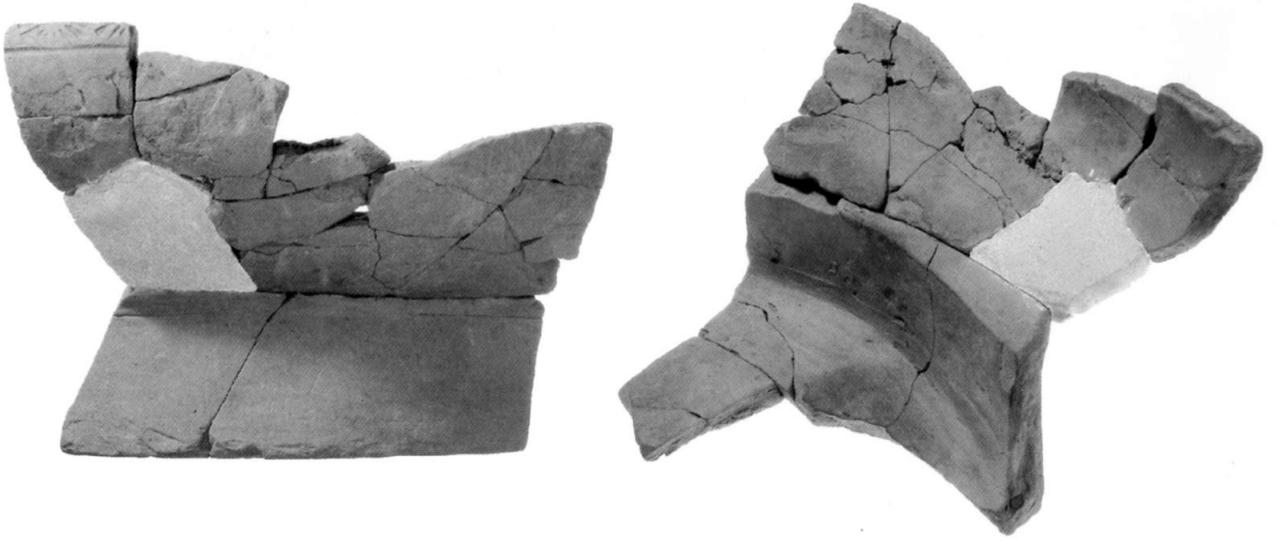
図版14 C地点出土遺物 (1 坩堝、2~8 鉄製品、9・10 銭貨、11 ガラス小玉、12 薄板状金片、13 椀形滓、14~17 鉄塊系遺物)



图版15 C地点出土遺物(1·2 白磁、3~10 青磁)



図版16 C地点出土遺物 (1~8 青磁、9・10 天目茶碗、11 褐釉陶器)



