

- (4) 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。

鍛造剥片の酸化膜相は、微厚の外層へマタイト(Hematite: Fe_2O_3)、中間層マグネタイト(Magnetite: Fe_3O_4)、大部分は内層ウスタイト(Wustite: FeO)の3層から構成される。

- (5) 日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』1968

ウスタイトは450~500Hv、マグネタイトは500~600Hv、ファイヤライトは600~700Hvの範囲が提示されている。ウルボスピネルの硬度値範囲の明記はないが、マグネタイトにチタン(TiO_2)を固溶するので、600Hv以上であればウルボスピネルと同定している。それにアルミナ(Al_2O_3)が加わり、ウルボスピネルとヘーシナイトを端成分とする固溶体となると更に硬度値は上昇する。このため700Hvを超える値では、ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体の可能性が考えられる。

- (6) 雀部実・館充・寺島慶一『近世たたら製鉄の歴史』丸善プラネット(株) 2003

- (7) 大澤正己・鈴木瑞穂「御添山遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」2002石見町教育委員会提出(未発表資料)

- (8) 前掲注(3)

第5章 鉱物各論 D. 尖晶石類・スピネル類(Spinel Group)の記載に加筆

尖晶石類の化学組成の一般式は XY_2O_4 と表記できる。Xは2価の金属イオン、Yは3価の金属イオンである。その組み合わせでいろいろの種類のものがある。(略)

スピネル(Spinel: MgAl_2O_4)、ヘーシナイト[鉄スピネル](Hercynite: $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$)、マグネタイト[磁鉄鉱](Magnetite: $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$)、クロム磁鉄鉱(Chromite: $\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4$)、マグネシオクロマイト(Magnesiochromite: MgCr_2O_4)、ウルボスピネル(Ulvospinel: $\text{TiFe}_2^{3+}\text{O}_4$) またこれらを端成分とした固溶体をつくる。

- (9) 前掲注(3)

第4章 主要な造含鉱物 4. 7かんらん石類(Olivine Group)

かんらん石類は X_2SiO_4 で表される。XにはMg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Caなどがはいる。

- (10) 鈴木瑞穂「日本の前近代製鉄炉の変遷と出土製錬滓の組成変化」『鉄の歴史—その技術と文化—フォーラム第6回公開研究会論文集』(社)日本鉄鋼協会社会部会「鉄の歴史—その技術と文化—フォーラム」 2004

Table. 1 供試材の履歴と調査項目

符号	遺跡名	出土位置	層位	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	EPMA	化学分析		耐火度	カロリー	
MYO-1	茗ヶ原奥たたら跡	2トレンチ	2層平坦面	炉壁	中世?	92×87×56	464.0	3	なし	○										
MYO-2				炉壁(砂鉄焼結)		101×155×71	746.0	3	なし	○										
MYO-3				炉壁		127×120×69	1050.0	3	なし	○										
MYO-4			久村川河口採取	砂鉄(自然)	現代	—	20.0	5	なし	○										
MYO-5		2トレンチ				3層平坦面	砂鉄(遺跡)	中世?	—	20.0	6	なし	○							
MYO-6			—	流動滓表皮	—	—	—		1	なし	○									
MYO-7			—	—	流動滓(緻密)	81×55×27	177.0	2	なし	○										
MYO-8			—	—	流動滓(ガス質)	118×97×55	424.0	3	なし	○										
MYO-9			4層	4層	炉内滓(含鉄)	86×64×61	550	6	特L(☆)	○										
MYO-10			1層	1層	鉄塊系遺物(塊状)	56×71×38	191	7	特L(☆)	○										
MYO-11			4層	4層	鉄塊系遺物(流動状)	52×34×18	77	5	特L(☆)	○										
MYO-12			2・3層	2・3層	木炭(24点)	—	小計 48.0	1	なし											
MYO-13			3トレンチ	表層下方	砂鉄焼結塊	中世?	36×19×10	11.0	2	なし	○									
MYO-14			SX01	—	砂鉄(遺跡)		—	20.0	6	なし	○									
MYO-15			—	—	流動滓表皮	中世?	—	—	1	なし	○									
MYO-16			—	—	炉底塊(鉄塊系遺物)		127×124×76	1200.0	7	特L(☆)	○									
MYO-17			2層	2層	鉄塊系遺物(塊状)	68×44×32	158.0	8	特L(☆)	○										
MYO-18			—	—	鉄塊系遺物(流動状)	71×47×43	243.0	8	特L(☆)	○										
MYO-19			—	—	鉄塊系遺物(流動状)	110×76×18	293.0	7	特L(☆)	○										
MYO-20		下層	下層	木炭(5点)	—	小計 25.1	1	なし	○											

Table. 2 供試材の化学組成

(1) 酸化物定量

Σ *

符号	遺跡名	出土位置	層位	遺物名称	推定年代	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化鉄 第1鉄 (FeO)	酸化鉄 第2鉄 (Fe ₂ O ₃)	二酸化 珪素 (SiO ₂)	酸化 ミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化アル ミニウム (Al ₂ O 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 ₂ O)	酸化ナト リウム (Na ₂ O)	酸化 マンガン (MnO)	二酸化 チタン (TiO ₂)	酸化 クロム (Cr ₂ O ₃)	硫黄 (S)	五酸化磷 (P ₂ O ₅)	炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	耐火度	遺澤成分 Total Fe	遺澤成分 TiO ₂ Total Fe	
MYO-1	茗ヶ原奥 たたら跡	2トレンチ	2層平坦面	炉壁	中世?	4.36	0.05	0.50	5.61	64.99	17.74	0.72	2.38	2.16	1.39	0.19	0.78	0.01	<0.01	0.05	lg _{loss} 0.83	0.01	<0.01	1296	89.38	20.500	0.179	
MYO-2				炉壁 (砂鉄塊結)		11.71	<0.01	1.72	14.83	52.04	21.18	0.45	2.03	2.16	0.98	0.28	1.02	0.01	0.01	0.10	lg _{loss} 1.42	0.03	<0.01	1080	78.84	6.733	0.087	
MYO-3				炉壁		1.21	<0.01	0.14	1.57	75.04	14.91	0.04	0.34	4.30	0.52	0.02	0.21	<0.01	<0.01	0.03	lg _{loss} 1.42	<0.01	<0.01	1492	95.15	78.636	0.174	
MYO-4		久村川河口採取		砂鉄(自然)	現代	45.43	<0.01	15.81	47.38	7.43	2.15	0.78	1.85	0.13	0.14	1.12	19.99	0.06	0.05	0.11	0.07	0.18	0.01	—	12.48	0.275	0.440	
MYO-5		2トレンチ	3層平坦面	砂鉄(遺跡)	中世?	55.07	0.11	17.68	58.93	4.01	2.47	0.42	0.49	0.17	0.08	0.91	10.22	0.02	0.02	0.06	0.27	0.26	0.01	—	7.64	0.139	0.186	
MYO-7			—	流動滓 (緻密)		25.76	0.11	30.11	3.21	21.29	6.79	2.01	1.52	1.32	0.26	2.30	27.57	0.06	0.02	0.01	0.11	0.40	0.01	—	33.19	1.288	1.070	
MYO-8			—	流動滓 (ガス質)		26.19	0.02	26.87	7.55	25.75	9.75	2.45	1.40	1.82	0.51	2.50	18.60	0.01	0.03	0.05	0.15	0.47	<0.01	—	41.68	1.591	0.710	
MYO-9			4層	炉内滓 (含鉄)		48.14	2.78	40.60	19.73	9.25	4.09	0.94	0.98	0.42	1.10	12.32	0.03	0.08	0.12	0.23	0.48	<0.01	—	15.83	0.329	0.256		
MYO-10			1層	鉄塊系遺物 (塊状)		40.80	2.59	33.20	17.73	15.44	5.41	1.72	0.84	1.17	0.20	1.42	18.51	0.04	0.03	0.12	0.43	0.93	0.01	—	24.78	0.607	0.454	
MYO-14		SX01	—	砂鉄(遺跡)	中世?	56.63	<0.01	18.82	60.05	3.54	2.22	0.20	0.45	0.11	0.07	0.85	9.28	0.01	0.01	0.05	0.39	0.26	<0.01	—	6.59	0.116	0.164	
MYO-16			—	炉底塊 (鉄塊系遺物)		54.19	4.81	24.72	43.13	6.89	2.51	0.56	0.55	0.29	0.15	0.47	5.12	0.01	0.05	0.09	0.37	0.14	<0.01	—	10.95	0.202	0.094	
MYO-17			2層	鉄塊系遺物 (塊状)		63.47	23.04	21.81	33.57	8.00	2.48	0.63	0.42	0.31	0.09	0.76	7.65	0.02	0.05	0.11	0.76	0.62	0.01	—	11.93	0.188	0.121	
MYO-18			—	鉄塊系遺物 (流動状)		61.11	15.88	13.58	49.58	1.13	0.47	0.06	0.07	0.08	0.02	0.04	0.50	0.01	0.12	0.14	1.41	0.02	0.01	—	1.83	0.030	0.008	
MYO-19			—	鉄塊系遺物 (流動状)		72.94	40.80	15.16	28.25	3.81	1.47	0.05	0.16	0.16	0.11	0.02	0.18	0.02	0.02	0.09	0.15	2.58	0.01	0.01	—	5.76	0.080	0.002

(2) メタル定量

符号	遺跡名	出土位置	層位	遺物名称	推定年代	炭素 (C)	硫黄 (S)	珪素 (Si)	マンガン (Mn)	磷 (P)	銅 (Cu)	クロム (Cr)	チタン (Ti)	バナジウム (V)	砒素 (As)
MYO-11	茗ヶ原奥 たたら跡	2トレンチ	4層	鉄塊系遺物 (流動状)	中世?	3.11	0.036	<0.01	0.02	0.095	<0.01	0.02	0.017	<0.01	<0.001

推定年代 T・Fe、FeO：容量法

C、S : 燃焼赤外線吸収法

他 : ICP法(高周波プラズマ発光分光分析)

Table. 3 木炭の性状

符号	遺跡名	出土位置	層位	遺物名称	推定年代	灰分 (Ash)	揮発分 (VM)	水分 (MS)	固定炭素 (FC)	硫黄 (T.S)	発熱量 (cal/g)	灰中P
MYO-20	茗ヶ原奥 たたら跡	SX01	下層	木炭	中世?	5.42	37.13	13.06	57.45	0.01	5760	※

※ 試料不足のためデータなし

灰分、揮発分、水分、固定炭素：マイクログロブセッサー法

硫黄(S)：燃焼赤外線吸収法、灰分(P)、揮発分、発熱量、カロリー計。

Table. 4 出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	層位	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	化学組成 (%)						所見				
							Total Fe	Fe ₂ O ₃ 成分	塩基性 TiO ₂	V	MnO 成分	Cu					
MYO-1	茗ヶ原奥たたら跡	2 トレンチ	2 層平坦面	炉壁	中世?	炉壁胎土・粘土・鉱物非晶質化・微細M	4.36	5.61	3.10	0.78	0.01	0.19	89.38	<0.01	耐火度:1296°C、やや耐火性の低い性状(滓の影響を受けた可能性が高い)		
MYO-2				炉壁(砂鉄焼結)		砂鉄粒子分解・溶化進行・微小金属鉄粒散在 炉壁胎土・粘土・鉱物非晶質化	11.71	14.83	2.48	1.02	0.03	0.28	78.84	<0.01	耐火度:1080°C、耐火性の低い性状(被熱砂鉄・滓の影響を受けた可能性が高い)		
MYO-3				炉壁		炉壁胎土・粘土・鉱物非晶質化	1.21	1.57	0.38	0.21	<0.01	0.02	95.15	<0.01	耐火度:1492°C、耐火性の高い性状(試料本来の性状をほとんど推定される)		
MYO-4	久村川河口採取	2 トレンチ	3 層平坦面	砂鉄(自然)	現代	砂鉄粒子・磁鉄鉱・含チタン鉄鉱混在・製錬滓片:Ps or R	45.43	47.38	2.63	19.99	0.18	1.12	12.48	0.01	チタン(TiO ₂)含有率の高い砂鉄		
MYO-5				砂鉄(遺跡)	中世?	砂鉄粒子・磁鉄鉱・含チタン鉄鉱混在・製錬滓片:U+H、 微小金属鉄粒(過共析組織・白鑄鉄組織)	55.07	58.93	0.91	10.22	0.26	0.91	7.64	0.01	チタン(TiO ₂)含有率の高い砂鉄(磁選の影響が 久村川採取砂鉄よりチタン含有量が低い)		
MYO-6				流動滓表皮	1・3:薄膜状の鉄酸化物、2:製錬滓片、U+F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬工程で派生した微細遺物が	
MYO-7				流動滓(緻密)	製錬滓片:U+Ps or R 微小金属鉄粒(過共析組織・白鑄鉄組織)	25.76	3.21	3.53	27.57	0.40	2.30	33.19	0.01	—	—	製錬滓(原料:高チタン砂鉄・高温製錬)	
MYO-8				流動滓(ガス質)	砂鉄粒子分解・溶化進行・滓部:U+Ps or R、微小金属鉄粒	26.19	7.55	3.85	18.60	0.47	2.50	41.68	<0.01	—	—	製錬滓(原料:高チタン砂鉄・高温製錬)	
MYO-9				炉内滓(含鉄)	滓部:U+W+F、金属鉄:フェライト単相	48.14	19.73	1.92	12.32	0.48	1.10	15.83	<0.01	—	—	製錬滓(原料:高チタン砂鉄)鉄部は未凝集で、後 工程の鉄系材によりうる品位ではない	
MYO-10				鉄塊系遺物(塊状)	滓部:U+U、金属鉄:フェライト単相~過共析組織	40.80	17.73	2.56	18.51	0.93	1.42	24.78	0.01	—	—	製錬塊系遺物(原料:高チタン砂鉄)部位により 炭素量はのろつきが大きい	
MYO-11				鉄塊系遺物(流動状)	附着滓:Ps or R、金属鉄:亜共晶組成白鑄鉄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬塊系遺物(原料:高チタン砂鉄・高温製錬)、 白鑄鉄	
MYO-12				木炭(24点)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MYO-13				表層下方	砂鉄焼結塊	中世?	砂鉄粒子分解・溶化進行・U+F、微小金属鉄粒散在	—	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬滓(原料:高チタン砂鉄)
MYO-14	SX01	2 層	砂鉄(遺跡)	中世?	砂鉄粒子・磁鉄鉱・含チタン鉄鉱混在、 被熱砂鉄の割合が高い	56.63	60.05	0.65	9.28	0.26	0.85	6.59	<0.01	チタン(TiO ₂)含有率の高い砂鉄(磁選の影響が 久村川採取砂鉄よりチタン含有量が低い)			
MYO-15			流動滓表皮	薄膜状の鉄酸化物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬工程で派生した微細遺物が		
MYO-16	2 層	炉底塊(鉄塊系遺物)	滓部:U+W+F、金属鉄:フェライト単相~ベイナイト	54.19	43.13	1.11	5.12	0.14	0.47	10.95	<0.01	—	—	製錬滓(原料:高チタン砂鉄)鉄部は未凝集で、後 工程の鉄系材によりうる品位ではない			
MYO-17		鉄塊系遺物(塊状)	滓部:U+H、 金属鉄:フェライト単相~亜共晶組成白鑄鉄組織	63.47	33.57	1.05	7.65	0.62	0.76	11.93	0.01	—	—	製錬塊系遺物(原料:高チタン砂鉄・高温製錬)、 部位により炭素量はのろつきが大きい			
MYO-18	下層	鉄塊系遺物(流動状)	附着滓:Ps or R、 金属鉄:共析組織~亜共晶組成白鑄鉄組織	61.11	49.58	0.13	0.50	0.02	0.04	1.83	0.01	—	—	製錬塊系遺物(原料:高チタン砂鉄・高温製錬)、 部位により炭素量はのろつきが大きい			
MYO-19		鉄塊系遺物(流動状)	亜共晶組成白鑄鉄	72.34	28.25	0.21	0.18	0.01	0.02	5.76	0.01	—	—	製錬塊系遺物(原料:高チタン砂鉄・高温製錬か)、 白鑄鉄			
MYO-20	木炭(5点)	—	—	1:広葉樹穿孔材、コナラ、3:広葉樹放射孔材、アカガシ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	複数の樹種の広葉樹材を用いている			

M:Magnetite (Fe₃O₄)、Ps:Pseudobrookite (Fe₂O₃・TiO₂)、R:Rutile (TiO₂)、I:Ilmenite (FeO・TiO₂)、W:Wüstite (FeO)、F:Fayalite (2FeO・SiO₂)

