しくはマグネタイトが晶出する。

TOI－47－5　1.0mm 径

①　肉眼観察：やや光沢のある灰黒色で、きれいな球状を呈する。

②　マクロ組織：Photo.44⑨に示す。円周部は僅かに肉厚を残して中央は大きく空洞化している。

③　顕微鏡組織：Photo.44⑩に示す。多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）もしくはマグネタイトが晶出する。Ⅱ区2号炉出土の粒状滓の鉱物相はTOI－47－2～5の間に差異がなく、作業工程に大きな変動のないところでの派生物と考えられた。

TOI－48　鍛造剥片

TOI－48－1　3.2×2.4×0.28mm

①　肉眼観察：色調は灰黒色で、表面は光沢が若干あって平滑で、裏面は光沢がなくやや凹凸が認められる。

②　マクロ組織：Photo.45①に示す。平坦気味で、やや厚みの変動が大きい鍛造剥片である。

③　顕微鏡組織：Photo.45②に王水で腐食して現れた組織を示す。鉄酸化膜の層構造が確認できる。内層ヴスタイトは凝集が進んでいるが結晶粒の痕跡が認められる。鍛打工程の中間段階の派生物といえる。

TOI－48－2　1.7×1.3×0.08mm

①　肉眼観察：色調は灰黒色で、表面は光沢があり平滑で、裏面は光沢がなく凹凸がある。

②　マクロ組織：Photo.45③に示す。平坦気味で、ほぼ一定の厚みの鍛造剥片である。

③　顕微鏡組織：Photo.45④に王水で腐食した組織を示す。鉄酸化膜の3層構造が認められる。更に非晶質化した内層ヴスタイトが濃淡2層に分離する。理由は定かでない。

TOI－48－3　1.2×1.1×0.07mm

①　肉眼観察：表裏面共光沢のない暗褐色で平滑な剥片である。

②　マクロ組織：Photo.45⑤に示す。ほぼ平坦な鍛造剥片であるが、表面にごく緩やかな凹凸が認められる。

③　顕微鏡組織：Photo.45⑥に王水で腐食した組織を示す。鉄酸化膜の3層構造が確認できる。内層ヴスタイトは凝集気味である。

TOI－48－4　2.2×1.3×0.03mm

①　肉眼観察：色調は灰黒色で、表面はやや光沢があり、裏面は光沢がない。表裏面共凹凸が認められる。

②　マクロ組織：Photo.45⑦に示す。表裏面の凹凸による厚み変動の大きな剥片である。

③　顕微鏡組織：Photo.45⑧に王水で腐食した組織を示す。鉄酸化膜の層構造が認められる。内層ヴスタイトはほぼ非晶質化する。

TOI－49　再結合滓

①　肉眼観察：平面不整台形をした板状の再結合滓である。下面は浅い皿状で排滓溝中で再結合化したものと推定される。

②　マクロ組織：Photo.63に示す。多量の銹化鉄片、滓片やガラス質滓、木炭片や多数の粒状滓（0.1～4.5mm 径）や様々な厚みを持つ鍛造剥片（大きさ0.15～0.65mm）が散在する。

③　顕微鏡組織：Photo.46①～⑤に示す。①は粒状滓である。左側の粒状滓（0.20mm 径）はウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）もしくはマグネタイト（Magnetite：Fe_3O_4）が、右側の粒状滓（0.15mm 径）はヴスタイト（Wüstite：FeO）がそれぞれ凝集気味に晶出する。②③は鍛造剥片である。共に鉄酸化膜の3層構造が確認できる。②は内層ヴスタイトが粒状痕跡を留める鍛打工程前半段階の派生物、③は内層ヴスタイトが非晶質化した鍛打工程の後半段階の派生物と推定される。④は滓片で基地のガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）が晶出する。精錬鍛冶滓の晶癖といえる。⑤は銹化鉄片でパーライト素地に片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄組織痕跡があった。

以上述べてきた構成物から鍛冶工程の派生物からなる再結合滓であることが明らかである。

TOI－50　羽口

①　肉眼観察：羽口先端部の径1/3程が残る破片である。羽口は炉壁に対し斜めに装着されていたため、先端の黒色ガラス質滓化した部分も斜めになっている。胎土は多少砂粒を混和した粘土質で、外周に炭粉及び僅かな籾殻を混和した炉壁胎土が付着している。

②　顕微鏡組織：Photo.46⑥～⑧に示す。⑥は先端のガラス質部分で、表層部には銹化鉄粒が散在する。⑦⑧は胎土部分で鱗片状の粘土鉱物（Cerisite）中に角張った形状の砂粒が認められる。また白色粒は混入砂鉄粒子である。

③　化学組成分析：Table. 2 に示す。強熱減量（Ig loss）6.38％と熱影響の軽い状態での分析である。鉄分（Fe_2O_3）2.82％と少なく軟化性に優れるが、酸化アルミニウム（Al_2O_3）は19.47％とやや低く耐火性には問題がある。また、滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分（CaO＋MgO）0.92％と低めで、耐火性に有利に働くと考えられる。

④　耐火度：試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度が1360℃であった。鍛冶羽口としては一般的な耐火性といえる。成分的にみると耐火度はもう少し高め傾向に出ると思ったがやや低めに表われた。

TOI－51　木炭

①　肉眼観察：送付試料のうち51－１・２・３・４・５を調査の対象とした。51－２・３は小型の針葉樹材で、51－１は小型の広葉樹の環孔材、51－４・５は小型の広葉樹の散孔材である。

②　走査型電子顕微鏡組織：Photo.85に51－１、Photo.86に51－２、Photo.87に51－３、Photo.88に51－４、Photo.89に51－５の組織を示す。

③　性状調査：Table. 3 に示す。20－１・２・３・４・５をあわせて供試材としている。酸化土砂による汚染にため、固定炭素（F.C）は59.03％に留まった。また灰分は２％以下が正常であるところが5.62％と多く、発熱量も5770cal/g と低値となった。なお揮発分は35.35％とこれも多い。

有害元素となる硫黄（T.S）は0.01％、灰中燐（P）は0.055％と低い値を示した。Ⅰ区出土木炭とほぼ同様の傾向を示す。

小結

Ⅱ区の近世後期に比定される出土鍛冶関連遺物の調査結果、次の点が明らかとなった。

〈1〉出土鉄滓は塩基性砂鉄を始発原料とする製錬生成鉄の不純物除去や成分調整の精錬鍛冶工程での派生物に分類される。なお二酸化チタン（TiO_2）1.21～5.56％、バナジウム（V）0.08～0.37％、酸化マンガン（MnO）0.15～0.42％の数値から、在地の砂鉄を原料として製錬された鉄塊が搬入されたと推定される。

更に鍛冶関連の微細遺物として粒状滓・鍛造剥片が検出されており、鍛打工程が行われていたことが裏付けられた。以上の結果から精錬鍛冶から鍛錬鍛冶までの一貫作業に伴う鉄素材の製作までが主体に行われた可能性が高い。

〈2〉含鉄鉄滓・鉄塊系遺物は固着する滓部の鉱物相から、製錬系（TOI－38）と鍛冶系（TOI－23・24・31・34・37）の両者が確認された。組織的には大きく亜共析～共析組織、過共析～白鋳鉄組織、全面白鋳鉄組織と３つの傾向に分類される。また部分的に急冷組織が確認される（TOI－23・31・34）ものもあり製錬直後の水中冷却で破砕選別を容易にすると共に、打撃を加え硬さや割れ口から炭素量を推測した痕跡である可能性もあり、今後の検討課題である。

割鉄（TOI－41）では調査面で一部に脱炭個所をもつものの高炭素鋼で気泡の多いことが確認できた。鍛打加工は多くはなされてないと推測される。板状鉄片は（TOI－40）繰り返し折り曲げ鍛接を施した鍛造品で、鉄器の端部破片の可能性も考えられる。

〈3〉ハシズル止め釘（TOI－42）・工具（TOI－43）など鍛冶関連の出土鉄器は、ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、ヴスタイト（Wüstite：FeO）、ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する大型の非金属介在物を多数含んでいる。これらの介在物の鉱物組成から塩基性砂鉄を原料とする鉄素材を用いて作られたと推定される。このことから鍛冶関連の工具等は簡単に自作していた可能性も考えられよう。ただし、ハシズル止め釘はベイナイト（Bainite）組織を呈して、恒温変態によって得られたものと想定された。これが鍛冶操業中の繰り返し発生する加熱冷却の影響だとすると、釘製作時の組織はどのようなものであったろうか。また鉄製品は（TOI－44）鋳造品であった。

（注）

(1) 日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』1968。磁鉄鉱は530～600Hv、ヴスタイトは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。ウルボスピネルは硬度値範囲の明記はないが、マグネタイトにチタン（Ti）を固溶するので、600Hv 以上であればウルボスピネルと同定している。また、700Hv 以上になればヘーシナイトとの混合組成としている。

(2) 大澤正己・鈴木瑞穂「下山遺跡出土製鉄関連遺跡の金属学的調査」『下山遺跡(1)』（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書７）島根県教育委員会　2000。大澤正己・鈴木瑞穂「御添山鈩遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『御添山鈩遺跡』（石見町文化財調査報告書第18集）

石見町教育委員会　1999。大澤正己「中ノ原遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『父ケ平遺跡・中ノ原遺跡、タタラ山第１・第２遺跡』（一般県道市木井原線道路改良工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書Ⅱ）島根県教育委員会1993。

(3)　山本科学工具研究社『標準顕微鏡組織　第１類炭素鋼・鋳鉄編　改訂６版』　1987「共晶黒鉛鋳鉄（Eutectic Graphite Cast Iron）はAFSが規定している黒鉛形状の分類によるとD型黒鉛に属し、素地組織はフェライトまたはフェライトとパーライトの混合したものとがある。

この鋳鉄の製造法としては(イ)Se、Te、Bi、Tiなど特殊元素を添加する方法、(ロ)真空状態に近い減圧のもとに溶解、鋳造する方法、(ハ)鋳鉄溶湯に特殊成分のスラッグ、例えばCaO、MgO、Al_2O_3、TiO_2などを接触させる方法、(ニ)高温溶解による方法、(ホ)急冷凝固させる方法などがある。」

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

〔イルミナイト（Ilmenite: $FeO \cdot TiO_2$）の晶出は$Fe-TiO_2$二元平衡状態図から高温化操業が推定される。〕

(5)　大澤正己「大山遺跡を中心とした埼玉県下出土製鉄関連遺物分析調査」『大山』＜埼玉県立がんセンター埋蔵文化財発掘調査報告＞（埼玉県遺跡調査報告第23集）埼玉県教育委員会　1979。

(6)　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である。

(7)　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8)。

鍛造剥片の酸化膜相は、外層は微厚のヘマタイト（Hematite: Fe_2O_3）、中間層マグネタイト（Magnetite: Fe_3O_4）、大部分は内層ヴスタイト（Wüstite: FeO）の3層から構成される。このうちのヘマタイト相は1450℃を越えると存在しなく、ヴスタイト相は570℃以上で生成されるのはFe－O系平衡状態図から説明される(注9)。

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_2O_3）は腐食しても侵されず、中間層マグネタイト（Magnetite: Fe_3O_4）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。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。

(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

(9)　森岡ら「鉄鋼腐食科学」『鉄鋼工学講座』11　朝倉書店　1975

Table. 1　供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	出土位置	遺物No	遺物名称	推定年代	計測値		磁着度	メタル度	調査項目								備　考
						大きさ(mm)	重量(g)			マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	CMA	化学分析	耐火度	カロリー	
CHO-1	長老畑遺跡	地下構造中	5	炉壁	1720～1730	178×103×77	1160	3	なし	―	○	―	―	―	○	○	―	炉壁として
CHO-2	長老畑遺跡	地下構造中	15	砂鉄焼結塊	1720～1730	49×35×13	15	6	H(○)	○	○	○	―	―	○	―	―	砂鉄焼結部を
CHO-3	長老畑遺跡	表土	19	流動滓(流出孔滓)	1720～1730	60×41×33	80	2	なし	―	○	○	―	―	○	―	―	滓部を
CHO-4	長老畑遺跡	地下構造中　石組	24	流動滓(ガス質、工具痕付)	1720～1730	64×53×41	80	3	なし	―	○	○	―	○	○	―	―	滓部を
CHO-5	長老畑遺跡	地下構造中	25	流動滓(緻密、工具痕付)	1720～1730	85×63×76	350	2	なし	―	○	○	―	―	○	―	―	滓部を
CHO-6	長老畑遺跡	地下構造中	26	流動滓(含鉄)	1720～1730	53×46×46	150	8	L(●)	○	○	○	―	○	○	―	―	メタル部を中心に
CHO-7	長老畑遺跡	地下構造中 L1	34	炉内滓(含鉄)	1720～1730	93×82×62	340	6	M(◎)	○	○	○	―	―	○	―	―	メタル部を中心に
CHO-8	長老畑遺跡	地下構造中	35	鉄塊系遺物	1720～1730	38×30×33	50	6	L(●)	○	○	○	―	―	○	―	―	メタル部を中心に
CHO-9	長老畑遺跡	地下構造中	39	炉内滓(含鉄)	1720～1730	105×80×62	465	8	特L(☆)	○	○	○	―	○	○	―	―	メタル部を中心に
CHO-10	長老畑遺跡	地下構造中	40	鉄塊系遺物	1720～1730	214×131×67	1280	7	L(●)	○	○	―	―	―	○	―	―	メタル部を中心に
CHO-11	長老畑遺跡	地下構造中	41	炉壁(羽口付、鍛冶炉)	1720～1730	126×30×76	860	6	M(◎)	○	○	―	―	―	○	○	―	羽口部と炉壁部を

Table. 2　供試材の組成

符　号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	* 二酸化珪素 (SiO_2)	* 酸化アルミニウム (Al_2O_3)	* 酸化カルシウム (CaO)	* 酸化マグネシウム (MgO)	* 酸化カリウム (K_2O)	* 酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	#1gloss 炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	Σ * 耐火度	造滓成分	造滓成分 / Total Fe	TiO_2 / Total Fe	注
CHO-1	長老畑遺跡	地下構造中	炉壁	1720～1730	2.520	0.05	0.14	3.38	70.74	17.34	0.19	0.31	4.64	0.77	0.10	0.26	0.07	<0.01	0.09	#0.70	0.01	0.005	1420	93.99	37.298	0.103	
CHO-2	長老畑遺跡	地下構造中	砂鉄焼結塊	1720～1730	54.33	0.24	24.55	50.05	8.70	3.00	1.25	0.79	0.46	0.17	0.78	7.04	0.09	0.03	0.32	0.16	0.21	0.005	－	14.37	0.264	0.130	
CHO-3	長老畑遺跡	表土	流動滓（流出孔滓）	1720～1730	28.15	0.49	22.24	14.83	24.18	7.18	2.34	1.22	1.71	0.38	1.84	19.70	0.07	0.02	0.19	0.31	0.44	0.004	－	37.01	1.315	0.700	
CHO-4	長老畑遺跡	地下構造中 石組	流動滓(ガス質、工具痕付)	1720～1730	27.80	0.52	24.34	11.95	29.29	7.29	3.40	1.91	1.84	0.40	1.49	17.54	0.11	0.01	0.10	0.06	0.69	0.004	－	44.13	1.587	0.631	
CHO-5	長老畑遺跡	地下構造中	流動滓(緻密、工具痕付)	1720～1730	38.50	0.26	44.98	4.69	16.78	5.33	2.56	1.36	1.13	0.24	2.61	19.55	0.09	0.04	0.30	0.02	0.51	0.004	－	27.40	0.712	0.508	
CHO-6	長老畑遺跡	地下構造中	流動滓(含鉄)	1720～1730	37.79	0.30	44.11	4.58	19.09	5.28	3.04	1.60	1.05	0.26	1.63	16.71	0.07	0.03	0.40	0.44	0.46	0.003	－	30.32	0.802	0.442	
CHO-7	長老畑遺跡	地下構造中 L1	炉内滓(含鉄)	1720～1730	49.05	0.03	23.90	43.53	14.02	4.08	1.25	0.57	0.90	0.26	0.31	4.57	0.08	0.10	0.15	0.53	0.57	0.005	－	21.08	0.430	0.093	
CHO-8	長老畑遺跡	地下構造中	鉄塊系遺物	1720～1730	62.43	14.04	19.34	47.69	4.24	1.24	0.18	0.06	0.24	0.11	0.03	0.31	0.05	0.10	0.10	2.22	0.03	0.005	－	6.07	0.097	0.005	
CHO-9	長老畑遺跡	地下構造中	炉内滓(含鉄)	1720～1730	42.26	5.59	39.84	8.15	10.70	4.20	0.82	1.02	0.72	0.12	1.27	21.63	0.27	0.03	0.05	0.08	3.03	0.003	－	17.58	0.416	0.512	
CHO-10	長老畑遺跡	地下構造中	鉄塊系遺物	1720～1730	38.20	0.10	12.82	40.23	30.27	8.22	0.35	0.32	1.39	0.38	0.03	0.31	0.05	0.05	0.10	0.09	0.02	0.008	－	40.93	1.071	0.008	
CHO-11	長老畑遺跡	地下構造中	炉壁(羽口付、鍛冶炉)	1720～1730	3.920	0.04	1.30	4.10	65.24	19.07	0.80	0.98	3.14	1.66	0.17	0.65	0.05	<0.01	0.11	#1.04	0.01	0.004	1240	90.89	23.186	0.166	

Table.1　供試材の履歴と調査項目（：Ⅰ区）

符号	遺跡名	出土位置	遺物No	遺物名称	推定年代	計測値		磁着度	メタル度	調査項目								備　考
						大きさ(mm)	重量(g)			マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	CMA	化学分析	耐火度	カロリー	
TOI-1	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区 T65	8	炉壁(砂鉄焼結)	14c	138×108×65	850	3	なし	○	○	−		−	○	○	−	
TOI-2	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	70	砂鉄焼結塊	14c	71×59×39	122	8	なし	○	○	−		−	○	−	−	
TOI-3	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区1B4号炉焼土中	71	流動滓	14c	75×65×36	140	3	なし	−	○	○		○	○	−	−	
TOI-4	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区５号炉	74	流動滓(流出孔滓？)	14c	60×54×54	200	3	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-5	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区６号炉周辺	82	流動滓(流出孔滓？)	14c	74×47×24	85	4	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-6	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	89	流動滓(流出孔滓？)	14c	134×62×51	445	3	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-7	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	111	流動滓(流出溝滓)	14c	119×92×57	855	5	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-8	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	121	流動滓(緻密)	14c	114×80×78	850	2	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-9	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	123	流動滓(ガス質)	14c	120×85×68	560	2	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-10	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区１C　表土	129	鉄滓(鍛冶滓？)	14c	97×92×71	380	2	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-11	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区2B S302黒土色	130	炉底滓(炉床土付き)	14c	116×55×78	375	2	なし	−	○	○		−	○	−	−	
TOI-12	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区10T	135	炉底塊(含鉄)	14c	183×155×103	3000	10	M(◎)	○	○	○		−	○	−	−	
TOI-13	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区６号炉周辺	152	炉内滓(含鉄)	14c	89×79×73	615	5	L(●)	○	○	○		−	○	−	−	
TOI-14	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区2G　池状遺構	154	鉄塊系遺物	14c	80×40×36	95	7	特L(☆)	○	○	○		○	○	−	−	
TOI-15	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区1B　6号炉周辺	167	鉄塊系遺物(流動状)	14c	53×34×19	50	7	特L(☆)	○	○	○		−	○	−	−	
TOI-16	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区2C　P-5黒土色	176	鉄塊系遺物(流動状)	14c	67×40×24	100	8	特L(☆)	○	○	○		−	○	−	−	
TOI-17	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区１C　表土	180	鉄塊系遺物	14c	74×47×42	160	8	特L(☆)	○	○	○		−	○	−	−	
TOI-18	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区2C　溝状遺構	182	鉄塊系遺物(半流動状)	14c	110×96×80	743.9	9	特L(☆)	○	○	○		○	○	−	−	
TOI-19	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区巨大鉄滓	183	再結合滓	14c	206×155×76	1635	4	なし	○	○	−		−	−	−	−	
TOI-20	戸井谷尻遺跡	Ⅰ区１B　P18	187-1~6	木炭(６点)	14c	−	小計57	1	なし	−	○	−		−	○	−	○	

Table. 2　供試材の組成（：Ⅰ区）

符号	遺跡名	遺物名称	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	* 二酸化珪素 (SiO_2)	* 酸化アルミニウム (Al_2O_3)	* 酸化カルシウム (CaO)	* 酸化マグネシウム (MgO)	* 酸化カリウム (K_2O)	* 酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	炭素 (C)	#1gloss 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
TOI-1	戸井谷尻	炉壁(砂鉄焼結)	2.79	0.08	0.50	3.32	73.90	16.02	0.23	0.34	3.65	0.46	0.04	0.36	0.03	0.01	0.03	#0.98	0.01	0.003	1360	94.60	33.907	0.129
TOI-2	戸井谷尻	砂鉄焼結塊	55.10	0.05	6.82	71.13	3.93	1.97	0.46	0.47	0.26	0.06	0.84	12.58	0.07	0.01	0.05	0.02	0.47	0.001		7.15	0.130	0.228
TOI-3	戸井谷尻	流動滓	40.80	0.21	48.50	4.13	23.44	6.65	2.81	1.34	1.14	0.45	0.97	7.77	0.05	0.04	0.17	0.03	0.28	0.002		35.83	0.878	0.190
TOI-4	戸井谷尻	流動滓(流出孔滓？)	41.56	0.11	48.26	5.63	25.34	7.08	2.33	1.22	1.05	0.59	0.77	5.29	0.05	0.04	0.18	0.04	0.13	0.002		37.61	0.905	0.127
TOI-5	戸井谷尻	流動滓(流出孔滓？)	42.63	0.19	48.89	6.34	22.86	6.92	1.81	0.74	1.25	0.21	1.23	7.37	0.06	0.02	0.16	0.07	0.14	0.002		33.79	0.793	0.173
TOI-6	戸井谷尻	流動滓(流出孔滓？)	44.76	0.12	52.26	5.74	22.76	7.08	1.45	0.90	0.90	0.36	0.74	5.59	0.05	0.03	0.13	0.04	0.16	0.001		33.45	0.747	0.125
TOI-7	戸井谷尻	流動滓(流出溝滓)	45.22	0.46	45.60	13.32	15.66	4.59	1.89	0.78	1.11	0.22	1.07	14.56	0.03	0.03	0.16	0.02	0.37	0.001		24.25	0.536	0.322
TOI-8	戸井谷尻	流動滓(緻密)	32.28	0.52	31.34	10.58	23.96	6.76	2.16	1.24	1.58	0.30	1.60	18.85	0.07	0.01	0.18	0.03	0.66	0.004		36.00	1.115	0.584
TOI-9	戸井谷尻	流動滓(ガス質)	33.04	0.64	30.95	11.93	22.24	7.00	2.65	1.57	1.22	0.33	1.50	18.04	0.04	0.01	0.13	0.07	0.73	0.002		35.01	1.060	0.546
TOI-10	戸井谷尻	鉄滓(鍛冶滓？)	54.50	0.15	53.43	18.33	13.03	4.05	1.88	0.71	0.91	0.22	0.13	1.29	0.04	0.05	0.26	1.23	0.12	0.002		20.80	0.382	0.024
TOI-11	戸井谷尻	炉底滓(炉床土付き)	33.42	0.14	36.59	6.92	34.40	10.20	1.57	0.78	1.64	0.76	0.49	3.86	0.04	0.03	0.12	0.06	0.14	0.002		49.35	1.477	0.115
TOI-12	戸井谷尻	炉底塊(含鉄)	49.56	1.51	36.90	27.69	8.43	3.22	1.39	0.94	0.45	0.09	0.82	15.46	0.09	0.04	0.16	0.11	0.64	0.007		14.52	0.293	0.312
TOI-13	戸井谷尻	炉内滓(含鉄)	52.07	0.40	30.79	39.66	11.45	5.01	1.09	0.40	0.81	0.12	0.60	3.47	0.05	0.10	0.08	0.45	0.40	0.002		18.88	0.363	0.067
TOI-14	戸井谷尻	鉄塊系遺物	72.01	33.76	19.82	32.66	3.61	1.11	0.35	0.12	0.16	0.18	0.01	0.28	0.03	0.05	0.08	1.10	0.02	0.004		5.53	0.077	0.004
TOI-15	戸井谷尻	鉄塊系遺物(流動状)	80.77	59.98	10.58	17.97	3.18	1.00	0.11	0.05	0.07	0.01	0.01	0.16	0.02	0.11	0.17	2.68	0.01	0.003		4.42	0.055	0.002
TOI-16	戸井谷尻	鉄塊系遺物(流動状)	67.22	31.53	16.53	32.66	6.25	1.75	0.27	0.11	0.25	0.21	0.01	0.22	0.09	0.14	0.24	2.82	0.02	0.005		8.84	0.132	0.003
TOI-17	戸井谷尻	鉄塊系遺物	65.09	27.85	12.30	39.58	7.25	2.00	0.44	0.14	0.23	0.19	0.01	0.07	0.02	0.10	0.24	2.15	0.01	0.003		10.25	0.157	0.001
TOI-18	戸井谷尻	鉄塊系遺物(半流動状)	55.42	2.83	24.29	48.20	10.02	3.30	0.91	0.32	0.44	0.50	0.02	0.19	0.03	0.06	0.28	1.12	0.01	0.006		15.49	0.280	0.003

Table.1　供試材の履歴と調査項目（：Ⅱ区）

符号	遺跡名	出土位置	遺物No	遺物名称	推定年代	計測値		磁着度	メタル度	調査項目								備考
						大きさ(mm)	重量(g)			マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	CMA	化学分析	耐火度	カロリー	
TOI-21	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１号炉上肩	189	椀形鍛冶滓(中)	18c 末～19c 前半	206×176×107	3000	3	なし	－	○	○		－	○	－	－	
TOI-22	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区２Ｈ　２号炉	192	鍛冶滓(流動滓)	18c 末～19c 前半	57×27×21	30	1	なし	－	○	○		○	○	－	－	
TOI-23	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区２Ｈ　２号炉	197	鍛冶鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	53×50×37	50	5	L(●)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-24	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区2Ｈ 2号炉西粘土面中	200	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	95×71×55	650	7	特L(☆)	○	○	○		－	○	－	－	
TOI-25	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ　３号炉	202	椀形鍛冶滓	18c 末～19c 前半	74×49×50	130	5	M(○)	－	○	－		○	○	－	－	
TOI-26	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ　３号炉	204	再結合滓(含鉄)	18c 末～19c 前半	85×58×38	182	6	M(○)	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-27	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区２Ｇ　ＳＫ01池	208	炉壁(鍛冶炉)	18c 末～19c 前半	94×75×25	75	4	なし	－	○	－		－	○	(○)	－	
TOI-28	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区２Ｇ　ＳＫ01池	210	鍛冶滓	18c 末～19c 前半	61×48×36	120	4	なし	－	○	○		－	○	－	－	
TOI-29	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区1Ｈ Ｐ-7黒土色中	217	鍛冶滓(含鉄)	18c 末～19c 前半	85×79×68	414	7	L(●)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-30	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　１号炉周辺	221	椀形鍛冶滓(中)	18c 末～19c 前半	209×177×136	4400	5	M(◎)	○	○	○		－	○	－	－	
TOI-31	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　不明	235	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	83×71×44	376	9	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-32	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区８Ｔ　表土No.1	236	含鉄鉄滓	18c 末～19c 前半	157×110×100	1410	10	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-33	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区	263	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	96×71×45	239	8	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-34	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区	270	鉄塊系遺物(流動状)	18c 末～19c 前半	86×31×29	99	7	特L(☆)	○	○	○		－	○	－	－	
TOI-35	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ・２Ｈ 表土	274	鉄塊系遺物(半流動状)	18c 末～19c 前半	81×56×36	211	6	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-36	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｄ 屋敷跡あぜ	282	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	48×46×29	94	7	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-37	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区1Ｈ Ｐ-7黒土色中	287	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	88×64×45	471	8	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-38	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ	288	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	93×85×44	539	9	特L(☆)	○	○	○		－	○	－	－	
TOI-39	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ 表土	290	鉄塊系遺物	18c 末～19c 前半	131×98×44	828	6	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-40	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区1Ｈ Ｐ-7黒土色中	292	板状鉄片	18c 末～19c 前半	58×45×23	130	6	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-41	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　不明	293	割鉄	18c 末～19c 前半	98×54×37	473	9	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-42	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区２Ｈ　２号炉	295	鉄器(箸摺　止め釘)	18c 末～19c 前半	226×13×22	480	7	L(●)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-43	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　ＳＫ01池の底	296	鉄鋼品(工具？)	18c 末～19c 前半	688×40×11.9	2500	7	特L(☆)	○	○	○		○	○	－	－	
TOI-44	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ　ＳＫ01池	297	鉄製品(板状)	18c 末～19c 前半	105×56×13	486	7	特L(☆)	○	○	○		－	○	－	－	
TOI-45	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　１号炉	303-1	粒状滓(５点)	18c 末～19c 前半	－	－	－	なし	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-46	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　１号炉	303-2	鍛造剥片(５点)	18c 末～19c 前半	－	－	－	なし	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-47	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　２号炉	304-1	粒状滓(５点)	18c 末～19c 前半	－	－	－	なし	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-48	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区　２号炉	304-2	鍛造剥片(５点)	18c 末～19c 前半	－	－	－	なし	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-49	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区T51 No.1帯状再結	306	再結合滓	18c 末～19c 前半	176×148×67	1160	3	なし	○	○	－		－	－	－	－	
TOI-50	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ	314	羽口	18c 末～19c 前半	76×34×88	190	3	なし	－	○	－		－	○	○	－	
TOI-51	戸井谷尻遺跡	Ⅱ区１Ｈ　１号炉内	320-1~6	木炭(６点)	18c 末～19c 前半	－	小計24	1	なし	－	○	－		－	○	－	○	

