SMT－16　椀形鍛冶滓

①　肉眼観察：平面不整六角形を呈する椀形鍛冶滓である。側面 6 面は破面。上面は平坦気味で大きなもので径 3mm 程の気孔が散在する。木炭痕は径 1cm 程の大きさのものが数個所散在するがいずれも痕跡は薄い。下面は径 1cm 程の木炭痕による凹凸が顕著である。表面黒色ガラス質部分が認められる。下面に広くガラス質滓が付着するのは奇異な感じを受ける。木炭痕が下面に顕著なことから鍛冶炉床土が溶融したのではないと思われる。

②　顕微鏡組織：Photo.8⑥～⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶のヴスタイト（Wüstite：FeO)、淡灰色木ずれ状結晶のファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$)、白色多角形結晶のマグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）が基地の暗黒色ガラス質スラグに晶出する。鍛錬鍛冶滓の晶癖である。

③　ビッカース断面硬度：Photo.8⑧に示す。⑦は白色粒状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は 516Hv とヴスタイトの文献硬度値の上限を僅かに上回るがヴスタイト（Wüstite：FeO）に同定される。⑧は白色多角形結晶の硬度測定の圧痕である。硬度値は 582Hv であった。マグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）の文献硬度値は 500～600 Hv であり、その範囲内に収まるのでマグネタイトに同定される。

SMT－17　鉄製品（半製品）

①　肉眼観察：銹化による錆膨れ・変形が著しいが板状の鉄片である。層状に銹化割れを起こしており少なくとも鍛打工程を経たものであることが分かる。銹化のため明確ではないが、短軸両端を鏨などで切断した素材的な鉄片の可能性がある。

②　マクロ組織：Photo.14 に示す。切断面は折返し鍛錬した板状の鉄製品を芯に、更に外側に鉄板を巻いたような状態を呈している。銹化が進行し、銹膨れが著しい鉄片である。

③　顕微鏡組織：Photo.9①～③に示す。金属鉄は残存せず、銹化鉄（Goethite）に辛うじてパーライト痕跡を留める。炭素含有量は０.１％以下の極軟鋼である。①③には銹化鉄中に非晶質珪酸塩系の鍛打展進過程の非金属介在物を示す。

②　ＣＭＡ調査：Photo.19･20 に示す。2 視野を調査した。まず、Photo.19 は銹化鉄の基地の分析である。

高速定性分析結果が Fig.3 である。A－Rank の検出元素が鉄（Fe)、珪素（Si)、燐（P)、酸素（O）などである。珪素（Si）は汚染物質の影響である。地鉄からは特別の情報は得られない。

SE の番号 8 を定量分析したところ 66.2％Fe－32.9％O となった。銹化鉄（Goethite）が同定されたのみである。

次は Photo.20 の鉄中非金属介在物の高速定性分析が Fig.4 である。 A－Rank の検出元素は鉄（Fe)、珪素（Si)、硫黄（S)、酸素（O）となる。

SE に番号 7 をつけた介在物は、白色輝点が鉄（Fe）と酸素（O）に集中し、 定量分析値は 89.8％FeO 組成が得られた。酸化第一鉄のヴスタイト（Wüstite：FeO）である。

この介在物は、本来の状態は暗黒色ガラス質スラグが帯状に伸びたなかに含まれた酸化第一鉄である。鉄素材の繰返し折曲げ鍛接時の粘土汁塗布で溶融派生したものであろう。

SMT－18　袋状鉄斧

①　肉眼観察：完形の袋状鉄斧である。袋部の断面形は隅丸方形で袋部の合わせ目が大きく開いている。袋部は上部を鍛打により耳状にたたき伸ばした後折り曲げて加工したものと考えられる。　刃部側面から袋部端部にかけて銹化割れが顕著である。

埋込み試料は刃部端部と、袋部合わせ目側表皮から採取した。刃部には金属鉄が残存している。

②　マクロ組織：Photo.15 に示す。写真上側が刃部金属鉄である。折返し鍛接線が細かいピッチで走り鍛造品を明瞭に表わす。また刃先外表面に沿って炭素量が多い黒色領域があって浸炭処理が想定される。写真下側の表層の銹化鉄が採取されている側が袋部合わせ目の試料である。

③　顕微鏡組織：Photo. 10～12 に示す。Photo.10①は刃先断面の組織である。先端左側が表面側の浸炭部で、右側の内部が地鉄母材の組織となる。表面は浸炭されて炭素量を増し亜共析鋼ながら 0.6％前後の炭素量が含有されて、右側の内部に進むにつれて白いフェライトが現れて 0.1％程度の地鉄となる。②③は浸炭層から地鉄へと移動する拡散層で、灰色塊状組織は 0.2～0.3％炭素含有のベイナイト（Bainite：フェライトと炭化物の混合物）であり、この組織の析出から比較的急速冷却であったと窺われる。④⑤は刃先先端部の組織である。黒色塊状組織を詳細に観察すると、微細な針状組織で低温変態パーライト組織もしくは下部ベイナイト組織（Lower　Bainite　Structure）が生成している。以上の金属組織からみて、当該鉄斧の刃先は 950℃程度に加熱され刃先部は浸炭処理したのちに小容積放冷された可能性をもつ。

次に Photo. 11 は鉄斧の刃部の上側断面組織を示す。金属組織は、片状フェライト境界部に炭化物が列状に微細に生成した 0.1％以下の低炭素組織である。①は低倍率 50 倍のマクロ写真、②④は 100 倍の組織で片状フェライトに取り残された領域に黒色の低温変態パーライト組織が観察される。また、③⑤は 400 倍の拡大組織であって、これから低温変態パーライト組織が分解して球状化を呈して焼戻し処理が施されていると知れる。通常、このような組織は 700℃程度に再加熱されたと解釈される。ところが刃先側は放冷組織をもっていた。上部側は焼戻し処理が読みとれて、この両者の食違いはどう解釈すればよいのだろうか。

いずれにしろ該品は極軟鋼（0.1％C）を繰返し折曲げ鍛接し、袋状鉄斧に成形後、刃先部は木炭粉にまぶし加熱することにより浸炭させて外周部の炭素含有量を増加させ共析鋼（0.77％C）のもつ強度向上の対策がとられた製品である。現実には浸炭表層部は銹化して 0.6％C レベルしか確認できなかった。

Photo. 12 の①に袋部合せ目表層の銹化鉄の組織を示す。ゲーサイト（Goethite：α－FeO・OH）になるが刃部上側断面と同じ組織の片状フェライトに球状化低温変態パーライト組織の痕跡が読みとれた。②～⑤は金属鉄の鉄中の非金属介在物である。暗黒色ガラス質スラグは鍛打によって展伸し、白色粒状ヴスタイト（Wüstite：FeO）を内蔵して存在する。鉄肌に生じたヴスタイトと酸化防止に塗布された粘土汁から派生した介在物である。

④　ビッカース断面硬度：Photo. 12 の⑥～⑨に示す。炭素含有量の異なる領域の 4 箇所を測定している。⑥は炭素量が 0.1％以下で 117Hv、⑦は炭素量 0.4％前後で 155Hv、⑧⑨は炭素量が 0.6％領域で 214Hv～220Hv であった。炭素量に対して妥当な硬度であろう。

⑤　ＣＭＡ調査:Photo.21 の SE に示した鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が Fig.5 である。A－Rank で鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si＋Al＋Ca＋Mg＋K）、燐（P）、酸素（O）が検出された。

SE（2 次電子像）につけた番号の 5 は白色粒状結晶であり、白色輝点は鉄（Fe）、酸素（O）に集中する。定量分析値は 99.2%FeO となり 、ヴスタイト（Wüstite：FeO）が同定される。

SE の番号 6 は暗黒色スラグに微細羊歯の葉状の結晶を含む個所を 5μm エリアで定量分析値を測定したところ 51.6%FeO－34.8%SiO_2 組成でファイヤライト（Fayalite：2FeO・SiO_2）、これに 5.5%Al_2O_3－4.2%CaO－2.7%K_2O 組成のガラス質が検出された。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）は 0.9%で磁鉄鉱系の鉄素材と推定される。

SMT－19　鋳造品

①　肉眼観察：ごく緩やかに彎曲する板状の鋳造品である。用途不明。一端に向かって徐々に厚みを減じている。凸面側には赤褐色の付着物が認められる。表面は黄褐色の酸化土砂に覆われる。また、銹化割れも各所にみられる。

②　マクロ組織：Photo.15 に示す。銹化して自然腐食で白鋳鉄のセメンタイトと一部黒鉛化しておりまだら鋳鉄（Mottled　Cast　iron）の組織を表わしている。砕いて言うとねずみ鋳鉄と白鋳鉄とが混合している鋳鉄である。

③　顕微鏡組織：Photo.13①～⑨に示す。白鋳鉄の組織が点在して認められる。銹化の進行のため自然腐食されている。白鋳鉄組織の周辺は銹化鉄（Goethite）となっているが片状黒鉛及びパーライト痕跡が認められ、ねずみ鋳鉄であることが分かる。

④　ビッカース断面硬度：Photo.13⑤にレデプライト組織個所での硬度測定の圧痕を示す。硬度値は 580Hv であった。自然腐食を受けているがそれ程不自然な値ではない。

SMT－20　鋳造品

①　肉眼観察：平面不整四角形を呈するやや彎曲した板状の鋳造品である。用途不明。周囲は全面破面。表面は黄褐色の酸化土砂の付着が顕著で、長さ 1cm 程の木炭も一部認められる。

②　マクロ組織：Photo.16 に示す。こちらも銹化鉄となるが片状黒鉛の析出痕跡からねずみ鋳鉄（Gray cast iron）と判定される。

③　顕微鏡組織：Photo.9④～⑨に示す。金属鉄は認められず銹化鉄（Goethite）となるが、片状黒鉛及びパーライト痕跡が認められる。ねずみ鋳鉄であることが分かる。

銑鉄は凝固冷却速度が速くなければセメンタイト（Cementite：Fe_3C）を晶出し白鋳鉄となり、おそくなれば黒鉛が析出してねずみ鋳鉄となる。前者は破面が銀白色、後者はねずみ色を呈するので呼び名もそれにならってつけられた。

4　まとめ

下ノ坪遺跡は古代（8～9C 代）の巨大建物群と、八稜鏡、銅椀をはじめ緑釉陶器や各種陶硯、革帯装飾具など特殊遺物を出土して地方官衛的な性格が指摘されている。注(3)　この遺跡内より鍛冶関連遺物が出土した。鍛冶内容は、廃鉄器リサイクルを想定させる脈石成分

（Ti、V、Mn）の低い成分系の椀形鍛冶滓が存在し、かつ、並列的に高品位鉄塊を鍛冶原料とした痕跡をもつ鍛冶滓が検出された。一般集落では10世紀以降に廃鉄器リサイクル鍛冶が散見されるのに対し、注(4) 今回の下の坪遺跡における廃鉄器リサイクル鍛冶が8〜9世紀代の少々早い時期の操業である。

これが官営鍛冶としての一つの特質であるのか他に要因があったのか気になるところである。今後の類例に注目してゆきたい。

一方、鍛冶原料鉄の産地同定も大きな問題である。高知県内では中村市の金ケ浜や平野浜に砂鉄の賦存が知られている。ここの砂鉄の特徴は高クロム含有（Cr_2O_3：1.4%台）である。この含クロム鉄滓としては、土佐山田町に所在する近世の製鉄遺跡である入野南山ノ陰遺跡出土製錬滓で確認されているが注(5)、今回の下の坪遺跡出土鍛冶滓からはクロムの検出はなかった。8〜9世紀の高知県例での製錬は不鮮明であり今後の研究課題でもある。なお、下の坪遺跡の鉄塊系遺物を処理した際の鍛冶滓は磁鉄鉱系らしくもあり、供給鉄素材は山陽道側の産物かも知れない。四国における古代製鉄の研究は日も浅く今後に期待してゆきたい。

注

(1) 日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』1968　ヴスタイトは450〜500Hv、ファイヤライトは600〜700Hv、マグネタイトは500〜600Hvの範囲が提示されている。

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

(3) 野市町教育委員会『下の坪遺跡発掘調査』記者発表・現地説明会資料1998.7.4

(4) ・大澤正己「いわき市タタラ山遺跡出土鉄滓と鉄塊系遺物の金属学的調査」『常磐自動車道遺跡調査報告4』（福島県文化財調査報告大316集）福島県文化財センター、福島県教育委員会1995（10世紀後半）

・大澤正己「姥久保遺跡出土椀形鍛冶滓の金属学的調査」『姥久保遺跡』日野駅北土地区画整理地区遺跡調査団1996（中世後半）

・大澤正己「諏訪町C遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『神奈川県平塚市諏訪町C遺跡』諏訪町C遺跡発掘調査団1997

