

第2節 金属分析の成果

1. 調査対象

本節では、遺跡内での生産の実態を検討する目的から、表9の生産関連遺物102点および地域周辺で採取された砂鉄3点を調査した。

2. 調査方法

(1) マクロ・顕微鏡組織

調査位置から試料を採取した後、その断面をエメリー研磨紙の#150、#320、#600、#1000、およびダイヤモンド粒子の $3\mu\text{m}$ と $1\mu\text{m}$ で順を追って研磨して、全体像を撮影した。また光学顕微鏡を用いて断面観察後、代表的・特徴的な視野を撮影した。金属鉄部の組織観察には、3%ナイトル(硝酸アルコール液)、銅(青銅)の組織観察には酢酸・硝酸・アセトン(3:2:3)混合液を腐食に用いた。

(2) EPMA 調査

EPMA(日本電子(株)製 JXA-8230)を用い、鉄滓や鉄中非金属介在物の組成を調査した。測定条件は以下の通りである。加速電圧:15kV、照射電流:2.00E-8A。

(3) X線回折

試料を粉体にして、理学電気株式会社製 SmartLab 3 k WR(管電圧 40kV、管電流 30mA)を用い測定したX線回折パターンをもとに、鉄滓の組成(化合物)を調査した。

(4) 化学組成分析

表9に示す。測定方法・元素は以下の通りである。

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

炭素(C):燃焼容量法、硫黄(S):燃焼赤外吸収法。

二酸化硅素(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化カルシウム(CaO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化カリウム(K_2O)、酸化ナトリウム(Na_2O)、酸化マンガン(MnO)、二酸化チタン(TiO_2)、酸化クロム(Cr_2O_3)、五酸化燐(P_2O_5)、バナジウム(V)、銅(Cu)、二酸化ジルコニウム(ZrO_2):ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer):誘導結合プラズマ発光分光分析法。

(5) 耐火度

炉材粘土部分を供試材としてゼーゲルコーン(三角錐の試験片)を作り、1分間当たり 10°C の速度で温度 1000°C まで上昇させた後、 4°C に昇温速度を落とし、試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度を示す。

3. 調査結果

調査試料（KMG-1～105）のマクロ・顕微鏡組織、EPMAを用いた組成調査の結果を金属分析図版1～68に示す。またX線回折の結果は図78～81、化学組成分析および耐火度測定結果は表10に示す。調査結果から推定される各生産工程（製鉄・鍛冶・鑄造）の詳細は、以下の通りである。

（1）製鉄関連遺物

上郷深田遺跡では、下段b列の箱形炉（Ⅱ期：680～720年）、上段a列の竪形炉（Ⅲ期：720～760年）と、時期によって異なる炉形の製鉄炉が検出されている。どちらの時期も、チタニア（TiO₂）を10%前後含む火山岩起原の砂鉄を原料として鉄が生産されていたと推定される。

砂鉄

2号竪穴および12号遺構（土坑群1）から出土した、砂鉄（KMG-18、87）のチタニア（TiO₂）の含有割合は16.43%、15.03%と高値であった。製鉄炉跡などから出土した砂鉄焼結塊（KMG-22・45・53・74・96）のチタニアは8.41%～13.93%であった。またマグネシア（MgO）の含有割合も、砂鉄（KMG-18・87）は2.26%、2.37%、砂鉄焼結塊（KMG-22・45・53・74・96）が2.05%～5.28%と高め傾向を示した。

砂鉄は内部に縞状・格子状の離溶組織を持つ含チタン鉄鉱¹⁾が多数確認された。このうち砂鉄焼結塊（KMG-11：金属分析図版7）、砂鉄（KMG-87：金属分析図版21・22上段）はEPMAを用いて、チタン（Ti）の分布を確認している。砂鉄粒内に固溶するため比重選鉱で分離することはできず、製錬滓の主要成分となったと考えられる。また砂鉄（KMG-18・87）の実体顕微鏡写真をみると、磁鉄鉱または含チタン鉄鉱以外の造岩鉱物として、斜長石、角閃石、輝石類が混在している（金属分析図版11②、金属分析図版21①）。このうち砂鉄（KMG-87）では、EPMAを用いた組成調査でMg-Fe輝石が確認された（金属分析図版21①：分析点45）。上述のマグネシア（MgO）の高値傾向は、こうした砂鉄に伴う有色鉱物（角閃石・輝石類）の影響と推定される。

以上の特徴から、上郷深田遺跡では火山岩起原の砂鉄を製鉄原料に用いていたと判断される。また砂鉄、砂鉄焼結塊ともに、摩耗が進み丸みを帯びた粒の割合が高いことから、河川・海岸などの水流によって濃集・堆積した砂鉄を採取したと推定される。

上郷深田遺跡で製鉄原料に用いられた砂鉄との比較のため、地域周辺で採取した砂鉄も調査した。遺跡近傍の瀬上池上右谷戸から採取した試料（KMG-101）は、磁選して調査を実施したが、鉄の含有割合（全鉄分）が17.40%と非常に低い結果となった。実体顕微鏡写真をみると輝石類や角閃石などの有色鉱物の割合が高く、遺跡出土砂鉄・砂鉄焼結塊と地質的な特徴は類似する（金属分析図版67④）。しかしこの地点で操業に必要な品位および量の砂鉄を確保は難しいと考えられる。一方、稲村ヶ崎および行合橋で採取された砂鉄（KMG-102・103）は、成分的にはチタニア（TiO₂）は10.70%、8.74%、マグネシア（MgO）が5.42%、6.71%と高値傾向を示した。実体顕微鏡写真をみると、磁鉄鉱または含チタン鉄鉱以外の造岩鉱物として、斜長石、角閃石、輝石類が混在している（金属分析図版68①⑤）。上郷深田遺跡出土砂鉄・砂鉄焼結塊と類似する組成であった。

炉壁

上郷深田遺跡の最も早期（Ⅰ期：640年～680年）の竪穴遺構の一つである、4号竪穴から出土し

た炉壁2点(KMG-104・105)の内面表層付着物を調査した。このうち1点(KMG-104)は製鉄炉内に装入された砂鉄が還元・滓化した痕跡が確認された(金属分析図版5①～③)。砂鉄製錬に用いられた炉壁の破片であることは確実である。ただし4号竪穴は12号炉と近接しているため、上郷深田遺跡のⅠ期から鉄生産が行われていたかについては、遺物の出土状況の確認など考古学的な検討が必要である。

また耐火度は、下段b列の箱形炉に伴う炉壁(KMG-1・2・7・8)破片が<1120℃、上段の竪形炉に伴う炉壁・羽口(KMG-57・58・62・63・94)破片も<1120℃～1120℃であった。古代の製鉄炉の炉壁片としても低めの耐火性状といえる。これは全鉄分(Total Fe)が箱形炉に伴う炉壁破片は5.38%～5.94%、竪形炉に伴う炉壁破片は5.10%～9.24%と、全体に鉄分が高いためと考えられる。操業時、製鉄炉の内面は溶融して造滓剤としての役割も果たすため、その点では有利な性状ともいえる。

なお耐火度測定・化学組成分析の供試材は、熱影響の少ない粘土部分から採取したが、製鉄に用いたことによる二次的な影響はあると考えられる。ただそうした影響がないと考えられる銅の鑄造に用いられた炉壁破片や鑄型も鉄分は3%後半台であり、耐火度も大きな差異がない。このため遺跡周辺で採取可能な粘土が、鉄分を比較的多く含むものであったと推測される。

製錬滓

下段b列の箱形炉に伴う製錬滓(KMG-3～6)のチタニアは7.20%～12.07であった。砂鉄・砂鉄焼結塊とほぼ同等の含有割合であった。顕微鏡観察により製錬滓中にはウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)、ファヤライト(Fayalite: $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$)が確認された。これはもっとも典型的な砂鉄製錬滓の晶癖である。

一方、上段の竪形炉に伴う製錬滓(KMG-54・59～61)のチタニアは14.88%～23.36%であった。箱形炉に伴う製錬滓よりも含有割合が高い傾向がみられる。また製錬滓中には、ウルボスピネルに加えて、イルメナイト(Ilmenite: $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$)、シュードブルッカイト(Pseudobrookite: $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{TiO}_2$)など、チタニアの割合が高い化合物が確認された。これらは高温製錬の特徴である²⁾。

製錬滓の組成を比較すると、箱形炉より年代の新しい竪形炉で、より高温で製錬がされていた可能性が高いと考えられる。

鉄塊系遺物・含鉄鉄滓

下段b列の箱形炉に伴う遺物中には、調査対象となる鉄塊系遺物・含鉄鉄滓はみられなかったが、炉壁内面にねずみ鑄鉄粒が溶着していた(KMG-1: 金属分析図版1)。箱形炉の操業時期から、少なくとも一部浸炭の進んだ鑄鉄ができていたと推定される。

上段の竪形炉に伴う鉄塊系遺物・含鉄鉄滓には、非常に微細な金属鉄が未凝集の状態で多数点在するもの(KMG-68: 金属分析図版56④～⑥、KMG-95: 金属分析図版46)、砂鉄製錬滓中に炭素量の低い小形の軟鉄を含むもの(KMG-67: 金属分析図版56①～③)など、金属鉄のまとまりが悪く廃棄されたと考えられる遺物が確認された。その一方で、浸炭の進んだ高炭素鋼～鑄鉄(KMG-55・56: 金属分析図版48、KMG-64: 金属分析図版54①～③、KMG-66・98: 金属分析図版55)も複数確認された。

またⅢ期の遺構と推定される1号炉から、小形の鉄塊系遺物・含鉄鉄滓が多数確認されており、16点(KMG-29～37・38-1～7)を調査した。このうち12点に砂鉄製錬滓部分が確認されている。製

鉄炉の操業後、炉内生成物から金属鉄部と未分離の製錬滓を割り取る工程で生じた、未加工の鉄塊と推定される。金属（銹化鉄）部の組織観察をした結果、組織痕跡が不明瞭な1点（KMG-38-5：金属分析図版30④～⑥）を除くと、1点は炭素量の低い軟鉄（KMG-29：金属分析図版23）、3点は高炭素鋼（KMG-33：金属分析図版25④～⑥、KMG-37：金属分析図版27⑤～⑦、KMG-38-1：金属分析図版28）であった。さらに高炭素鋼と鑄鉄組織の両方が確認されたものが5点（KMG-31：金属分析図版24④～⑥、KMG-35：金属分析図版27①②、KMG-38-2：金属分析図版29①～③、KMG-38-6・7：金属分析図版31）、鑄鉄が6点（KMG-30：金属分析図版24①～③、KMG-32：金属分析図版25①～③、KMG-34：金属分析図版26、KMG-36：金属分析図版27③④、KMG-38-3：金属分析図版29④～⑥、KMG-38-4：金属分析図版30①～③）であった。

以上の結果から、上郷深田遺跡では浸炭の進んだ高炭素鋼～鑄鉄の割合が高い生産がなされていたと推測される。特にⅢ期（720～760年）は後述するように、鉄鑄物の鑄造が行われた時期で、遺跡内からその原料（鑄鉄）が供給されたと想定される。

（2）鍛冶関連遺物

上郷深田遺跡で鍛冶（熱間での鍛打加工）作業も行われたことが明らかとなった。ただし製鉄関連遺物と比べると出土量が非常に少ない。このため製鉄炉で生産された鉄塊を恒常的に鍛打加工して、一定量の鉄素材や鍛造鉄器を製作・搬出していたとは考え難い。遺跡内での鍛冶作業は補助的なものであったと推測される。

鍛冶滓

上郷深田遺跡からは鍛冶滓が3点（KMG-21・80・86）確認された。チタニアの含有割合は0.94%～3.24%であった。製錬滓と比較すると低減傾向が顕著である。

このうち1点は鍛冶滓中にウルボスピネル（Ulvöspinel： $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ）が確認された（KMG-80：金属分析図版63④～⑥）。製鉄炉でつくられた鉄塊系遺物中の砂鉄製錬滓を除去する作業で生じた精錬鍛冶滓と推定される。これに対して、2点はウスタイト（Wustite： FeO ）、ファヤライト（Fayalite： $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ ）組成で、ウルボスピネルなどの鉄チタン酸化物の結晶はみられなかった（KMG-21：金属分析図版14①～③、KMG-86：金属分析図版20④～⑥）。この特徴から鍛錬鍛冶滓と推定される。

鍛造剥片

鍛冶滓（KMG-21）の表層には、熱間での鍛打加工に伴う鍛造剥片が付着する（金属分析図版14②）。再結合滓（KMG-17：金属分析図版10③、KMG-23：金属分析図版14⑥）中にも鍛造剥片が確認された。これらは熱間での鍛打加工に伴い鉄素材の表層に生じた酸化膜が剥離・飛散したものである。

羽口

上郷深田遺跡では筒状の鍛冶羽口の破片も複数出土している。このうち1点（KMG-52 15号炉出土）を調査したところ、先端に鉄素材が酸化して生じたと推測されるマグネタイト（Mantetite： $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）が確認された（KMG-52：金属分析図版44④～⑥）。また耐火度は $<1120^\circ\text{C}$ であった。製鉄炉の炉壁と同じく耐火性はやや低めである。鍛冶作業でも、耐火性が高い粘土を用いた方が、羽口先端の溶損を抑えるためには望ましい。

鍛造鉄器

3号炉から、鍛造鉄器破片が複数確認されている。このうち3点を選択して調査した。調査前には同一の遺物が錆化により複数の破片に細片化したとも考えられた。しかし断面の形状をみると、1点(KMG-44-1:金属分析図版39①)は薄手で幅広の鉄鎌、1点(KMG-44-2:金属分析図版40①)は刀子の刃部破片の可能性が高いと考えられる。少なくともこの2片は別の鉄器破片と推測される。

調査を実施した3点とも、内部に細長く展伸した形状の鉄中金属介在物が残存する。これは折り返し鍛錬された鍛造鉄器の特徴といえる。EPMAを用いてKMG-44-1と2の非金属介在物の組成を調査した結果、ウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)が確認された(金属分析図版39④⑤:分析点81~84、金属分析図版40④⑤:分析点86~88)。これは砂鉄製錬時の反応副生物と推定される。非金属介在物の特徴は上郷深田遺跡で生産された鉄を加工したと想定しても矛盾のないものである。ただしこの時期、チタニアの含有割合の高い砂鉄は東日本の広い地域で利用されており、産地の特定に用いることは難しい。

また刀子の刃部破片と推測される破片(KMG-44-2)は金属鉄が残存するが、表層部が錆化に伴い剥落している。全体的に炭素量は低く軟質で、焼入れ等の熱処理の痕跡はみられなかった。軟らかく靱性のある芯部のみが残存しているためと考えられる。

(3) 鑄造関連遺物

1号竪穴、2号炉、3号炉など、下段c列の遺構群(Ⅲ期:720~760年)を中心に多数の鑄造関連遺物が確認されている。竪形炉に獣脚鑄型などの鑄造関連遺物が伴う製鉄遺跡は、関東地方の各地で知られている³⁾。ただしその年代は9世紀以降で、上郷深田遺跡では東日本で最も早い時期に鉄鑄物の生産がされていた可能性がある。さらに青銅鑄物も生産されたことが明らかとなった。

鉄関連遺物

1号竪穴出土炉壁3点(KMG-25:金属分析図版16、KMG-28:金属分析図版19、KMG-85:金属分析図版20①~③)は、内面表層に鑄鉄粒が溶着しており、鉄鑄物の製作に用いられたと判断される。このうち1点(KMG-85)は断面にガラス質滓が2面確認された。内面を補修して複数回の鑄造に用いていたと推定される。

さらに1号炉出土炉壁(KMG-88:金属分析図版22②~④)や下段Pit10出土炉壁(KMG-51:金属分析図版44①~③)も内面表層に製錬滓は確認されず、鑄鉄粒が付着する。3号炉から出土した炉壁(KMG-40:金属分析図版36)も微小金属鉄粒が溶着しており、鉄鑄物の製作に伴う鑄造関連遺物の可能性が考えられる。

これらの鉄鑄物を鑄造した溶解炉の炉壁(KMG-25、28、88)の耐火度は $< 1120^{\circ}\text{C} \sim 1180^{\circ}\text{C}$ であった。鑄鉄の融点を考えると、製鉄炉と同様に耐火性の低い性状である。

銅関連遺物

1号竪穴出土炉壁2点(KMG-26:金属分析図版17、KMG-27:金属分析図版18)は、内面表層に青銅粒($\text{Cu}-\text{Sn}$ 合金)が溶着する。他に2号炉出土炉壁(KMG-89:金属分析図版33)、炉壁溶融物と推測されるガラス質滓(KMG-90:金属分析図版34)中にも青銅粒が確認された。再結合滓(KMG-91:

金属分析図版 35 ①～③) にも青銅粒が含まれている。上郷深田遺跡で青銅鋳物も製作されていたことが明らかになった。

こうした溶着金属のなかには、鉄 (Fe)、砒素 (As) の偏析が著しいものが複数確認された (KMG-27・89・90)。これは古代の産銅国として広く知られる長門の長登銅山などでも確認される特徴である^{4)・5)}。

さらに 2 号竪穴出土再結合滓 (KMG-17：金属分析図版 10) にも銅粒が含まれる。3 号炉出土坩堝 (KMG-42：金属分析図版 37) も鋳銅関連遺物であった。

また青銅鋳物を鋳造した溶解炉の炉壁 (KMG-27・28) の耐火度は < 1120℃、1140℃であった。他の炉材粘土とほぼ同じ耐火性状である。

鋳型

1 区下部鉍滓層から出土した鋳型 (KMG-79：金属分析図版 63 ①～③) を調査した。化学組成は他の製鉄・鍛冶・鋳造用の炉材粘土と類似する。耐火度は 1160℃であった。上郷深田遺跡の出土遺物のなかでは最も耐火性が高いが、高温に曝される生産関連遺物の材料としては全体にやや低めの耐火性状といえる。

註

- 1) 木下亀城・小川留太郎 1995『岩石鉍物』保育社

チタン鉄鉍赤鉄鉍とあらゆる割合に混じりあった固溶体をつくる。(中略) チタン鉄鉍と赤鉄鉍の固溶体には、チタン鉄鉍あるいは赤鉄鉍の結晶をなし、全体が完全に均質なものと、チタン鉄鉍と赤鉄鉍が平行にならんで規則正しい縞状構造を示すものがある。

チタン鉄鉍は磁鉄鉍とも固溶体をつくり、これにも均質なものと、縞状のものがある。(中略) このようなチタン鉄鉍と赤鉄鉍、または磁鉄鉍との固溶体を含チタン鉄鉍 Titaniferous iron ore という。

- 2) J.B. Mac chesney and A. Murau, 1961. American Mineralogist 46, 572.

〔イルメナイト (Ilmenite : $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)、シュードブルッカイト (Pseudobrookite : $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$) の晶出は $\text{FeO} - \text{TiO}_2$ 二元平衡状態図から高温化操作が推定される。〕

- 3) 穴澤義功「古代東国の鉄生産」『栃木県立なす風土記の丘資料館 第2回企画展 古代東国の産業―那須地方の窯業と製鉄業―』栃木県立なす風土記の丘資料館 1994

- 4) 葉賀七三男「古代長門の銅生産について」『山口県地方史研究』50号 山口県地方史学会 1983

- 5) 美東町教育委員会 1990『美東町文化財調査報告 3：長登銅山跡』美東町教育委員会

表9 金属分析試料一覧

遺構名	分析資料 番号	遺物名称	計測値		金属探知器	調査項目				川野邊 分析No.	
			法量 (mm)	重量 (g)		マクロ 組織	顕微鏡 組織	EPMA	X線回 折		化学 分析
20号炉 (22号遺構)	KMG-1	炉壁 (製鉄炉)	205×154×87	1350	なし		○	○		○	
	KMG-2	炉壁 (製鉄炉)	115×67×30	188.8	なし		○			○	
	KMG-3	製鍊滓 (炉外流出滓)	97×92×37	519.9	なし			○		○	
	KMG-4	砂鉄焼結塊	92×57×55	477.0	なし		○			○	
	KMG-5	製鍊滓 (炉外流出滓)	94×91×27	325.3	なし		○			○	
	KMG-6	製鍊滓 (炉内滓)	248×135×78	3300	なし		○			○	
	KMG-7	炉壁	189×104×40	554.1	なし		○			○	
	KMG-8	炉壁 (製鉄炉)	190×163×39	915.6	なし		○			○	
	KMG-104	炉壁 (製鉄炉)	25×40×15	17.7	なし		○				
4号竪穴 (34号遺構)	KMG-105	炉壁	67×45×19	49.0	なし		○				
	KMG-9	炉壁	165×105×35	356.2	なし		○			○	
2号竪穴 (5号遺構)	KMG-10	砂鉄焼結塊	44×32×31	62.3	M (◎)	○	○				
	KMG-11	砂鉄焼結塊	31×30×9	8.4	錆化 (△)	○	○	○			
	KMG-12	鉄塊系遺物	25×23×20	15.6	錆化 (△)	○	○				
	KMG-13	砂鉄焼結塊	33×15×14	12.1	錆化 (△)	○	○				
	KMG-14	製鍊滓	55×29×17	44.3	なし	○	○			○	
	KMG-15	砂鉄焼結塊	39×29×20	31.3	錆化 (△)	○	○				
	KMG-16	製鍊滓	35×10×9	10.2	錆化 (△)	○	○				
	KMG-17	再結合滓 (鍛造剥片付着)	38×25×19	10.4	錆化 (△)	○	○	○			
	KMG-18	砂鉄	-	523	なし	○	○			○	
	KMG-19	鉄塊系遺物	32×22×18	29.2	L (●)	○	○	○			
	KMG-20-1	鉄塊系遺物	21×20×10	7.9	錆化 (△)	○	○				
	KMG-20-2	鉄塊系遺物	18×14×9	2.9	M (◎)	○	○				
	KMG-21	鍛冶滓 (鍛造剥片付着)	53×36×14	74.0	なし	○	○			○	
	KMG-22	製鍊滓 (炉内滓)	61×31×20	97.9	なし	○	○			○	
	KMG-23	再結合滓 (鍛造剥片付着)	42×30×19	45.2	錆化 (△)	○	○				
	1号竪穴 (1号遺構)	KMG-24	製鍊滓 (炉内滓)	53×50×30	98.5	なし		○	○		○
KMG-25		炉壁 (鑄造用溶解炉、鑄鉄付着)	77×55×22	83.4	L (●)	○	○	○			
KMG-26		炉壁 (鑄造用溶解炉、青銅粒付着)	118×95×10	279.6	なし	○	○	○		○	
KMG-27		炉壁 (鑄造用溶解炉、青銅粒付着)	183×184×25	718.5	L (●)	○	○	○		○	
KMG-28		炉壁 (鑄造用溶解炉、鑄鉄付着)	159×105×43	892.0	L (●)	○	○	○		○	

	KMG-85	炉壁（鑄造用溶解炉、鋳鉄等鉄粒付着）	84×77×52	269.8	錆化（△）	○	○		○	1410-3
	KMG-86	椀形鍛冶滓	112×84×33	253.2	なし	○	○	○	○	1410-40
	KMG-87	砂鉄	-	-	なし	○	○	○	○	
	KMG-88	炉壁（製鉄炉または鑄造用溶解炉、 鋳鉄付着）	125×76×52	261.2	なし	○	○	○	○	1410-37
	KMG-29	鉄塊系遺物	47×40×20	62.0	L（●）	○	○	○		
	KMG-30	含鉄鉄滓	50×30×21	35.5	錆化（△）	○	○			
	KMG-31	鉄塊系遺物	35×21×20	29.6	M（◎）	○	○			
	KMG-32	鉄塊系遺物	39×14×15	12.8	錆化（△）	○	○			
	KMG-33	鉄塊系遺物	20×15×10	6.6	M（◎）	○	○			
	KMG-34	鉄塊系遺物	32×18×14	11.8	錆化（△）	○	○	○		
	KMG-35	鉄塊系遺物	22×18×9	8.1	錆化（△）	○	○			
	KMG-36	鉄塊系遺物	55×34×19	54.4	L（●）	○	○			
	KMG-37	再結合滓（含鉄）	43×26×15	20.9	L（●）	○	○			
	KMG-38-1	鉄塊系遺物	29×21×18	17.4	M（◎）	○	○	○		
	KMG-38-2	鉄塊系遺物	19×12×11	6.0	錆化（△）	○	○			
	KMG-38-3	再結合滓（含鉄）	25×19×15	7.7	M（◎）	○	○			
	KMG-38-4	含鉄鉄滓	31×14×15	6.1	H（○）	○	○			
	KMG-38-5	含鉄鉄滓	23×14×10	4.6	H（○）	○	○			
	KMG-38-6	鉄塊系遺物	19×15×11	5.0	M（◎）	○	○			
	KMG-38-7	鉄塊系遺物	23×19×15	7.5	H（○）	○	○			
	KMG-39-1	鉄塊系遺物	21×12×8	4.2	錆化（△）	○	○	○		
	KMG-39-2	鉄塊系遺物	23×19×15	4.4	M（◎）	○	○			
	KMG-89	炉壁（鑄造用溶解炉、青銅粒付着）	25×16×16	4.1	なし	○	○			1410-23
	KMG-90	ガラス質滓（青銅粒付着）	32×20×20	7.9	錆化（△）	○	○			1410-23
	KMG-91	再結合滓（緑青付着）	19×16×10	1.8	錆化（△）	○	○			1410-23
	KMG-92	ガラス質滓（白色、鋳鉄付着）	24×19×15	4.7	錆化（△）	○	○			1410-23
	KMG-40	炉壁（鑄造用溶解炉、微小金属鉄粒付着）	74×59×16	44.3	なし	○	○	○	○	
	KMG-41	製鍊滓（炉内滓）	45×39×24	43.6	なし	○	○		○	
	KMG-42	坩堝（微小金属銅粒付着）	43×26×16	18.7	なし	○	○			
	KMG-43	鉄塊系遺物	31×23×17	18.7	M（◎）	○	○			
	KMG-44-1	鍛造鉄器片	40×31×13	18.5	錆化（△）	○	○			
	KMG-44-2	鍛造鉄器片	20×13×5	1.5	L（●）	○	○			
	KMG-44-3	鍛造鉄器片	18×19×8	3.1	H（○）	○	○			
	KMG-45	砂鉄焼結塊	62×58×32	113.3	なし	○	○		○	1410-28

[illegible]

[illegible]