1



2



3



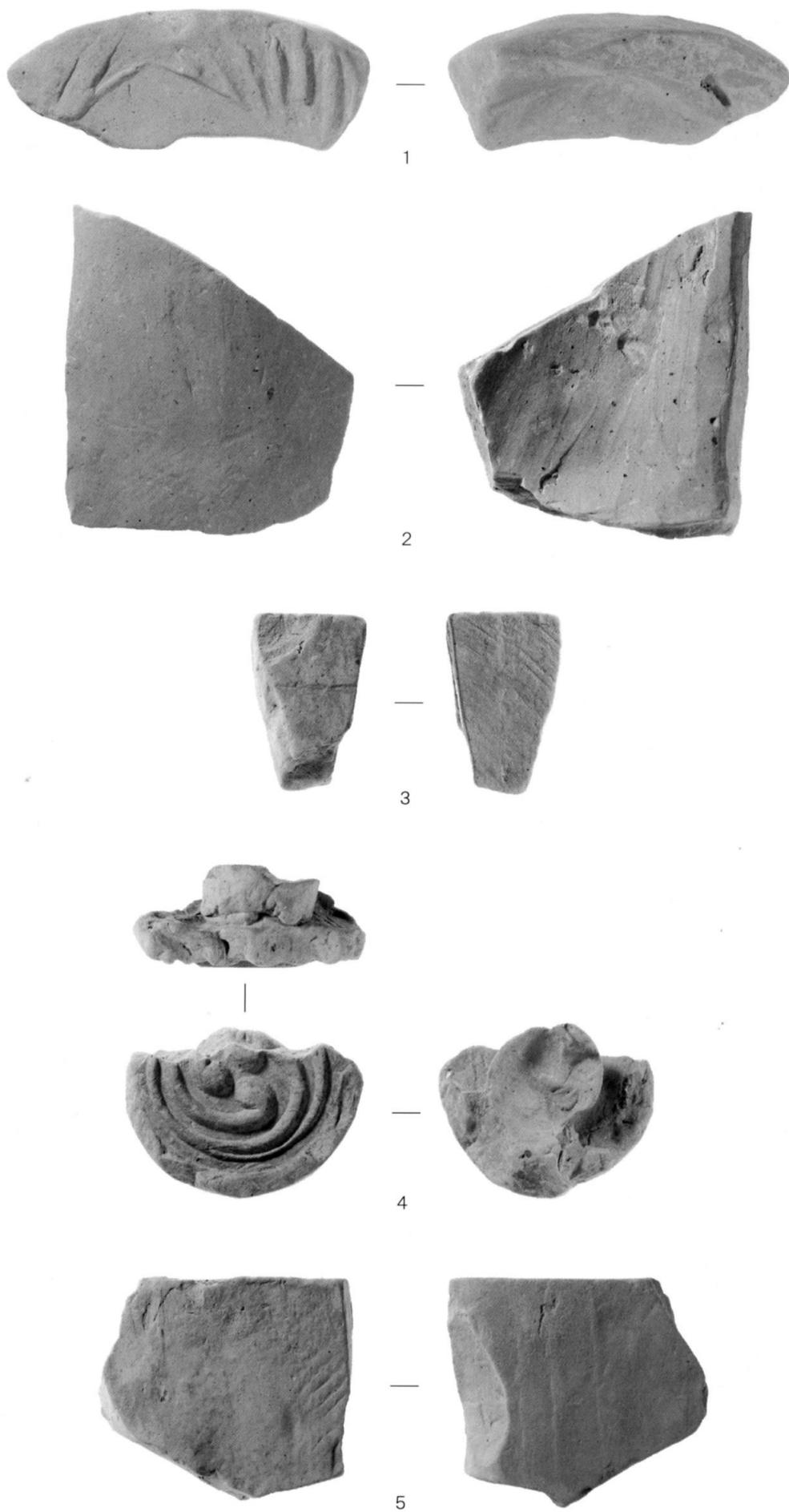
4



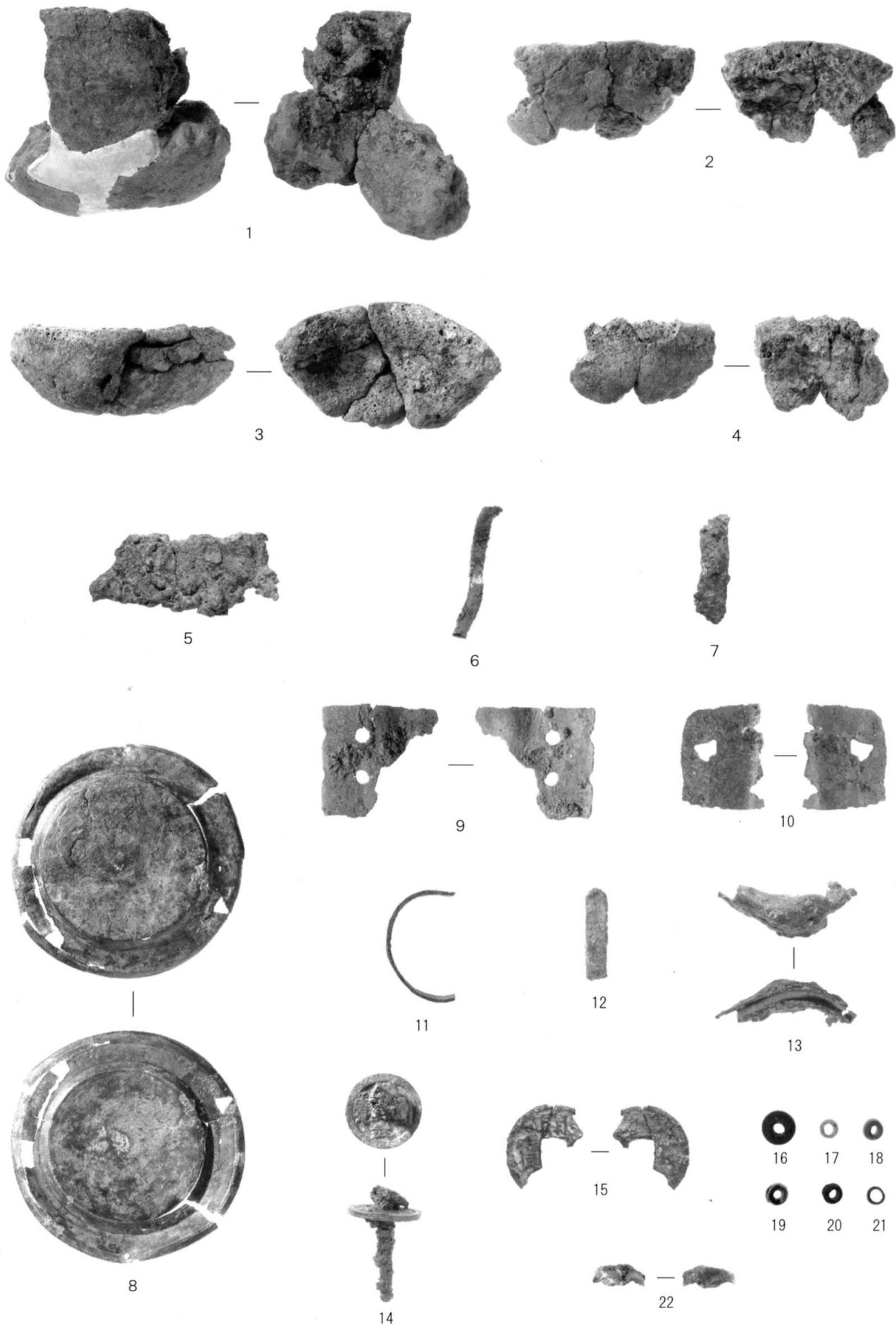
5



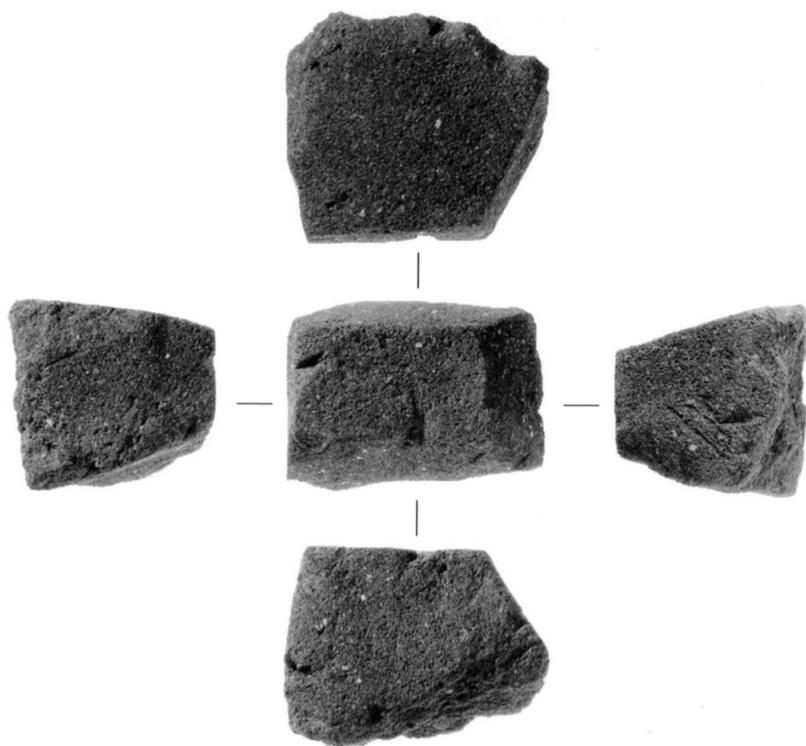
图版17 C地点出土遺物 (1 瓦質土器、2 磚、3 砥石、4·5 湾曲板状砂岩)



图版18 C地点出土遺物 高麗系瓦 (1~3 道具瓦)、大和系瓦 (4 軒丸瓦-巴文4類、5 雁振瓦-I型)



図版19 土坑内出土遺物 (1~4 埴埴、5 刀子、6・7 鉄の切り屑、8~10 銅製品、11~13 銅の切り屑、14・15 銭貨、16~21 ガラス小玉、22 薄板状金片)



1

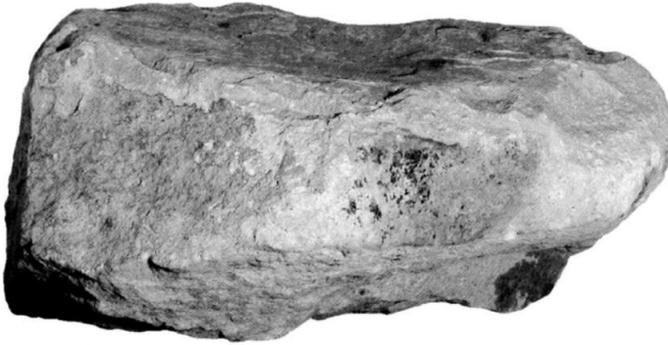


2

图版20 土坑内出土遺物(砥石)



