

しくはマグнет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: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ）もしくはマグネットタイトが晶出する。II区2号炉出土の粒状津の鉱物相は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 錫造剥片

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錫造剥片である。
- 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。内層ヴスタイルは凝集が進んでいるが結晶粒の痕跡が認められる。錫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、ほぼ一定の厚みの錫造剥片である。
- 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ルが濃淡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。ほぼ平坦な錫造剥片であるが、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。内層ヴスタイルは凝集気味である。

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。内層ヴスタイル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。多量の錫化鉄片、洋片やガラス質滓、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 : $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ）もしくはマグнетサイト（Magnetite : Fe_3O_4 ）が、右側の粒状滓（0.15mm 径）はヴェスタイト（Wüstite : FeO）がそれぞれ凝聚気味に晶出する。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は内層ヴェ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は内層ヴェ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 : $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ）、白色粒状結晶ヴェスタイト（Wüstite : FeO）が晶出する。精鍛鍛冶滓の晶癖といえる。⑤は錫化鉄片でバーライト素地に片状黒鉛が析出するねずみ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軽鉛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、表層部には錫化鉄粒が散在する。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（ $\text{CaO} + \text{MgO}$ ）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°C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%、灰中磷 (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・鉄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~白鉄組織、全面白鉄組織と 3 つの傾向に分類される。また部分的に急速組織が確認される (TOI-23・31・34) ものもあり製錬直後の水中冷却で破碎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層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 ($Wöstite : FeO$)、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) 鍛造品であった。

(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 530~600 Hv、ヴスタイトは 450~500 Hv、マグネットイットは 500~600 Hv、ファイヤライトは 600~700 Hv 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、マグネットイットにチタン (Ti) を固溶するので、600 Hv 以上であればウルボスピネルと同定している。また、700 Hv 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) 烏根県教育委員会 2000。大澤正己・鈴木瑞穂「御添山鉢遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『御添山鉢遺跡』(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」『父ヶ平遺跡・中ノ原遺跡、タカラ山第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・鉄鋳物 改訂6版』 1987「共晶黒鉛鉄 (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ラライトの混合したものがある。

この鉄鋳の製造法としては(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)鉄鋳浴湯に特殊成分のスラグ、例えばCaO、MgO、Al₂O₃、TiO₂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·TiO₂) の晶出は Fe-TiO₂ 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: Fe₂O₃)、中間層マグネット (Magnetite: Fe₃O₄)、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: Fe₂O₃) は腐食しても侵されず、中間層マグネット (Magnetite: Fe₃O₄) 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	遺物名	出土位置	種別	遺物名称	推定年代	大きさ (mm)	重量(g)	記録度	メタル度	測定項目						備考
										計測値	アングル	幅員(ミリ)	幅員(ミリ)	CMA	光学分析	熱処理
CHO-1	長毛繩縄	地下壕溝中	5	炉渣	1720-1730	178×103×77	1160	3 なし	-	○	-	-	○	○	-	炉盤として
CHO-2	長毛繩縄跡	地下壕溝中	15	砂漠地殻塊	1720-1730	45×35×13	15	6 B(○)	○	○	-	-	○	-	-	砂漠地殻部を
CHO-3	長毛繩縄跡	表上	19	流動層(流出孔溝)	1720-1730	60×41×33	80	2 なし	-	○	-	-	○	-	-	洋部を
CHO-4	長毛繩縄跡	地下壕溝中	24	流動層(ガス貯、工具痕付)	1720-1730	64×53×41	80	3 なし	-	○	-	○	○	-	-	洋部を
CHO-5	長毛繩縄跡	地下壕溝中	25	流動層(ガス、工具痕付)	1720-1730	88×63×76	350	2 なし	-	○	-	...	○	-	-	洋部を
CHO-6	長毛繩縄跡	地下壕溝中	26	流動層(含鉄)	1720-1730	53×46×46	150	8 L(●)	○	○	-	○	○	-	-	メタル部を中心
CHO-7	長毛繩縄跡	地下壕溝中 L1	34	炉内渣(含鉄)	1720-1730	93×82×62	340	6 M(○)	○	○	-	-	○	-	-	メタル部を中心
CHO-8	長毛繩縄跡	地下壕溝中	35	軽便系遺物	1720-1730	38×30×33	50	6 L(●)	○	○	-	-	○	-	-	メタル部を中心
CHO-9	長毛繩縄跡	地下壕溝中	39	炉内渣(含鉄)	1720-1730	105×80×62	465	8 特L(△)	○	○	-	○	○	-	-	メタル部を中心
CHO-10	長毛繩縄跡	地下壕溝中	40	軽便系遺物	1720-1730	214×131×67	1280	7 L(●)	○	○	-	-	○	-	-	メタル部を中心
CHO-11	長毛繩縄跡	地下壕溝中	41	炉渣(刃口付、酸化皮)	1720-1730	126×20×76	860	6 M(○)	○	○	-	-	○	○	-	刃口部・酸化皮を

Table. 2 供試材の組成

符号	通称名	出土位置	遺物名称	分析結果												諸属性										
				金剛			鐵			銅			銀			硫酸		諸属性								
				Fe	Mn	Al	Fe	Mn	Al	Fe	Mn	Al	Fe	Mn	Al	TiO ₂	SiO ₂	Total Fe								
CHO-1	長毛通鑿(地下構造中)	柱型	鐵製	27.6	0.2	0.1	27.6	0.2	0.1	27.6	0.2	0.1	27.6	0.2	0.1	0.05	0.05	1420.93	37.286	0.103						
CHO-2	長毛通鑿(地下構造中)	砂漠地紋塊	鐵製	54.3	0.6	0.1	54.3	0.6	0.1	54.3	0.6	0.1	54.3	0.6	0.1	0.05	0.05	-	14.37	0.364	0.130					
CHO-3	長毛通鑿(土)	漆油漆(漆出孔)	鐵製	38.15	0.49	0.22	34.18	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	長毛通鑿(地下構造中)	石墨	鐵製	27.80	0.52	0.24	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	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆(漆漆、工具柄)	鐵製	38.50	0.26	0.18	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	-	27.49	0.712	0.508	
CHO-6	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆(合歯)	鐵製	37.79	0.30	0.11	4.58	15.69	5.28	3.04	1.60	1.05	0.26	1.63	16.71	0.07	0.03	0.40	0.04	0.46	0.003	-	30.32	0.802	0.442	
CHO-7	長毛通鑿(土)	漆油漆(合歯)	鐵製	49.05	0.03	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	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆	鐵製	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	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆(合歯)	鐵製	45.26	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	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆	鐵製	38.20	0.10	12.32	40.23	30.27	8.22	0.35	0.32	1.39	0.03	0.31	0.05	0.10	0.09	0.05	0.10	0.02	0.008	-	40.93	0.107	0.008	
CHO-11	長毛通鑿(地下構造中)	漆油漆(漆合歯)	鐵製	3.920	0.04	1.30	4.10	05.24	19.07	0.80	0.98	3.14	1.66	0.17	0.65	0.05	<0.01	0.11	#1.01	0.01	0.004	120.90	0.89	23.186	0.166	

Table.1 供試材の履歴と調査項目 (: 1区)

符号	通路名	出土位置	種別	遺物名称	掲定年代	大きさ (mm) 直角	計測値		メタリズム	鉱物組成 主成分 微量元素 X線分析	CMA 化粧分析 断面観察	測定項目	備考
							長さ	幅					
TOI-1	戸井谷尾遺跡	I区765	8	炉渣(鉄鉱地物)	14c	138×108×65	850	3なし	○	○	○	○	-
TOI-2	戸井谷尾遺跡	I区107	70	砂輪焼粘土塊	14c	71×59×39	122	8なし	○	○	○	○	-
TOI-3	戸井谷尾遺跡	I区1B号炉渣坑中	71	流動渣	14c	75×65×36	140	3なし	○	○	○	○	-
TOI-4	戸井谷尾遺跡	I区5号炉	74	流動渣(流出打痕?)	14c	60×54×54	200	3なし	○	○	○	○	-
TOI-5	戸井谷尾遺跡	I区6号炉附近	82	流動渣(流け打痕?)	14c	74×47×24	85	4なし	○	○	○	○	-
TOI-6	戸井谷尾遺跡	I区107	89	流動渣(流け打痕?)	14c	134×62×51	445	3なし	○	○	○	○	-
TOI-7	戸井谷尾遺跡	I区107	111	流動渣(流出打痕?)	14c	119×92×57	855	5なし	○	○	○	○	-
TOI-8	戸井谷尾遺跡	I区107	121	流動渣(縦割)	14c	114×80×78	850	2なし	○	○	○	○	-
TOI-9	戸井谷尾遺跡	I区107	123	流動渣(ガス管)	14c	120×85×68	560	2なし	○	○	○	○	-
TOI-10	戸井谷尾遺跡	I区1C表上	129	鉄渣(鐵冶炉?)	14c	97×92×71	390	2なし	○	○	○	○	-
TOI-11	戸井谷尾遺跡	I区21C30C土色	130	炉底渣(炉底付)	14c	110×55×78	375	2なし	○	○	○	○	-
TOI-12	戸井谷尾遺跡	I区107	135	炉底渣(含鉄)	14c	183×155×103	3000	10M(?)	○	○	○	○	-
TOI-13	戸井谷尾遺跡	I区6号炉附近	152	炉内渣(含鉄)	14c	89×79×73	615	5L(?)	○	○	○	○	-
TOI-14	戸井谷尾遺跡	I区2G	154	鉄塊系遺物	14c	80×40×36	95	7特L(?)	○	○	○	○	-
TOI-15	戸井谷尾遺跡	I区1B6号炉附近	161	鉄塊系遺物(渣地火)	14c	53×34×19	50	7特L(?)	○	○	○	○	-
TOI-16	戸井谷尾遺跡	I区2C P-型十色	176	鉄塊系遺物(渣地火)	14c	67×40×24	100	8特L(?)	○	○	○	○	-
TOI-17	戸井谷尾遺跡	I区1C表土	180	鉄塊系遺物	14c	74×47×42	160	8特L(?)	○	○	○	○	-
TOI-18	戸井谷尾遺跡	I区2C 深水煮跡	182	鉄塊系遺物(半流動火)	14c	110×96×80	743.9	9特L(?)	○	○	○	○	-
TOI-19	戸井谷尾遺跡	I区1丁大鍋井	183	再結合渣	14c	206×153×76	1635	4なし	○	○	○	○	-
TOI-20	戸井谷尾遺跡	I区1B P18	187-1-6	木炭(6点)	14c	—	小数	1なし	○	—	○	—	○

Table.2 供試材の組成(：I区)

符号	通称名	通称名	全成分			鋼化アルミニウム			鋼化ガラス			鋼化ガラス			鋼化ガラス			鋼化ガラス				
			Fe	Al	Si	第1熟成	第2熟成	第3熟成	第4熟成	第5熟成	第6熟成	第7熟成	第8熟成	第9熟成	第10熟成	第11熟成	第12熟成	第13熟成	第14熟成	第15熟成		
TOL-1	戸井谷尻 方壁(砂漬地盤)	方壁(砂漬地盤)	2.79	0.68	0.50	3.32	73.90	16.02	0.23	0.34	3.65	0.46	0.04	0.36	0.03	0.01	0.63	#0.96	0.01	0.003	1360	
TOL-2	戸井谷尻 砂焼地盤	砂焼地盤	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	0.65	0.02	0.47	0.001	7.15	
TOL-3	戸井谷尻 流動土	流動土	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	0.33	0.26	0.02	35.82	
TOL-4	戸井谷尻 泥鉆液(流出孔塞?)	泥鉆液(流出孔塞?)	41.56	0.11	48.36	5.63	25.34	7.08	2.33	1.22	1.05	0.59	0.77	5.29	0.05	0.04	0.18	0.34	0.13	0.003	37.61	
TOL-5	戸井谷尻 流動土(流出孔塞?)	流動土(流出孔塞?)	42.63	0.19	48.89	6.34	22.86	6.92	1.81	0.71	1.25	0.21	1.23	7.37	0.06	0.02	0.16	0.67	0.14	0.002	33.79	
TOL-6	戸井谷尻 泥鉆液(流出孔塞?)	泥鉆液(流出孔塞?)	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	
TOL-7	戸井谷尻 泥鉆液(流出孔塞?)	泥鉆液(流出孔塞?)	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	0.62	0.37	0.001	24.25	
TOL-8	戸井谷尻 泥鉆液(漏泄?)	泥鉆液(漏泄?)	32.28	0.52	31.34	10.58	23.96	6.76	2.16	1.24	1.58	0.20	1.60	18.85	0.07	0.01	0.18	0.63	0.66	0.004	36.00	
TOL-9	戸井谷尻 泥鉆液(漏洩?)	泥鉆液(漏洩?)	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	
TOL-10	戸井谷尻 鉛管(鉛溶津?)	鉛管(鉛溶津?)	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	
TOL-11	戸井谷尻 鉛底溝(鉛底土付)	鉛底溝(鉛底土付)	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	
TOL-12	戸井谷尻 鉛底溝(金鉄)	鉛底溝(金鉄)	49.56	1.51	36.90	27.69	8.43	3.22	1.39	0.94	0.45	0.69	0.82	15.46	0.09	0.04	0.16	0.11	0.64	0.007	14.52	
TOL-13	戸井谷尻 炉内泥(余灰)	炉内泥(余灰)	52.07	0.40	30.79	39.66	11.45	5.01	1.09	0.49	0.81	0.12	0.60	3.47	0.05	0.10	0.08	0.45	0.40	0.002	18.88	
TOL-14	戸井谷尻 技術系造物	技術系造物	72.01	0.31	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
TOL-15	戸井谷尻 技術系造物(流動状)	技術系造物(流動状)	80.77	0.59	98.10	58.17	31.18	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	
TOL-16	戸井谷尻 技術系造物(流動状)	技術系造物(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	8.81	
TOL-17	戸井谷尻 技術系造物(竹流動状)	技術系造物(竹流動状)	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	
TOL-18	戸井谷尻 技術系造物(竹流動状)	技術系造物(竹流動状)	55.42	2.83	24.29	48.20	10.02	3.30	0.91	0.32	0.44	0.30	0.02	0.19	0.03	0.06	0.28	1.12	0.01	0.006	15.49	
																				0.003		