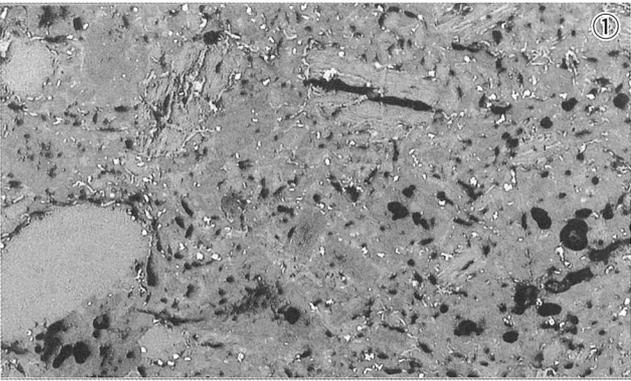
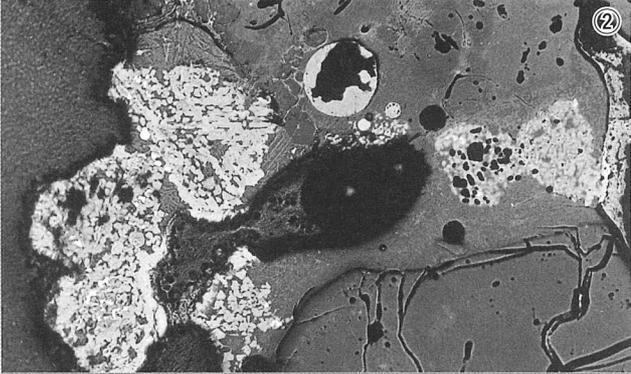
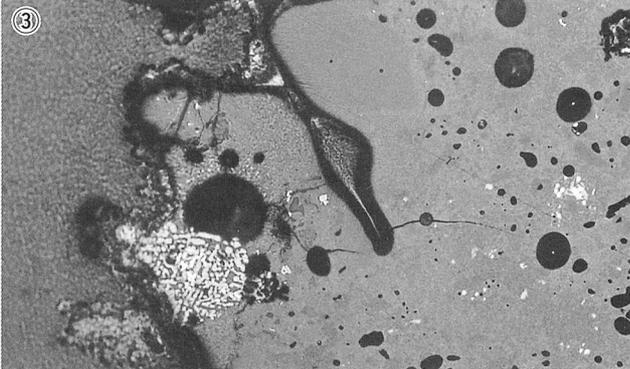
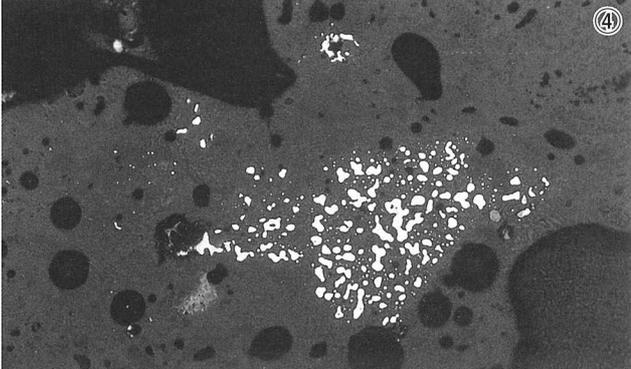
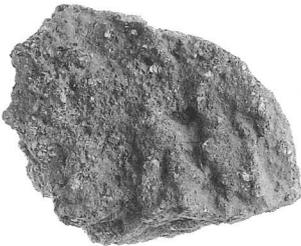
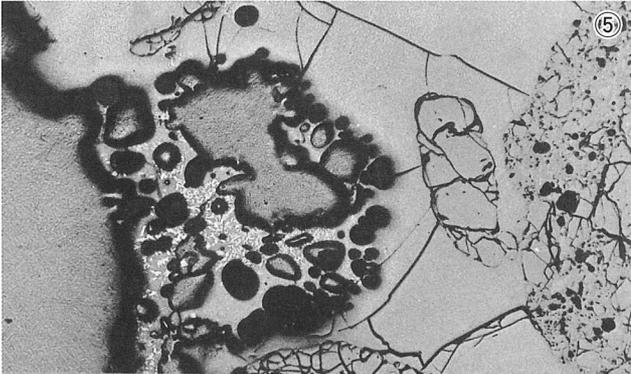
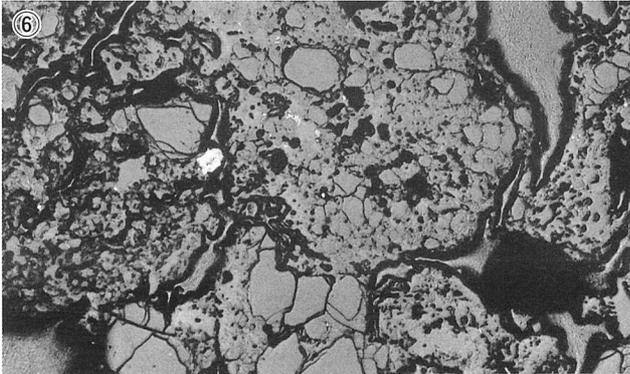
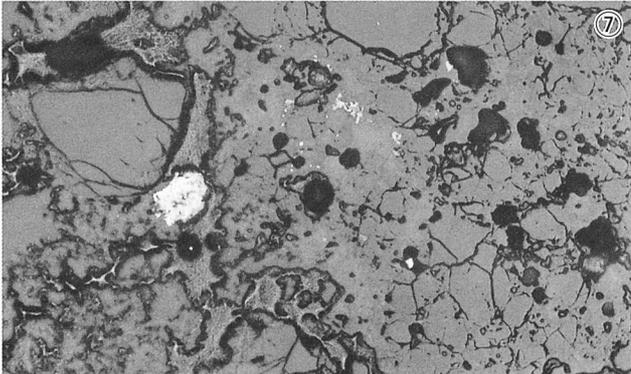
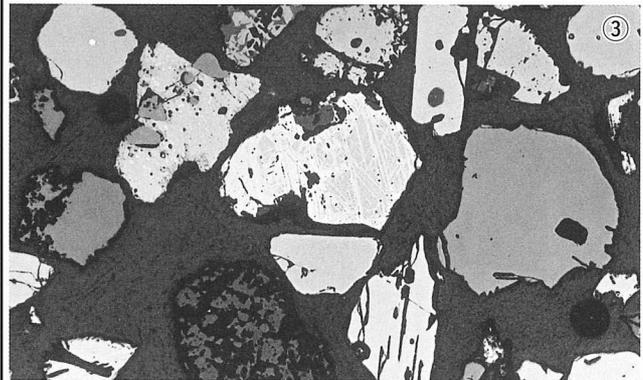
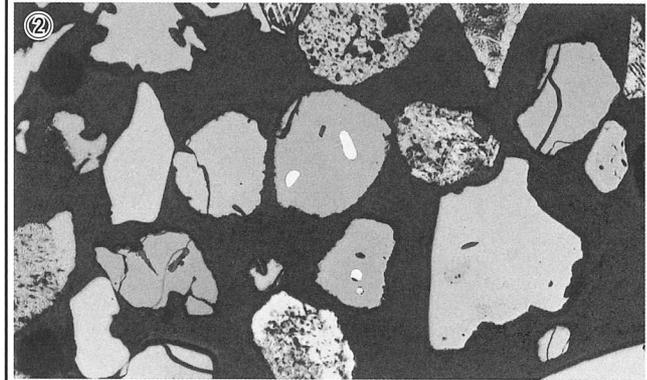
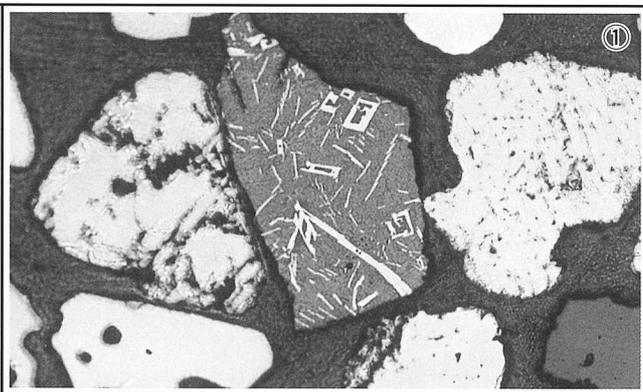
<p>MYO-1 炉壁</p> <p>①×50 粘土鉱物ガラス質化 微小マグネタイト晶出 石英・長石など砂粒残存</p>		
<p>MYO-2 炉壁(砂鉄焼結)</p> <p>②~④内面表層ガラス質滓 ②×100 明色部、砂鉄粒子 分解・滓化進行、微小金属鉄 晶出 ③×100 同上 ④×100 白色粒:ガラス質滓中 の微小金属鉄</p>		
		
<p>MYO-3 炉壁</p> <p>⑤~⑦内面表層ガラス質滓 ⑤×50 素地部分:ガラス質滓 石英・長石など砂粒残存 微小イルミナイト晶出 ⑥×50⑦×100 粘土鉱物ガラ ス質化進行、砂粒残存 白色粒:胎土中に混在する砂 鉄粒子</p>		
		

Photo.1 炉壁の顕微鏡組織

MYO-4
砂鉄 (久村川採取)
 ①×200 中央:製鍊滓片
 イルミナイト・シュードブル
 ーカイトないしルチル
 ②③×100 明色粒:砂鉄粒子
 砂鉄鉱・含チタン鉄鉱混在
 ②中央:磁鉄鉱.粒内微小
 黄鉄鉱 (Pyrite:FeS₂) 散在
 ③中央:含チタン鉄鉱.離溶
 組織



MYO-5
砂鉄 (遺跡出土)
 ④~⑥×100 明色粒:砂鉄粒子
 磁鉄鉱・含チタン鉄鉱混在
 被熱砂鉄をかなりの割合で
 含む
 ⑦×100 中央:鍛造剥片様遺物
 ⑧×中央:製鍊滓片、ウルボス
 ピネル・イルミナイト. 微小金属
 鉄. ナイタルetch. 左:白鉄鉄.
 右過共析組織

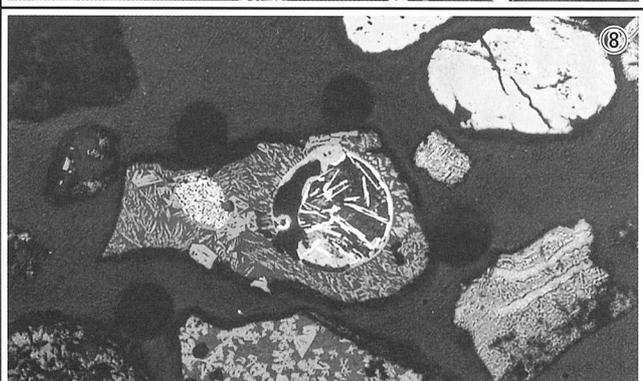
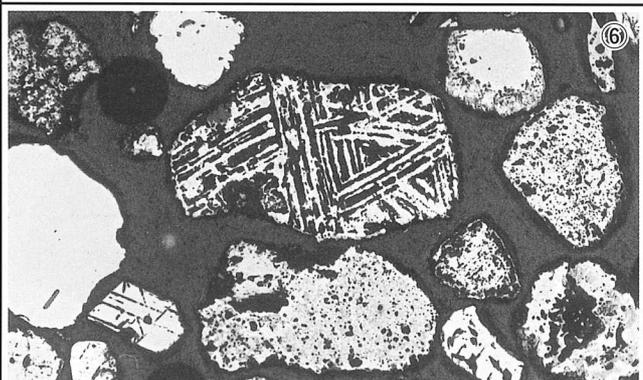
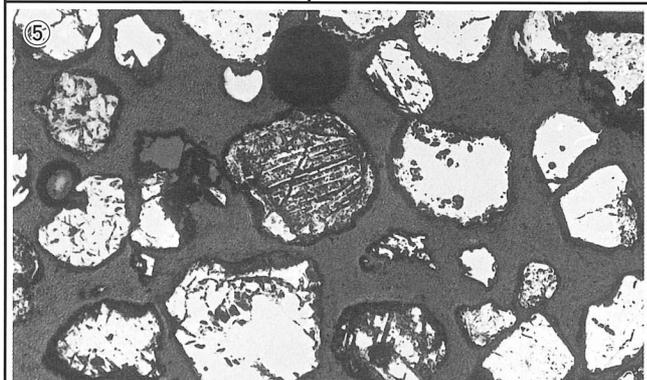
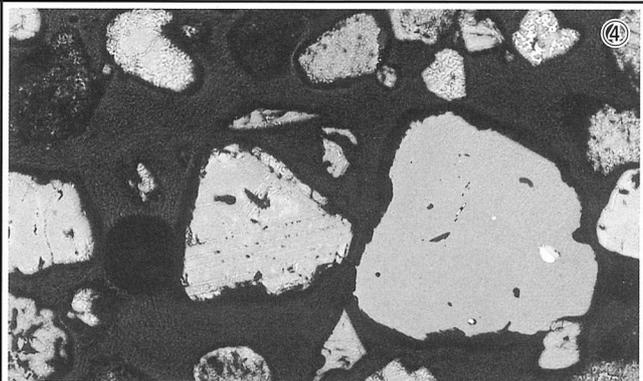


Photo.2 砂鉄の顕微鏡組織

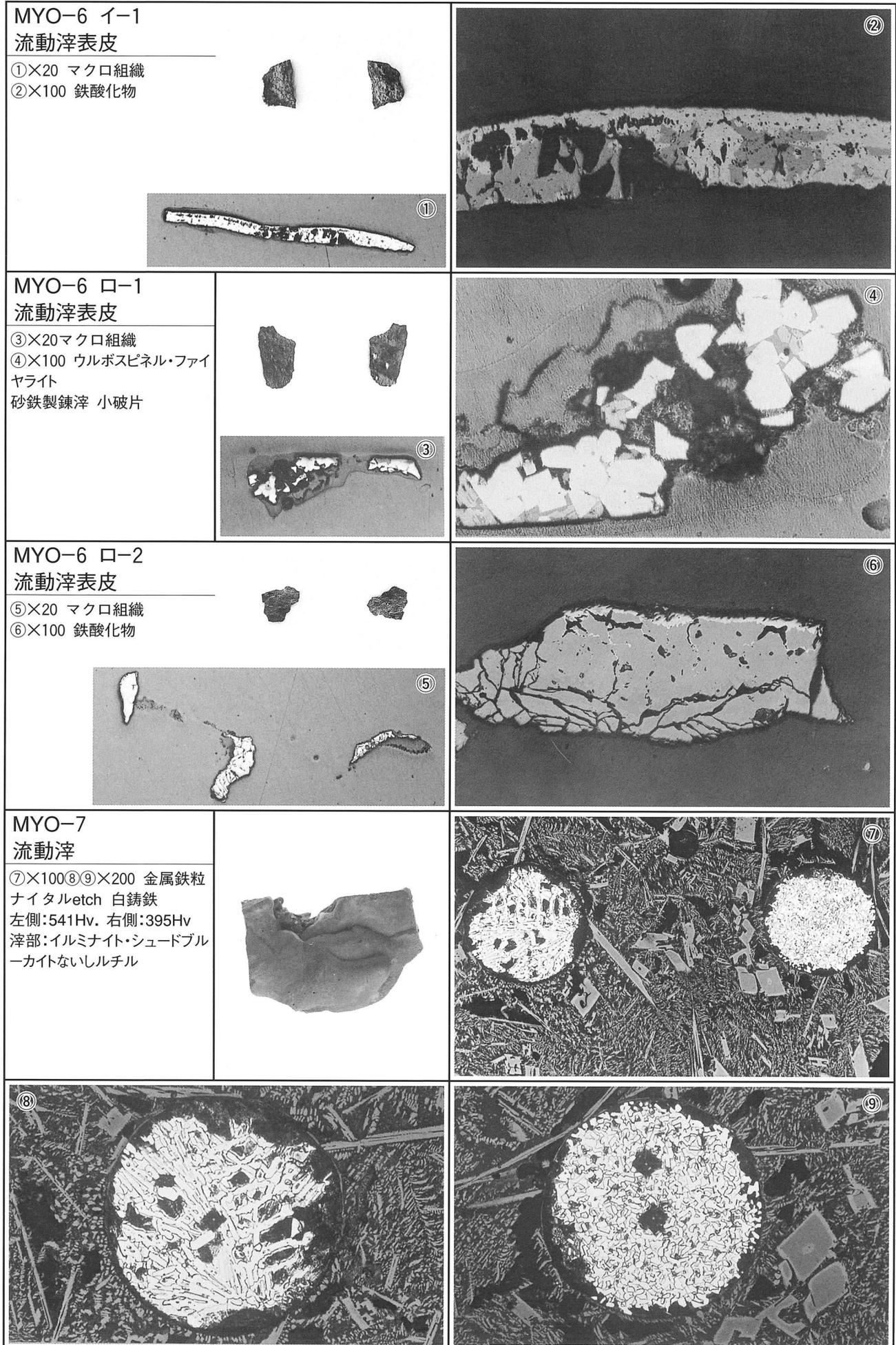
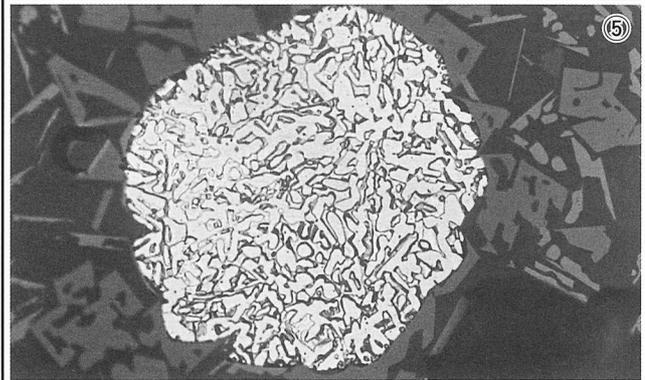
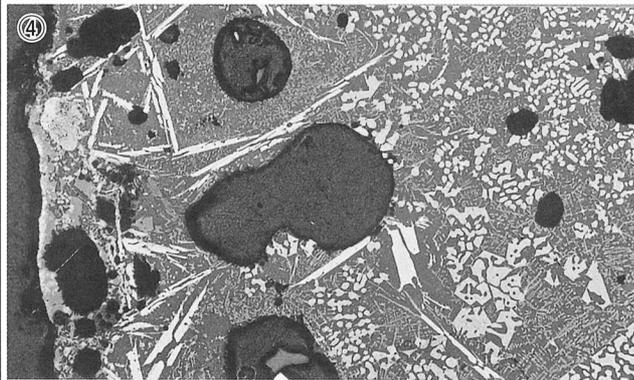
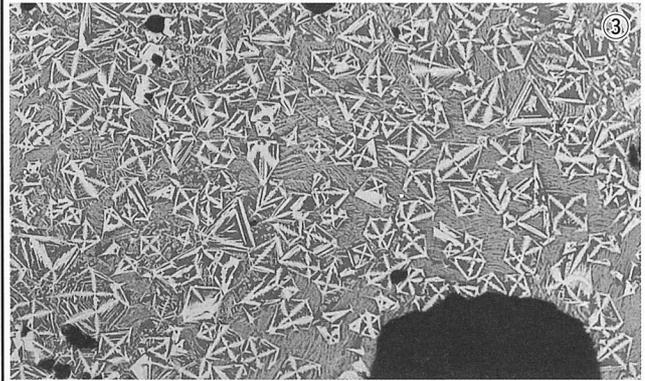
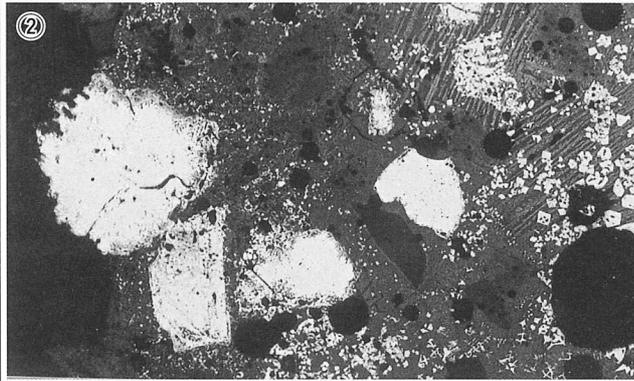
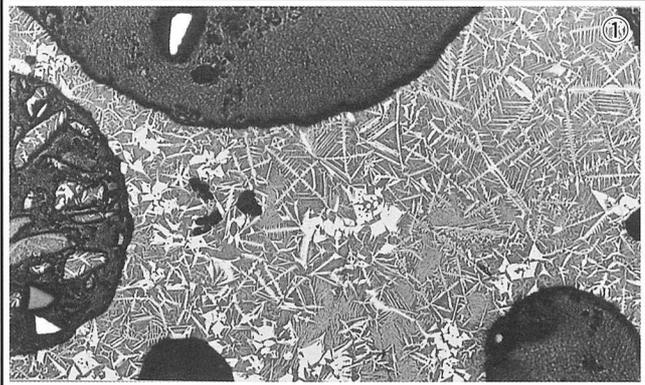