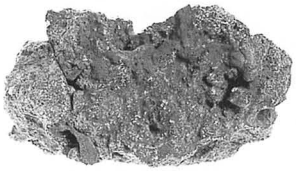
Table. 2　供試材の組成（：Ⅱ区）

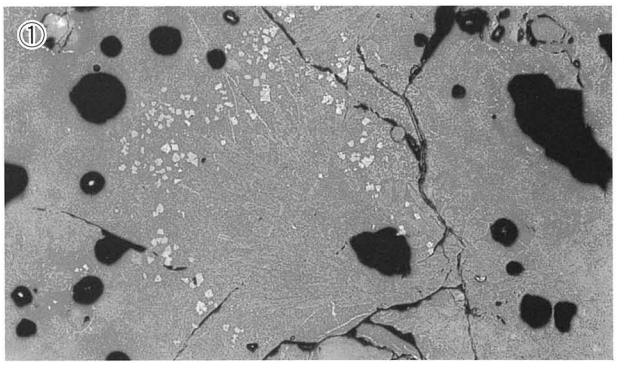
符号	遺跡名	遺物名称	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	* 二酸化珪素 (SiO_2)	* 酸化アルミニウム (Al_2O_3)	* 酸化カルシウム (CaO)	* 酸化マグネシウム (MgO)	* 酸化カリウム (K_2O)	* 酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	耐火度	Σ * 造滓成分	造滓成分 / Total Fe	TiO_2 / Total Fe
																		#Igloss						
TOI-21	戸井谷尻	椀形鍛冶滓(中)	54.12	0.21	58.70	11.84	14.15	4.41	2.64	0.90	1.03	0.23	0.20	2.32	0.02	0.05	0.29	0.26	0.14	0.005		23.36	0.432	0.043
TOI-22	戸井谷尻	鍛冶滓(流動滓)	53.36	1.10	57.84	10.44	14.23	4.63	2.02	0.98	0.79	0.31	0.42	5.56	0.05	0.02	0.22	0.07	0.37	0.002		22.96	0.430	0.104
TOI-23	戸井谷尻	鍛冶鉄塊系遺物	56.81	4.99	11.64	61.16	7.63	2.62	0.45	0.24	0.36	0.19	0.02	0.28	0.02	0.11	0.16	1.70	0.02	0.007		11.49	0.202	0.005
TOI-24	戸井谷尻	鉄塊系遺物	59.60	17.54	24.40	33.02	8.04	2.52	0.39	0.22	0.27	0.24	0.03	0.29	0.02	0.03	0.15	3.99	0.01	0.004		11.68	0.196	0.005
TOI-25	戸井谷尻	椀形鍛冶滓	56.90	0.27	48.57	26.99	11.94	3.63	2.12	1.02	0.64	0.22	0.15	1.27	0.01	0.03	0.30	0.25	0.08	0.001		19.57	0.344	0.022
TOI-27	戸井谷尻	炉壁(鍛冶炉)	20.66	0.13	11.86	16.17	43.68	15.62	3.03	1.27	2.44	1.77	0.11	0.50	0.07	0.05	0.49	#2.78	0.02	0.003	1130	67.81	3.282	0.024
TOI-28	戸井谷尻	鍛冶滓	53.34	0.43	58.63	10.49	16.41	5.18	3.23	0.98	1.44	0.36	0.15	1.21	<0.01	0.03	0.30	0.16	0.09	0.001		27.60	0.517	0.023
TOI-29	戸井谷尻	鍛冶滓(含鉄)	53.55	4.00	31.47	35.87	11.70	3.73	1.49	0.61	0.63	0.31	0.15	2.32	0.02	0.07	0.19	0.72	0.16	0.004		18.47	0.345	0.043
TOI-30	戸井谷尻	椀形鍛冶滓(中)	54.10	0.24	51.16	20.15	12.10	3.49	1.99	1.06	0.72	0.22	0.31	4.27	0.02	0.04	0.19	0.73	0.28	0.001		19.58	0.362	0.079
TOI-31	戸井谷尻	鉄塊系遺物	68.00	22.76	12.29	51.02	4.86	1.46	0.34	0.20	0.14	0.15	0.05	0.69	0.07	0.05	0.05	0.70	0.04	0.008		7.15	0.105	0.010
TOI-32	戸井谷尻	含鉄鉄滓	58.64	8.11	19.69	50.36	5.80	1.28	0.50	0.29	0.23	0.092	0.17	2.44	0.04	0.09	0.24	2.31	0.16	0.002		8.19	0.140	0.042
TOI-33	戸井谷尻	鉄塊系遺物	70.02	29.78	13.80	42.20	2.34	0.81	0.31	0.11	0.24	0.069	0.02	0.10	0.01	0.05	0.13	1.77	0.01	0.004		3.88	0.055	0.001
TOI-34	戸井谷尻	鉄塊系遺物(流動状)	64.93	35.43	12.65	28.12	8.61	2.10	0.37	0.15	0.29	0.35	0.02	0.09	0.05	0.08	0.22	2.84	0.01	0.004		11.87	0.183	0.001
TOI-35	戸井谷尻	鉄塊系遺物(半流動状)	70.37	32.58	17.32	34.78	3.92	1.34	0.30	0.11	0.18	0.11	0.02	0.06	0.04	0.06	0.14	2.26	0.01	0.003		5.96	0.085	0.001
TOI-36	戸井谷尻	鉄塊系遺物	55.85	10.70	10.43	52.96	11.01	3.26	0.82	0.47	0.62	0.39	0.17	2.41	0.11	0.06	0.30	1.04	0.11	0.003		16.57	0.297	0.043
TOI-37	戸井谷尻	鉄塊系遺物	64.23	31.30	26.73	17.38	7.55	2.42	0.28	0.16	0.37	0.26	0.02	0.13	0.03	0.10	0.20	2.17	0.01	0.004		11.04	0.172	0.002
TOI-38	戸井谷尻	鉄塊系遺物	61.44	9.58	18.90	53.14	11.09	3.38	0.51	0.33	0.54	0.28	0.05	0.51	<0.01	0.07	0.24	0.89	0.03	0.003		16.13	0.263	0.008
TOI-39	戸井谷尻	鉄塊系遺物	69.60	35.25	29.32	16.53	6.97	2.27	0.82	0.33	0.42	0.14	0.03	0.17	0.05	0.04	0.11	1.13	0.01	0.011		10.95	0.157	0.002
TOI-40	戸井谷尻	板状鉄片	54.17	0.26	7.40	68.86	6.99	1.86	0.39	0.12	0.32	0.25	0.02	0.09	0.08	0.07	0.11	0.07	<0.01	0.004		9.93	0.183	0.002
TOI-41	戸井谷尻	割鉄	61.16	8.18	10.99	63.54	9.23	2.64	0.40	0.21	0.26	0.26	0.02	0.14	0.03	−	0.12	−	0.01	0.003		13.00	0.213	0.002
TOI-42	戸井谷尻	鉄器(箸摺 止め釘)	89.61	80.62	2.60	9.96	2.23	0.72	0.95	0.09	0.15	0.083	0.02	0.06	0.18	−	0.11	−	0.01	0.010		4.22	0.047	0.001
TOI-43	戸井谷尻	鉄鋼品(工具？)	60.11	1.91	5.53	77.07	1.37	0.41	0.16	0.07	0.078	0.052	0.02	0.24	0.06	−	0.12	−	0.02	0.018		2.14	0.036	0.004
TOI-44	戸井谷尻	鉄製品(板状)	86.01	72.83	15.03	2.14	2.27	0.80	0.07	0.07	0.068	0.064	0.02	0.08	0.16	−	0.27	−	0.01	0.008		3.34	0.039	0.001
TOI-50	戸井谷尻	羽口	3.77	0.01	2.30	2.82	63.76	19.47	0.31	0.61	2.39	0.44	0.03	0.78	0.03	0.01	0.13	#6.38	0.01	0.002	1360	86.98	23.072	0.207

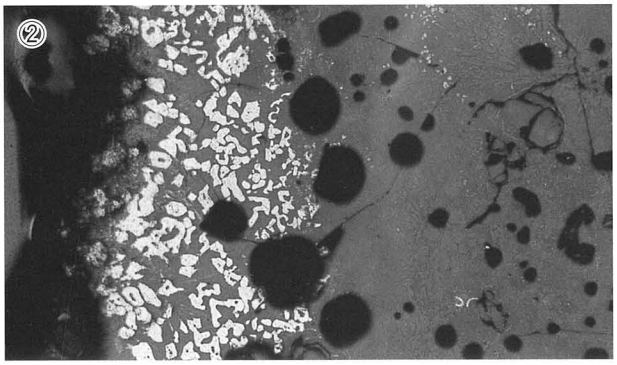
Table.3　木炭の性状

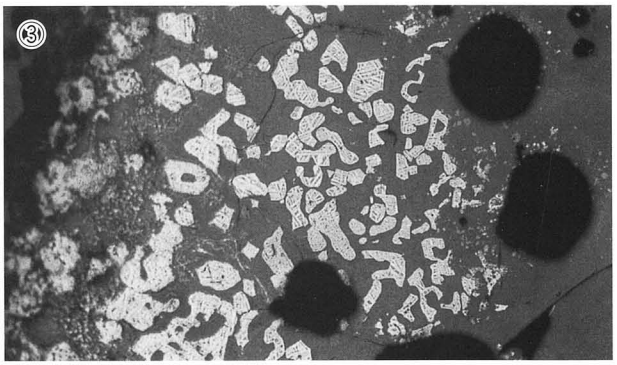
符号	遺跡名	遺物名称	灰分	揮発分	水分	ＦＣ	ＴＳ	発熱量 (cal/g)	灰中Ｐ
TOI-20	戸井谷尻	木炭	6.13	35.92	15.33	57.95	0.01	5750	0.038
TOI-51	戸井谷尻	木炭	5.62	35.35	13.46	59.03	0.01	5770	0.055

CHO－1
炉壁
①×100、溶融ガラス質滓中のウルボスピネル・ファイヤライト②×50、③×100、炉壁内面表層：同上

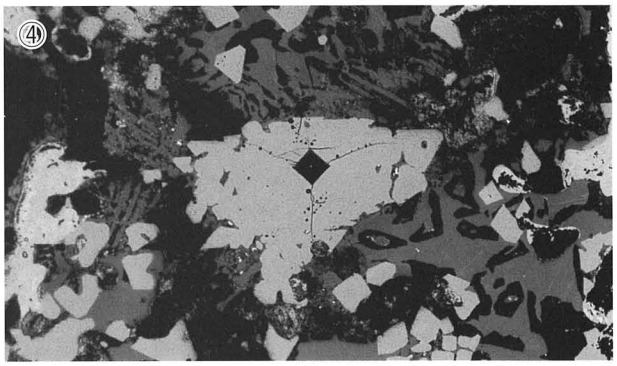


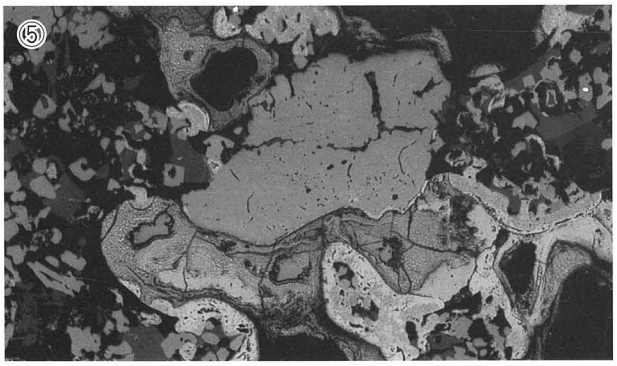


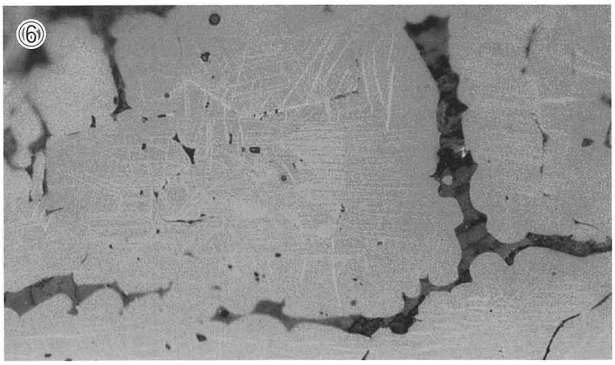




CHO－2
砂鉄焼結塊
④×200、硬度圧痕：538Hv　⑤×100、⑥×400、中央：半還元砂鉄ウイッドマンステッテン組織　周囲：微小銹化鉄、ガラス質滓中にウルボスピネル晶出　⑦×50、⑧×100、中央：半還元砂鉄　周囲：砂鉄残骸、銹化鉄







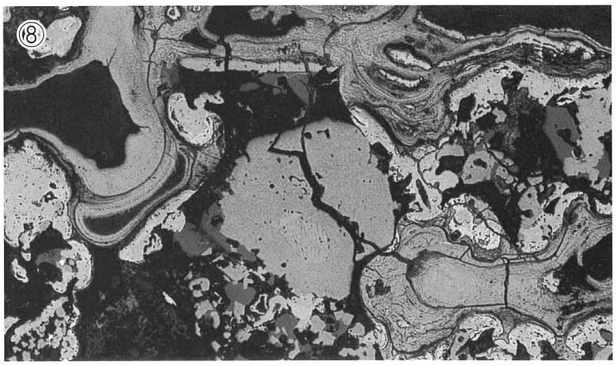


Photo. 1　炉壁・砂鉄焼結塊の顕微鏡組織

CHO－3
流動滓（流出孔滓）
①×50、砂鉄痕跡、銹化鉄　周囲イルミナイト晶出　②×50、③×100、イルミナイト　④×100、⑤×400、銹化鉄、イルミナイト　⑥×100、⑦×400、砂鉄痕跡：微小金属鉄粒、ウルボスピネル・イルミナイト　⑧⑨×200、硬度圧痕　⑧618Hv、⑨594Hv

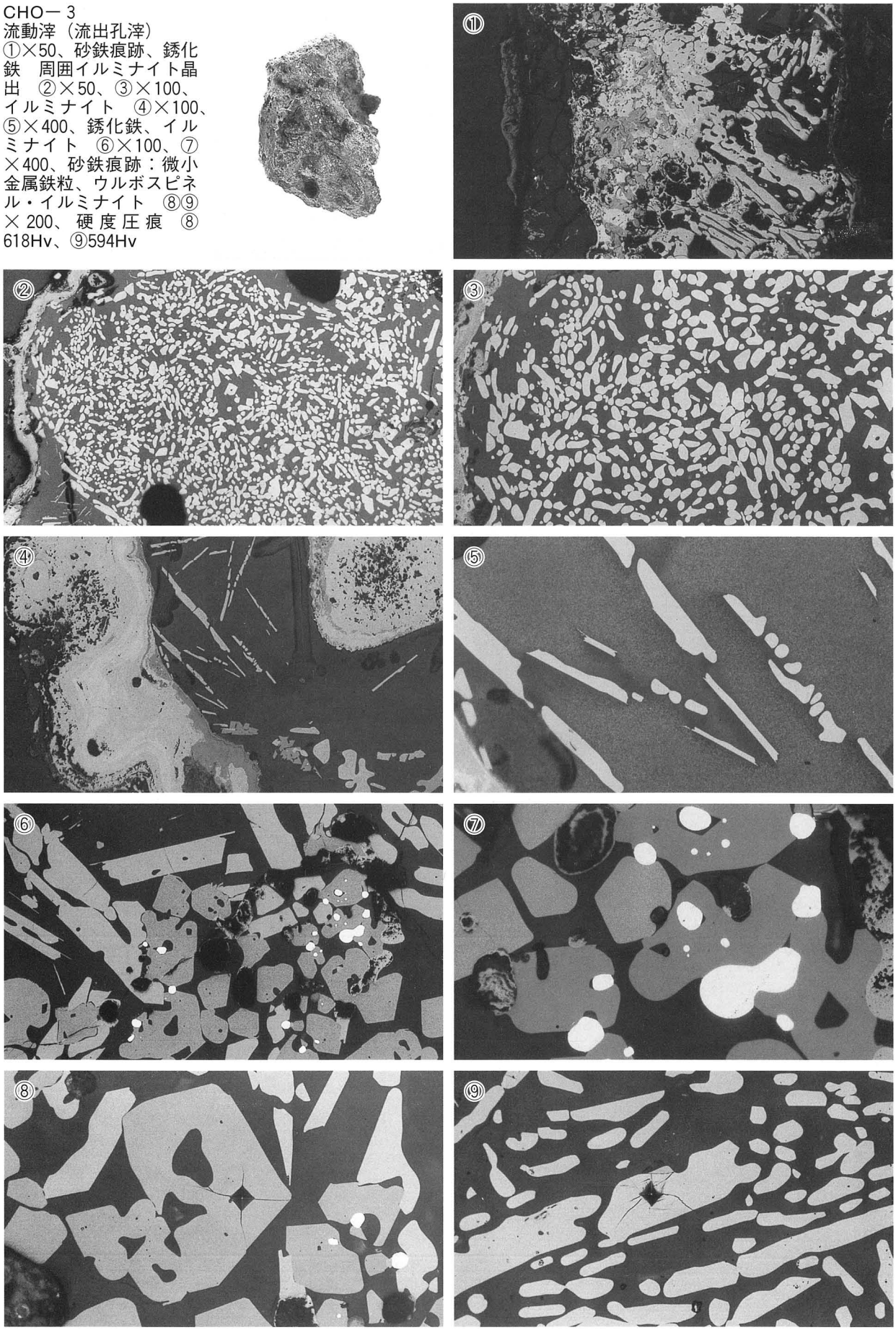
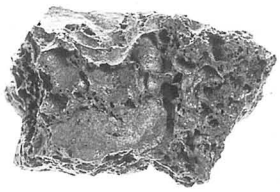
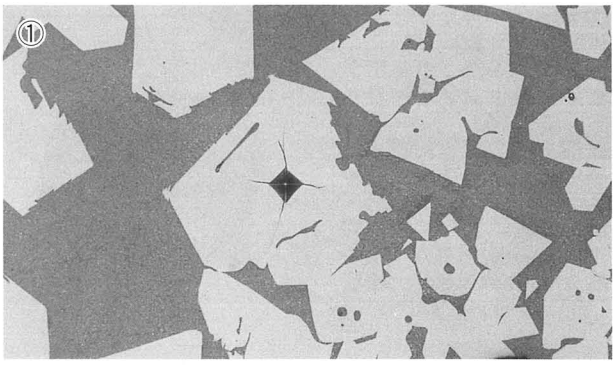
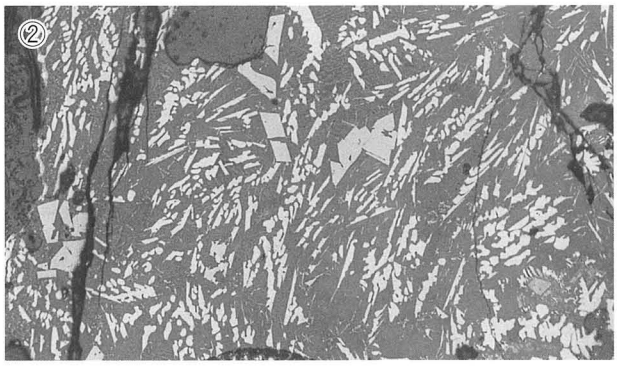


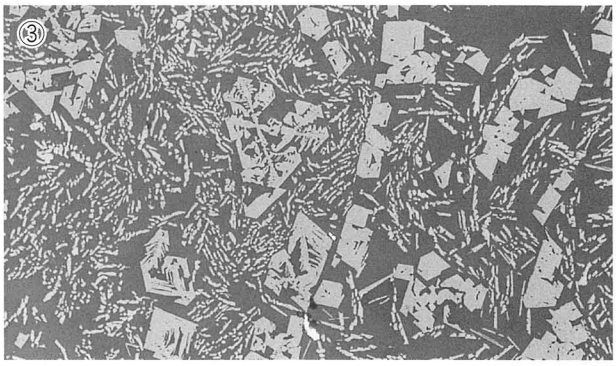
Photo. 2　流動滓（流出孔滓）の顕微鏡組織

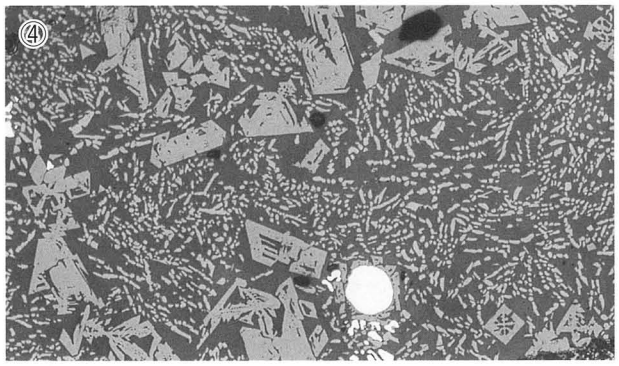
CHO－4
流動滓
①×200、硬度圧痕：640Hv
②③×100、ウルボスピネル・イルミナイト
④×100、⑤×400、白色部：微小金属鉄粒、ウルボスピネル・イルミナイト

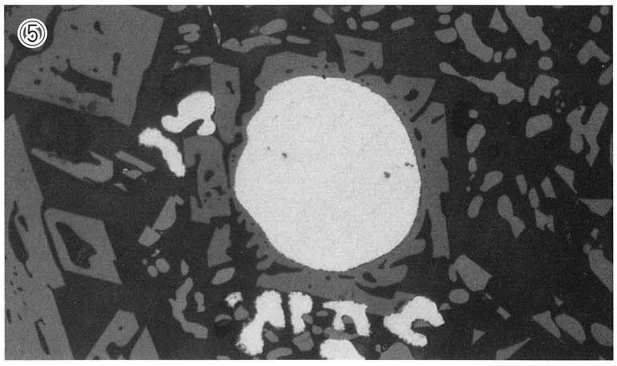




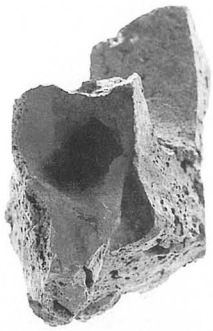


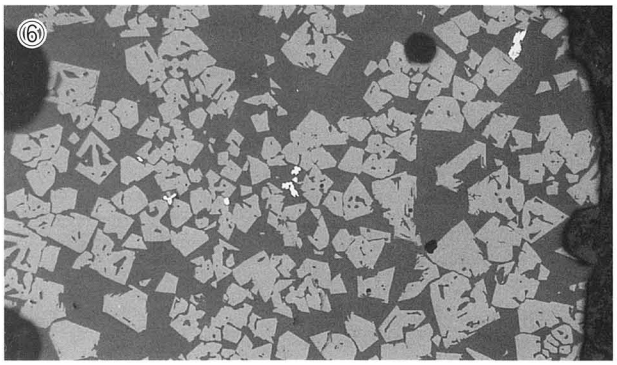


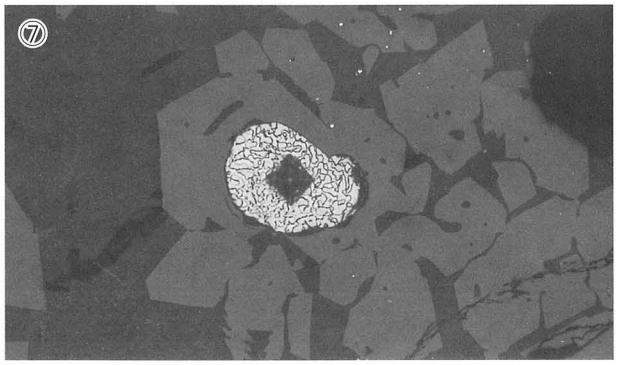




CHO－5
流動滓
⑥×50、白色部：微小金属鉄ウルボスピネル、微小ファイヤライト　⑦⑧×200、微小金属鉄粒硬度圧痕：⑦300Hv、セメンタイト・フェライト　⑧94Hv、フェライト・少量パーライト







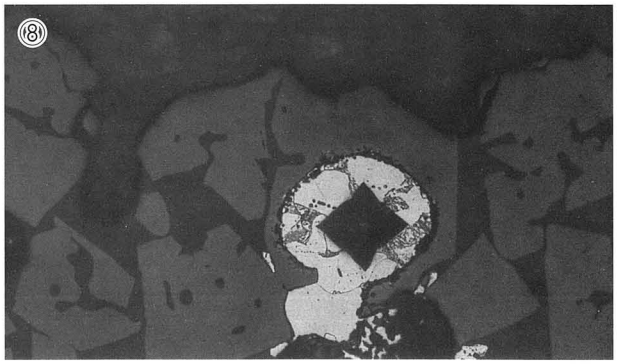
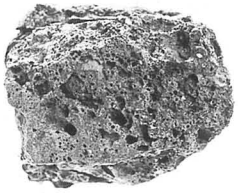
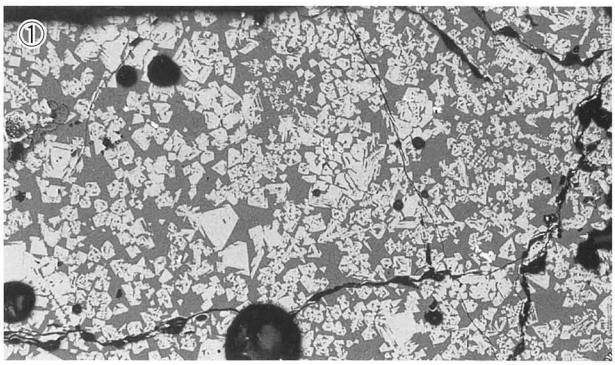
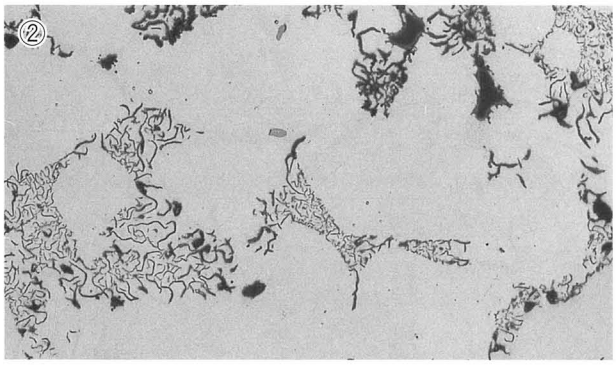


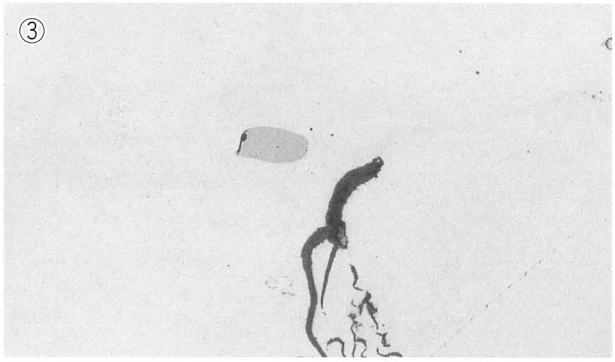
Photo. 3　流動滓の顕微鏡組織

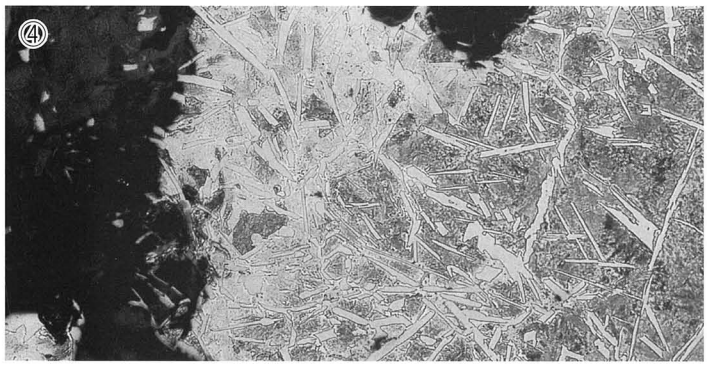
CHO－6
流動滓（含鉄）
①×50、滓部：ウルボスピネル微小ファイヤライト　②×100、③×400、鉄部：共晶状黒鉛析出、鉄中非金属介在物　④～⑧ナイタルetch　④×50、白鋳鉄及び共晶黒鉛鋳鉄、⑤⑥×100、④の拡大　⑦⑧×200、硬度：⑦184Hv、⑧632Hv

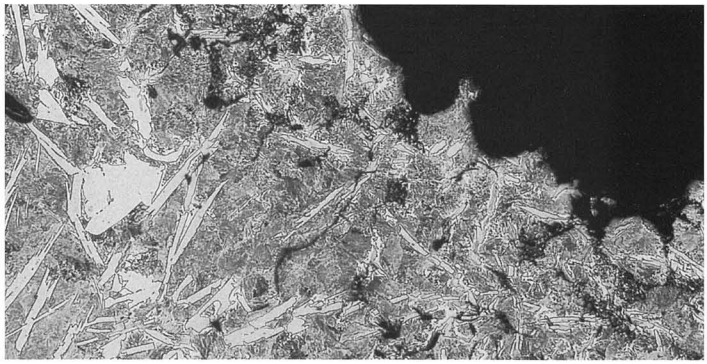


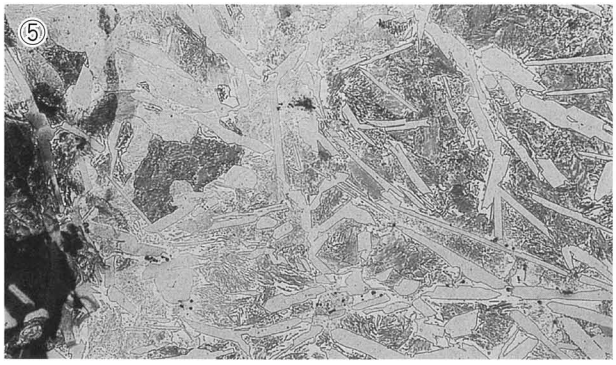


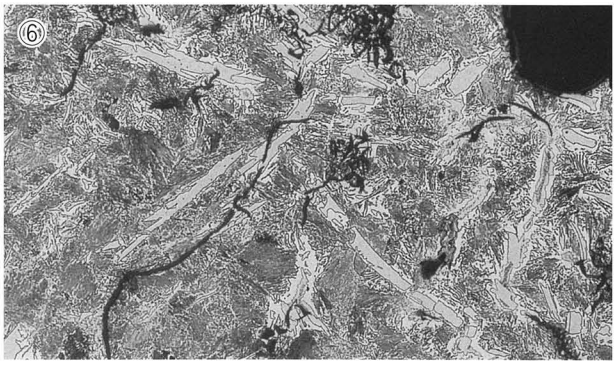


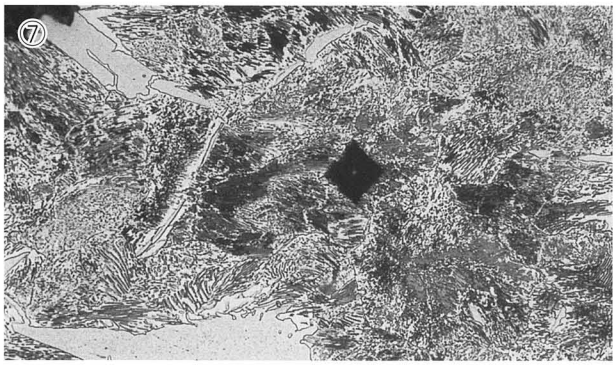












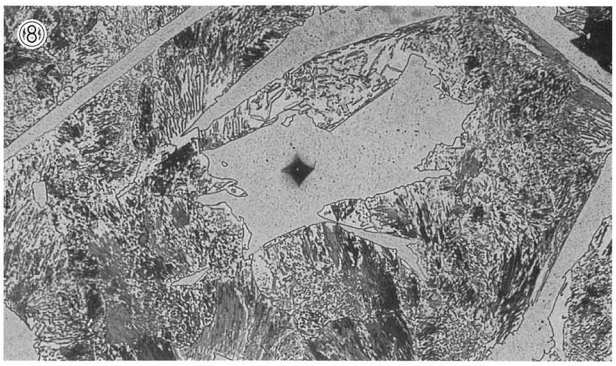
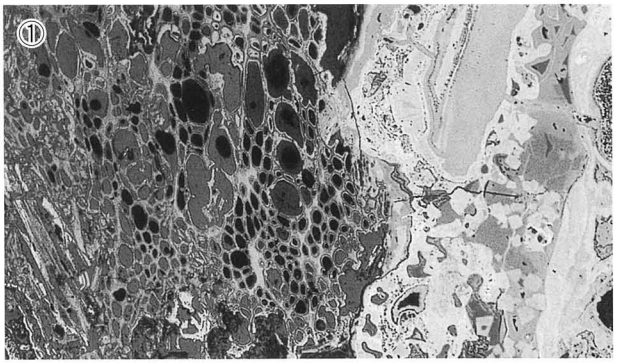
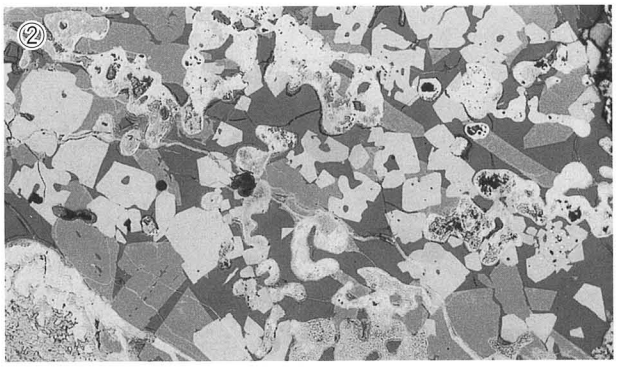
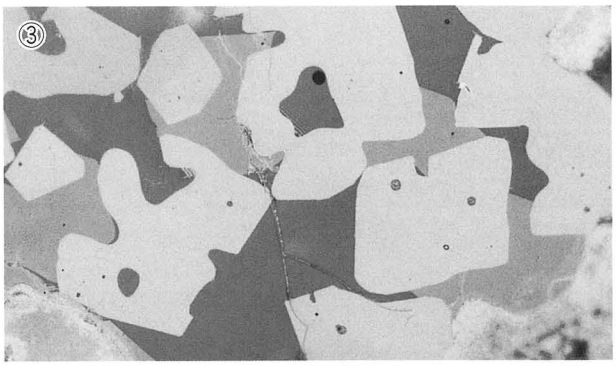