表 10 供試材の化学組成

(1) 炉壁・羽口

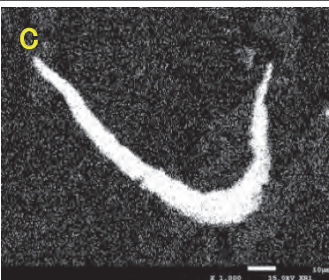
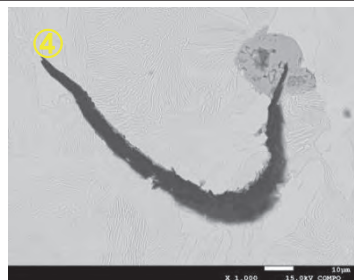
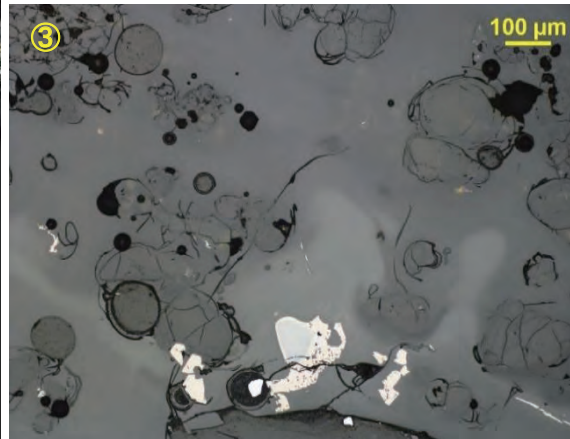
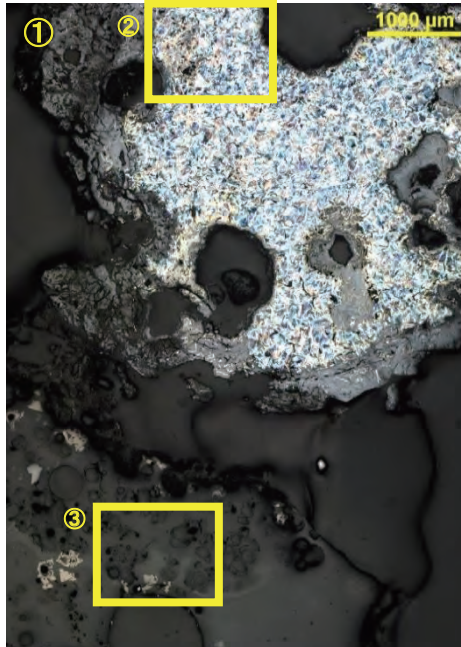
試験料No.	出土遺構	遺物名称	Σ *																耐火度				
			全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe ₂ O ₃)	珪素 (SiO ₂)	二酸化ミウム (Al ₂ O ₃)	酸化アルミウム (GaO)	酸化カルシウム (MgO)	酸化ナトリウム (K ₂ O)	酸化ナトリウム (Na ₂ O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO ₂)	酸化クロム (Cr ₂ O ₃)	硫黄 (S)	五酸化磷 (P ₂ O ₅)	強熱減量 (lgloss)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	二酸化ジルコニウム (ZrO ₂)	差成分	(°C)
KMG-1	9号炉	炉壁	5.69	0.13	2.03	5.694	62.24	18.78	1.39	1.37	1.30	1.53	0.22	0.91	0.03	<0.01	0.05	2.914	0.02	<0.01	<0.01	86.61	<1,120
		炉壁	5.94	0.10	0.90	7.350	63.04	18.87	1.35	1.25	1.33	1.56	0.06	0.73	0.03	0.01	0.04	2.838	0.01	<0.01	<0.01	87.40	<1,120
KMG-7	12号炉	炉壁	5.38	0.07	1.50	5.925	61.65	19.19	1.55	1.36	1.34	1.43	0.08	0.83	0.03	<0.01	0.09	3.397	0.01	<0.01	<0.01	86.52	<1,120
KMG-8		炉壁	5.71	0.09	1.64	6.213	61.12	19.29	1.46	1.34	1.28	1.38	0.08	0.87	0.04	0.01	0.08	4.015	0.01	<0.01	<0.01	85.87	<1,120
KMG-9	2号特殊遺構	炉壁	5.36	0.14	1.76	5.508	64.53	18.84	1.61	1.36	1.37	1.51	0.07	0.77	0.05	0.01	0.10	1.293	0.01	0.01	<0.01	89.22	1,160
KMG-25	1号壁穴	炉壁(鑄造鉄)	4.35	0.14	2.38	3.374	66.59	18.40	1.70	1.16	1.60	1.80	0.04	0.51	0.04	0.01	0.05	1.513	<0.01	<0.01	<0.01	91.25	<1,120
KMG-26		炉壁(鑄造鉄:青銅粒付着)	3.81	0.06	2.13	2.995	65.81	18.38	1.70	1.23	1.57	1.89	0.04	0.55	0.03	0.01	0.11	2.897	<0.01	0.06	<0.01	90.58	1,140
KMG-27		炉壁(鑄造鉄:青銅粒付着)	3.75	0.10	2.13	2.852	63.47	17.04	1.85	1.27	1.49	1.88	0.04	0.50	0.03	<0.01	0.12	4.450	<0.01	1.29	<0.01	87.00	<1,120
KMG-28		炉壁(鑄造鉄)	5.93	0.11	1.88	6.232	64.90	16.80	2.36	1.39	1.64	1.97	0.06	0.55	0.03	0.01	0.16	1.683	0.01	0.01	<0.01	89.06	<1,120
KMG-85		炉壁(鑄造鉄)	3.56	0.07	1.56	3.256	64.26	17.14	1.62	1.19	1.62	2.09	0.04	0.50	0.05	<0.01	0.10	1.082	<0.01	<0.01	<0.01	87.92	1,180
KMG-88	1号炉	炉壁(鑄造鉄)	4.92	0.07	2.07	4.634	62.05	17.13	1.34	1.55	1.20	1.67	0.05	0.60	0.04	<0.01	0.04	2.270	<0.01	<0.01	<0.01	84.94	<1,120
KMG-40	3号炉	炉壁	5.06	0.12	1.45	5.452	64.86	17.79	2.03	1.55	1.61	1.53	0.07	0.76	0.05	0.01	0.13	2.057	0.01	0.03	<0.01	89.37	<1,120
KMG-48	6号炉	炉壁	4.88	0.05	0.93	5.872	60.32	19.26	1.28	1.10	1.37	1.46	0.06	0.64	0.03	0.01	0.06	3.830	<0.01	<0.01	<0.01	84.79	<1,120
KMG-51	下段Pt10	炉壁	5.58	0.26	2.06	5.317	60.06	18.14	2.78	1.67	1.38	1.67	0.08	0.74	0.08	<0.01	0.12	1.565	0.01	<0.01	<0.01	85.70	—
KMG-52	15号炉	羽口(鍛冶)	6.23	0.06	1.73	6.899	61.10	18.82	1.35	1.24	1.40	1.64	0.05	0.94	0.04	0.01	0.05	1.906	0.02	<0.01	<0.01	85.55	<1,120
KMG-94		炉壁(含鉄)	9.24	0.33	1.36	11.23	53.00	22.32	1.04	1.61	1.03	1.17	0.11	1.42	0.05	0.01	0.06	0.632	0.04	<0.01	<0.01	80.17	<1,120
KMG-57	16号炉	炉壁	6.80	0.05	1.21	8.306	59.45	18.72	1.09	1.05	1.23	1.44	0.05	0.63	0.04	0.01	0.04	3.629	<0.01	<0.01	<0.01	82.98	<1,120
KMG-58		炉壁	5.52	0.04	2.85	4.668	60.54	19.16	1.28	1.23	1.69	1.68	0.07	1.02	0.03	0.01	0.06	2.670	0.02	<0.01	<0.01	85.58	<1,120
KMG-62	17号炉	羽口(大口径?)	5.10	0.03	0.85	6.304	56.87	18.67	1.13	0.92	1.12	1.42	0.04	0.78	0.01	0.02	0.04	5.468	0.01	<0.01	<0.01	80.13	1,120
KMG-63	19号炉	炉壁	5.29	0.06	1.54	5.766	62.19	19.37	1.39	1.21	1.34	1.51	0.07	0.85	0.03	0.01	0.07	2.151	0.02	<0.01	<0.01	87.01	1,120
KMG-79	1区下部 鋳滓層	鑄型	3.67	0.05	1.20	3.842	59.38	17.49	1.20	0.90	1.34	1.57	0.02	0.51	0.02	0.01	0.03	4.203	<0.01	<0.01	<0.01	81.88	1,160

(2) 砂鉄・鉄滓

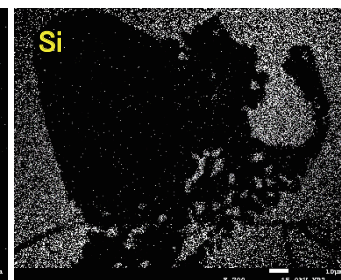
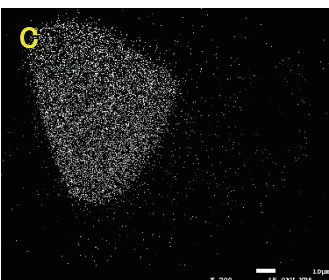
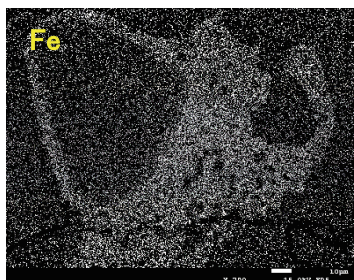
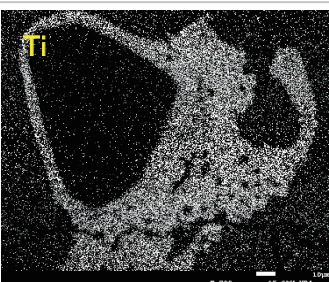
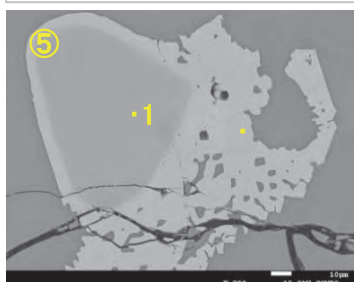
試料No.	出土遺構	遺物名称	成分																			遺澤成分
			全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化 第1鉄 (FeO)	酸化 第2鉄 (Fe ₂ O ₃)	二酸化 珪素 (SiO ₂)	酸化アル ミナ (Al ₂ O ₃)	酸化カル シウム (CaO)	酸化マ グネシ ウム (MgO)	酸化ナ トリウ ム (Na ₂ O)	酸化マン ガン (MnO)	二酸化チ タン (TiO ₂)	酸化クロ ム (Cr ₂ O ₃)	硫黄 (S)	五酸化磷 (P ₂ O ₅)	炭素 (C)	バナジウ ム (V)	銅 (Cu)	二酸化 ジルコニ ウム (ZrO ₂)		
KMG-3	8号炉	製鉄滓	40.40	0.13	43.52	9.211	17.70	7.29	2.72	4.35	0.69	0.33	0.55	12.07	0.09	0.03	0.20	0.10	0.38	<0.01	33.08	
KMG-4	12号炉	砂鉄焼結塊	53.64	0.09	31.01	42.10	6.27	3.32	0.99	4.23	0.19	0.08	0.46	10.10	0.09	0.01	0.05	0.10	0.37	<0.01	15.08	
KMG-5		製鉄滓	37.01	0.20	43.44	4.352	22.30	6.64	4.47	5.73	0.88	0.41	0.63	10.24	0.07	0.04	0.29	<0.1	0.26	<0.01	40.43	
KMG-6		製鉄滓	26.26	0.17	27.97	6.218	33.79	9.60	5.59	5.02	5.00	1.23	0.68	0.52	7.20	0.04	0.01	0.30	0.32	0.13	<0.01	55.91
KMG-14	2号壁穴	含鉄鉄滓	42.08	0.22	39.62	15.82	16.51	5.92	3.14	4.00	0.74	0.38	0.64	10.59	0.04	0.07	0.36	0.10	0.21	<0.01	30.69	
KMG-18	1号壁穴	砂鉄	54.08	0.06	29.11	44.89	3.25	2.58	0.33	2.26	0.04	0.06	0.55	16.43	0.08	0.02	0.11	0.10	0.33	<0.01	8.52	
KMG-21		鍛冶滓	52.59	0.06	35.05	36.15	13.93	4.27	1.02	0.67	0.26	0.26	0.07	0.94	0.03	0.03	0.10	0.50	0.04	0.03	<0.01	20.41
KMG-22		砂鉄焼結塊	49.99	0.07	2.85	68.21	7.48	3.43	0.94	4.14	4.14	0.19	0.11	0.53	10.94	0.11	0.01	0.08	0.17	0.27	<0.01	16.29
KMG-24	1号壁穴	製鉄滓	5.47	0.13	0.65	6.913	64.64	18.91	1.49	1.30	1.87	1.74	0.09	1.39	0.05	<0.01	0.05	0.10	0.02	<0.01	89.95	
KMG-86		梯形鍛冶滓	52.30	0.38	38.44	31.51	12.81	3.49	2.67	0.88	0.49	0.25	0.06	1.07	0.03	0.03	0.37	0.34	0.03	<0.01	20.59	
KMG-87		砂鉄	55.59	0.11	30.68	45.23	2.98	2.49	0.29	2.37	0.05	0.06	0.53	15.03	0.11	0.01	0.09	<0.10	0.34	<0.01	0.02	8.24
KMG-41	3号炉	製鉄滓	8.77	0.14	5.68	6.027	26.57	10.24	9.95	8.75	1.33	0.43	1.21	26.47	0.10	0.03	0.09	0.49	0.40	<0.01	0.02	57.27
KMG-45	砂鉄焼結塊	製鉄滓	36.75	0.25	16.89	33.42	21.37	7.11	0.82	2.05	0.47	0.55	0.34	8.41	0.06	0.01	0.12	0.44	0.23	<0.01	<0.01	32.37
KMG-46		製鉄滓	34.73	0.08	16.17	31.57	16.74	5.62	2.98	4.92	0.41	0.27	0.52	11.73	0.11	0.06	0.13	0.26	0.45	<0.01	<0.01	30.94
KMG-49		製鉄滓	37.02	0.18	44.87	2.806	23.90	6.92	3.87	5.51	0.81	0.41	0.55	8.97	0.07	0.04	0.28	<0.1	0.22	<0.01	<0.01	41.42
KMG-50	砂鉄焼結塊	製鉄滓	35.25	0.25	40.99	4.487	24.91	6.55	4.88	5.69	0.90	0.43	0.57	8.02	0.07	0.04	0.35	<0.1	0.13	<0.01	<0.01	43.36
KMG-53		砂鉄焼結塊	47.50	0.25	18.47	47.03	6.06	3.06	0.57	2.44	0.13	0.08	0.52	13.93	0.09	0.04	0.11	0.22	0.27	<0.01	0.04	12.34
KMG-54		製鉄滓	8.39	0.26	7.52	3.267	24.98	8.79	19.02	6.81	0.77	0.54	0.88	23.36	0.14	0.03	0.38	0.12	0.42	<0.01	0.07	60.91
KMG-59	16号炉	製鉄滓	41.74	0.23	39.34	15.63	11.57	5.28	1.72	2.64	0.38	0.25	0.61	18.31	0.08	0.03	0.21	0.14	0.33	<0.01	0.04	21.84
KMG-60	砂鉄焼結塊	製鉄滓	36.38	0.21	41.08	6.060	19.72	6.13	3.31	4.14	0.65	0.31	0.64	14.88	0.10	0.03	0.23	0.13	0.27	<0.01	0.05	34.26
KMG-61		製鉄滓	37.05	0.20	41.37	6.710	16.35	5.90	3.80	3.08	0.83	0.37	0.71	18.81	0.08	0.06	0.31	<0.1	0.26	<0.01	0.06	30.33
KMG-72		製鉄滓(含鉄)	49.21	0.26	29.14	37.60	4.61	3.10	0.71	1.97	0.10	0.05	0.54	14.35	0.04	0.04	0.25	0.20	0.21	<0.01	0.01	10.54
KMG-73	砂鉄焼結塊	製鉄滓	46.48	0.10	47.58	13.43	7.82	4.24	1.48	2.75	0.27	0.14	0.62	18.32	0.11	0.05	0.19	<0.1	0.41	<0.01	0.02	16.73
KMG-74		砂鉄焼結塊	50.45	0.14	40.59	26.82	10.44	3.07	1.39	5.28	0.10	0.05	0.52	10.20	0.08	0.02	0.16	<0.10	0.27	<0.01	0.01	20.33
KMG-77		製鉄滓	35.63	0.09	39.83	6.549	24.35	6.78	3.76	6.01	0.70	0.47	0.55	9.62	0.07	0.02	0.23	<0.10	0.21	<0.01	<0.01	42.07
KMG-78	砂鉄焼結塊	製鉄滓	40.79	0.44	44.28	8.480	21.87	5.71	3.77	5.41	0.72	0.36	0.59	7.62	0.06	0.04	0.26	<0.10	0.11	<0.01	<0.01	37.84
KMG-80		梯形鍛冶滓	43.38	0.26	44.04	12.71	22.16	7.59	4.11	2.15	0.95	0.52	0.17	3.24	0.07	0.03	0.23	0.12	0.17	<0.01	<0.01	37.48
KMG-81		製鉄滓	34.68	0.18	32.76	12.92	23.54	6.39	3.58	3.67	6.07	0.54	0.35	0.57	9.38	0.09	0.03	0.21	0.18	0.28	<0.01	<0.01
KMG-96	19号炉	砂鉄焼結塊	47.20	0.27	13.82	51.74	7.59	2.95	0.81	3.11	0.15	0.10	0.51	13.79	0.09	0.07	0.19	0.18	0.29	<0.01	0.01	14.71
KMG-97		製鉄滓(カラス質滓)	7.58	0.10	1.36	9.183	61.29	19.16	1.62	1.58	1.40	1.54	0.09	1.48	0.06	<0.01	0.08	<0.10	0.03	<0.01	<0.01	86.59
KMG-98		製鉄滓(含鉄)	30.86	0.05	4.59	38.95	25.42	7.98	3.41	1.37	0.66	0.53	0.18	4.61	0.05	0.06	0.13	0.73	0.08	<0.01	<0.01	39.37
KMG-99	ATンチ	製鉄滓	14.15	0.37	6.28	12.72	16.01	6.21	10.99	9.23	0.70	0.16	1.24	32.49	0.14	0.03	0.13	0.34	0.67	<0.01	0.09	43.30
KMG-100		製鉄滓(含鉄)	29.37	0.66	5.10	35.38	30.22	11.21	1.70	1.76	0.93	0.61	0.19	7.32	0.07	0.04	0.23	<0.10	0.18	<0.01	0.01	46.43
KMG-101		砂鉄	17.40	0.09	6.42	17.61	43.91	9.15	7.02	10.41	0.31	1.45	0.37	2.49	0.07	0.01	0.14	<0.10	0.08	<0.01	<0.01	72.25
KMG-102	瀬上池上右谷戸 稲村ヶ崎	砂鉄	52.12	0.13	27.60	43.66	8.65	2.84	1.18	5.42	<0.01	0.05	0.52	10.70	0.17	0.01	0.15	<0.10	0.31	<0.01	<0.01	18.14
KMG-103		行合橋	砂鉄	49.20	0.07	25.62	41.77	12.76	2.59	1.72	6.71	0.02	0.04	0.55	8.74	0.10	0.01	0.14	<0.10	0.28	<0.01	<0.01

KMG-1 炉壁(製鉄炉)

①上側溶着金属、下側:内面
表層ガラス質滓、②溶着金属
拡大、ねずみ鑄鉄、③滓部
拡大、ウルホスピネル



金属鉄部の反射電子像(COMP)および特性X線像



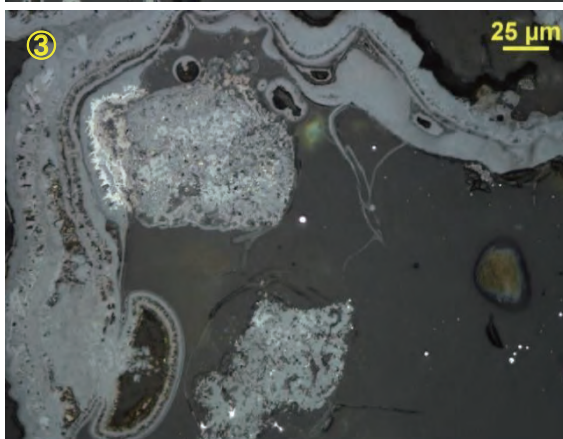
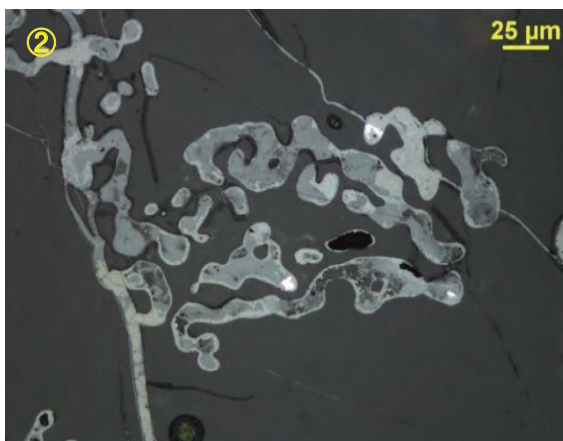
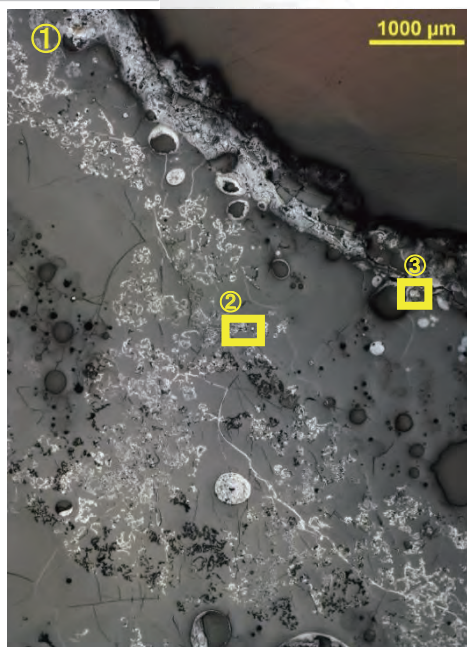
滓部の反射電子像(COMP)および特性X線像

定量分析値

Element	1	2
MgO	11.239	3.674
SiO ₂	0.072	0.137
SrO	0.167	0.009
Na ₂ O	-	0.001
Al ₂ O ₃	19.261	6.834
TiO ₂	0.443	30.481
S	0.010	-
P ₂ O ₅	0.007	0.009
K ₂ O	0.003	-
CuO	-	0.006
FeO	21.549	53.726
MnO	0.299	0.377
Cr ₂ O ₃	45.005	0.905
V ₂ O ₅	0.137	3.268
Total	98.192	99.427

KMG-2 炉壁(製鉄炉)

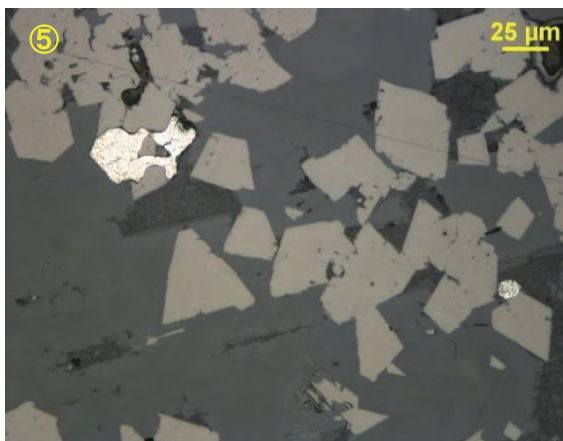
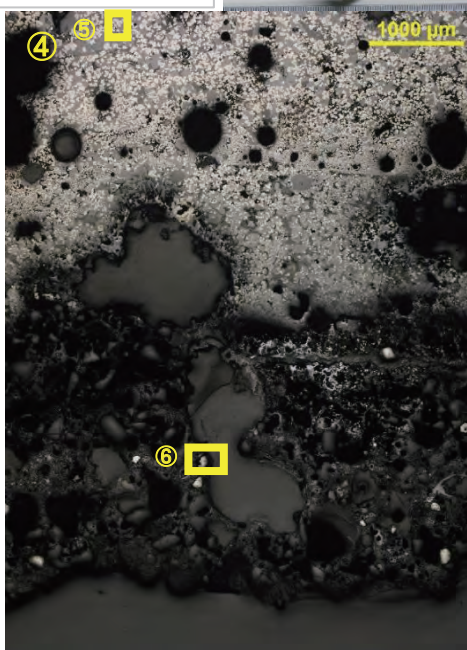
- ①内面表層ガラス質滓
②不定形青灰色部: 錆化鉄、微小明白色部: 金属鉄、③被熱砂鉄、粒内微小明白色部: 金属鉄

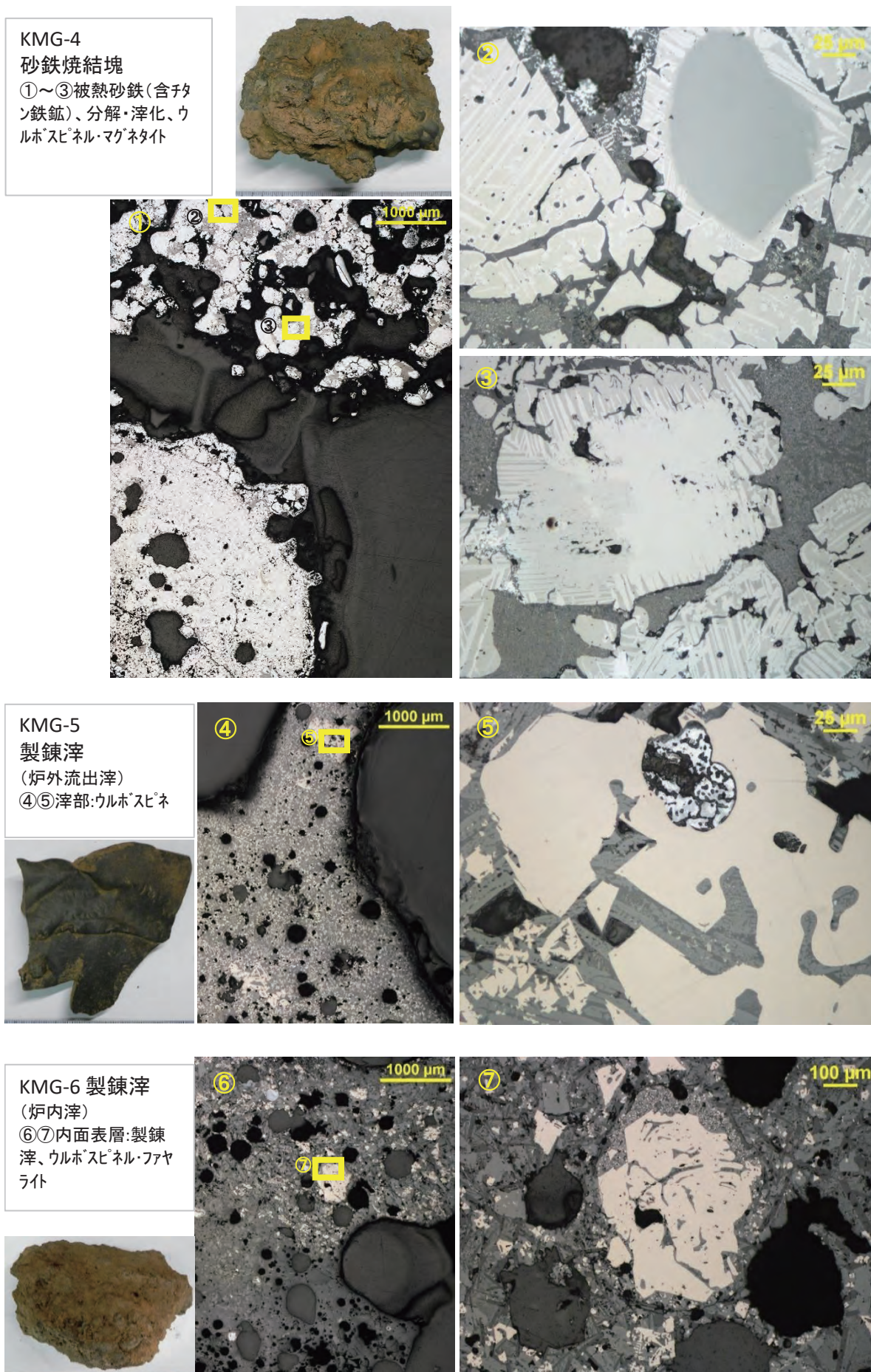


KMG-3

製錬滓(炉外流出滓)