Table.1 考古試材の履歴と調査項目（：Ⅱ区）

件号	遺物名	出土位置	種類	遺物名	推定年代	計測値 大きさ(mm) 重さ(g)	試験			メタル度 ○△□	CMA 分析結果	熱入窓 カロリ-	備考
							表面	内部	断面				
TOI-21	戸井谷鉄道跡	Ⅱ区 1 号炉上層	189	船形鏡(縦)(4)	18c.木-19c.前半	206×176×167 57×27×21	3000	3	なし	-	○	-	-
TOI-22	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 H 1 2号炉	192	鐵冶滓(鐵動球)	18c.末-19c.前半	53×50×37	50	5	L(●)	○	○	-	-
TOI-23	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 H 2号炉	197	鐵冶滓(鐵動球)	18c.末-19c.前半	95×71×55	650	7	特L(△)	○	○	-	-
TOI-24	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 H 2号炉附近	200	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	74×49×50	130	5	M(○)	-	○	-	-
TOI-25	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H 3号炉	202	船形鏡(縦)	18c.末-19c.前半	85×56×38	182	6	M(○)	○	-	-	-
TOI-26	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H 3号炉	204	蚌殻合泡(含珠)	18c.末-19c.前半	94×75×25	75	4	なし	-	○	(○)	-
TOI-27	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 G S K01地	210	鐵冶滓(鐵動球)	18c.末-19c.前半	61×48×36	120	4	なし	-	○	-	-
TOI-28	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 G S K01地	217	鐵冶滓(含鉛)	18c.末-19c.前半	85×79×68	414	7	L(●)	○	○	-	-
TOI-29	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H P-7黒土色中	221	船形鏡(縦)(中)	18c.末-19c.前半	209×17×136	4400	5	M(○)	○	-	-	-
TOI-30	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1号炉周辺	235	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	83×71×44	376	9	特L(△)	○	○	-	-
TOI-31	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 不明	236	金銀鉢	18c.末-19c.前半	157×110×100	1410	10	特L(△)	○	○	-	-
TOI-32	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区	263	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	96×71×45	239	8	特L(△)	○	○	-	-
TOI-33	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区	270	鐵塊系遺物(溶鉄状)	18c.末-19c.前半	56×31×29	99	7	特L(△)	○	-	-	-
TOI-34	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区	274	鐵塊系遺物(溶鉄状)	18c.末-19c.前半	81×56×36	211	6	特L(△)	○	○	-	-
TOI-35	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H 2号土	282	鐵塊系遺物(溶鉄状)	18c.末-19c.前半	49×46×29	94	7	特L(△)	○	○	-	-
TOI-36	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 D 回転馬車	282	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	88×64×45	471	8	特L(△)	○	○	-	-
TOI-37	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H P-7黒土色中	287	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	93×85×44	539	9	特L(△)	○	-	-	-
TOI-38	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H	288	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	131×98×44	828	6	特L(△)	○	○	-	-
TOI-39	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H 黑土	290	鐵塊系遺物	18c.末-19c.前半	58×45×23	130	6	特L(△)	○	○	-	-
TOI-40	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H P-7黒土色中	292	板状鉄片	18c.末-19c.前半	98×54×37	473	9	特L(△)	○	○	-	-
TOI-41	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 不明	293	鐵鉢	18c.末-19c.前半	225×13×22	480	7	L(●)	○	○	-	-
TOI-42	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2 H 2号炉	295	鐵器(署印 住心鉢)	18c.末-19c.前半	688×40×11.9	2500	7	特L(△)	○	○	-	-
TOI-43	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 S K01地の底	296	鐵製品(工具?)	18c.末-19c.前半	105×56×13	486	7	特L(△)	○	○	-	-
TOI-44	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 11 S K01地	297	鐵製品(板状)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-
TOI-45	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1号炉	301	板状鉄(5点)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-
TOI-46	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1号炉	302	鐵製片(5点)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-
TOI-47	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2号炉	304	板状鉄(5点)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-
TOI-48	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 2号炉	304-2	鐵製片(5点)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-
TOI-49	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 TS 1号炉内	306	鐵合伴	18c.末-19c.前半	176×148×67	1160	3	なし	○	-	-	-
TOI-50	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1 H	314	羽口	18c.末-19c.前半	76×34×88	190	3	なし	-	○	-	-
TOI-51	戸井谷瓦窯跡	Ⅱ区 1号炉内	316	木炭(6点)	18c.末-19c.前半	-	-	-	なし	○	-	-	-

Table.2 供試材の組成 (: II 図)

符号	遺物名	元素分析結果												溶融量 % ^a	溶融温度 ℃ ^a	溶融時間 分 ^a	溶融方法		
		全量	Fe	Al	Cr	Si	Mn	Ca	Na	Li	Cl	Br	K						
T01-21	口井谷、樹形鐵治序(中)	54.12	0.24	58.70	11.84	14.15	4.41	2.64	0.90	1.03	0.23	0.20	2.32	0.02	0.26	0.14	0.006	23.36	
T01-22	口井谷、鐵治津(液動炉)	53.36	1.10	57.84	10.44	14.23	4.63	2.02	0.98	0.79	0.31	0.12	5.16	0.05	0.02	0.22	0.07	22.96	
T01-23	戸井谷、新治長系遺物	56.81	4.99	11.64	61.16	2.62	0.45	0.24	0.36	0.19	0.02	0.28	0.02	0.11	0.16	1.70	0.02	11.49	
T01-24	戸井谷、鐵系遺物	59.60	17.54	24.40	33.04	2.52	0.36	0.22	0.27	0.24	0.03	0.29	0.02	0.03	0.15	0.02	0.007	22.02	
T01-25	戸井谷、樹形鐵治序	56.90	0.27	48.37	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	11.68	
T01-27	戸井谷、朝鳴(液動炉)	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	#7.78	19.57	
T01-28	戸井谷、鐵治津	53.30	0.43	58.63	10.49	16.41	5.18	3.23	0.58	1.44	0.36	0.15	1.21	<0.01	0.03	0.30	0.16	19.34	
T01-29	戸井谷、鐵治津(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	18.47	
T01-30	戸井谷、樹形鐵治序(中)	54.10	0.24	51.16	20.15	12.10	3.49	1.90	1.06	0.72	0.22	0.31	4.27	0.02	0.04	0.19	0.73	19.58	
T01-31	戸井谷、鐵系遺物	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	0.03	0.06	0.70	7.15	
T01-32	戸井谷、合板漆油	58.64	8.11	19.69	56.36	5.80	1.28	0.50	0.29	0.23	0.02	0.17	2.41	0.04	0.09	2.31	0.16	8.19	
T01-33	戸井谷、鐵燒系遺物	70.02	29.78	13.80	42.20	3.41	0.31	0.11	0.24	0.069	0.02	0.10	0.01	0.05	0.13	0.01	0.004	3.88	
T01-34	戸井谷、鐵燒系遺物(液動炉)	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	0.84	11.87	
T01-35	戸井谷、鐵燒系遺物(手鍛打鉄)	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	5.96	
T01-36	戸井谷、鐵燒系遺物	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	16.57	
T01-37	戸井谷、鐵燒系遺物	64.23	31.90	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	11.04	
T01-38	戸井谷、木炭	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	16.13
T01-39	戸井谷、鐵燒系遺物	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	10.95	
T01-40	戸井谷、板状鉛片	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	9.93	
T01-41	戸井谷、鉛残	61.16	8.18	10.99	63.54	9.23	2.64	0.40	0.21	0.26	0.26	0.02	0.14	—	0.12	—	0.01	13.00	
T01-42	戸井谷、鐵器(滑溜止み釘)	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	—	4.22	
T01-43	戸井谷、絲綢品(工具?)	60.11	1.91	5.33	77.07	1.37	0.41	0.16	0.07	0.078	0.052	0.02	0.24	0.06	—	0.12	—	2.14	
T01-44	戸井谷、絲綢品(板狀)	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	—	3.34	
T01-50	戸井谷、鉛丸	3.77	0.01	2.30	2.82	63.76	19.47	0.31	0.61	2.39	0.34	0.03	0.78	0.03	0.01	0.13	#6.38	18.60	

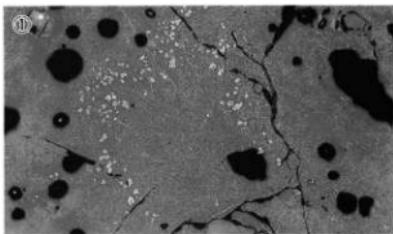
Table.3 木炭の性状

符号	遺物名	遺物名称	灰分	揮発分	水分	F/C	T/S	発熱量 kcal/g	灰分 %	揮発分 %	水分 %	Tad Fe	Tad Fc
T01-20	戸井谷、木炭	—	6.13	25.92	15.33	57.95	0.01	5750	0.028	—	—	—	—
T01-51	戸井谷、木炭	—	5.62	35.35	13.46	59.03	0.01	5770	0.025	—	—	—	—

CHO-1

炉壁

①×100、溶融ガラス質
層中のウルボスピニル・
ファイヤライト ②×50、
③×100、炉壁内面表層
：同上

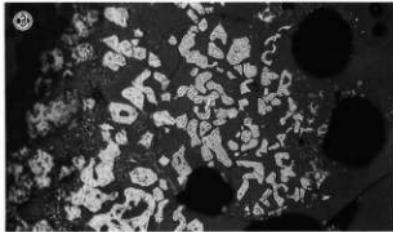


④

CHO-2

砂鉄焼結塊

④×200、硬度压痕：
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：微小錫化鐵、
ガラス質層中にウルボスピニル
晶出 ⑦×50、⑧
×100、中央：半還元砂
鉄、周囲：砂鉄残骸、錫
化鐵



④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑤

⑥

⑦

⑧

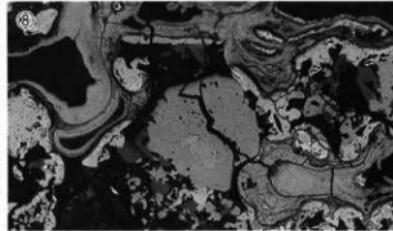
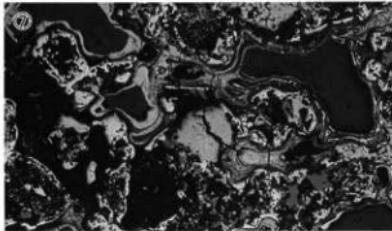
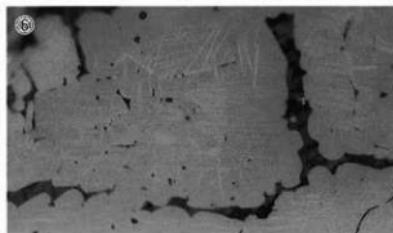
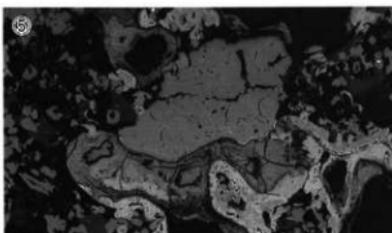


Photo. 1 炉壁・砂鉄焼結塊の顕微鏡組織

CHO-3

流動津（流出孔津）
①×50、砂鉄痕跡、錆化
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、錆化鉄、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 ⑩
618Hv、⑪594Hv

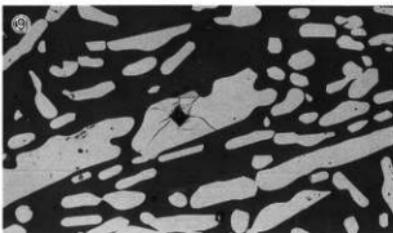
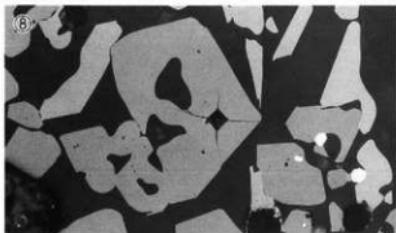
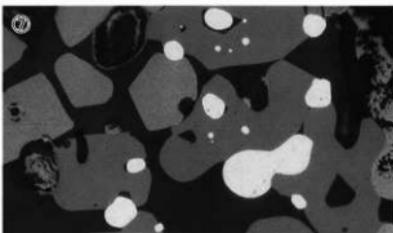
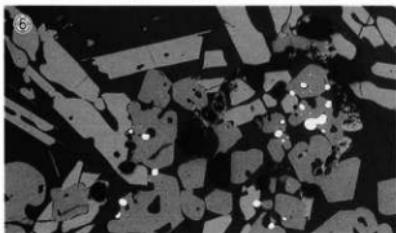
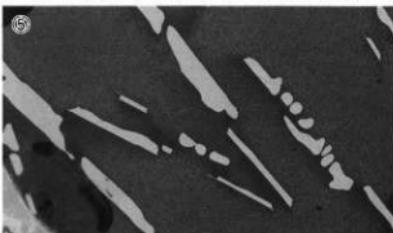
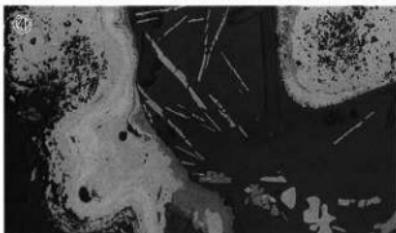
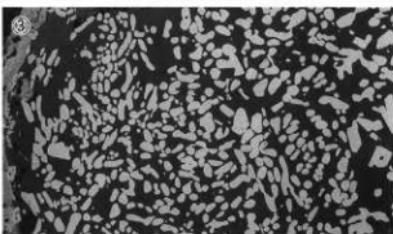
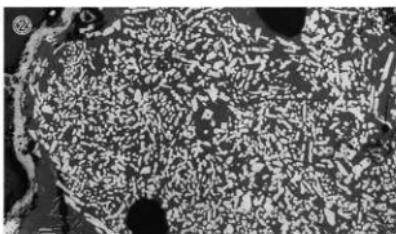
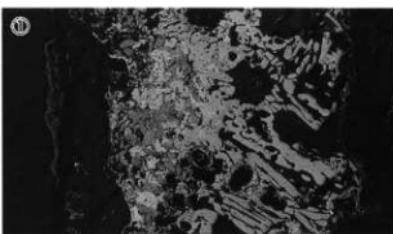
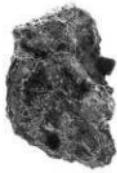
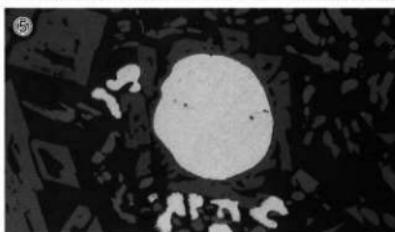
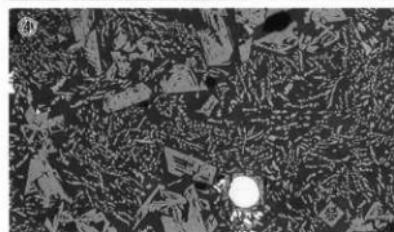
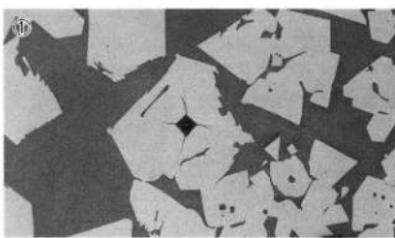
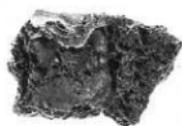


Photo. 2 流動津（流出孔津）の顕微鏡組織

CHO-4

流動津

- ①×200、硬度压痕：
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

流動津

- 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 (7.8)
×200、微小金属鉄粒硬
度压痕：⑦300Hv、セメ
ンタイト・フェライト
⑧94Hv、フェライト・
少量バーライト