|



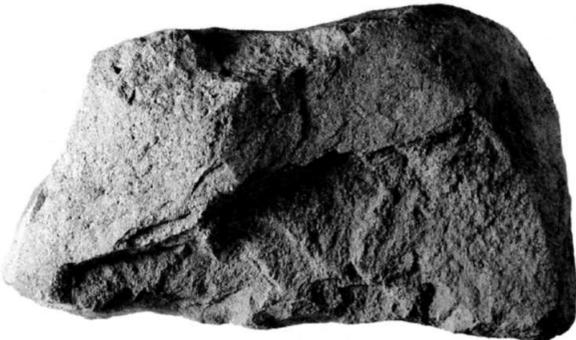
1



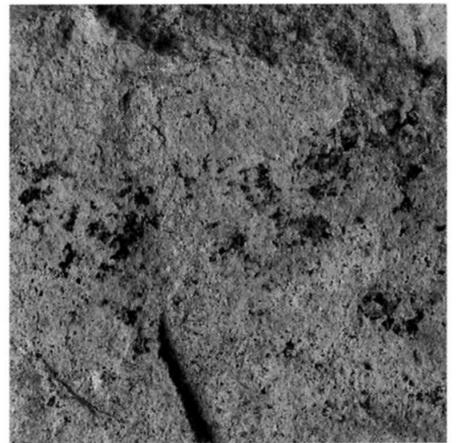
(鍛造剥片嵌入部分拡大)



|

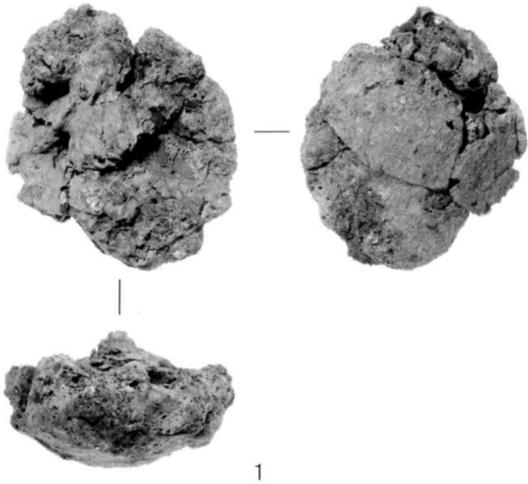


2

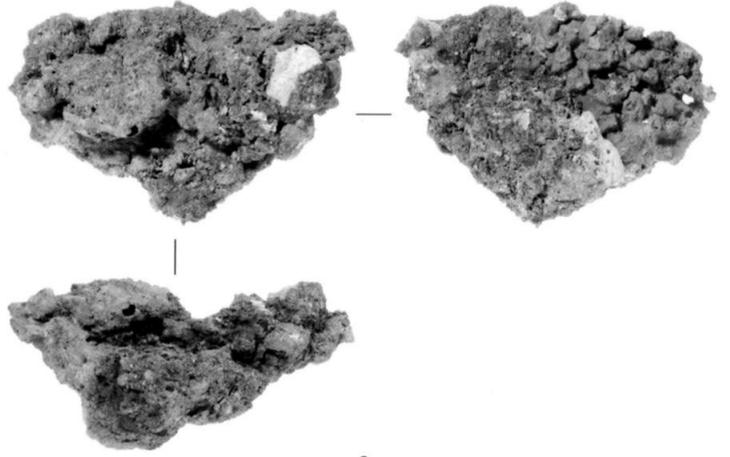


(鍛造剥片嵌入部分拡大)

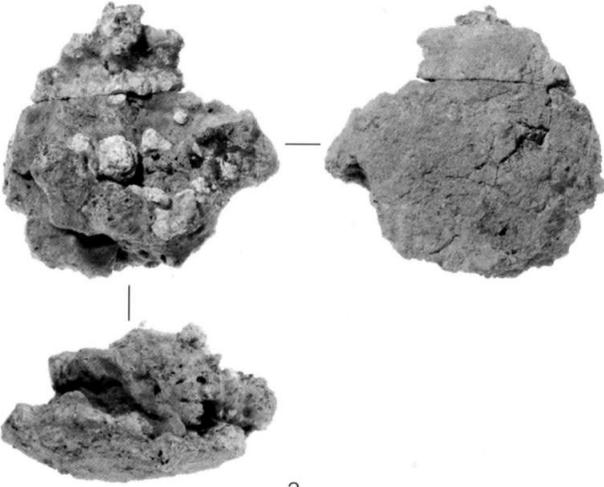
図版21 土坑内出土遺物(金床石)