- ④上側: 製錬滓、下側: 付着土、
⑤滓部拡大、ウルホスピネル・ファヤライト、微小明白色部: 金属鉄、
フェライト、
⑥炉床土中の被熱砂鉄(含チタ)



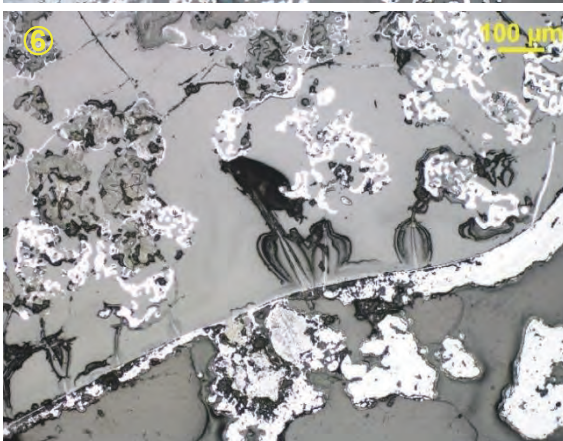
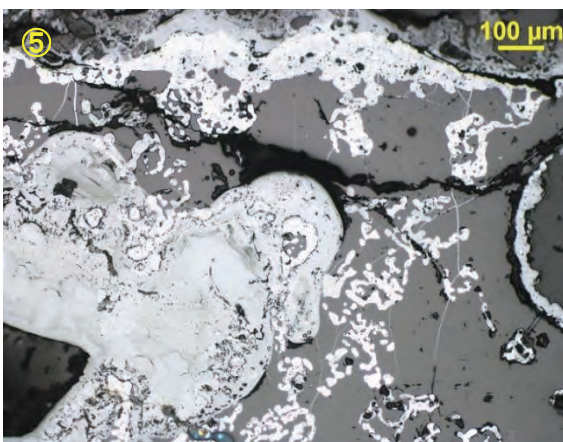
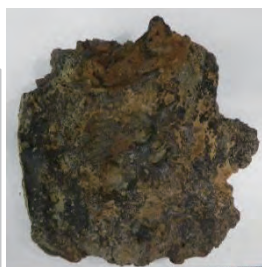


金属分析図版3 製錬滓・砂鉄焼結塊の顕微鏡写真

KMG-7 炉壁
①～③内面表層ガラス
質滓、マグネイト

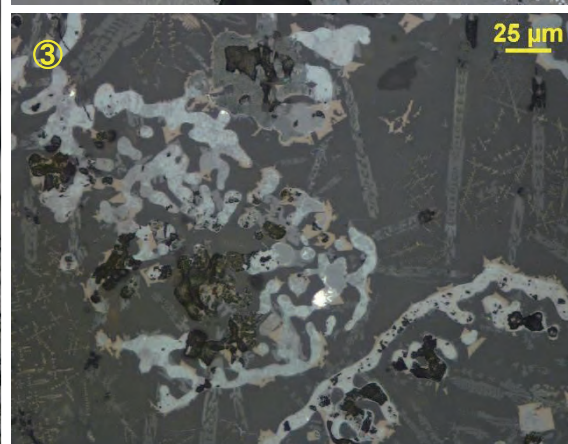
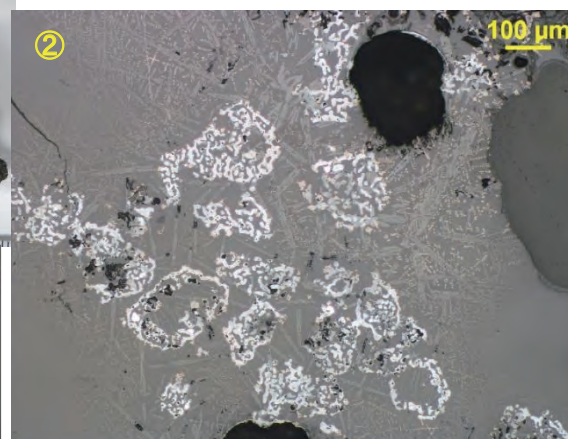
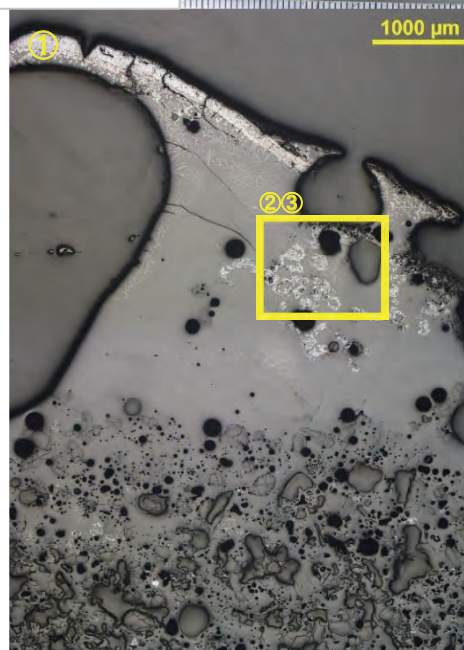
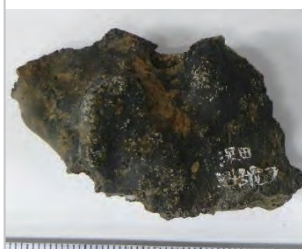


KMG-8 炉壁(製鉄炉)
④～⑥内面表層ガラス質滓、
砂鉄粒子還元・滓化、不定形
明灰色部: 錆化鉄

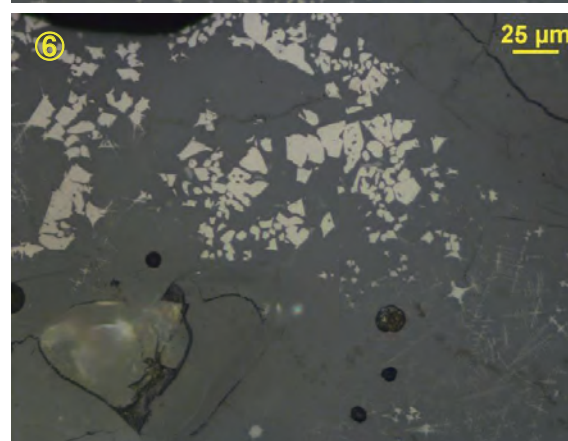
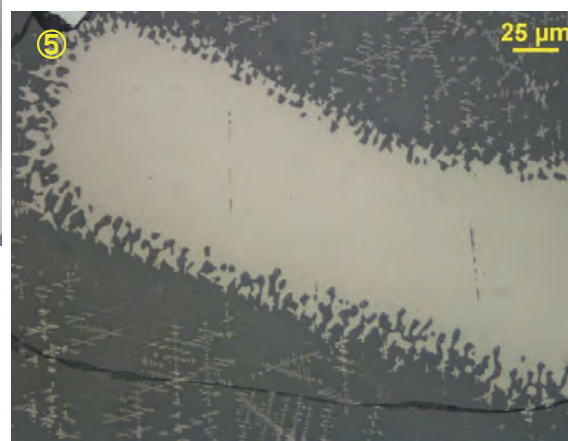
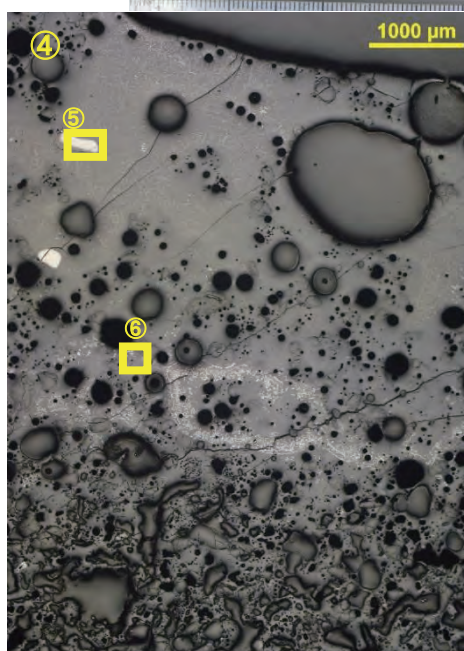


金属分析図版4 炉壁の顕微鏡写真

KMG-104炉壁(製鉄炉)
①～③内面表層ガラス質滓、
砂鉄粒子還元・滓化、不定
形明灰色部: 錆化鉄、微小
明白色粒: 金属鉄、滓部ウル
ボスビネル・ファヤライト

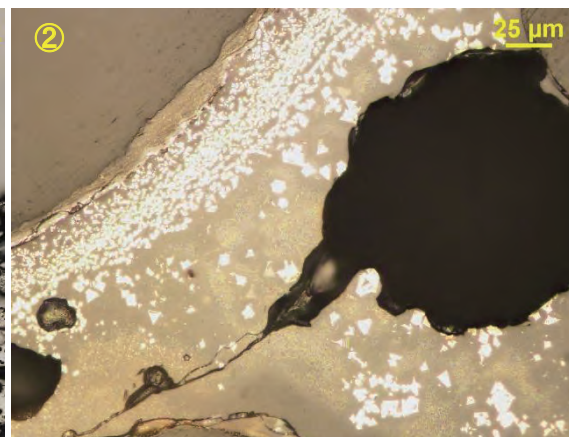


KMG-105 炉壁
④内面表層ガラス質滓、
⑤被熱砂鉄粒子拡大、
⑥マグネタイト

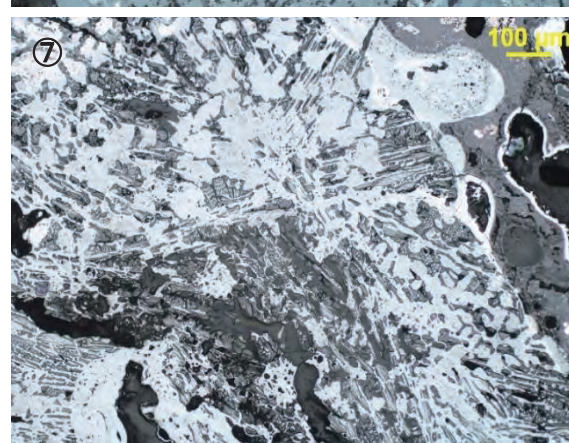
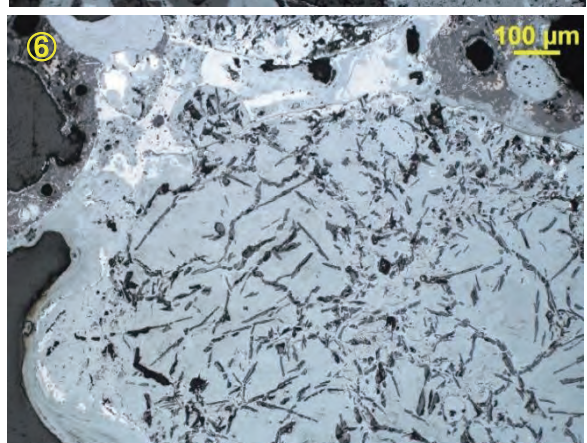
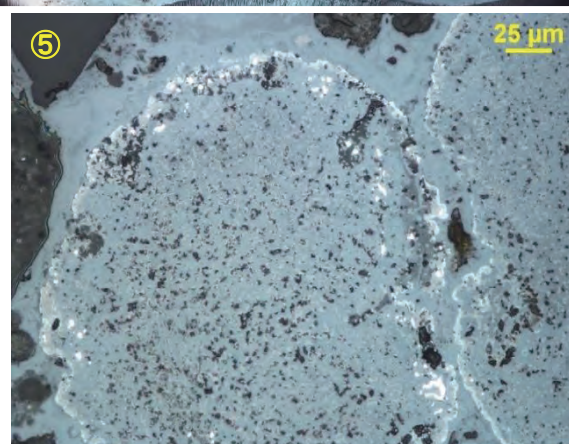
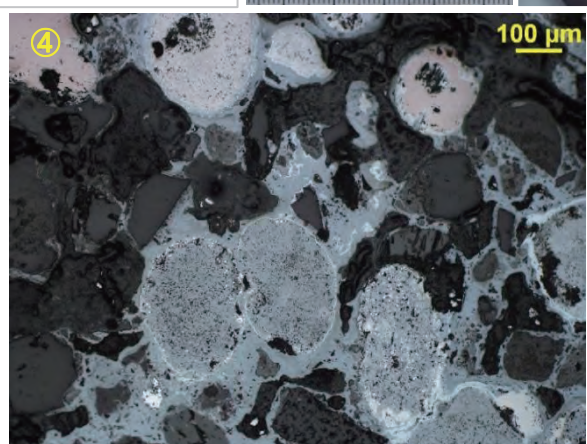
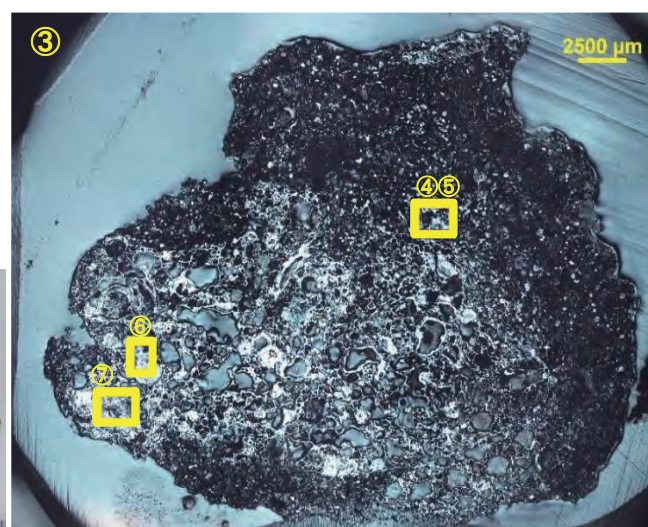


金属分析図版5 炉壁の顕微鏡写真

KMG-9 炉壁
①②内面表層ガラス質
滓、マグネタイト

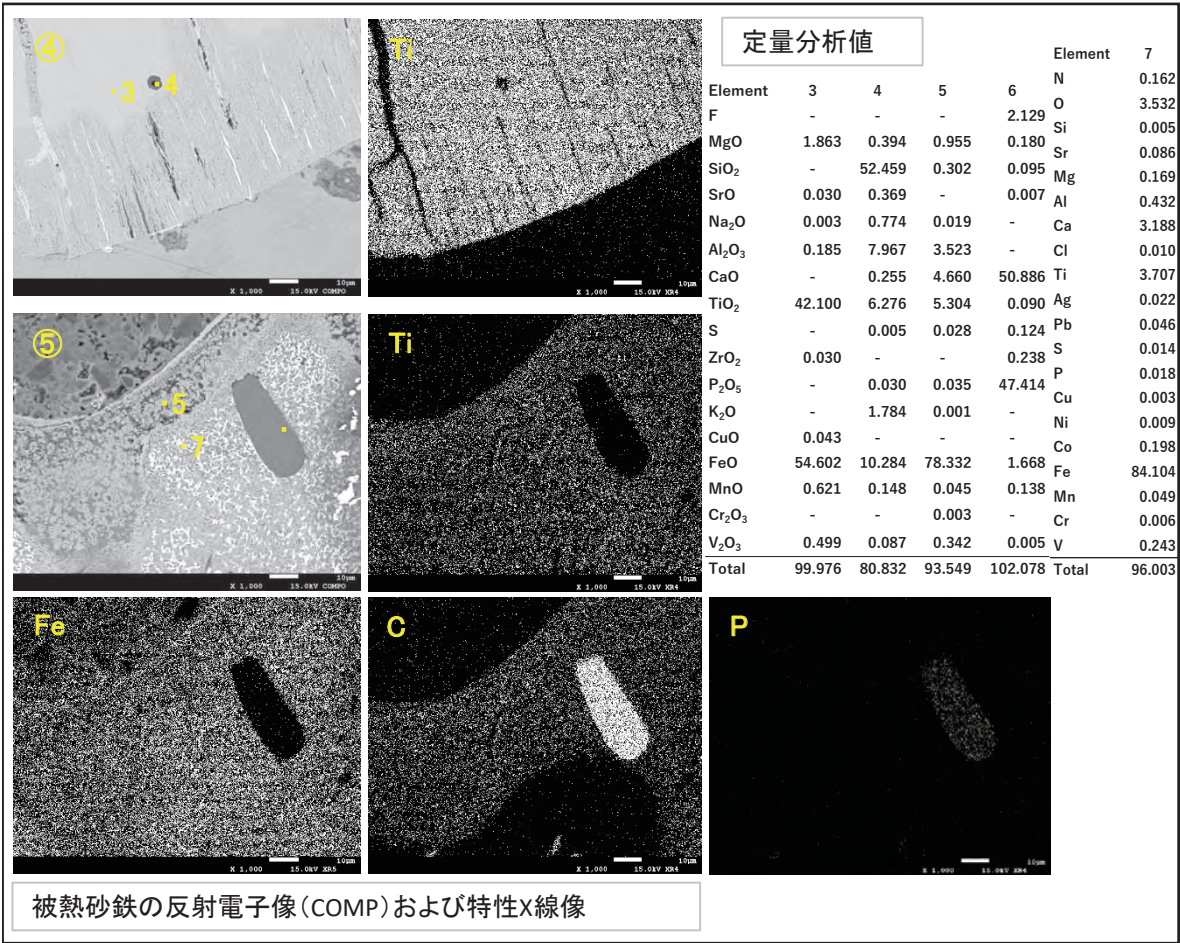
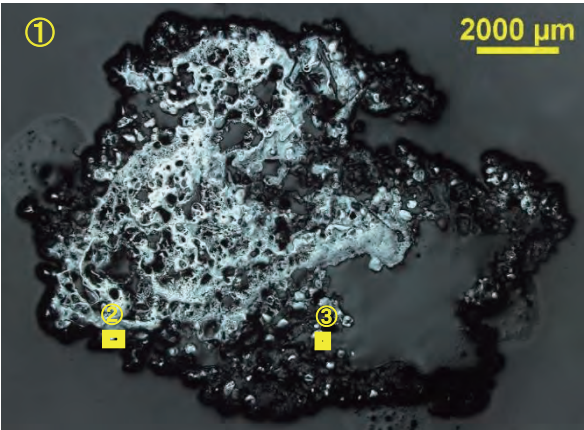


**KMG-10
砂鉄焼結塊**
③マクロ組織
④⑤青灰色粒:被熱
砂鉄(含チタン鉄鉱)、
微小白色部:金属
鉄
⑥⑦錆化鉄粒、⑥過
共析組織痕跡、⑦亜
共晶組成白鑄鉄組織



金属分析図版6 炉壁・砂鉄焼結塊の顕微鏡写真

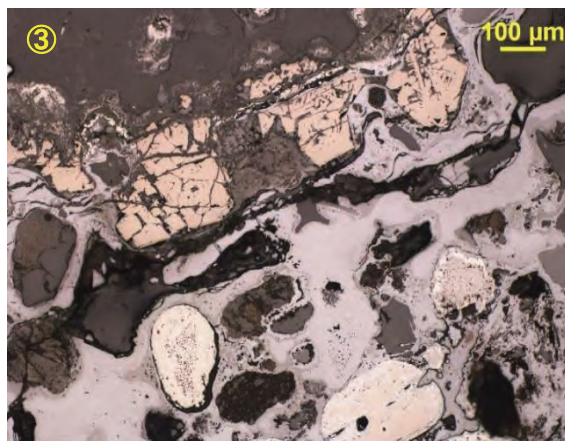
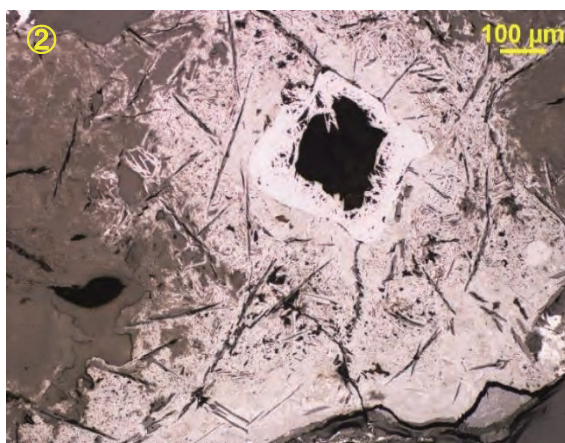
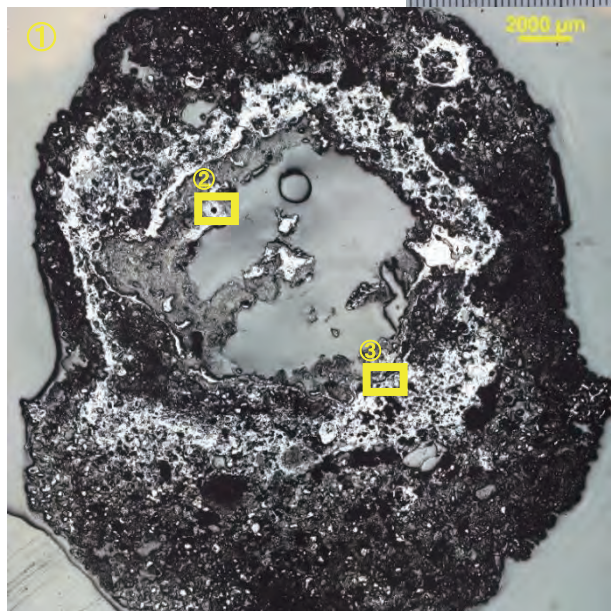
KMG-11
砂鉄焼結塊
①マクロ組織、不定形青灰色部: 錆化鉄
②③被熱砂鉄(含チタン鉄
鉱)拡大、粒内微小明白色



金属分析図版7 砂鉄焼結塊の顕微鏡写真・EPMA調査

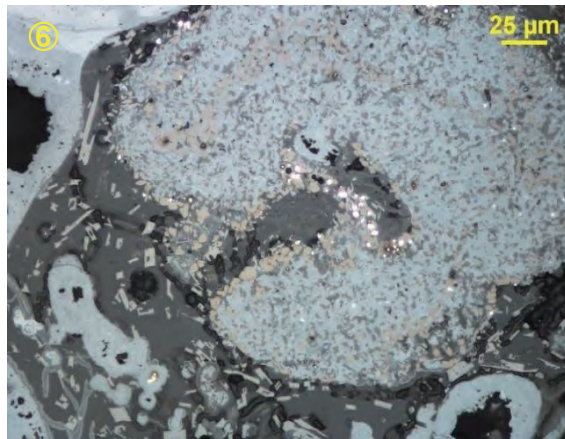
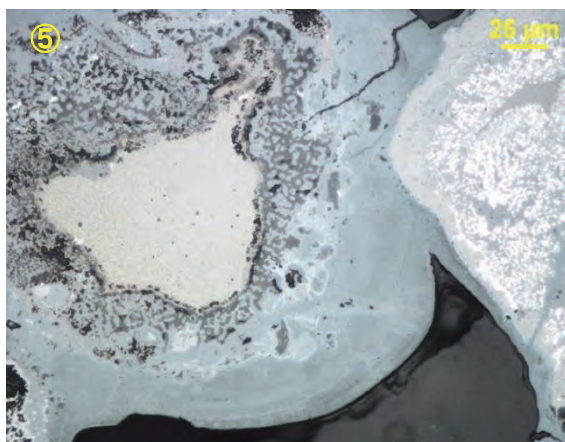
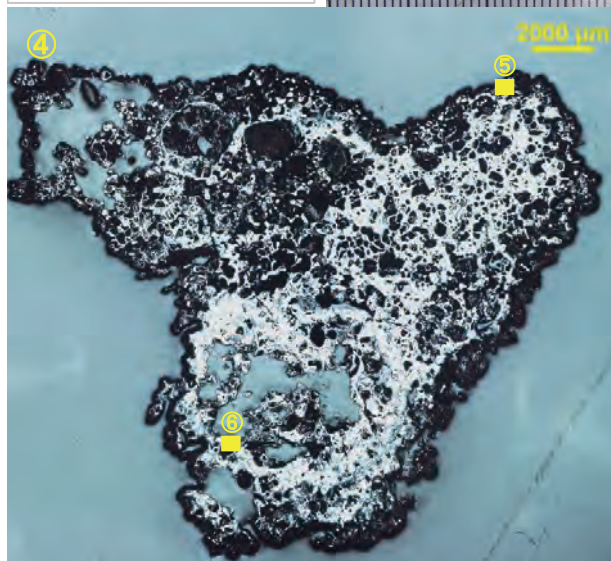
KMG-12 鉄塊系遺物

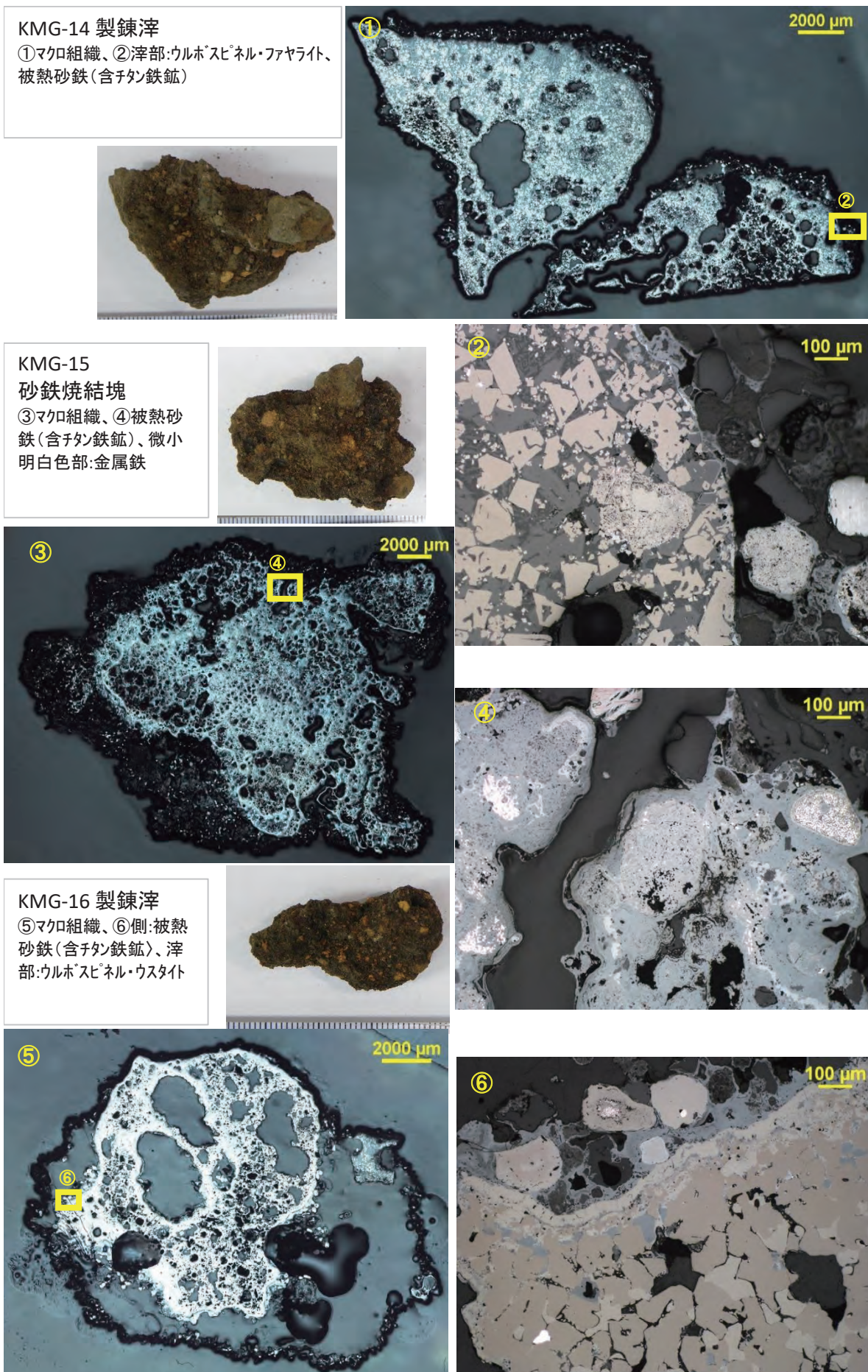
- ①マクロ組織
- ②錆化鉄、過共析組織痕跡、
- ③上側:製鍊滓、ウルボスピネル・ファヤライト、下側:錆化鉄、被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