・大澤正己「長崎遺跡出土鍛冶滓の金属学的調査」『長崎遺跡Ⅵ』＜遺物・考察編＞（静岡県埋蔵文化財調査報告第5集）静岡県埋蔵文化財調査研究所1995（10世紀後半）

・大澤正己「頭地松本B遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『頭地松本B遺跡(2)』（熊本県文化財調査報告第174集）熊本県教育委員会1999

(5) 大澤正己・鈴木瑞穂「入野南山ノ陰遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『高知県香美郡土佐山田町所在入野南山ノ陰遺跡発掘調査報告書』（土佐山田町埋蔵文化財報告書第　集）土佐山田町教育委員会2000

Table.1 供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	計測 値		メタル反応	調査項目								備考
					大きさ(mm)	重量(g)		マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	CMA	化学分析	耐火度	カロリー	
SMT-1	下ノ坪	SB18	椀形鍛冶滓	8～9c	50×88×32	208.0	なし		○				○			
SMT-2	下ノ坪	SB20	椀形鍛冶滓	8～9c	53×67×36	121.0	なし		○	○			○			
SMT-3	下ノ坪	SB20	鉄斧刃先	8～9c	52×48×12	105.5	あり	○	○							
SMT-4	下ノ坪	SB21	鍛冶滓	8～9c	60×112×36	225.0	なし		○	○						
SMT-5	下ノ坪	SK15	ガラス質滓	8～9c	55×31×36	25.1	なし		○							
SMT-6	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	48×47×23	77.7	なし		○	○			○			
SMT-7	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	79×50×37	31.2	なし		○	○						
SMT-8	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	82×68×35	102.0	なし		○							
SMT-9	下ノ坪	SK15	鍛冶滓	8～9c	83×49×28	155.3	なし		○	○						
SMT-10	下ノ坪	SK15	羽口	8～9c		110.0	なし		○				○	○		
SMT-11	下ノ坪	SK21	取鍋	8～9c		115.6	なし		○			○				
SMT-12	下ノ坪	SK22	椀形鍛冶滓	8～9c		148.0	なし		○	○			○			
SMT-13	下ノ坪	SK33	椀形鍛冶滓	8～9c	41×30×23	29.4	なし		○	○						
SMT-14	下ノ坪	SK34	椀形鍛冶滓	8～9c	91×65×42	263.0	なし		○	○						
SMT-15	下ノ坪	不明	椀形鍛冶滓	8～9c	81×70×35	206.0	なし		○	○		○	○			
SMT-16	下ノ坪	SX3	椀形鍛冶滓	8～9c	86×71×33	279.6	なし		○	○						
SMT-17	下ノ坪	SX4	鉄製品	8～9c	55×29×20	29.1	なし	○	○							
SMT-18	下ノ坪	包含層	袋状鉄斧	8～9c		650.0	あり	○	○	○		○				
SMT-19	下ノ坪	包含層	鋳造品	8～9c		900.0	あり	○	○	○		○				
SMT-20	下ノ坪	包含層	鋳造品	8～9c		313.0	あり	○	○							

Table.2 供試材の化学組成

試料番号	遺跡名	出土位置	遺物名称	年代推定	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	* 二酸化珪素 (SiO_2)	* 酸化アルミニウム (Al_2O_3)	* 酸化カルシウム (CaO)	* 酸化マグネシウム (MgO)	* 酸化カリウム (K_2O)	* 酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	#:Igloss 炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	耐火度	Σ * 造滓成分	造滓成分 / Total Fe	TiO_2 / Total Fe
SMT-1	下ノ坪	SB18	椀形鍛冶滓	8～9c	41.05	0.14	38.83	15.34	30.45	6.33	0.77	0.96	1.52	0.89	0.07	0.50	0.02	0.02	0.43	0.09	0.01	0.002		40.92	0.997	0.021
SMT-2	下ノ坪	SB20	椀形鍛冶滓	8～9c	50.79	0.54	37.04	30.68	17.38	4.06	0.88	0.57	0.60	0.47	0.06	0.33	0.02	0.04	0.46	0.16	<0.01	0.005		23.96	0.472	0.006
SMT-6	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	47.76	0.18	51.98	10.26	24.08	4.90	2.54	1.05	1.06	0.64	0.08	0.35	0.02	0.01	0.38	0.06	<0.01	0.002		34.27	0.718	0.007
SMT-10	下ノ坪	SK15	羽口	8～9c	2.49	0.01	0.52	2.97	70.50	16.07	0.46	0.72	1.84	0.42	0.07	0.93	0.04	0.00	0.56	#3.22	<0.01	0.002	1450	90.01	36.149	0.373
SMT-12	下ノ坪	SK22	椀形鍛冶滓	8～9c	32.08	0.69	23.97	18.24	36.39	5.96	1.82	0.89	2.07	0.99	1.09	0.27	0.02	0.02	0.90	0.12	<0.01	0.002		48.12	1.5	0.008
SMT-15	下ノ坪	不明	椀形鍛冶滓	8～9c	37.22	0.04	38.76	10.08	32.86	7.12	2.36	1.86	2.42	1.55	0.35	0.51	0.02	0.02	0.41	0.03	<0.01	0.002		48.17	1.294	0.014

Table.3 出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	調査項目								所見
						Total Fe	Fe_2O_3	塩基性成分	TiO_2	V	MnO	ガラス質成分	Cu	
SMT-1	下ノ坪	SB18	椀形鍛冶滓	8～9c	W(粒内微小析出物)+F+M, 銹化鉄	41.05	15.34	1.73	0.50	0.01	0.07	40.92	0.002	磁鉄鉱系鉄素材の鍛錬鍛冶滓(廃鉄器が鍛冶原料)
SMT-2	下ノ坪	SB20	椀形鍛冶滓	8～9c	W+F、銹化鉄(パーライト痕跡)	50.79	30.68	1.45	0.33	<0.01	0.06	23.96	0.005	鍛錬鍛冶滓、上と同系
SMT-3	下ノ坪	SB20	鉄斧刃先	8～9c	銹化鉄(パーライト痕跡)亜共析鋼	–	–	–	–	–	–	–	–	廃鉄器鍛冶原料鉄か
SMT-4	下ノ坪	SB21	鍛冶滓	8～9c	W凝集、銹化鉄	–	–	–	–	–	–	–	–	鍛錬鍛冶滓
SMT-5	下ノ坪	SK15	ガラス質滓	8～9c	ガラス質スラグ、微小析出物	–	–	–	–	–	–	–	–	赤熱鉄素材の酸化防止に塗布されて溶融したスラグ
SMT-6	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	鍛造剥片付着(3層分離型内層W非晶質)、W+F	47.76	10.26	3.59	0.35	<0.01	0.08	34.27	0.002	鍛錬鍛冶滓、SMT-1、SMT-2と同系である
SMT-7	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	W+F	–	–	–	–	–	–	–	–	鍛錬鍛冶滓
SMT-8	下ノ坪	SK15	椀形鍛冶滓	8～9c	F+W	–	–	–	–	–	–	–	–	粘土汁多用塗布の鍛錬鍛冶滓
SMT-9	下ノ坪	SK15	鍛冶滓	8～9c	W+F	–	–	–	–	–	–	–	–	鍛錬鍛冶滓
SMT-10	下ノ坪	SK15	羽口	8～9c	粘土鉱物,ガラス質スラグ中M+H晶出	2.49	2.97	1.18	0.93	<0.01	0.07	90.01	0.002	鍛冶用羽口耐火度1450℃
SMT-11	下ノ坪	SK21	取鍋	8～9c	ガラス質スラグ、銅粒	–	–	–	–	–	–	–	–	銅粒は純銅(99.9%Cu)
SMT-12	下ノ坪	SK22	椀形鍛冶滓	8～9c	W+F	32.08	18.24	2.71	0.27	<0.01	1.09	48.12	0.002	廃鉄器ではない鉄塊を原料とした鍛錬鍛冶滓
SMT-13	下ノ坪	SK33	椀形鍛冶滓	8～9c	F+W	–	–	–	–	–	–	–	–	粘土汁多用の鍛錬鍛冶滓
SMT-14	下ノ坪	SK34	椀形鍛冶滓	8～9c	F+W	–	–	–	–	–	–	–	–	粘土汁多用の鍛錬鍛冶滓
SMT-15	下ノ坪	不明	椀形鍛冶滓	8～9c	W(粒内微小析出物:Fe-Ti-Al化合物)	37.22	10.08	4.22	0.51	<0.01	0.35	48.17	0.002	W粒内微小析出物はU+H、廃鉄器ではない鉄塊を原料とした精錬鍛冶滓もしくは鍛錬鍛冶滓
SMT-16	下ノ坪	SX3	椀形鍛冶滓	8～9c	W+M+F	–	–	–	–	–	–	–	–	鍛錬鍛冶滓
SMT-17	下ノ坪	SX4	鉄製品	8～9c	銹化鉄(パーライト痕跡)、介在物ガラス質スラグ中にFeO	–	–	–	–	–	–	–	–	板状芯を更に鉄板巻付け極軟鋼製品(器種不明)
SMT-18	下ノ坪	包含層	袋状鉄斧	8～9c	刃先高炭素域,浸炭処理0.1%母材へ浸炭0.6%C確認,介在物W	–	–	–	–	–	–	–	–	焼戻し処理鉱石系鍛造品
SMT-19	下ノ坪	包含層	鋳造品	8～9c	白鋳鉄とねずみ鋳鉄の混合した組織	–	–	–	–	–	–	–	–	まだら(斑)鋳鉄
SMT-20	下ノ坪	包含層	鋳造品	8～9c	銹化鉄(ねずみ鋳鉄、片状黒鉛・パーライト痕跡)	–	–	–	–	–	–	–	–	ねずみ鋳鉄

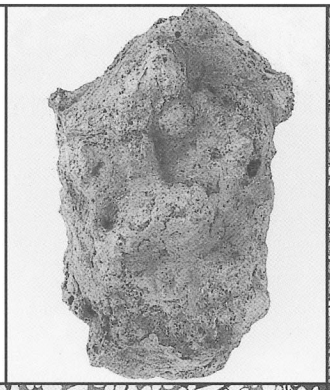
W:Wustite(FeO)、F:Fayalite($2FeO \cdot SiO_2$)、M:Magnetite(Fe_3O_4)、H:Hercynite($FeO \cdot Al_2O_3$)、U:Ulvöspine($2FeO \cdot TiO_2$)

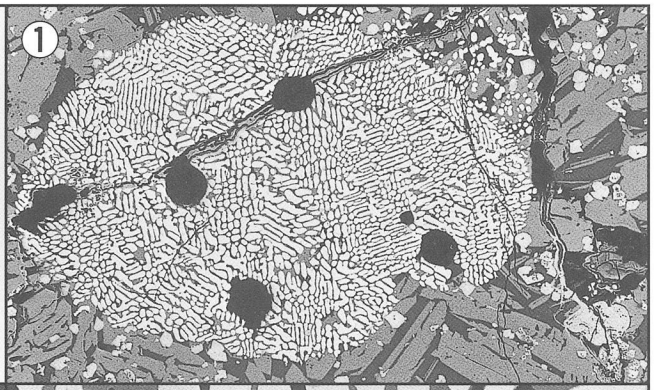
(19・20は後代の混入品の可能性がある)

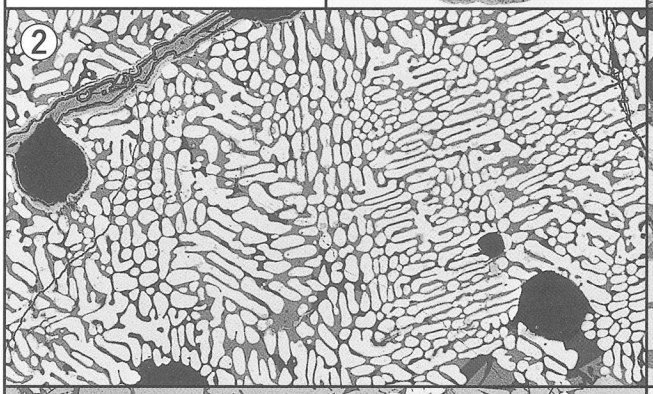
高知下ノ坪

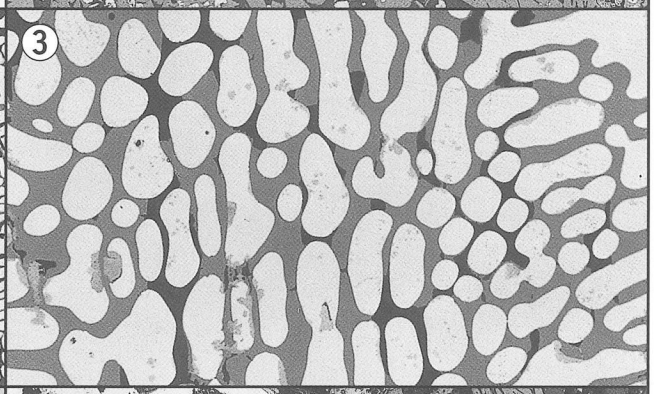
SMT-1A
椀形鍛冶滓

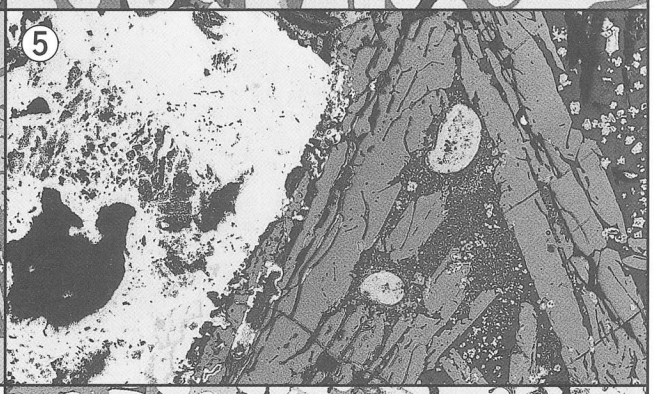
①×50②×100③×400
ヴスタイト（粒内微小折出物）
局部凝集・ファイヤライト
④×100
マグネタイト・ファイヤライト
⑤×100
銹化鉄（Goethite）
＋ファイヤライト