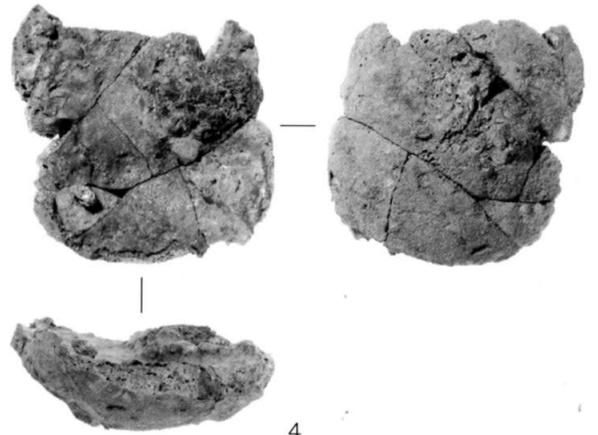
1



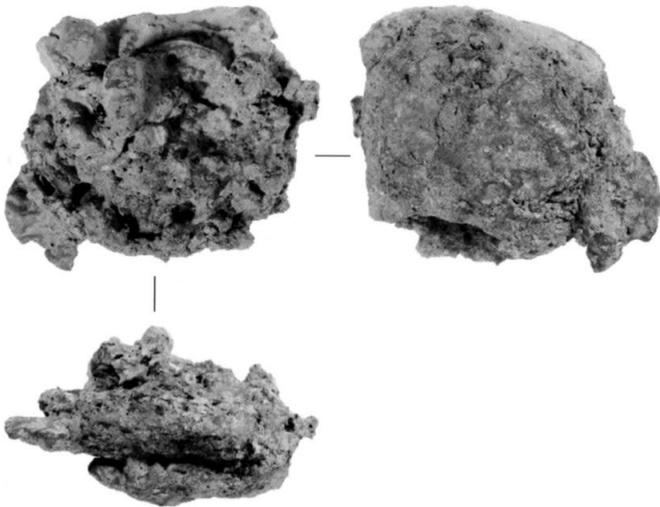
2



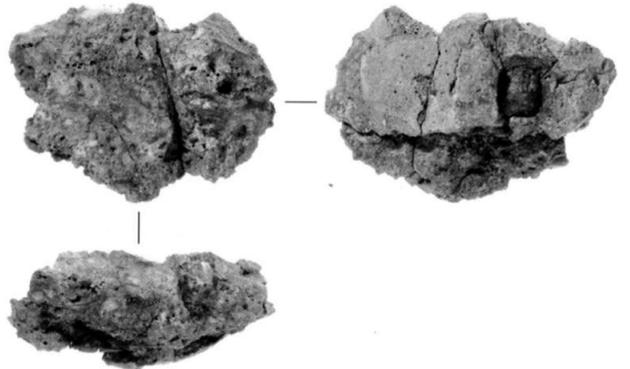
3



4

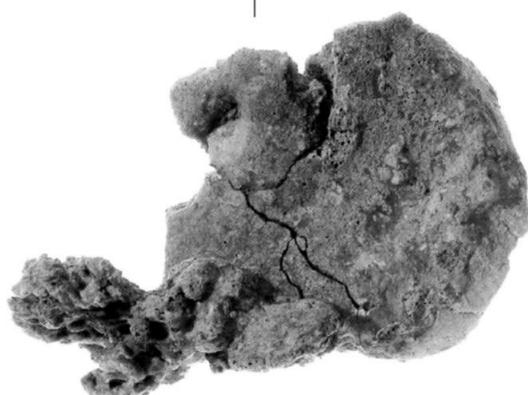


5

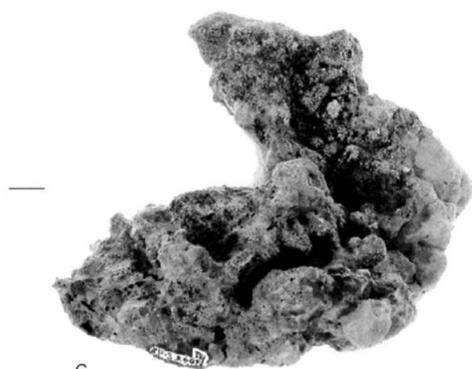


6

图版22 土坑内出土遺物 (碗形滓)