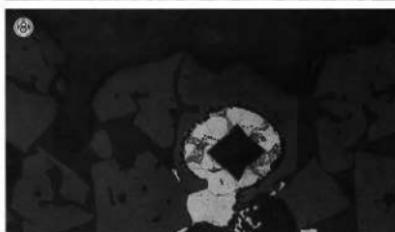
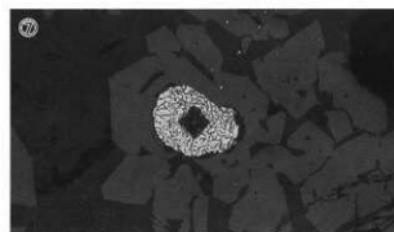
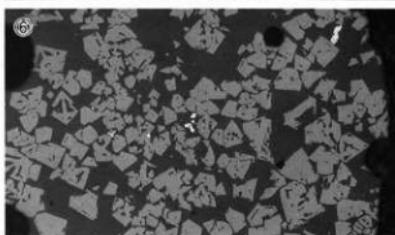


Photo. 3 流動津の顕微鏡組織

CHO-6

流動津（含鉄）

- ①×50、淬部：ウルボス
ビ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、白鍍鉄及び共晶黒鉛
鉄、⑤⑥×100、④の
拡大 ⑦⑧×200、硬度
：⑦184Hv、⑧632Hv

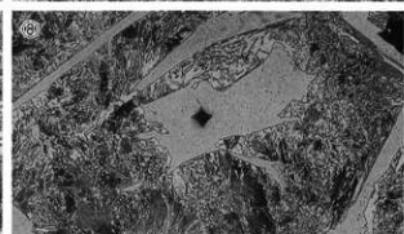
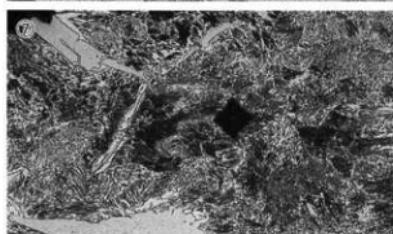
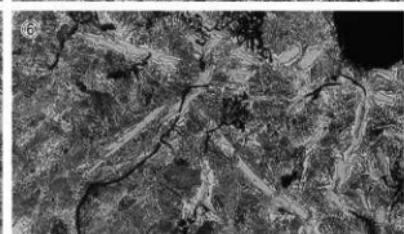
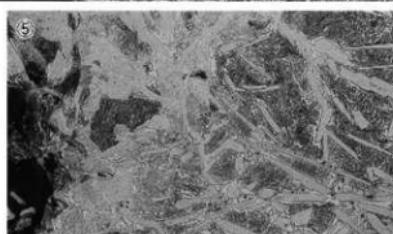
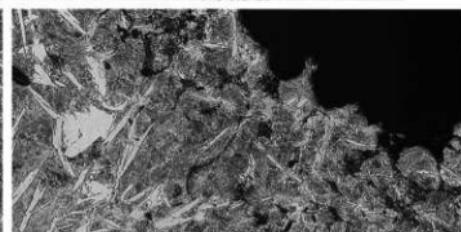
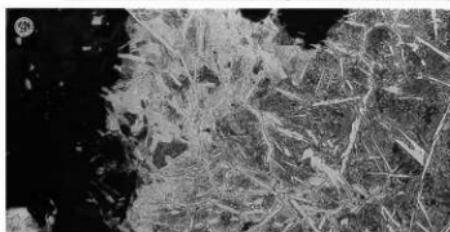
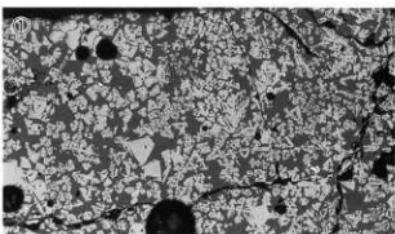


Photo. 4 流動津（含鉄）の顕微鏡組織

CHO-7

炉内滓（含鉄）

- ①×100、付着木炭 ②
×100、③×400、滓部：
鋳化鉄粒散在、ウルボス
ビニル・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

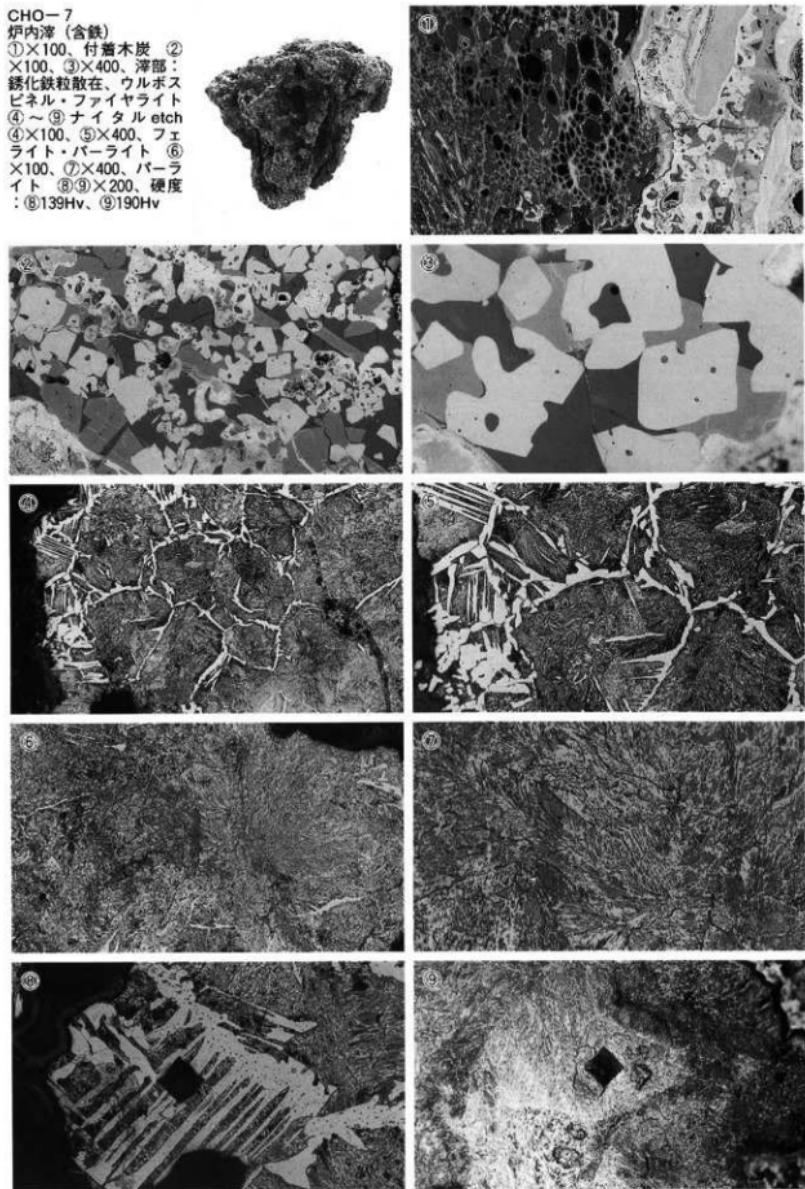


Photo. 5 炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織

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

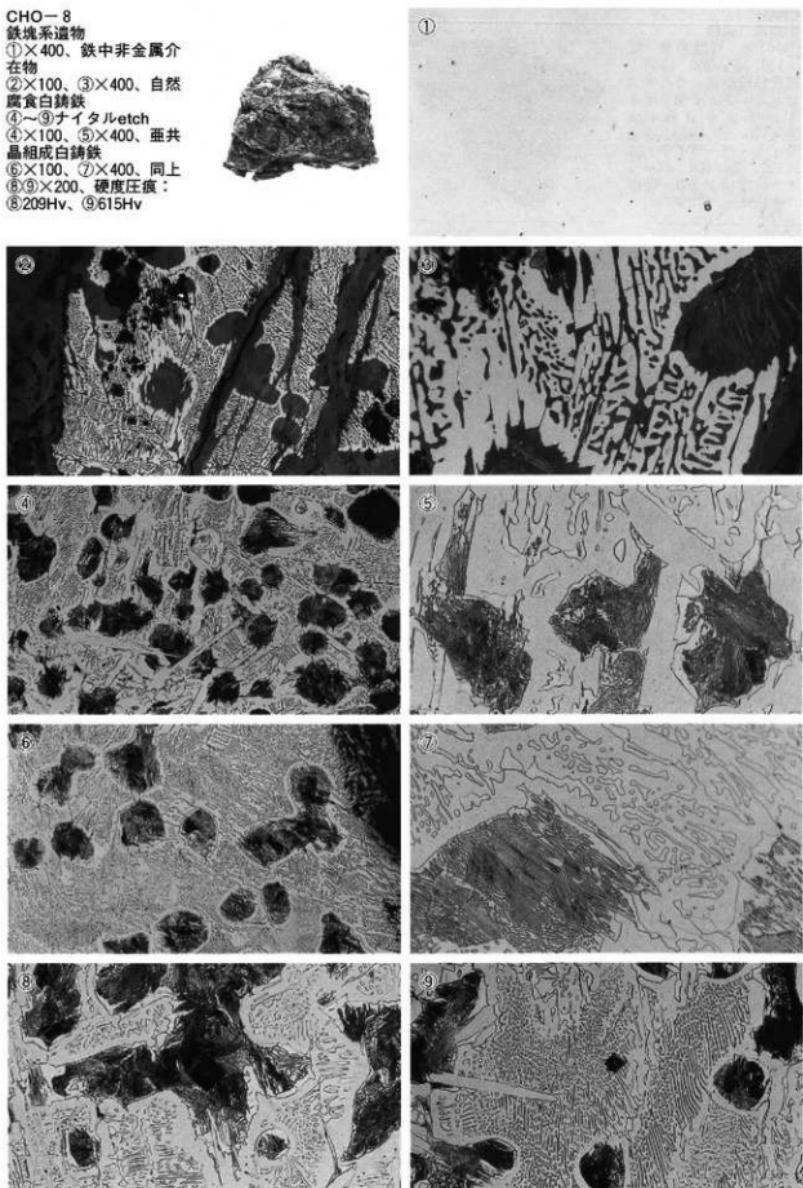


Photo. 6 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

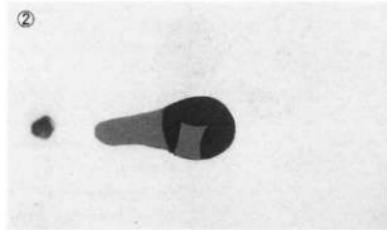
CHO-9

炉内滓（含鉄）

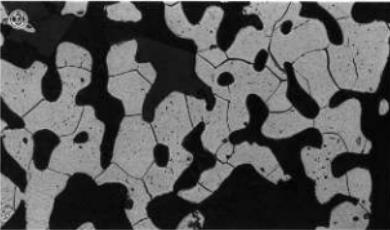
- ①×100、滓部：ウルボ
スピネル微小ファイラ
イト ②×400、鐵中非
金屬介在物 ③×100、
未凝集フェライト ④×
100、⑤×400、フェライ
ト ⑥⑦×100、フェラ
イト・少量パラライト
⑧⑨×200、硬度圧痕：
⑧554Hv、⑨79Hv



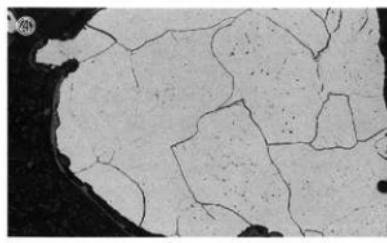
②



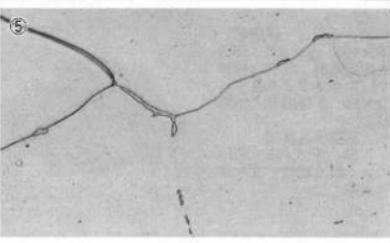
③



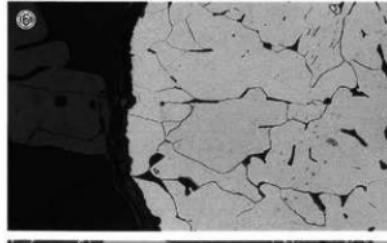
④



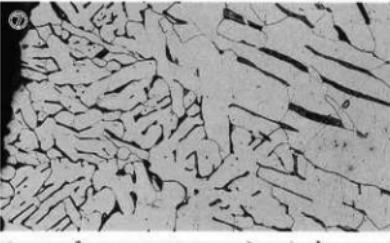
⑤



⑥



⑦



⑧



⑨

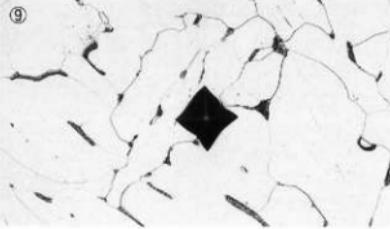
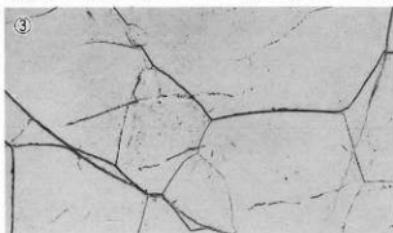
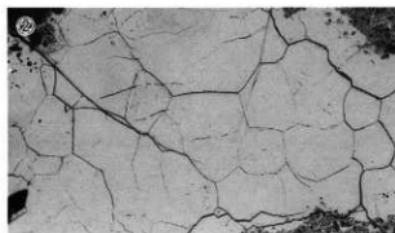
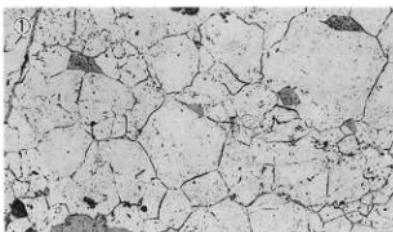
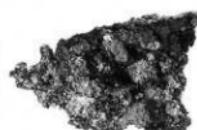


Photo. 7 炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織

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



CHO-11
炉壁（羽口付・鋳冶炉）
④×100、⑤×400、羽口
先端溶融部：ガラス質津
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

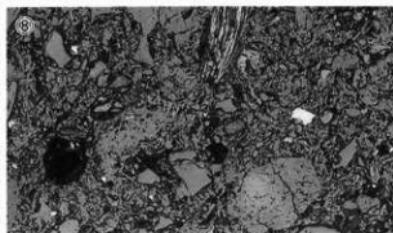
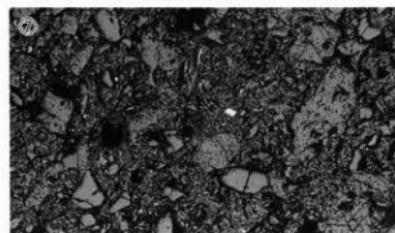
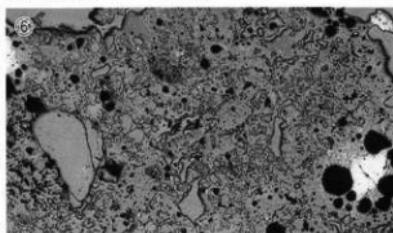
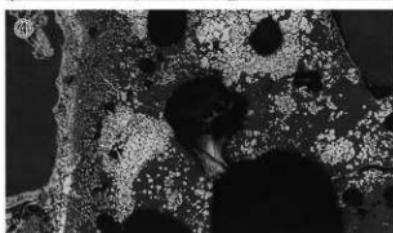