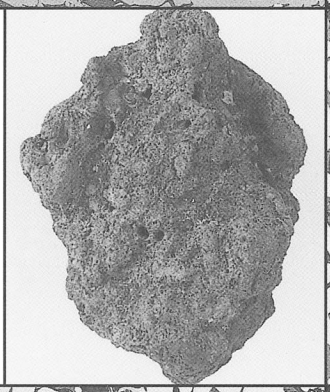


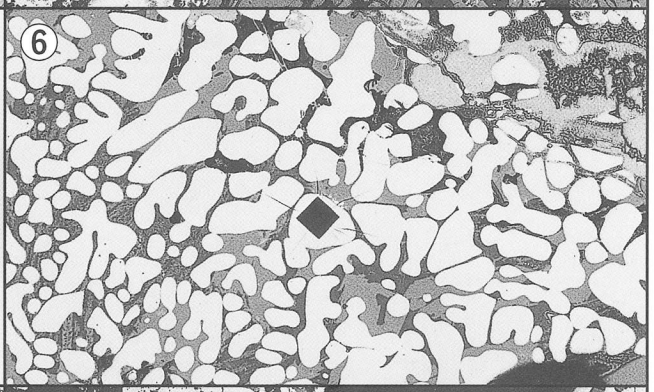


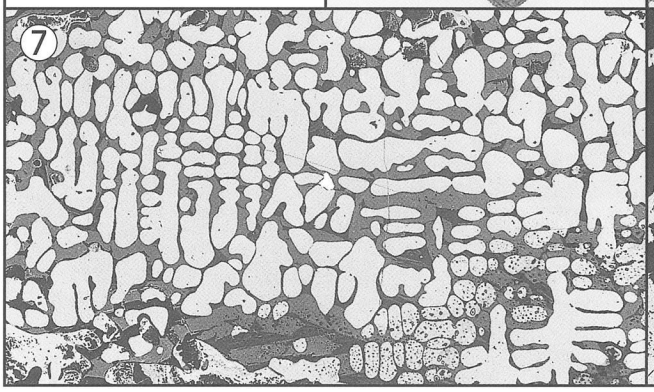


SMT2
椀形鍛冶滓

⑥×200　硬度圧痕：ヴスタイト
462Hv
⑦×100
ヴスタイト・ファイヤライト
⑧×100
ヴスタイト・ファイヤライト
＋銹化鉄（Goethite）
パーライト痕跡







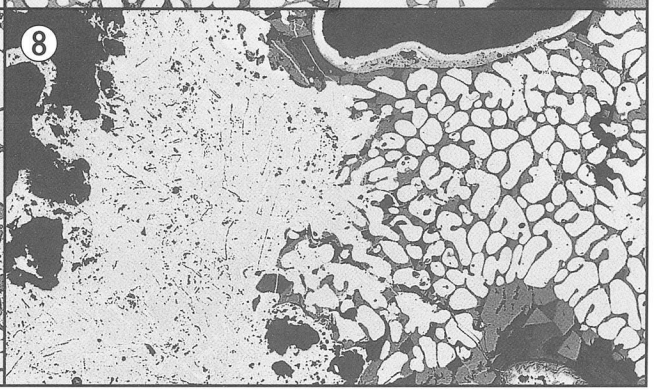
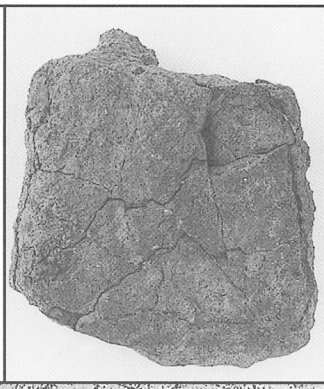


Photo.1　椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

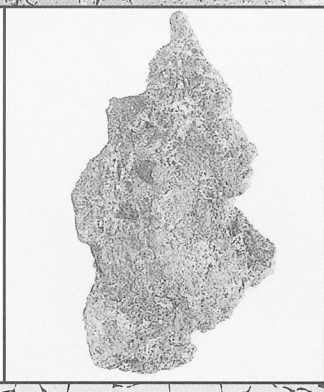
SMT-3
鉄斧刃先

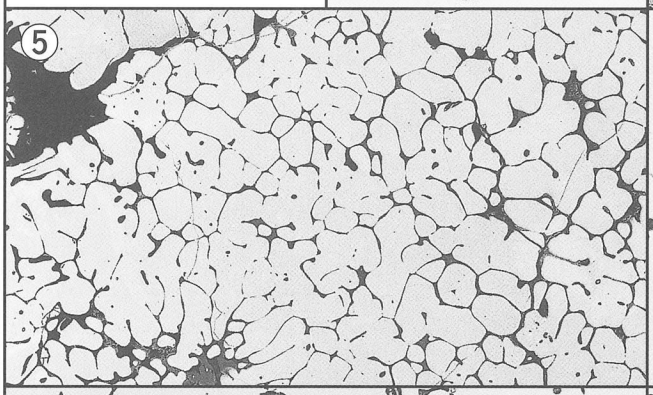
①×100　銹化鉄（Goethite）
②×400　①の拡大
パーライト痕跡
③×400　銹化鉄（Goethite）
パーライト痕跡