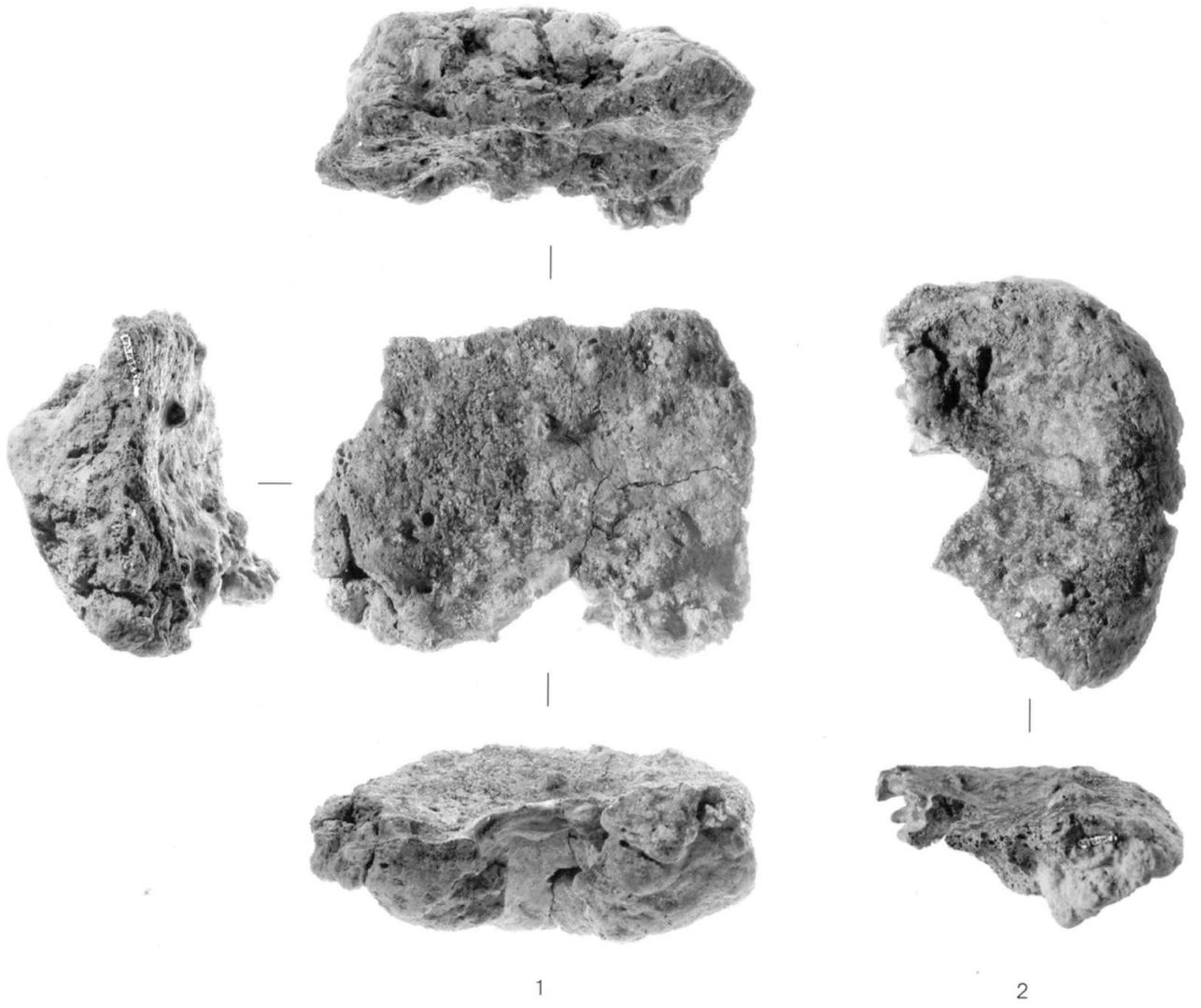


5



6

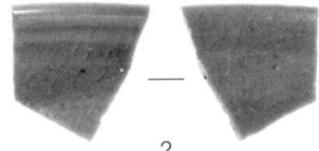
図版23 土坑内出土遺物(1~4 鉄塊系遺物、5・6 炉壁①)



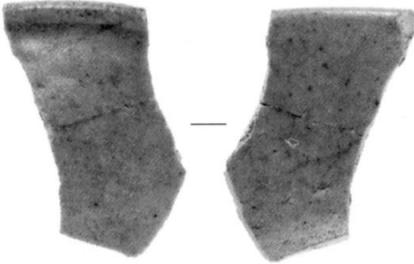
图版24 土坑内出土遺物 (炉壁②)