Photo.3 流動滓表皮・流動滓の顕微鏡組織

MYO-8

流動滓

- ①×100 上面表層滓部
ウルボスピネル
- ②×100 第2層 被熱砂鉄
ウルボスピネル・ファイヤライト
- ③×100 第3層 ウルボスピネル
- ④×100 第4層 シュードブルー
カイトないシルチル
- ⑤×400 ナイタルetch 微小金
属鉄



MYO-9

炉内滓(含鉄)

- ⑥×100 白色部: 金属鉄
ナイタルetch. フェライト単相
- 滓部: ウルボスピネル・ウスタイト
・ファイヤライト
- ⑦×200 硬度圧痕: 602Hv
ウルボスピネル
- ⑧×200 硬度圧痕: 104Hv
フェライト単相

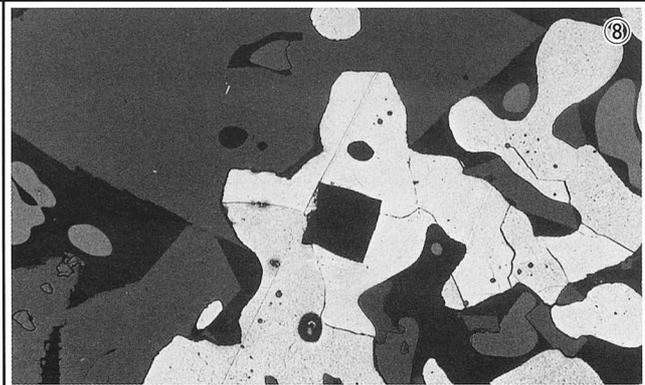
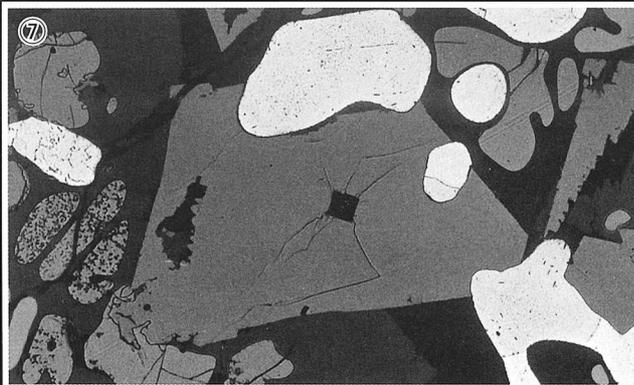
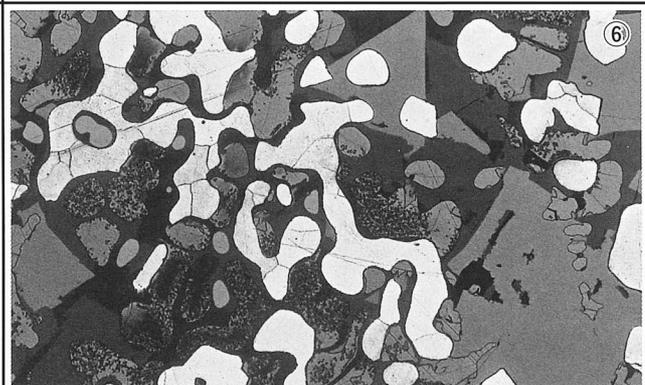
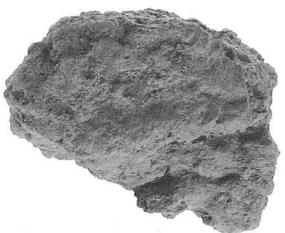


Photo.4 流動滓・炉内滓の顕微鏡組織

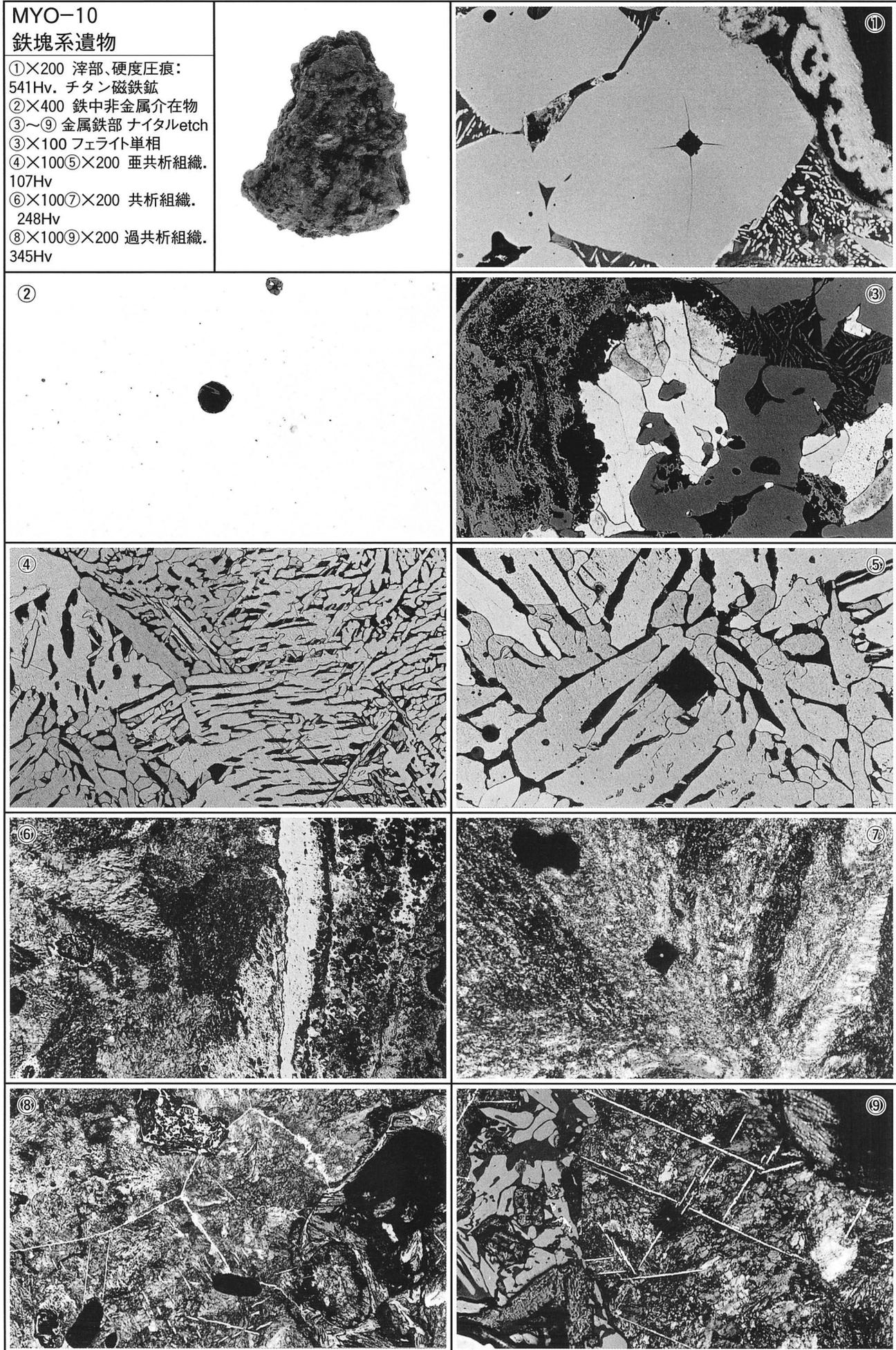


Photo.5 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

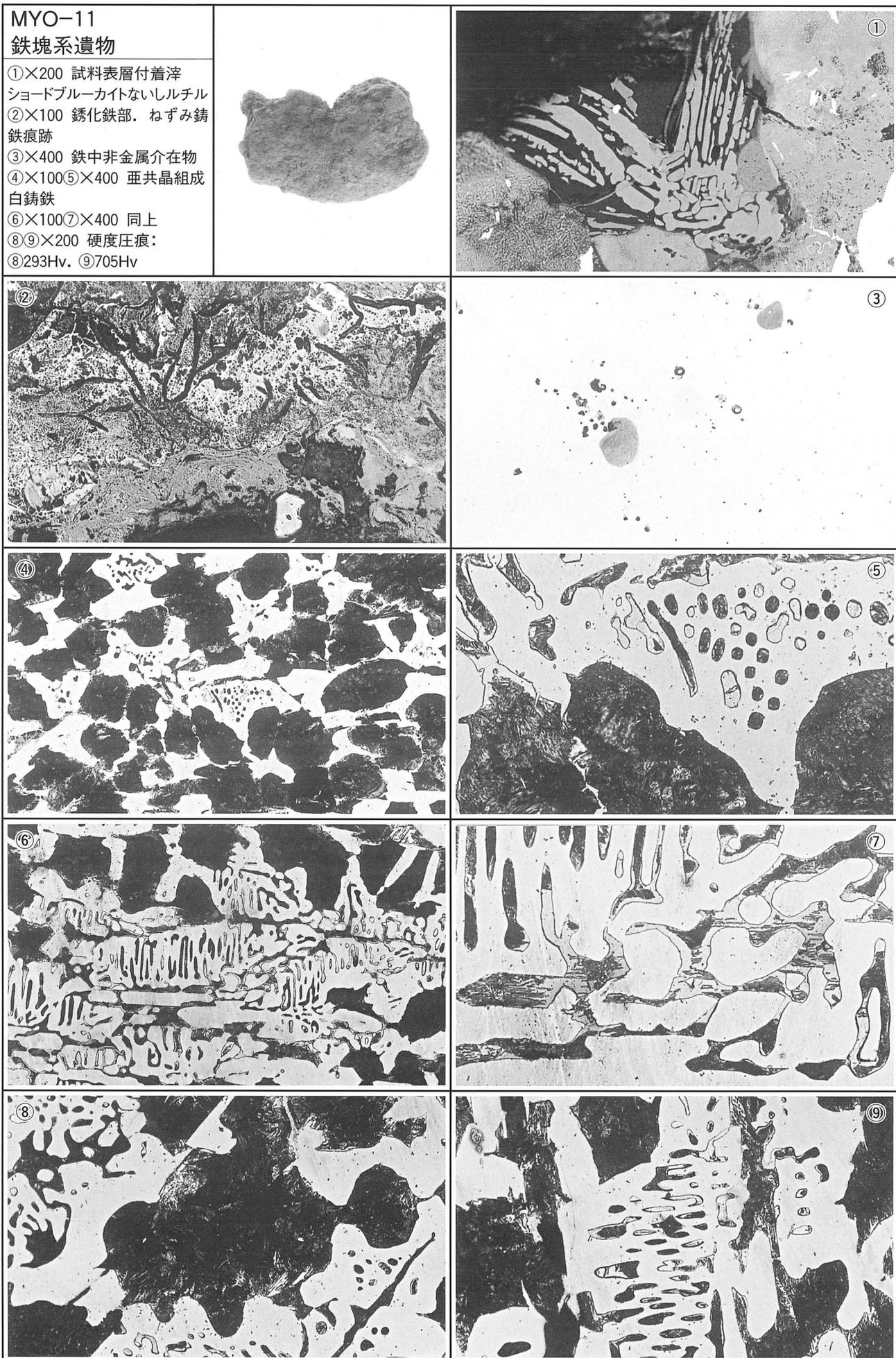
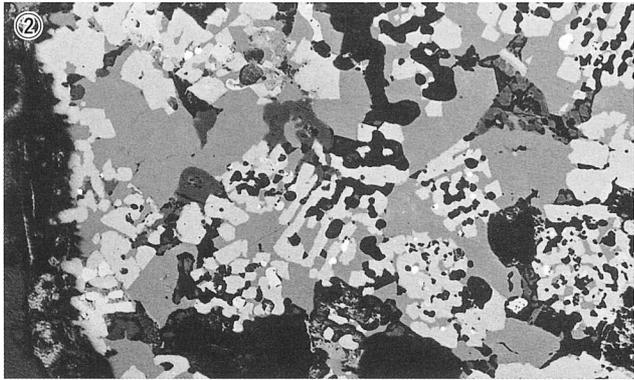
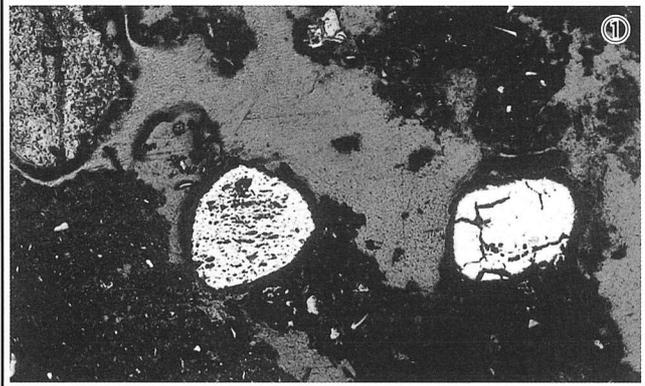


Photo.6 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

MYO-13

砂鉄焼結塊

①×100 下面表層付着土砂中の砂鉄粒子。二次的な付着か
 ②×100 砂鉄粒子。滓化・還元進行。白色粒:微小金属鉄
 周囲:ウルボスピネル・ファイヤライト
 ③×100 同上



MYO-14

砂鉄

④~⑥×100 明色粒:砂鉄粒子
 磁鉄鉱・含チタン鉄鉱混在
 被熱砂鉄をかなりの割合で
 含む
 ⑦×100⑧×400 被熱砂鉄粒子
 含チタン鉄鉱。格子組織残存