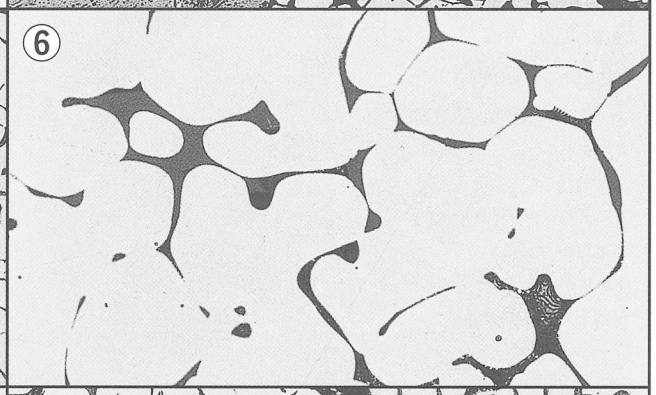


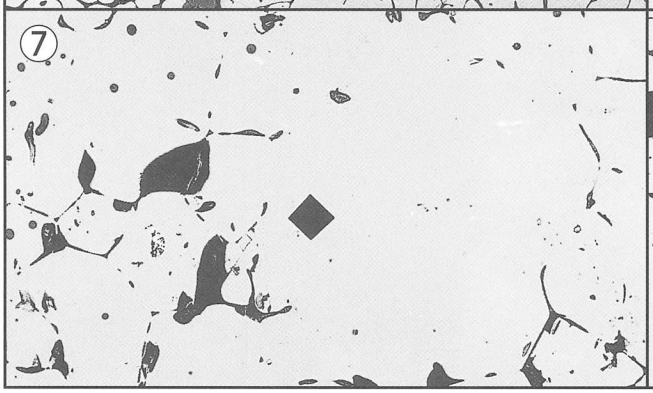
SMT-4
鍛冶滓

④×100　銹化鉄（Goethite）
＋ヴスタイト
⑤×100⑥×400 ヴスタイト凝集
⑦⑧×200　硬度圧痕
ヴスタイト⑦411Hv⑧296Hv









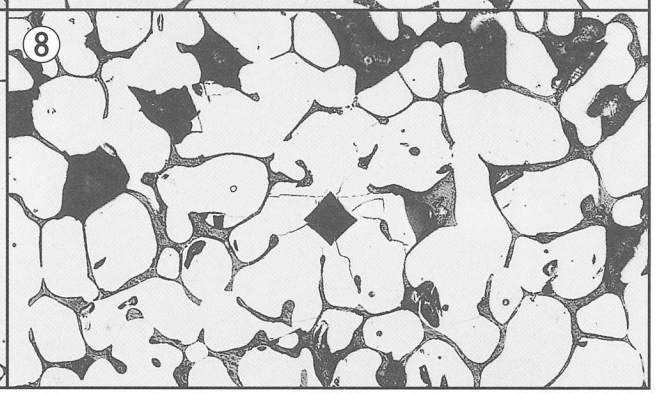


Photo.2　鉄斧刃先・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

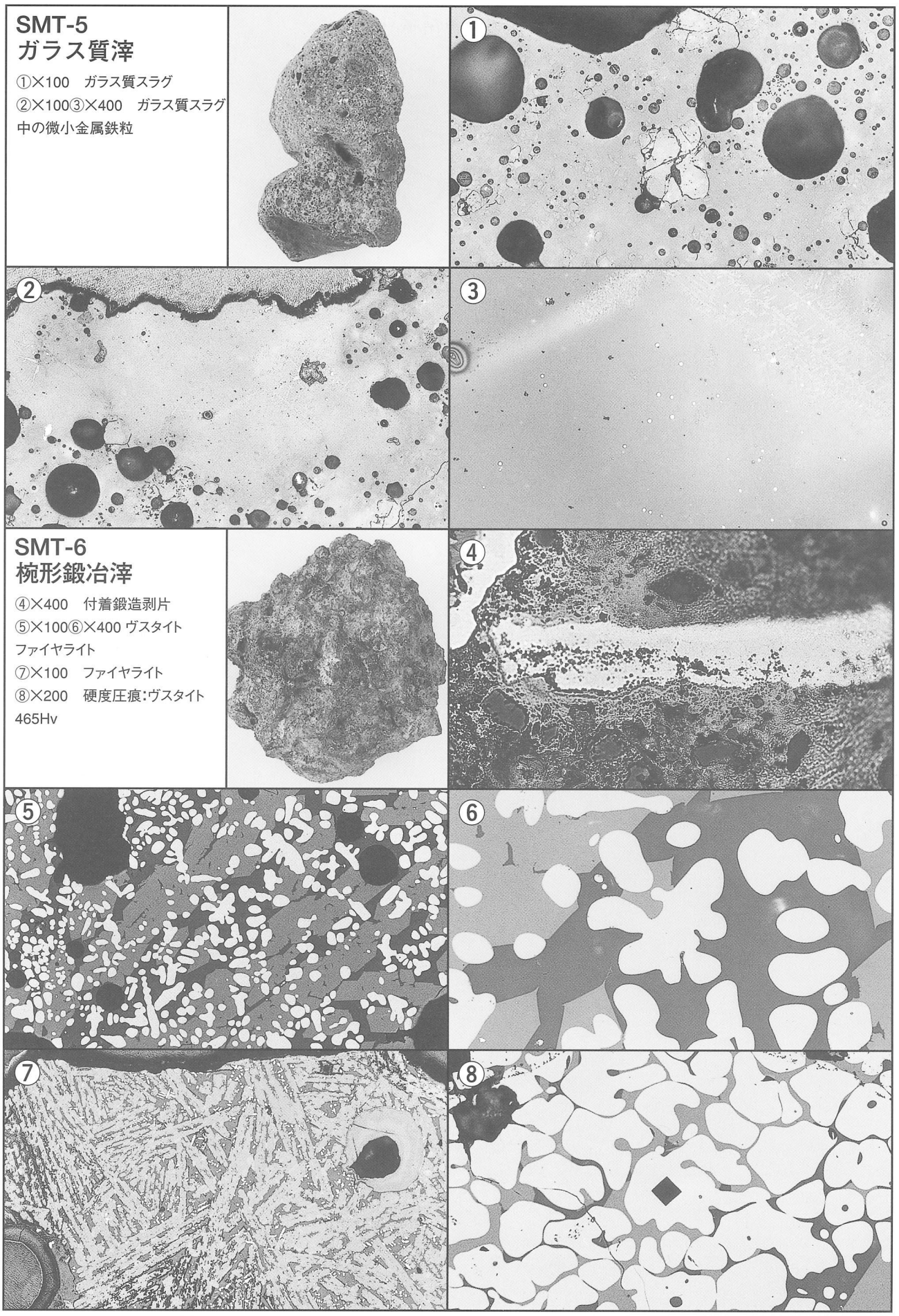


Photo.3　ガラス質滓・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

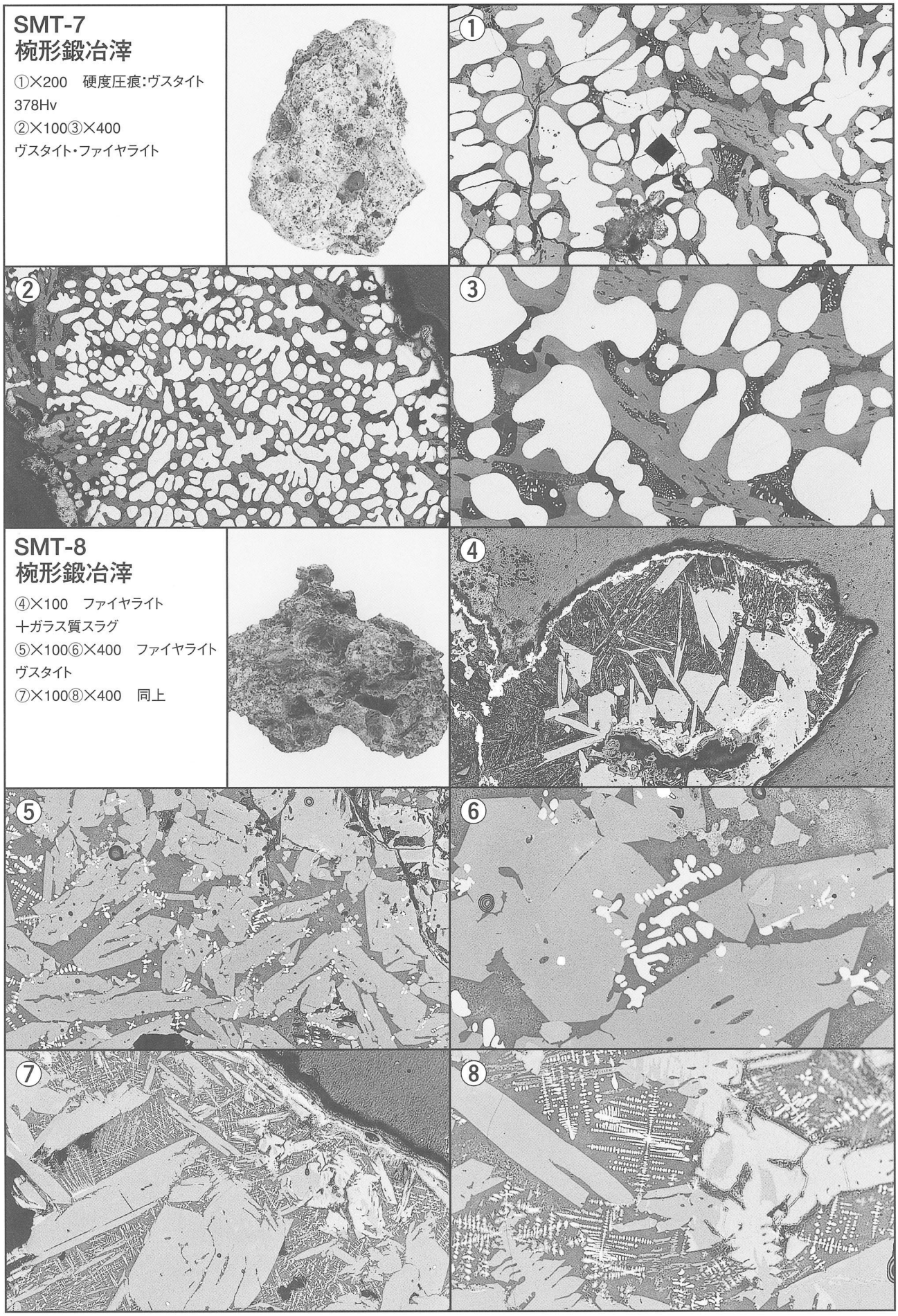


Photo.4　椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

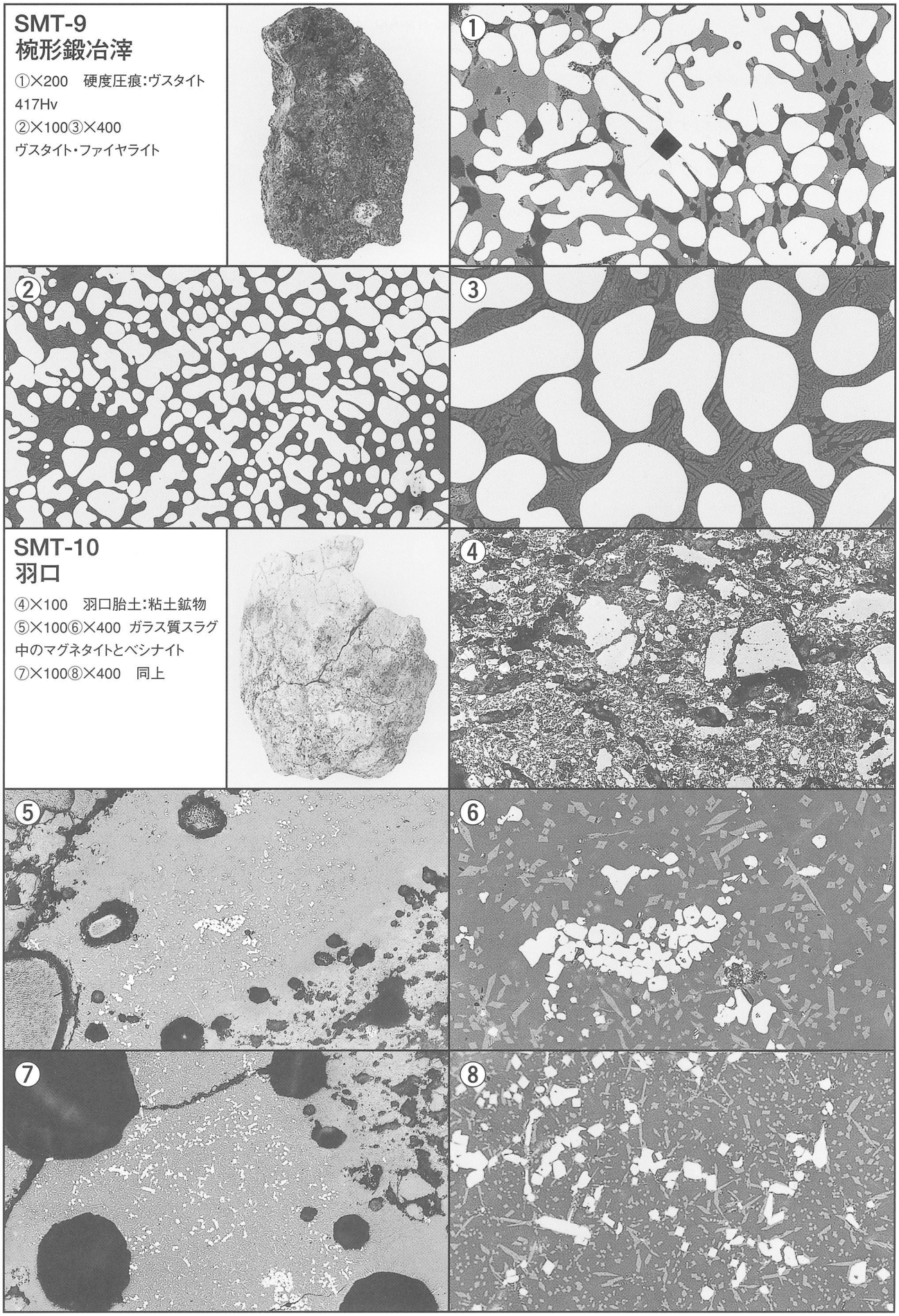


Photo.5　椀形鍛冶滓・羽口の顕微鏡組織

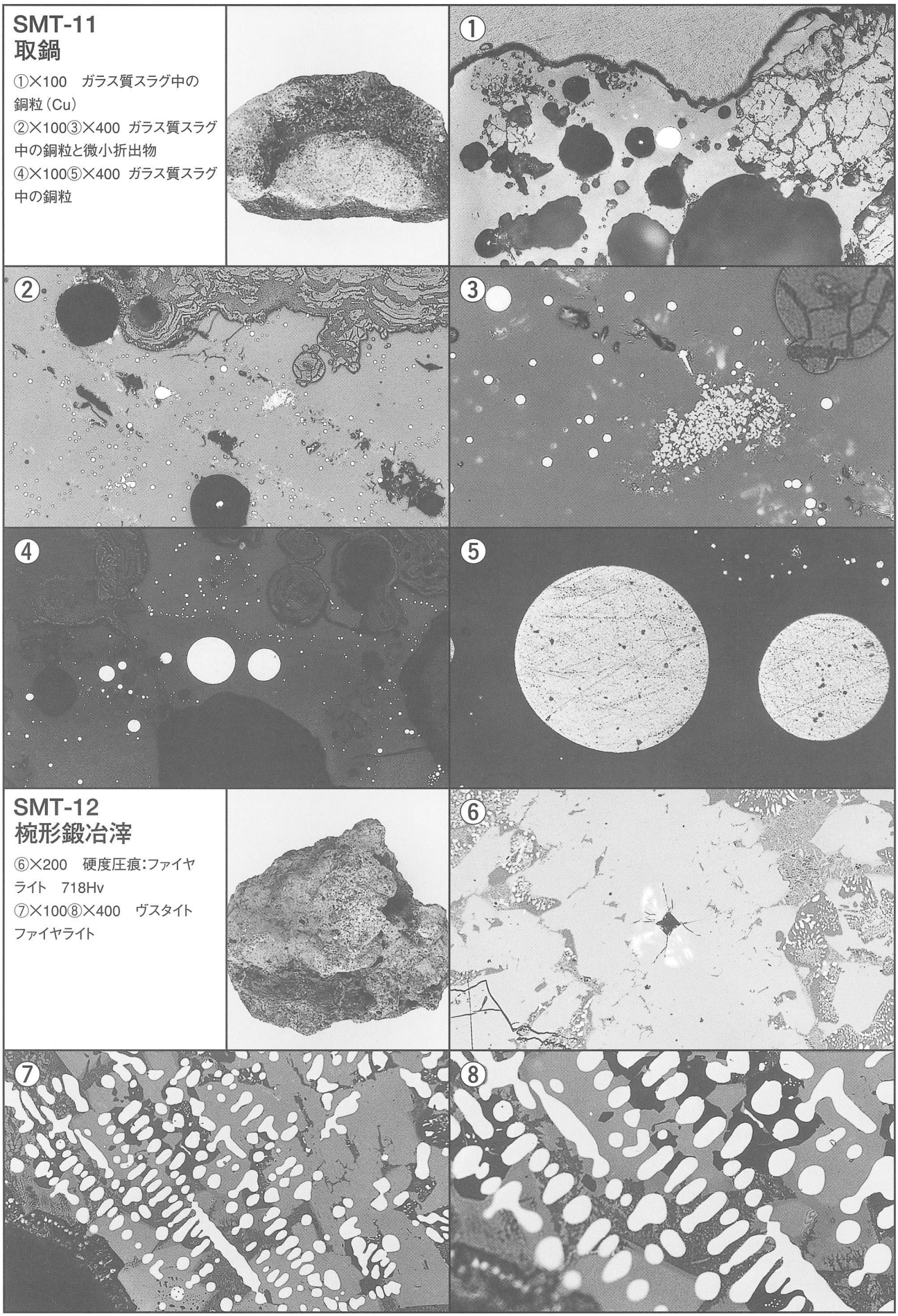
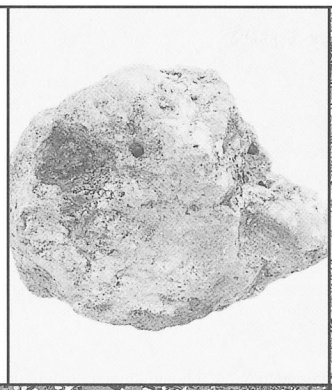
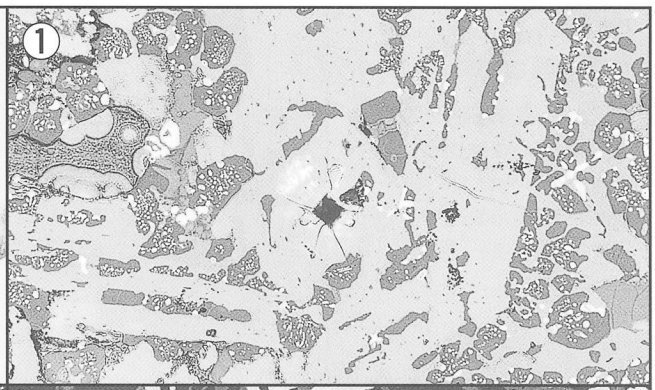