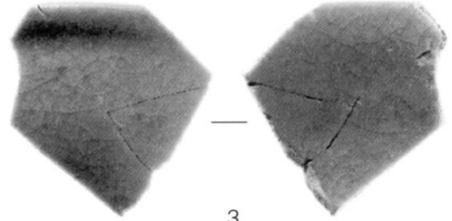
1



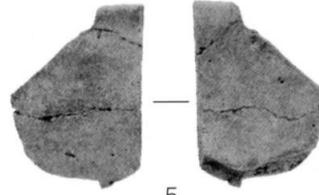
2



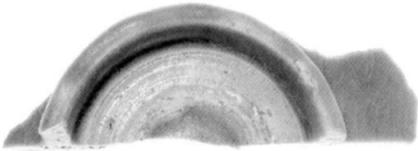
4



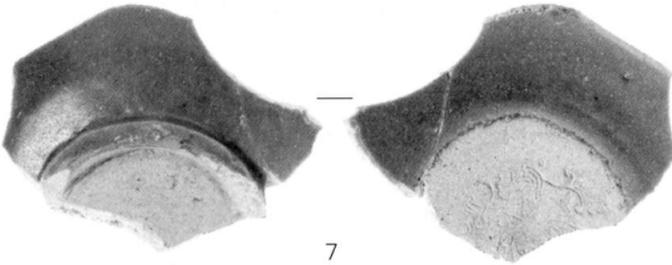
3



5



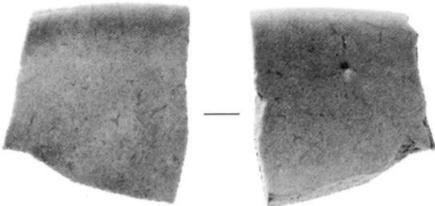
6



7



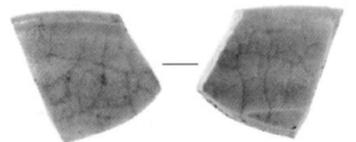
9



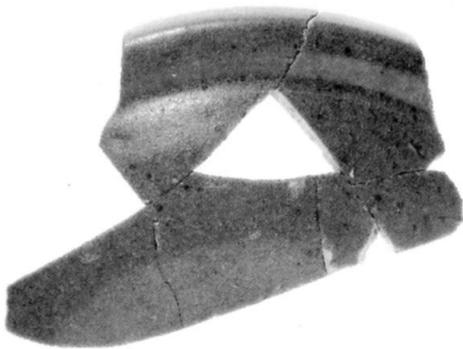
12



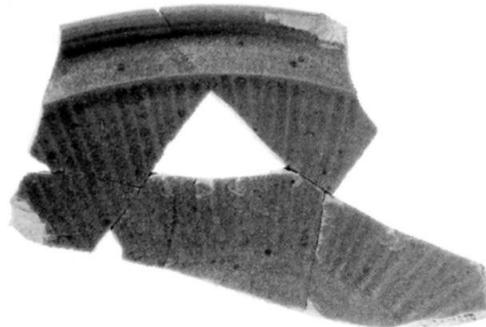
8



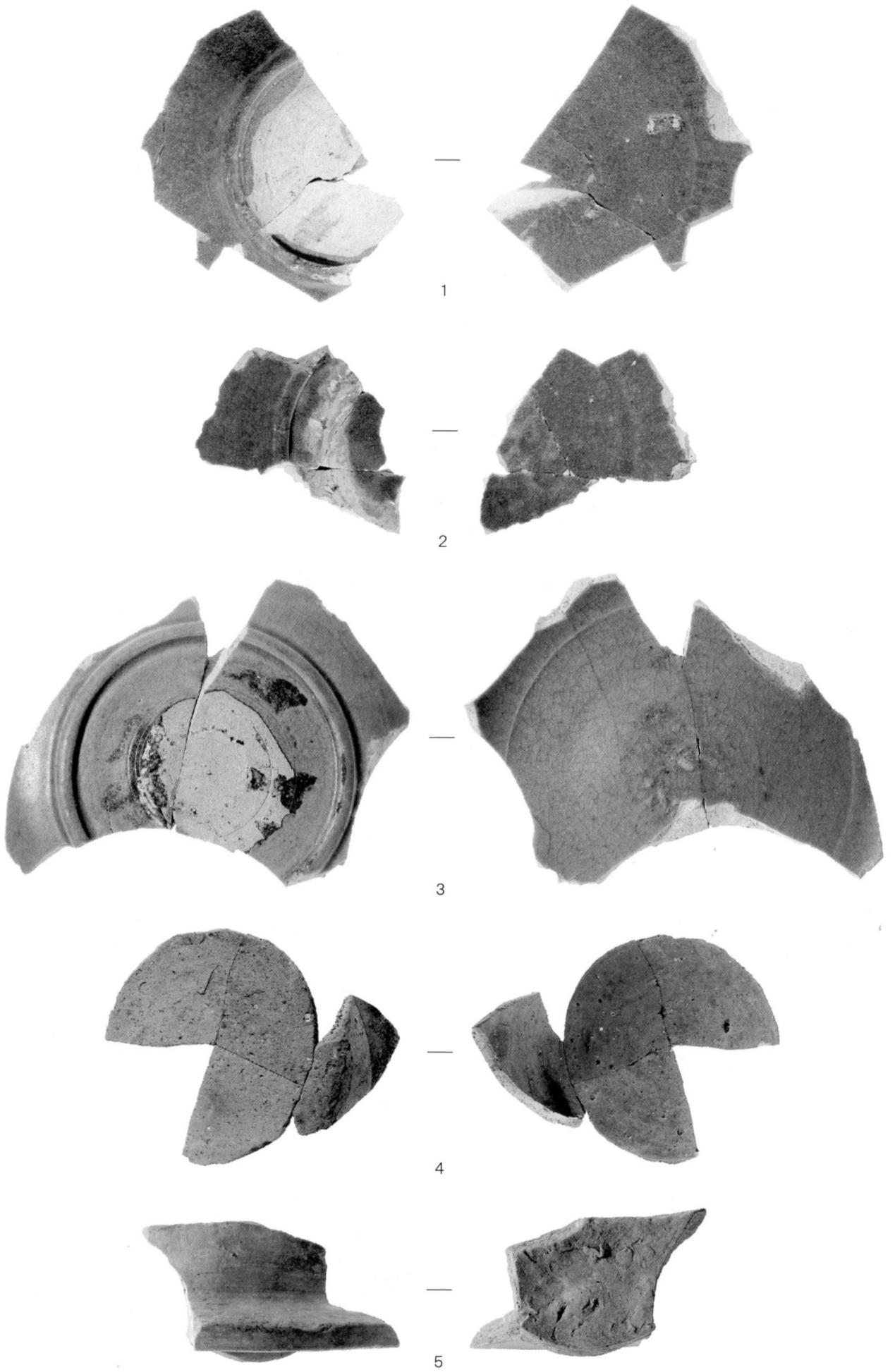
10



11



图版25 土坑内出土遺物(青磁)



图版26 土坑内出土遺物(1~3 青磁、4 褐釉陶器、5 瓦質土器)



图版27 土坑内出土遺物 高麗系瓦 (1 軒丸瓦、2 有段式平瓦、3 道具瓦、4 棟瓦?、5 棟先瓦?)、大和系瓦 (6 軒平瓦-6類)

報告書抄録

ふりがな	うらそえ ようどれⅢ -きんぞくこうぼうあとへん-							
書名	浦添ようどれⅢ -金属工房跡編-							
副書名	史跡浦添城跡復元整備事業に伴う発掘調査報告							
巻次								
シリーズ名	浦添市文化財調査研究報告書							
シリーズ番号								