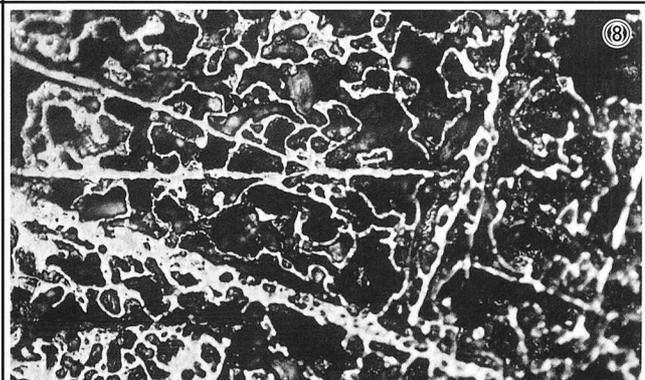
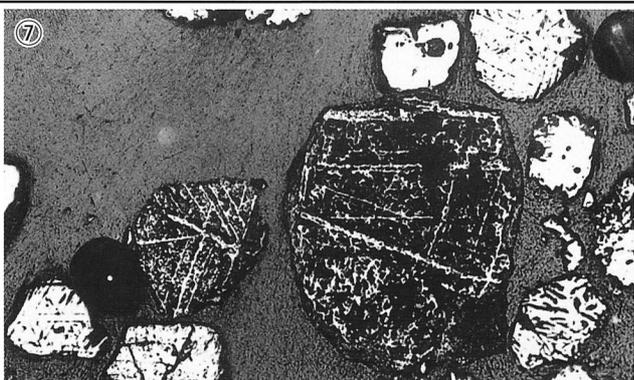
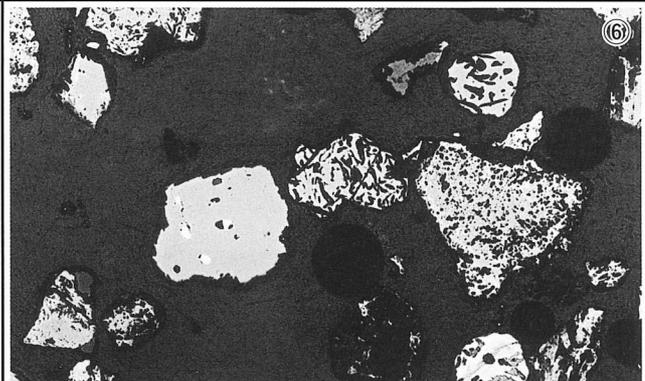
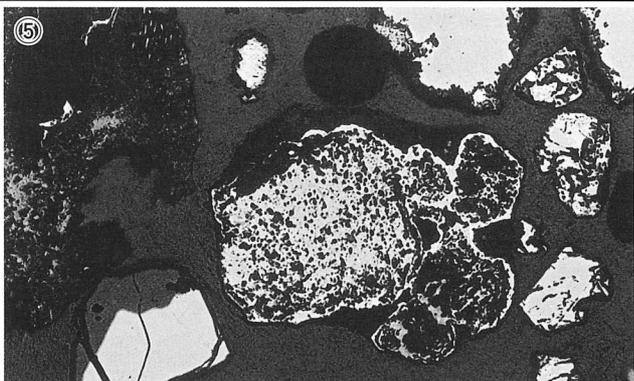
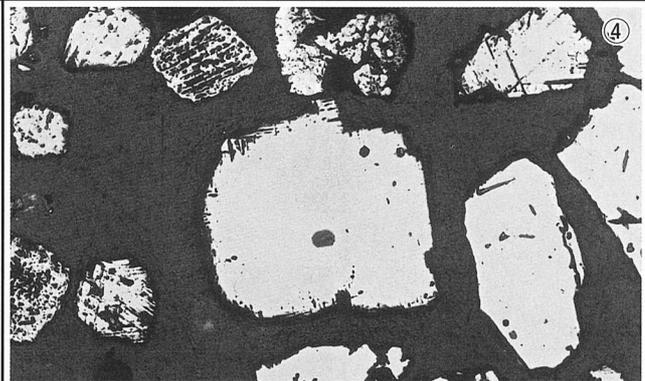


Photo.7 砂鉄終結塊・砂鉄の顕微鏡組織

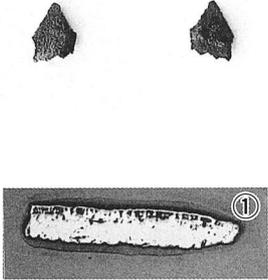
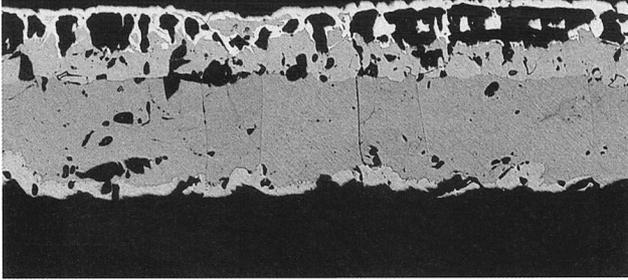
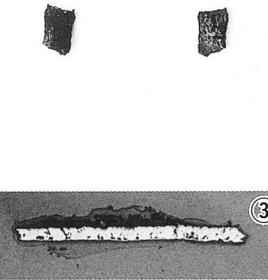
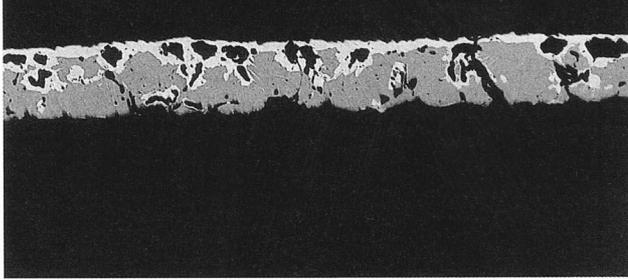
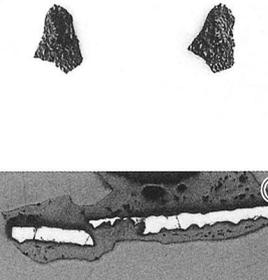
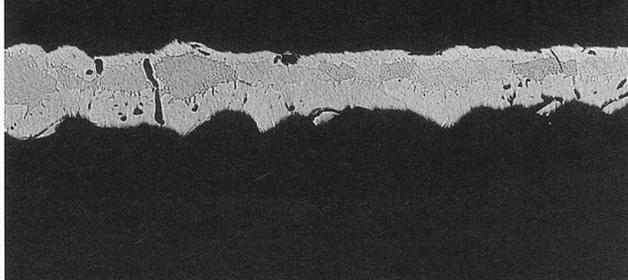
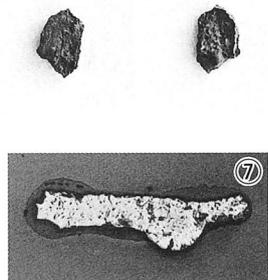
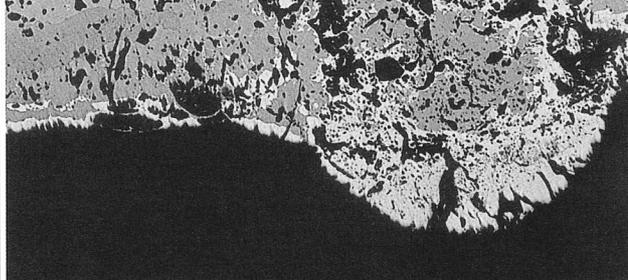
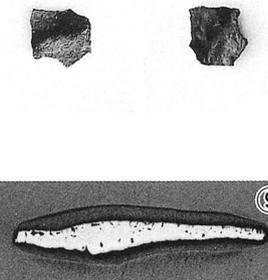
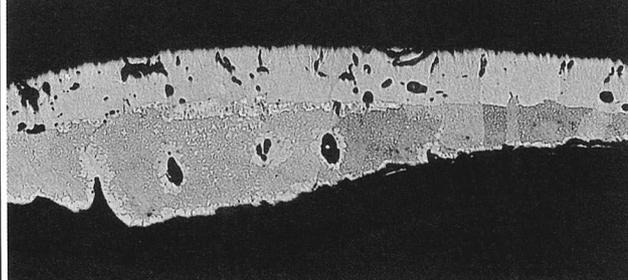
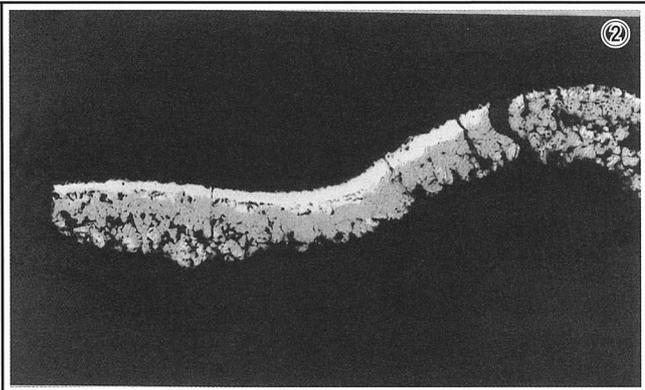
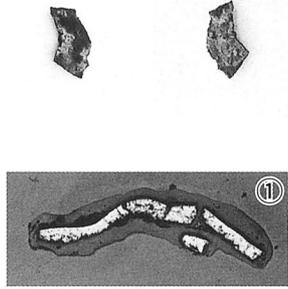
<p>MYO-15 イ-1 流動滓表皮</p> <p>①×20 マクロ組織 ②×100 鉄酸化物 王水etch</p>		
<p>MYO-15 イ-2 流動滓表皮</p> <p>③×20 マクロ組織 ④×100 鉄酸化物 王水etch</p>		
<p>MYO-15 イ-3 流動滓表皮</p> <p>⑤×20 マクロ組織 ⑥×100 鉄酸化物 王水etch</p>		
<p>MYO-15 ロ-1 流動滓表皮</p> <p>⑦×20 マクロ組織 ⑧×100 鉄酸化物 王水etch</p>		
<p>MYO-15 ロ-2 流動滓表皮</p> <p>⑨×20 マクロ組織 ⑩×100 鉄酸化物 王水etch</p>		

Photo.8 流動滓表皮の顕微鏡組織

MYO-15 口-3

流動滓表皮

- ①×20 マクロ組織
- ②×100 鉄酸化物 王水etch



MYO-16
鉄塊系遺物

- ③×200 滓部. 硬度圧痕:
674Hv. ウルボスピネル+ウス
タイト・ファイヤライト
- ④~⑧ 金属鉄部 ナイタルetch
- ④×100⑤⑥×400 左側 暗色
部:ペイナイト. 右側 白色部:フ
ェライト単相
- ⑦⑧×200 硬度圧痕:
⑦189Hv. ⑧1111Hv

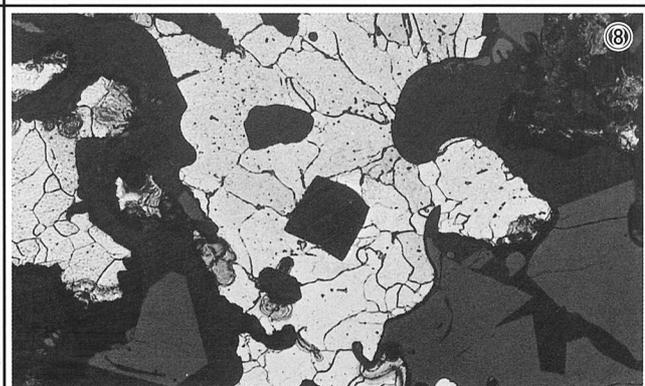
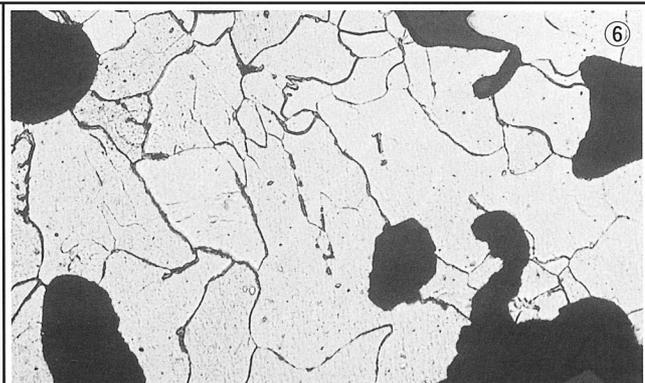
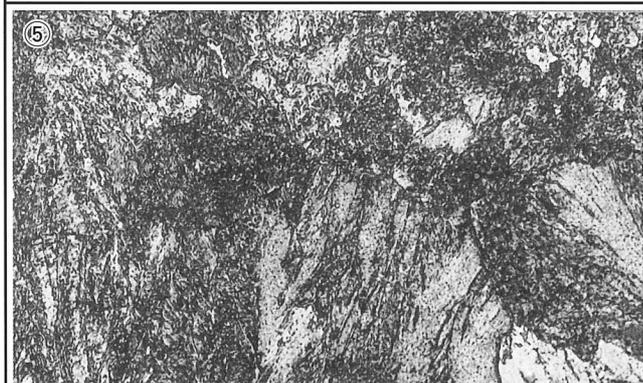
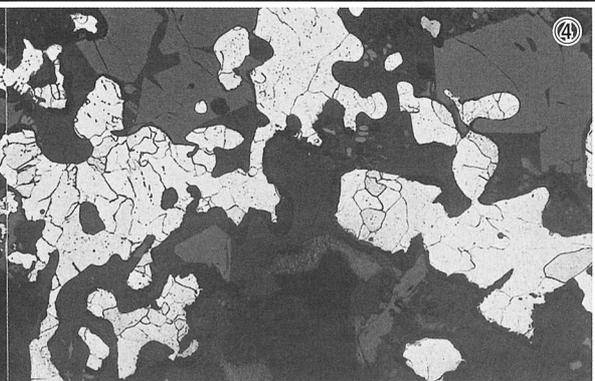
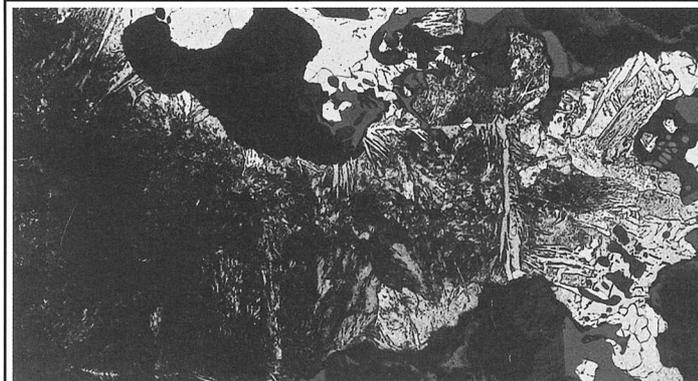
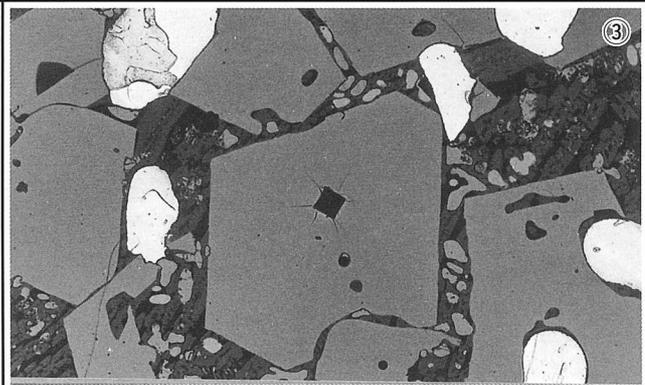
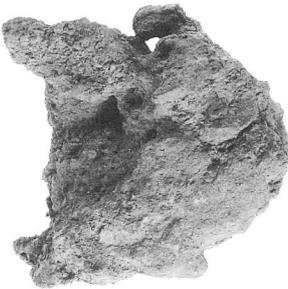


Photo.9 流動滓表皮・鉄塊系遺物の顕微鏡組織

MYO-17
鉄塊系遺物
 ①～③ 暗色部：滓部
 ④×200 硬度圧痕：557Hv チタン
 磁鉄鈹
 ②×100③×200 ウルボスピネル・
 イルミナイト 金属鉄、フェライト单相。
 101Hv
 ④～⑨ 金属鉄部
 ④×100⑤×200 亜共析～共析組
 織。275Hv
 ⑥×100⑦×200 過共析組織。
 322Hv
 ⑧×100⑨×200 白鑄鉄組織。
 647Hv