Photo. 8 鉄塊系遺物・炉壁（羽口付・鋳冶炉）の顯微鏡組織

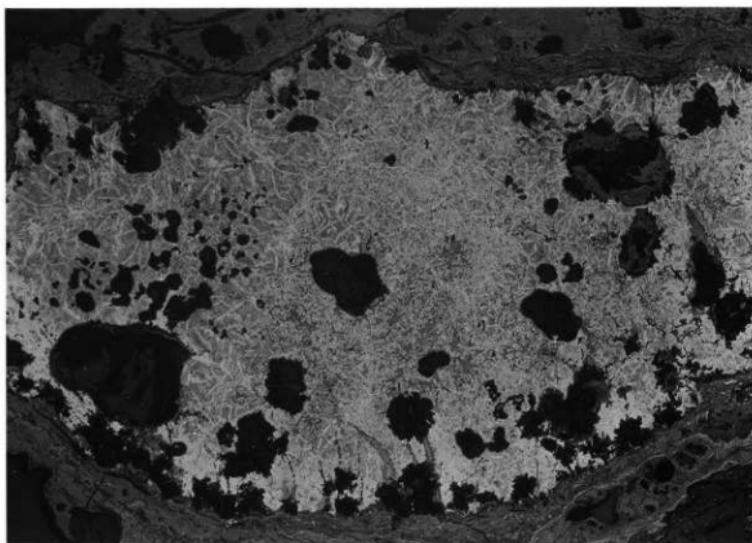
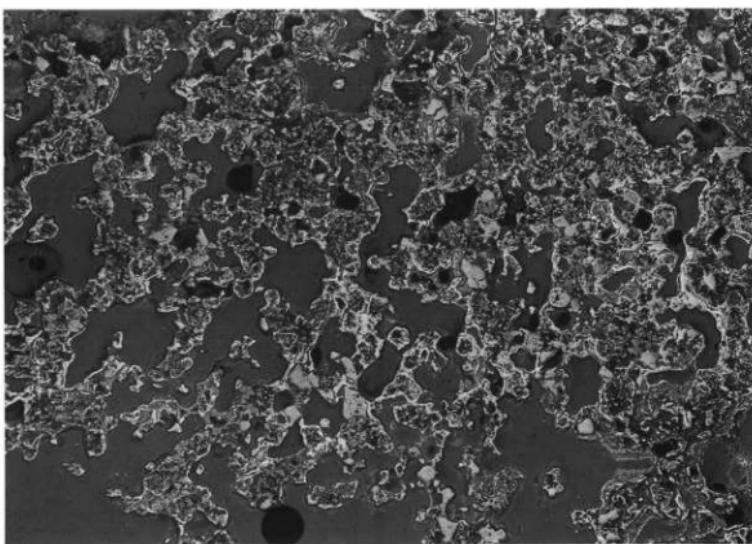


Photo. 9 上段：砂鉄焼結塊（CHO-2）のマクロ組織（×20）
下段：流動津（含鉄）（CHO-6）のマクロ組織（×10）

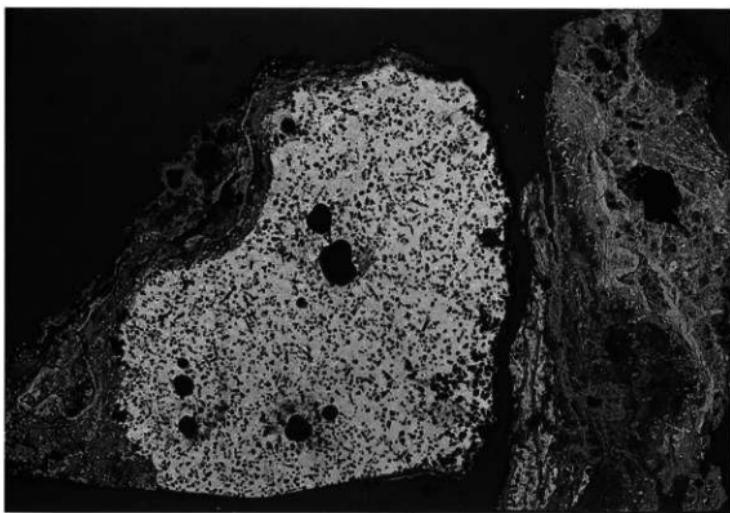
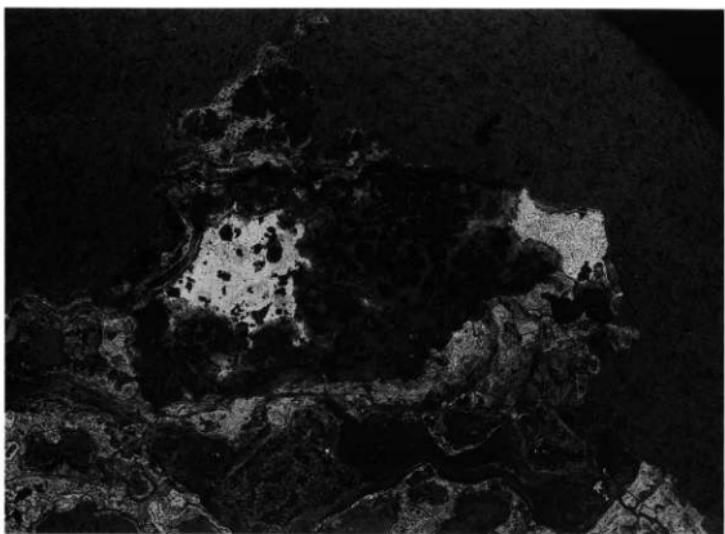


Photo.10 上段：炉内滓（含鉄）（CHO-7）のマクロ組織（ $\times 10$ ）
下段：鉄塊系遺物（CHO-8）のマクロ組織（ $\times 10$ ）

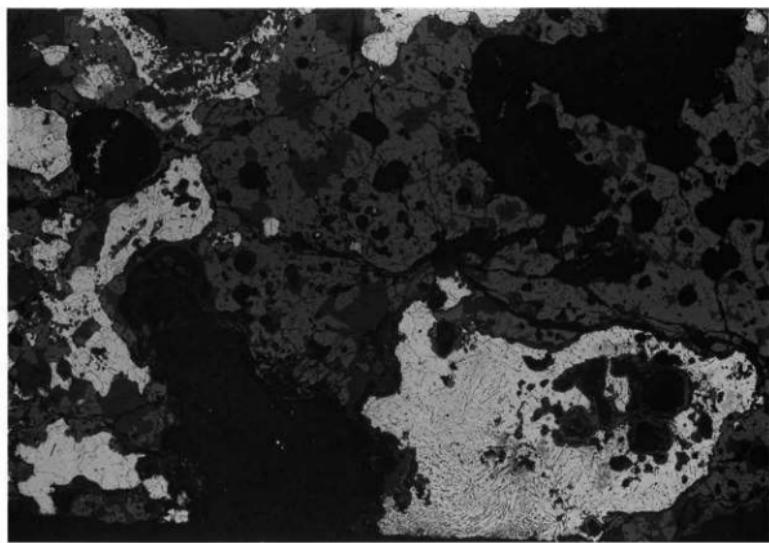
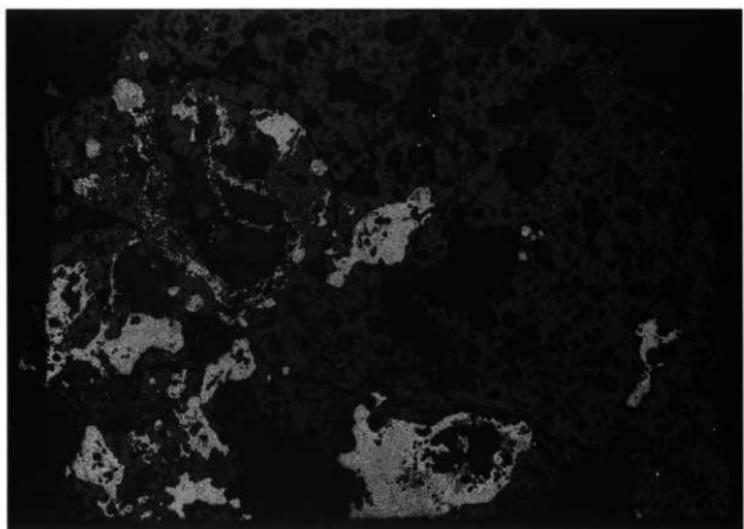


Photo.11 爐内滓（含鉄）（CHO-9）のマクロ組織 上段：（×5）下段：（×10）

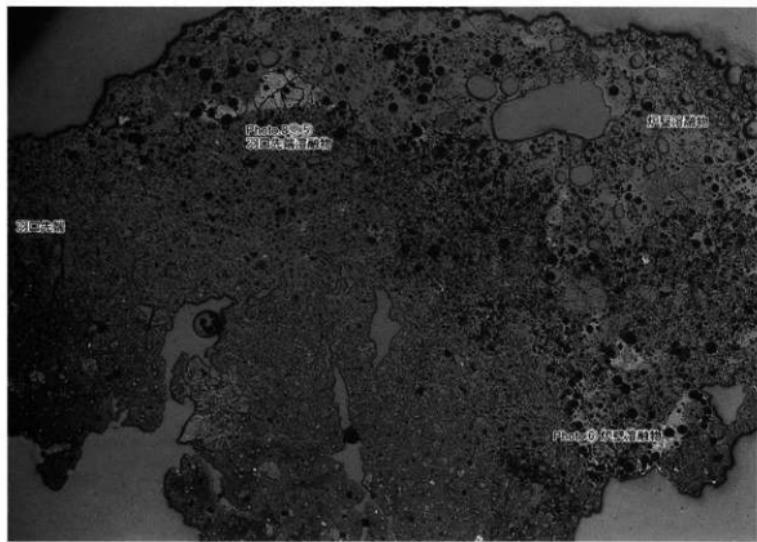
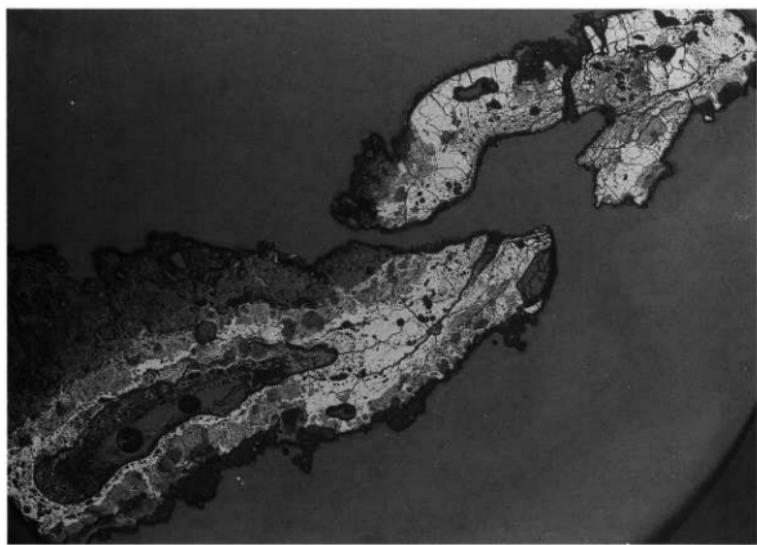


Photo.12 上段：鉄塊系遺物（CHO-10）のマクロ組織（ $\times 5$ ）
下段：炉壁（羽口付、鍛冶炉）（CHO-11）のマクロ組織（ $\times 5$ ）

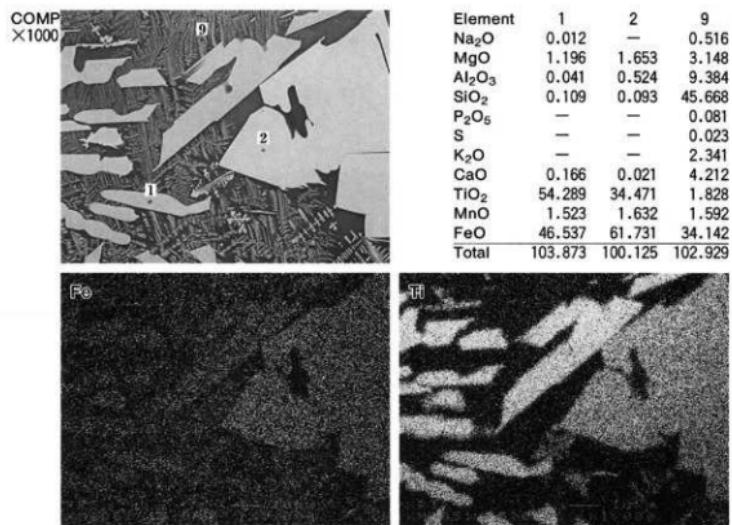
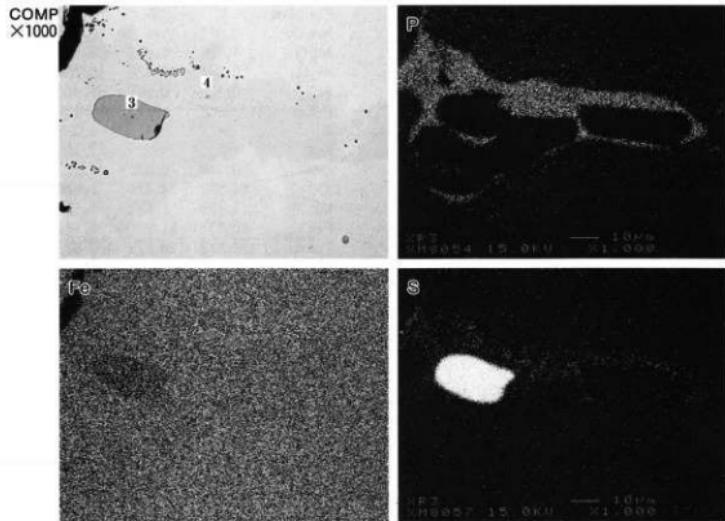


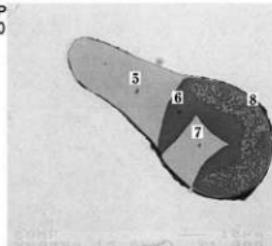
Photo.13 流動浮（ガス質、工具痕付）（CHO-4）鉱物相の特性X線像と定量分析値



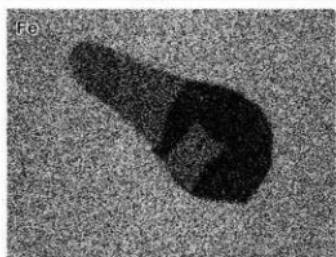
Element	3	4
Na ₂ O	—	0.005
MgO	—	0.028
Al ₂ O ₃	—	—
SiO ₂	0.036	0.040
P ₂ O ₅	—	17.655
S	37.101	0.527
K ₂ O	—	—
CaO	—	—
TiO ₂	0.219	0.009
MnO	0.236	—
FeO	89.701	134.931
Total	118.035	153.063