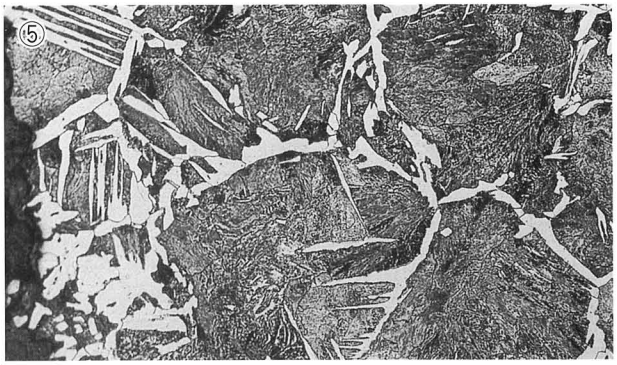
Photo. 4　流動滓（含鉄）の顕微鏡組織

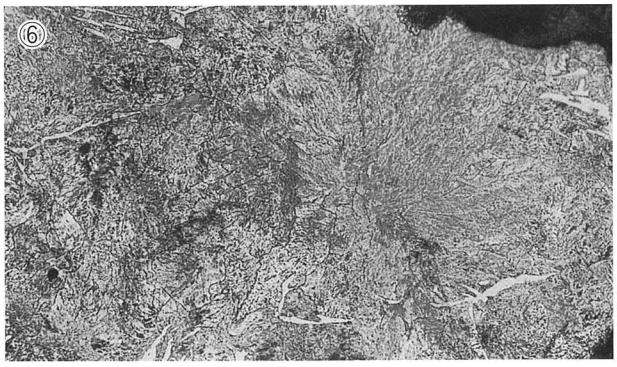
CHO－7
炉内滓（含鉄）
①×100、付着木炭　②×100、③×400、滓部：銹化鉄粒散在、ウルボスピネル・ファイヤライト　④～⑨ナイタルetch　④×100、⑤×400、フェライト・パーライト　⑥×100、⑦×400、パーライト　⑧⑨×200、硬度：⑧139Hv、⑨190Hv

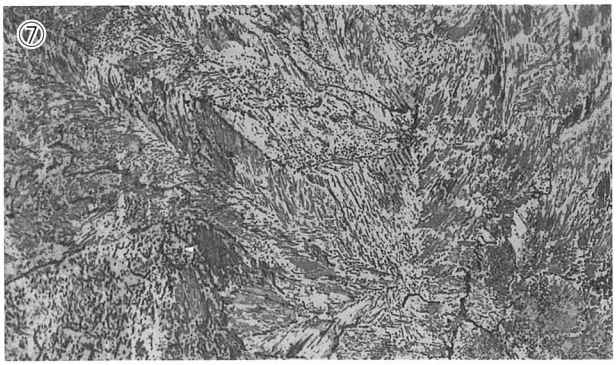


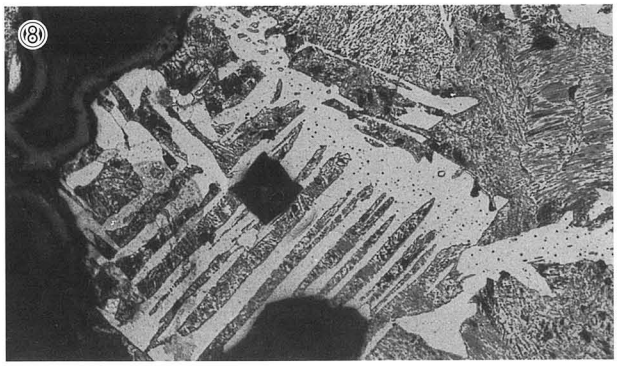












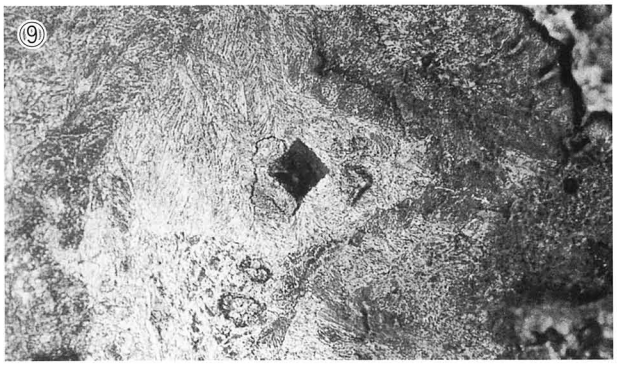
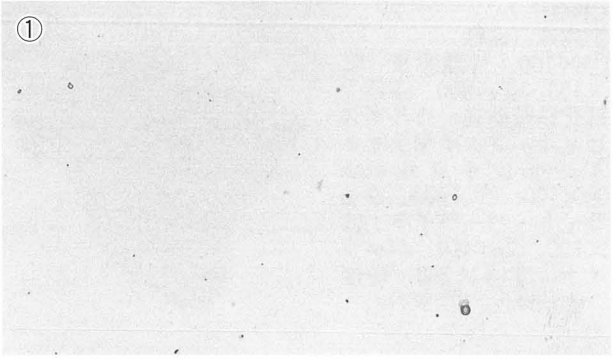


Photo. 5　炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織

CHO－8
鉄塊系遺物
①×400、鉄中非金属介在物
②×100、③×400、自然腐食白鋳鉄
④～⑨ナイタルetch
④×100、⑤×400、亜共晶組成白鋳鉄
⑥×100、⑦×400、同上
⑧⑨×200、硬度圧痕：⑧209Hv、⑨615Hv



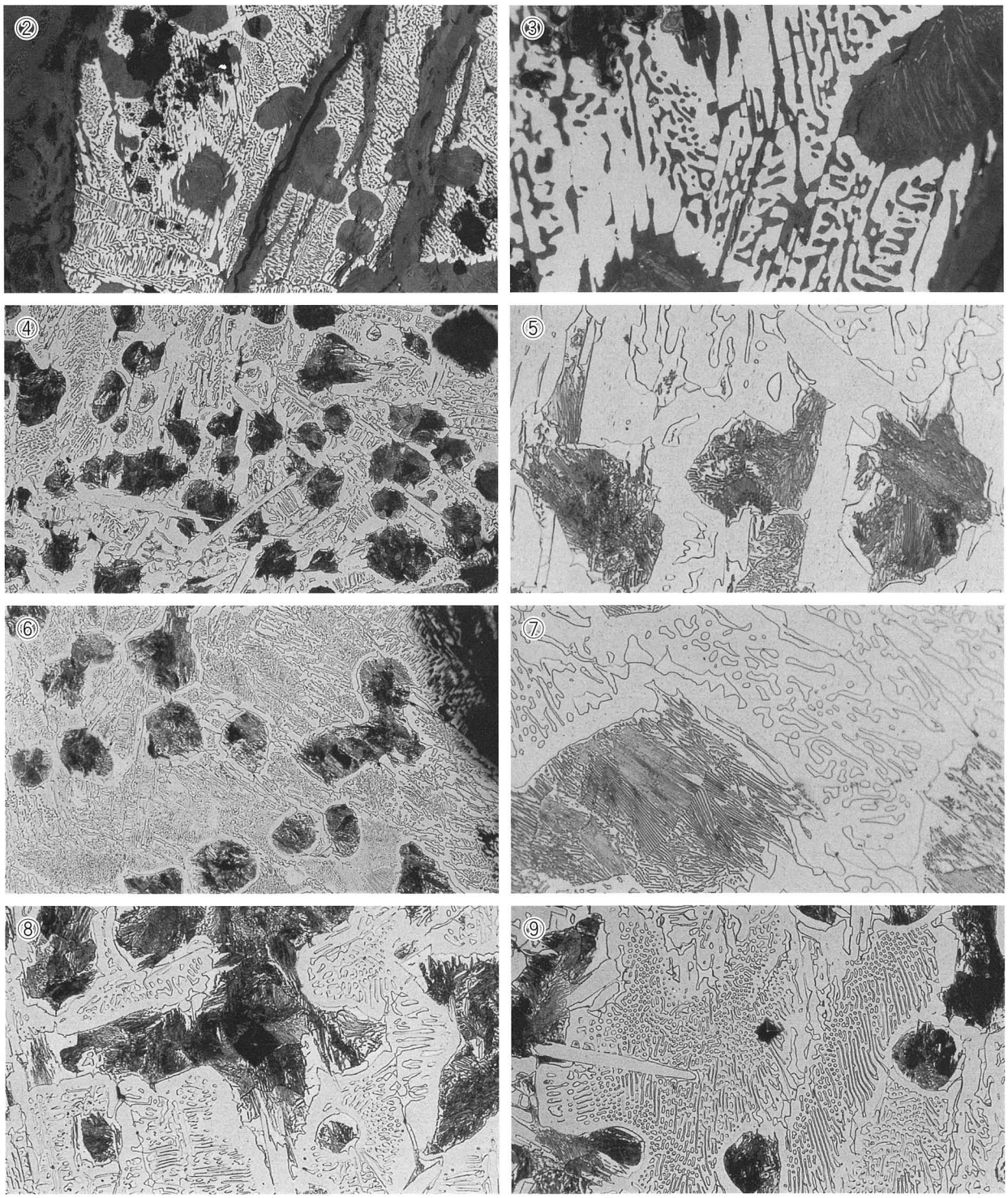


Photo. 6　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

CHO－9
炉内滓（含鉄）
①×100、滓部：ウルボスピネル微小ファイヤライト　②×400、鉄中非金属介在物　③×100、未凝集フェライト　④×100、⑤×400、フェライト　⑥⑦×100、フェライト・少量パーライト　⑧⑨×200、硬度圧痕：⑧554Hv、⑨79Hv

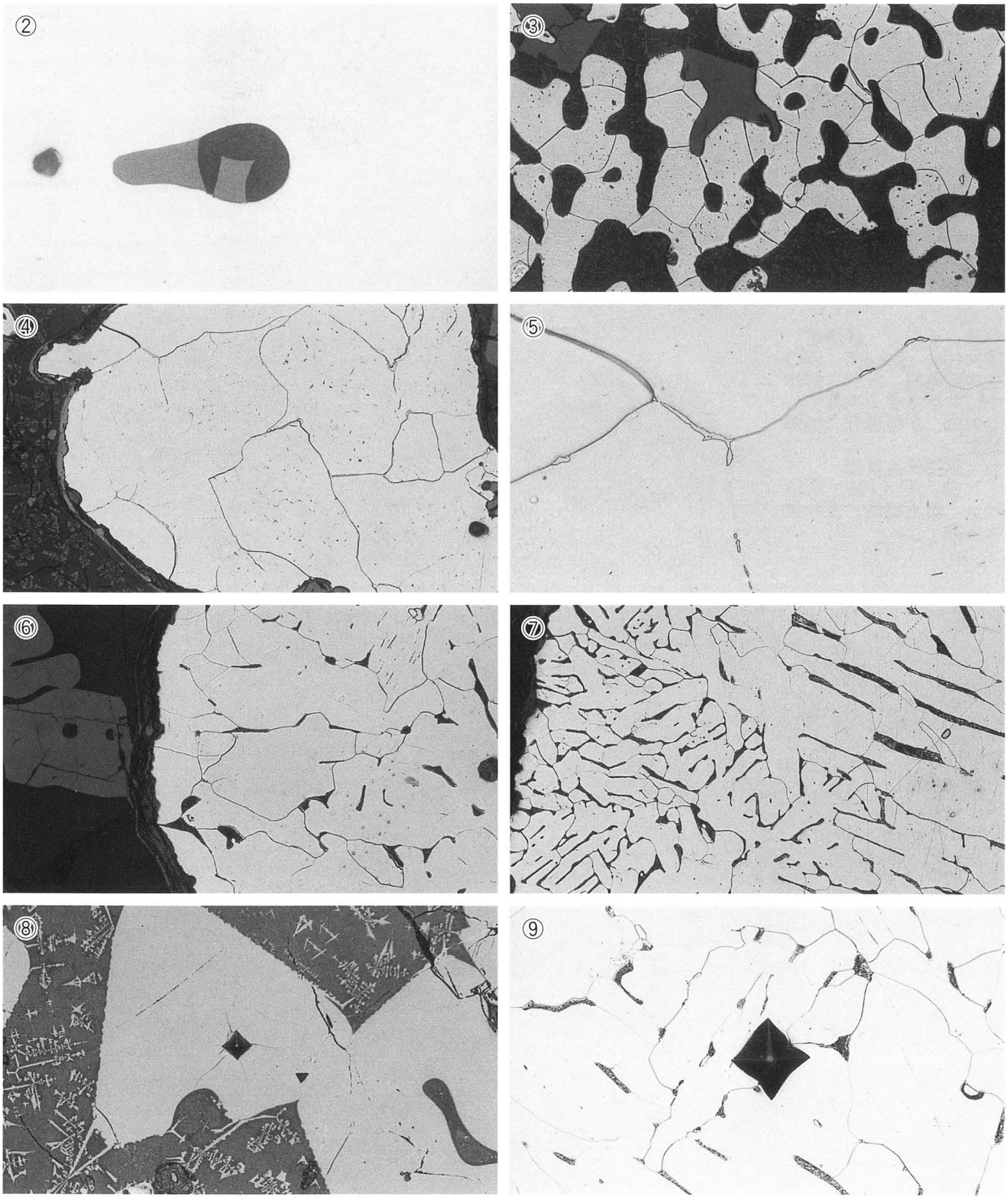
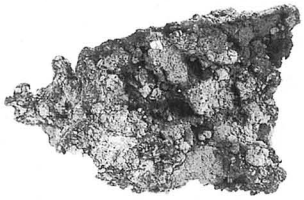
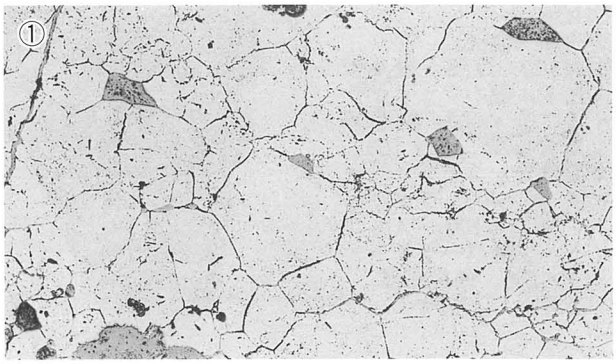
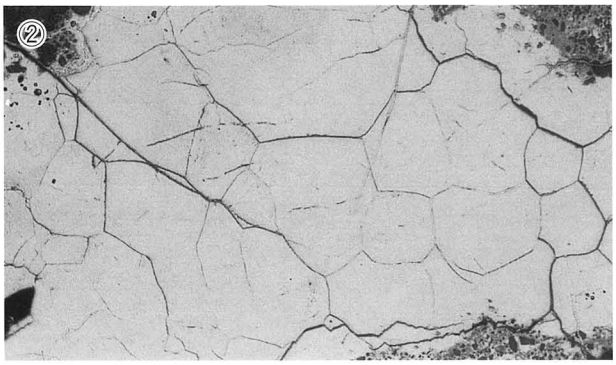


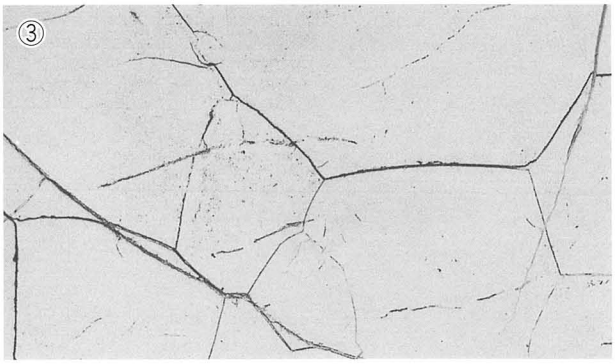
Photo. 7　炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織

CHO－10
鉄塊系遺物
①×100、銹化鉄：フェライト痕跡
非金属介在物痕跡
②×50、③×100、銹化鉄：（フェライト痕跡）

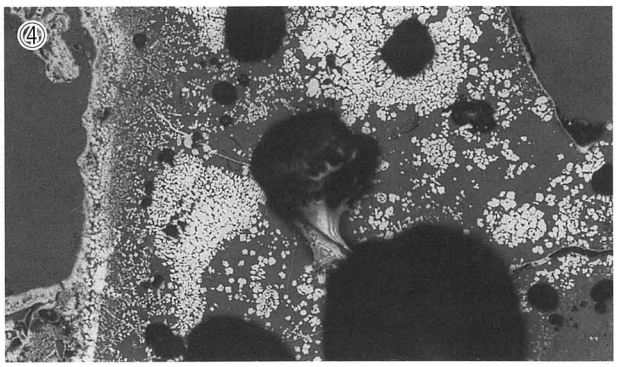


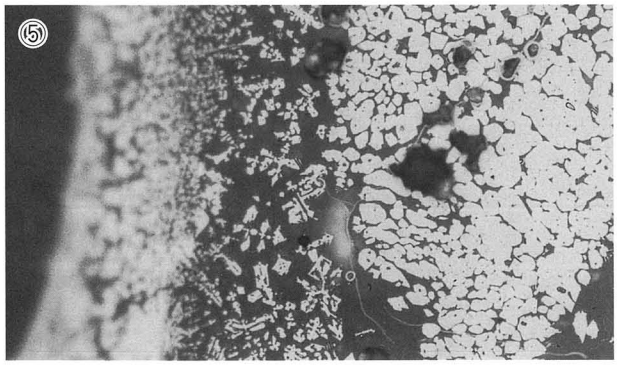


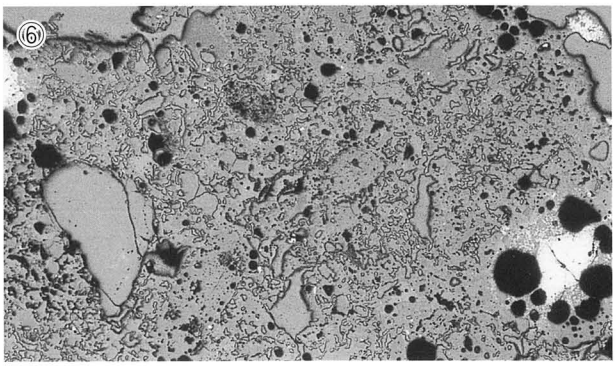


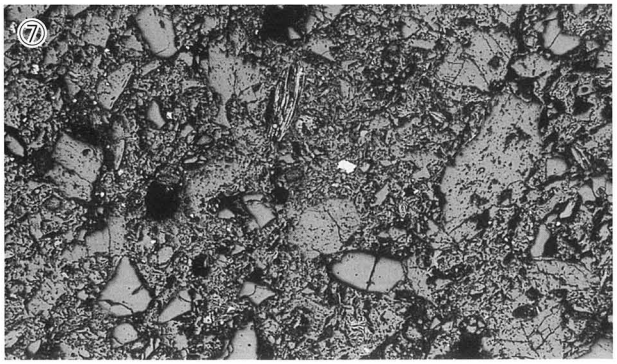


CHO－11
炉壁（羽口付・鍛冶炉）
④×100、⑤×400、羽口先端溶融部：ガラス質滓中にマグネタイト晶出
⑥×50、炉壁部分：被熱胎土
粘土鉱物非晶質化
⑦×50、⑧×100、羽口胎土：粘土鉱物、混和鉱物多数









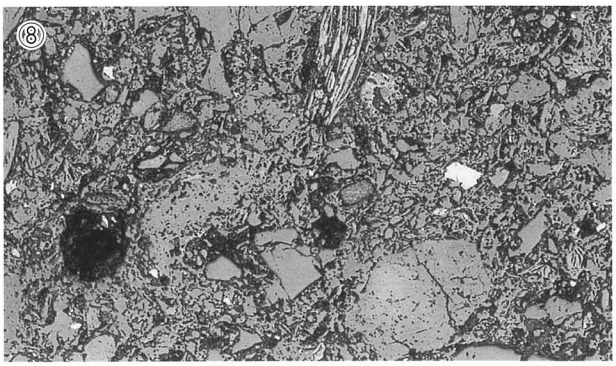
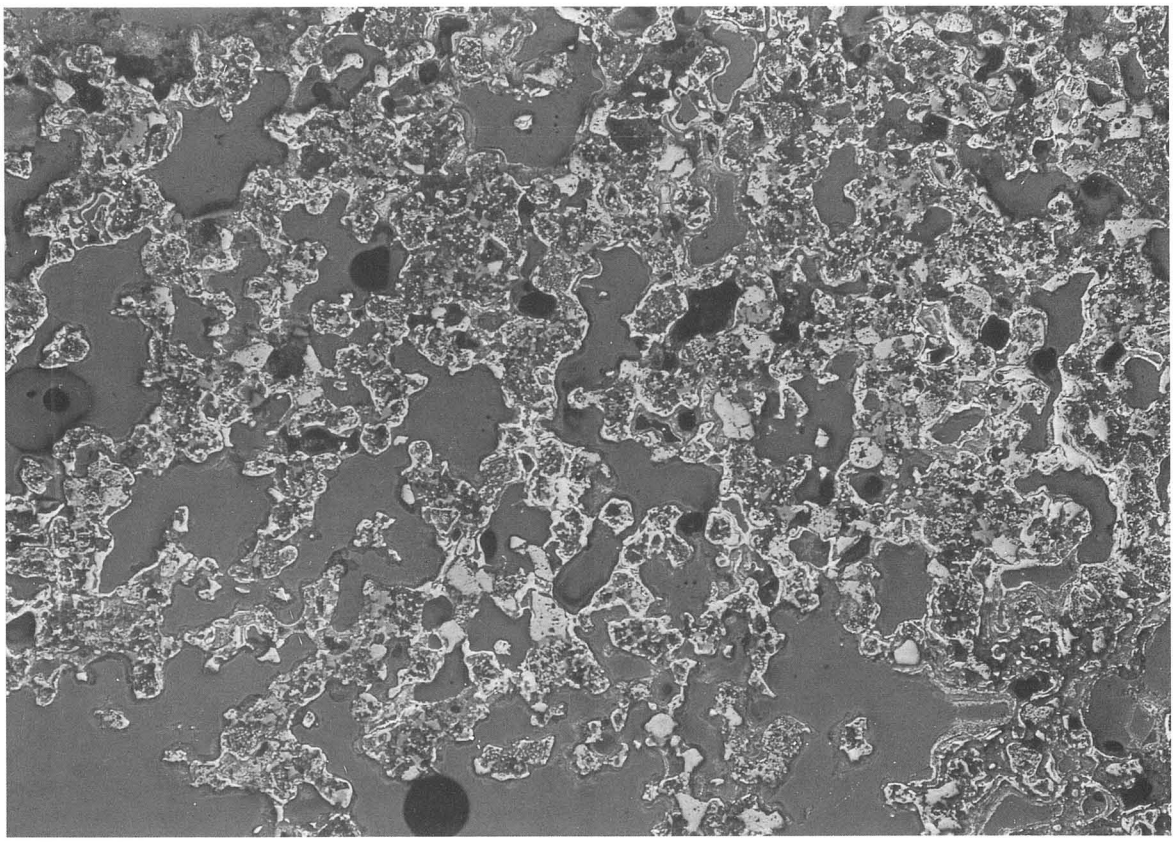


Photo. 8　鉄塊系遺物・炉壁（羽口付・鍛冶炉）の顕微鏡組織



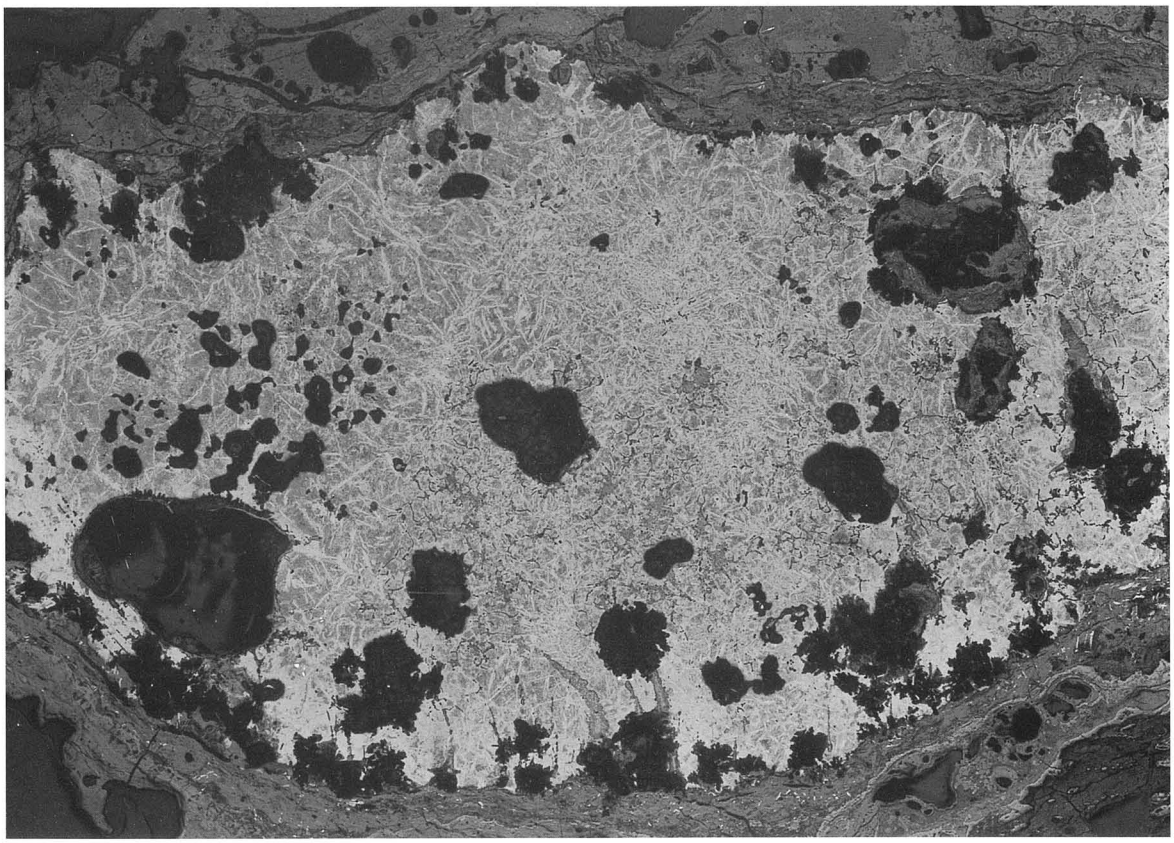
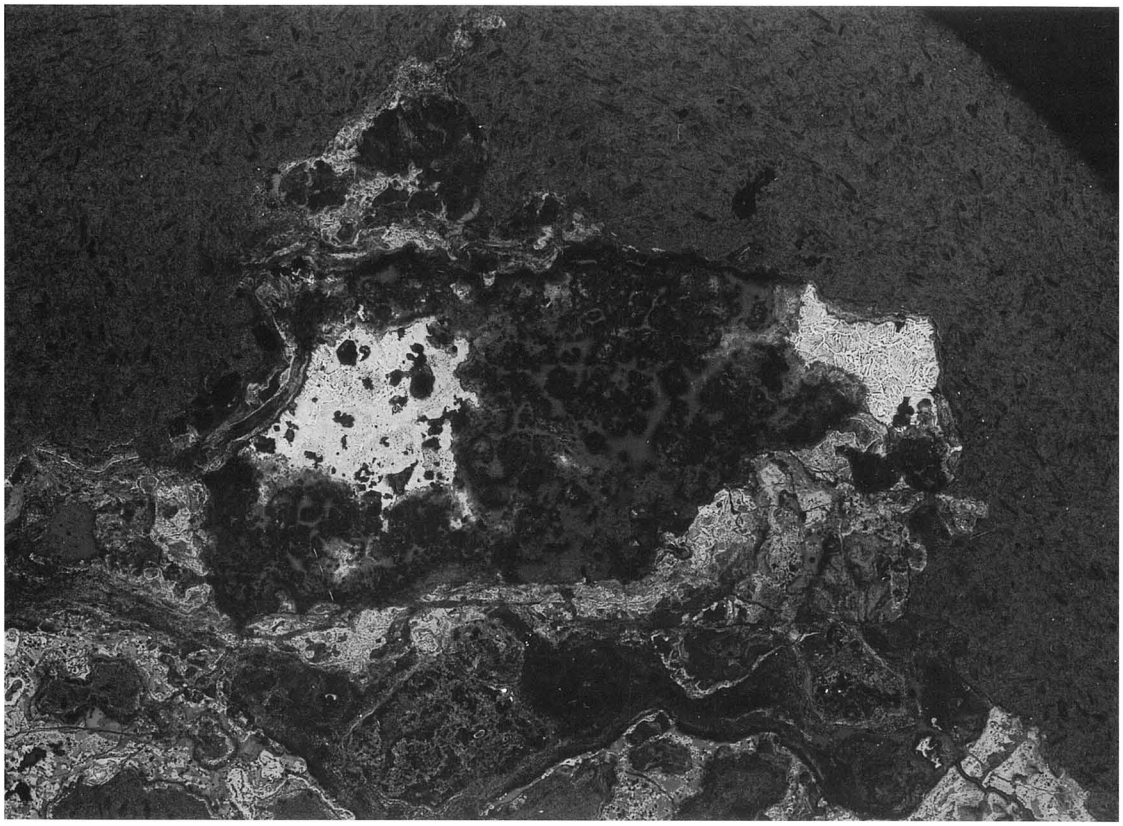