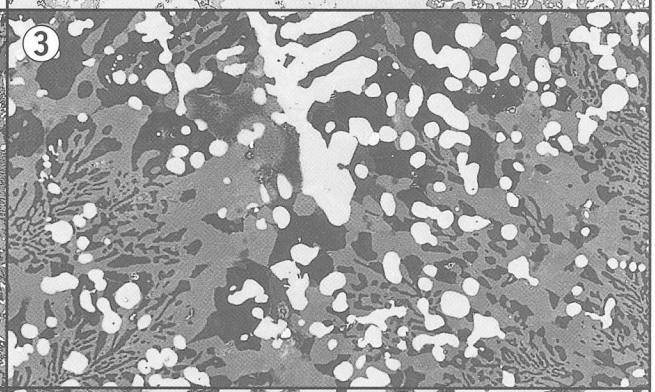
Photo.6　取鍋・椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

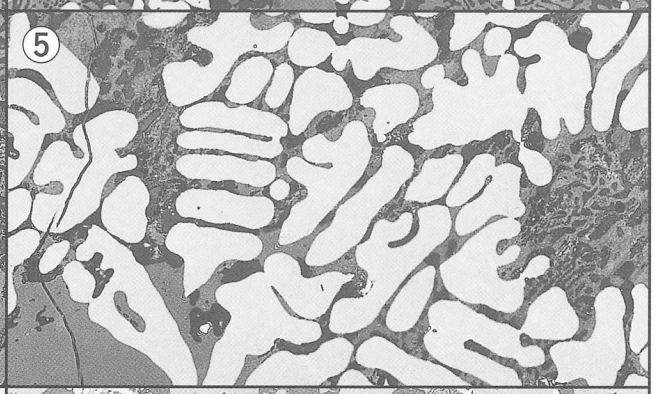
SMT-13
鍛冶滓

①×200　硬度圧痕:ファイヤライト　687Hv
②×100③×400　ヴィスタイト　ファイヤライト
④×100⑤×400　ヴィスタイト　ファイヤライト



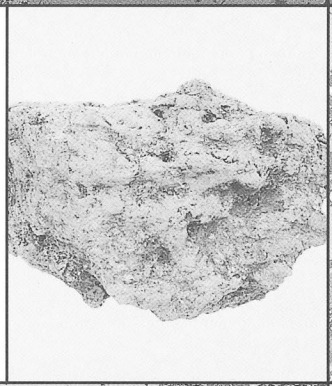


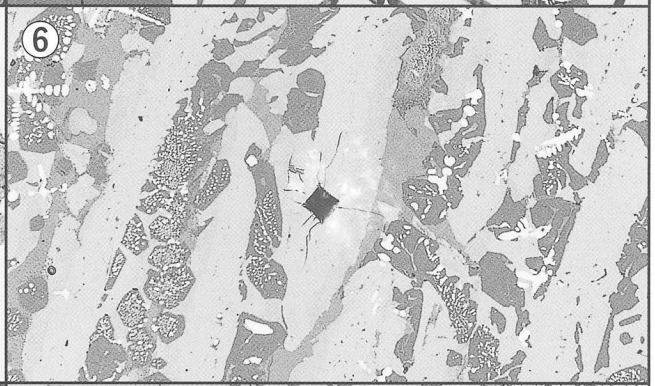


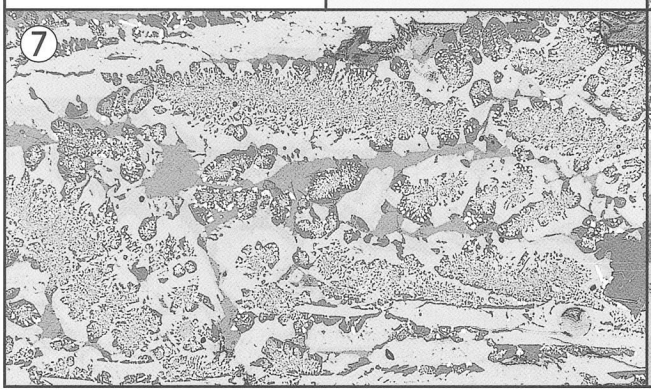


SMT-14
椀形鍛冶滓

⑥×200　硬度圧痕:ファイヤライト　557Hv
⑦×100⑧×400　ファイヤライト　微小粒状ヴィスタイト







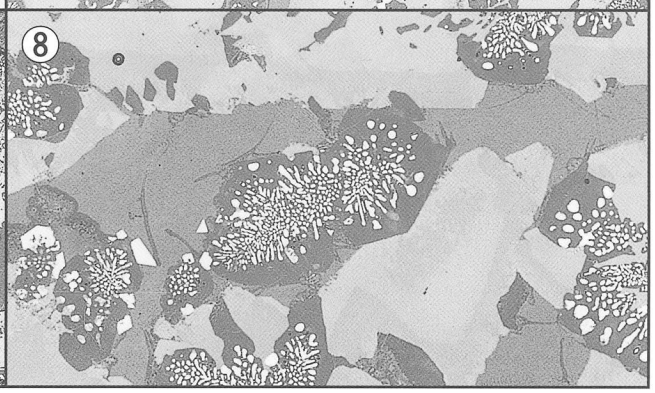


Photo.7　椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

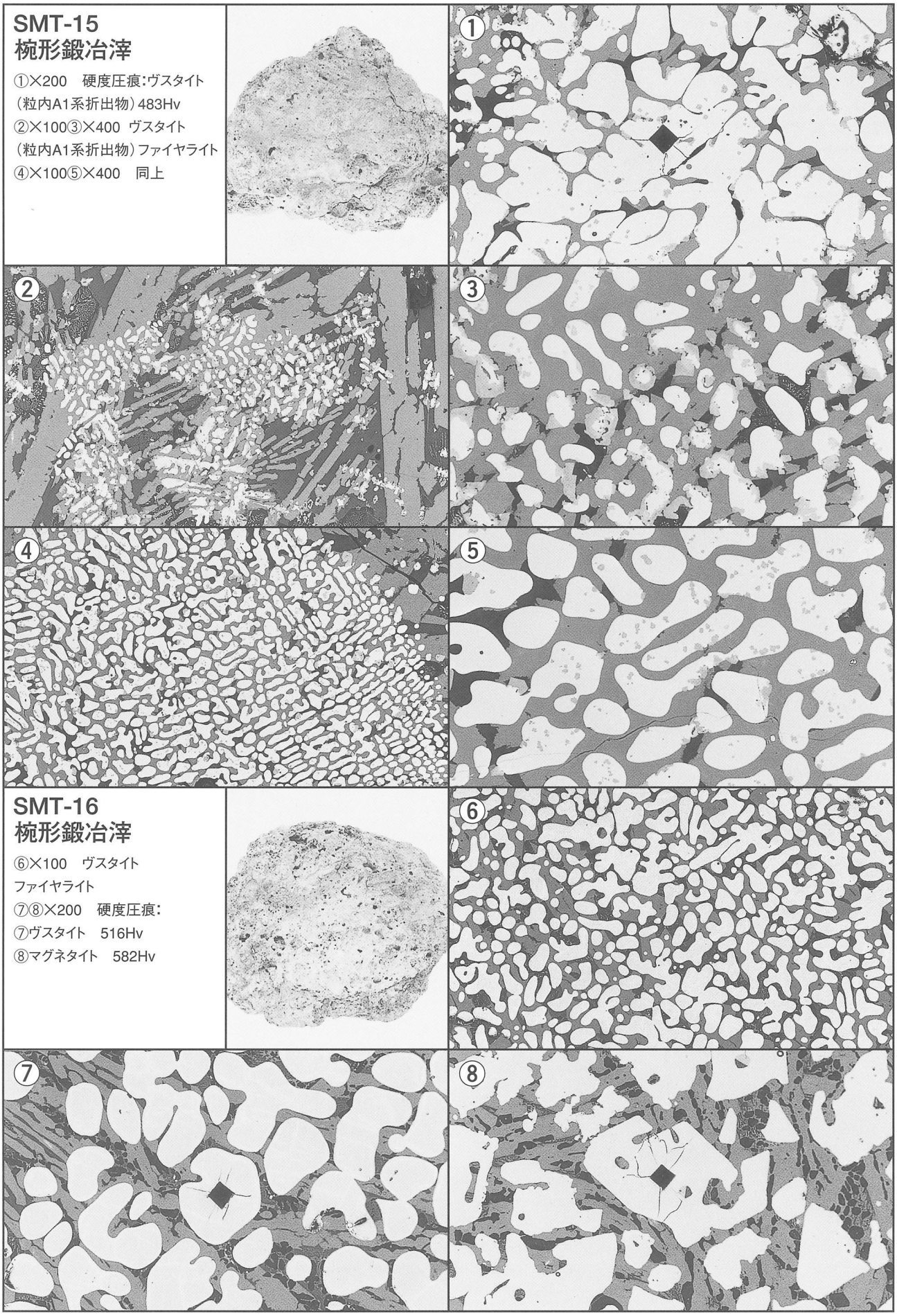
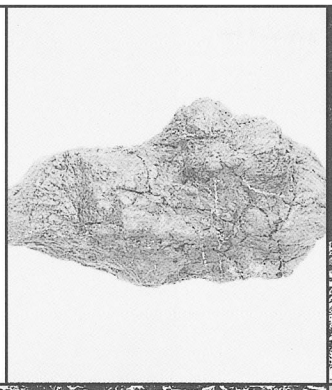
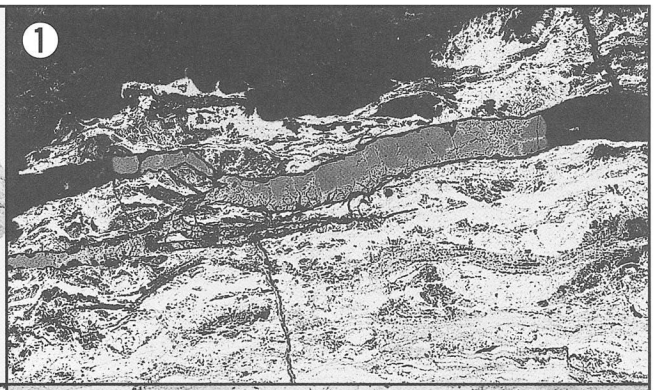


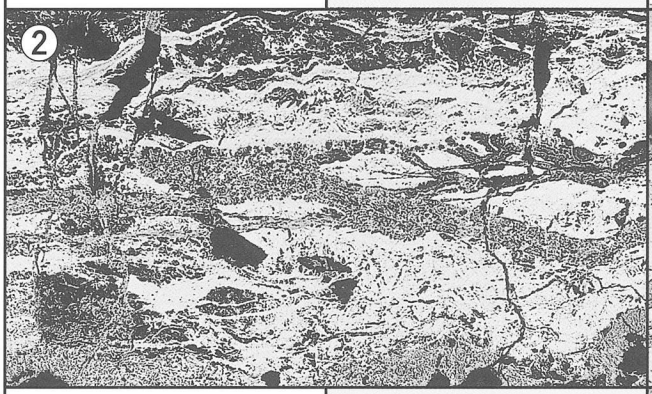
Photo.8　椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