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



Fe



Element	5	6	7	8
Na ₂ O	0.025	0.542	0.022	0.247
MgO	1.471	1.090	1.746	2.035
Al ₂ O ₃	0.498	12.546	0.465	10.829
SiO ₂	0.065	59.801	0.098	46.839
P ₂ O ₅	—	0.095	0.013	0.144
S	—	0.013	0.002	0.032
K ₂ O	—	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

Ti



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

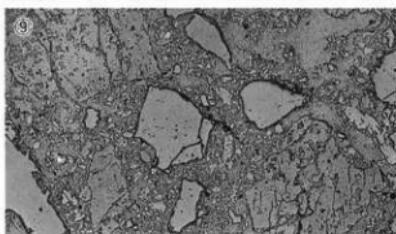
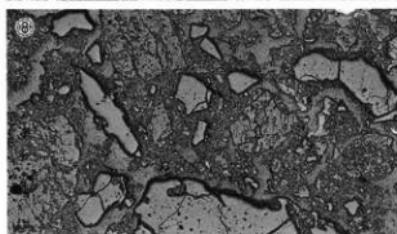
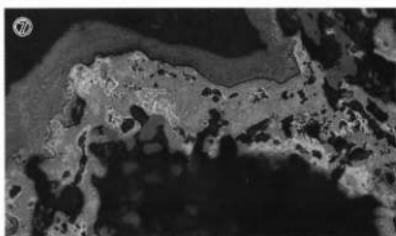
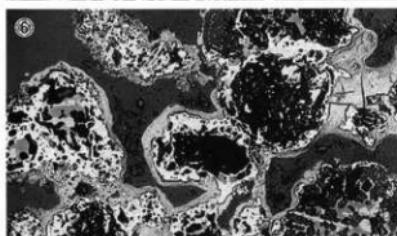
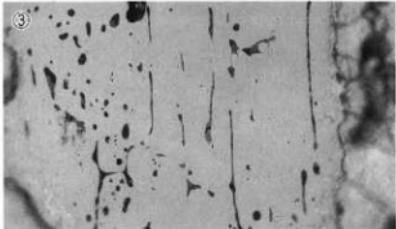
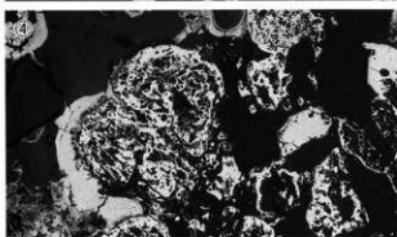
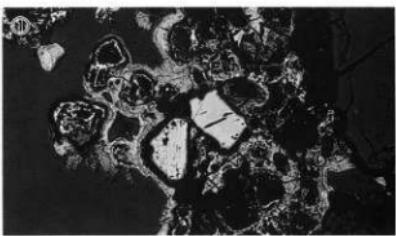
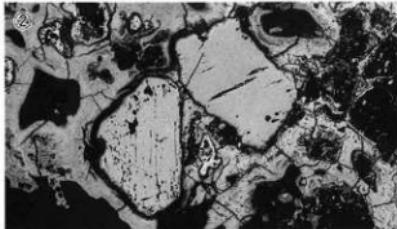
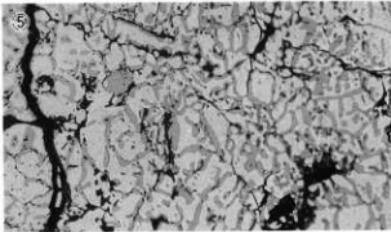
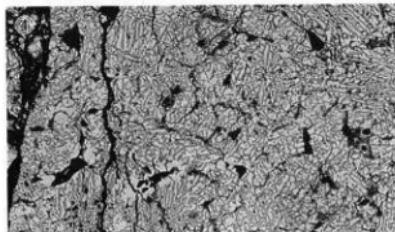
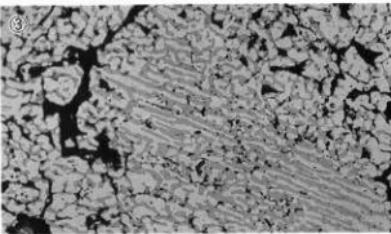
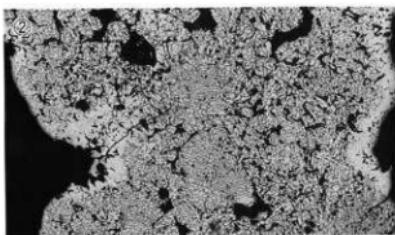
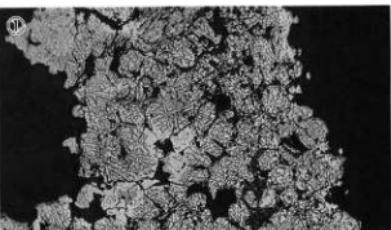


Photo. 1 炉壁（砂鉄焼結）の顯微鏡組織

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・ファイアラ
イト

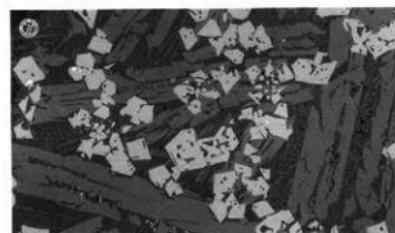
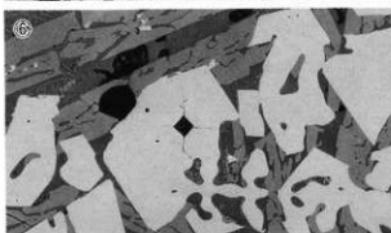
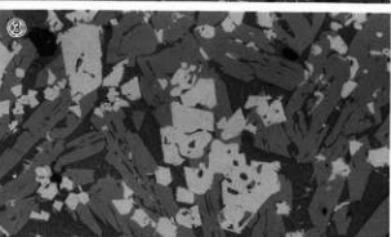
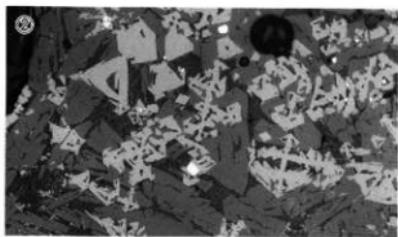
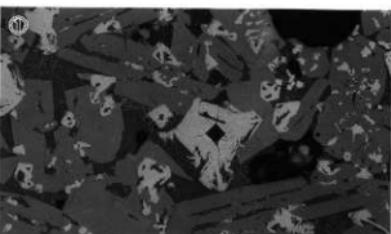


Photo. 2 砂鉄焼結塊・流動滓の顕微鏡組織

TOI-4

流動津（流出孔津？）
①×200、硬度圧痕：
756Hv、ウルボスピニル
②×100、ウルボスピニ
ル・ファイヤライト
③×100、同上



TOI-5

流動津（流出孔津？）
④×200、硬度圧痕：
714Hv
⑤×100、⑥×400、表層
：微小ウルボスピニル・
ファイヤライト
⑦×100、⑧×400、内部
：ウルボスピニル（局部
的に発達）・ファイヤラ
イト

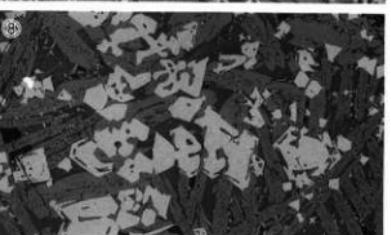
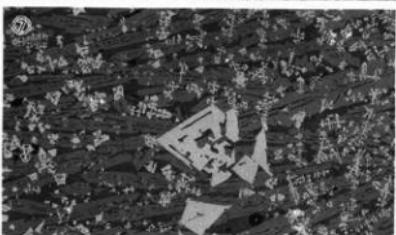
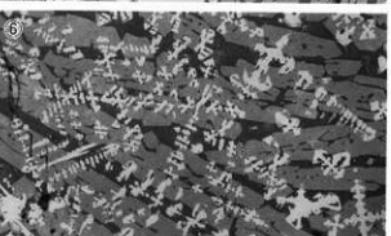
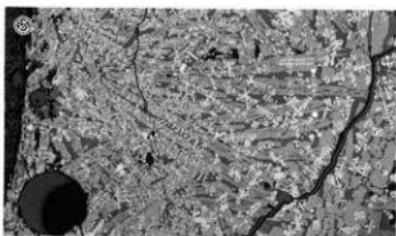
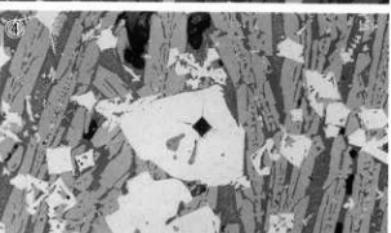


Photo. 3 流動津の顕微鏡組織

TOI-6

流動津（流出孔津？）

①×100、白色粒：被熱

鈑鐵

ウルボスピニル・ファイ

ヤライト

②×100、③×400、同上

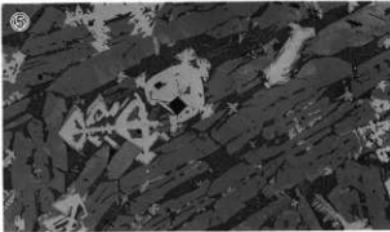
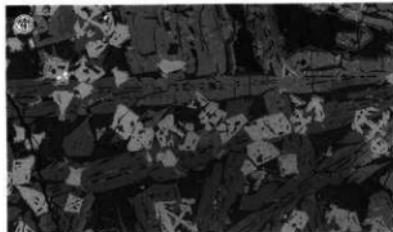
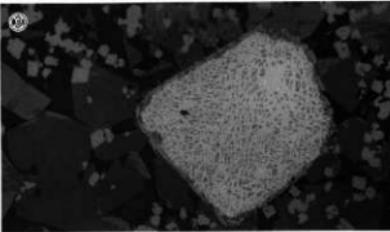
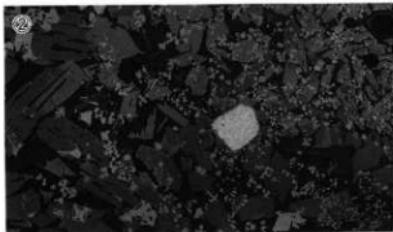
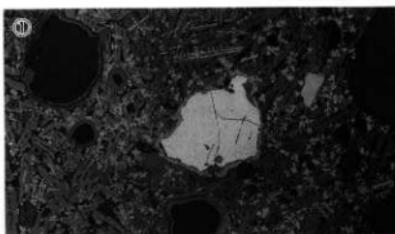
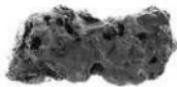
⑤×100、ウルボスピニ

ル・ファイヤライト

⑥×200、硬度圧痕：

762Hv

ウルボスピニル



TOI-7

流動津（流出溝津）

⑥×200、硬度圧痕：

676Hv

ウルボスピニル

⑦×100、ウルボスピニ

ル・ファイヤライト

⑧×100、同上

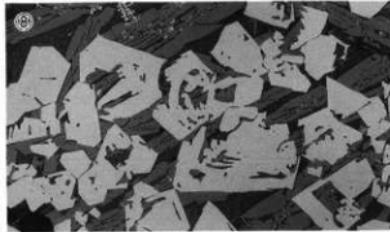
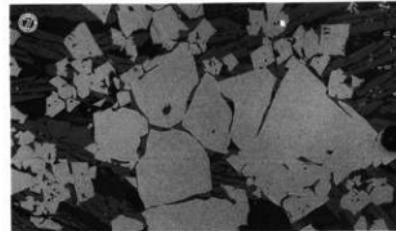
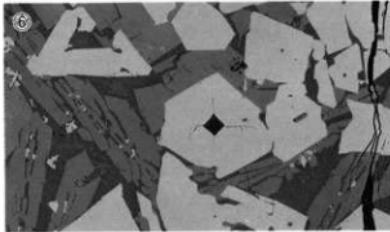


Photo. 4 流動津の顕微鏡組織

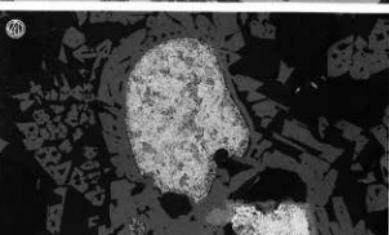
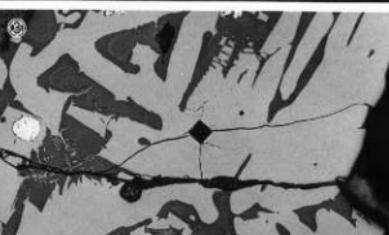
TOI-8

流動津（緻密）
①～③ナイタルetch
①×100、中央：微小金
屬鉄粒
ウルボスピニル・イルミ
ナイト
②③×200、硬度圧痕：
②374Hv、過共析組織
③543Hv、ウルボスピニ
ル



TOI-9

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



TOI-10

流動津（ガス質）
⑨～⑪ナイタルetch
⑨×100、中央：微小金
屬鉄粒・ウルボスピニル
⑩×100、⑪×400、中央
：微小金属鉄粒、ウルボ
スピニル・イルミナイト
⑫×200、硬度圧痕：
⑬633Hv⑭643Hv、ウル
ボスピニル

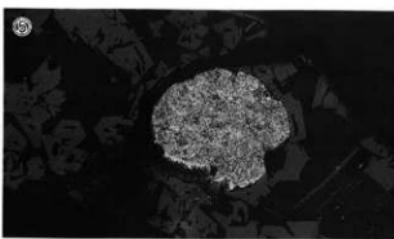
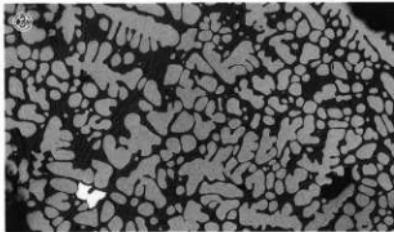
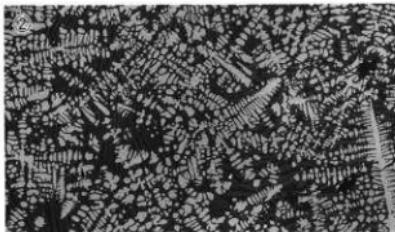