編著者名	宮里信勇・木下秋海・大澤正己・比佐陽一郎・パリノ・サーヴェイ株式会社							
編集機関	沖縄県浦添市教育委員会文化部文化課							
所在地	〒901-2501 沖縄県浦添市安波茶一丁目1番1号 TEL:098-876-1234(内線6213・6214)							
発行年月日	2007年(平成19年)3月30日							
ふりがな 所収遺跡名	ふりがな 所在地	コード		北緯	東経	調査期間	調査面積	調査原因
		市町村	遺跡番号					
うらそえ 浦添ようどれ	おきなわけん 沖縄県  うらそえし 浦添市  なかま 仲間2丁目	47208		26° 14' 37"	127° 44' 00"	平成8年 (1997.1.16) ) 平成16年 (2004.7.21)	金属工房跡 約42㎡	史跡浦添城跡復元整備事業に伴う遺構確認調査
所収遺跡名	種別	主な時代		主な遺構		主な遺物		特記事項
うらそえ 浦添ようどれ	墳墓(王陵)	中世		金属工房跡		埴塙・羽口 炉壁片・鉄滓 鍛造剥片 粒状滓 高麗系瓦 大和系瓦 鉄・銅釘 青磁・白磁 瓦質土器 など		瓦溜まりと金属工房跡の調査成果によって、浦添ようどれの変遷に関する新情報が得られた。

浦添市文化財調査研究報告書

---

## 浦 添 よ う ど れ Ⅲ

### 金属工房跡編

—史跡浦添城跡復元整備事業に伴う発掘調査報告—

発行日 2007年（平成19年）3月30日

発行所 沖縄県浦添市教育委員会

〒901-2501

沖縄県浦添市安波茶一丁目1番1号

TEL：098-876-1234

（内線6213・6214）

FAX：098-878-1487

印刷 有潮印刷

---