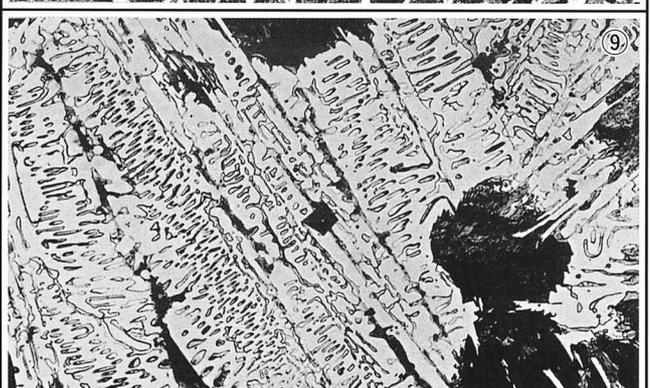
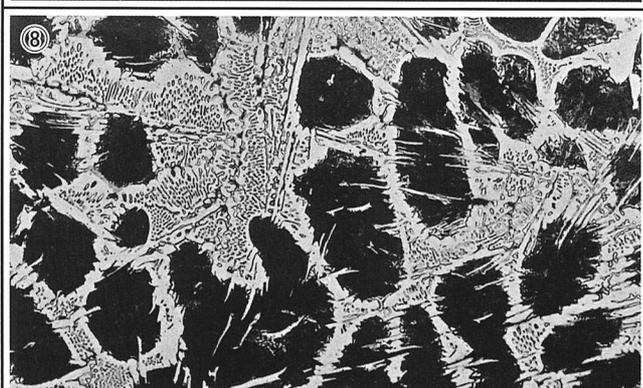
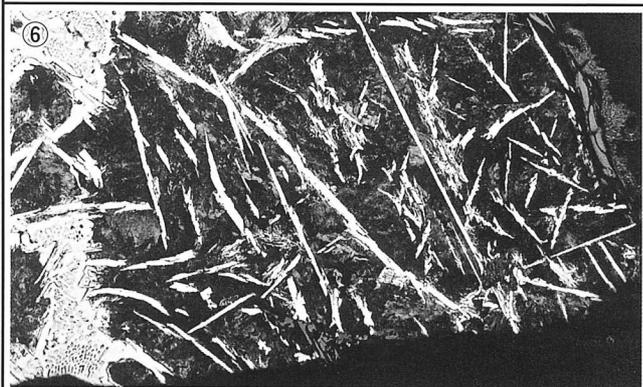
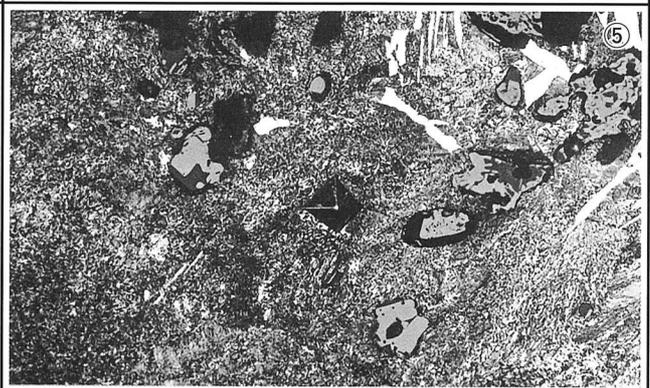
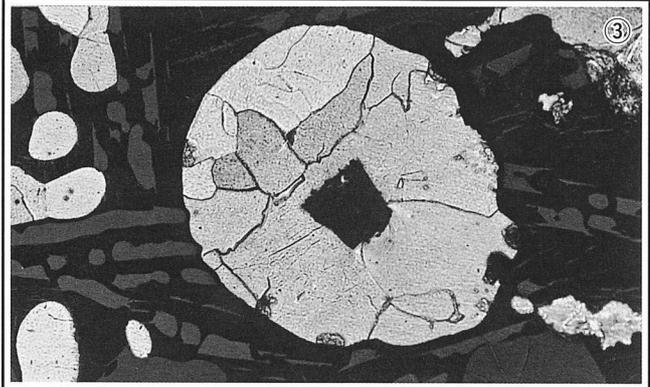
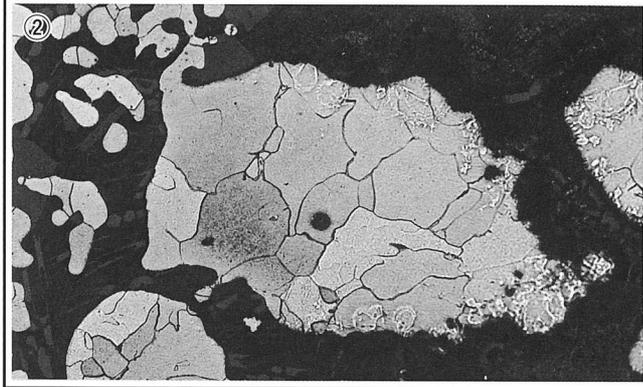
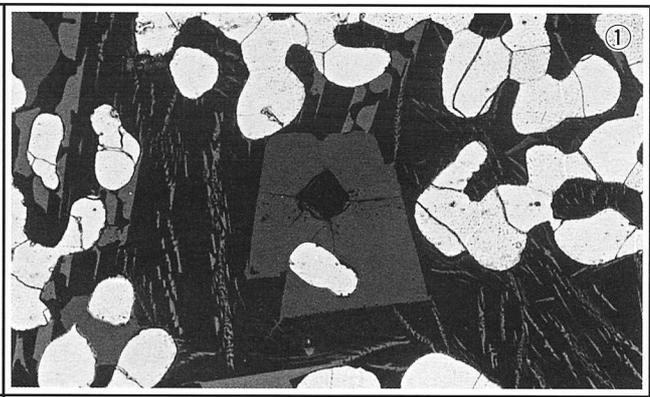


Photo.10 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

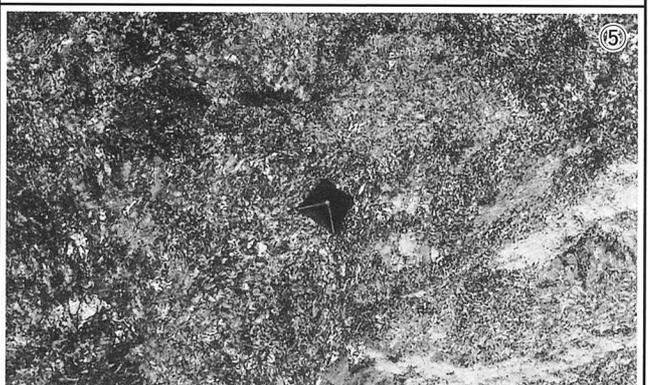
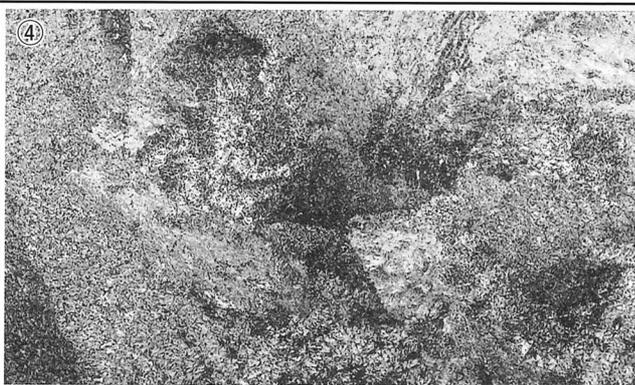
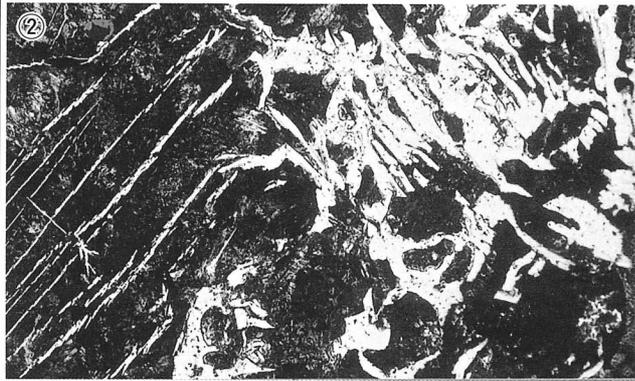
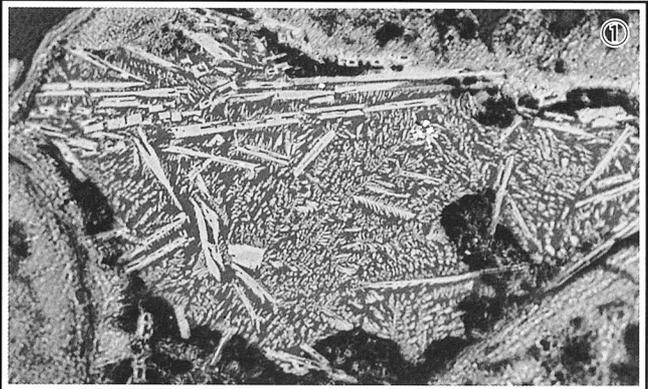
MYO-18
鉄塊系遺物

①×200 試料表面層付着
イルミナイト・シュードブルー
カイトないシルチル

②～⑤ 金属鉄部 ナイタルetch

②×100③×200 過共析組織
～亜共晶組成白鑄鉄。623Hv

④×100⑤×200 共析組織。
276Hv



MYO-19
鉄塊系遺物

⑥×100 亜共晶組成白鑄鉄
組織

⑦⑧×200 硬度圧痕:
⑦237Hv ⑧637Hv

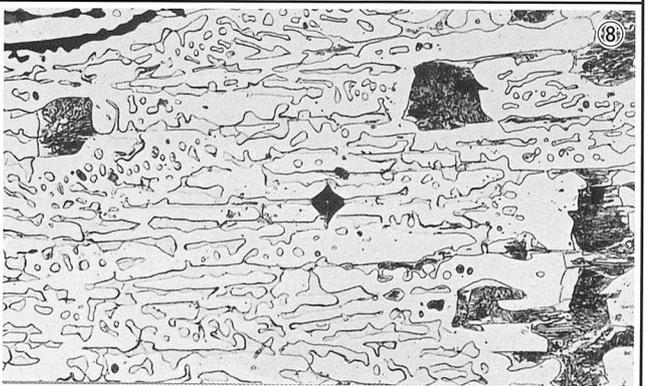
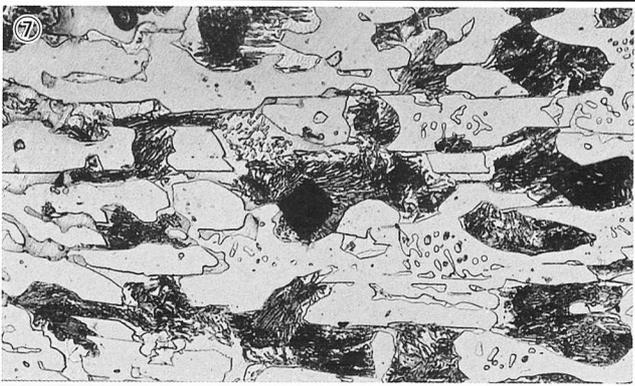
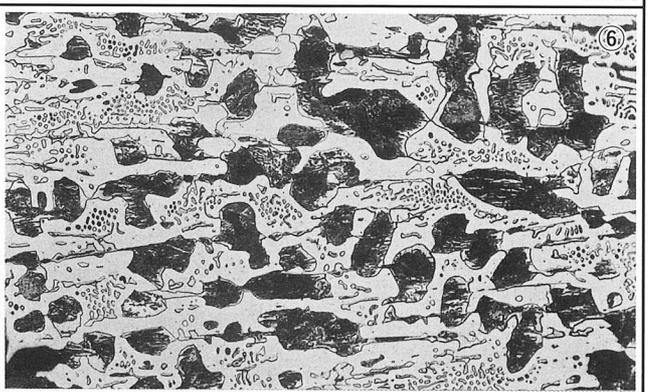


Photo.11 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

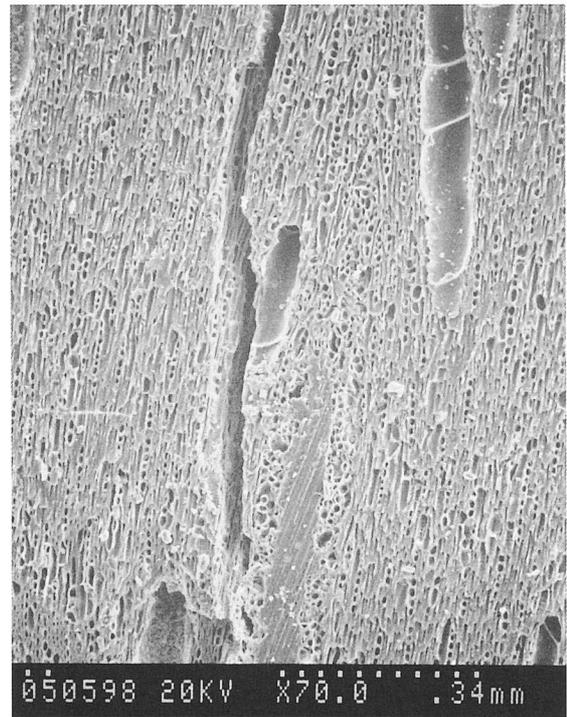
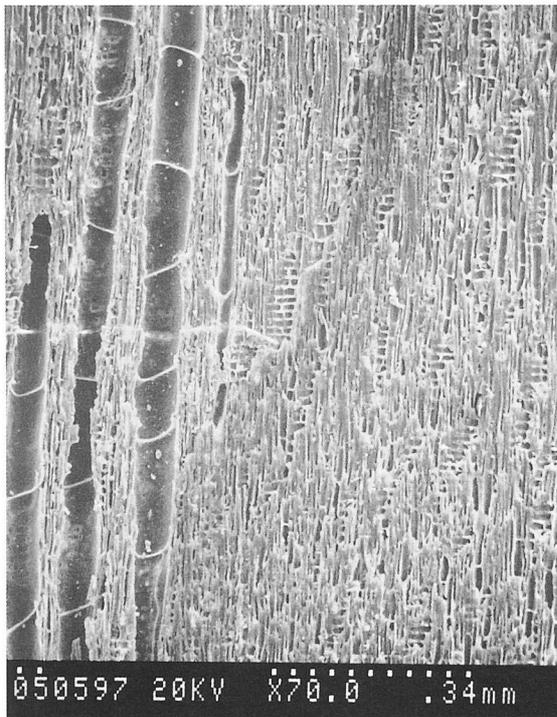
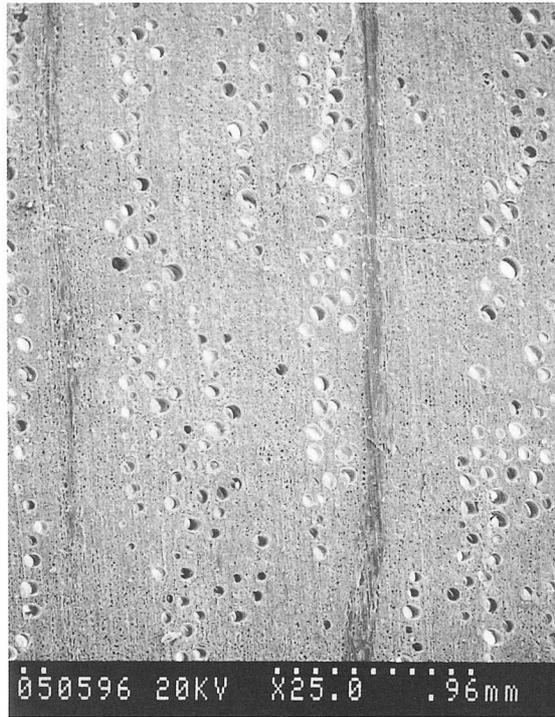