SMT-17
鉄製品（半製品か?）

①×100　銹化鉄（Goethite）
中の介在物?
②×100③×400
銹化鉄（Goethite）中の介在物?
パーライト痕跡

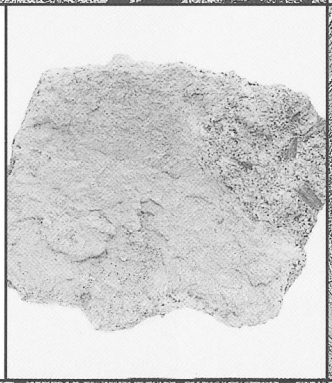


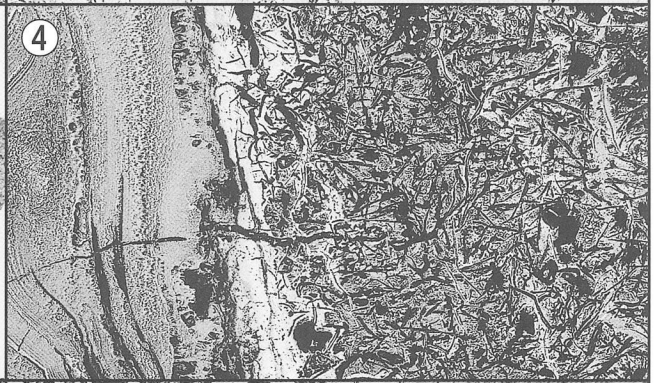




SMT-20

④×50⑤×100⑥×400
銹化鉄（Goethite）
片状黒鉛・パーライト痕跡
ねずみ鋳鉄
⑦×100⑧×400　同上





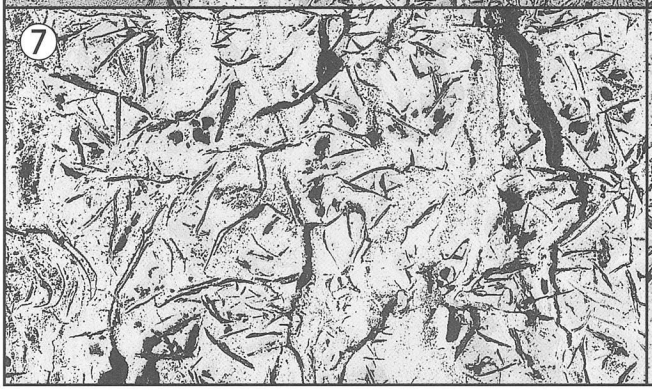


Photo.9　鉄製品の顕微鏡組織

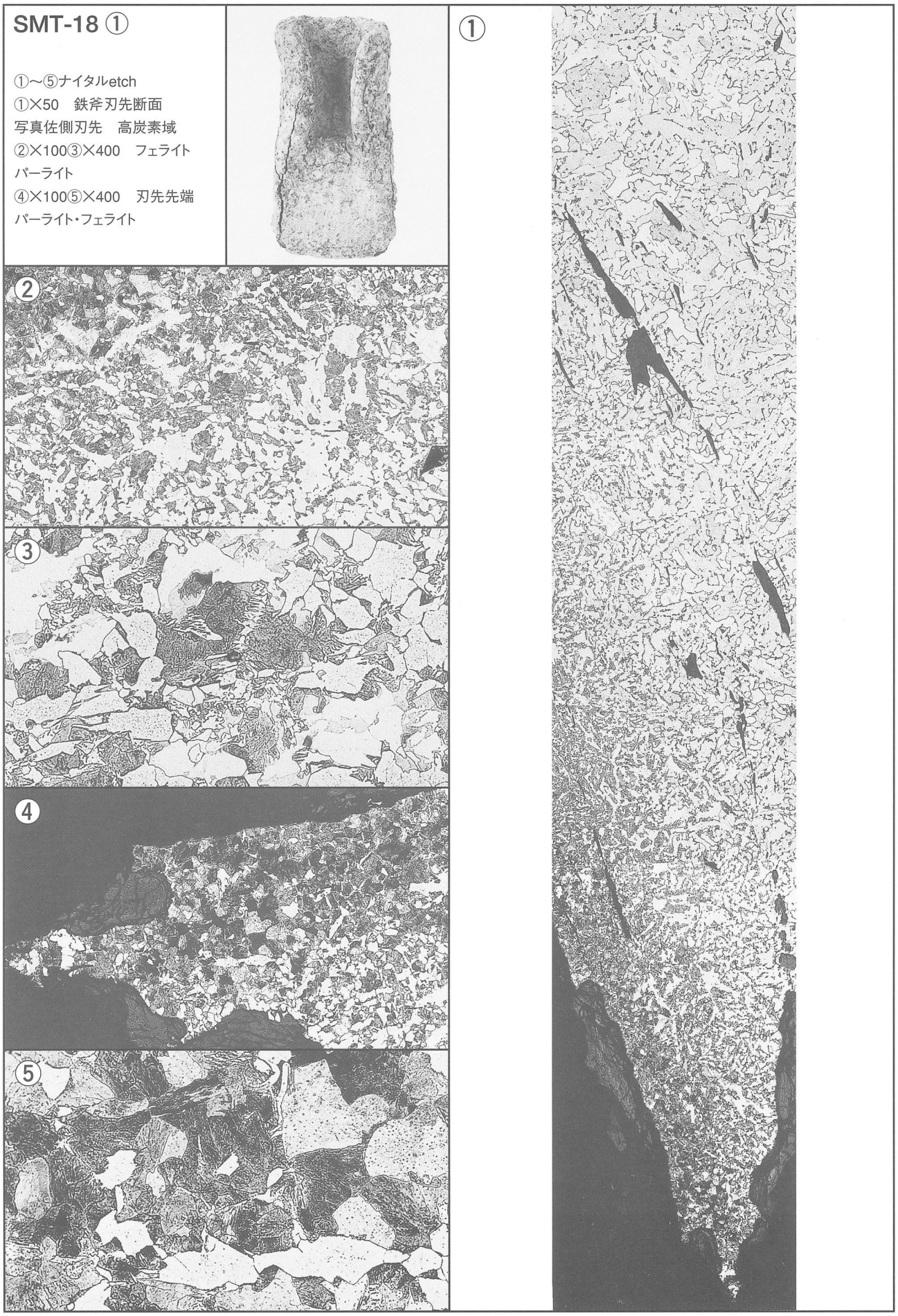
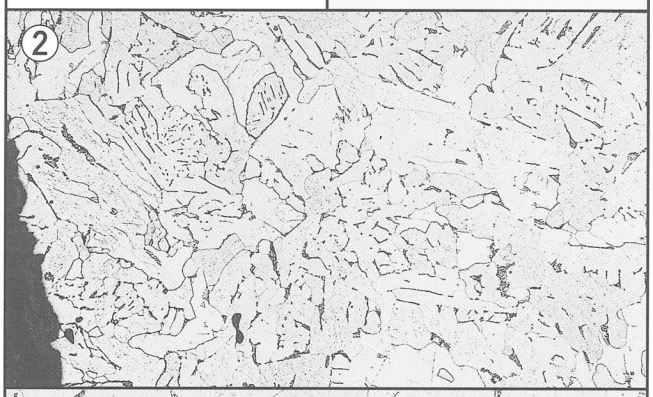
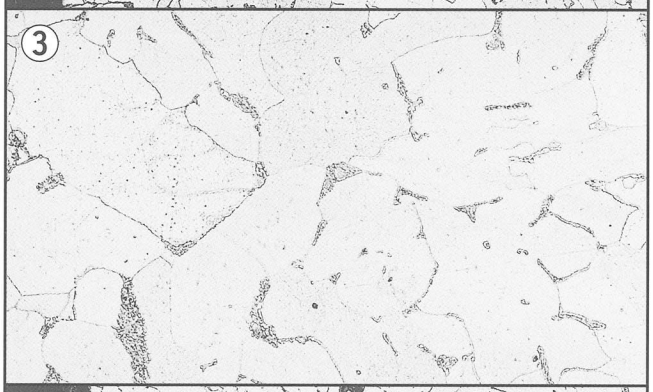


Photo.10　鉄斧の顕微鏡組織

SMT-18 ②
袋状鉄斧

①～⑤ナイタルetch
①×50　鉄斧刃部上側断面
②×100③×400　端部
フェライト・少量パーライト
④×100⑤×400　端部
フェライト・少量パーライト
非金属介在物・ヴスタイト





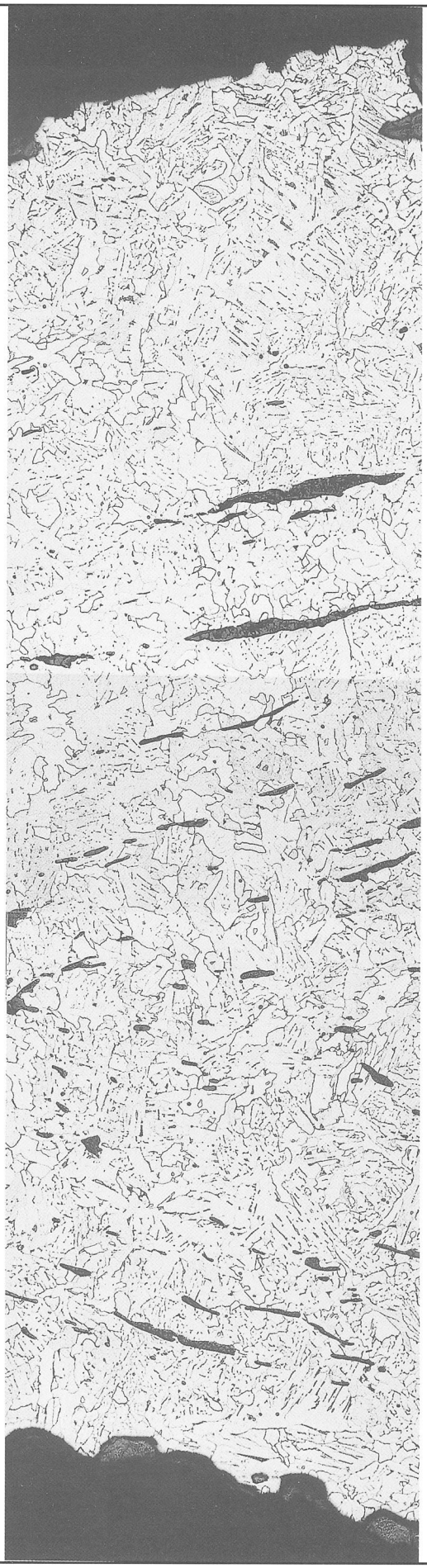


Photo.11　鉄斧の顕微鏡組織

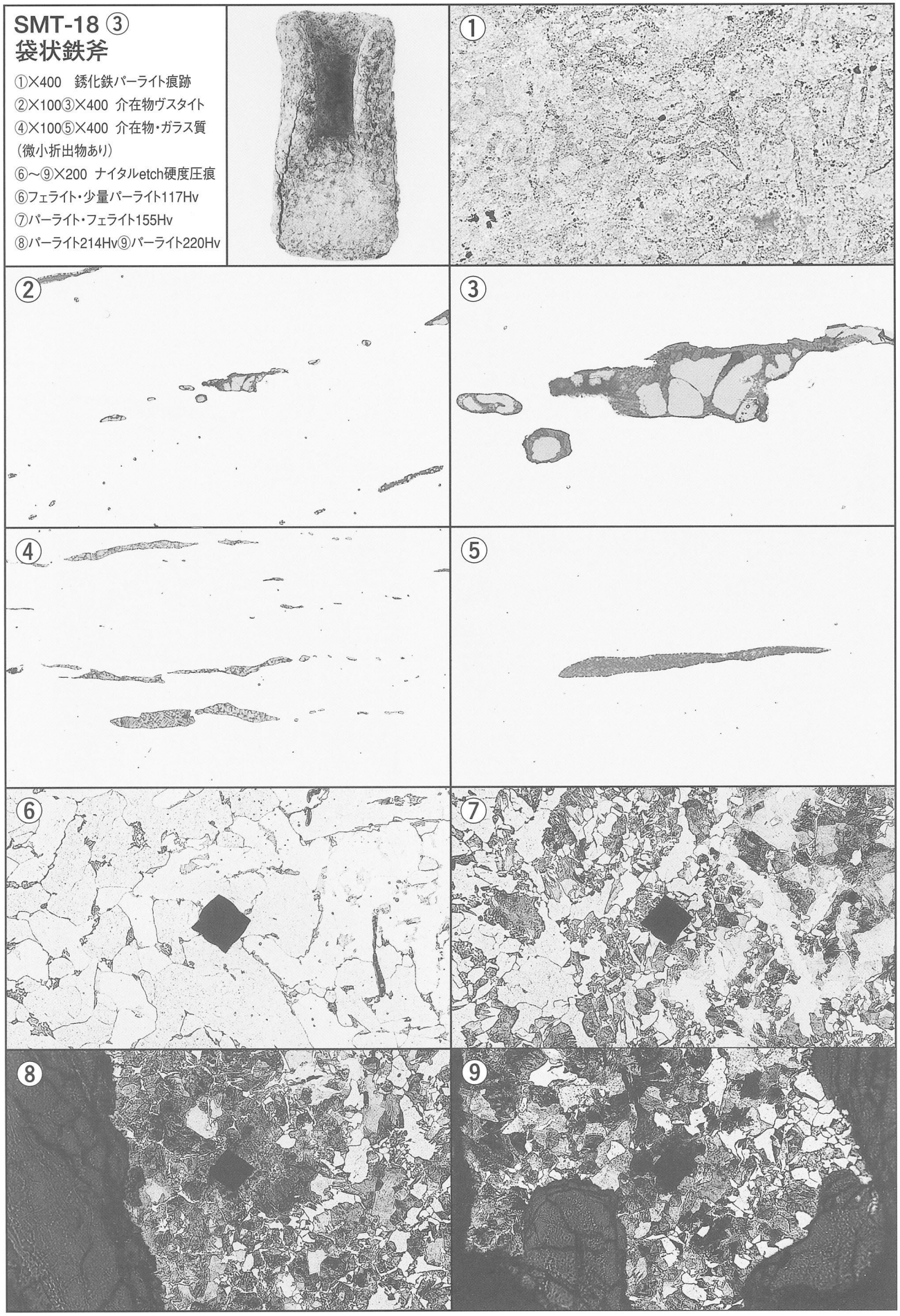


Photo.12　鉄斧の顕微鏡組織

SMT-19
鉄製品

①×50②×100③×400
白鋳鉄十ねずみ鋳鉄
④×400　自然腐食鋳鉄
⑤×200　硬度圧痕:レデブライト
580Hv
⑥×100⑦×400　白鋳鉄
十ねずみ鋳鉄
⑧×100⑨×400　銹化鉄・片状
黒鉛痕跡