Photo. 9　上段：砂鉄焼結塊（CHO－２）のマクロ組織（×20）
　　下段：流動滓（含鉄）（CHO－６）のマクロ組織（×10）



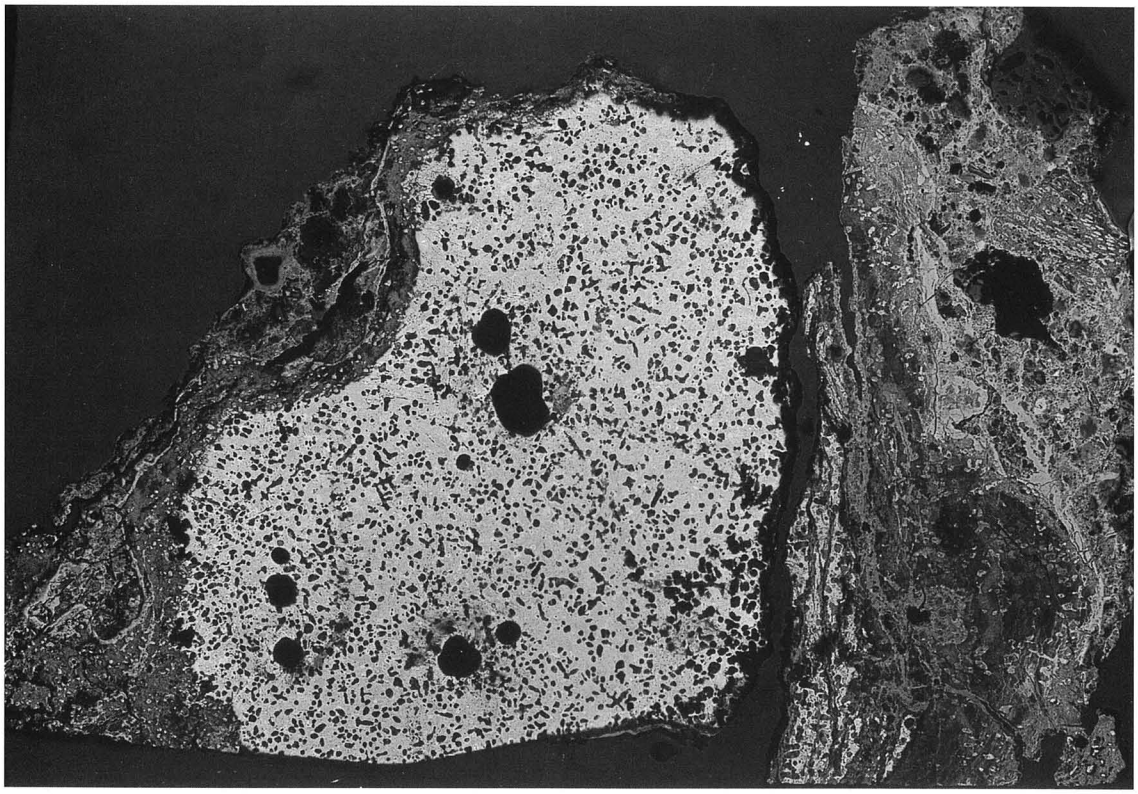
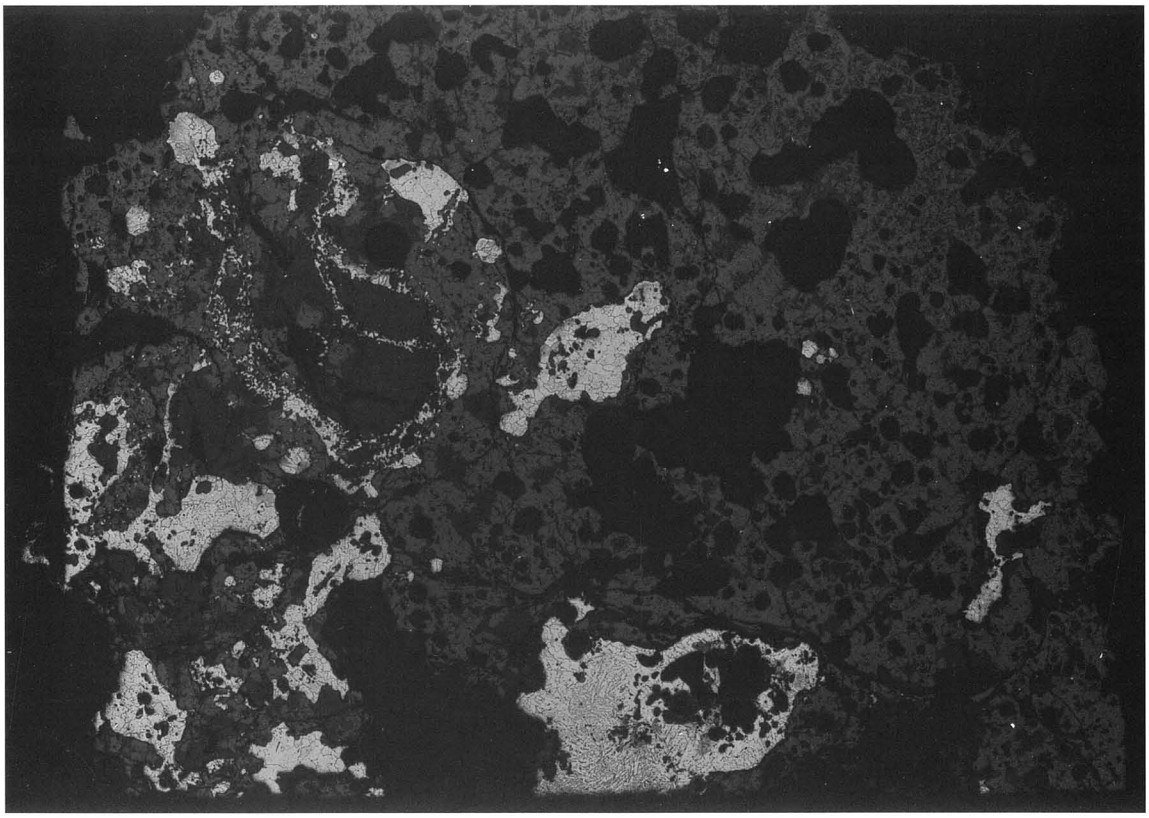


Photo.10　上段：炉内滓（含鉄）（CHO－７）のマクロ組織（×10）
　　下段：鉄塊系遺物（CHO－８）のマクロ組織（×10）



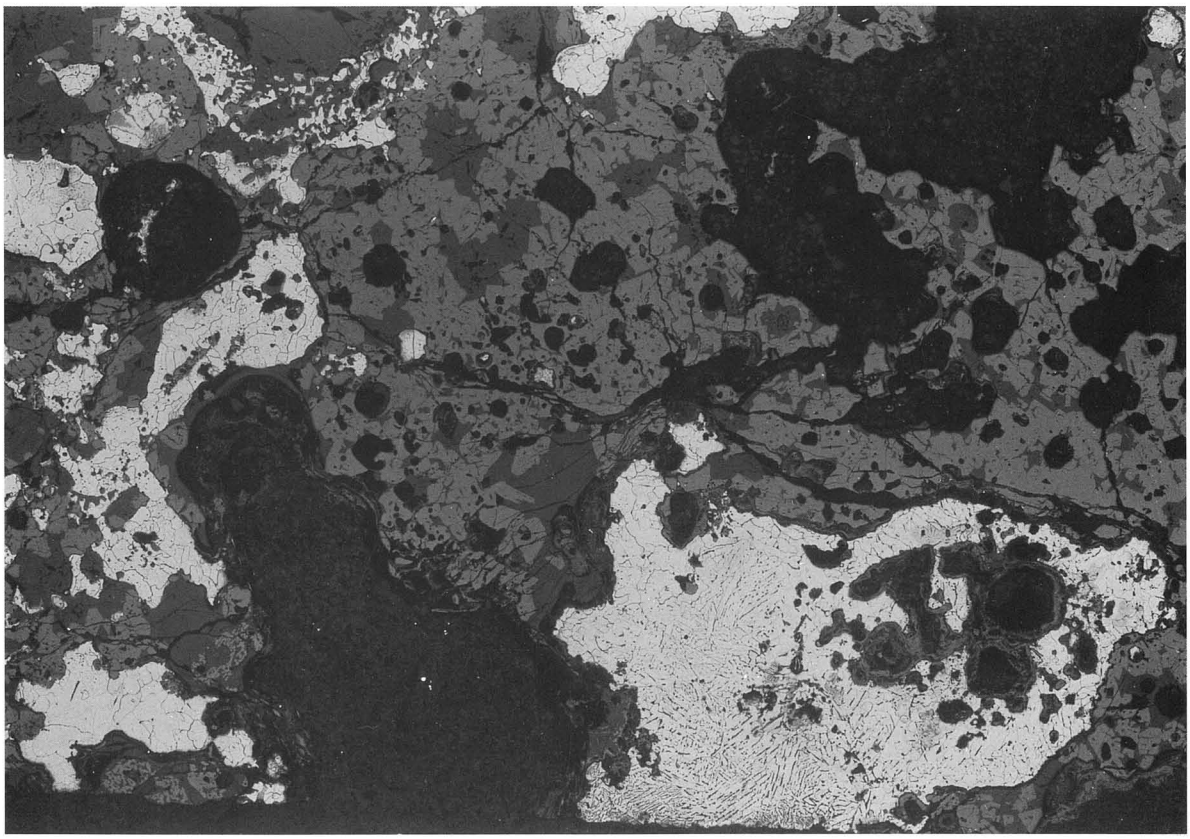
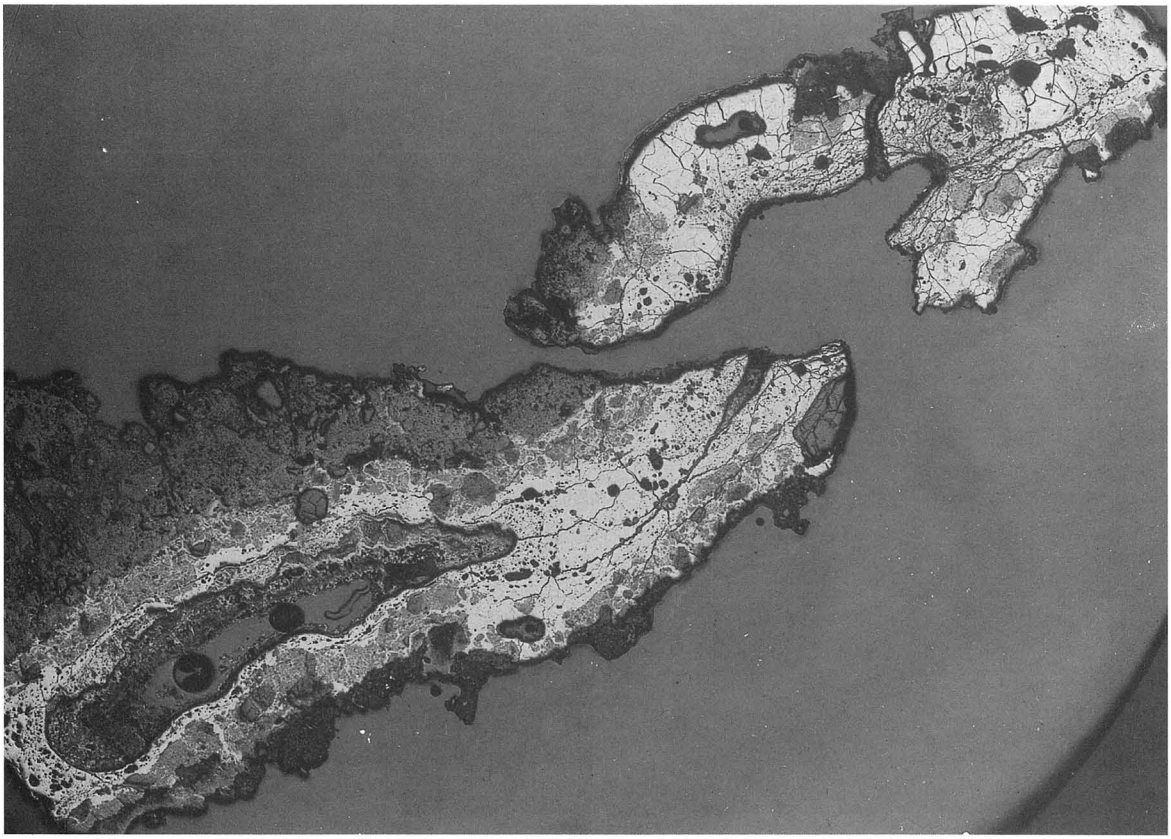


Photo.11　炉内滓（含鉄）（CHO－９）のマクロ組織　上段：（×５）下段：（×10）



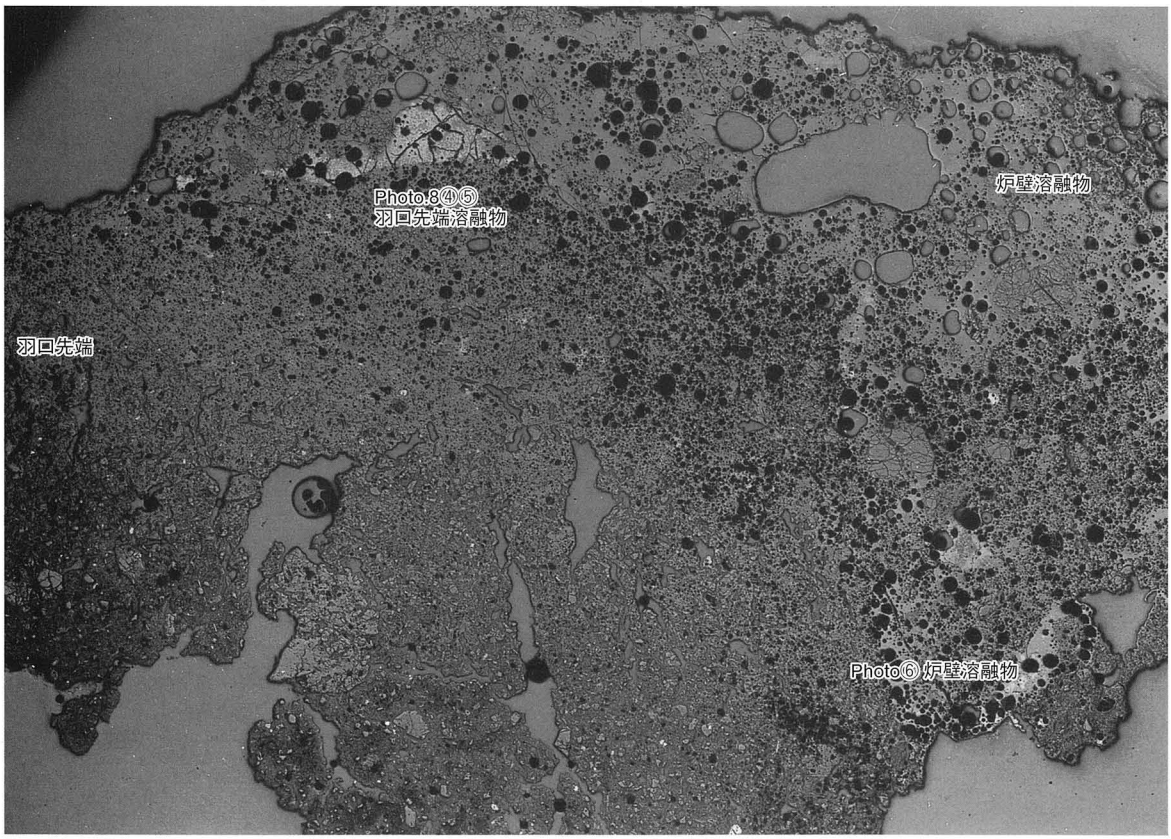
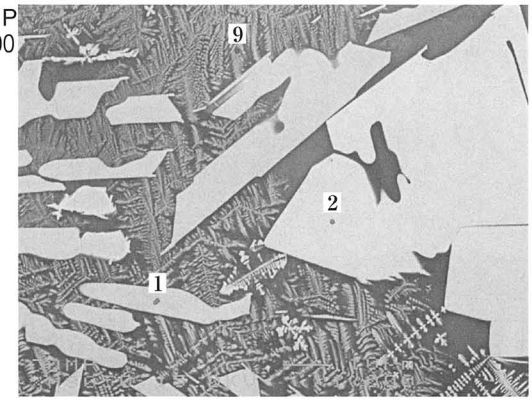
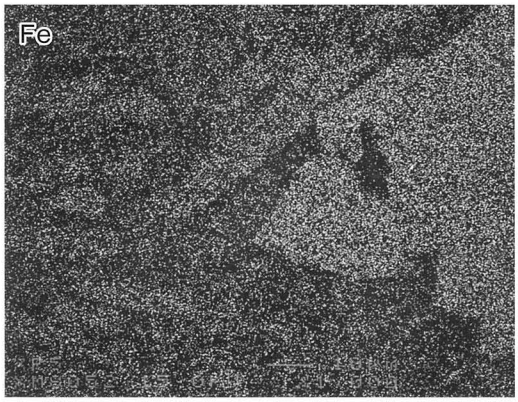


Photo.12　上段：鉄塊系遺物（CHO－10）のマクロ組織（×５）
　　下段：炉壁（羽口付、鍛冶炉）（CHO－11）のマクロ組織（×５）

COMP
×1000



Element	1	2	9
Na_2O	0.012	—	0.516
MgO	1.196	1.653	3.148
Al_2O_3	0.041	0.524	9.384
SiO_2	0.109	0.093	45.668
P_2O_5	—	—	0.081
S	—	—	0.023
K_2O	—	—	2.341
CaO	0.166	0.021	4.212
TiO_2	54.289	34.471	1.828
MnO	1.523	1.632	1.592
FeO	46.537	61.731	34.142
Total	103.873	100.125	102.929



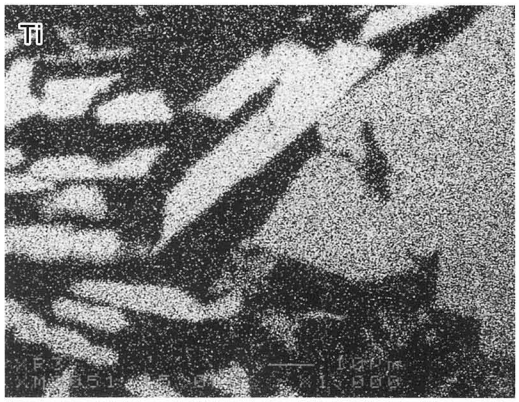
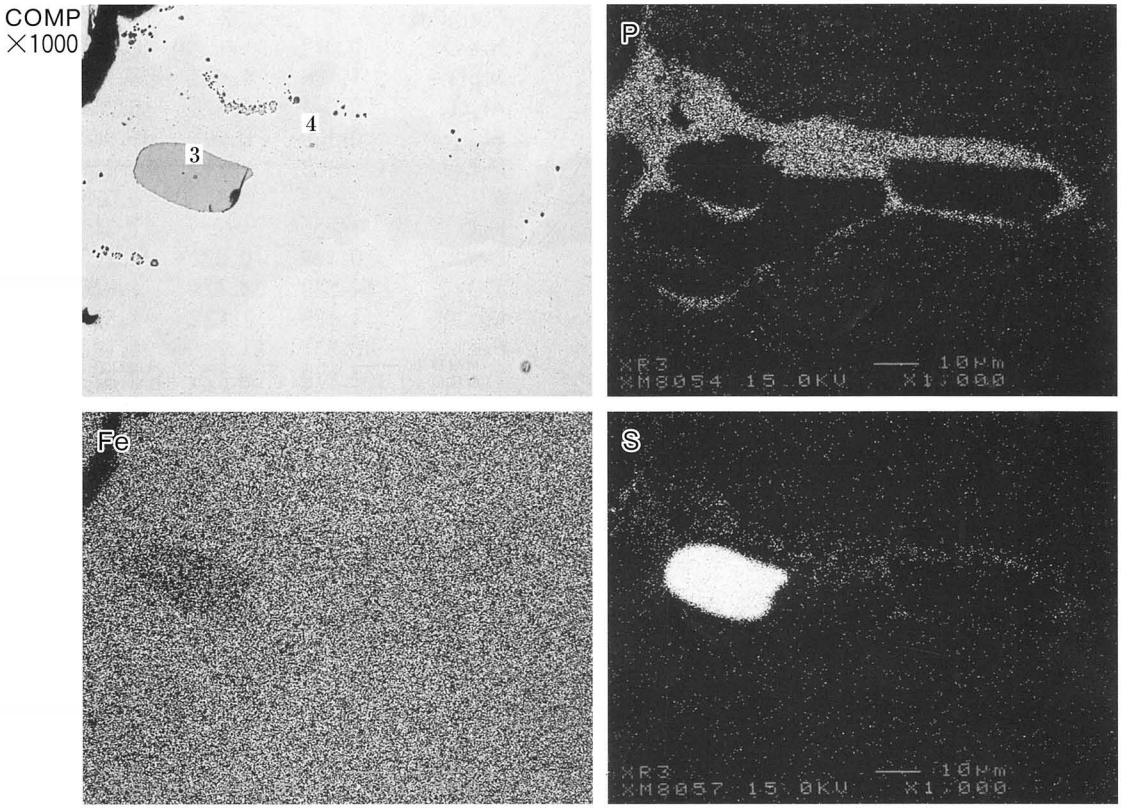


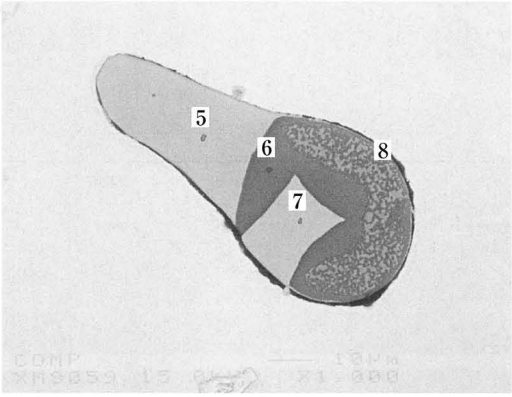
Photo.13　流動滓（ガス質、工具痕付）（CHO－４）鉱物相の特性Ｘ線像と定量分析値



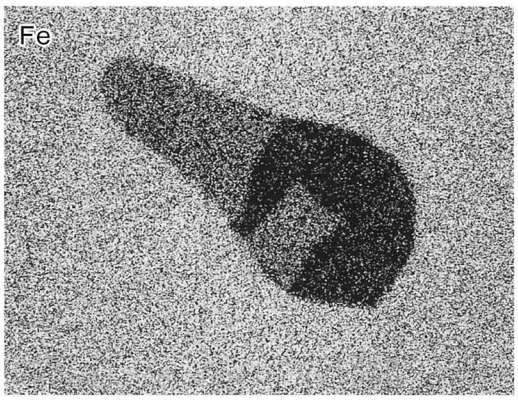
Element	3	4
Na_2O	—	0.005
MgO	—	0.028
Al_2O_3	—	—
SiO_2	0.036	0.040
P_2O_5	—	17.655
S	37.101	0.527
K_2O	—	—
CaO	—	—
TiO_2	0.219	0.009
MnO	0.236	—
FeO	89.701	134.931
Total	118.035	153.063

Photo.14　流動滓（含鉄）（CHO－６）鉄中非金属介在物の特性Ｘ線像と定量分析値

COMP
×1000



Element	5	6	7	8
Na_2O	0.025	0.542	0.022	0.247
MgO	1.471	1.090	1.746	2.035
Al_2O_3	0.498	12.546	0.465	10.829
SiO_2	0.065	59.801	0.098	46.839
P_2O_5	—	0.095	0.013	0.144
S	—	0.013	0.002	0.032
K_2O	—	4.020	—	0.245
CaO	—	4.469	0.027	6.657
TiO_2	34.834	5.287	35.349	9.532
MnO	1.829	0.907	1.960	1.867
FeO	54.032	13.837	57.124	25.450
Total	92.754	102.604	96.806	103.869



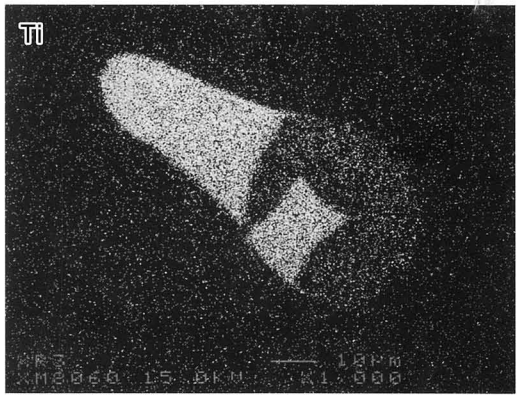
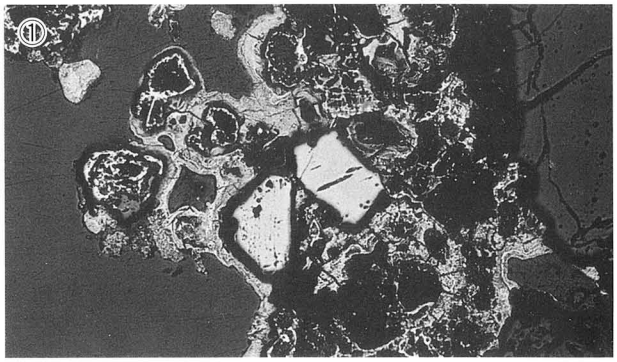
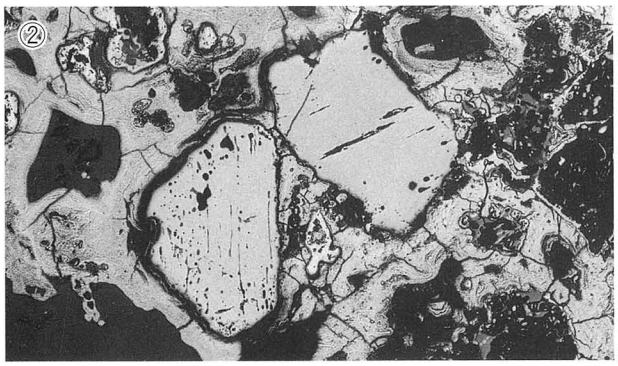
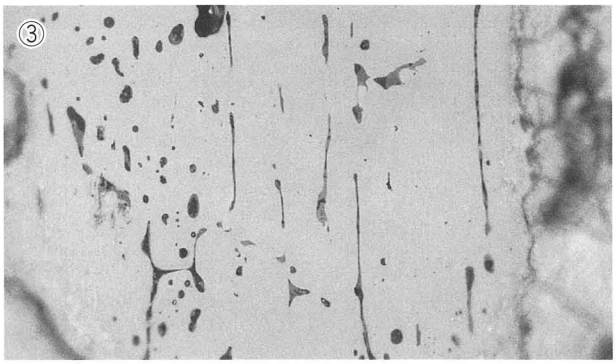


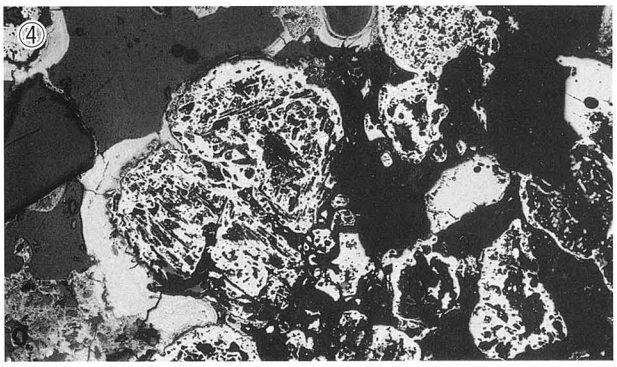
Photo.15　炉内滓（含鉄）（CHO－９）鉄中非金属介在物の特性Ｘ線像と定量分析値

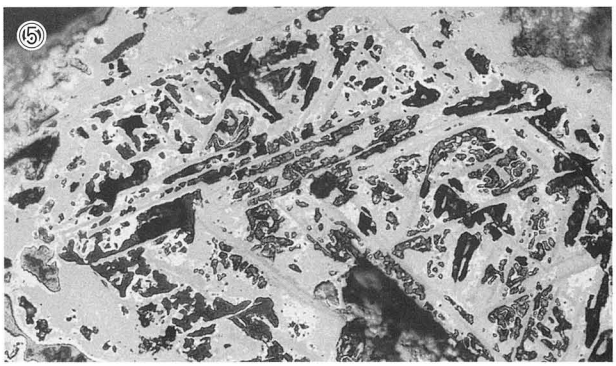
TOI－1
炉壁（砂鉄焼結）
①×50、②×100、③×400、焼結砂鉄
④×100、⑤×400、焼結砂鉄
格子組織
⑥×100、⑦×400、焼結砂鉄
⑧×50、⑨×100、炉壁胎土
粘土鉱物、石英・長石粒混入

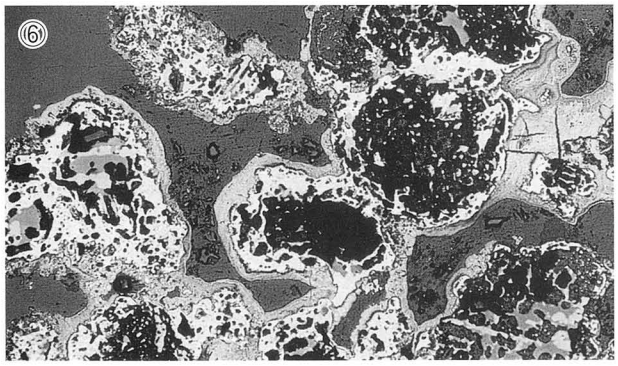


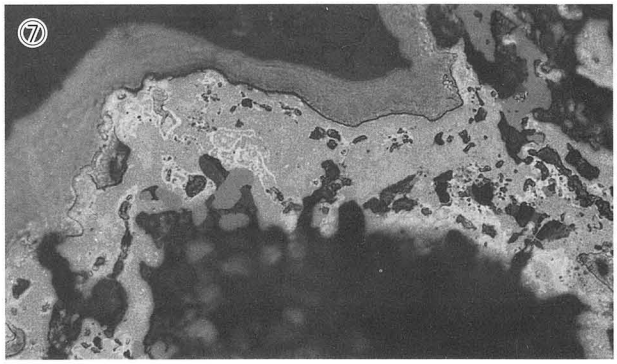


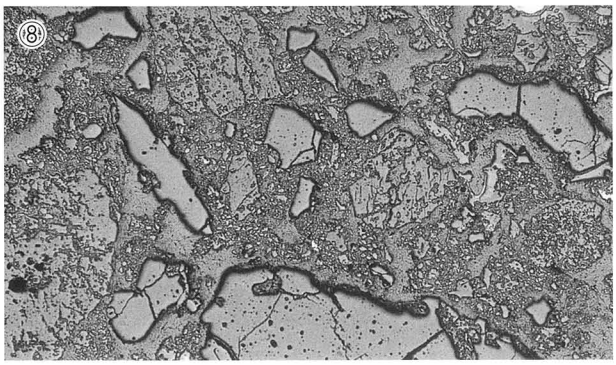












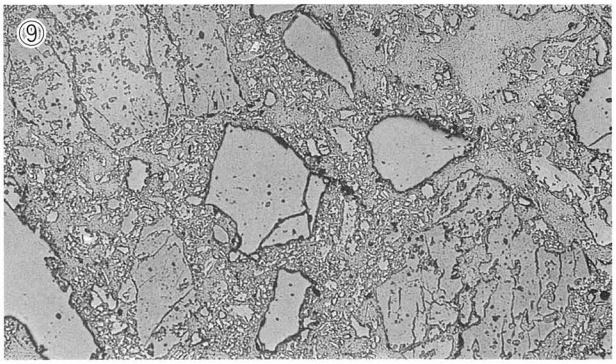
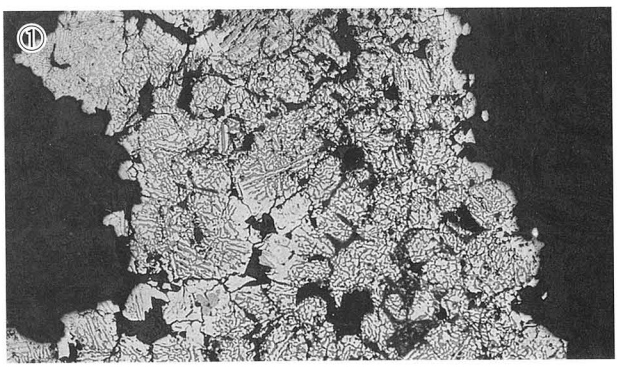
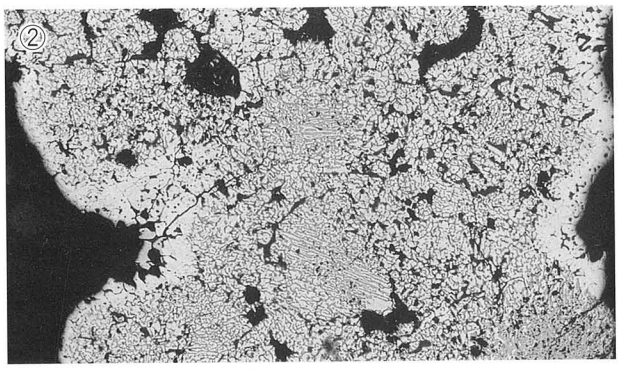
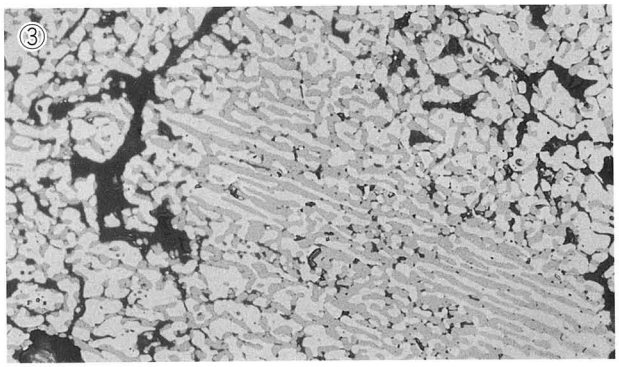