Photo.12 木炭(MYO-20-1)の木材組織
 上段：木口、下段左：柁目、下段右：板目

20-3

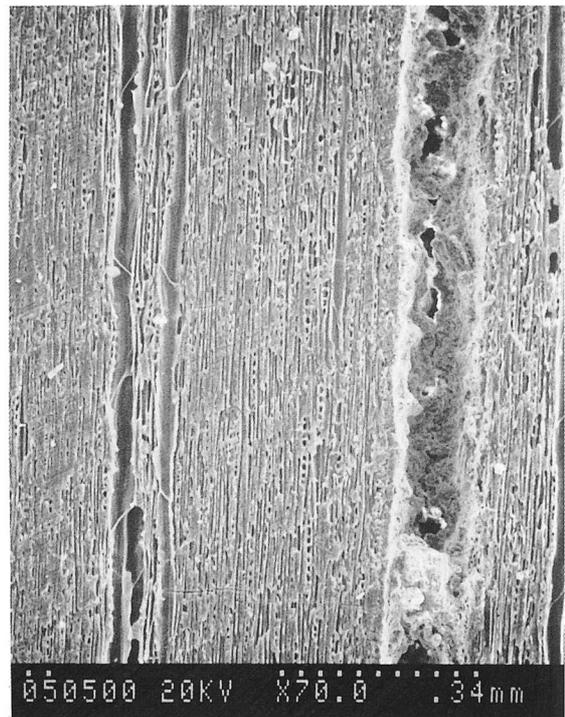
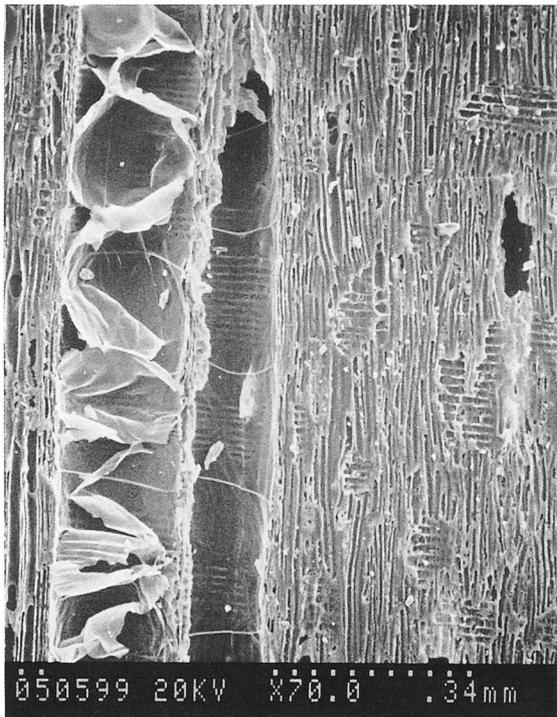
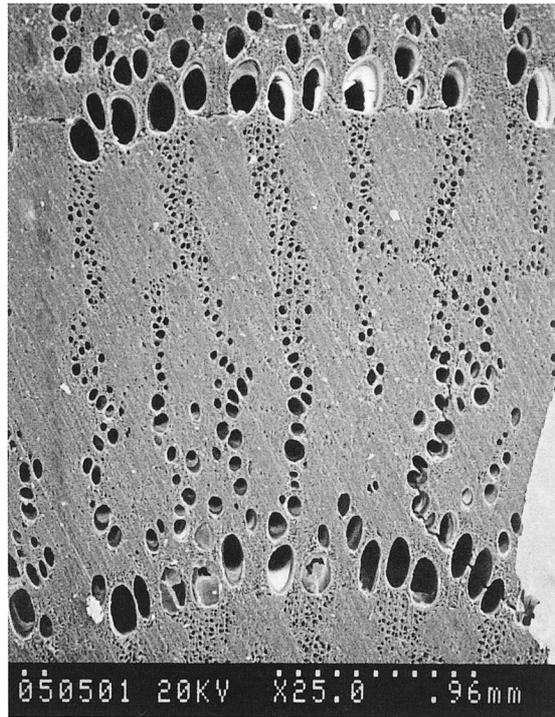
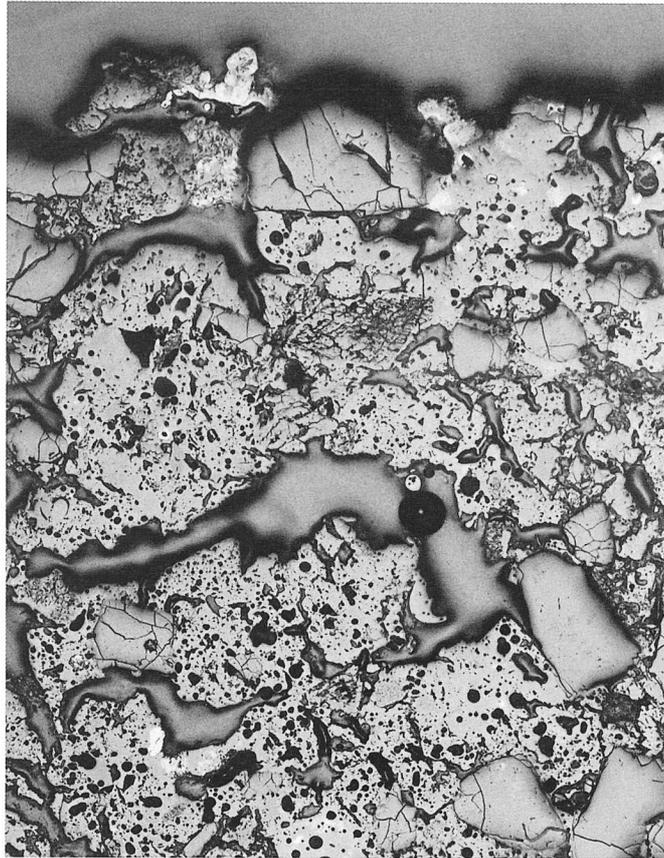
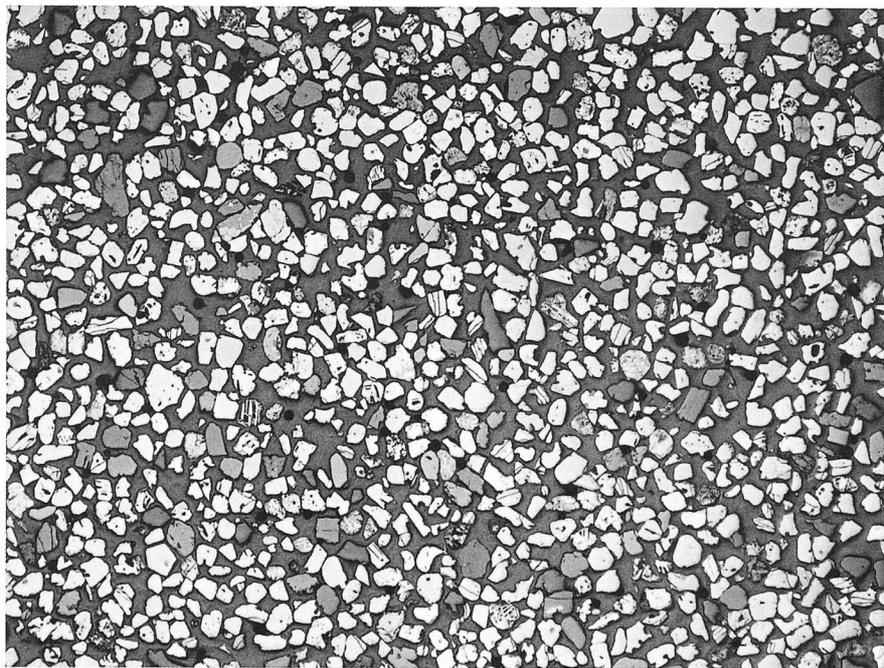


Photo.13 木炭(MYO-20-3)の木材組織
 上段：木口、下段左：柁目、下段右：板目

20-1

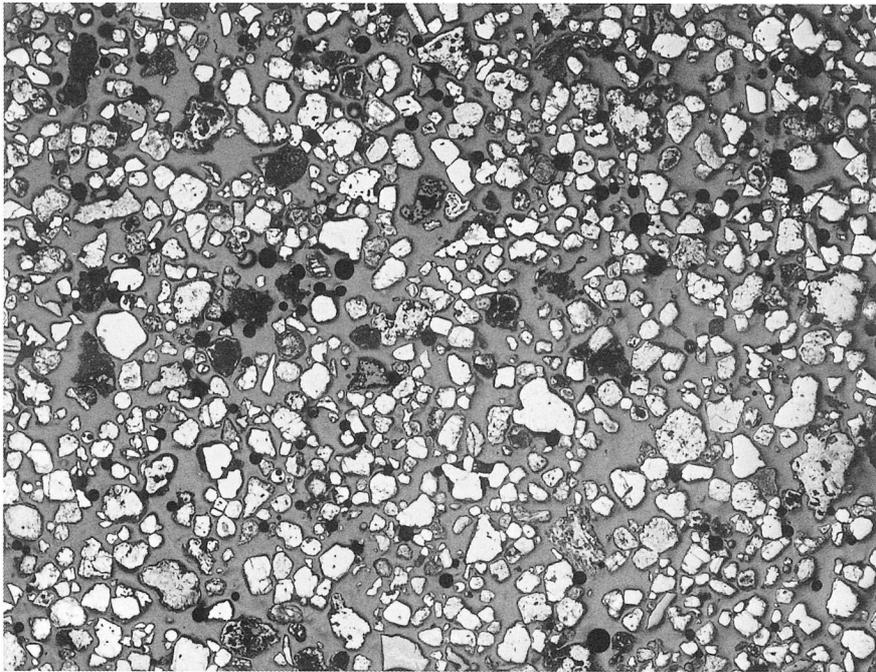


MYO-2×20

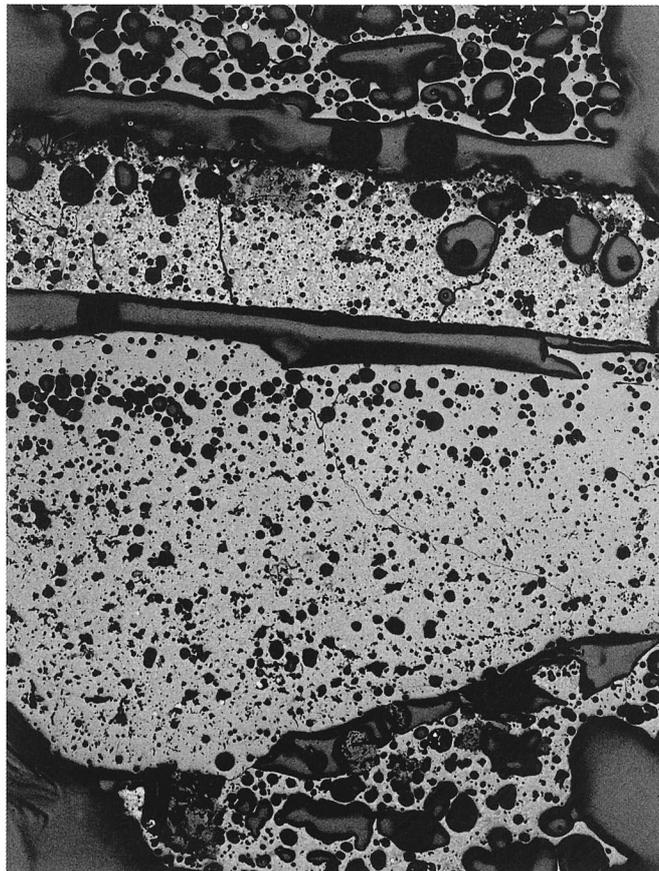


MYO-4×20

Photo.14 上段：炉壁（砂鉄焼結塊）（MYO-2）のマクロ組織（×20）
下段：砂鉄（採取）（MYO-4）のマクロ組織（×20）

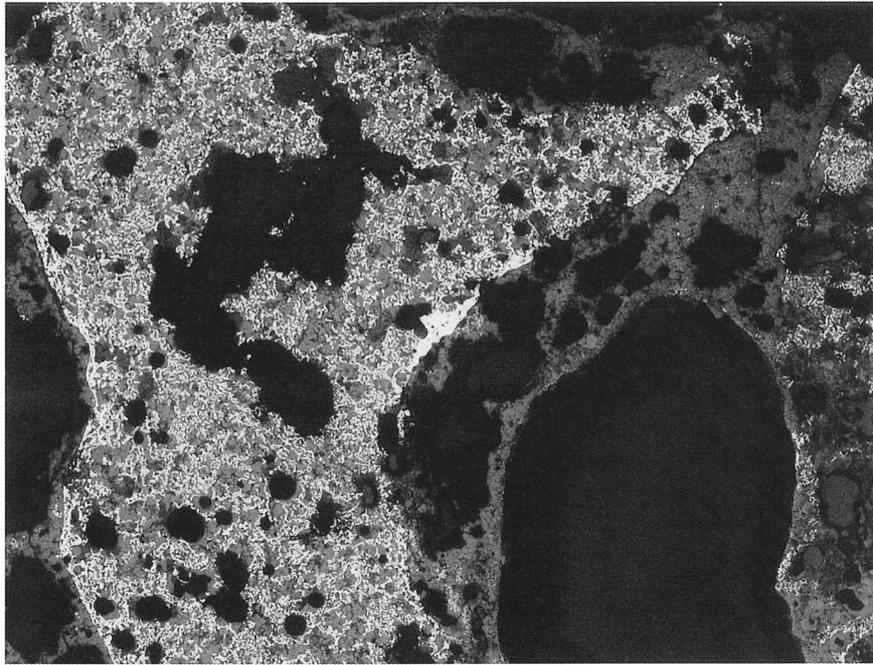


MYO-5×20

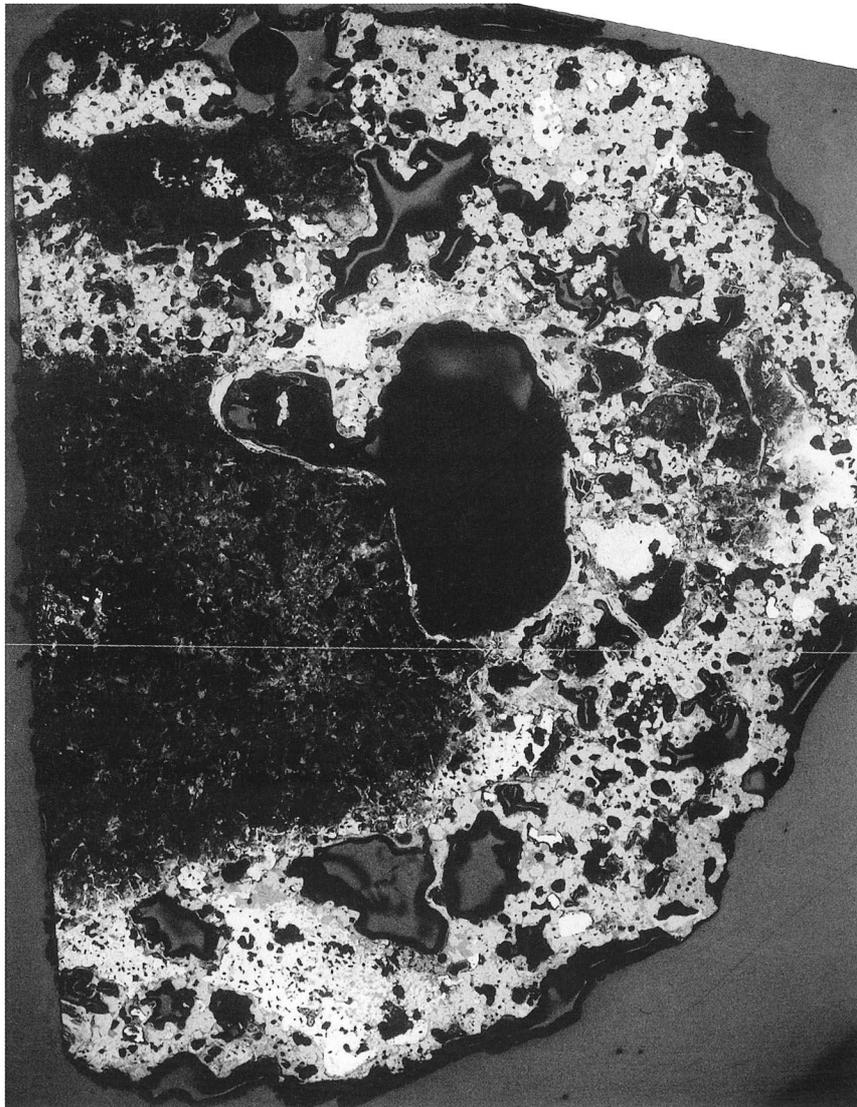


MYO-8×5

Photo.15 上段：砂鉄（遺跡出土：鉄滓水洗後の土砂を磁選）
（MYO-5）のマクロ組織（×20）
下段：流動滓（MYO-8）のマクロ組織（×5）

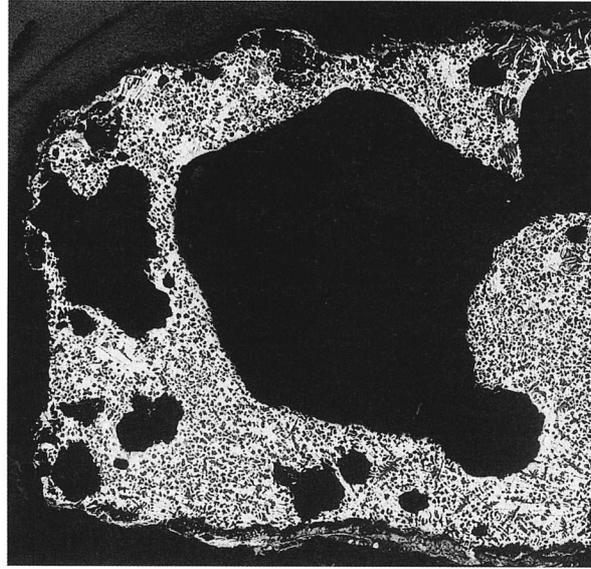


MYO-9×5

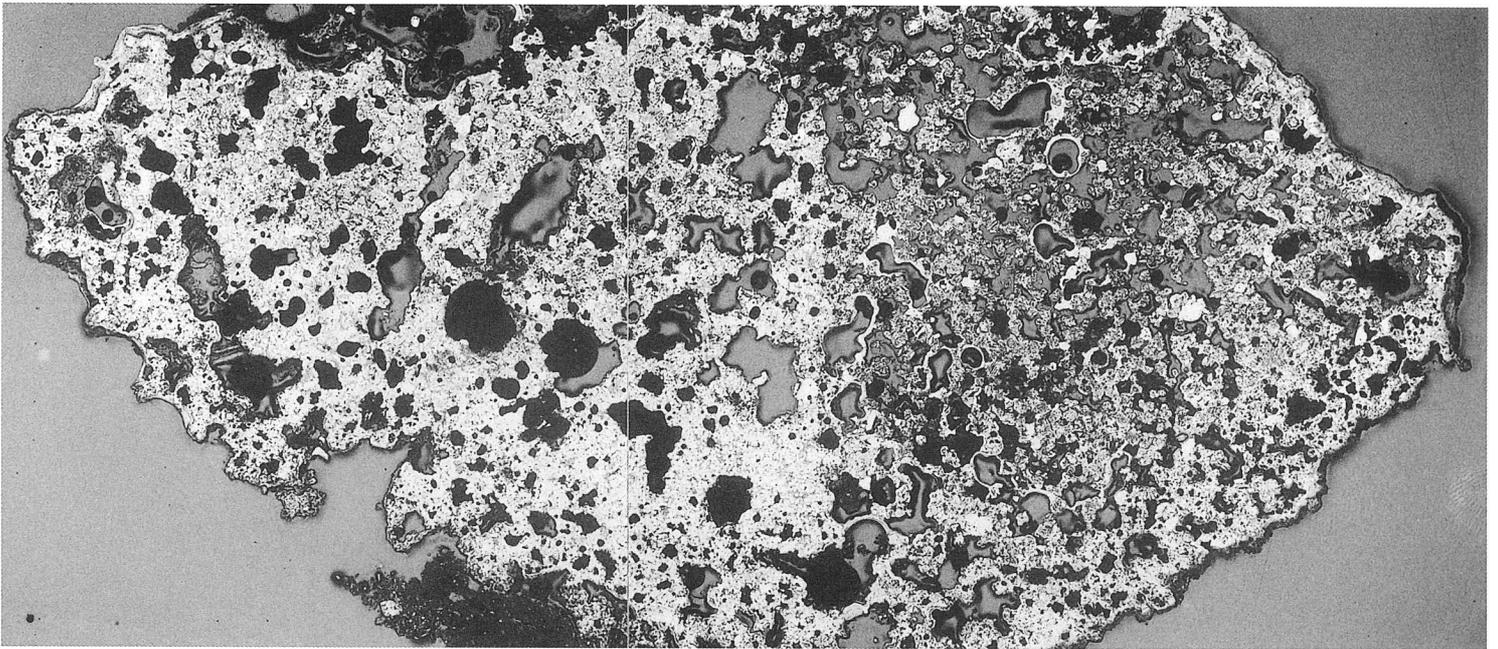


MYO-10×5

Photo.16 上段：炉内滓(含鉄)(MYO-9)のマクロ組織(×5)
下段：鉄塊系遺物(MYO-10)のマクロ組織(×5)