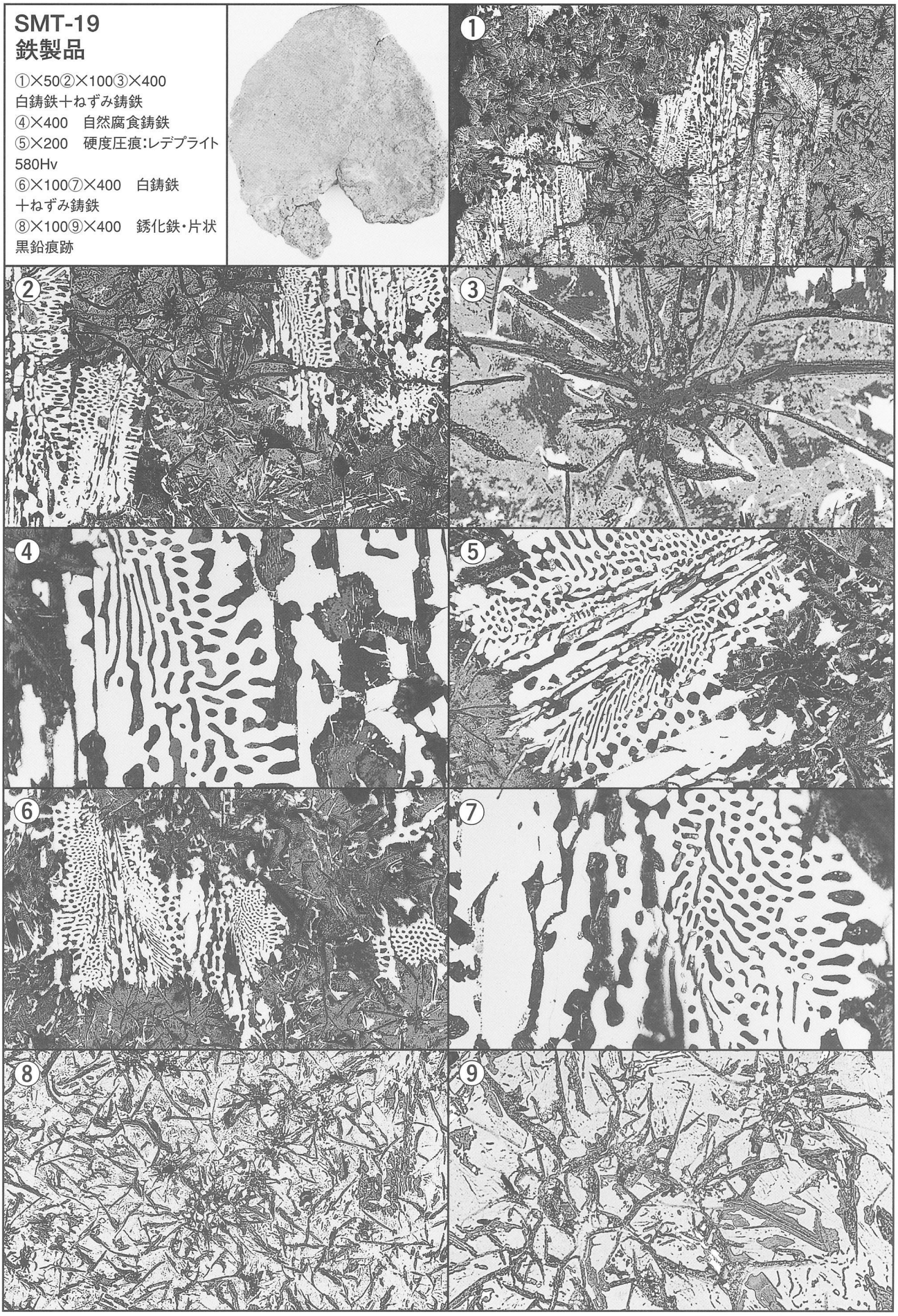
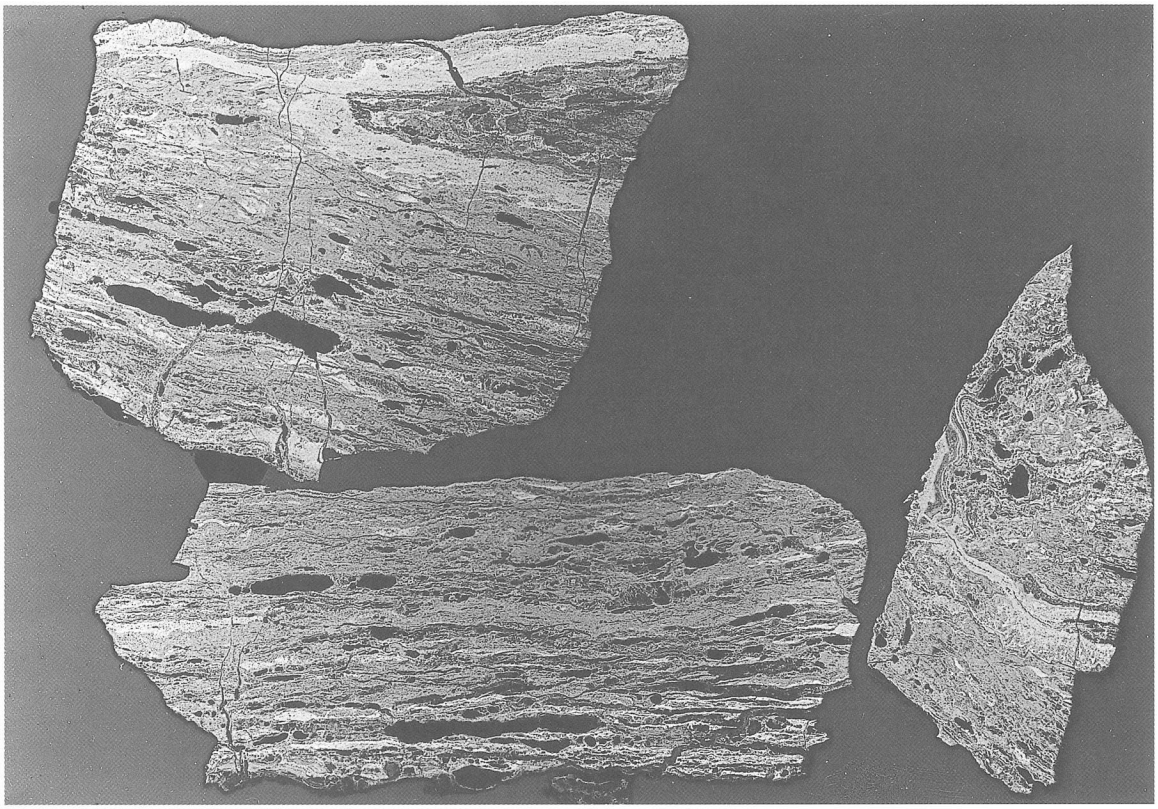


Photo.13　鉄製品の顕微鏡組織



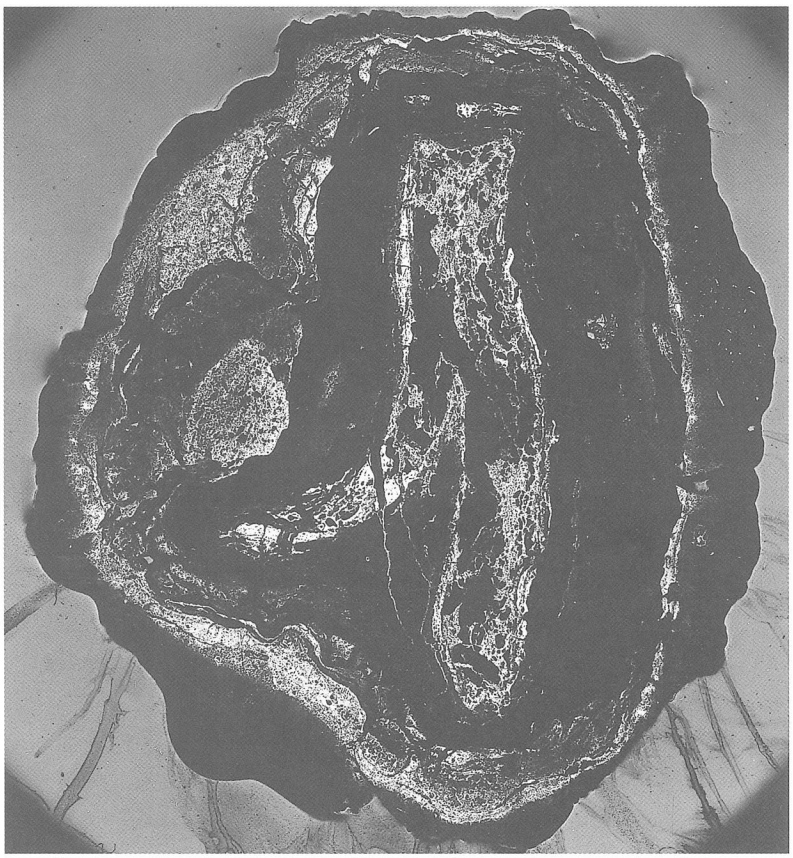
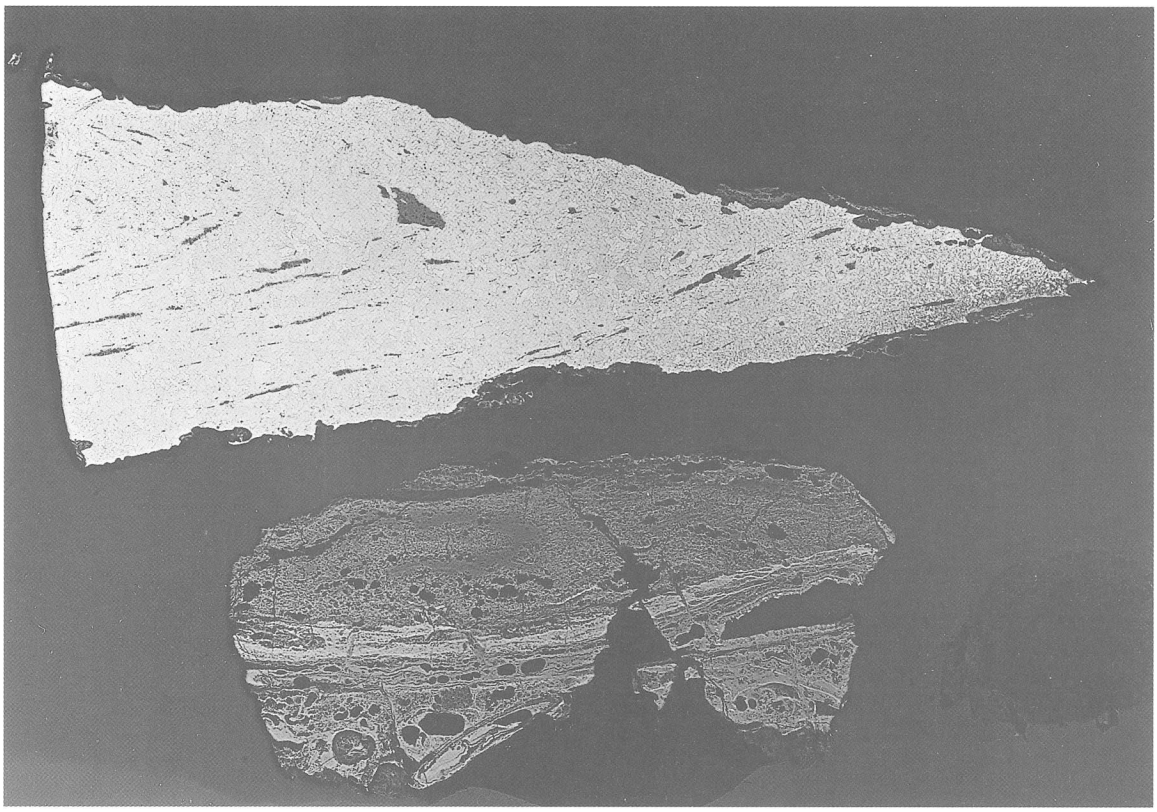