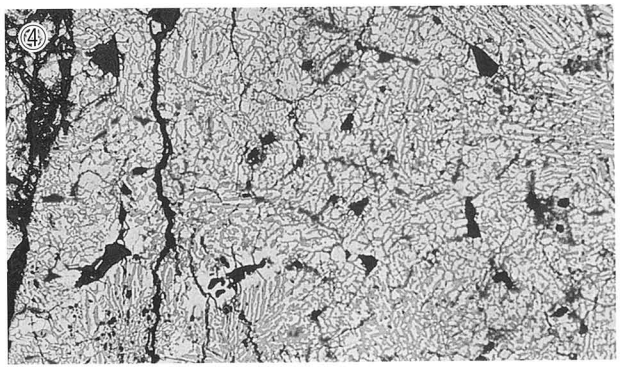
Photo. 1　炉壁（砂鉄焼結）の顕微鏡組織

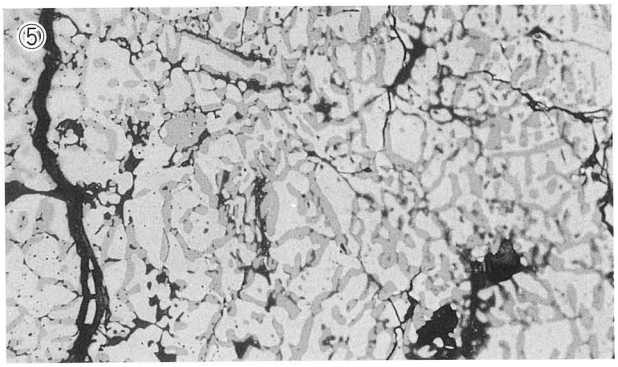
TOI－2
砂鉄焼結塊
①×100、砂鉄凝集、溶離組織
②×100、③×400、同上
④×100、⑤×400、同上



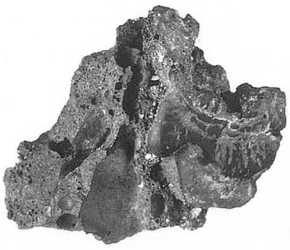


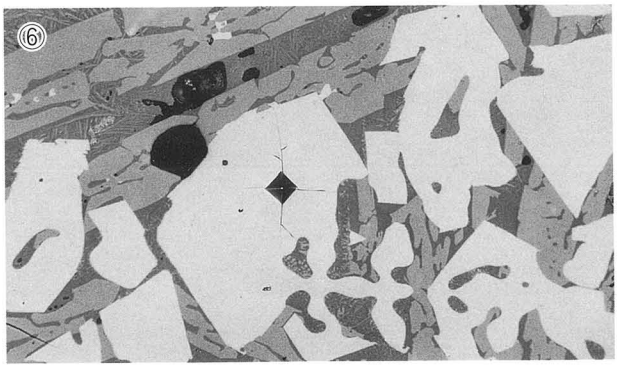






TOI－3
流動滓
⑥×200、硬度圧痕：690Hv、ウルボスピネル
⑦×100、⑧×400、ウルボスピネル・ファイヤライト





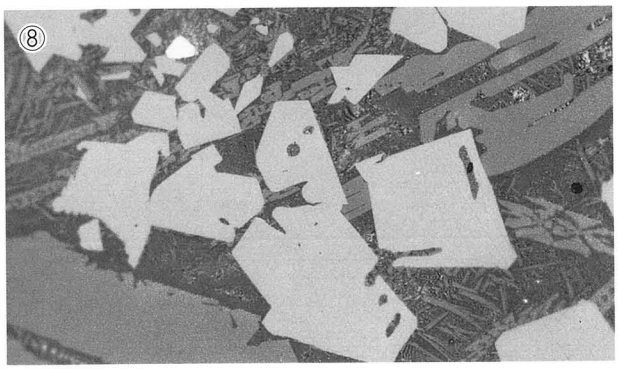
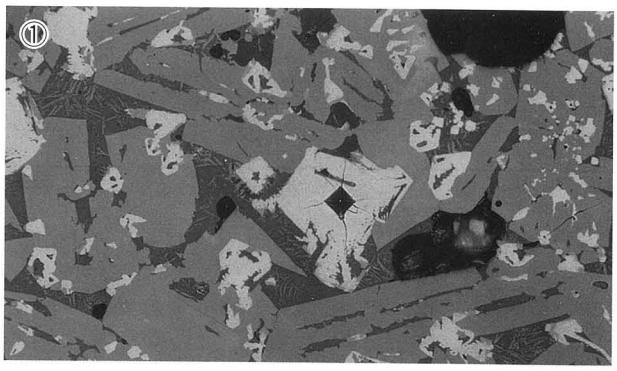
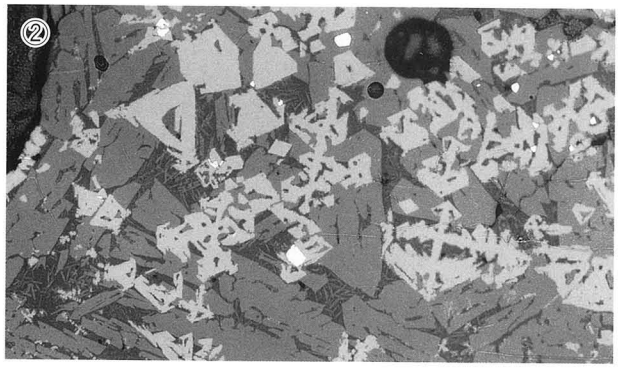
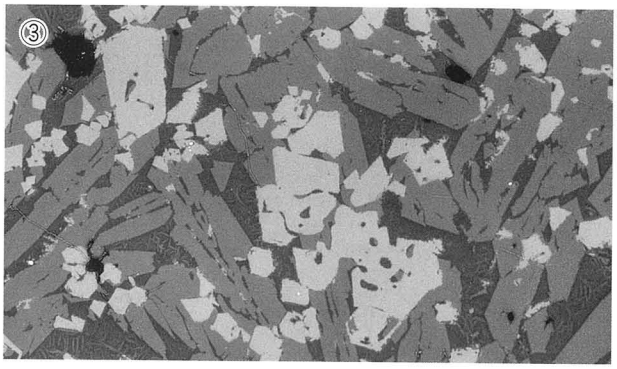


Photo. 2　砂鉄焼結塊・流動滓の顕微鏡組織

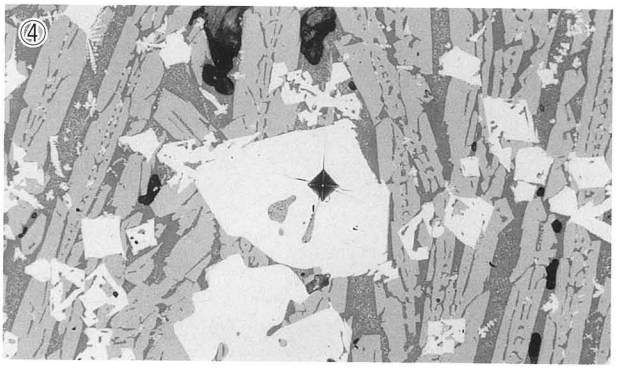
TOI－4
流動滓（流出孔滓？）
①×200、硬度圧痕：756Hv、ウルボスピネル
②×100、ウルボスピネル・ファイヤライト
③×100、同上

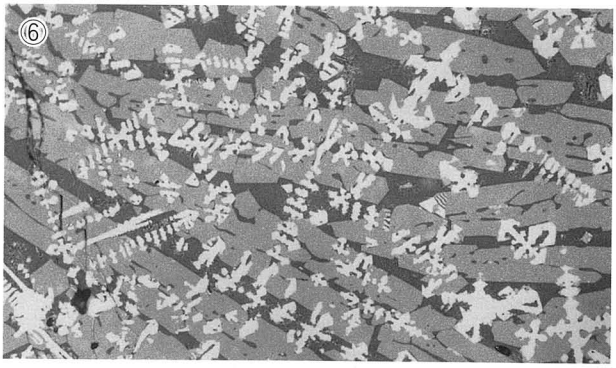


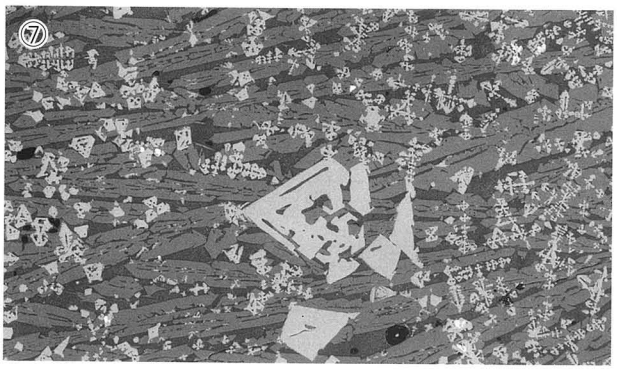




TOI－5
流動滓（流出孔滓？）
④×200、硬度圧痕：714Hv
⑤×100、⑥×400、表層：微小ウルボスピネル・ファイヤライト
⑦×100、⑧×400、内部：ウルボスピネル（局部的に発達）・ファイヤライト







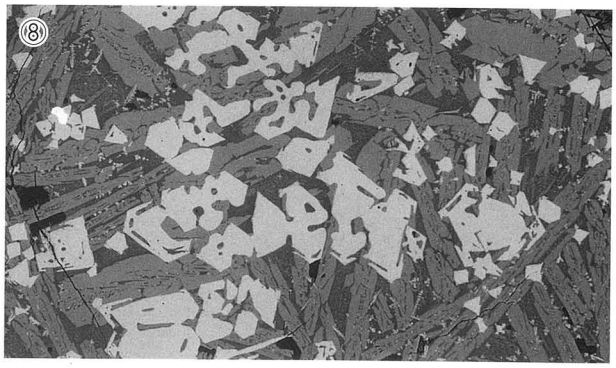
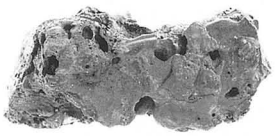
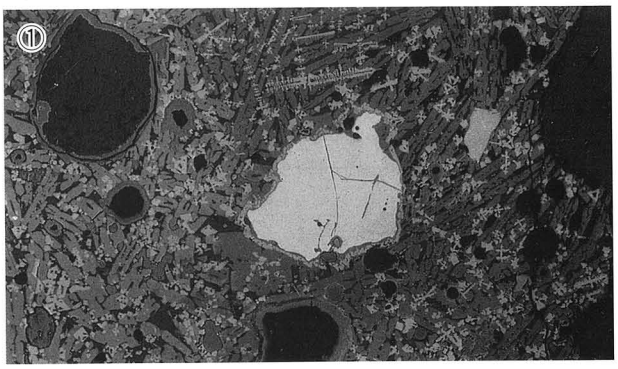
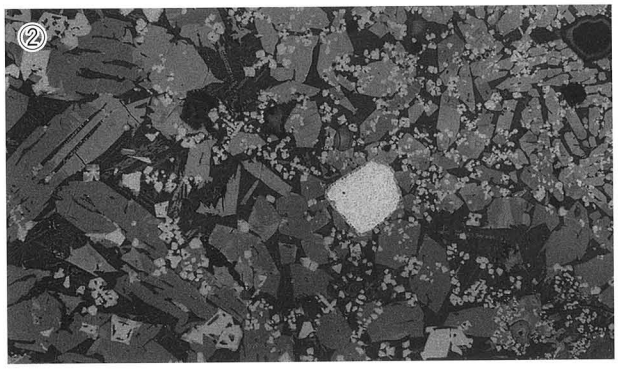


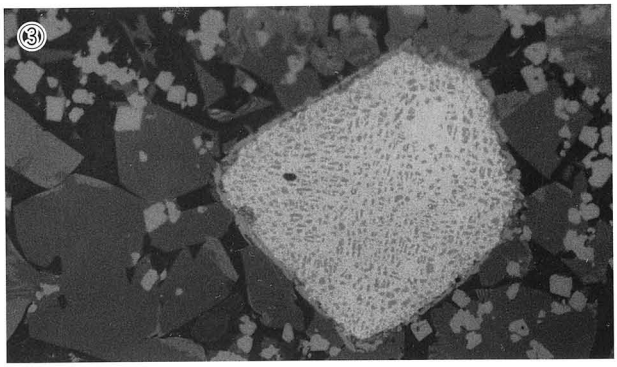
Photo. 3　流動滓の顕微鏡組織

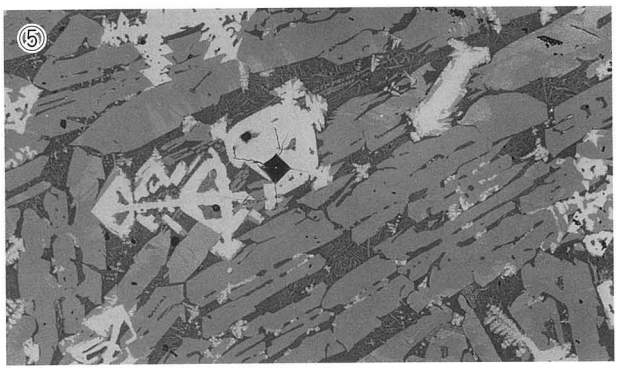
TOI－6
流動滓（流出孔滓？）
①×100、白色粒：被熱砂鉄
ウルボスピネル・ファイヤライト
②×100、③×400、同上
⑤×100、ウルボスピネル・ファイヤライト
⑥×200、硬度圧痕：762Hv
ウルボスピネル



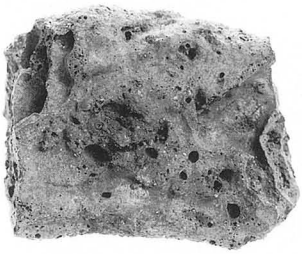


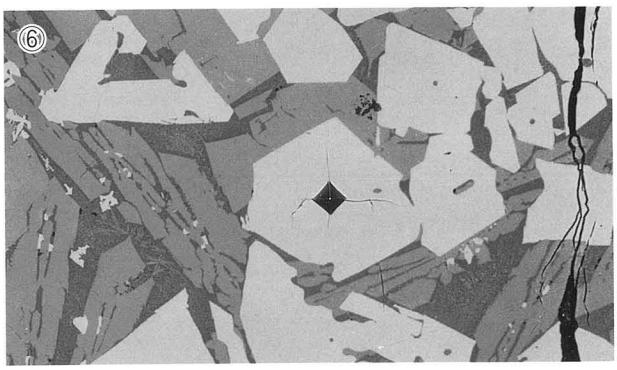


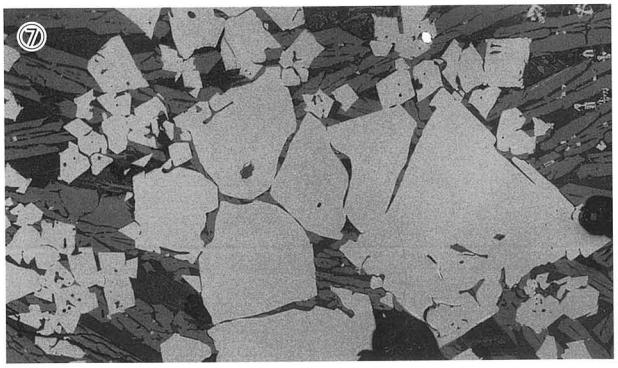




TOI－7
流動滓（流出溝滓）
⑥×200、硬度圧痕：676Hv
ウルボスピネル
⑦×100、ウルボスピネル・ファイヤライト
⑧×100、同上







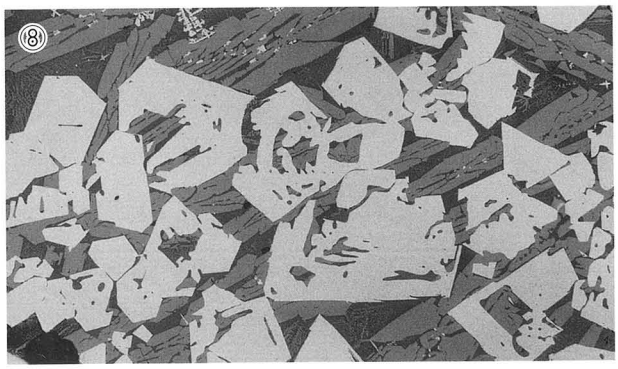
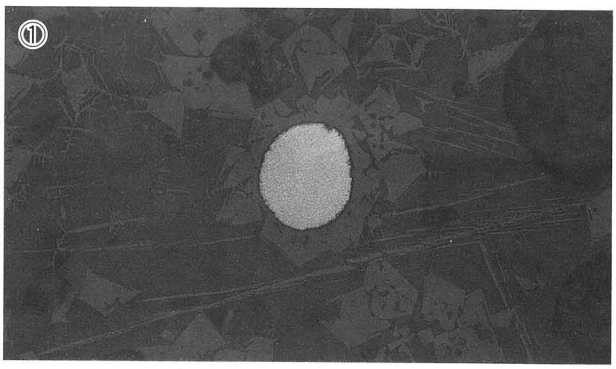
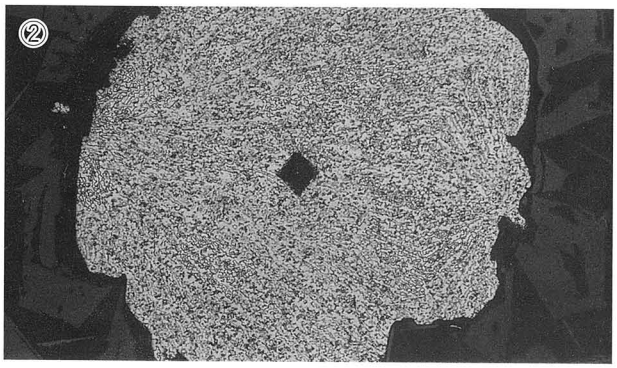
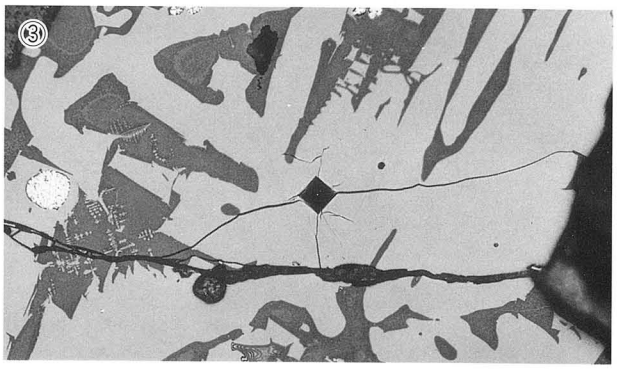


Photo. 4　流動滓の顕微鏡組織

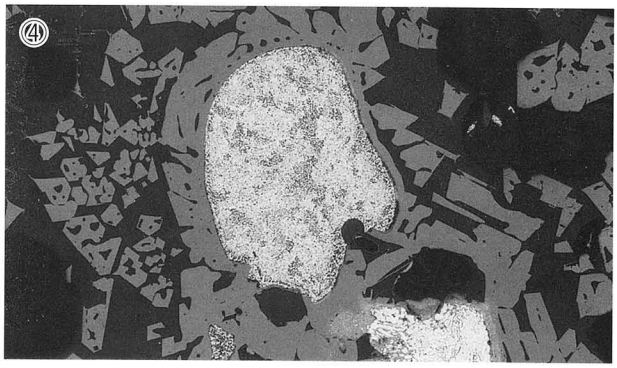
TOI－8
流動滓（緻密）
①～③ナイタルetch
①×100、中央：微小金属鉄粒
ウルボスピネル・イルミナイト
②③×200、硬度圧痕：
②374Hv、過共析組織
③543Hv、ウルボスピネル

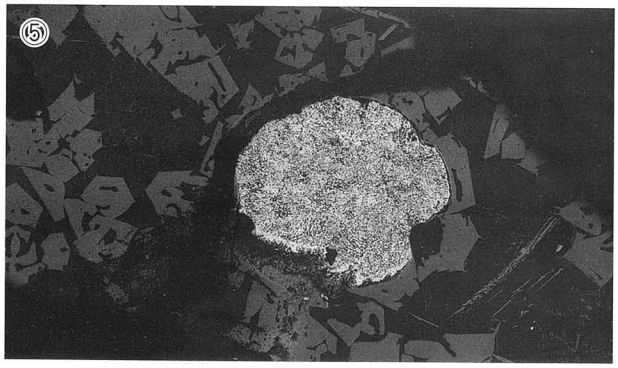


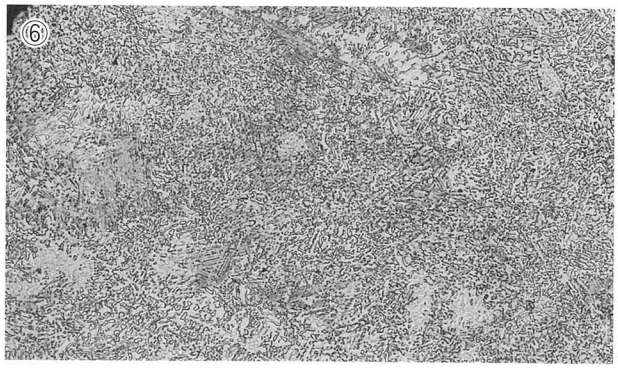


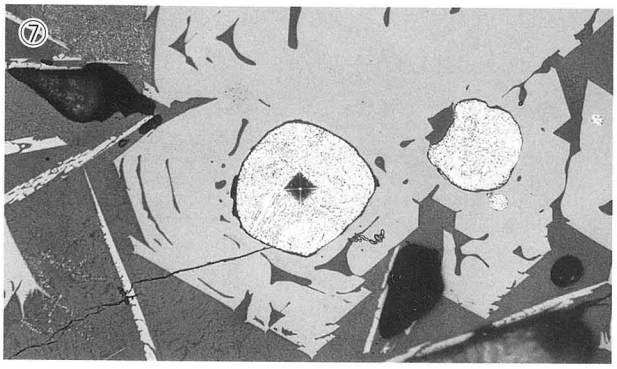


TOI－9
流動滓（ガス質）
④～⑧ナイタルetch
④×100、中央：微小金属鉄粒・ウルボスピネル
⑤×100、⑥×400、中央：微小金属鉄粒、ウルボスピネル・イルミナイト
⑦⑧×200、硬度圧痕：
⑦633Hv⑧643Hv、ウルボスピネル









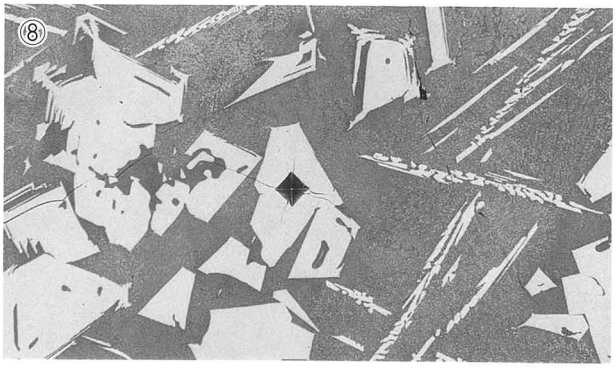
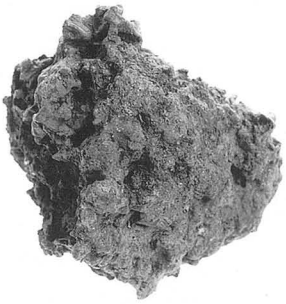
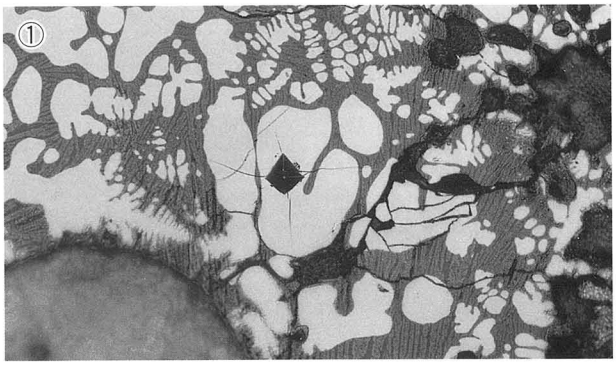
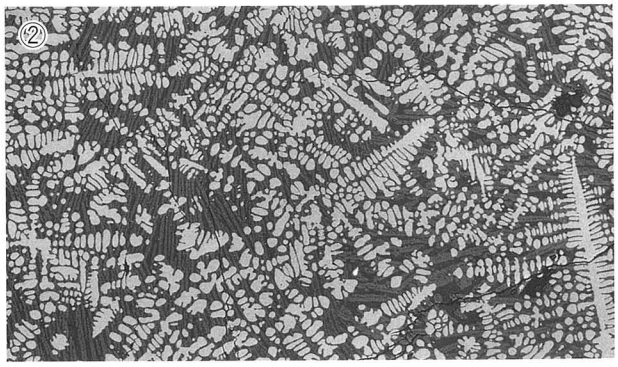


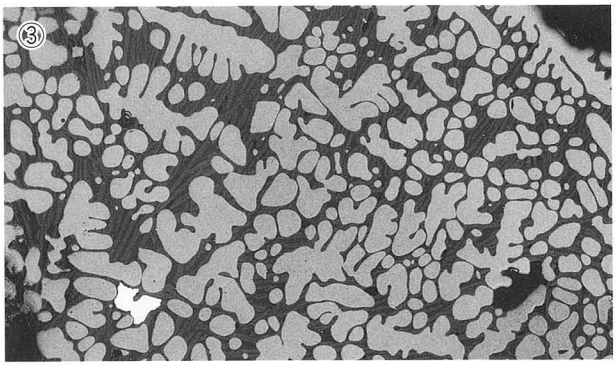
Photo. 5　流動滓の顕微鏡組織

TOI−10
鍛冶滓
①×200、硬度圧痕：444Hv、ヴスタイト
②×100、③×400、ヴスタイト・ファイヤライト

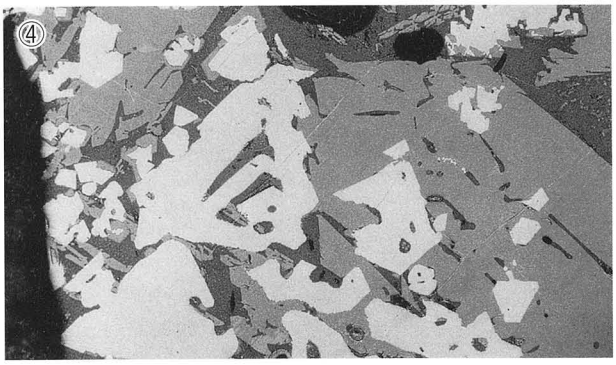


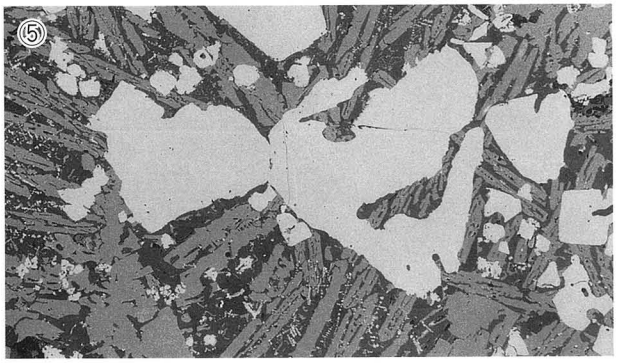


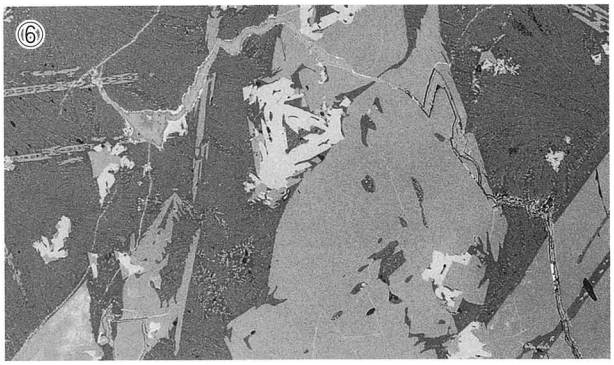


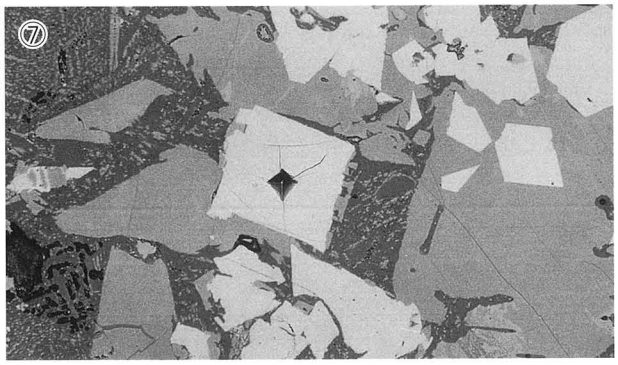


TOI−11
炉底滓
④〜⑥×100、ウルボスピネル・ファイヤライト
⑦⑧×200、硬度圧痕
⑦789Hv、ウルボスピネル
⑧612Hv、ファイヤライト









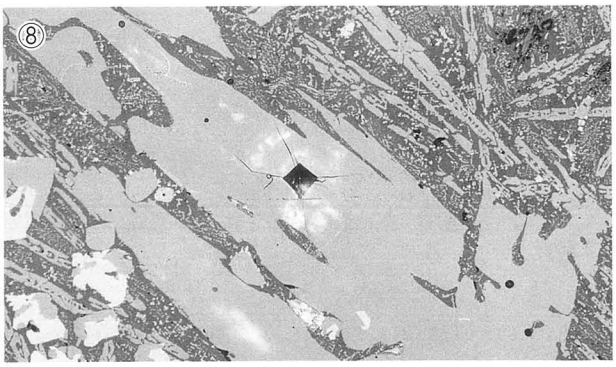
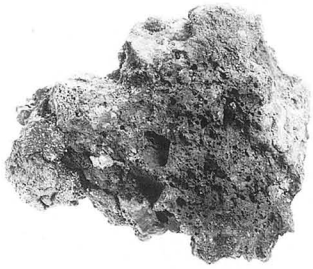
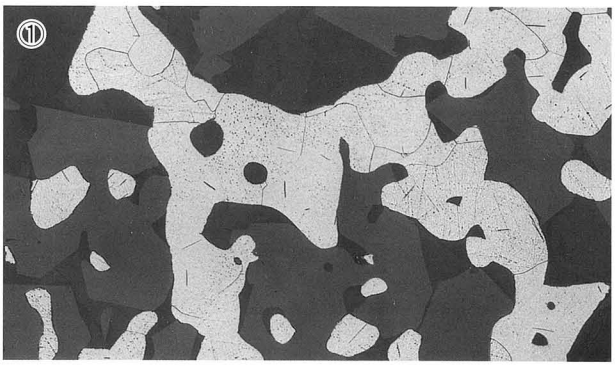
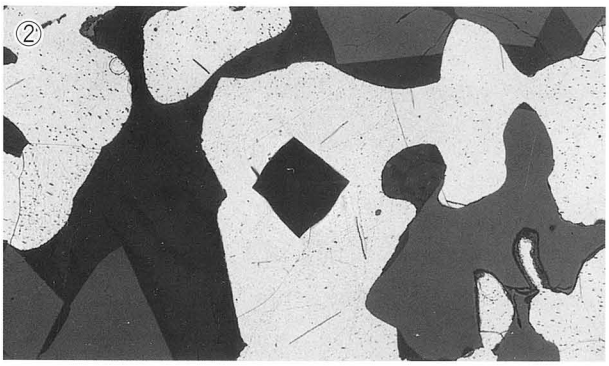