KMG-13 砂鉄焼結塊

- ④マクロ組織
- ⑤⑥被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、微小明白色部:金属鉄、



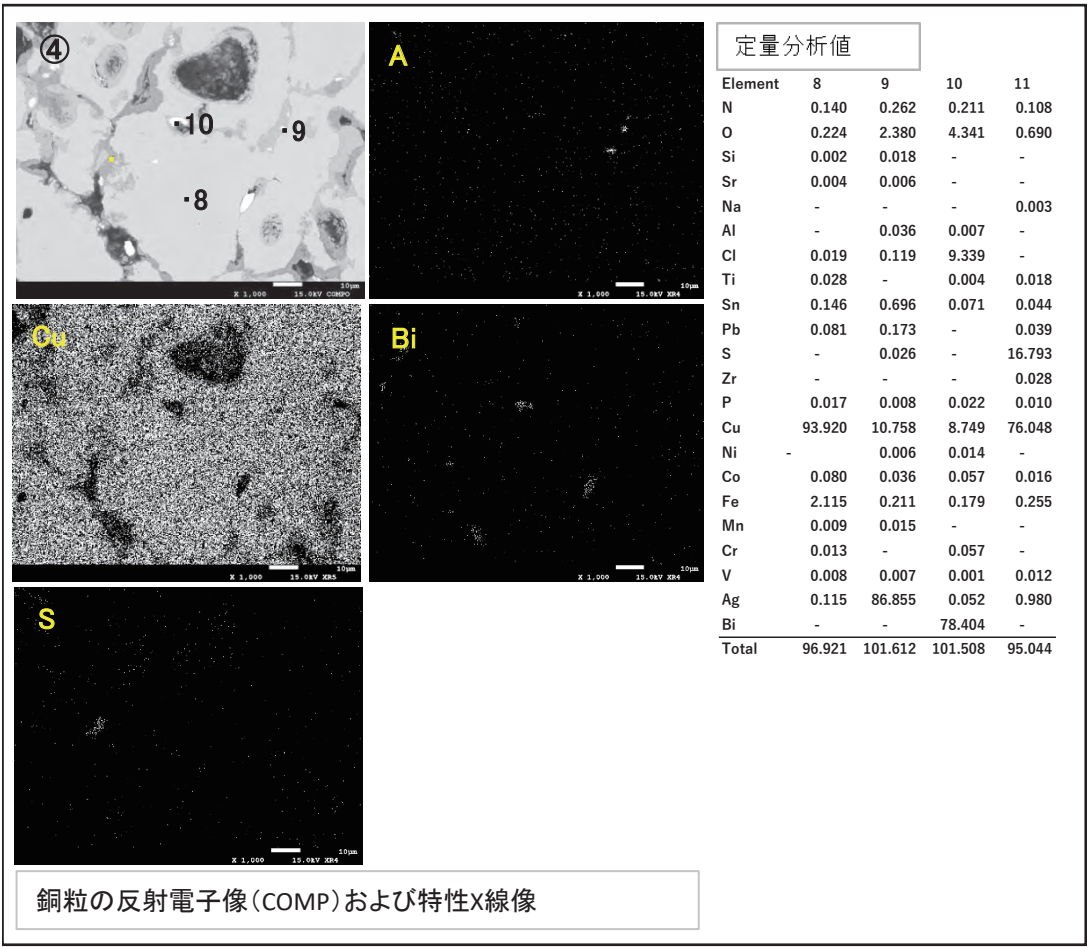
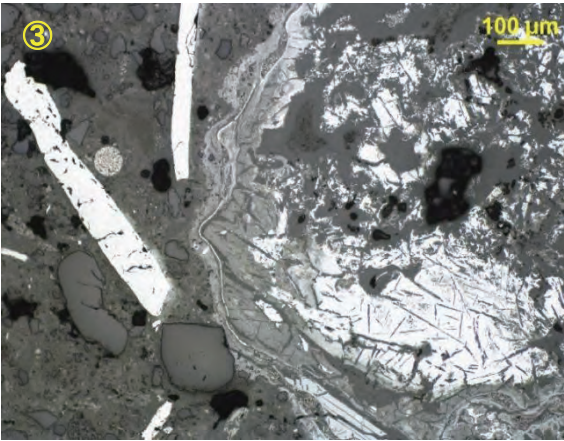
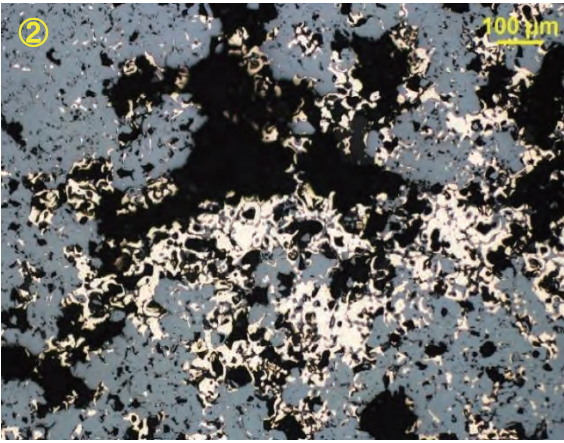
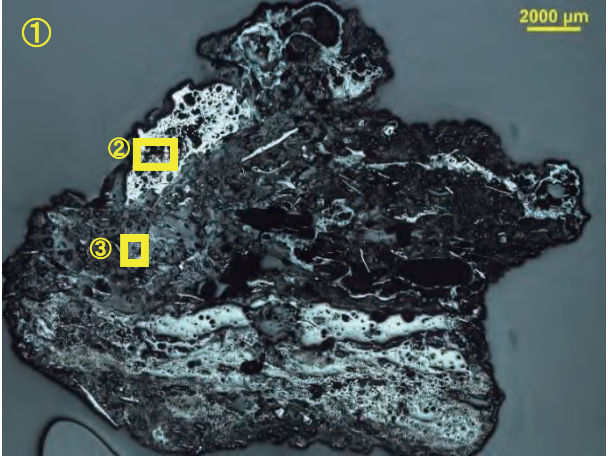
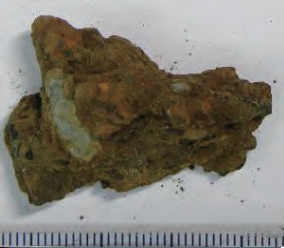


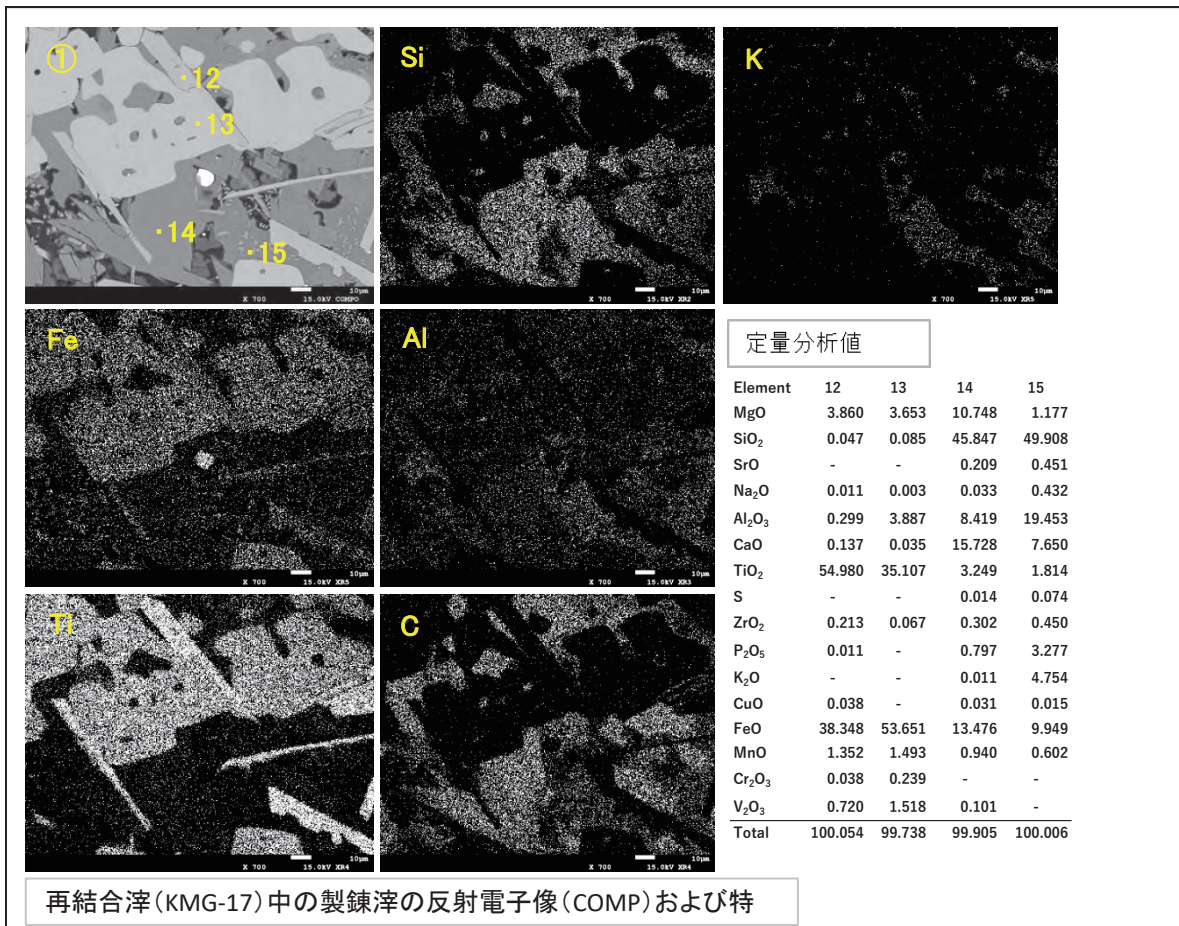
金属分析図版9 製錬滓・砂鉄焼結塊の顕微鏡写真

KMG-17 再結合滓

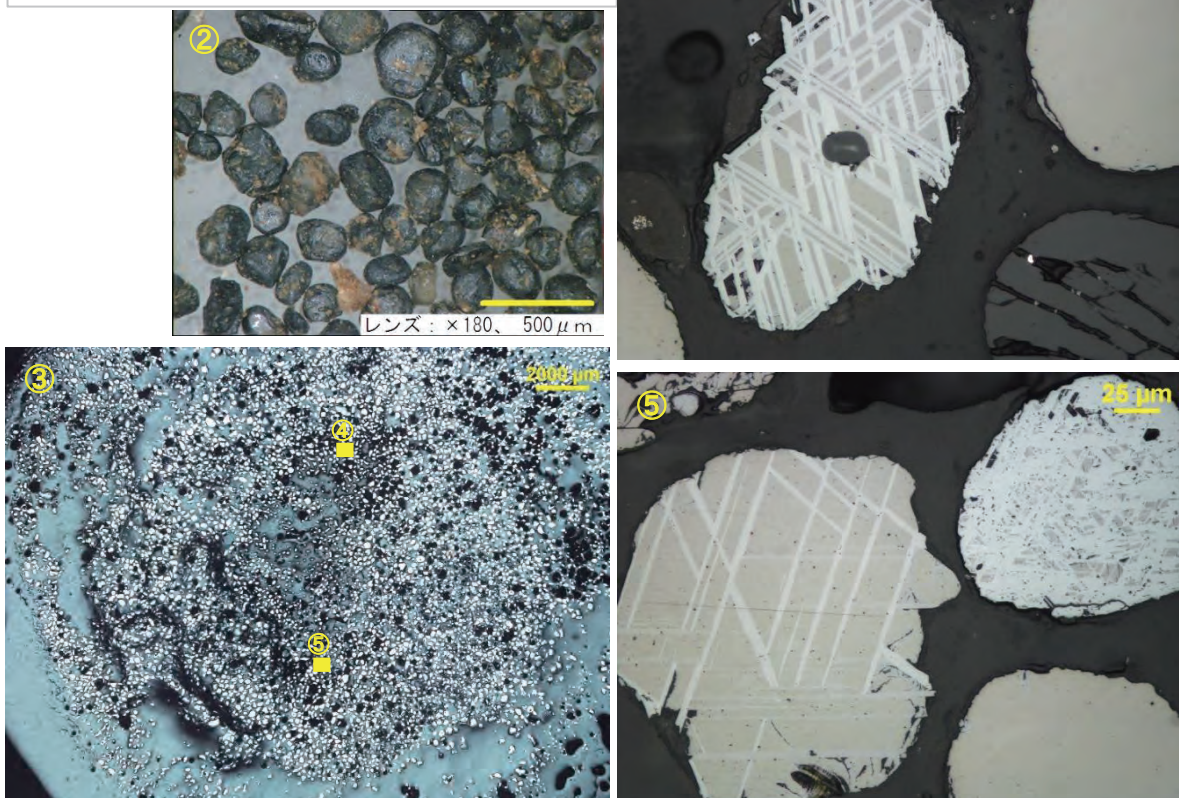
(鍛造剥片付着)

①マクロ組織、鉄滓破片、粒状滓、鍛造剥片、錆化鉄、銅粒、②銅粒拡大、淡橙色部金属銅残存、③左側:粒状滓、鍛造剥片、右側:錆化鉄(過共析組織痕跡)





KMG-18 砂鉄 ②実体顕微鏡写真(黒色六角板状鉱物:チタン鉄鉱、斜長石、角閃石、輝石類混在)、③マクロ組織、④⑤灰褐色粒:砂鉄(含チタン鉄鉱、格子状離溶組織)



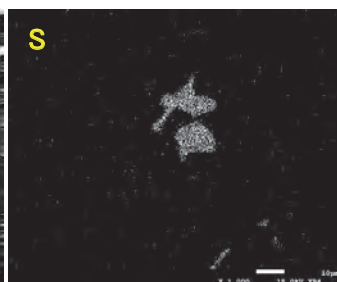
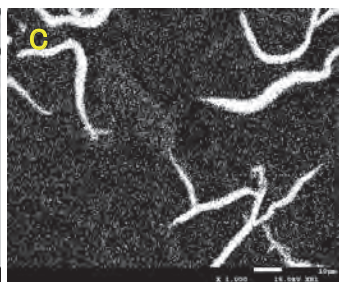
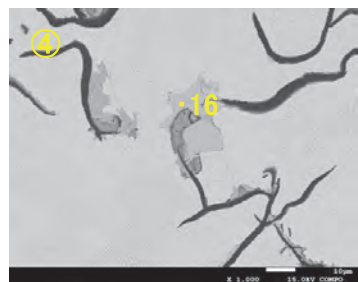
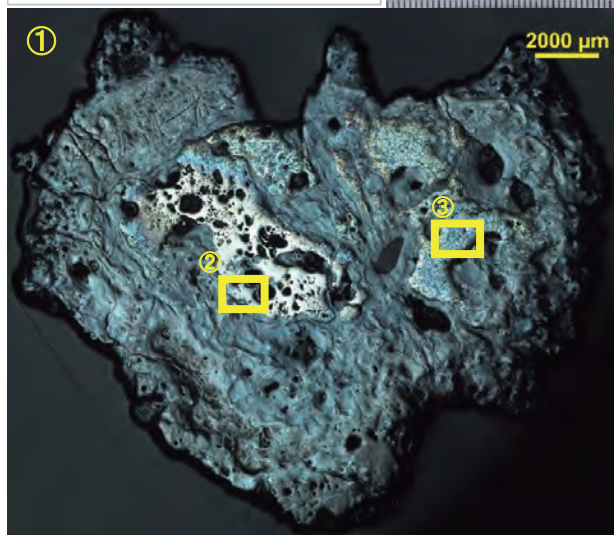
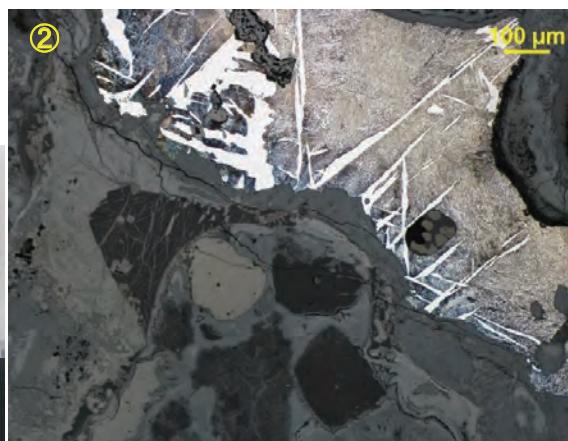
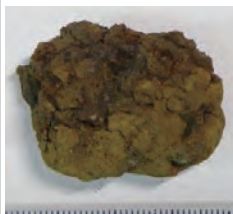
金属分析図版11 再結合滓(砂鉄製錬滓)のEPMA調査・砂鉄の顕微鏡写真

KMG-19

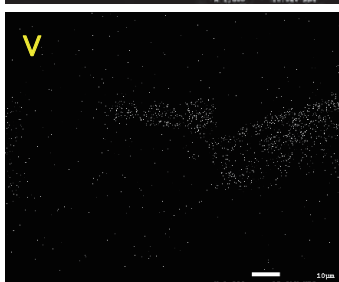
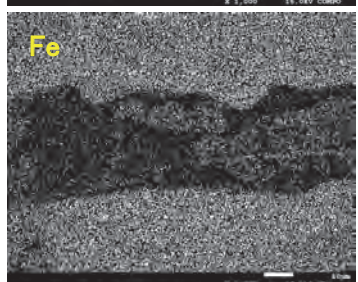
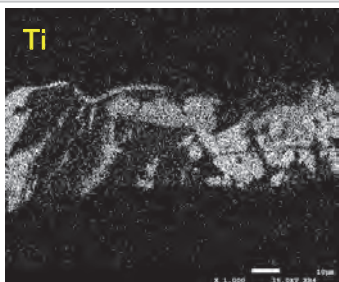
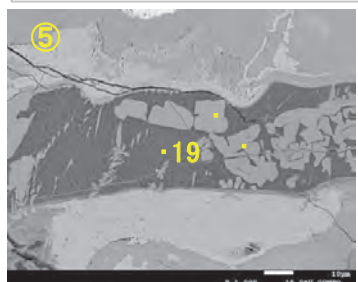
鉄塊系遺物

①マクロ組織

②上側金属鉄部:亜共析組織、下側滓部:ウルボスピネル・イルメナイト、③金属鉄部:過共析組織～ねずみ鑄鉄組織



金属鉄部の反射電子像 (COMP) および特性X線像



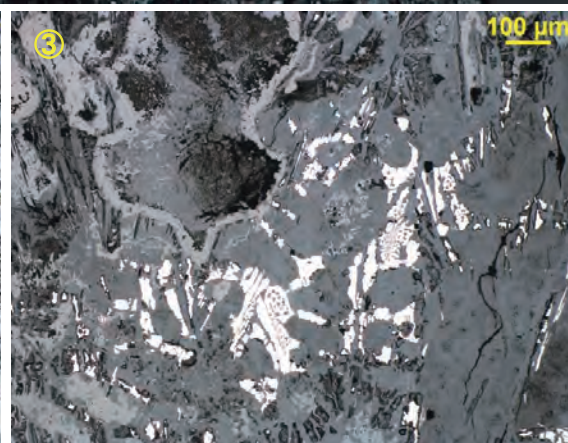
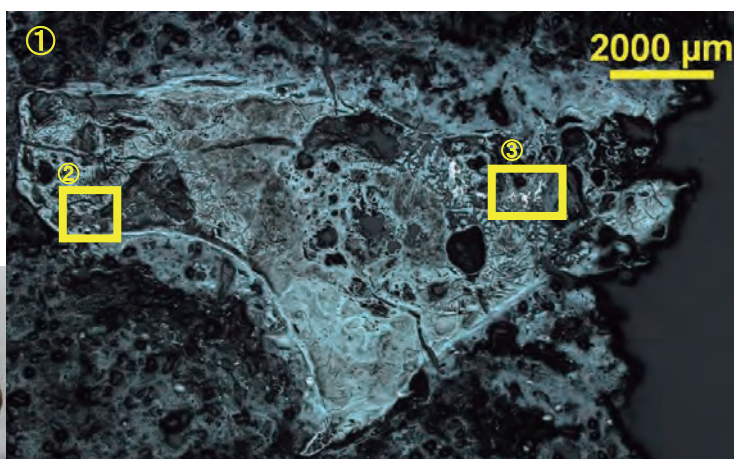
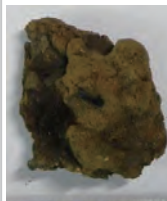
滓部の反射電子像 (COMP) および特性X線像

定量分析値

		Element	17	18	19
		MgO	7.334	7.300	11.939
Element	16	SiO ₂	0.060	0.197	48.097
N	0.140	SrO	-	0.009	0.338
O	0.370	Na ₂ O	-	-	0.108
Cl	0.013	Al ₂ O ₃	6.298	0.424	14.175
Ti	0.355	CaO	0.065	0.225	7.389
Pb	0.066	TiO ₂	31.144	53.718	3.999
S	37.039	S	-	-	0.039
Zr	0.042	ZrO ₂	-	0.011	0.139
P	0.017	P ₂ O ₅	0.005	-	0.171
Cu	0.073	K ₂ O	0.010	0.044	0.760
Ni	0.023	CuO	-	-	0.008
Co	0.094	FeO	41.401	32.416	11.393
Fe	52.088	MnO	1.182	1.146	0.832
Mn	0.445	Cr ₂ O ₃	0.969	0.287	-
Cr	0.919	V ₂ O ₃	11.325	4.601	0.178
V	8.352				
Total	100.036	Total	99.793	100.378	99.565

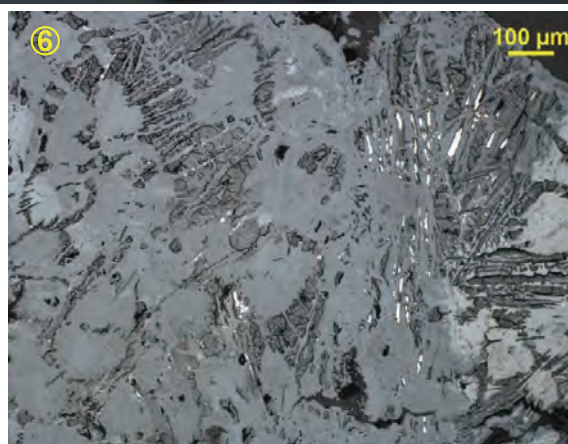
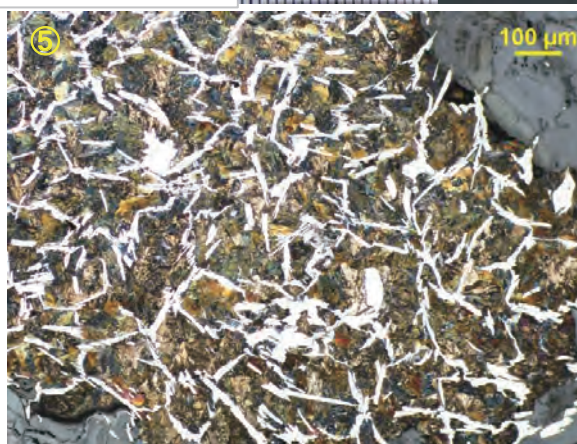
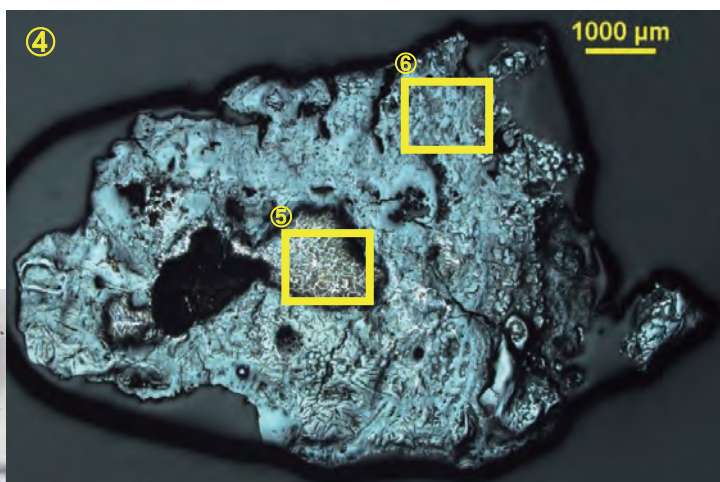
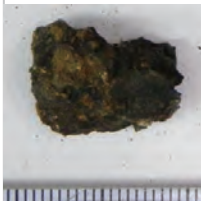
KMG-20-1
鉄塊系遺物