Photo. 5 流動津の顕微鏡組織

TOI-10

鋳冶滓

①×200、硬度圧痕：
444Hv、ヴァタイト
②×100、③×400、ヴァ
タイト・ファイヤライト



TOI-11

炉底滓

④～⑥×100、ウルボス
ビネル・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

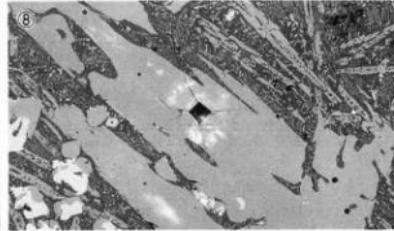
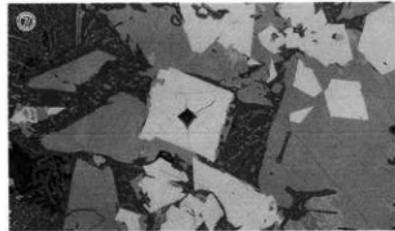
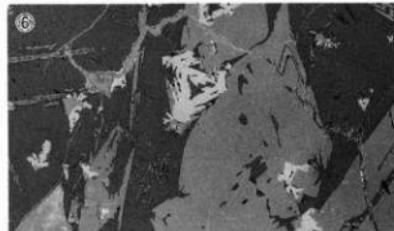
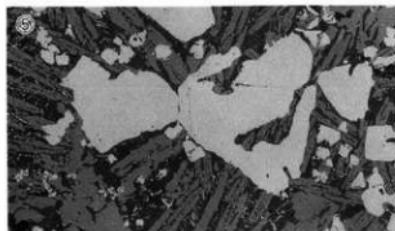
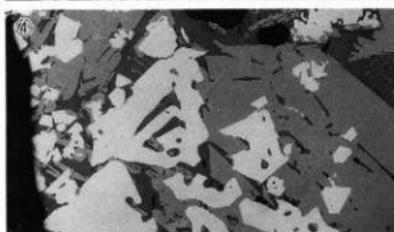


Photo. 6 鋳冶滓・炉底塊の顕微鏡組織

TOI-12

炉底塊（含鉄）

①～③ナイタルetch

①×100、金属鉄：未凝

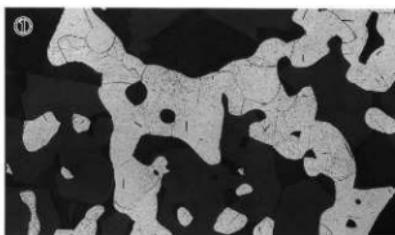
集フェライト、滓部：ウ

ルボスピネル

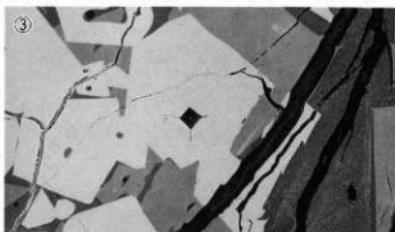
②③×200、硬度圧痕：

②80Hv、フェライト

③620Hv、ウルボスピネ



②



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

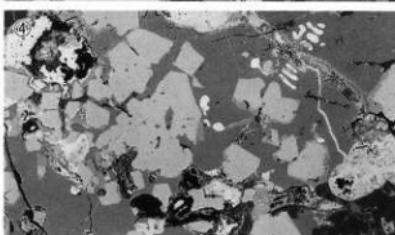
ト、錆化鉄

⑥×100、錆化鉄

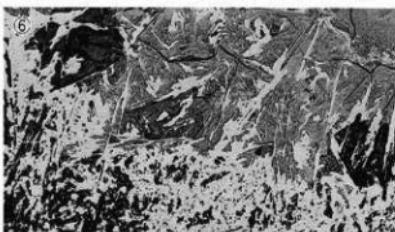
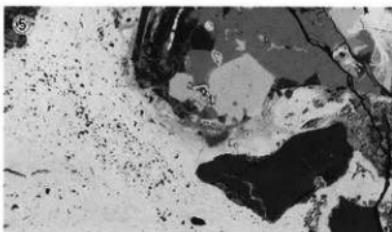
⑦×100、黒鉛化木炭

⑧×200、硬度圧痕：

785Hv、ウルボスピネ



⑤



⑧

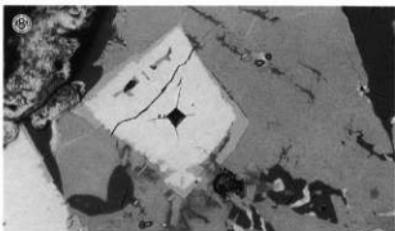
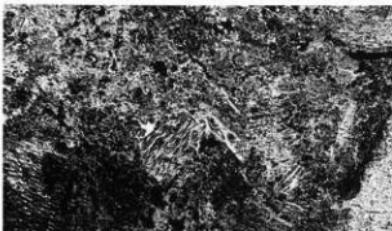


Photo. 7 炉底塊・炉内滓の顕微鏡組織

TOI-14

鉄塊系遺物

①×100、②×400、津部
: ヴスタイル・ファイヤ
ライト ③×400、鐵中
非金属介在物 ④～⑨ナ
イタルエッチ
④×100、⑤×400、針状
セメントタイト・バーライ
ト、⑥×100、⑦×400、
同上
⑧⑨×200、硬度圧痕：
⑧221Hv、⑨203Hv

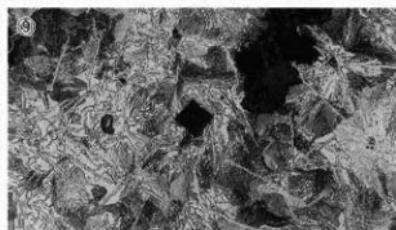
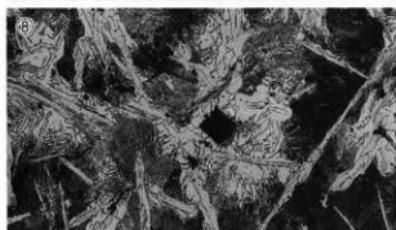
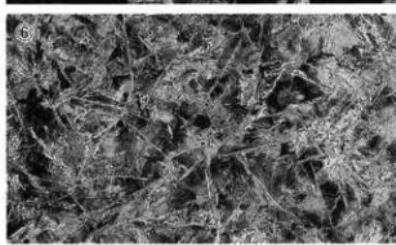
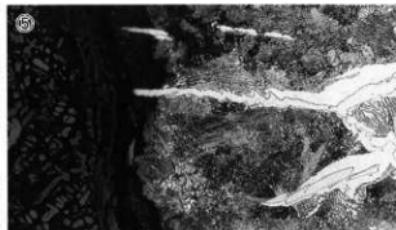
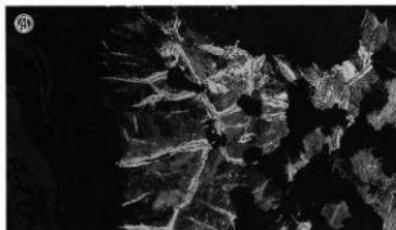
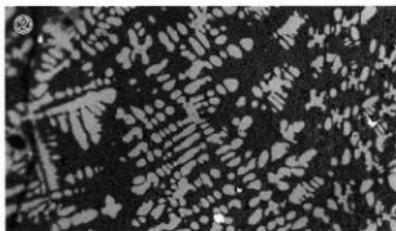
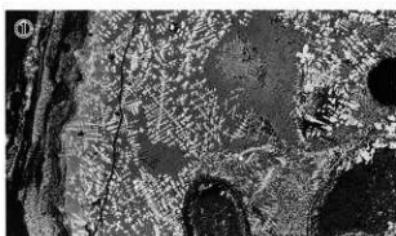


Photo. 8 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

TOI-15

鉄塊系遺物（流動状）
 ①×400、中央：鉄中非
 金属介在物、
 鐵化鉄(FeS)と片状黒鉛
 ②③ナイトルetch
 ②×100、片状黒鉛、針
 状セメントタイト・パーラ
 イト：ねずみ鉄
 ③×200、硬度圧痕：
 294Hv

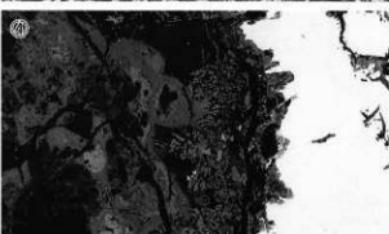


TOI-16

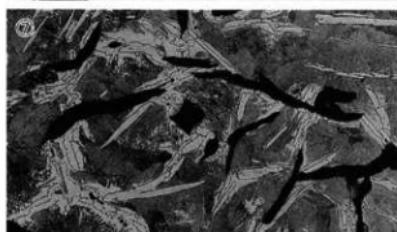
鉄塊系遺物（流動状）
 ④×100、表皮スラグ：
 イルミナイト
 白色部：金属鉄
 ⑤×400、鉄中非金属介
 在物・片状黒鉛
 ⑥～⑧ナイトルetch
 ⑥×100、針状セメンタ
 イト・パーライト
 ⑦⑧×200、硬度圧痕：
 ⑦229Hv、⑧250Hv



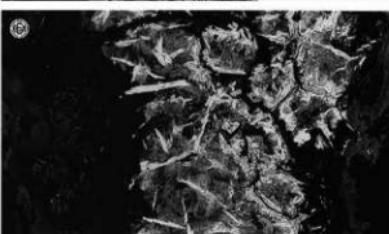
⑤



⑦



⑩



⑧

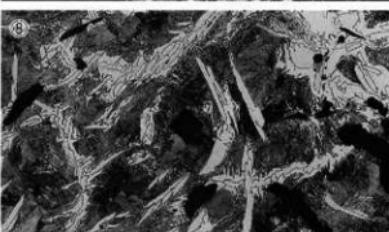


Photo. 9 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

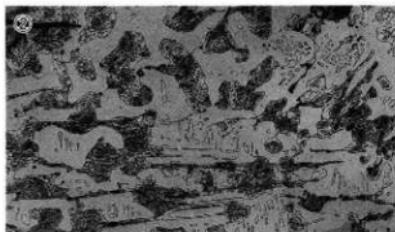
TOI-17

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、亜共晶組成白鉄
- ③×200、硬度圧痕：
1037Hv
- 板状セメントタイト

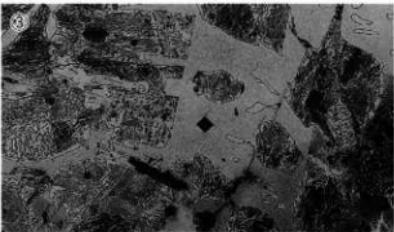


①

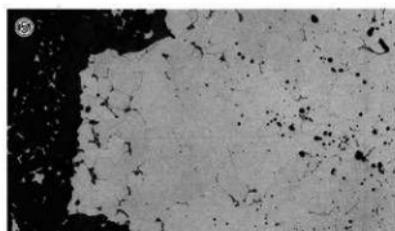


TOI-18(1)

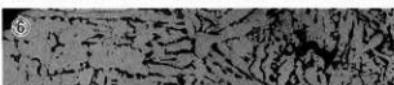
- 鉄塊系遺物（半流動状）
- ④×100、滓部：ヴァスタイト凝集
 - ⑤～⑥ナイタルetch
 - ⑤×100、フェライト・微量バーライト
 - ⑥×100、フェライト・バーライト
 - ⑦×100、⑧×400、フェライト・バーライト～全面バーライト



④



⑤



⑥

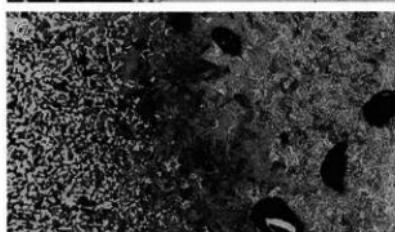
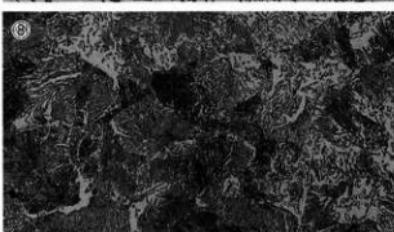


Photo.10 鉄塊系遺物の顕微鏡組織



⑦

⑧

TOI-182)

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・バーライト
③～⑨×200、硬度圧痕
③125Hv、④135Hv
⑤202Hv、⑥193Hv
⑦285Hv、⑧196Hv
⑨241Hv

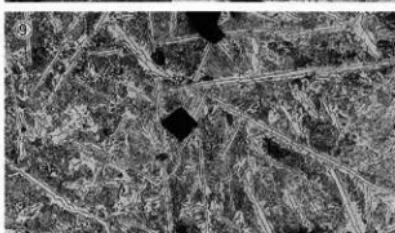
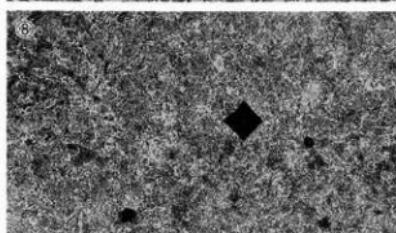
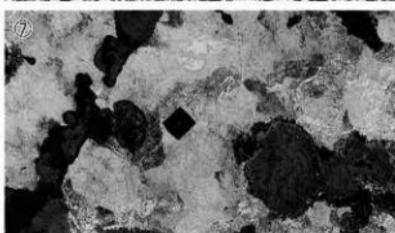
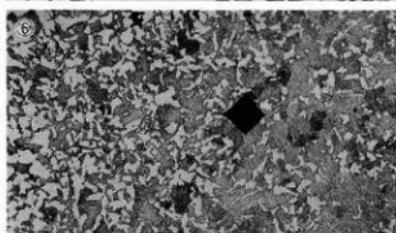
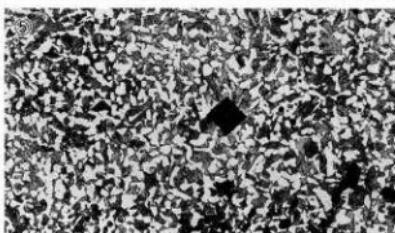
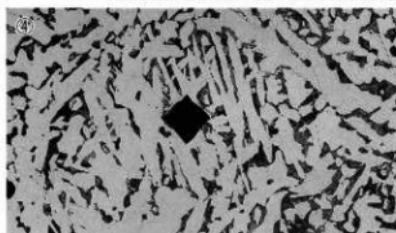
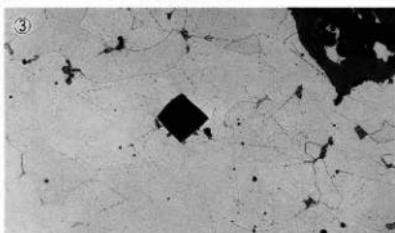
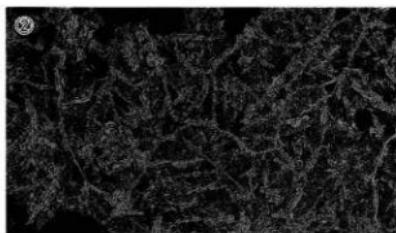
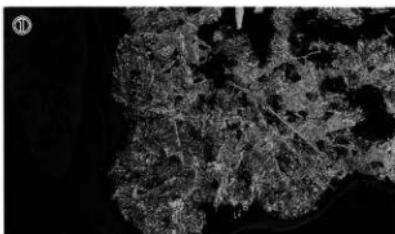


Photo.11 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

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、製錬漆片：シ
ュードブルーカイト
- ⑨×100、黒鉛化木炭