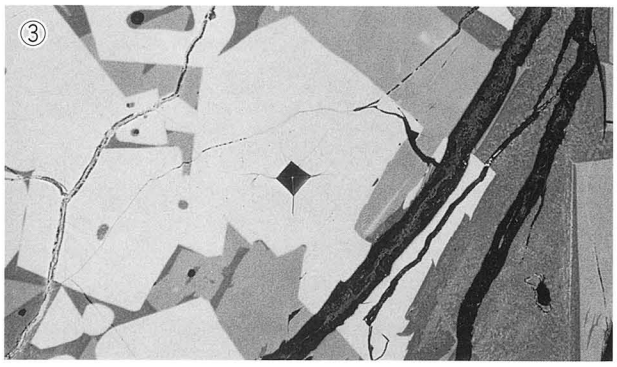
Photo. 6　鍛冶滓・炉底塊の顕微鏡組織

TOI－12
炉底塊（含鉄）
①～③ナイタルetch
①×100、金属鉄：未凝集フェライト、滓部：ウルボスピネル
②③×200、硬度圧痕：②80Hv、フェライト
③620Hv、ウルボスピネル

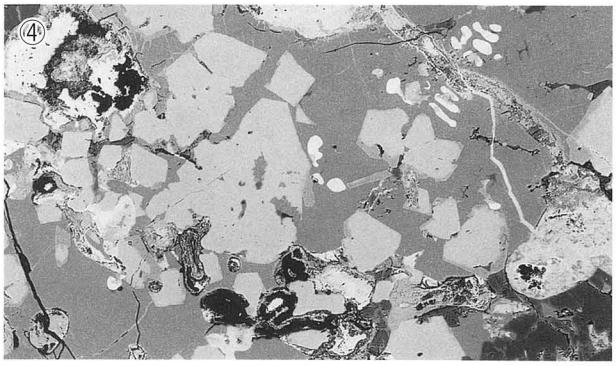


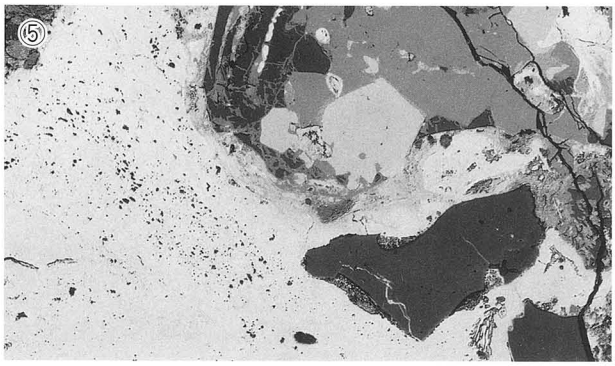


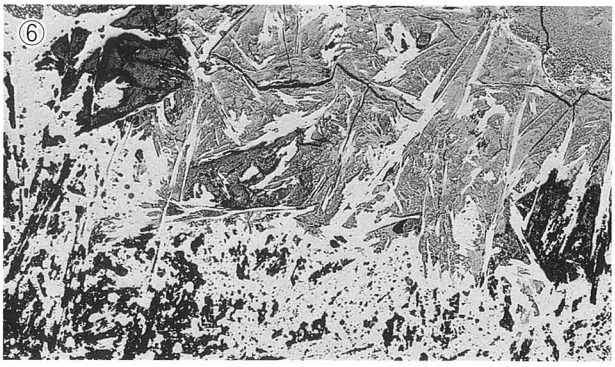


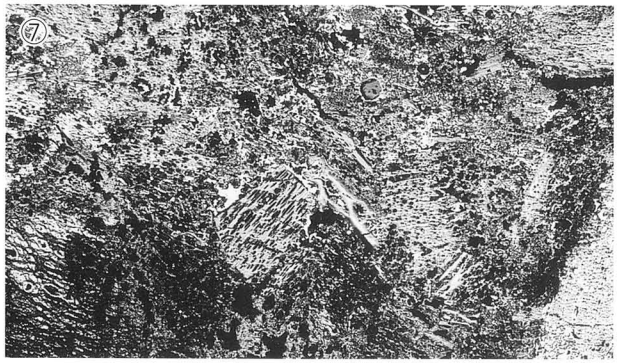


TOI－13
炉内滓（含鉄）
④×100、ウルボスピネル・ファイヤライト・ヴスタイト
⑤×100、滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト、銹化鉄
⑥×100、銹化鉄
⑦×100、黒鉛化木炭
⑧×200、硬度圧痕：785Hv、ウルボスピネル









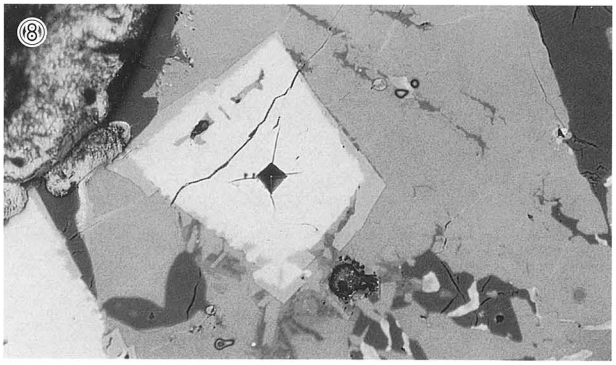
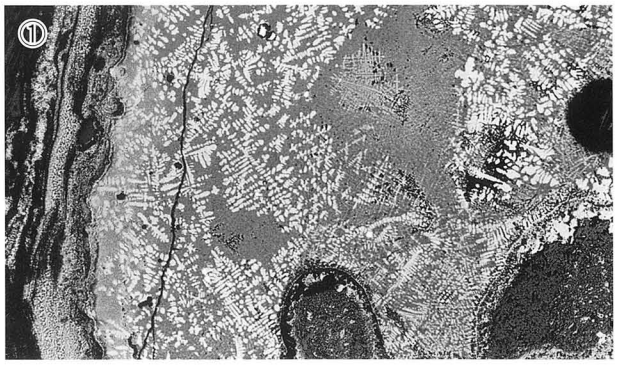
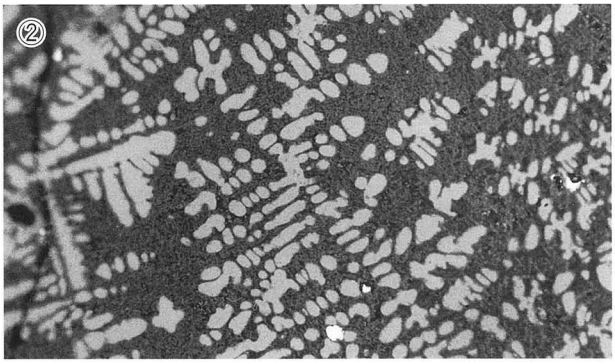
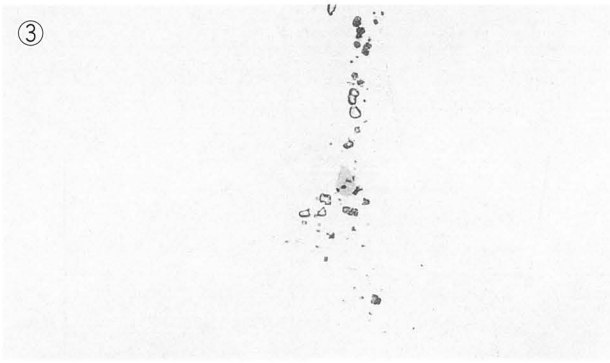


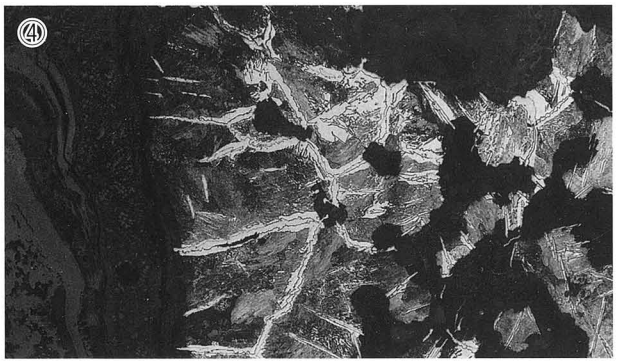
Photo. 7　炉底塊・炉内滓の顕微鏡組織

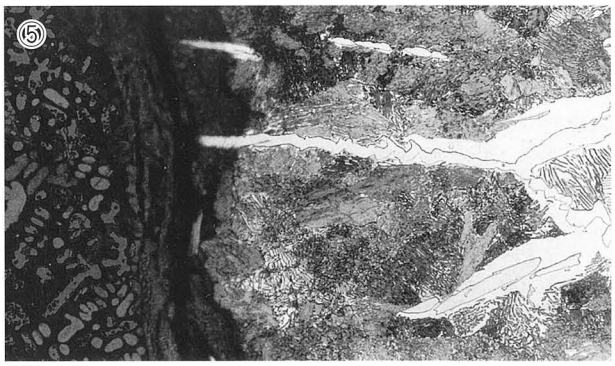
TOI－14
鉄塊系遺物
①×100、②×400、滓部：ヴスタイト・ファイヤライト　③×400、鉄中非金属介在物　④～⑨ナイタルetch
④×100、⑤×400、針状セメンタイト・パーライト、⑥×100、⑦×400、同上
⑧⑨×200、硬度圧痕：⑧221Hv、⑨203Hv

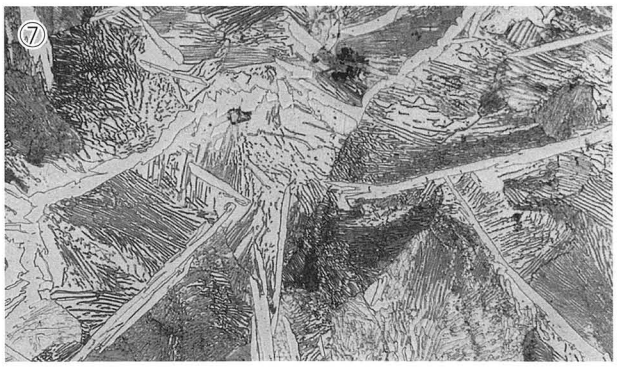












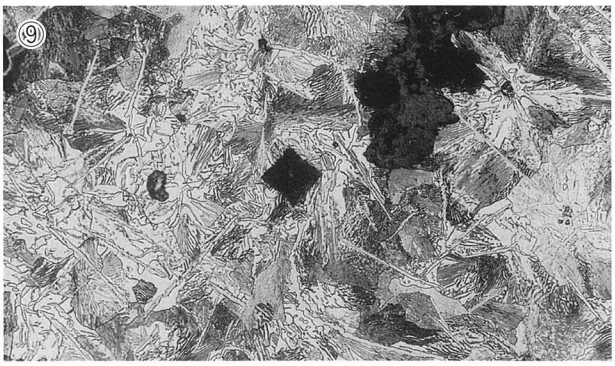
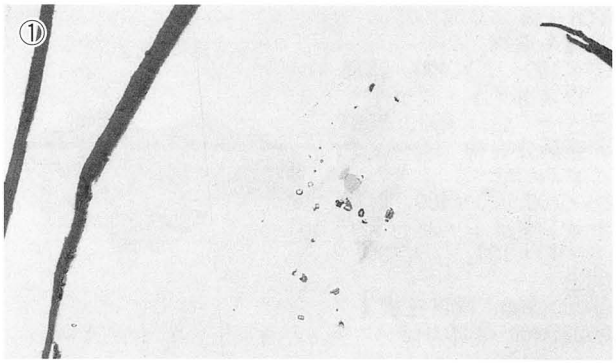
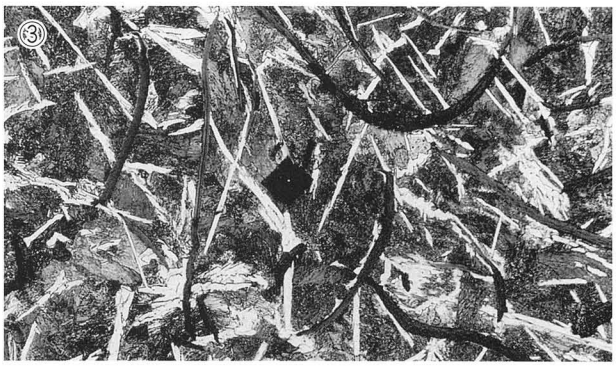


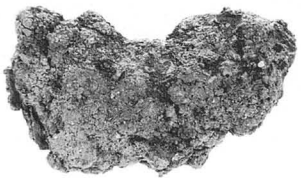
Photo. 8　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

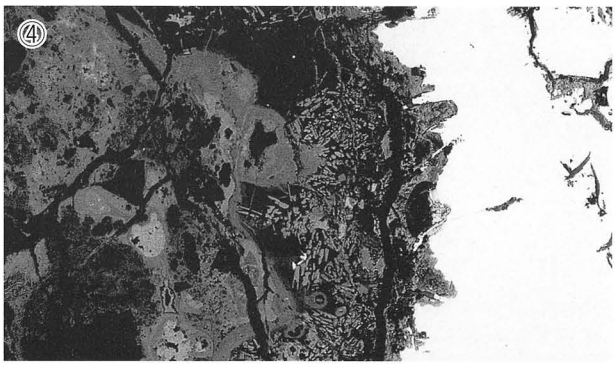
TOI－15
鉄塊系遺物（流動状）
①×400、中央：鉄中非金属介在物、
硫化鉄(FeS)と片状黒鉛
②③ナイタルetch
②×100、片状黒鉛、針状セメンタイト・パーライト：ねずみ鋳鉄
③×200、硬度圧痕：294Hv





TOI－16
鉄塊系遺物（流動状）
④×100、表皮スラグ：イルミナイト
白色部：金属鉄
⑤×400、鉄中非金属介在物・片状黒鉛
⑥～⑧ナイタルetch
⑥×100、針状セメンタイト・パーライト
⑦⑧×200、硬度圧痕：⑦229Hv、⑧250Hv





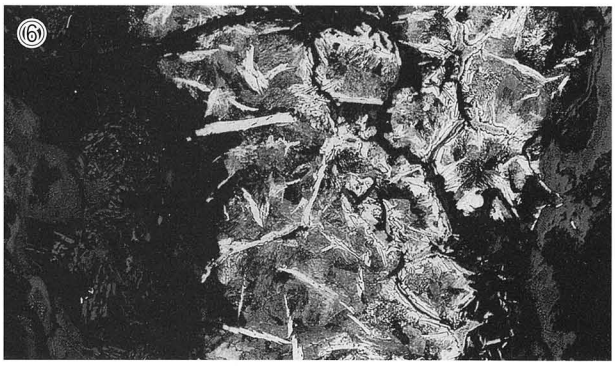
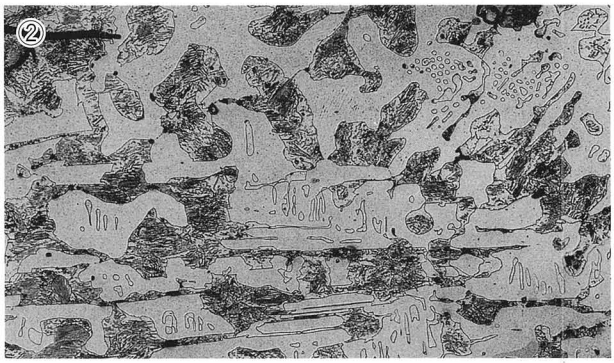
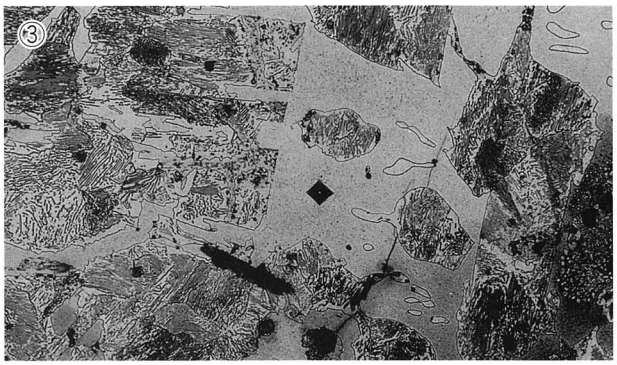


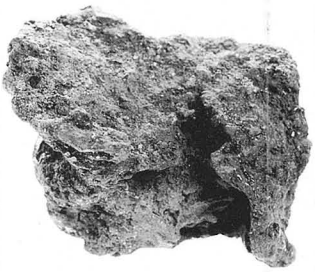
Photo. 9　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

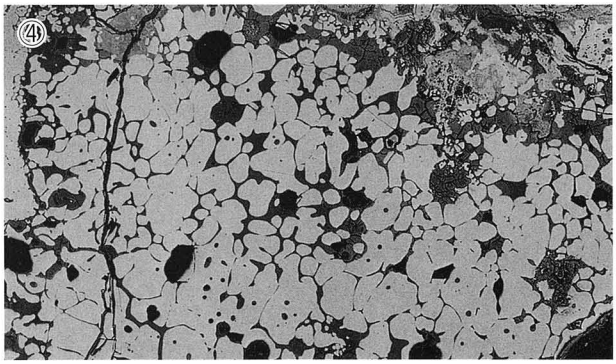
TOI－17
鉄塊系遺物
①×400、鉄中非金属介在物：硫化鉄（FeS）
②③ナイタルetch
②×100、亜共晶組成白鋳鉄
③×200、硬度圧痕：1037Hv
板状セメンタイト

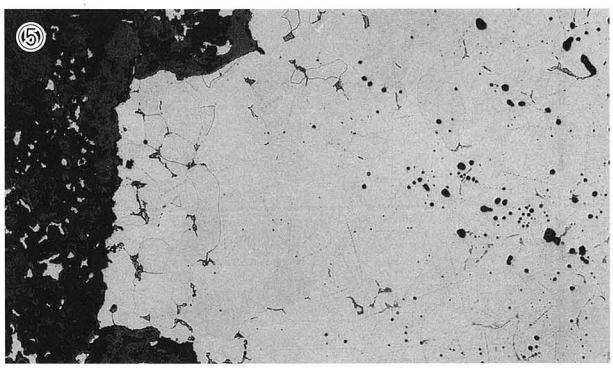


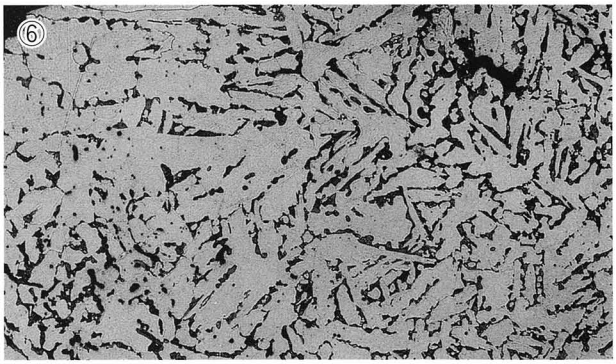


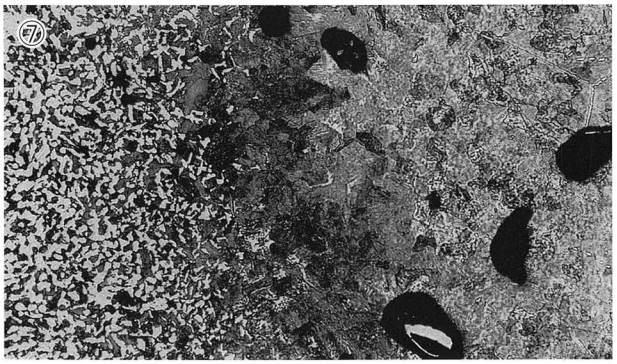
TOI－18(1)
鉄塊系遺物（半流動状）
④×100、滓部：ヴスタイト凝集
⑤～⑧ナイタルetch
⑤×100、フェライト・微量パーライト
⑥×100、フェライト・パーライト
⑦×100、⑧×400、フェライト・パーライト～全面パーライト











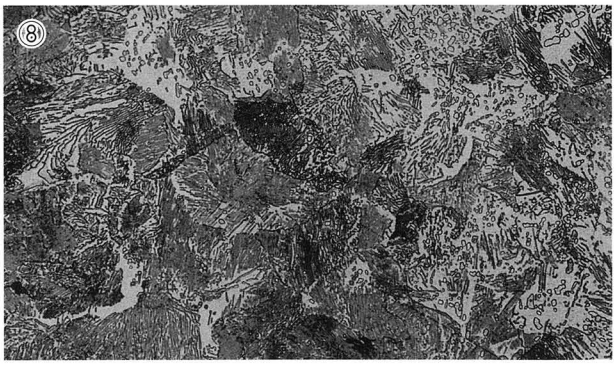
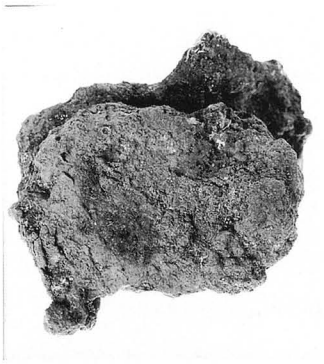
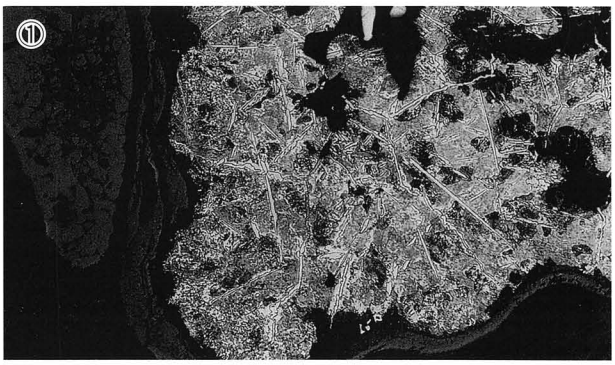
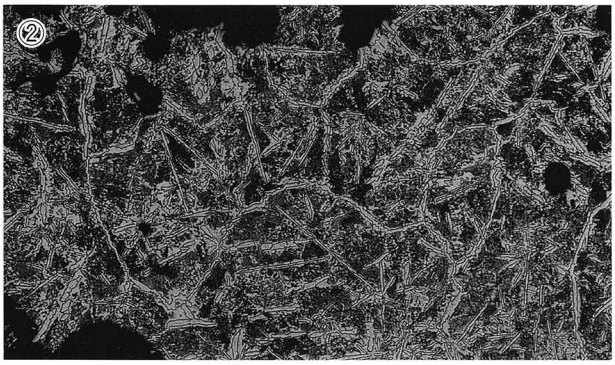


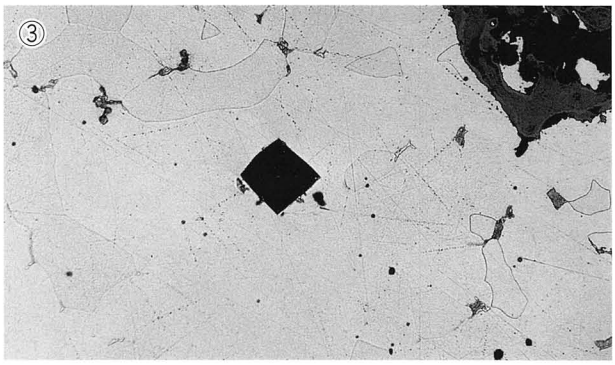
Photo.10　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

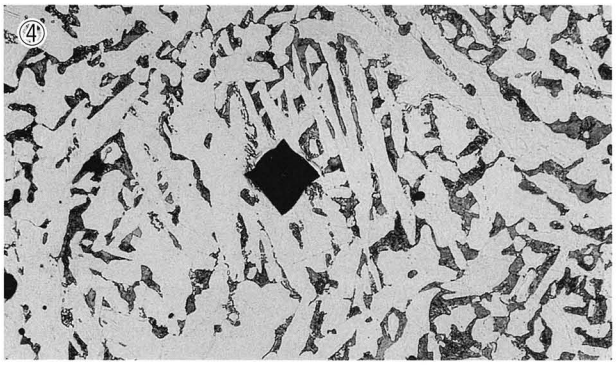
TOI－18(2)
鉄塊系遺物（半流動状）
①～⑨ナイタルetch
①②×100、針状セメンタイト・パーライト
③～⑨×200、硬度圧痕
③125Hv、④135Hv
⑤202Hv、⑥193Hv
⑦285Hv、⑧196Hv
⑨241Hv

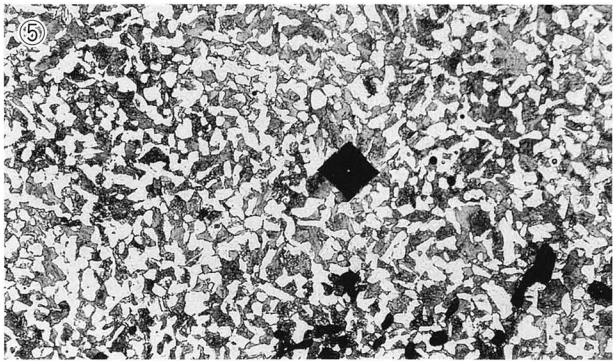


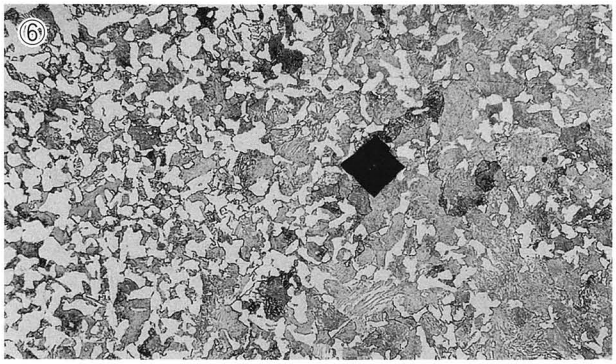


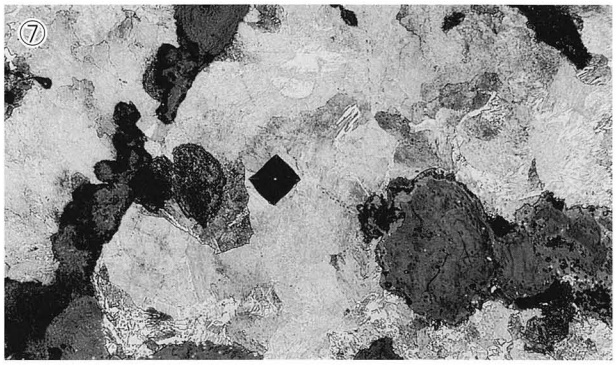


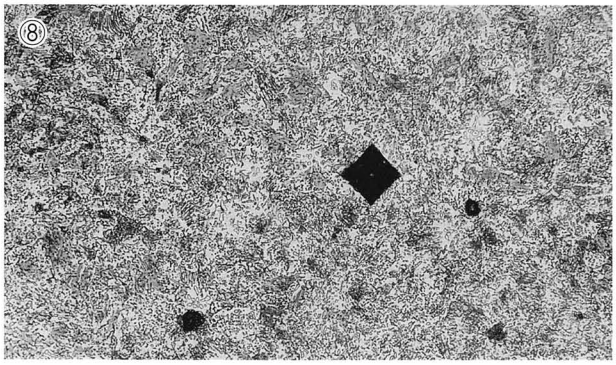












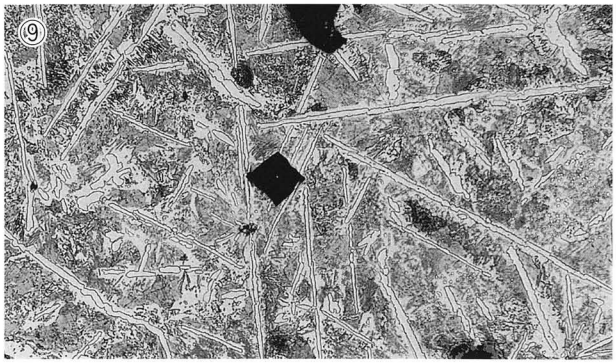
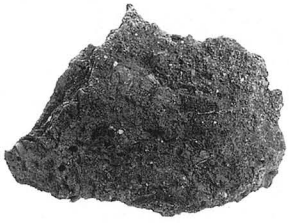
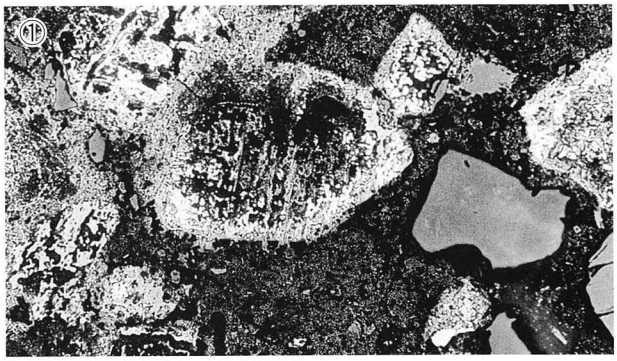
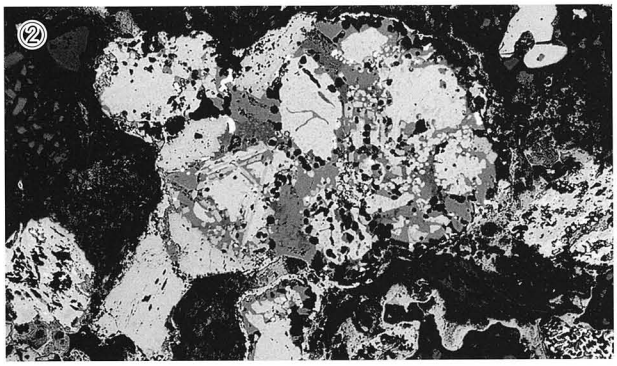


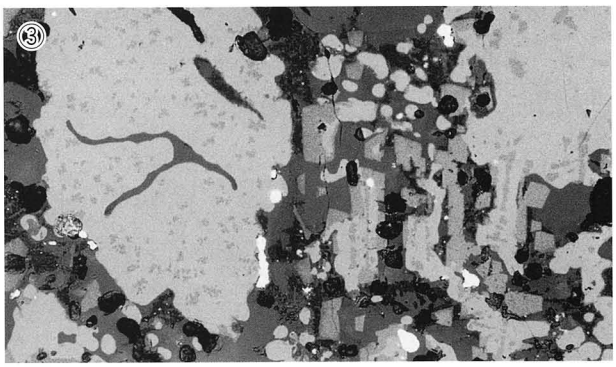
Photo.11　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

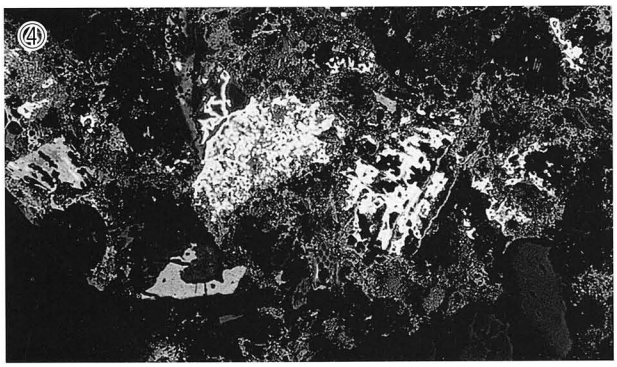
TOI－19
再結合滓
①×100、半還元砂鉄
②×100、③×100、同上
④×100、⑤×400、砂鉄粒子より微小金属鉄粒溶出
⑥×100、⑦×400、同上
⑧×100、製錬滓片：シュードブルーカイト
⑨×100、黒鉛化木炭