Photo.14
上段：鉄斧刃先（SMT-3）
　　のマクロ組織（×10）
下段：鉄製品（SMT-17）
　　のマクロ組織（×5）



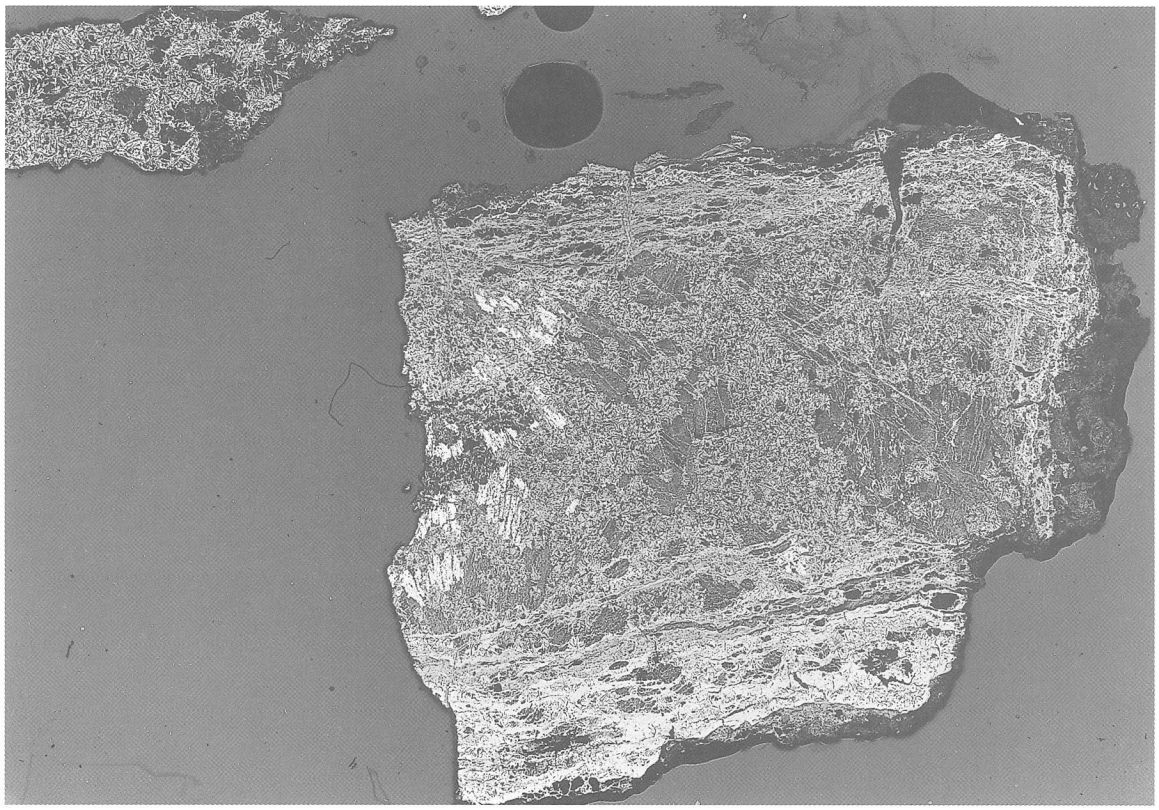


Photo.15　上段：鉄斧（SMT-18）のマクロ組織（×20）
下段：鉄製品（SMT-19）のマクロ組織（×10）

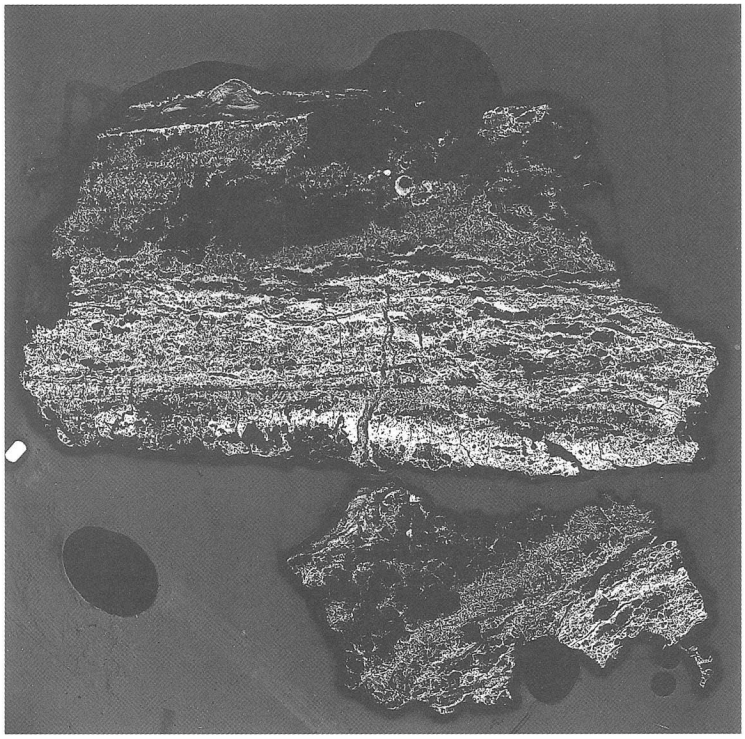
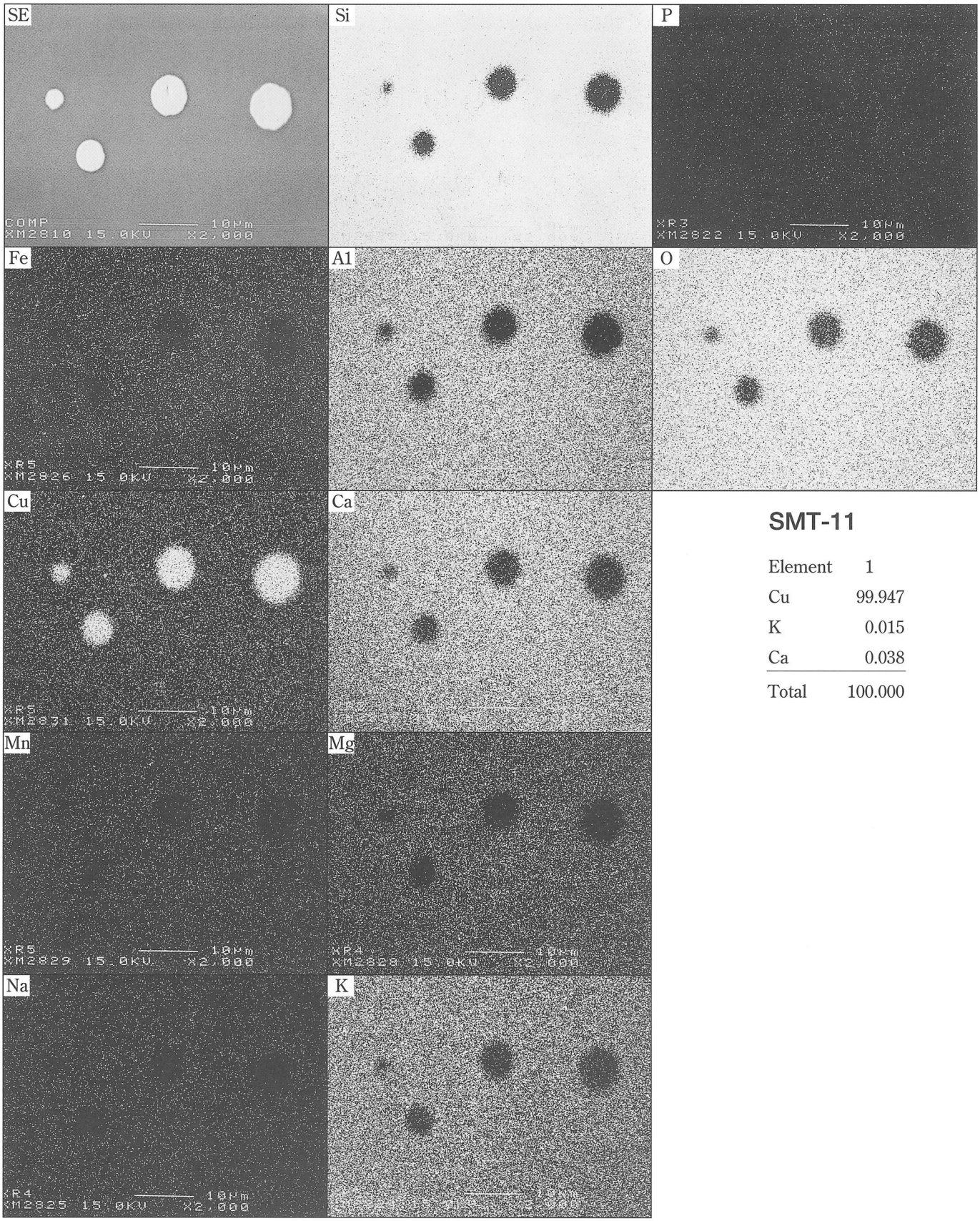


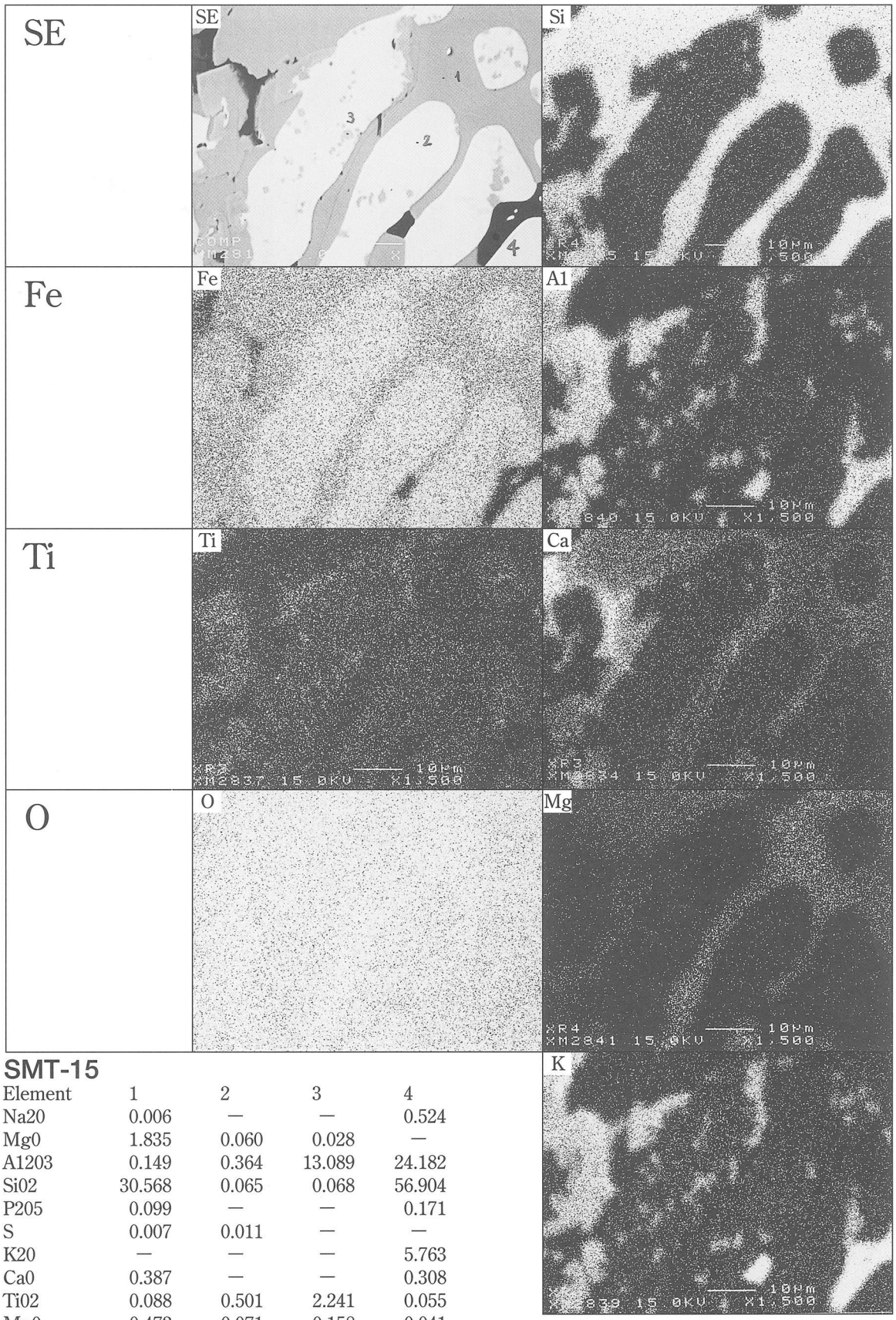
Photo.16　鉄製品（SMT-20）のマクロ組織（×5）



SMT-11

Element	1
Cu	99.947
K	0.015
Ca	0.038
Total	100.000

Photo.17　坩堝（SMT-11）溶融物中の析出物の特性X線像と定量分析値



SMT-15

Element	1	2	3	4
Na20	0.006	—	—	0.524
Mg0	1.835	0.060	0.028	—
A1203	0.149	0.364	13.089	24.182
Si02	30.568	0.065	0.068	56.904
P205	0.099	—	—	0.171
S	0.007	0.011	—	—
K20	—	—	—	5.763
Ca0	0.387	—	—	0.308
Ti02	0.088	0.501	2.241	0.055
Mn0	0.472	0.071	0.158	0.041
Fe0	64.696	98.565	80.169	5.790
Zr02	—	—	—	0.070
V203	0.025	0.052	0.074	—
Total	98.332	99.689	95.827	93.808

Photo.18
椀形鍛冶滓（SMT-15）鉱物相の特性X線像と定量分析値