- ①マクロ組織
②③錆化鉄部拡大、過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡

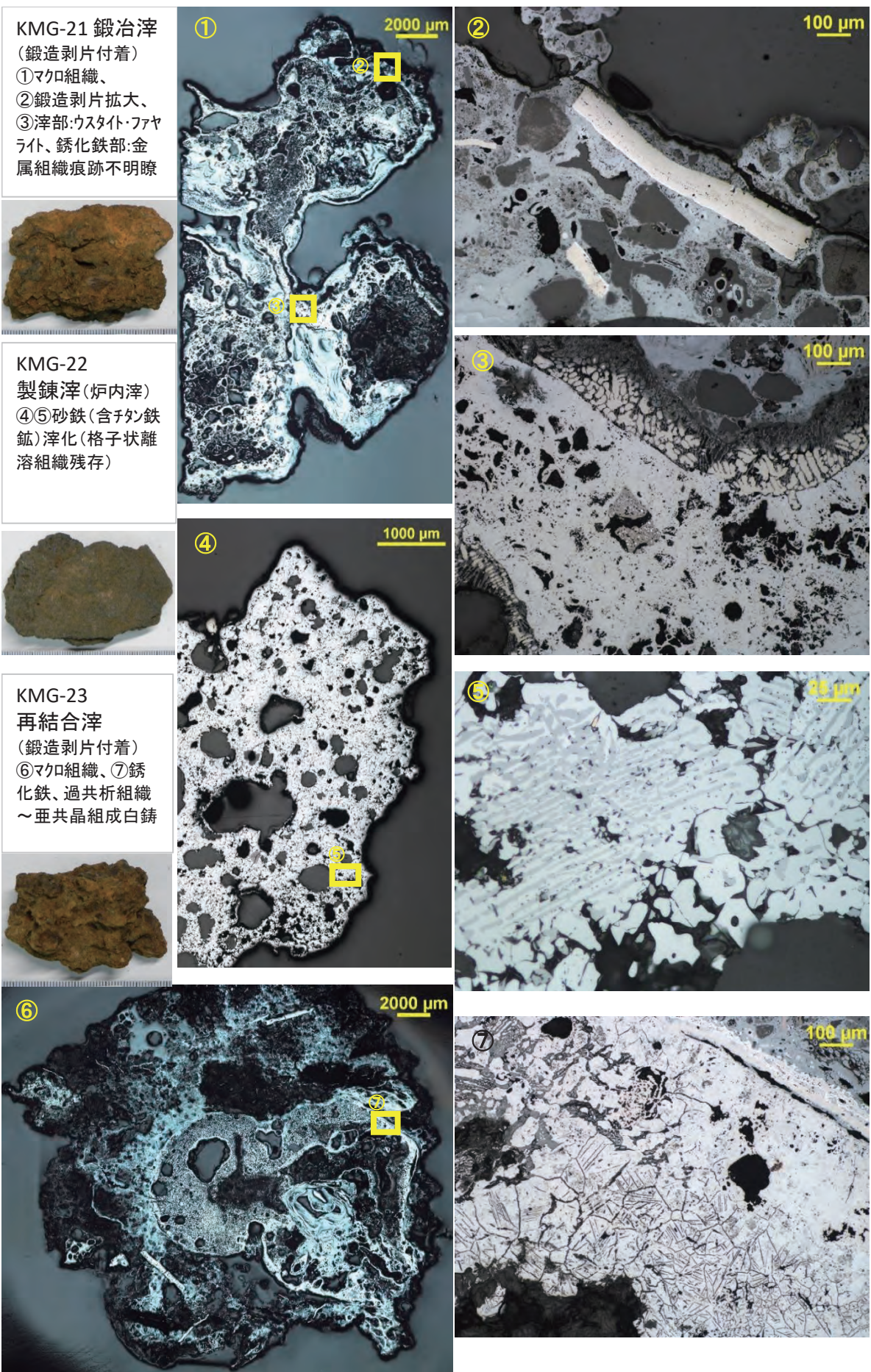


KMG-20-2
鉄塊系遺物

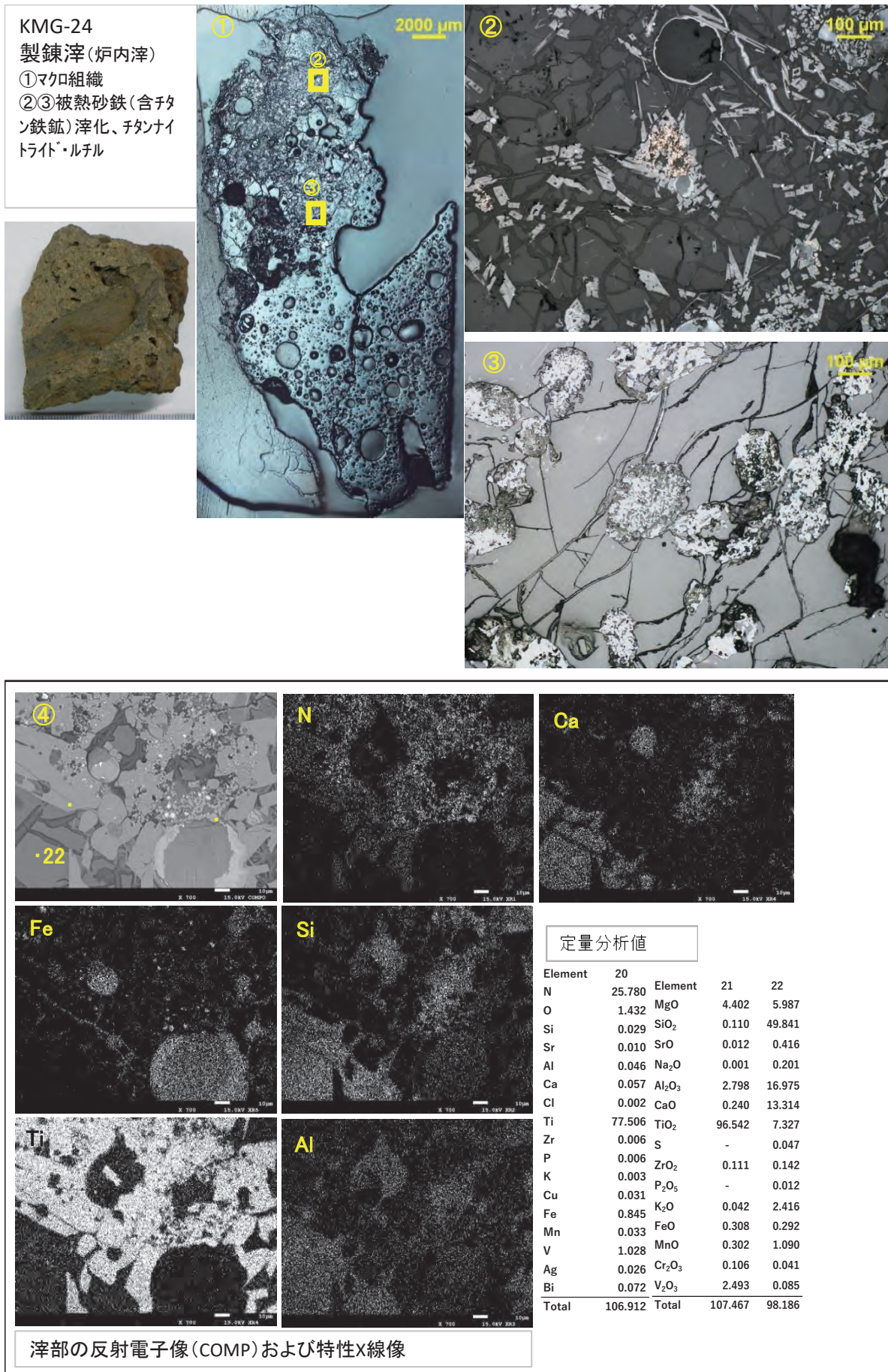
- ④マクロ組織
⑤金属鉄部拡大、過共析組織、⑥錆化鉄部:亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡



金属分析図版13 鉄塊系遺物の顕微鏡写真

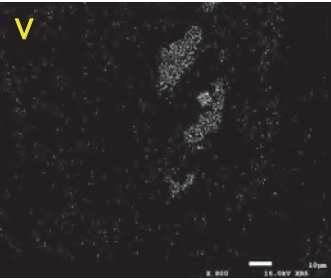
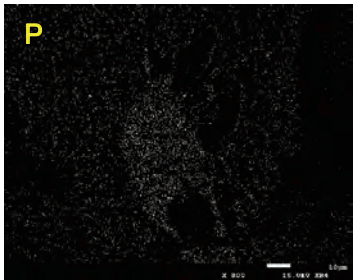
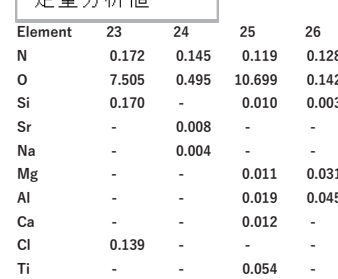
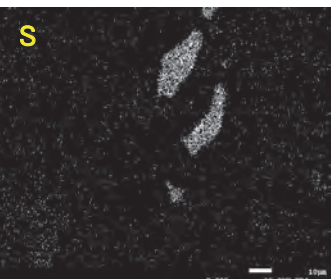
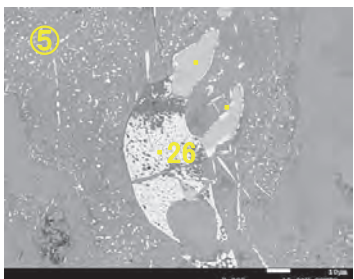
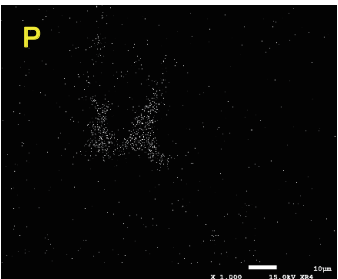
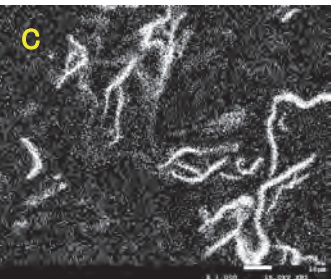
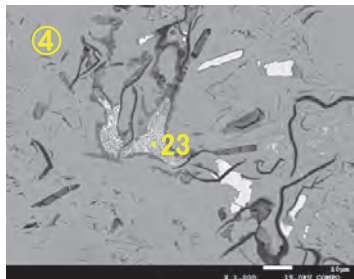
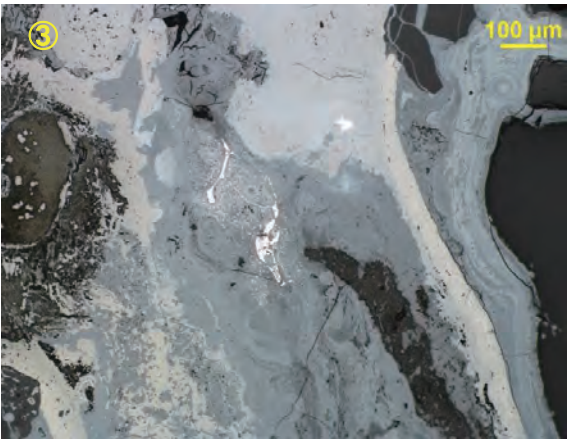
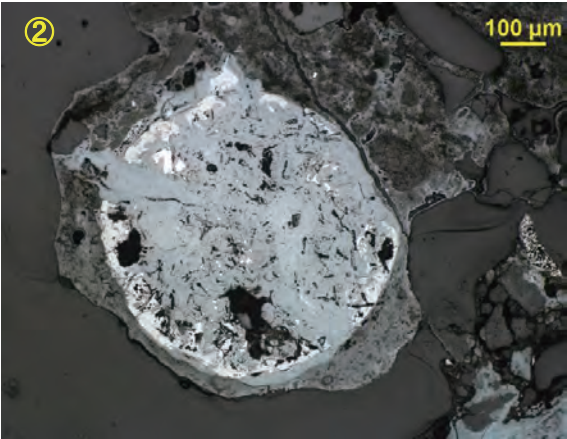
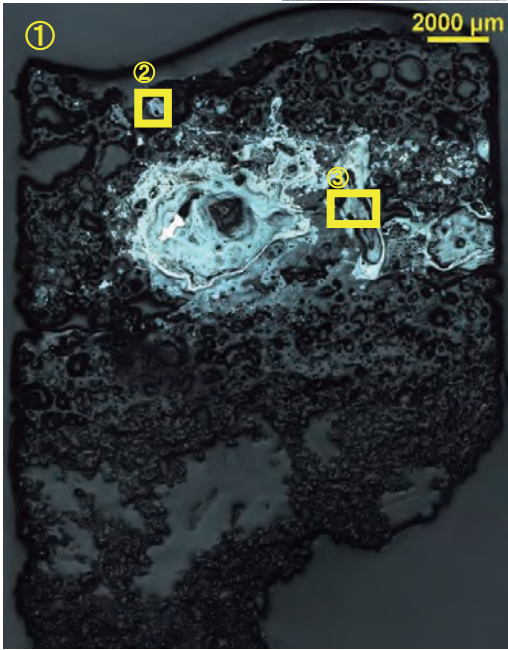
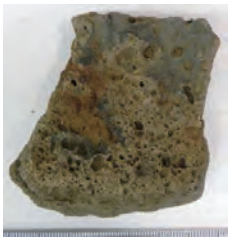


金属分析図版14 鍛冶滓・製錬滓・再結合滓の顕微鏡写真



金属分析図版15 製鍊滓の顕微鏡写真・EPMA調査

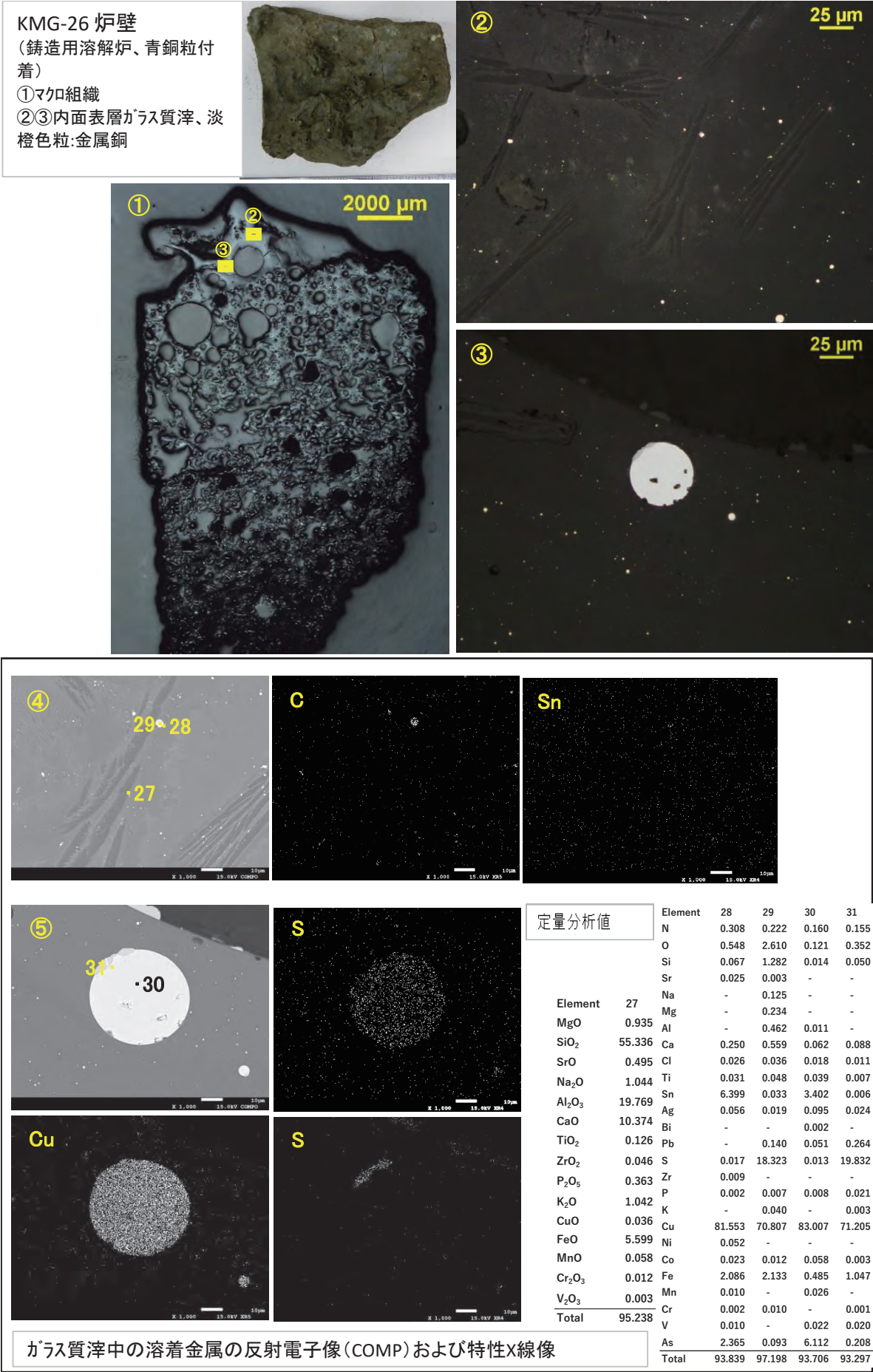
KMG-25 炉壁
(鑄造用溶解炉、鑄鉄附着)
①マクロ組織
②錆化鉄:ねずみ鑄鉄組織痕跡、
③錆化鉄:過共析組織痕跡



定量分析値				
Element	23	24	25	26
N	0.172	0.145	0.119	0.128
O	7.505	0.495	10.699	0.142
Si	0.170	-	0.010	0.003
Sr	-	0.008	-	-
Na	-	0.004	-	-
Mg	-	-	0.011	0.031
Al	-	-	0.019	0.045
Ca	-	-	0.012	-
Cl	0.139	-	-	-
Ti	-	-	0.054	-
Sn	-	-	0.02	-
Pb	-	0.066	-	0.030
S	0.282	39.794	0.049	0.122
Zr	0.091	0.020	-	0.058
P	12.098	0.006	0.010	15.097
K	0.013	-	-	-
Cu	-	0.321	0.104	0.094
Ni	0.017	-	-	0.022
Co	0.135	0.086	-	0.195
Fe	76.433	30.267	1.412	83.388
Mn	-	0.332	0.038	-
Cr	0.008	3.085	3.202	0.039
V	-	26.896	64.015	0.314
Ag	-	0.018	-	-
Bi	-	-	0.006	-
Total	97.063	101.543	79.780	99.708

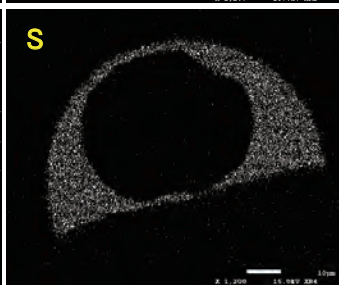
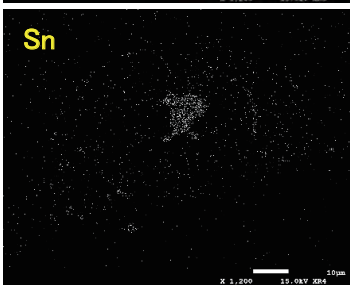
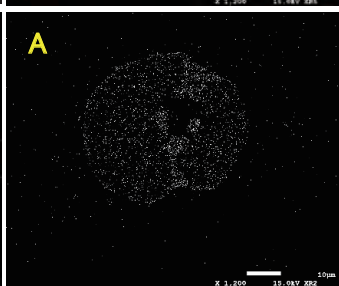
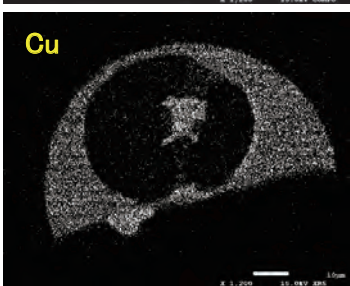
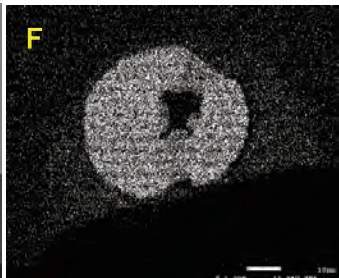
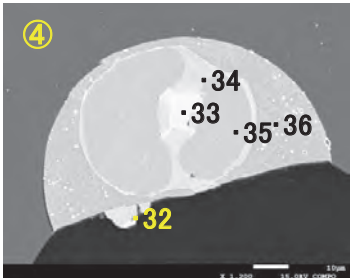
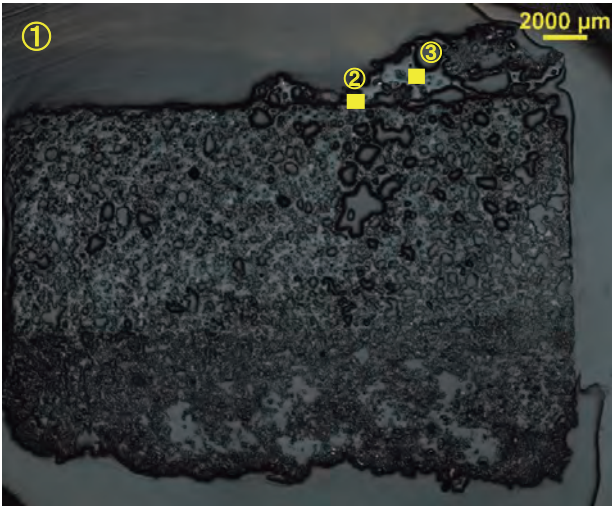
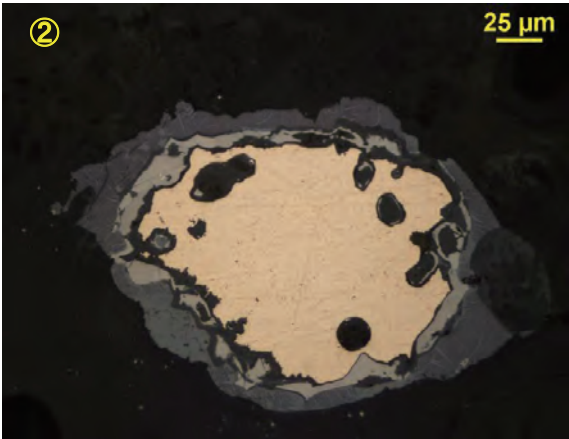
錆化鉄部の反射電子像 (COMP) および特性X線像

金属分析図版16 炉壁の顕微鏡写真・EPMA調査



金属分析図版17 炉壁の顕微鏡写真・EPMA調査

KMG-27 炉壁
(鑄造用溶解炉、青銅粒付着)
①マクロ組織
②③内面表層ガラス質滓、淡橙色
粒:金属銅、③灰色部:鉄(Fe)-砒
素(As)相

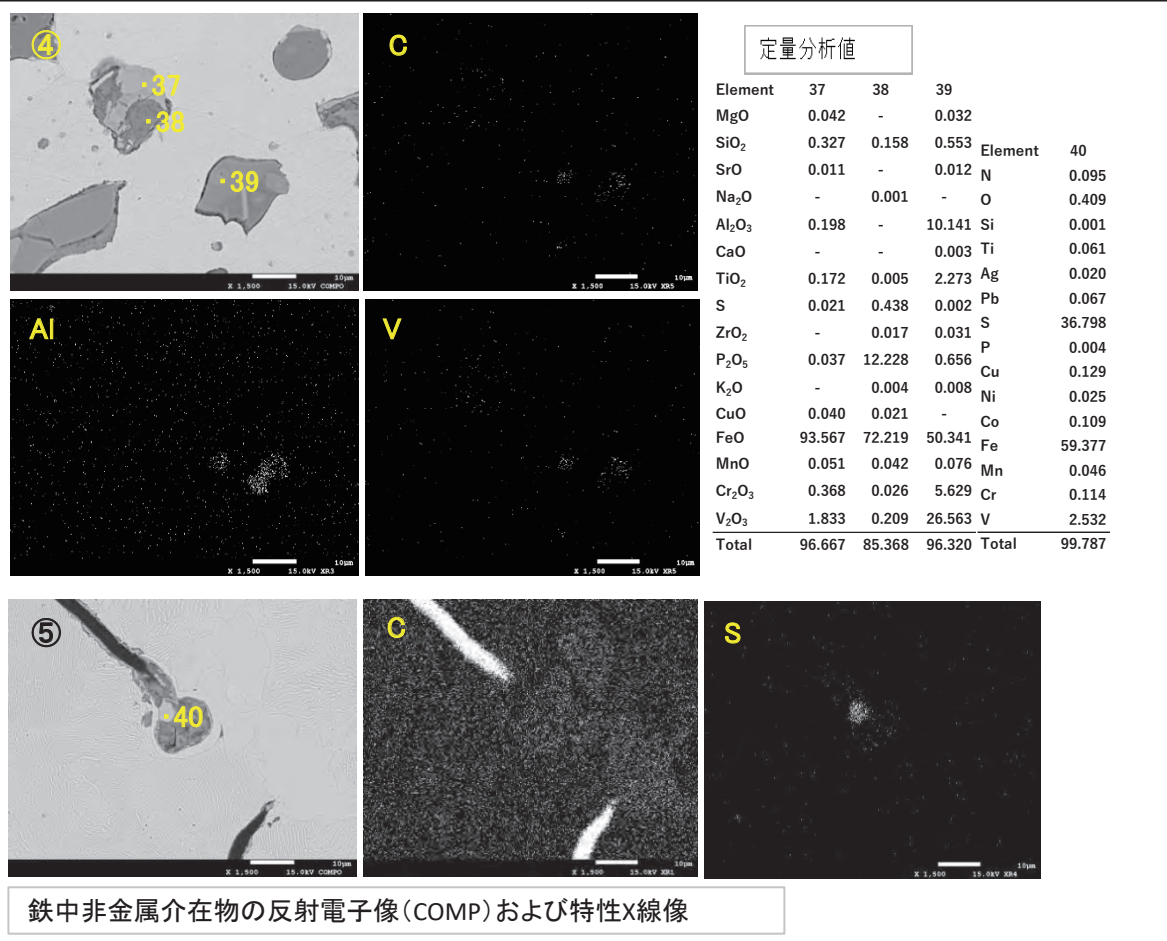
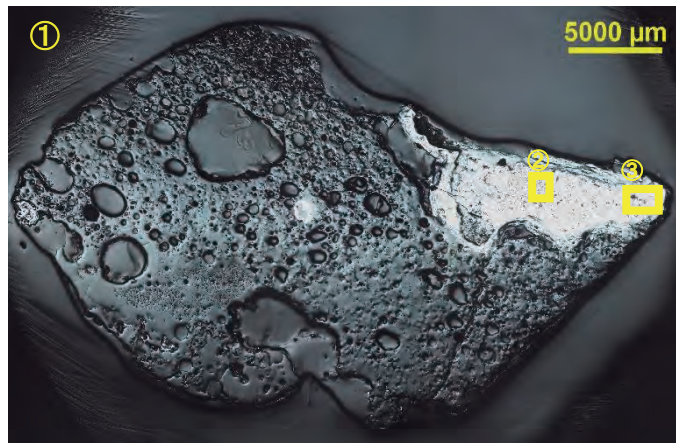


定量分析値					
Element	32	33	34	35	36
N	0.152	0.297	0.111	0.103	0.111
O	0.426	0.582	0.264	0.284	0.302
Si	-	0.043	0.005	0.005	0.008
Na	0.002	-	0.010	0.016	-
Al	0.019	-	-	-	-
Ca	0.048	0.131	-	-	0.052
Cl	0.043	0.049	0.026	0.008	-
Ti	0.027	0.010	-	-	0.016
Sn	0.007	12.741	0.061	0.123	-
Ag	0.04	0.222	-	0.013	-
Pb	0.049	-	0.020	-	0.167
S	0.058	0.009	0.131	0.016	25.449
Zr	-	-	-	0.013	-
P	0.004	-	0.006	0.020	0.015
K	-	-	0.003	-	-
Cu	94.172	80.471	9.472	2.595	55.484
Ni	-	0.010	0.072	-	0.02
Co	0.027	0.035	0.498	0.762	0.052
Fe	2.234	2.936	51.352	86.130	13.877
Mn	0.006	0.001	0.026	0.007	0.022
Cr	0.005	-	-	-	-
V	0.002	0.027	0.003	0.001	0.019
As	0.029	0.643	39.391	9.774	0.390
Total	97.350	98.207	101.45	99.870	95.984

ガラス質滓中の溶着金属の反射電子像 (COMP) および特性X線像

KMG-28 炉壁(鑄造用溶解炉、鑄鉄付着)

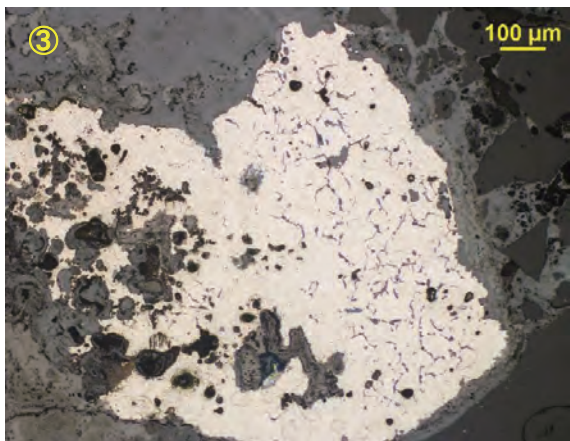
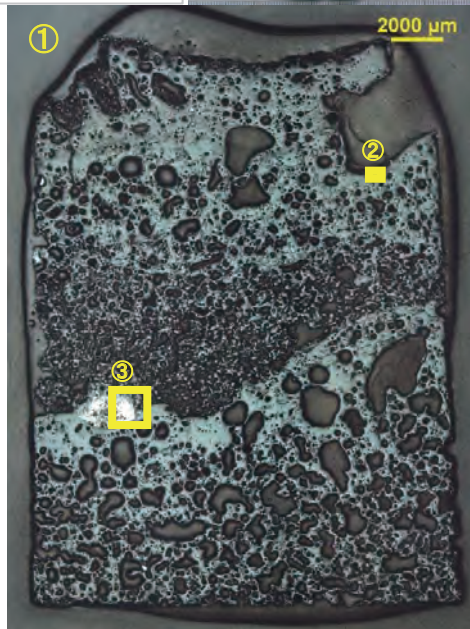
①マクロ組織、②③金属鉄部拡大、ねずみ鑄鉄組織(②素地:パーライト、③素地:フェライト)