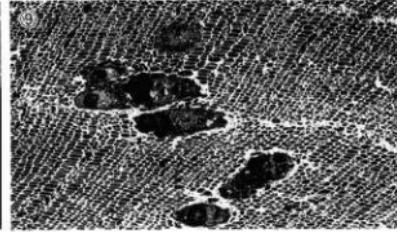
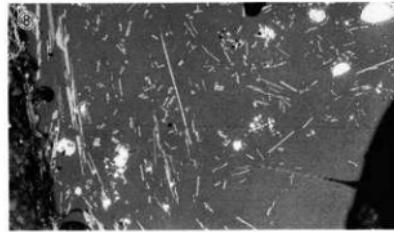
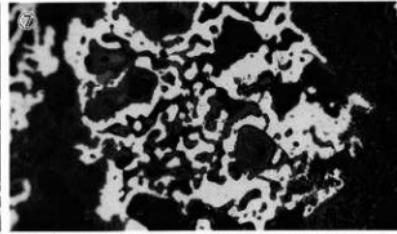
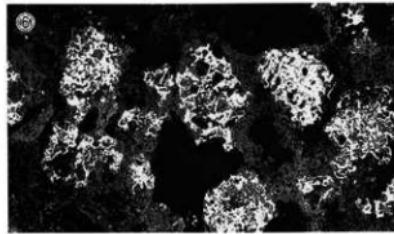
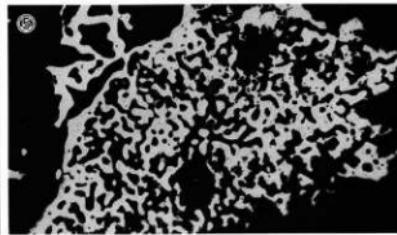
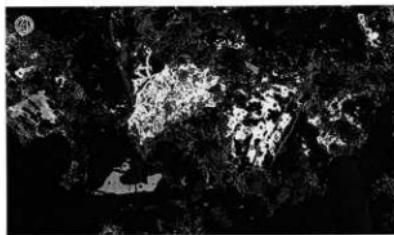
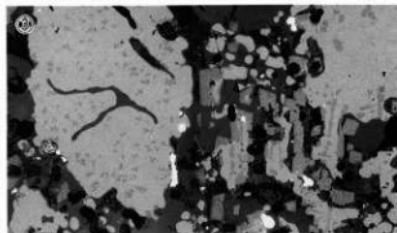
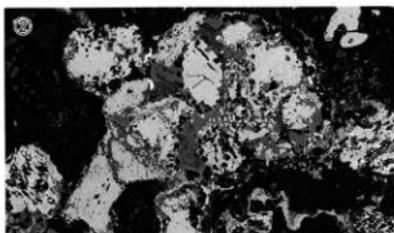
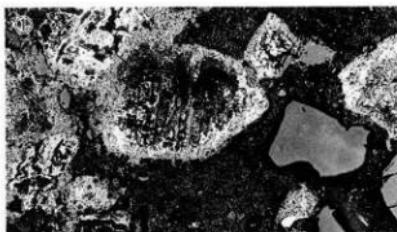
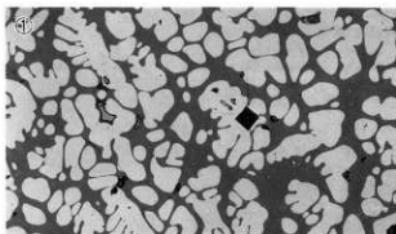


Photo.12 再結合滓の顕微鏡組織

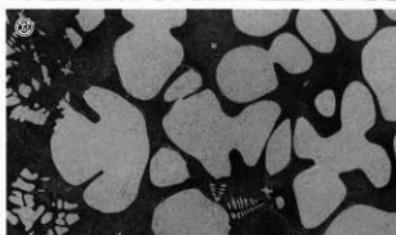
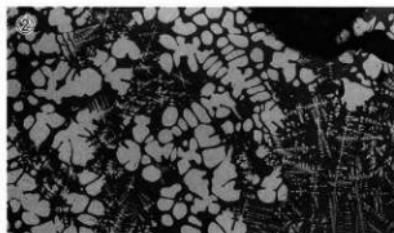
TOI-21

楔形鍛冶滓

①×200、硬度圧痕：
519Hv、グスタイト
②×100、③×400、グス
タイト（粒内微小Fe-Ti
化合物析出）



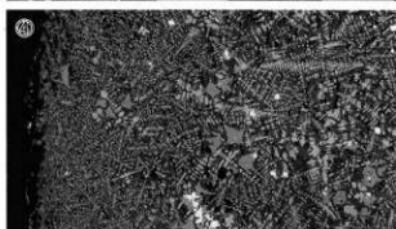
②



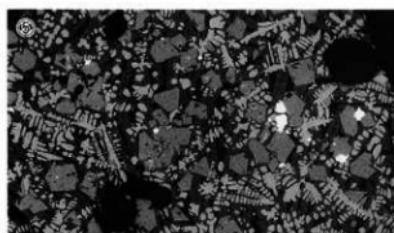
TOI-22

鍛冶滓（流動滓）

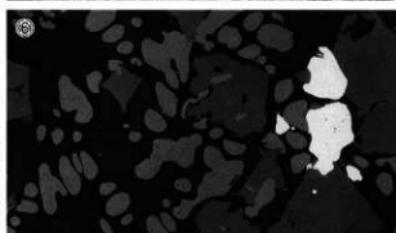
④×100、表層：グスタ
イト・ウルボスピニル・
ファイアライト ⑤×
100、⑥×400、ウルボ
スピニル・グスタイト（粒
内Fe-Ti系析出物）・フ
ァイアライト・微小金屬
鉄粒 ⑦⑧×200、硬度
圧痕：⑦709Hv、ウルボ
スピニル ⑧461Hv、グ
スタイト



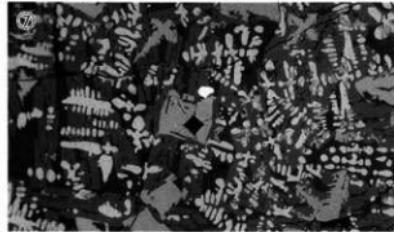
⑤



⑥



⑦



⑧

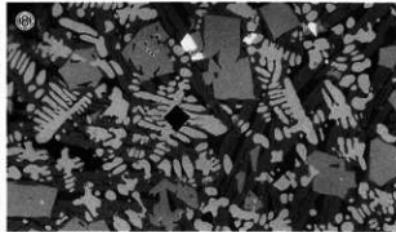


Photo.13 楔形鍛冶滓・鍛冶滓の顯微鏡組織

TOI-231)

鋳冶鉄塊系遺物

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・バー
ライト ③×100. ④×
400. フェライト・バー
ライト ⑤×100. ⑥×
400. バーライト主体
⑦×100. ⑧×400. 針狀
フェライト・バーライ
ト・マルテンサイト

①

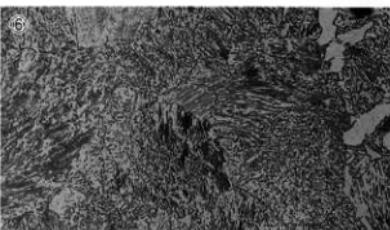
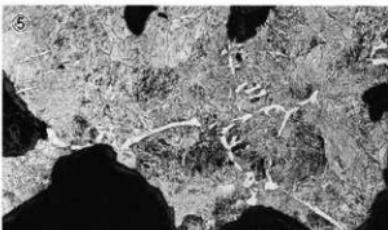
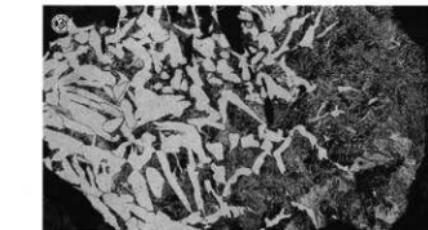
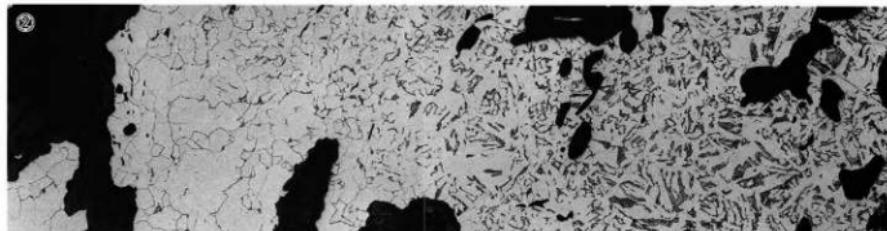


Photo.14 鋳冶鉄塊系遺物の顕微鏡組織

TOI-23(2)

鍛冶鉄塊系遺物

- ①×100、表皮スラグ：
ガスタイト
- ②×100、付着木炭
- ③～⑨ナイタルetch
③87Hv、④116Hv
⑤140Hv、⑥190Hv
⑦171Hv、⑧346Hv
⑨596Hv

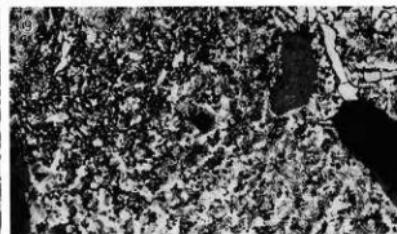
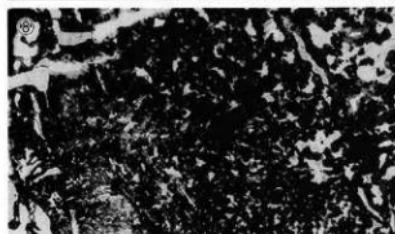
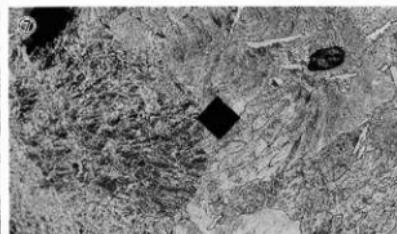
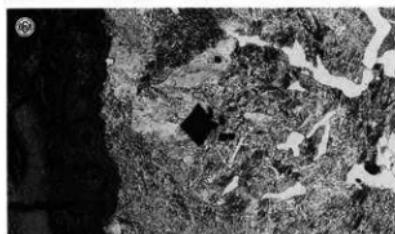
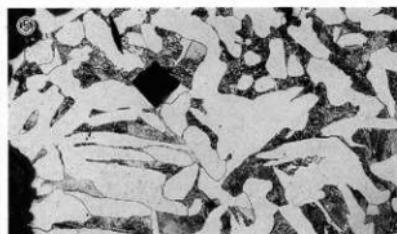
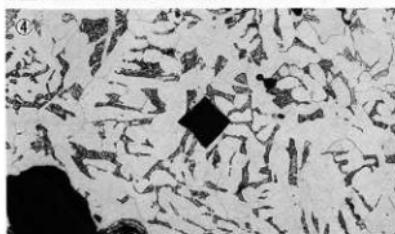
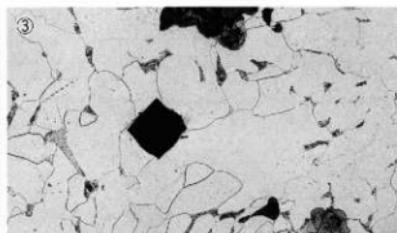
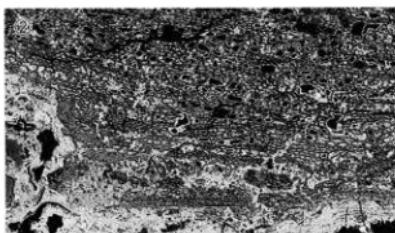
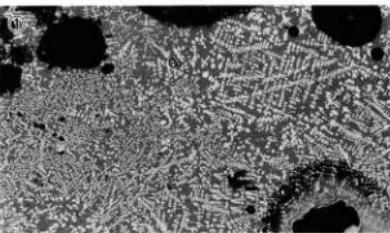


Photo.15 鍛冶系鉄塊系遺物の顕微鏡組織

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、亜共晶組成白鉄
- ⑥×100、⑦×400、共晶組成白鉄
- ⑧⑨×200、硬度圧痕：
- ⑧215Hv、⑨620Hv

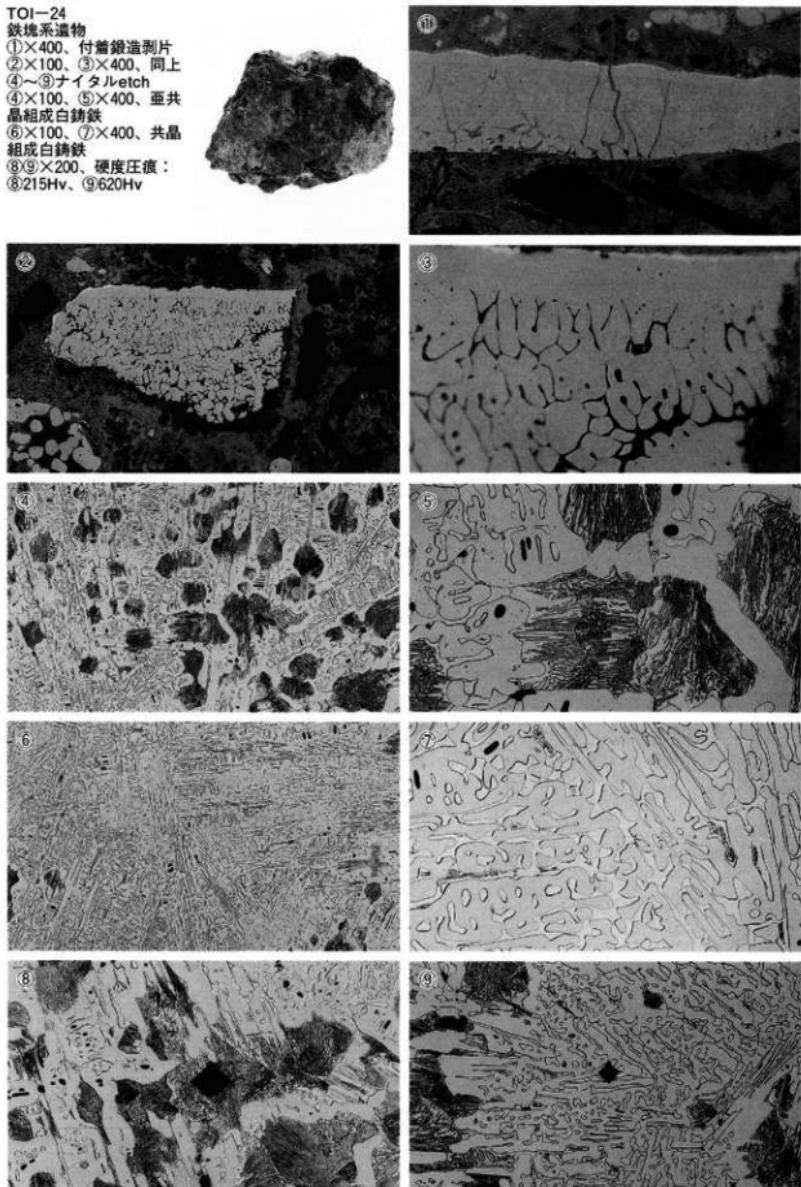
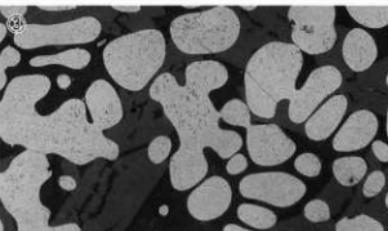
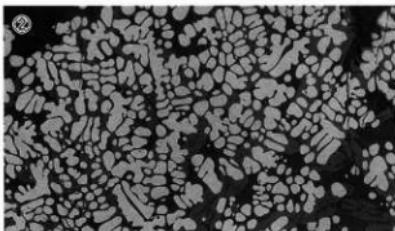
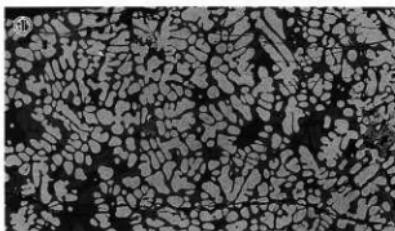