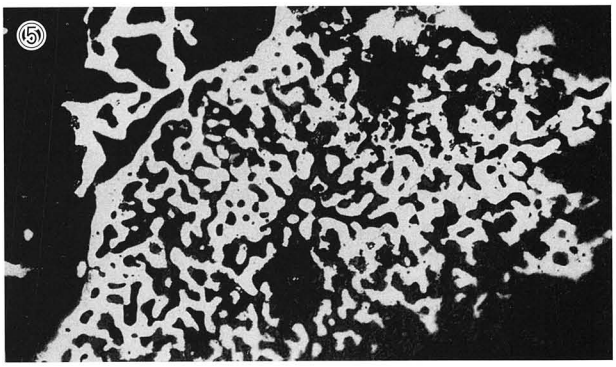


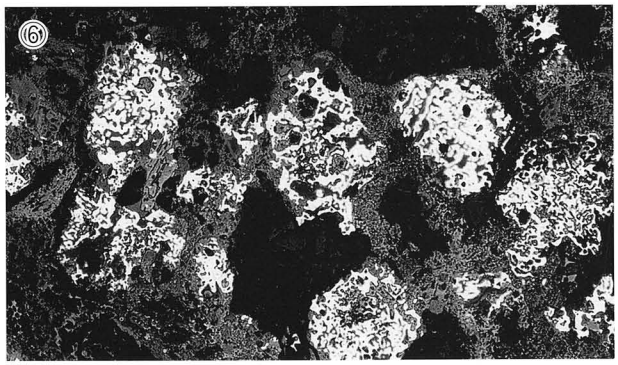


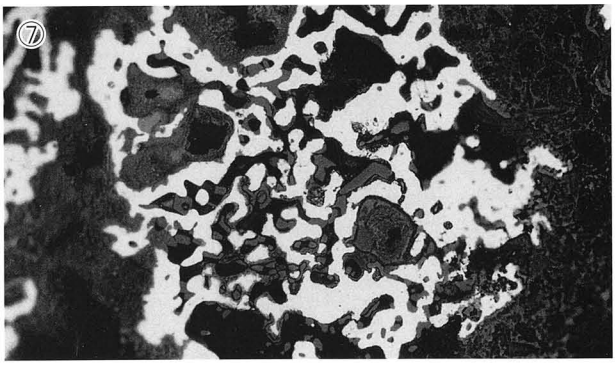


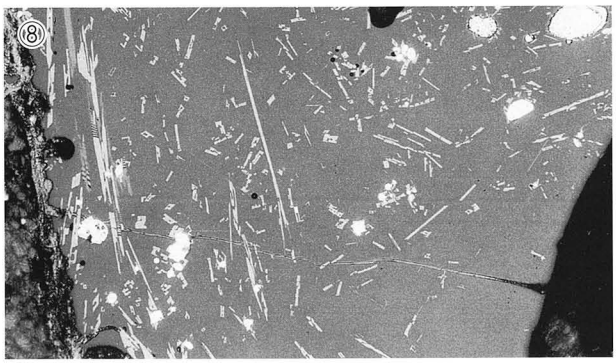












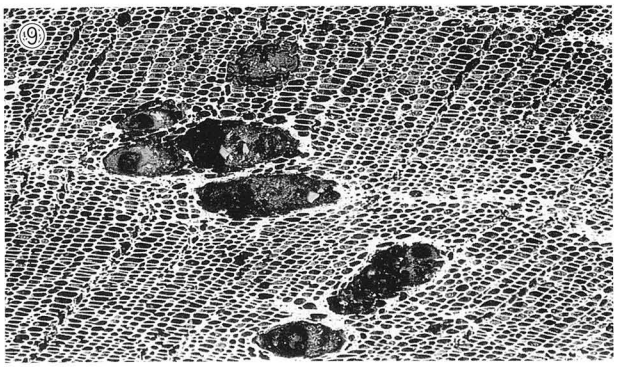
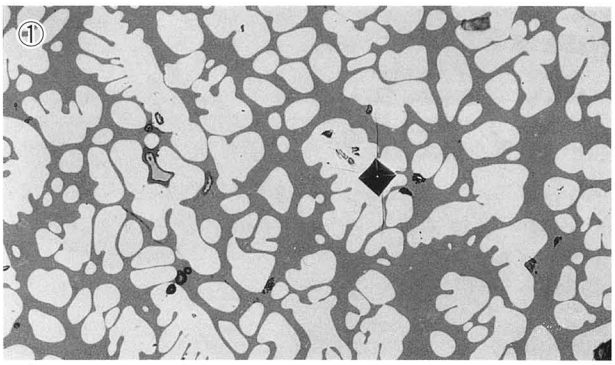
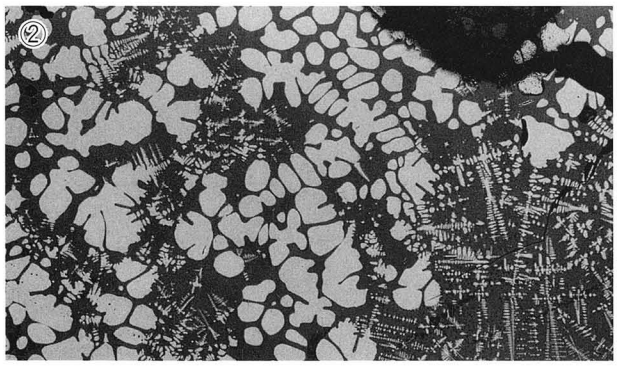
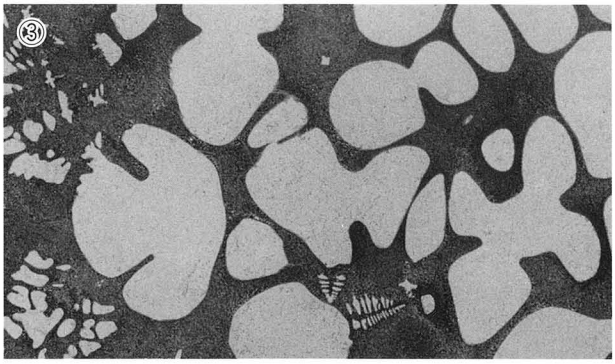


Photo.12　再結合滓の顕微鏡組織

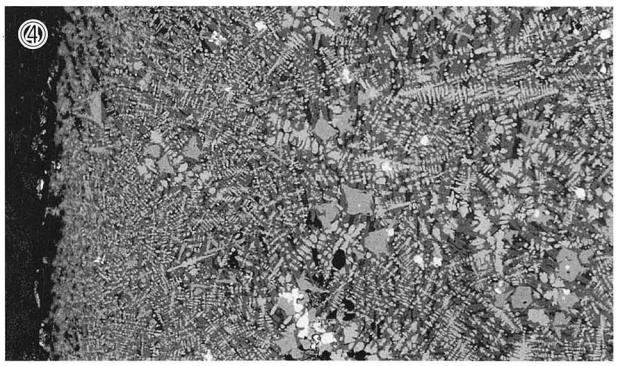
TOI−21
椀形鍛冶滓
①×200、硬度圧痕：519Hv、ヴスタイト
②×100、③×400、ヴスタイト（粒内微小 Fe-Ti 化合物析出）

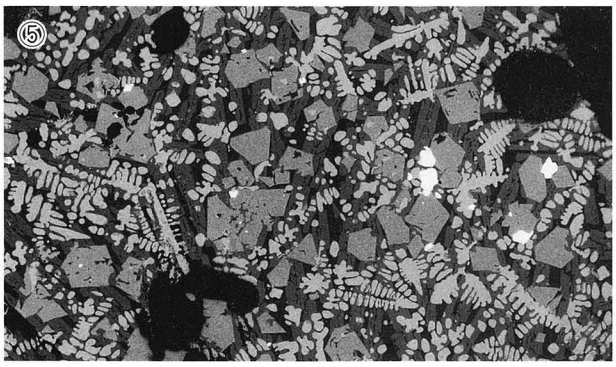


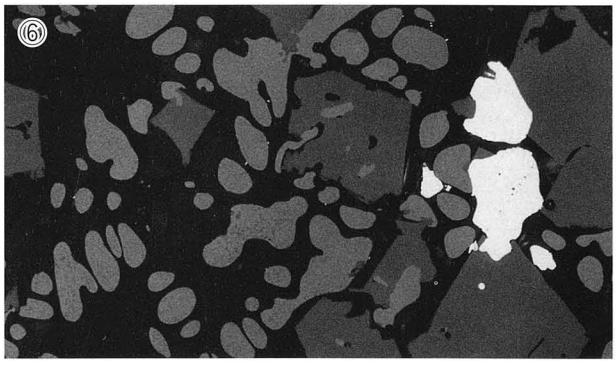


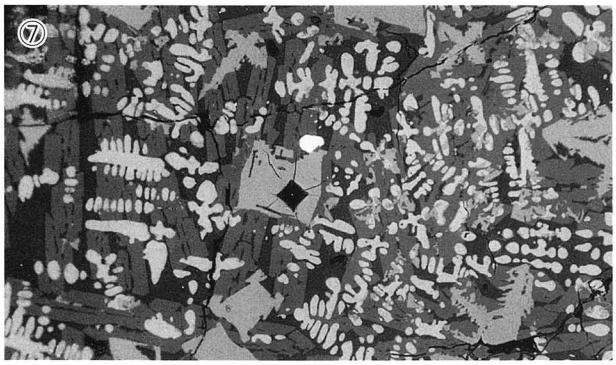


TOI−22
鍛冶滓（流動滓）
④×100、表層：ヴスタイト・ウルボスピネル・ファイヤライト　⑤×100、⑥×400、ウルボスピネル・ヴスタイト（粒内Fe-Ti 系析出物）・ファイヤライト、微小金属鉄粒　⑦⑧×200、硬度圧痕：⑦709Hv、ウルボスピネル　⑧461Hv、ヴスタイト









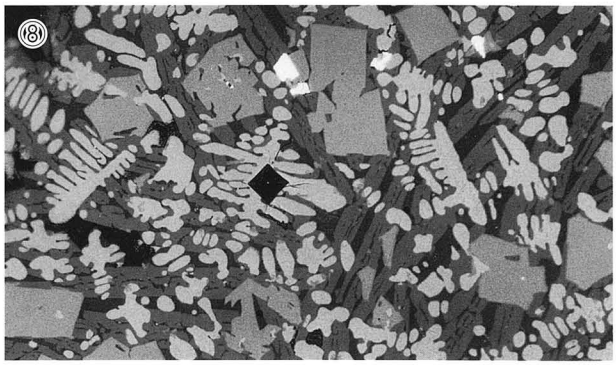
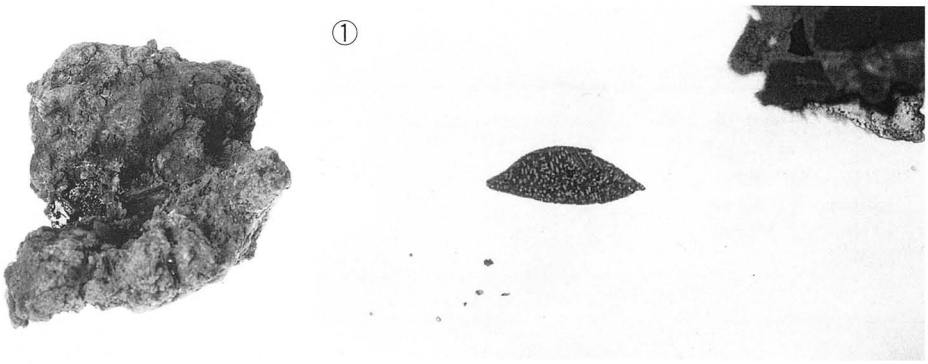
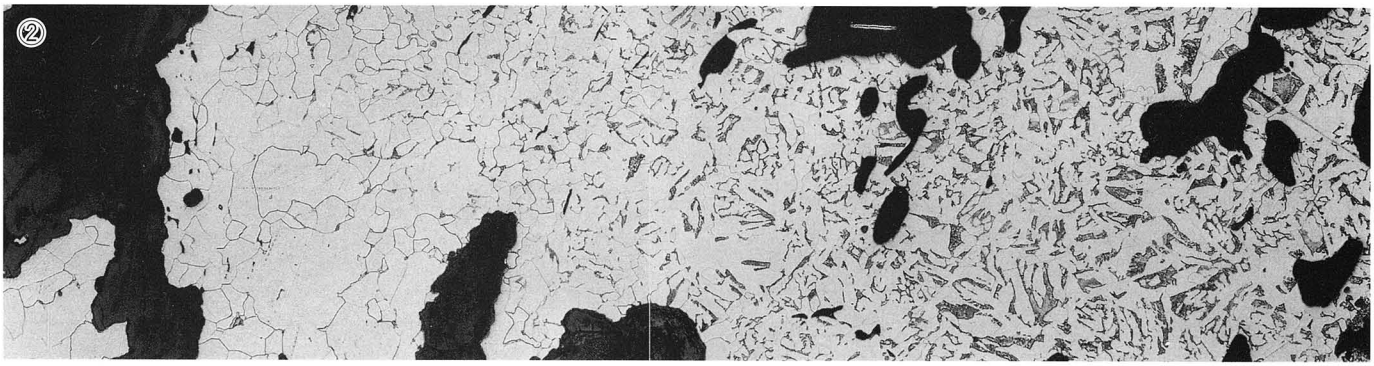
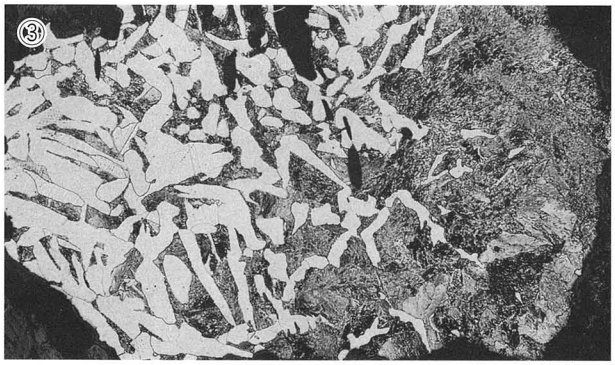


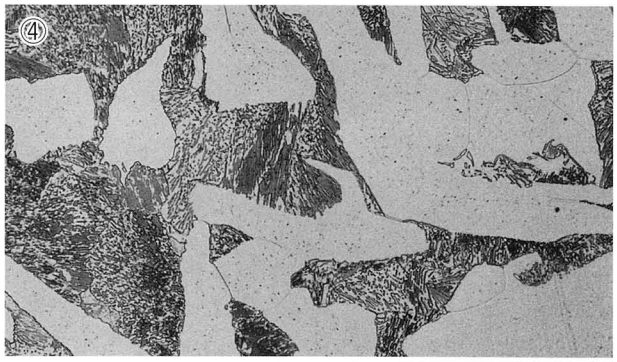
Photo.13　椀形鍛冶滓・鍛冶滓の顕微鏡組織

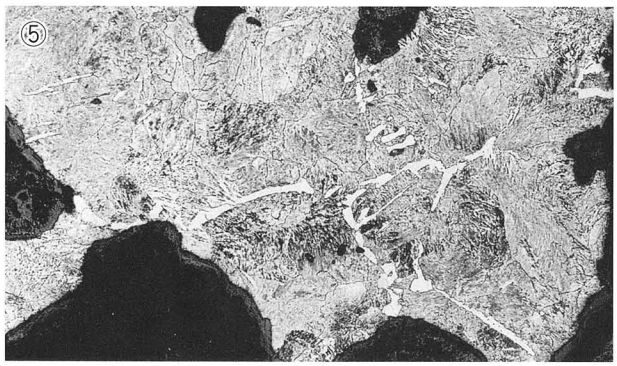
TOI−23(1)
鍛冶鉄塊系遺物
①×400、鉄中非金属介在物　②～⑨ナイタルetch　②×100、フェライト～フェライト・パーライト　③×100、④×400、フェライト・パーライト　⑤×100、⑥×400、パーライト主体　⑦×100、⑧×400、針状フェライト・パーライト・マルテンサイト

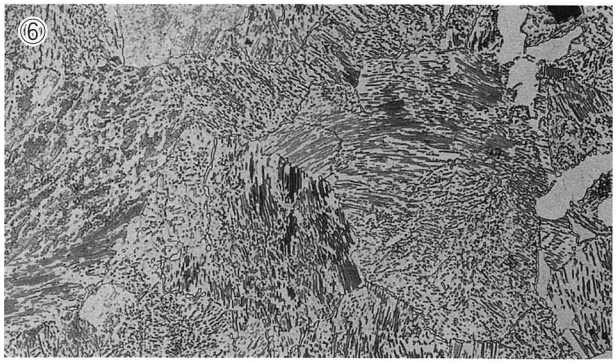












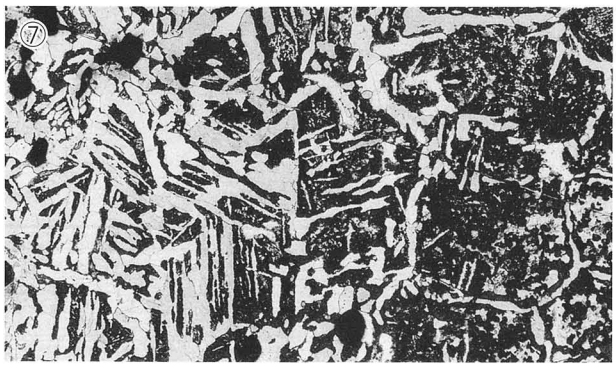
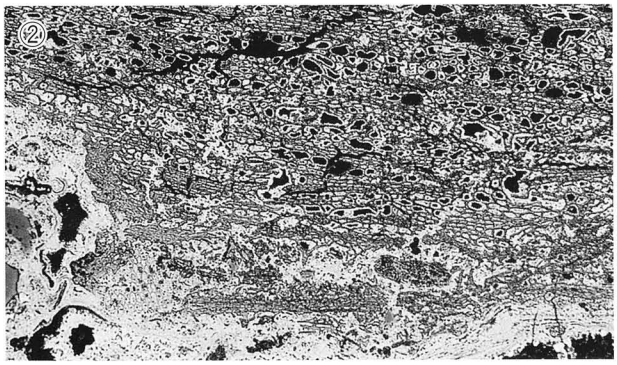
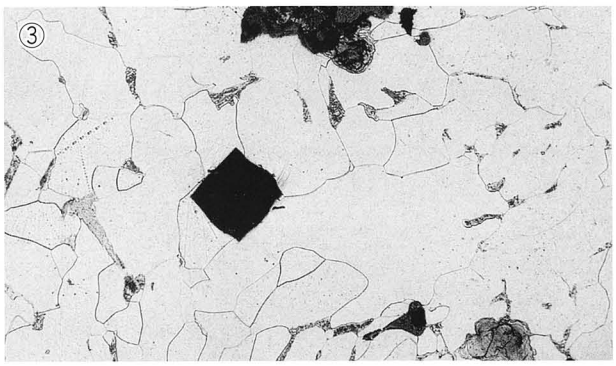
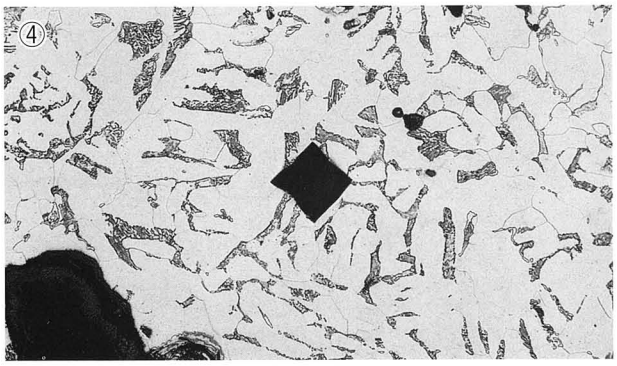


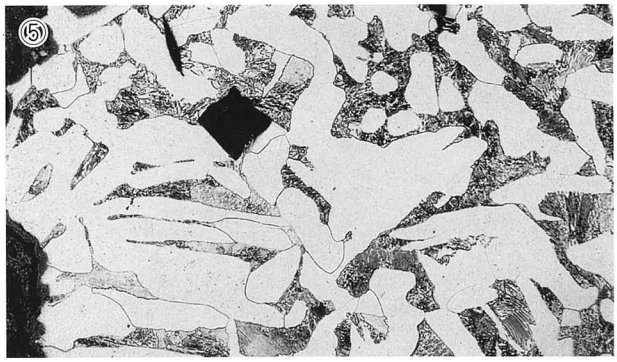
Photo.14　鍛冶鉄塊系遺物の顕微鏡組織

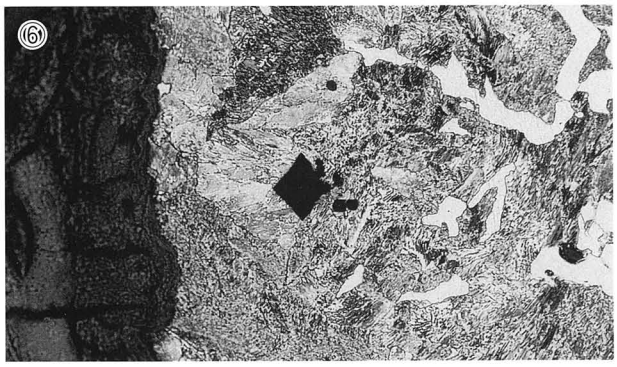
TOI－23(2)
鍛冶鉄塊系遺物
①×100、表皮スラグ：
ヴスタイト
②×100、付着木炭
③～⑨ナイタルetch
③87Hv、④116Hv
⑤140Hv、⑥190Hv
⑦171Hv、⑧346Hv
⑨596Hv

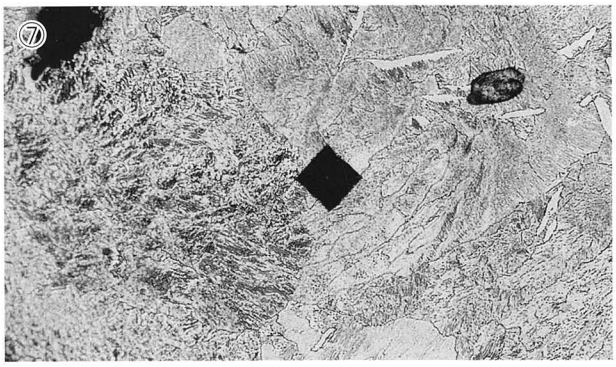


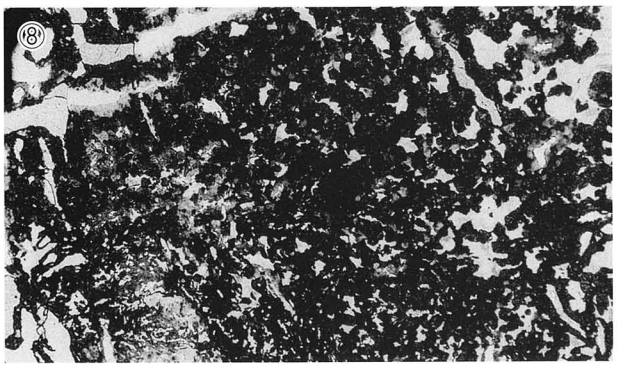












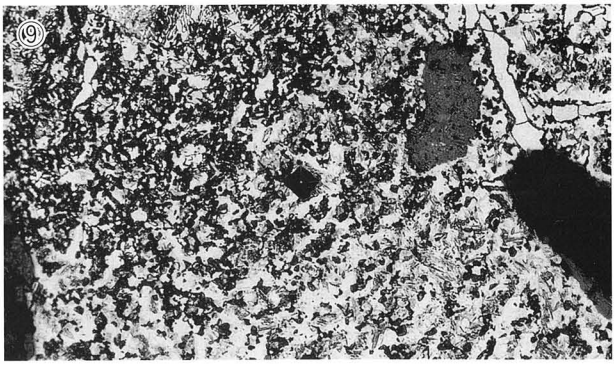
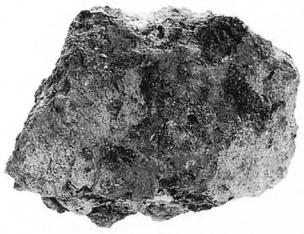
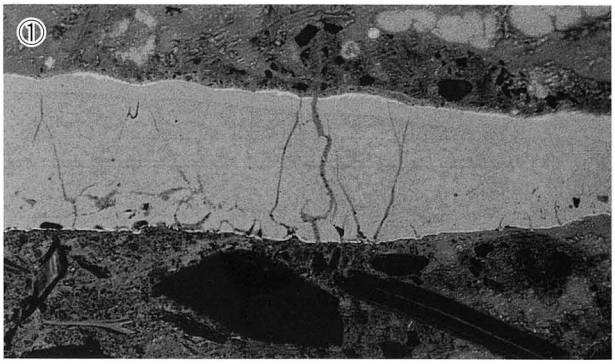
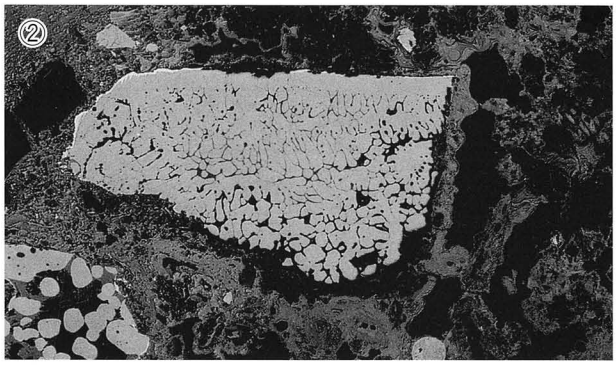


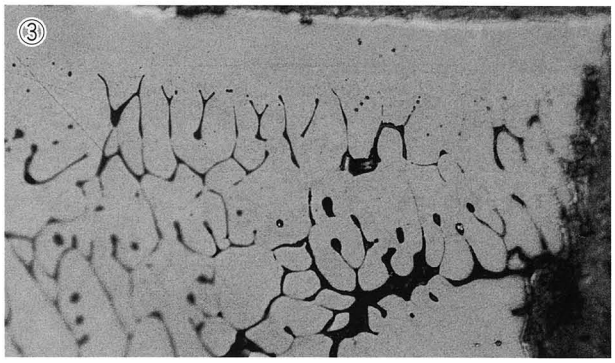
Photo.15　鍛冶系鉄塊系遺物の顕微鏡組織

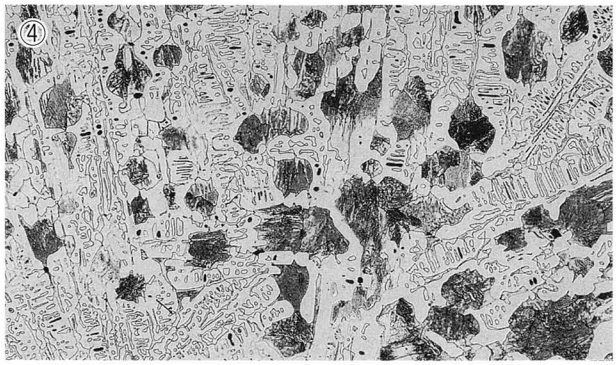
TOI－24
鉄塊系遺物
①×400、付着鍛造剥片
②×100、③×400、同上
④～⑨ナイタルetch
④×100、⑤×400、亜共晶組成白鋳鉄
⑥×100、⑦×400、共晶組成白鋳鉄
⑧⑨×200、硬度圧痕：
⑧215Hv、⑨620Hv

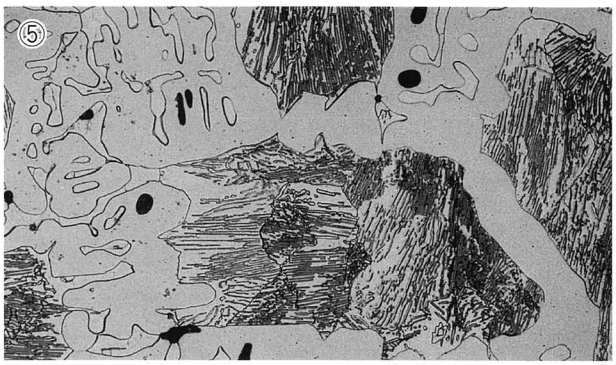


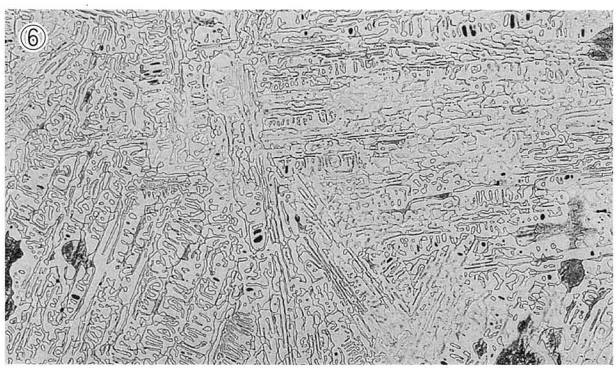


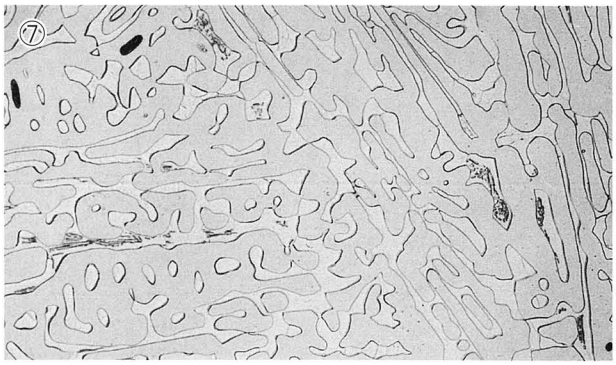


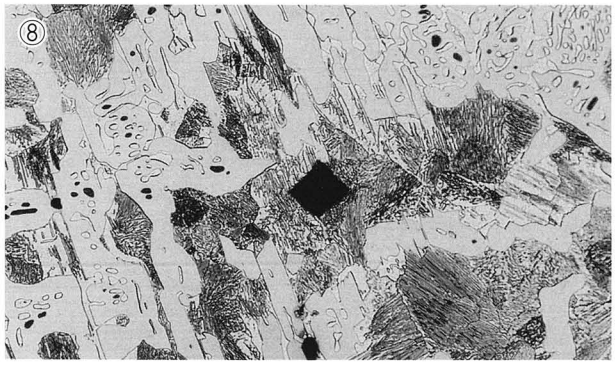












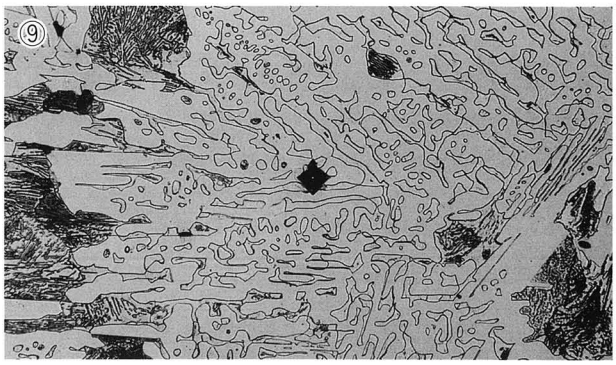
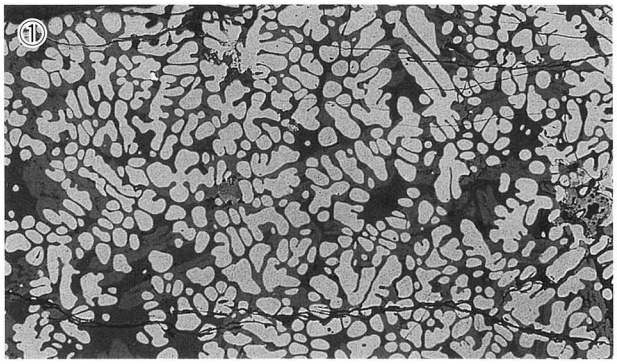
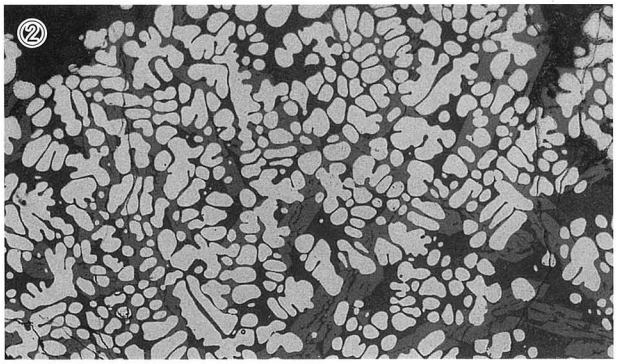
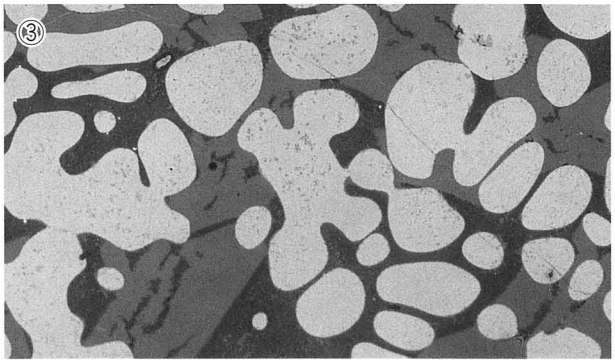