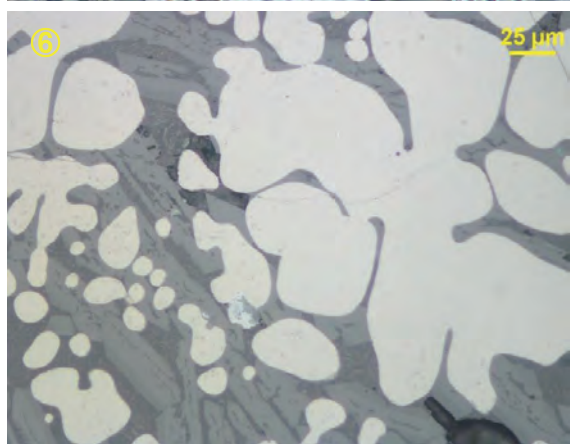
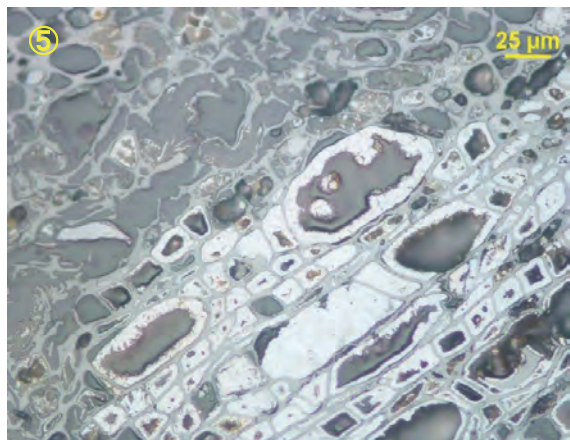
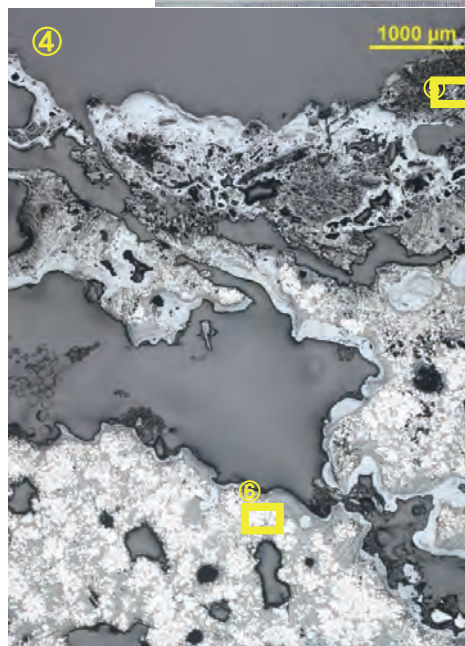
金属分析図版19 炉壁の顕微鏡写真・EPMA調査

第4章 製鉄関連遺物

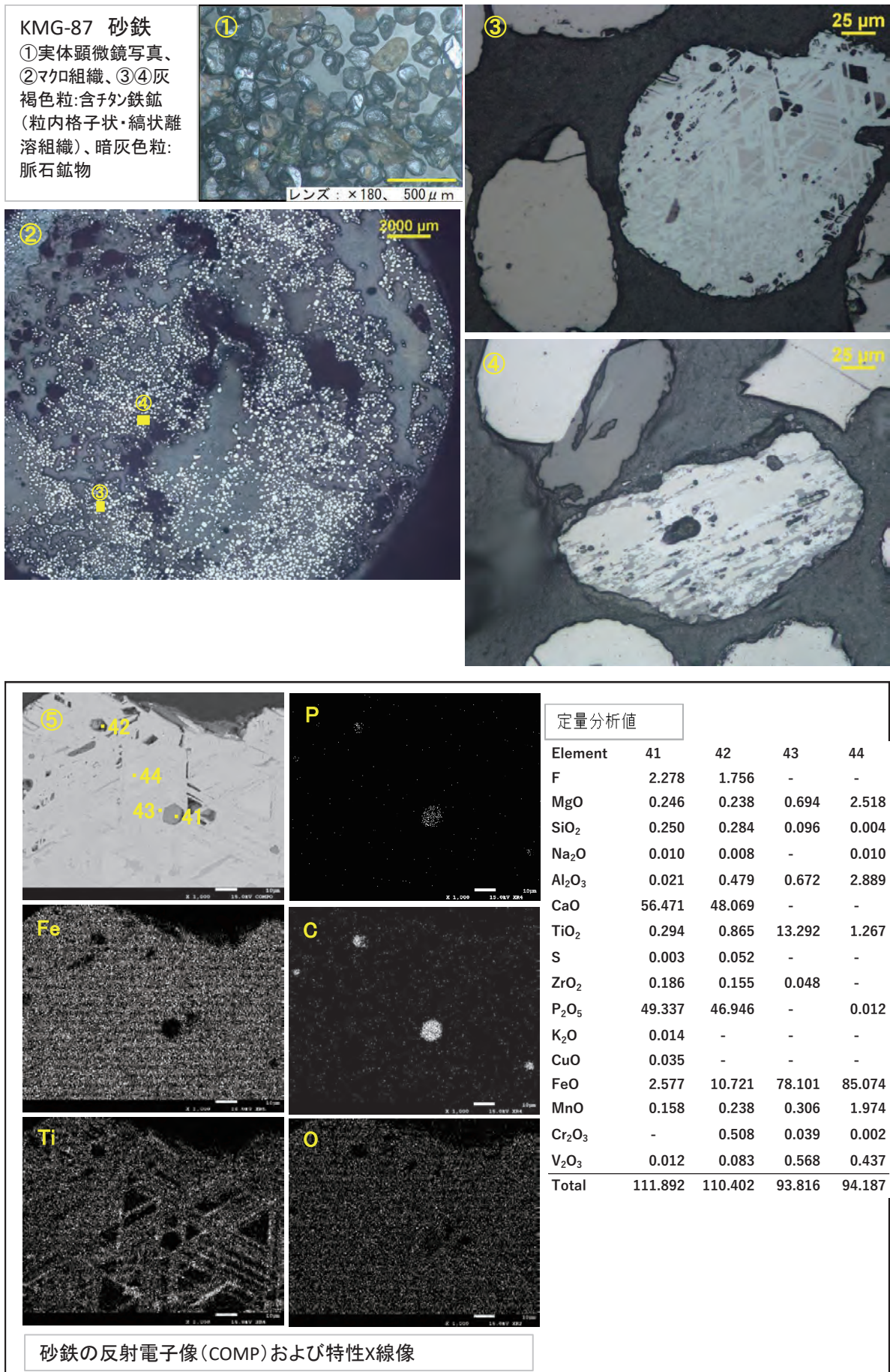
KMG-85 炉壁(铸造用
溶解炉、鑄鉄等鉄粒附着)
①マクロ組織、内面補修痕
跡、②内面表層錆化鉄粒
粒:亜共晶組成白鑄鉄組織
痕跡、③金属鉄粒、亜共析
(フェライト・パーライト)組織

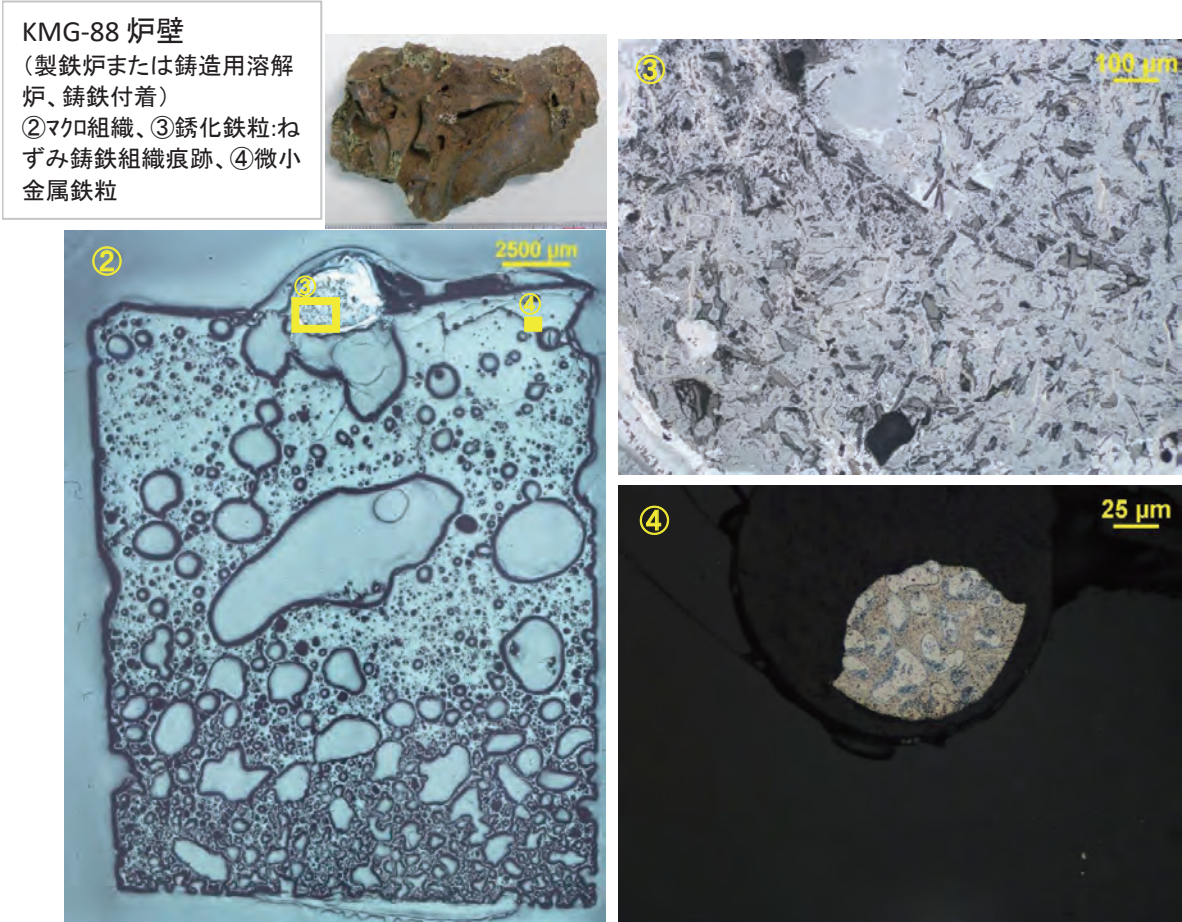
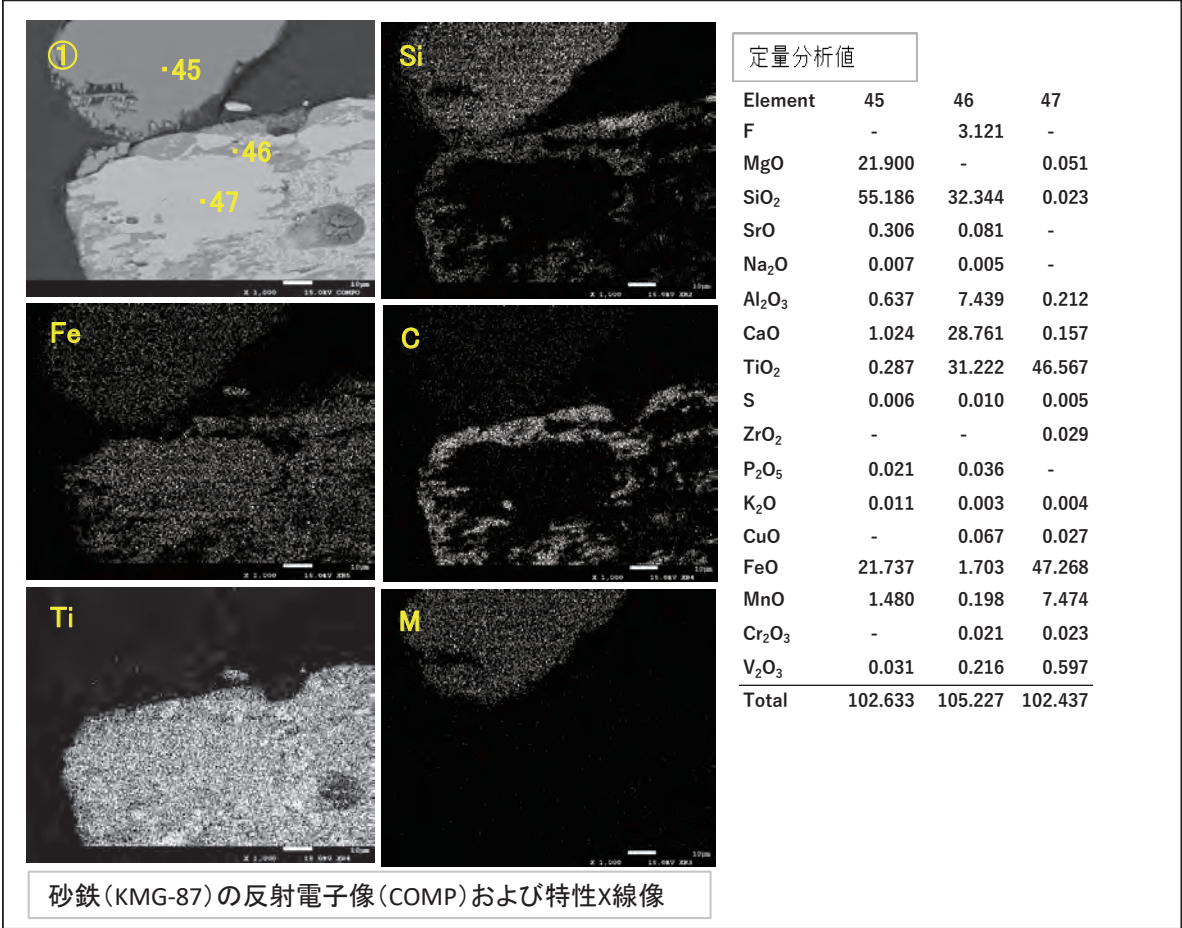


KMG-86
椀形鍛冶滓
④上側:木炭破片、
下側:鍛冶滓、⑤木
炭破片拡大、紅葉取
材、⑥滓部拡大:ウス
ト・ファヤライト



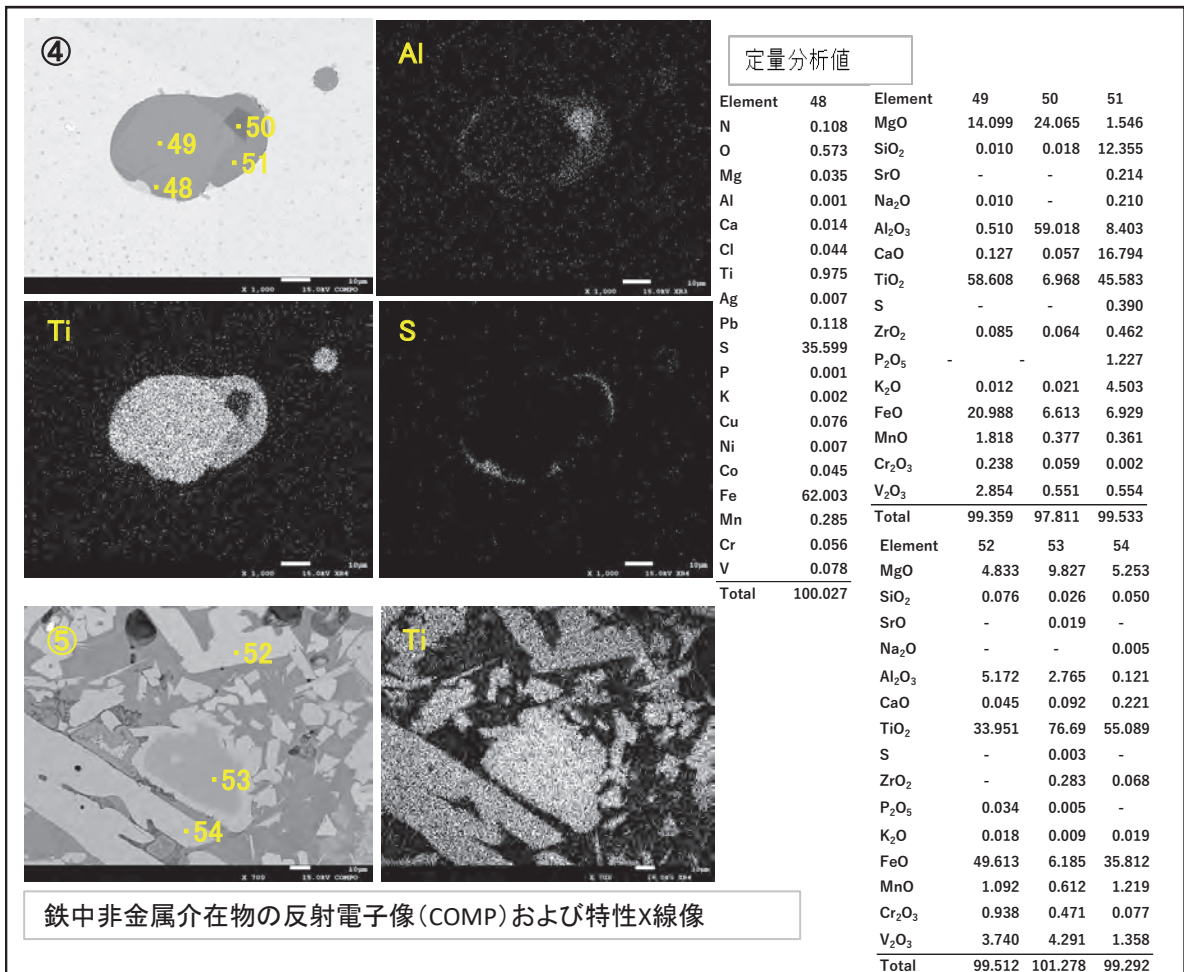
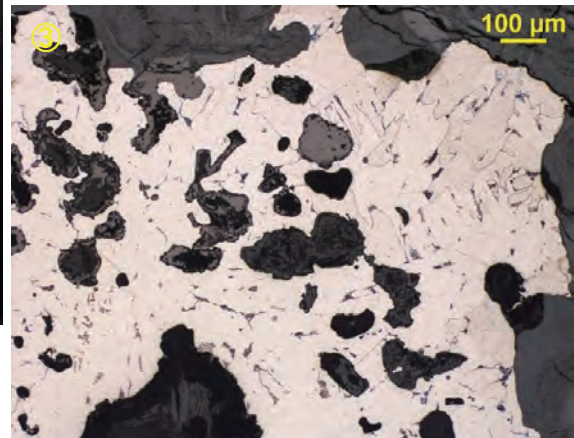
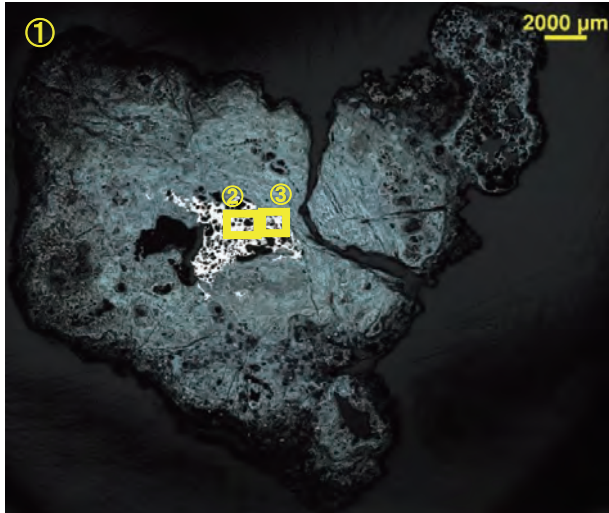
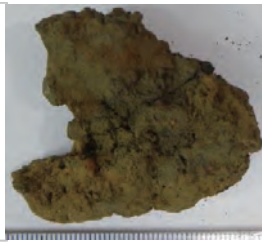
金属分析図版20 炉壁・椀形鍛冶滓の顕微鏡写真





金属分析図版22 砂鉄のEPMA調査・炉壁の顕微鏡写真

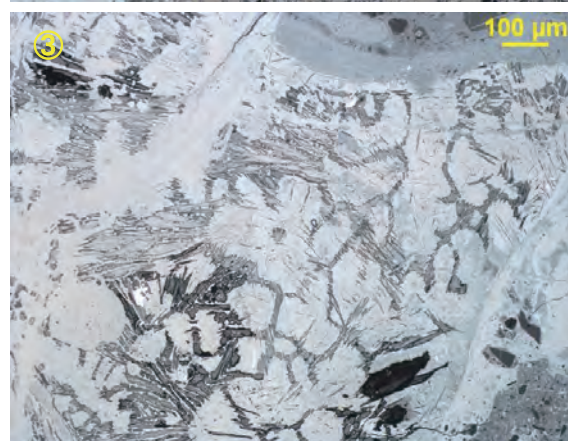
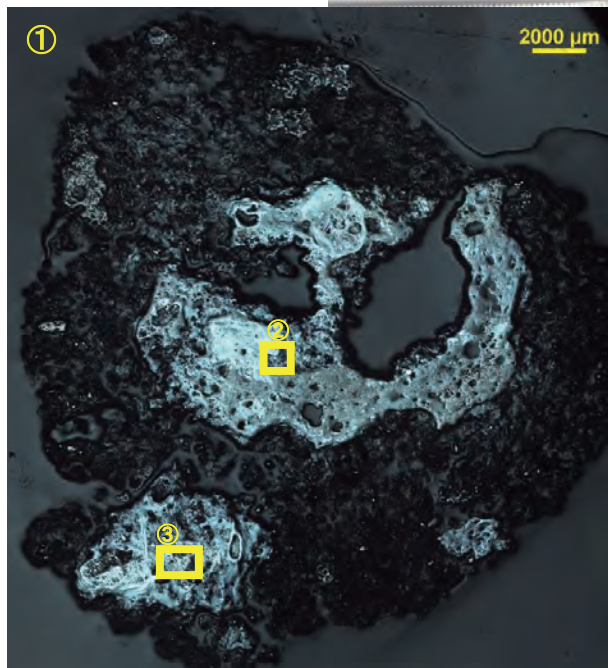
KMG-29 鉄塊系遺物
①マクロ組織、②③金属鉄部拡大、②フェライト单相、③亜共析(フェライト・パーライト)組織



金属分析図版23 鉄塊系遺物の顕微鏡写真・EPMA調査

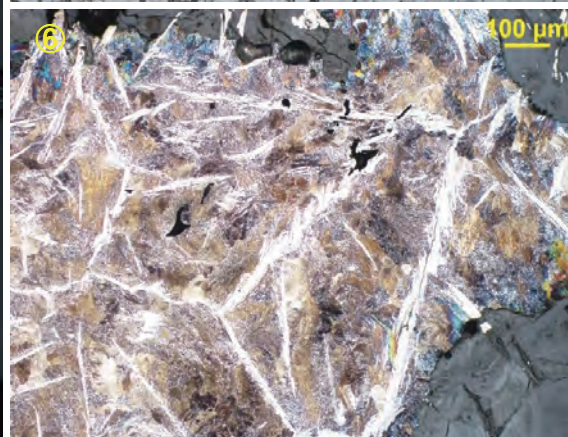
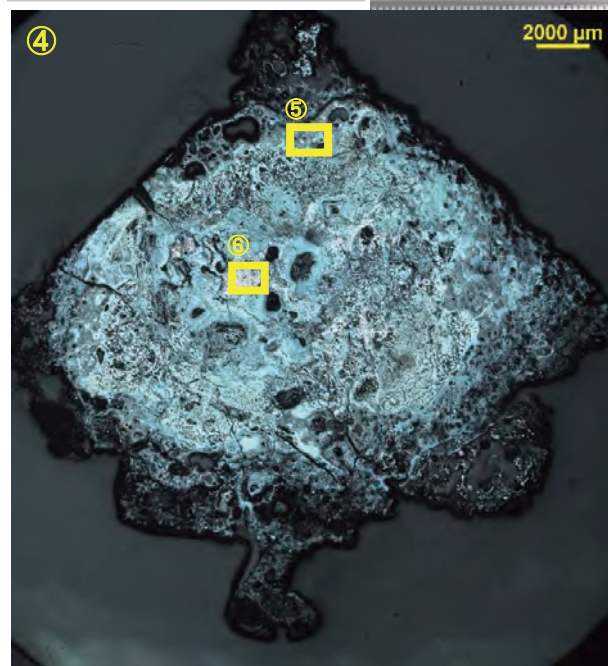
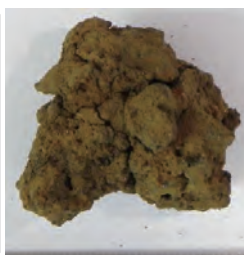
KMG-30 含鉄鉄滓

①マクロ組織、②上側灰褐色粒:被熱砂鉄(含タン鉄鉱)、滓部:ウルホスピネル・イルメナイト、③錆化鉄部:亜共晶組成白鑄鉄組織



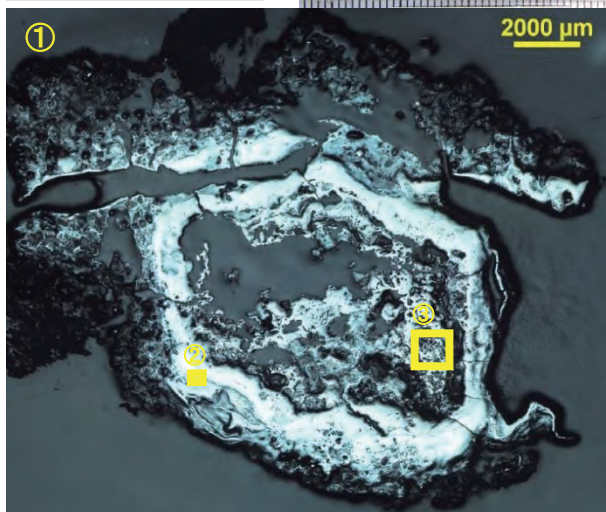
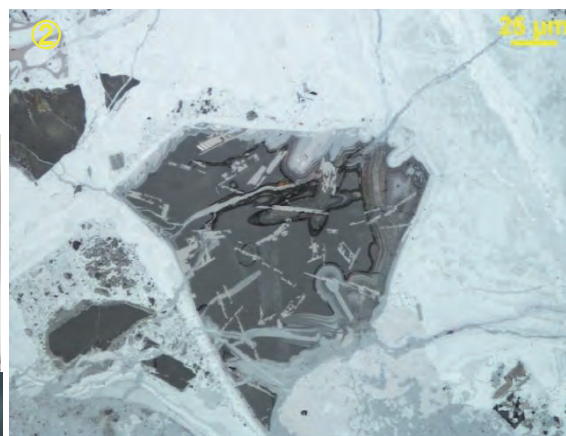
KMG-31 鉄塊系遺物

④マクロ組織、⑤上側滓部:ウルホスピネル・イルメナイト、錆化鉄:亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡、⑥金属鉄部:過共析組織