Photo.16 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

TOI-25

楕形鋳冶滓

- ①×100、ヴァサイト
(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、鋳造割片多数
⑤×50、⑥×400、鋳造
割片及び粒状滓
⑦×400、製錬滓片：シ
ュードブルーカイト
⑧×100、鋳冶滓片：ヴァ
サイト・ウルボスピネ
ル・ファイヤライト

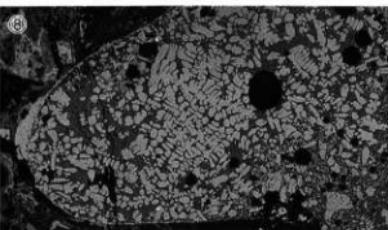
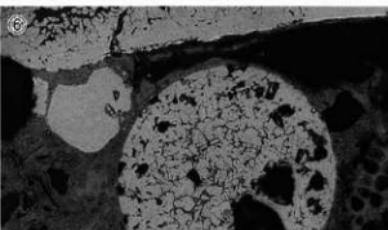
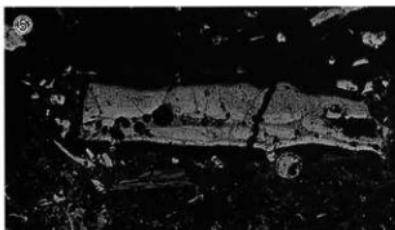
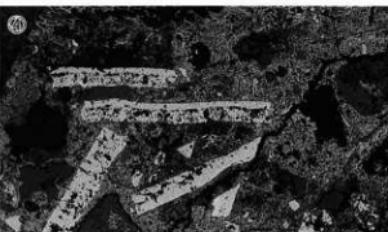


Photo.17 楕形鋳冶滓・再結合滓の顕微鏡組織

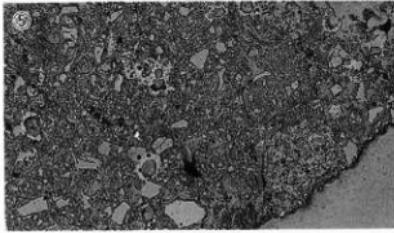
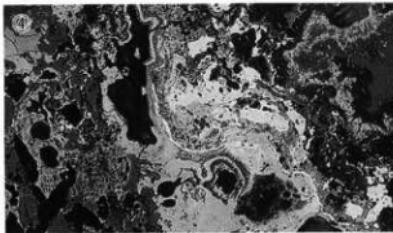
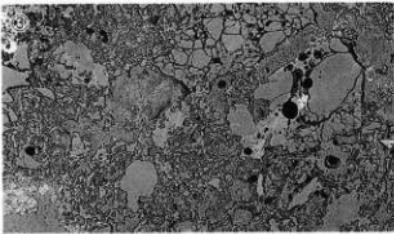
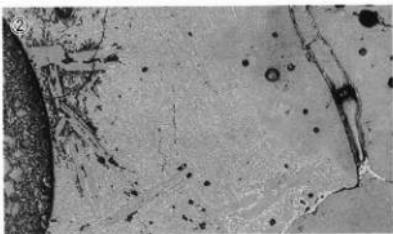
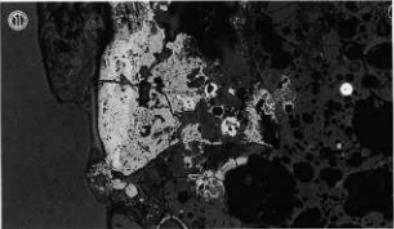
TOI-27

炉壁（鋳冶炉）

- ①×50、内面表層：溶融ガラス質滓中の鉄化鉄
- 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



①



TOI-28

鋳冶滓

- ⑥×200、硬度圧痕：493HV、ヴスタイト
- ⑦×100、⑧×400、ヴスタイト・ファイアライト



⑥

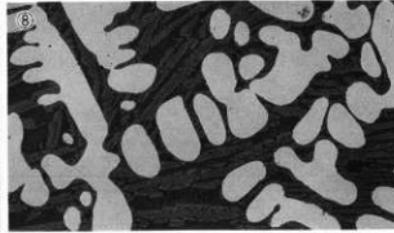
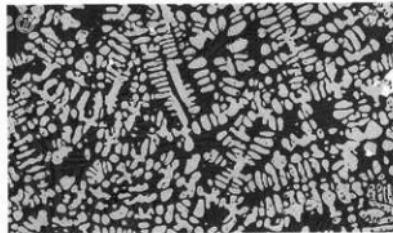
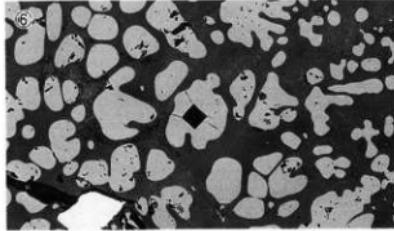


Photo.18 炉壁・鋳冶滓の顕微鏡組織

TOI-29

鋳冶津(含鉄)

- ①×100、付着鑄造剥片、
津部：ウルボスピニル・ヴァ
スタイト・ファイヤライト
②×100、③×400、ヴァスタ
イト(粒内 Fe-Ti 折出
物)、ウルボスピニル・フ
アイヤライト 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：⑧
120Hv、⑨183Hv

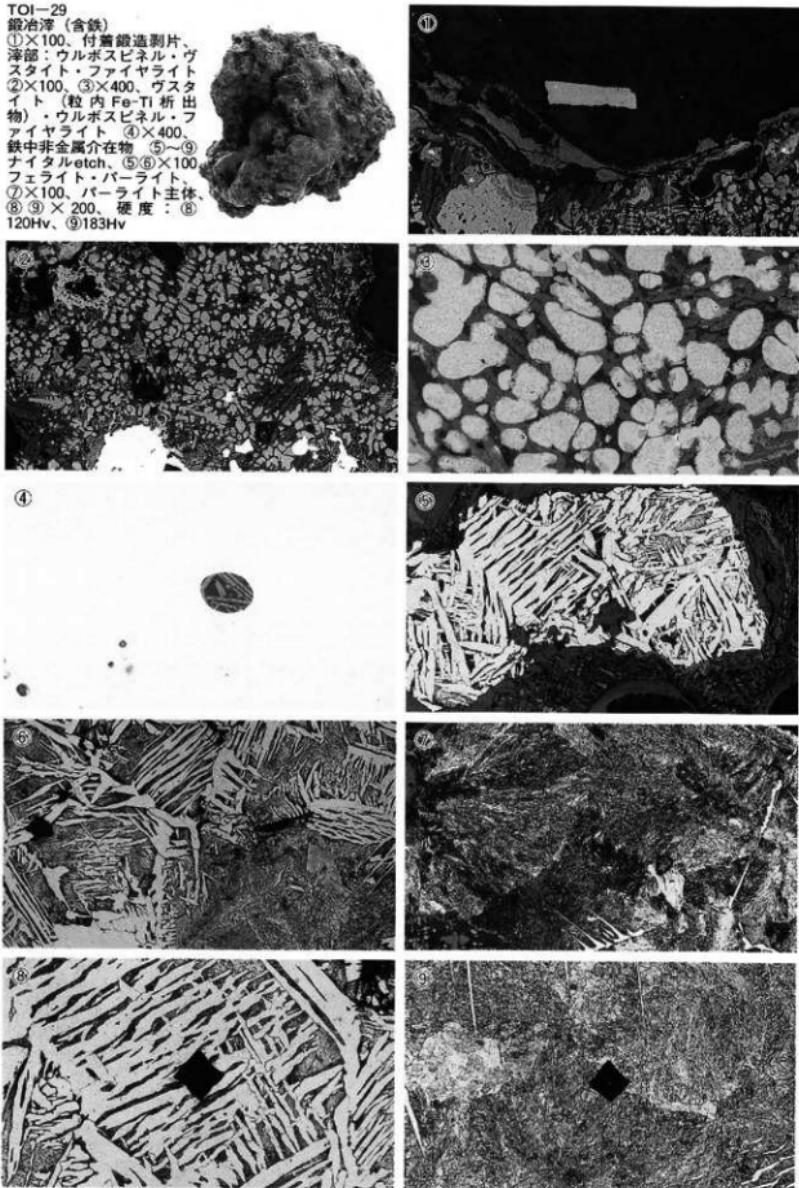
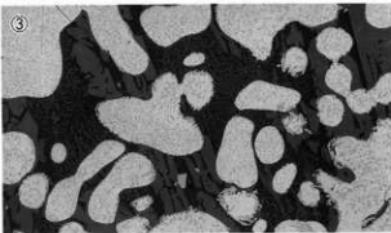
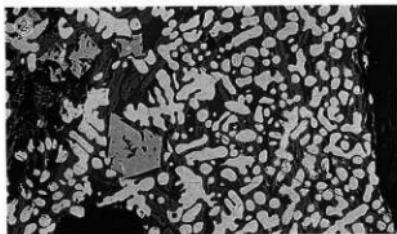
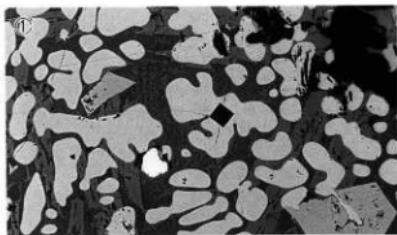


Photo.19 鋳冶津(含鉄)の顕微鏡組織

TOI-30
楕形鋳治滓
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・ファイラライト



TOI-31
鉄塊系遺物
④×100、ウルボスピネ
ル・微小ヴスタイト・フ
アイラライト
⑤～⑧ナイタルetch
⑤×100、マルテンサイ
ト・バーライト
⑥×100、マルテンサイ
ト
⑦⑧×200、硬度圧痕：
⑦418Hv、⑧838Hv

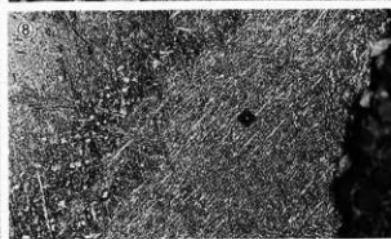
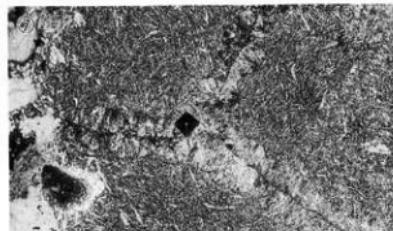
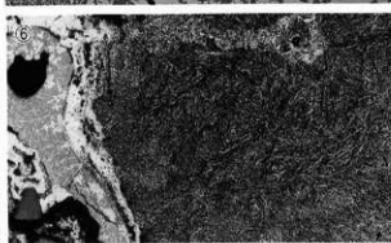
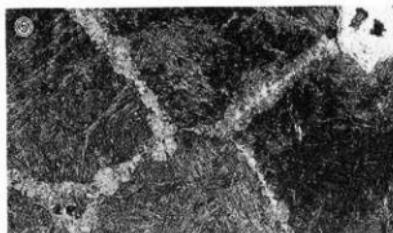
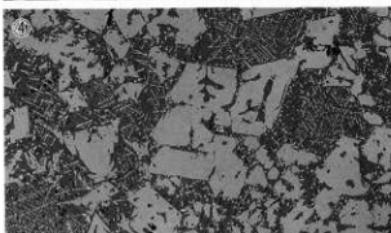


Photo.20 楕形鋳治滓・鉄塊系遺物

TOI-32

含鉄鉄滓
①×100、淬部：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
バー ライ ト ④×100、
⑤×400、フェライト・
バー ライ ト ⑥×100、
⑦×400、バー ライ ト
⑧⑨×200、硬度圧痕：
⑧142 Hv、⑨115 Hv

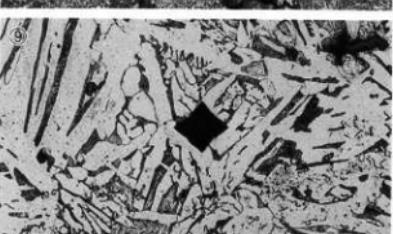
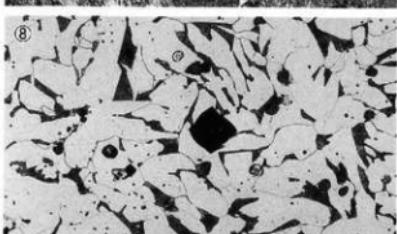
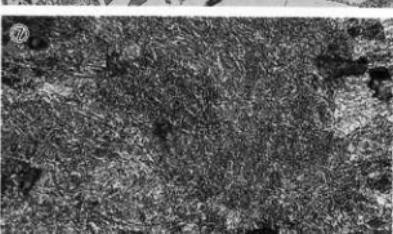
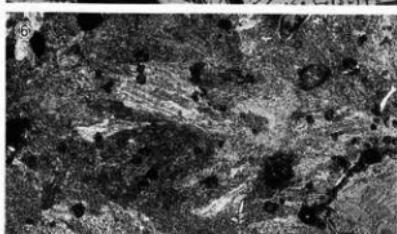
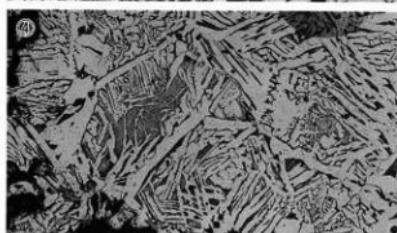
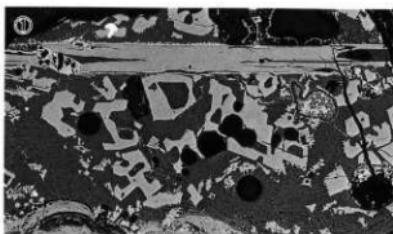
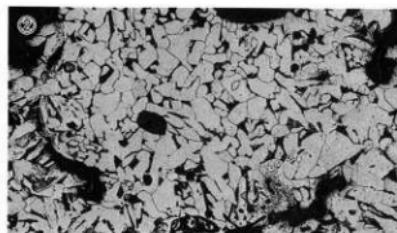


Photo.21 含鉄鉄滓の顯微鏡組織