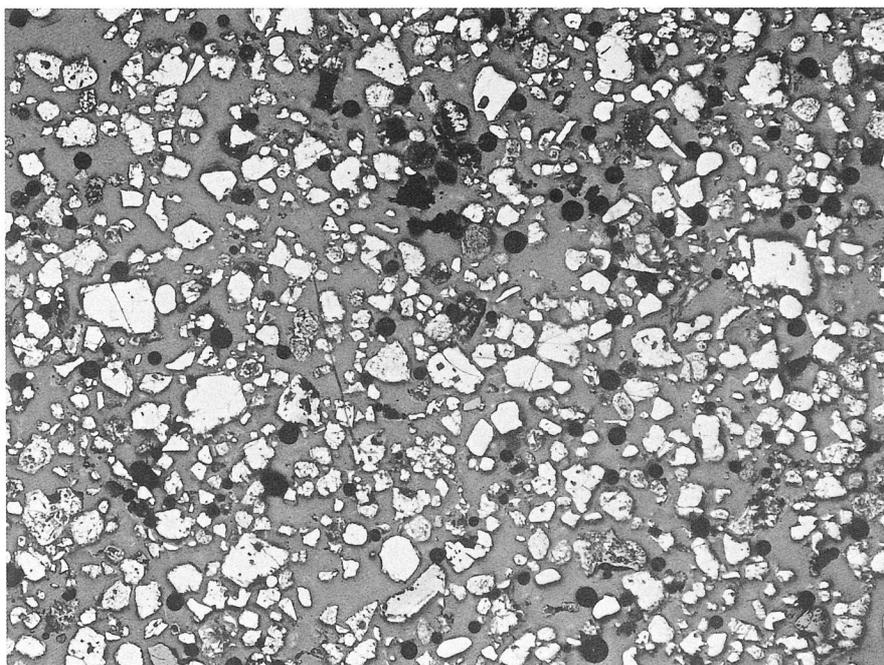


MYO-11×5

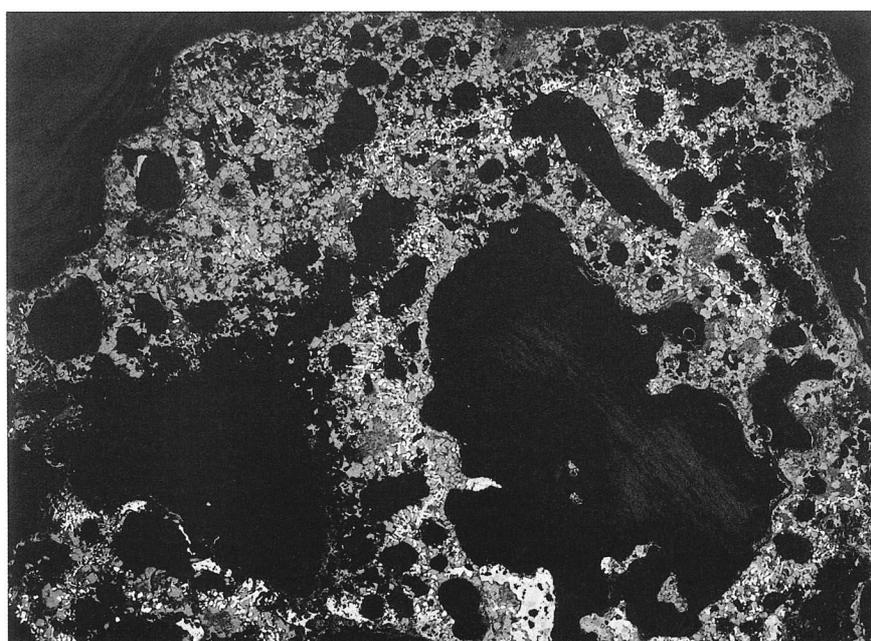


MYO-13×10

Photo.17 上段：鉄塊系遺物 (MYO-11) のマクロ組織 (×5)
下段：砂鉄焼結塊 (MYO-13) のマクロ組織 (×10)

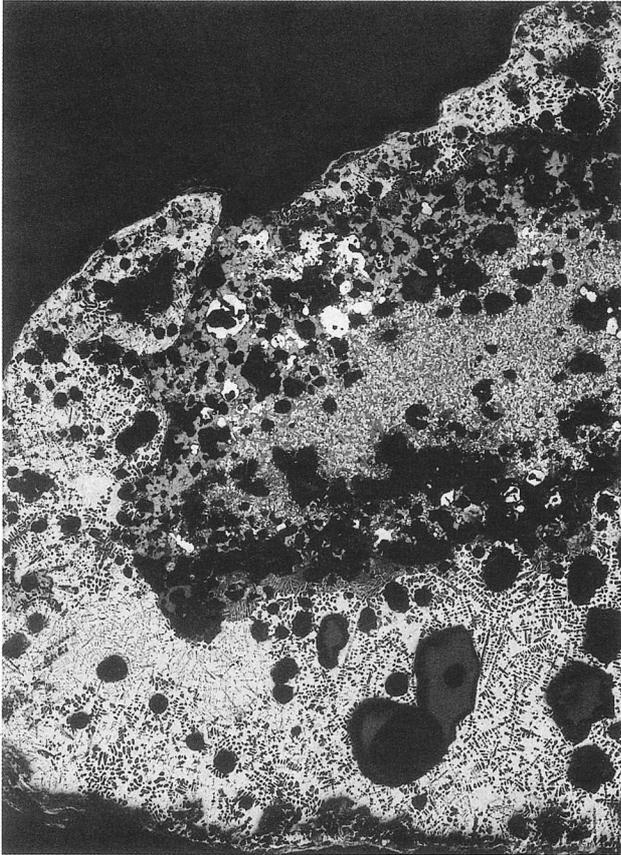


MYO-14×20

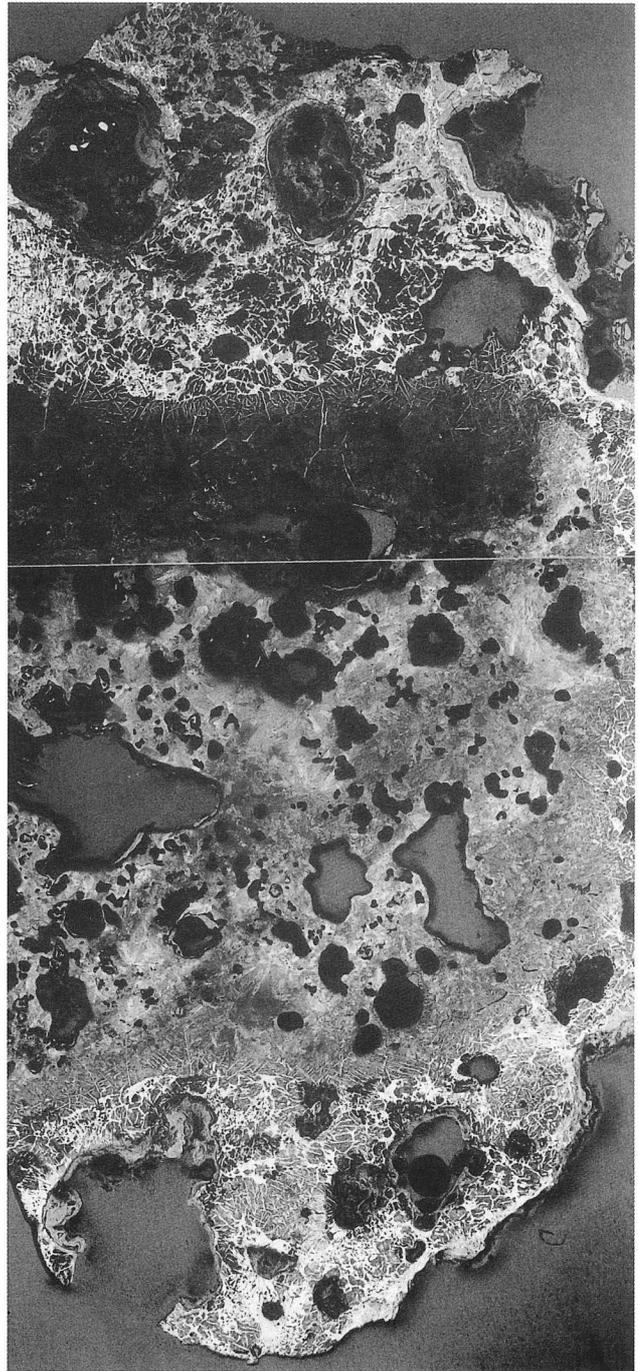


MYO-16×5

Photo.18 上段：砂鉄（遺跡出土：鉄滓水洗後の土砂を磁選）
（MYO-14）のマクロ組織（×20）
下段：鉄塊系遺物（MYO-16）のマクロ組織（×5）

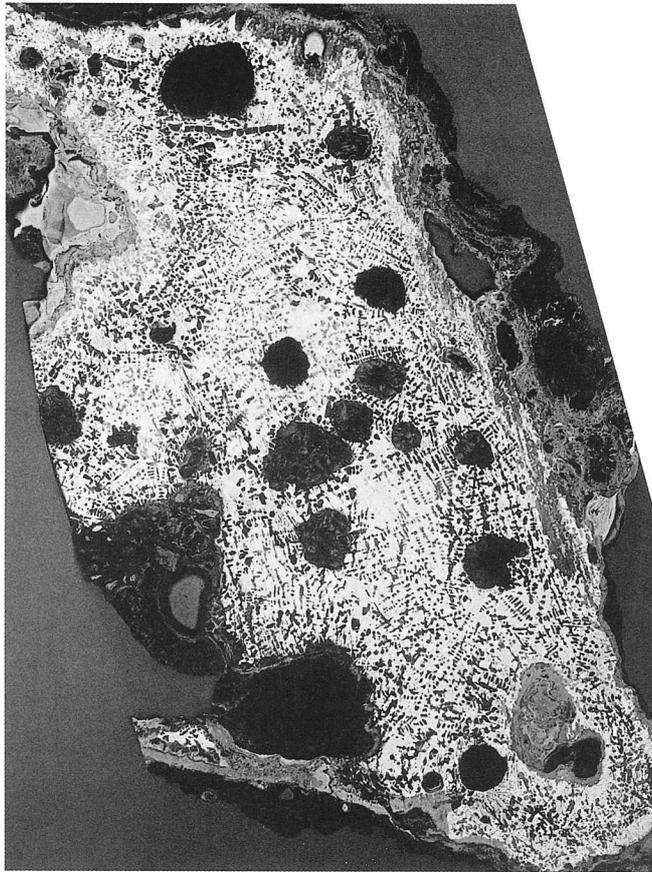


MYO-17×5



MYO-18×10

Photo.19 左側：鉄塊系遺物(MYO-17)のマクロ組織(×5)
右側：鉄塊系遺物(MYO-18)のマクロ組織(×10)



MYO-19×10

Photo.20 鉄塊系遺物 (MYO-19) のマクロ組織 (×10)