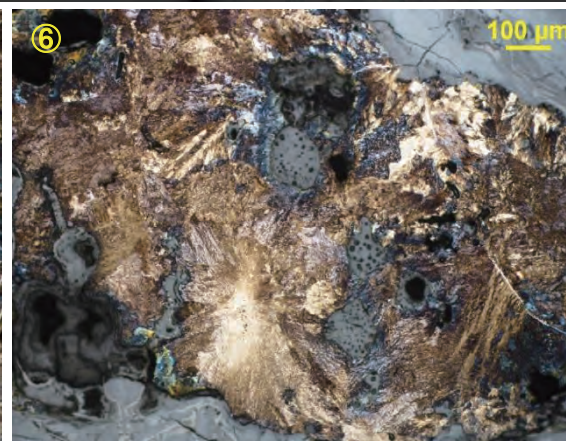
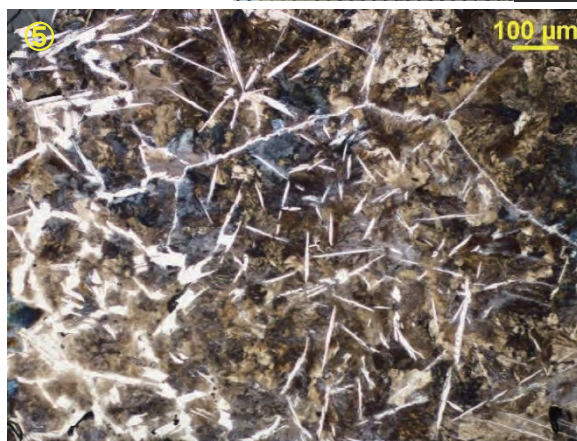
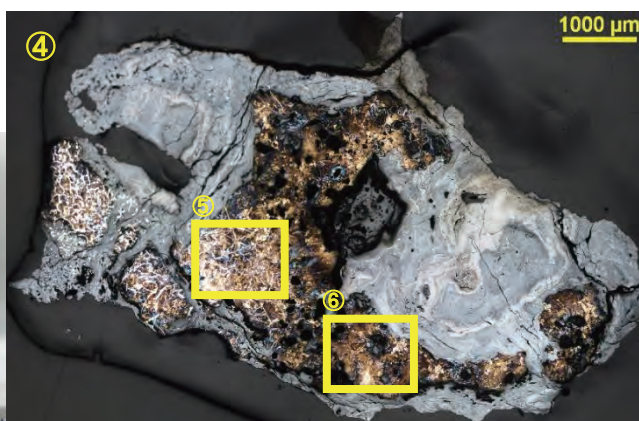


金属分析図版24 含鉄鉄滓・鉄塊系遺物の顕微鏡写真

KMG-32
鉄塊系遺物
①マクロ組織、②滓部：
イルメナイト・シュートブルッカ
イト、③錆化鉄部：ねず
み鑄鉄組織痕跡



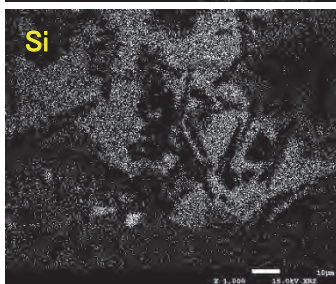
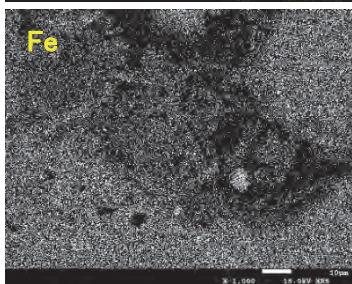
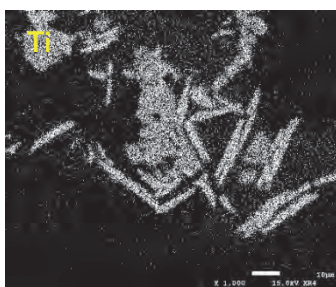
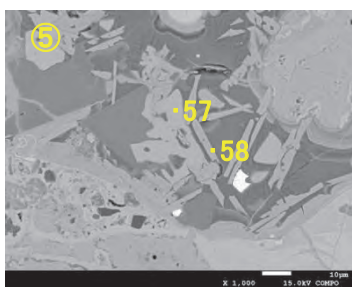
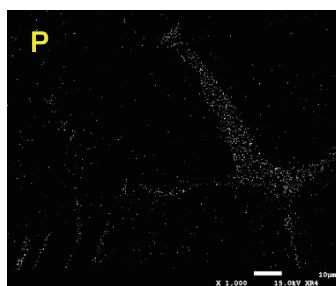
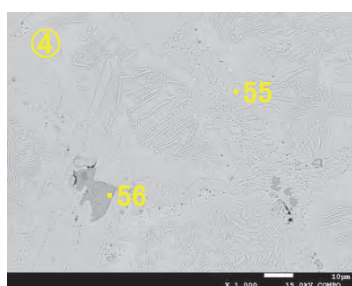
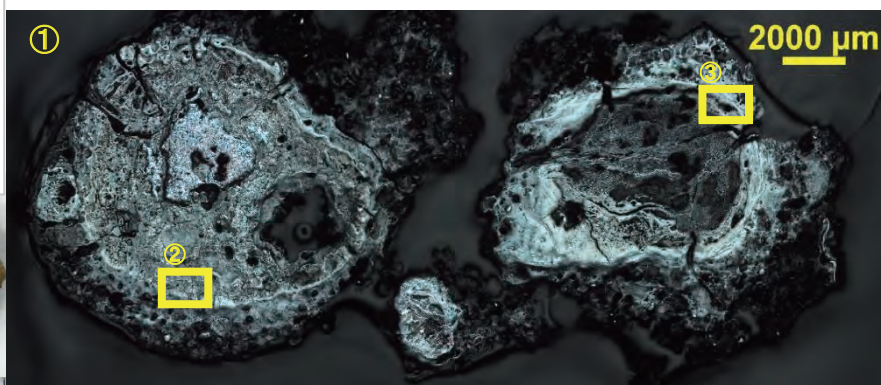
KMG-33
鉄塊系遺物
④マクロ組織、⑤過共
析組織、⑥亜共析～
共析組織



金属分析図版25 鉄塊系遺物の顕微鏡写真

KMG-34 鉄塊系遺物

①マクロ組織、②滓部:ウル
ホスピネル・イルメナイト、錆化
鉄:ねずみ鑄鉄組織痕跡、
③亜共晶組成白鑄鉄組
織痕跡



定量分析値

Element	55	56	Element	57	58
N	0.090	0.166	MgO	5.383	5.415
O	0.274	0.819	SiO ₂	0.141	3.263
Si	0.002	0.004	SrO	-	0.016
Sr	-	0.013	Na ₂ O	-	0.020
Na	-	0.010	Al ₂ O ₃	5.821	1.337
Cl	0.006	0.009	CaO	0.074	0.499
Ti	0.011	0.022	TiO ₂	33.878	52.685
Ag	0.019	-	S	-	0.016
Pb	-	0.102	ZrO ₂	0.050	0.066
S	0.345	35.210	P ₂ O ₅	-	0.030
Zr	0.062	-	K ₂ O	0.011	0.132
P	10.496	0.092	CuO	-	0.063
Cu	-	0.137	FeO	47.320	34.547
Ni	-	0.020	MnO	1.365	1.400
Co	0.162	0.139	Cr ₂ O ₃	0.665	0.140
Fe	86.003	64.040	V ₂ O ₅	5.243	1.937
Mn	0.001	0.025			
Cr	-	0.043			
V	-	0.191			
Total	97.471	101.042	Total	99.951	101.566

鉄中非金属介在物・滓部の反射電子像 (COMP) および特性X線像

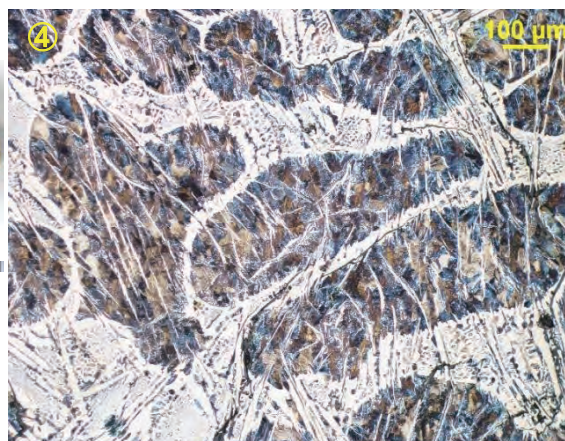
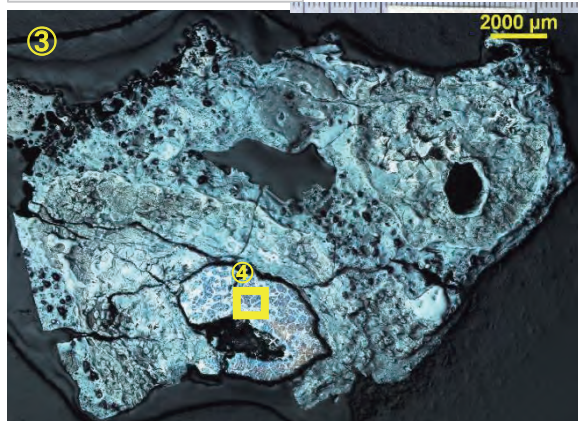
KMG-35 鉄塊系遺物

①マクロ組織、芯部:金属鉄残存、亜共晶組成白鑄鉄組織、②表層錆化鉄部拡大、過共析組織痕跡



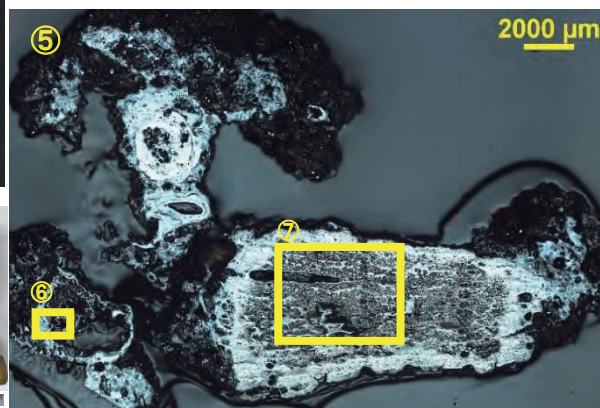
KMG-36 鉄塊系遺物

③マクロ組織、過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織、④芯部拡大、亜共晶組成白鑄鉄組織

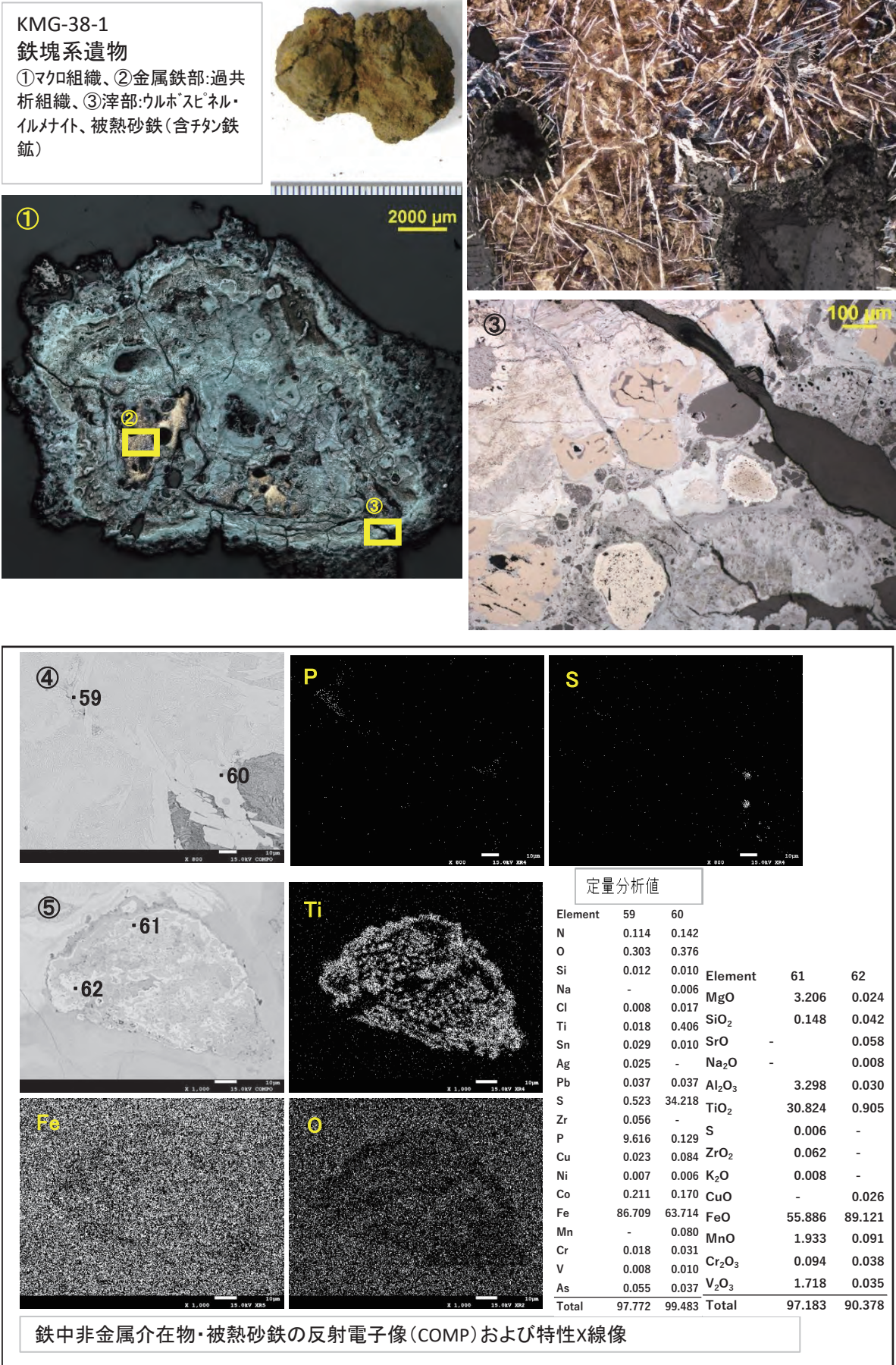


KMG-37 再結合滓(含鉄)

⑤マクロ組織、⑥左側:砂鉄(含チタン鉄鉱)、滓部:ウルホスピネル・イルメナイト、錆化鉄:過共析組織痕跡、⑦木炭破片、広葉樹環孔材



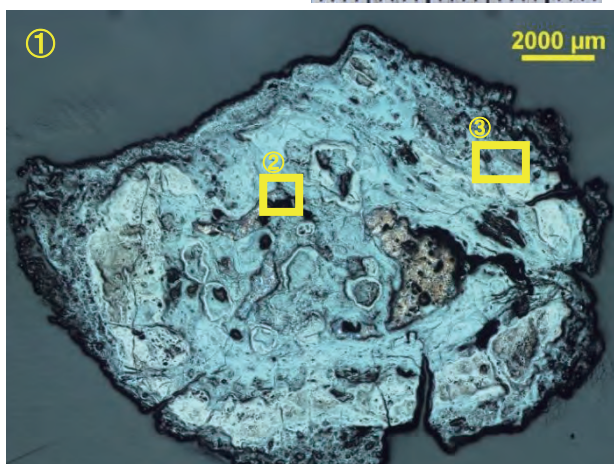
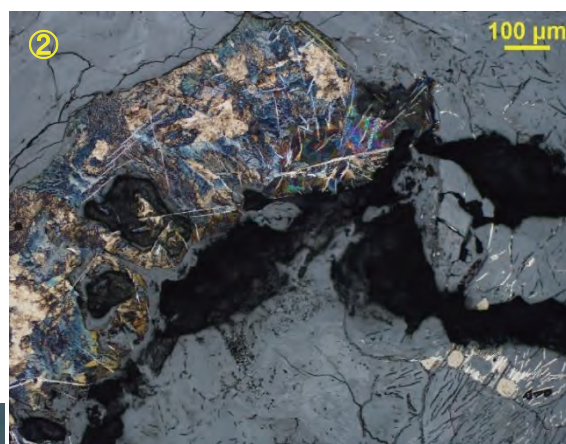
金属分析図版27 鉄塊系遺物・再結合滓の顕微鏡写真



KMG-38-2

鉄塊系遺物

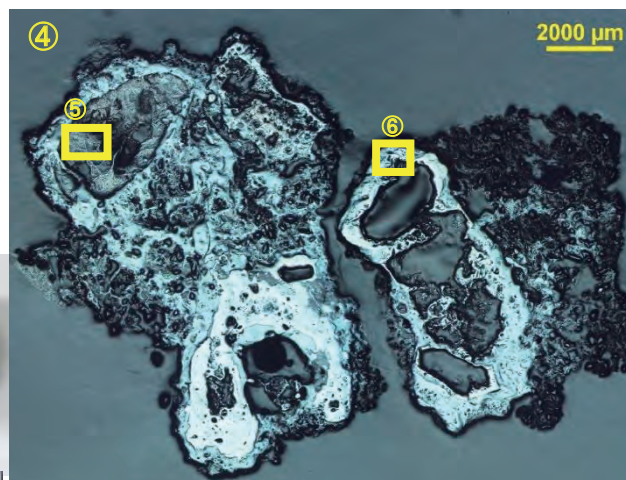
①マクロ組織、②金属鉄部:過共析組織、錆化鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡、
③上側:滓部、ウルボスピネル、下側:錆化鉄部



KMG-38-3

再結合滓(含鉄)

④マクロ組織、⑤錆化鉄部:共晶組成白鑄鉄組織痕跡、⑥錆化鉄部:ねずみ鑄鉄組織痕跡

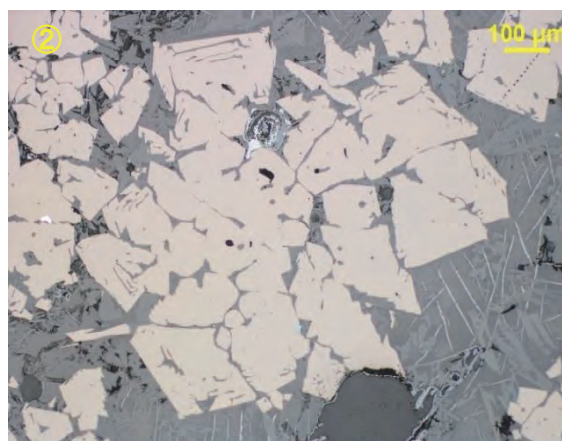
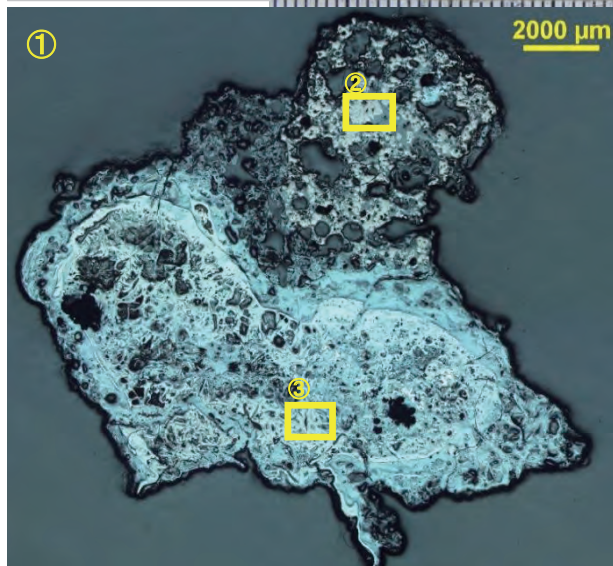
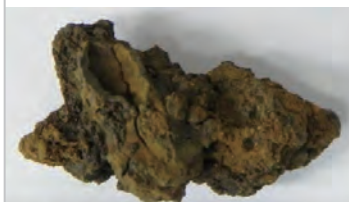


金属分析図版29 鉄塊系遺物・再結合滓の顕微鏡写真

KMG-38-4

含鉄鉄滓

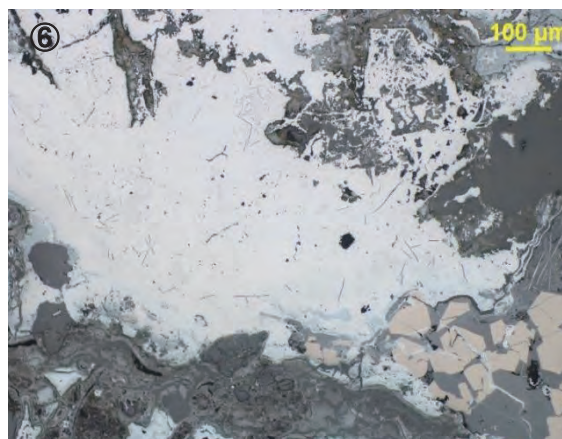
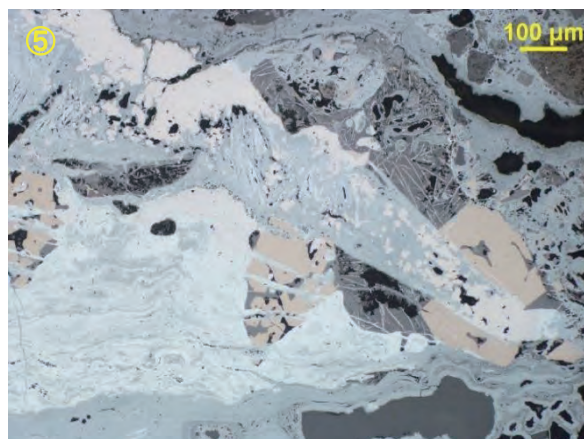
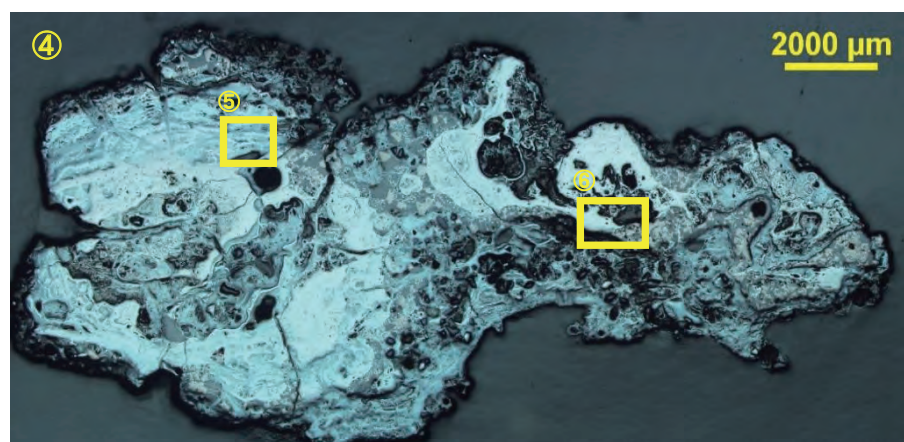
①マクロ組織
②滓部:ウルホスピネル・イルメナイト、③錆化鉄部:
ねずみ錆組織痕跡



KMG-38-5

含鉄鉄滓

④マクロ組織
⑤⑥錆化鉄部:金属組織痕跡不明瞭、滓部:
ウルホスピネル・イルメナイト

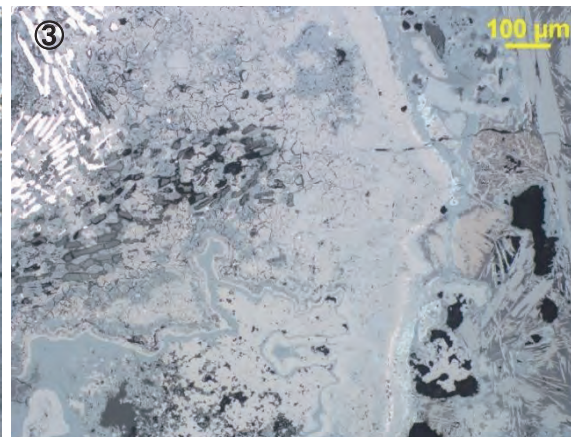
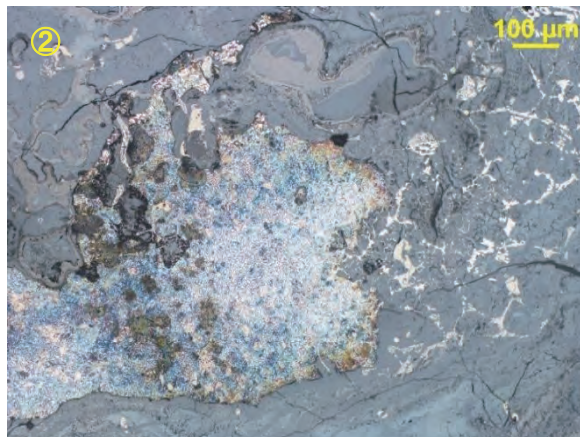
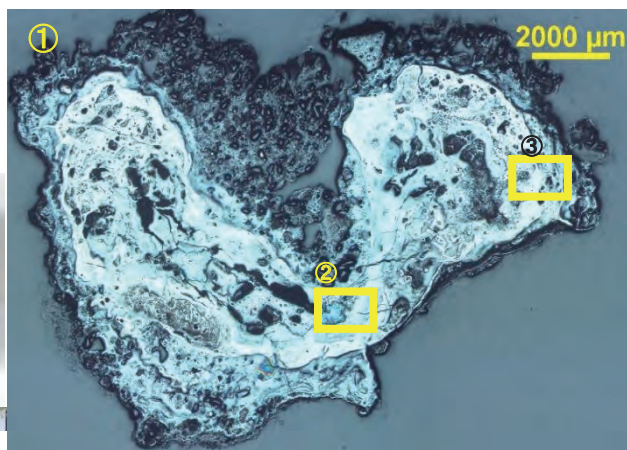


金属分析図版30 含鉄鉄滓の顕微鏡写真

KMG-38-6

鉄塊系遺物

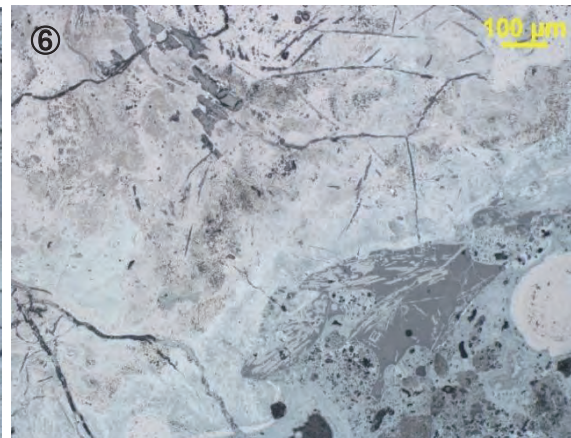
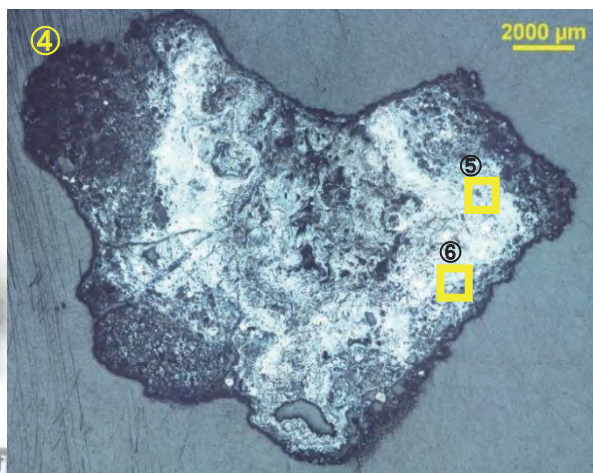
①マクロ組織、②金属鉄～錆化鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織、③錆化鉄部:亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡、滓部:ウルボスピネル・イルメナイト