Photo.16　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

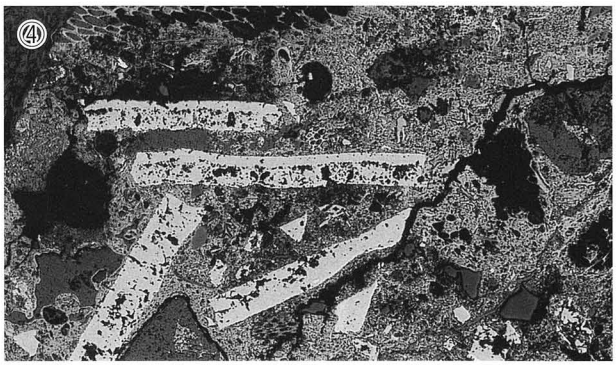
TOI－25
椀形鍛冶滓
①×100、ヴスタイト（粒内Fe-Ti系析出物あり）・ファイヤライト
②×100、③×400、同上

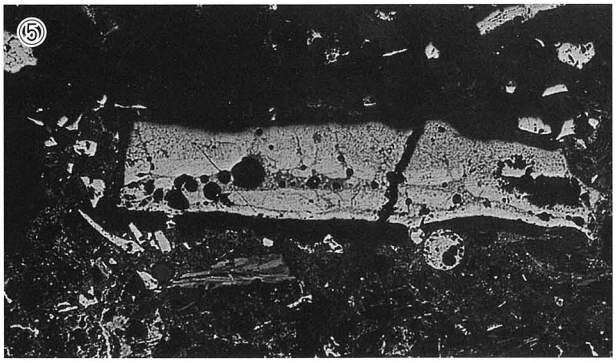


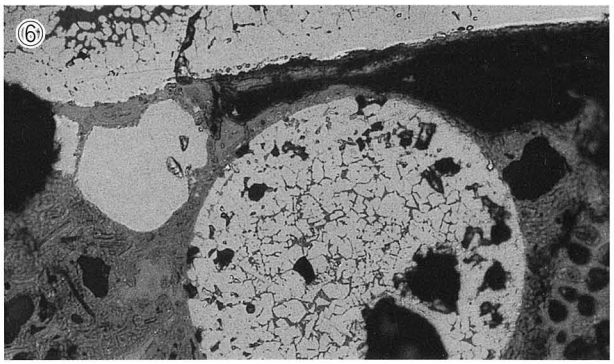




TOI－26
再結合滓
④×100、鍛造剥片多数
⑤×50、⑥×400、鍛造剥片及び粒状滓
⑦×400、製錬滓片：シュードブルーカイト
⑧×100、鍛冶滓片：ヴスタイト・ウルボスピネル・ファイヤライト







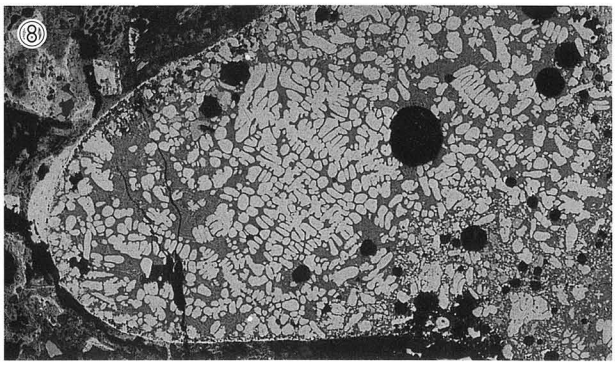
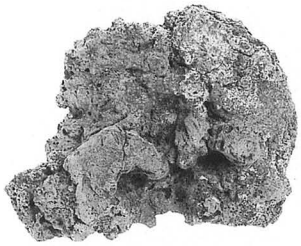
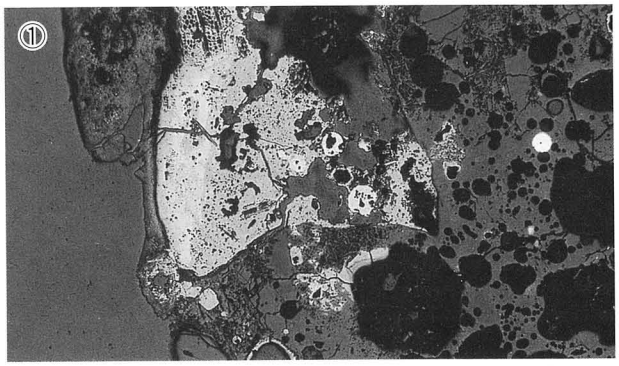
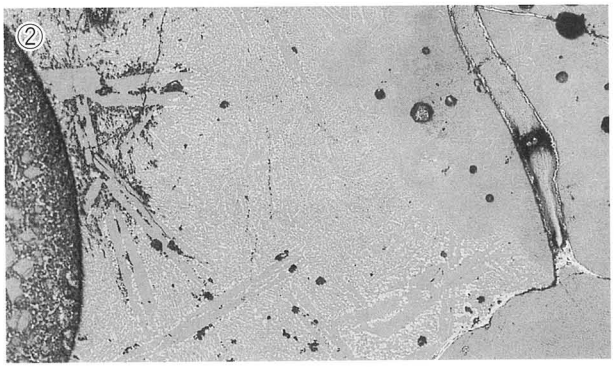


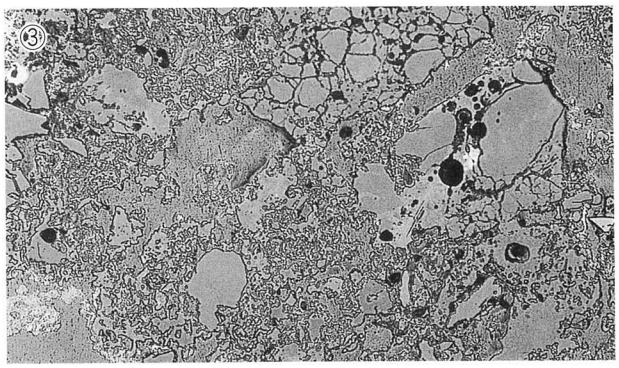
Photo.17　椀形鍛冶滓・再結合滓の顕微鏡組織

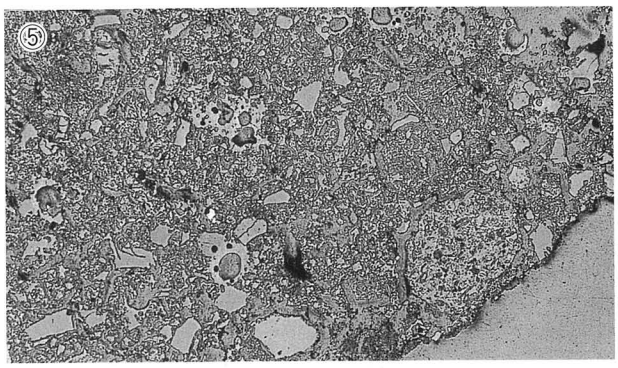
TOI－27
炉壁（鍛冶炉）
①×50、内面表層：溶融ガラス質滓中の銹化鉄
②×100、同：溶融ガラス質滓中の微小析出物
③×100、被熱胎土
④×100、内側溶融層、内面粘土貼り替えか
⑤×50、最内側：炉壁胎土



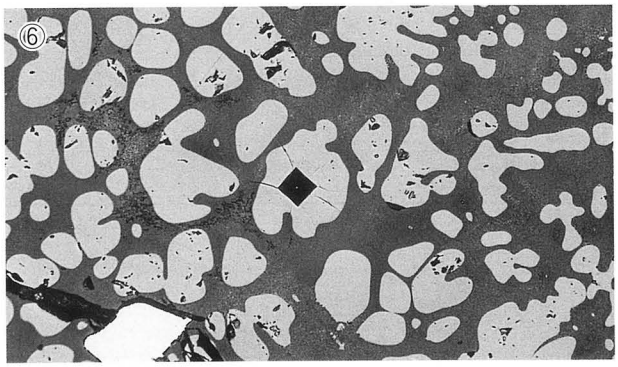


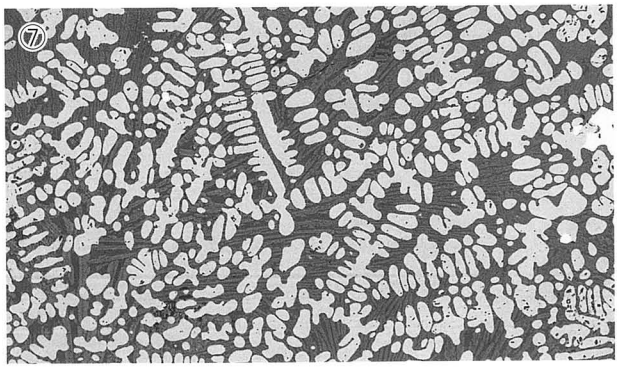






TOI－28
鍛冶滓
⑥×200、硬度圧痕：493Hv、ヴスタイト
⑦×100、⑧×400、ヴスタイト・ファイヤライト





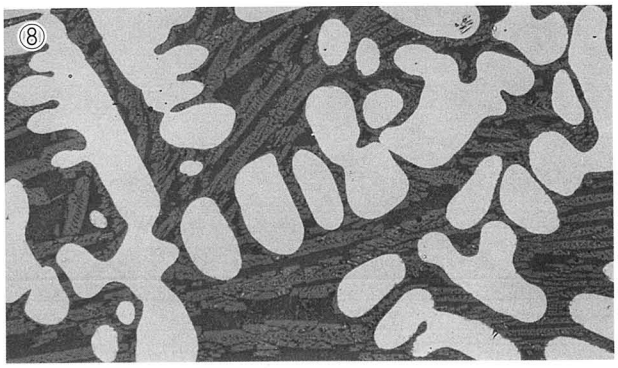
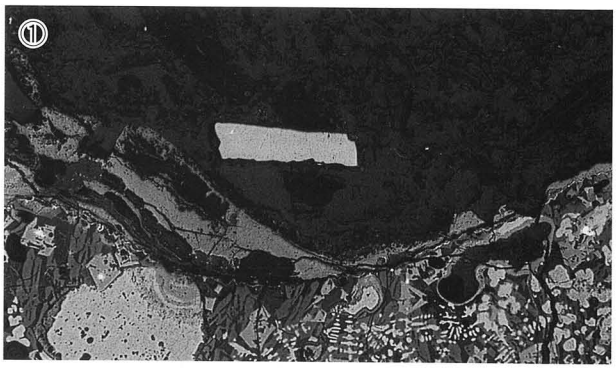
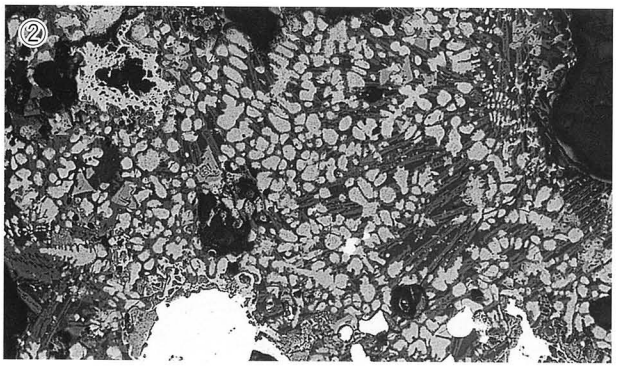
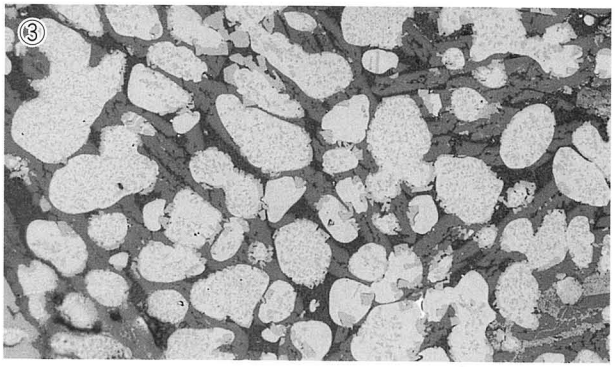


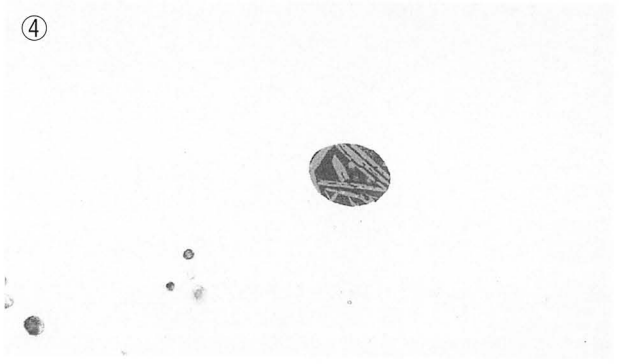
Photo.18　炉壁・鍛冶滓の顕微鏡組織

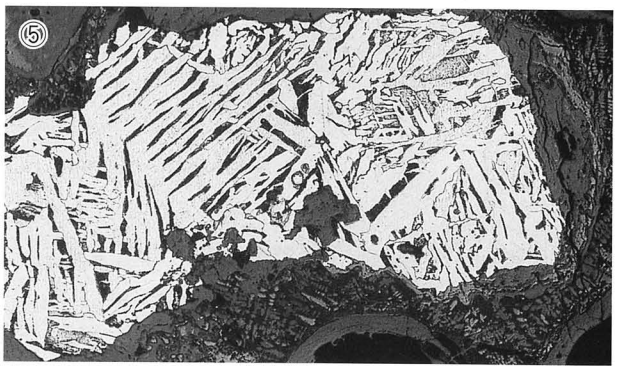
TOI－29
鍛冶滓（含鉄）
①×100、付着鍛造剥片、滓部：ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト
②×100、③×400、ヴスタイト（粒内Fe-Ti析出物）・ウルボスピネル・ファイヤライト　④×400、鉄中非金属介在物　⑤～⑨ナイタルetch、⑤⑥×100フェライト・パーライト、⑦×100、パーライト主体、⑧⑨×200、硬度：⑧120Hv、⑨183Hv

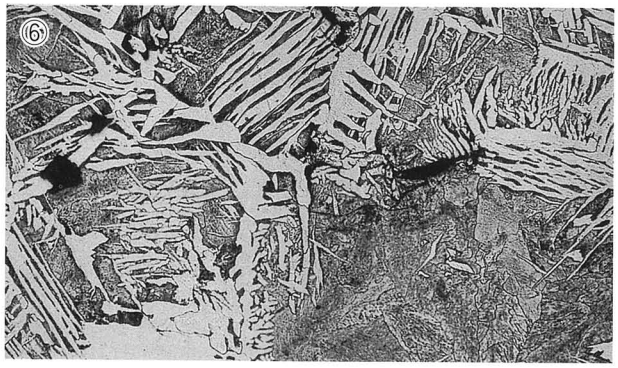


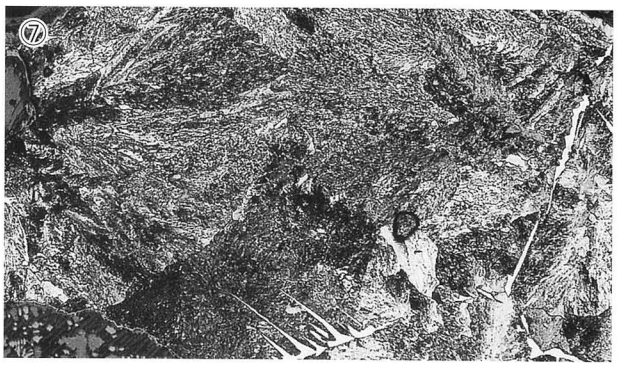


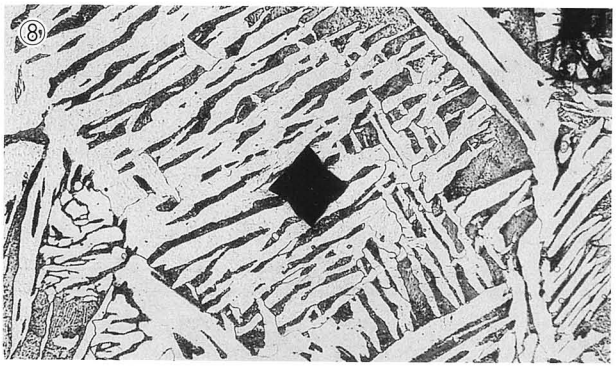












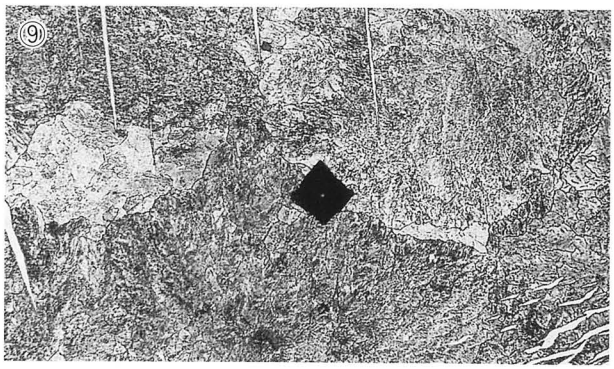
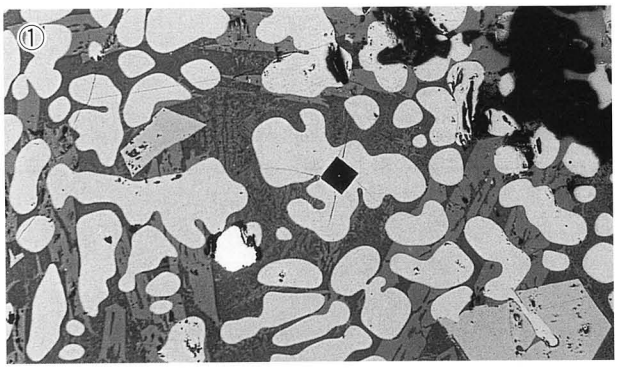
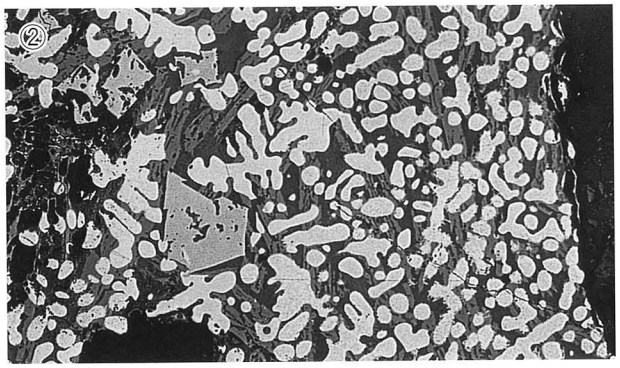
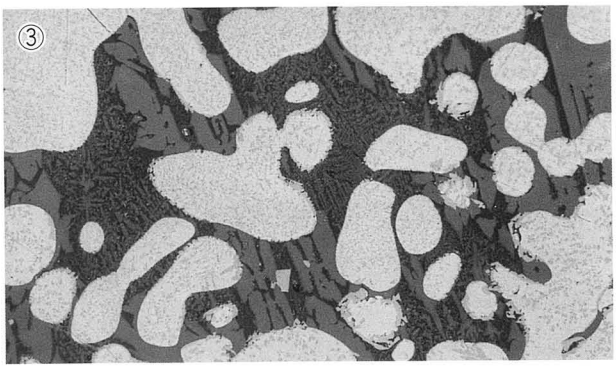


Photo.19　鍛冶滓（含鉄）の顕微鏡組織

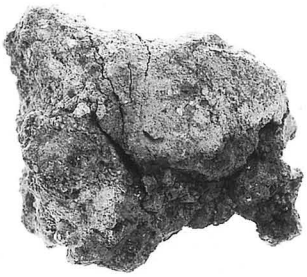
TOI－30
椀形鍛冶滓
①×200、硬度圧痕：554Hv
ヴスタイト
②×100、③×400、ヴスタイト（粒内Fe-Ti系析出物）・ウルボスピネル・ファイヤライト

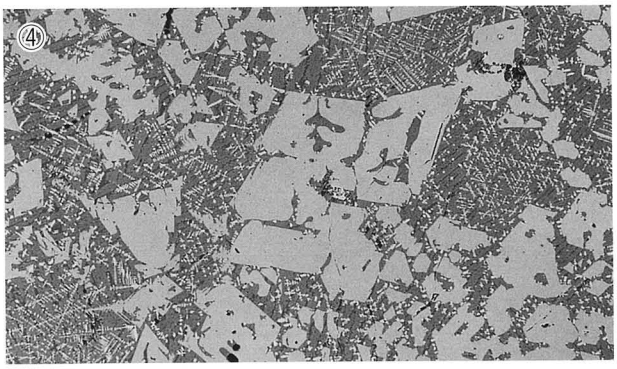


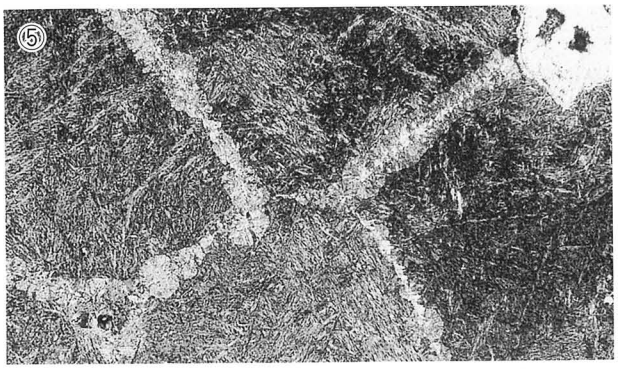


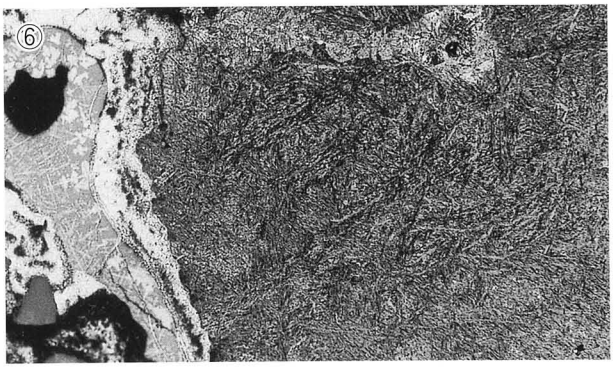


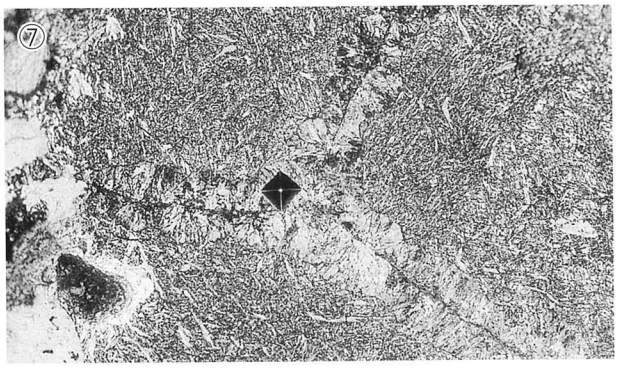
TOI－31
鉄塊系遺物
④×100、ウルボスピネル・微小ヴスタイト・ファイヤライト
⑤～⑧ナイタルetch
⑤×100、マルテンサイト・パーライト
⑥×100、マルテンサイト
⑦⑧×200、硬度圧痕：⑦418Hv、⑧838Hv











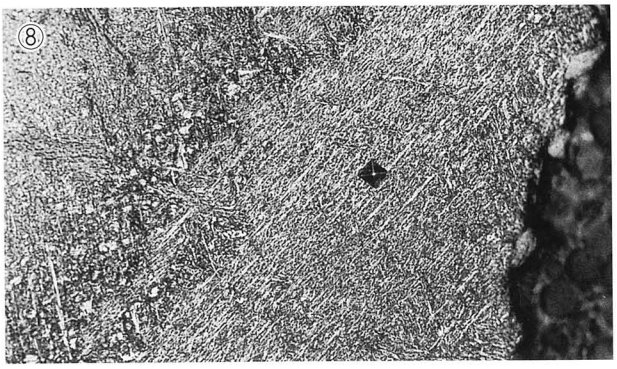
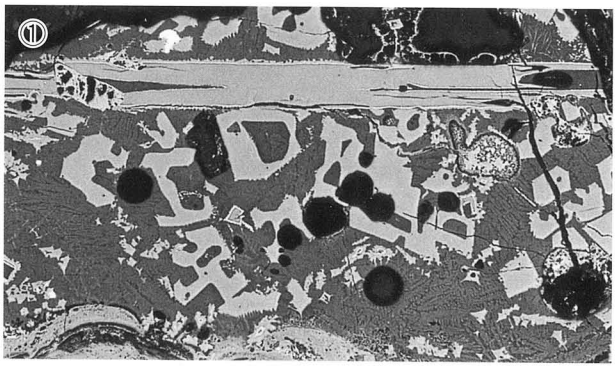
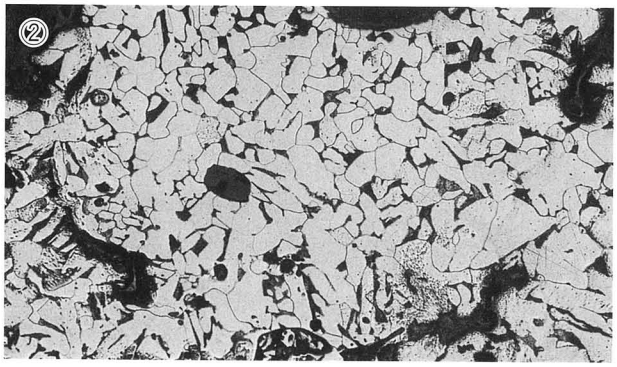
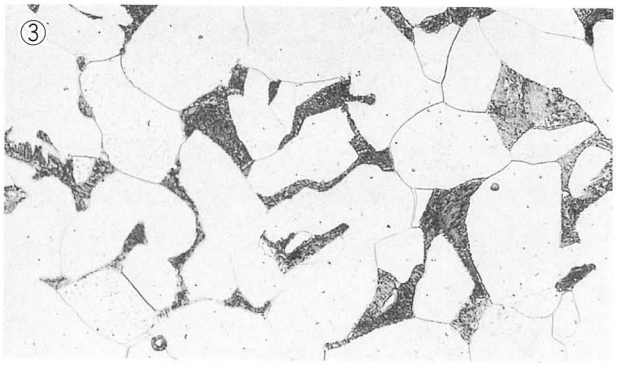


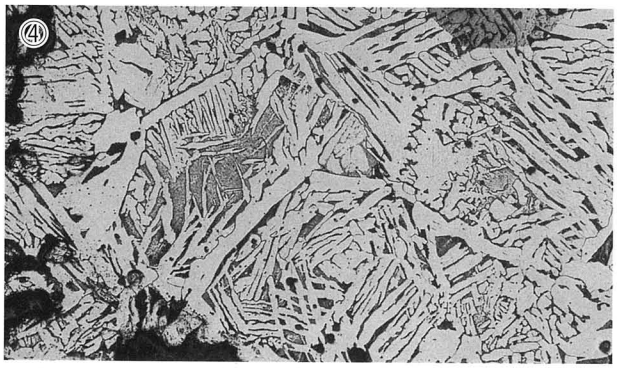
Photo.20　椀形鍛冶滓・鉄塊系遺物

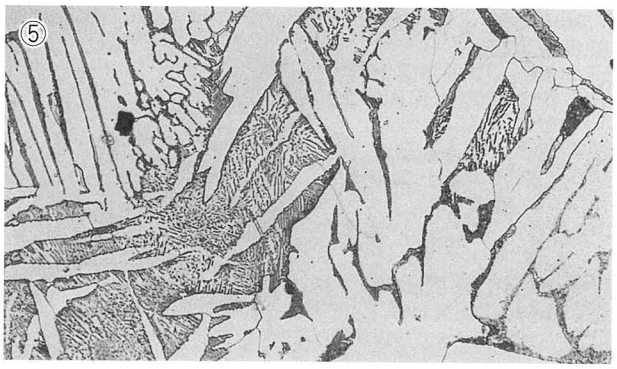
TOI－32
含鉄鉄滓
①×100、滓部：シュードブルーカイト・ウルボスピネル・ファイヤライト　②～⑨ナイタルetch　②×100、③×400、フェライト・少量パーライト　④×100、⑤×400、フェライト・パーライト　⑥×100、⑦×400、パーライト　⑧⑨×200、硬度圧痕：⑧142Hv、⑨115Hv

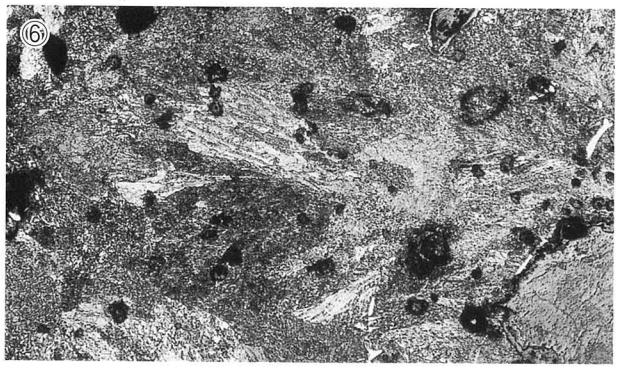


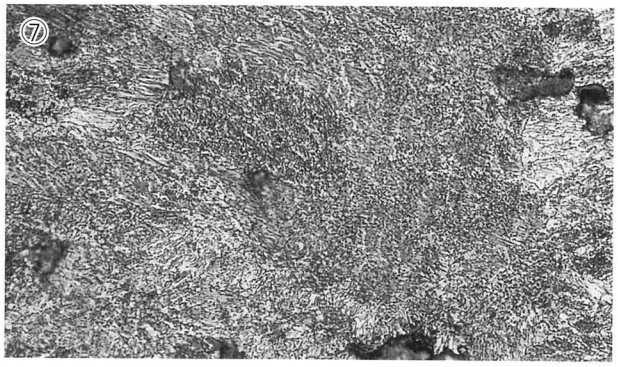


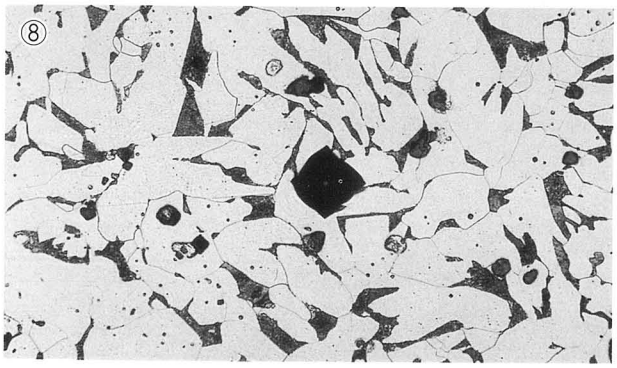












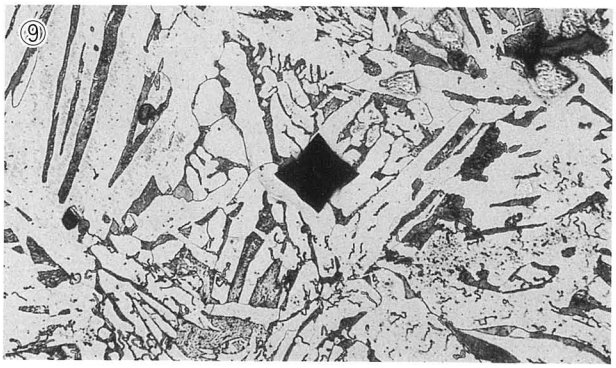


Photo.21　含鉄鉄滓の顕微鏡組織