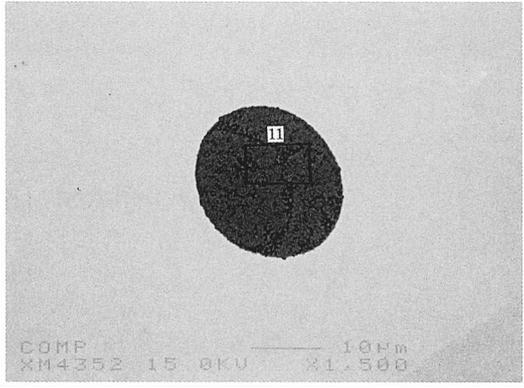
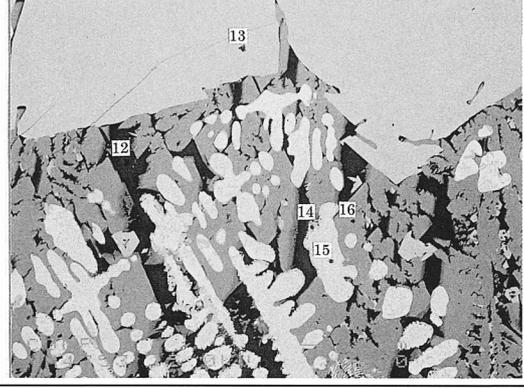
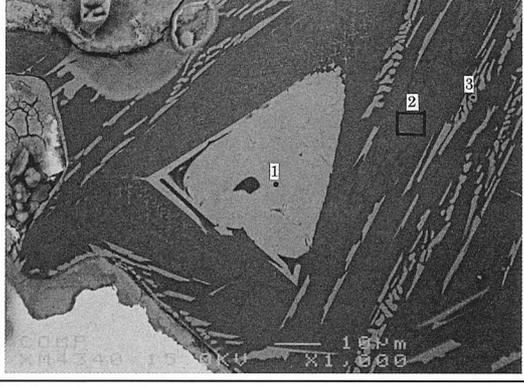
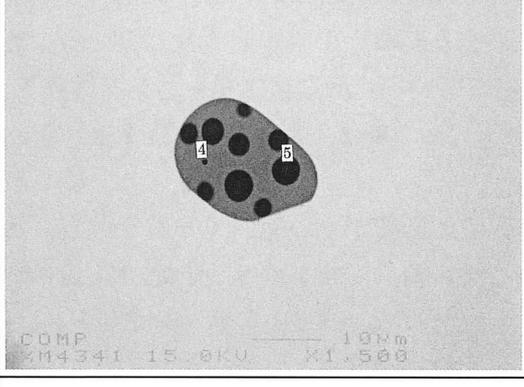
<p>COMP ×500</p>	 <p>COMP XM4352 15.0KV X1.500</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>11</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MgO</td><td>1.493</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>4.106</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>14.765</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>0.526</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.106</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>0.772</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>17.096</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>1.606</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>57.892</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.152</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>0.007</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>1.010</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>0.034</td></tr> <tr><td>Total</td><td>101.539</td></tr> </tbody> </table>	Element	11	MgO	1.493	Al2O3	4.106	SiO2	14.765	P2O5	0.526	S	0.106	K2O	0.772	CaO	2.000	TiO2	17.096	MnO	1.606	FeO	57.892	ZrO2	0.152	CuO	0.007	V2O3	1.010	As2O5	0.034	Total	101.539																																																																	
Element	11																																																																																																		
MgO	1.493																																																																																																		
Al2O3	4.106																																																																																																		
SiO2	14.765																																																																																																		
P2O5	0.526																																																																																																		
S	0.106																																																																																																		
K2O	0.772																																																																																																		
CaO	2.000																																																																																																		
TiO2	17.096																																																																																																		
MnO	1.606																																																																																																		
FeO	57.892																																																																																																		
ZrO2	0.152																																																																																																		
CuO	0.007																																																																																																		
V2O3	1.010																																																																																																		
As2O5	0.034																																																																																																		
Total	101.539																																																																																																		
<p>COMP ×1500</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MgO</td><td>0.054</td><td>1.216</td><td>0.104</td><td>0.062</td><td>2.620</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>13.934</td><td>3.825</td><td>8.303</td><td>1.216</td><td>0.185</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>37.443</td><td>0.073</td><td>9.270</td><td>0.482</td><td>31.482</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>1.780</td><td>—</td><td>0.342</td><td>0.031</td><td>0.084</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.490</td><td>—</td><td>0.111</td><td>0.007</td><td>0.002</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>6.402</td><td>0.002</td><td>1.733</td><td>0.019</td><td>0.001</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>10.757</td><td>—</td><td>1.783</td><td>0.052</td><td>1.880</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>1.643</td><td>29.865</td><td>17.024</td><td>7.278</td><td>0.600</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>0.523</td><td>1.212</td><td>0.723</td><td>0.67</td><td>2.402</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>24.457</td><td>65.228</td><td>62.315</td><td>91.497</td><td>64.728</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.679</td><td>0.064</td><td>0.503</td><td>0.357</td><td>0.070</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>—</td><td>—</td><td>0.106</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>0.008</td><td>0.846</td><td>0.204</td><td>0.035</td><td>0.038</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>—</td><td>—</td><td>0.024</td><td>—</td><td>0.052</td></tr> <tr><td>Total</td><td>98.048</td><td>102.331</td><td>102.517</td><td>101.711</td><td>104.144</td></tr> </tbody> </table>	Element	12	13	14	15	16	MgO	0.054	1.216	0.104	0.062	2.620	Al2O3	13.934	3.825	8.303	1.216	0.185	SiO2	37.443	0.073	9.270	0.482	31.482	P2O5	1.780	—	0.342	0.031	0.084	S	0.490	—	0.111	0.007	0.002	K2O	6.402	0.002	1.733	0.019	0.001	CaO	10.757	—	1.783	0.052	1.880	TiO2	1.643	29.865	17.024	7.278	0.600	MnO	0.523	1.212	0.723	0.67	2.402	FeO	24.457	65.228	62.315	91.497	64.728	ZrO2	0.679	0.064	0.503	0.357	0.070	CuO	—	—	0.106	—	—	V2O3	0.008	0.846	0.204	0.035	0.038	As2O5	—	—	0.024	—	0.052	Total	98.048	102.331	102.517	101.711	104.144	
Element	12	13	14	15	16																																																																																														
MgO	0.054	1.216	0.104	0.062	2.620																																																																																														
Al2O3	13.934	3.825	8.303	1.216	0.185																																																																																														
SiO2	37.443	0.073	9.270	0.482	31.482																																																																																														
P2O5	1.780	—	0.342	0.031	0.084																																																																																														
S	0.490	—	0.111	0.007	0.002																																																																																														
K2O	6.402	0.002	1.733	0.019	0.001																																																																																														
CaO	10.757	—	1.783	0.052	1.880																																																																																														
TiO2	1.643	29.865	17.024	7.278	0.600																																																																																														
MnO	0.523	1.212	0.723	0.67	2.402																																																																																														
FeO	24.457	65.228	62.315	91.497	64.728																																																																																														
ZrO2	0.679	0.064	0.503	0.357	0.070																																																																																														
CuO	—	—	0.106	—	—																																																																																														
V2O3	0.008	0.846	0.204	0.035	0.038																																																																																														
As2O5	—	—	0.024	—	0.052																																																																																														
Total	98.048	102.331	102.517	101.711	104.144																																																																																														
<p>COMP ×1000</p>	 <p>COMP XM4340 15.0KV X1.500</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MgO</td><td>0.941</td><td>1.191</td><td>1.011</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>2.862</td><td>9.834</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>0.576</td><td>45.960</td><td>9.454</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>—</td><td>0.106</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>S</td><td>—</td><td>0.045</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>0.117</td><td>1.530</td><td>0.619</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>0.037</td><td>4.840</td><td>0.663</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>34.323</td><td>3.882</td><td>45.061</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>2.159</td><td>2.343</td><td>2.153</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>56.340</td><td>31.987</td><td>42.354</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.109</td><td>0.133</td><td>—</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>0.024</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>5.353</td><td>0.041</td><td>0.743</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>0.029</td><td>0.027</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>Total</td><td>102.870</td><td>101.908</td><td>104.118</td></tr> </tbody> </table>	Element	1	2	3	MgO	0.941	1.191	1.011	Al2O3	2.862	9.834	2.000	SiO2	0.576	45.960	9.454	P2O5	—	0.106	0.041	S	—	0.045	0.015	K2O	0.117	1.530	0.619	CaO	0.037	4.840	0.663	TiO2	34.323	3.882	45.061	MnO	2.159	2.343	2.153	FeO	56.340	31.987	42.354	ZrO2	0.109	0.133	—	CuO	0.024	—	—	V2O3	5.353	0.041	0.743	As2O5	0.029	0.027	0.008	Total	102.870	101.908	104.118																																	
Element	1	2	3																																																																																																
MgO	0.941	1.191	1.011																																																																																																
Al2O3	2.862	9.834	2.000																																																																																																
SiO2	0.576	45.960	9.454																																																																																																
P2O5	—	0.106	0.041																																																																																																
S	—	0.045	0.015																																																																																																
K2O	0.117	1.530	0.619																																																																																																
CaO	0.037	4.840	0.663																																																																																																
TiO2	34.323	3.882	45.061																																																																																																
MnO	2.159	2.343	2.153																																																																																																
FeO	56.340	31.987	42.354																																																																																																
ZrO2	0.109	0.133	—																																																																																																
CuO	0.024	—	—																																																																																																
V2O3	5.353	0.041	0.743																																																																																																
As2O5	0.029	0.027	0.008																																																																																																
Total	102.870	101.908	104.118																																																																																																
<p>COMP ×1500</p>	 <p>COMP XM4341 15.0KV X1.500</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MgO</td><td>1.316</td><td>0.488</td></tr> <tr><td>Al2O3</td><td>5.392</td><td>14.178</td></tr> <tr><td>SiO2</td><td>23.752</td><td>61.435</td></tr> <tr><td>P2O5</td><td>0.174</td><td>0.087</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.043</td><td>—</td></tr> <tr><td>K2O</td><td>0.841</td><td>4.072</td></tr> <tr><td>CaO</td><td>3.100</td><td>3.787</td></tr> <tr><td>TiO2</td><td>24.897</td><td>5.123</td></tr> <tr><td>MnO</td><td>2.879</td><td>0.821</td></tr> <tr><td>FeO</td><td>40.022</td><td>11.249</td></tr> <tr><td>ZrO2</td><td>0.067</td><td>0.011</td></tr> <tr><td>CuO</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>V2O3</td><td>1.624</td><td>0.128</td></tr> <tr><td>As2O5</td><td>0.002</td><td>0.055</td></tr> <tr><td>Total</td><td>104.098</td><td>101.43</td></tr> </tbody> </table>	Element	4	5	MgO	1.316	0.488	Al2O3	5.392	14.178	SiO2	23.752	61.435	P2O5	0.174	0.087	S	0.043	—	K2O	0.841	4.072	CaO	3.100	3.787	TiO2	24.897	5.123	MnO	2.879	0.821	FeO	40.022	11.249	ZrO2	0.067	0.011	CuO	—	—	V2O3	1.624	0.128	As2O5	0.002	0.055	Total	104.098	101.43																																																	
Element	4	5																																																																																																	
MgO	1.316	0.488																																																																																																	
Al2O3	5.392	14.178																																																																																																	
SiO2	23.752	61.435																																																																																																	
P2O5	0.174	0.087																																																																																																	
S	0.043	—																																																																																																	
K2O	0.841	4.072																																																																																																	
CaO	3.100	3.787																																																																																																	
TiO2	24.897	5.123																																																																																																	
MnO	2.879	0.821																																																																																																	
FeO	40.022	11.249																																																																																																	
ZrO2	0.067	0.011																																																																																																	
CuO	—	—																																																																																																	
V2O3	1.624	0.128																																																																																																	
As2O5	0.002	0.055																																																																																																	
Total	104.098	101.43																																																																																																	

Photo.21 EPMA調査結果 反射電子像(COMP) [70%縮小] 及び定量分析値

茗ヶ原奥たたら跡から出土した炭化材の放射性炭素年代測定

パリノ・サーヴェイ株式会社

はじめに

茗ヶ原奥たたら跡の第2トレンチでは2・3層の滓層から木炭が24点出土している。本報告では、24点の炭化材から選択した2点について、加速器質量分析法(AMS法)による放射性炭素年代測定を実施する。

1. 試料

年代測定用試料は、第2トレンチでは、2・3層の滓層中から出土した炭化材から選択した2点である。試料名は2点とも同一(構成 No.109-2, 分析 No.12)で、8 gと4 gの試料がある。

2. 分析方法

測定は株式会社加速器分析研究所の協力を得て、AMS法で実施する。放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5,568年を使用する。また、測定年代は1950年を基点とした年代(BP)であり、誤差は標準偏差(One Sigma)に相当する年代である。なお、暦年較正は、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV5.0(Copyright 1986-2005 M Stuiver and PJ Reimer)を用い、誤差として標準偏差(One Sigma)を用いる。

3. 結果

同位体効果による補正を行った測定結果を表1に示す。構成 No.109-2, 分析 No.12(4 g)は270±40BP、No.109-2, 分析 No.12(4 g)は150±30BPを示す。

暦年較正に関しては、本来10年単位で表すのが通例であるが、将来的に暦年較正プログラムや暦年較正曲線の改正があった場合の再計算、再検討に対応するため、1年単位で表している。暦年較正にあたっては、北半球の大気中炭素に由来する較正曲線を用いる。測定誤差を σ として計算させた結果、構成 No.109-2, 分析No.12(4 g)はcal.AD1796-1523、No.109-2, 分析 No.12(4 g)はcal.AD1952-1670である。

なお、測定に用いた炭化材については、測定前に測定に影響がない範囲で一部を欠き、実体顕微鏡と電子顕微鏡観察による樹種同定を実施した。その結果、構成 No.109-2, 分析 No.12(4 g)は落葉広葉樹で環孔材の木材組織を有するコナラ節に同定された。No.109-2, 分析 No.12(4 g)は、道管の分析密度が比較的高い散孔材となる広葉樹材であるが、組織が収縮して放射組織の特徴等がほとんど観察できなかったため、種類の同定には至らなかった。

表1. 放射性炭素年代測定結果

構成No.	分析No.	層位	重量	種類	補正年代BP	σ^{13C} (%)	測定年代BP	Code.No.
109-2	12	第2トレンチ滓層	4 g	炭化材(散孔材)	270±40	-27.18±0.65	300±40	IAAA-42671
109-2	12	第2トレンチ滓層	8 g	炭化材(コナラ節)	150±30	-28.22±0.67	210±30	IAAA-42672

- 1) 年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を使用。
- 2) BP年代値は、1950年を基点として何年前であることを示す。
- 3) 付記した誤差は、測定誤差 σ (測定値の68%が入る範囲)を年代値に換算した値。

表 2. 暦年較正結果

構成No.	分析No.	層位	重量	補正年代 (BP)	暦年較正年代 (cal)		相対比	Cade No.		
109-2	12	第 2 トレンチ深層	4 g	267±39		σ	cal AD 1,796 - cal AD 1,784	cal BP 154 - cal BP 166	0.097	IAAA-42671
							cal AD 1,666 - cal AD 1,630	cal BP 284 - cal BP 320	0.491	
							cal AD 1,571 - cal AD 1,562	cal BP 379 - cal BP 388	0.052	
							cal AD 1,559 - cal AD 1,523	cal BP 391 - cal BP 427	0.361	
109-2	12	第 2 トレンチ深層	8 g	152±28		2σ	cal AD 1,951 - cal AD 1,941	cal BP 0 - cal BP 9	0.017	IAAA-42672
							cal AD 1,799 - cal AD 1,777	cal BP 151 - cal BP 173	0.093	
							cal AD 1,771 - cal AD 1,768	cal BP 179 - cal BP 182	0.004	
							cal AD 1,676 - cal AD 1,610	cal BP 274 - cal BP 340	0.420	
109-2	12	第 2 トレンチ深層	8 g	152±28		σ	cal AD 1,603 - cal AD 1,488	cal BP 347 - cal BP 462	0.466	IAAA-42672
							cal AD 1,952 - cal AD 1,950	cal BP 0 - cal BP 0	0.210	
							cal AD 1,943 - cal AD 1,918	cal BP 7 - cal BP 32	0.011	
							cal AD 1,866 - cal AD 1,863	cal BP 84 - cal BP 87	0.012	
109-2	12	第 2 トレンチ深層	8 g	152±28		2σ	cal AD 1,857 - cal AD 1,854	cal BP 93 - cal BP 96	0.005	IAAA-42672
							cal AD 1,812 - cal AD 1,798	cal BP 138 - cal BP 152	0.118	
							cal AD 1,779 - cal AD 1,727	cal BP 171 - cal BP 223	0.455	
							cal AD 1,694 - cal AD 1,670	cal BP 256 - cal BP 280	0.188	
109-2	12	第 2 トレンチ深層	8 g	152±28		σ	cal AD 1,953 - cal AD 1,912	cal BP 0 - cal BP 38	0.190	IAAA-42672
							cal AD 1,886 - cal AD 1,832	cal BP 64 - cal BP 118	0.172	
							cal AD 1,826 - cal AD 1,796	cal BP 124 - cal BP 154	0.118	
							cal AD 1,783 - cal AD 1,719	cal BP 167 - cal BP 231	0.348	
109-2	12	第 2 トレンチ深層	8 g	152±28		2σ	cal AD 1,707 - cal AD 1,667	cal BP 243 - cal BP 283	0.172	IAAA-42672

1) 計算には、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV4.4 (Copyright 1986-2002 M Stuiver and P.J. Reimer) を使用

2) 計算には表に示した丸める前の値を使用している。

3) 1 桁目を丸めるのが慣例だが、暦年較正曲線や暦年較正プログラムの再計算や比較が行いやすいように、1 桁目を丸めていない。



茗ヶ原奥たたら跡 出土陶器



茗ヶ原奥たたら跡 出土遺物

図版3



調査前状況(東より)



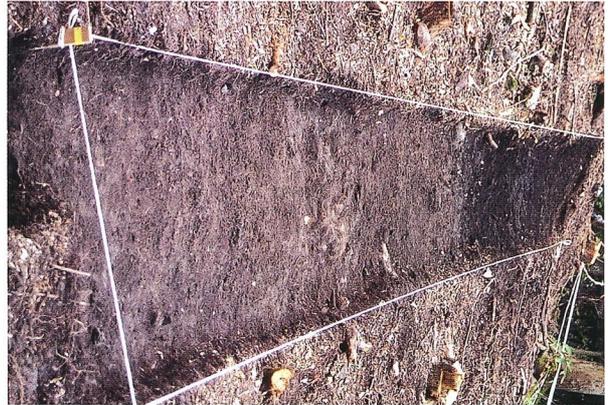
上部平坦面(東より)



第1トレンチ鉄滓堆積状況(北西より)



第2トレンチ鉄滓堆積状況(南東より)



第1トレンチ黒色土検出状況(北東より)



SX01 南西端加工段土層堆積状況(北西より)



SX01 炭溜り検出状況(南西より)



SX01 炭溜り土層堆積状況(南東より)



SX01 炭溜り土層堆積状況(南西より)



排滓場、SX01完掘状況(北東より)



SX01鉄分付着石出土状況(北西より)



久村川河口、日本海



SX01鉄分付着石出土状況(南東より)



久村川河口 砂鉄採取状況

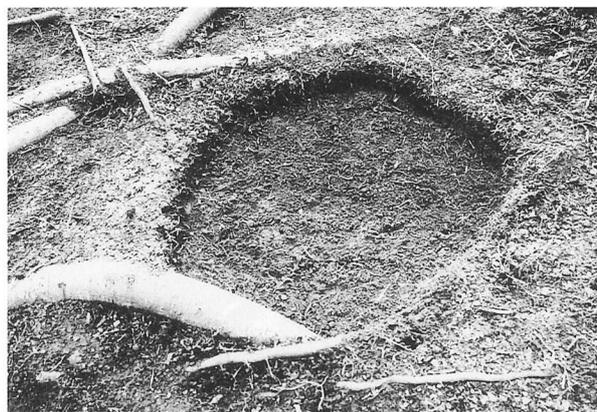


第2トレンチ 木炭採取状況(北西より)

図版5



SX01 P1 土層堆積状況(北より)



SX01 P1 完掘状況(北より)



SX01 P6 土層堆積状況(北東より)



SX01 P6 完掘状況(北東より)



SX01 P7 遺物出土状況、土層堆積状況(北東より)



SX01 P7 完掘状況(北東より)



SX01 P9 巨石と掘り方(西より)



SX01 P9 土層堆積状況(南東より)