KMG-38-7

鉄塊系遺物

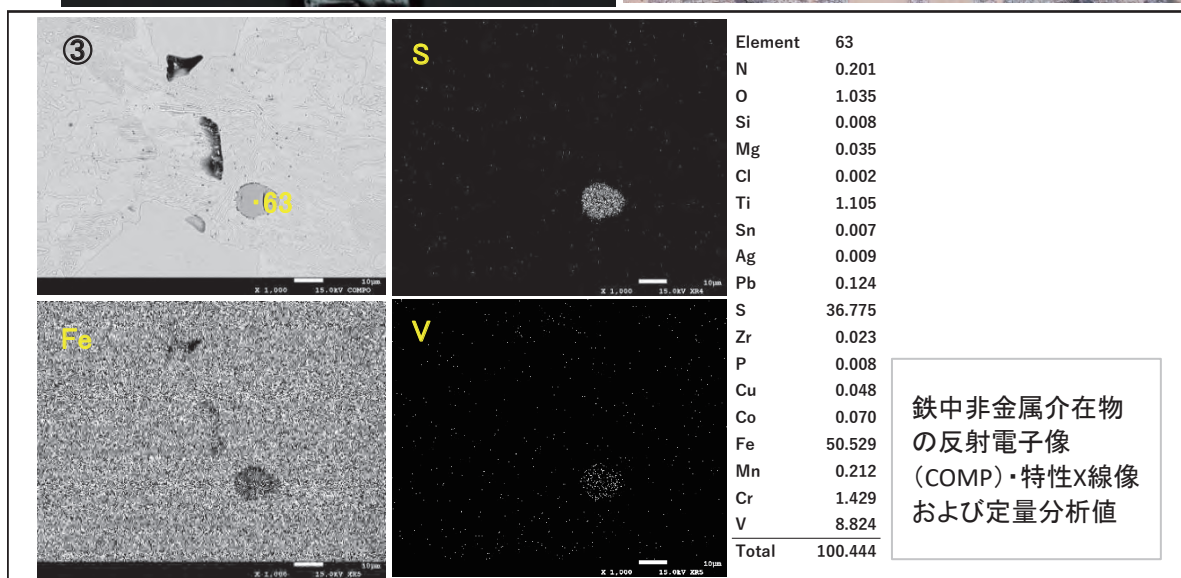
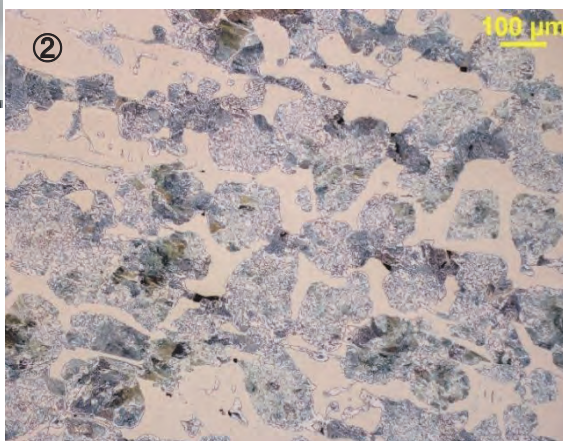
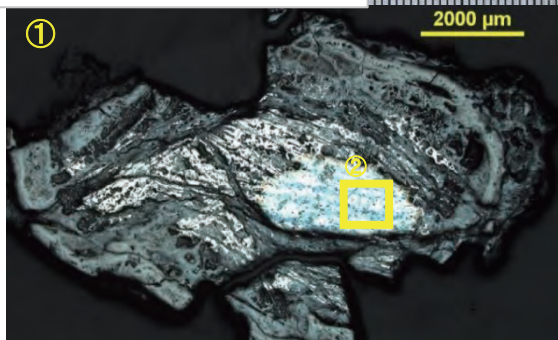
④マクロ組織、⑤錆化鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織、⑥錆化鉄部:過共析組織、滓部:ウルボスピネル・イルメナイト



金属分析図版31 鉄塊系遺物の顕微鏡写真

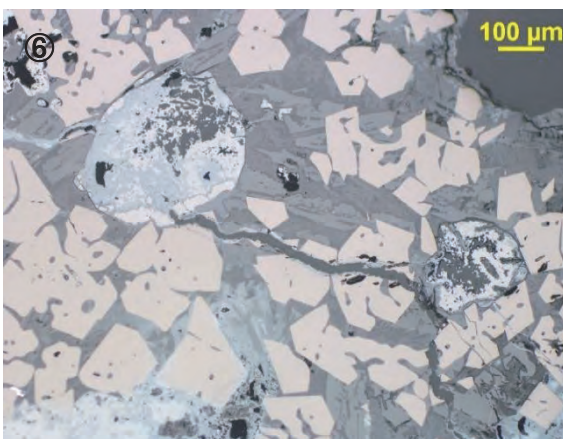
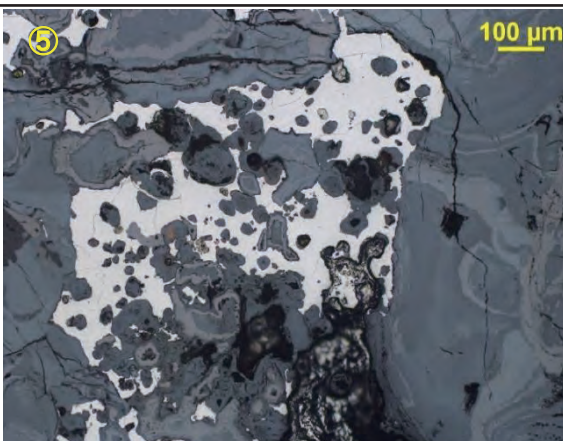
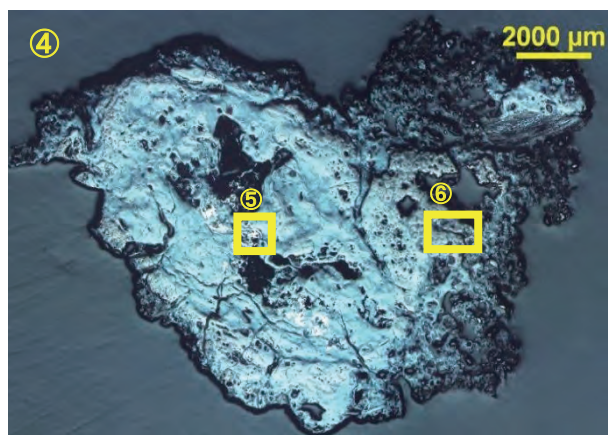
KMG-39-1 鉄塊系遺物

①マクロ組織、②金属鉄部:亜共晶組成
白鑄鉄組織



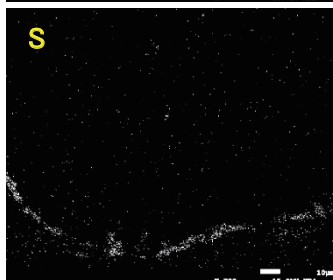
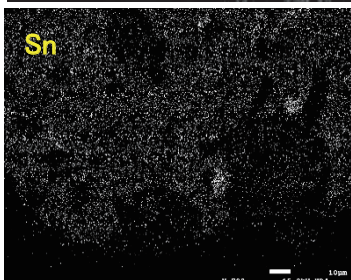
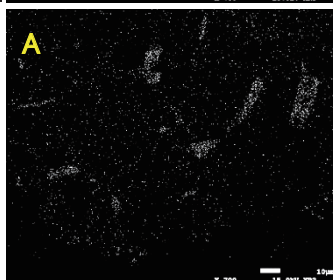
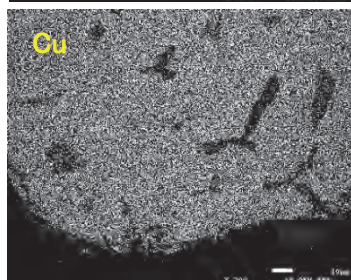
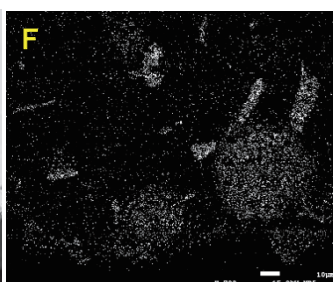
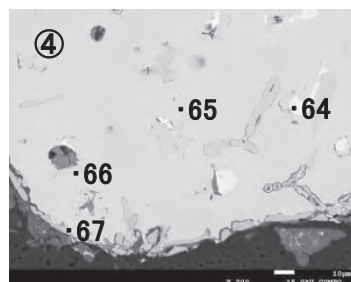
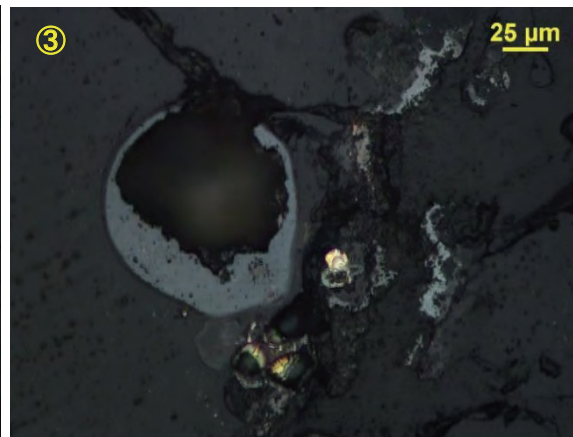
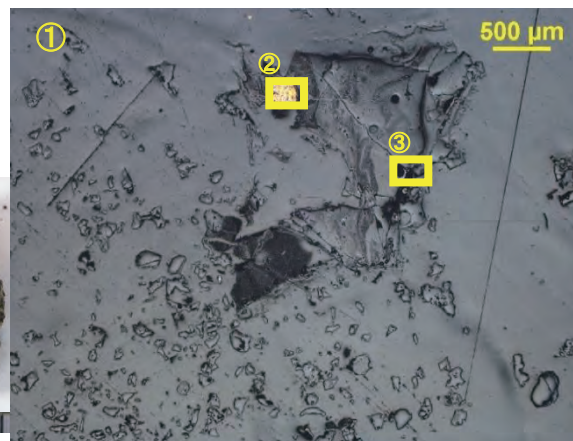
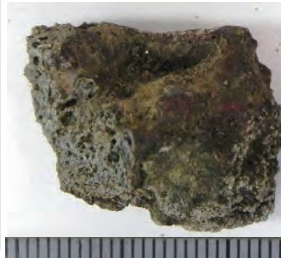
KMG-39-2 鉄塊系遺物

④マクロ組織、⑤明白色部:金属鉄、
フェライト、⑥滓部:ウルホスピネル・ファ
ヤライト



金属分析図版32 鉄塊系遺物の顕微鏡写真・EPMA調査

KMG-89 炉壁

(鑄造用溶解炉
青銅粒付着)①暗灰色部:内面表層ガラス
質滓、②淡橙色粒:青銅粒、
白色部:鉄(Fe)-砒素(As)偏
析、外周青灰色部:硫化銅
(CuS)
③微小青銅(銹化)
粒

定量分析値

Element	64	65	66	67
N	0.248	0.893	0.196	0.408
O	0.756	4.695	0.438	2.190
Si	0.008	0.054	0.004	0.022
Al	-	0.031	-	0.012
Ca	-	0.112	-	0.054
Cl	0.030	0.056	0.002	0.022
Ti	-	0.003	0.005	0.015
Sn	0.112	9.458	0.104	0.045
Pb	0.056	0.102	0.072	0.551
S	0.091	0.034	0.105	18.075
P	0.006	0.015	0.017	-
K	-	-	-	0.005
Cu	21.612	77.916	26.632	73.377
Ni	0.143	0.017	0.312	-
Co	0.526	0.016	0.539	0.007
Fe	38.187	0.416	32.944	0.883
Mn	-	0.012	-	0.023
Cr	-	0.008	-	0.002
V	0.013	-	-	-
As	38.966	4.554	39.105	0.061
Total	100.754	98.392	100.475	95.752

ガラス質滓中の溶着金属の反射電子像(COMP)および特性X線像

KMG-90

ガラス質滓

(青銅粒付着)

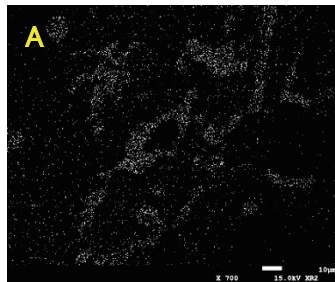
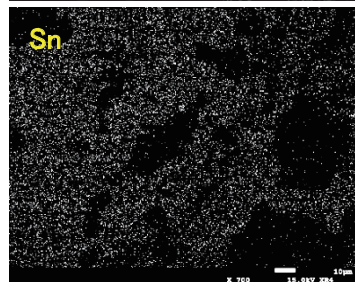
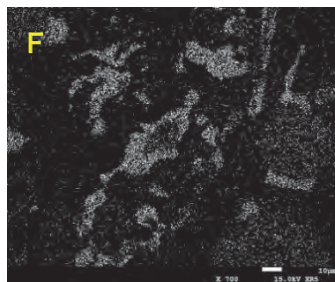
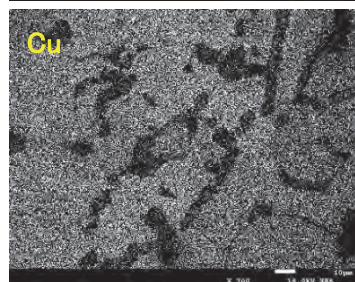
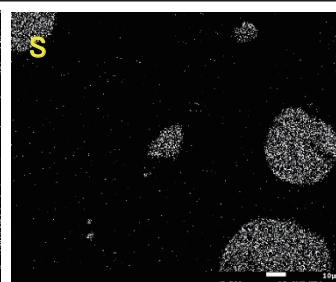
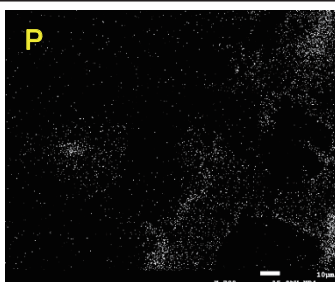
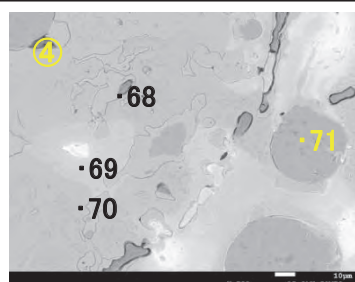
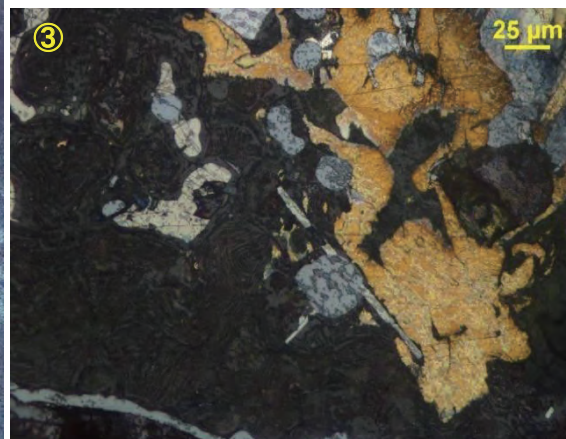
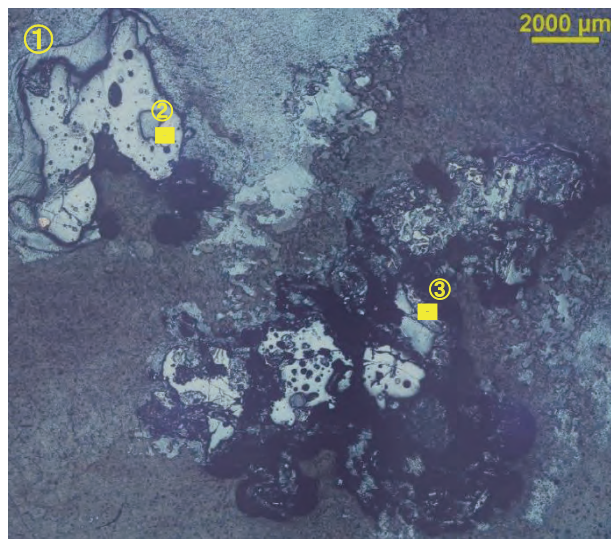
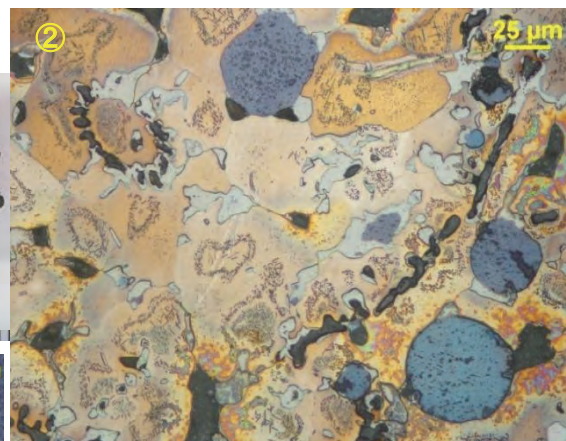
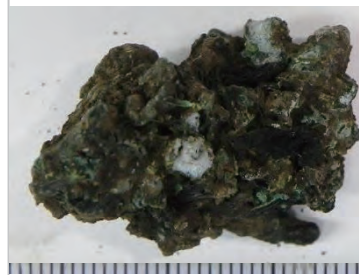
①マクロ組織、

②③青銅粒拡大、白

色部:鉄(Fe)-砒素

(As)偏析、青灰色粒:

硫化銅(CuS₂)



定量分析値

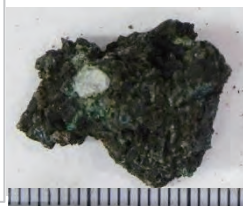
Element	68	69	70	71
N	0.146	0.871	0.713	0.252
O	0.322	5.869	3.765	1.710
Si	0.008	0.002	0.029	0.007
Sr	0.038	0.028	-	0.008
Na	0.017	-	-	-
Ca	-	0.048	0.083	-
Cl	-	0.038	0.027	0.012
Ti	-	0.014	0.028	0.009
Sn	0.054	5.576	6.164	0.045
Pb	0.042	12.243	1.160	0.161
S	0.099	0.036	0.0400	21.377
P	0.011	0.009	-	0.020
Cu	12.176	66.589	80.018	63.907
Ni	0.052	-	-	-
Co	0.506	0.014	0.004	-
Fe	48.016	0.436	0.880	7.611
Mn	0.005	0.019	0.006	0.015
Cr	-	0.009	0.020	-
V	0.035	-	-	0.004
As	40.428	3.829	4.323	0.335
Total	101.955	95.630	97.260	95.473

ガラス質滓中の溶着金属の反射電子像(COMP)および特性X線

KMG-91

再結合滓(緑青付着)

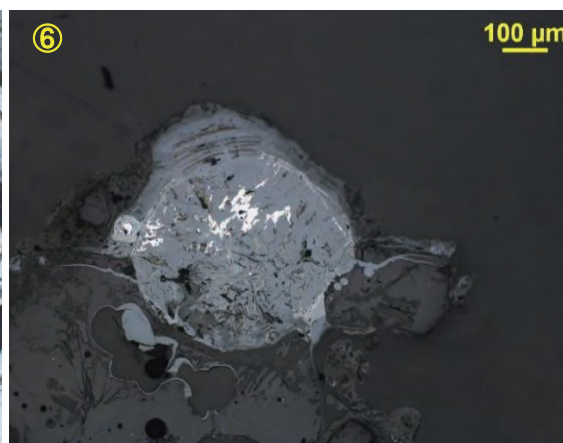
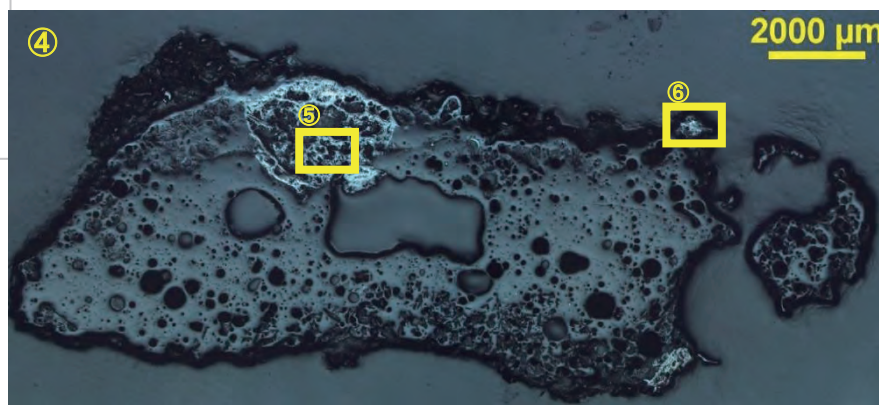
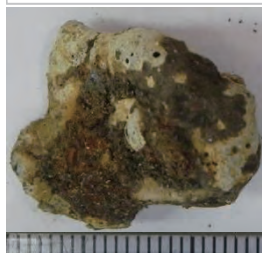
- ①マクロ組織、
- ②木炭破片:広葉樹材、
- ③中央:銅(または青銅粒)



KMG-92 ガラス質滓

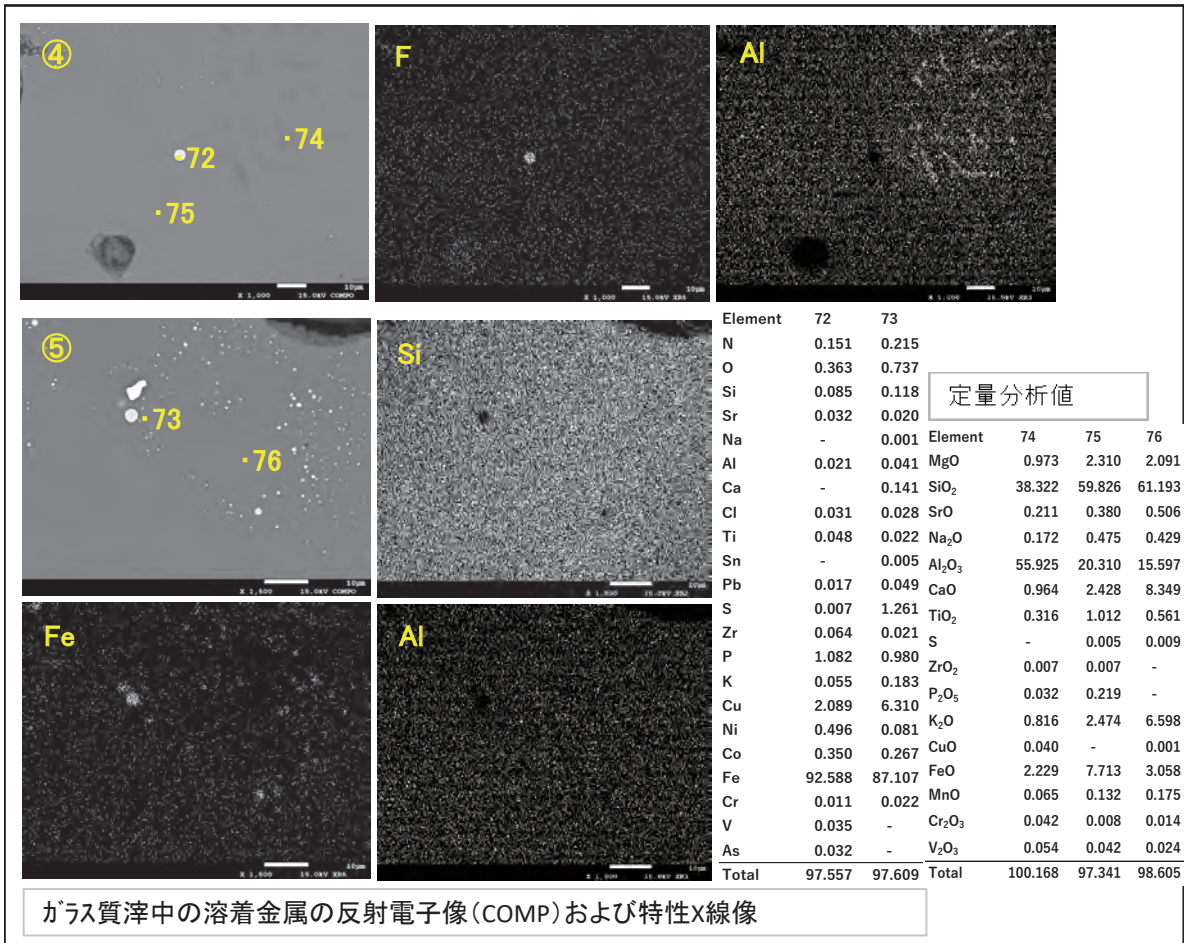
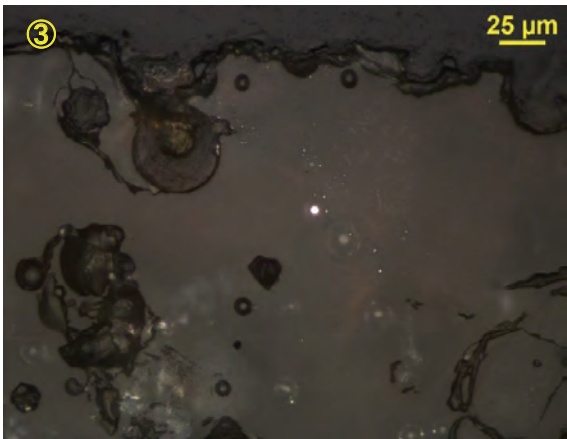
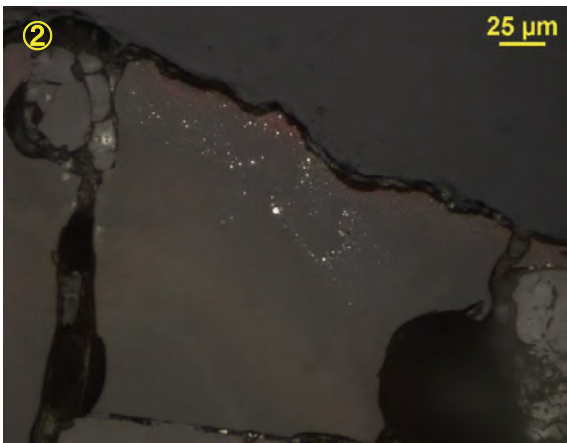
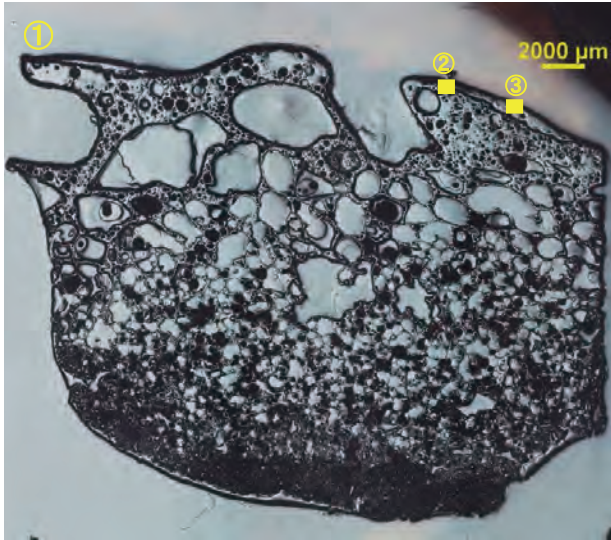
(白色、鑄鉄付着)

- ④マクロ組織、⑤⑥錆化鉄部拡大、ねずみ鑄鉄組織痕跡

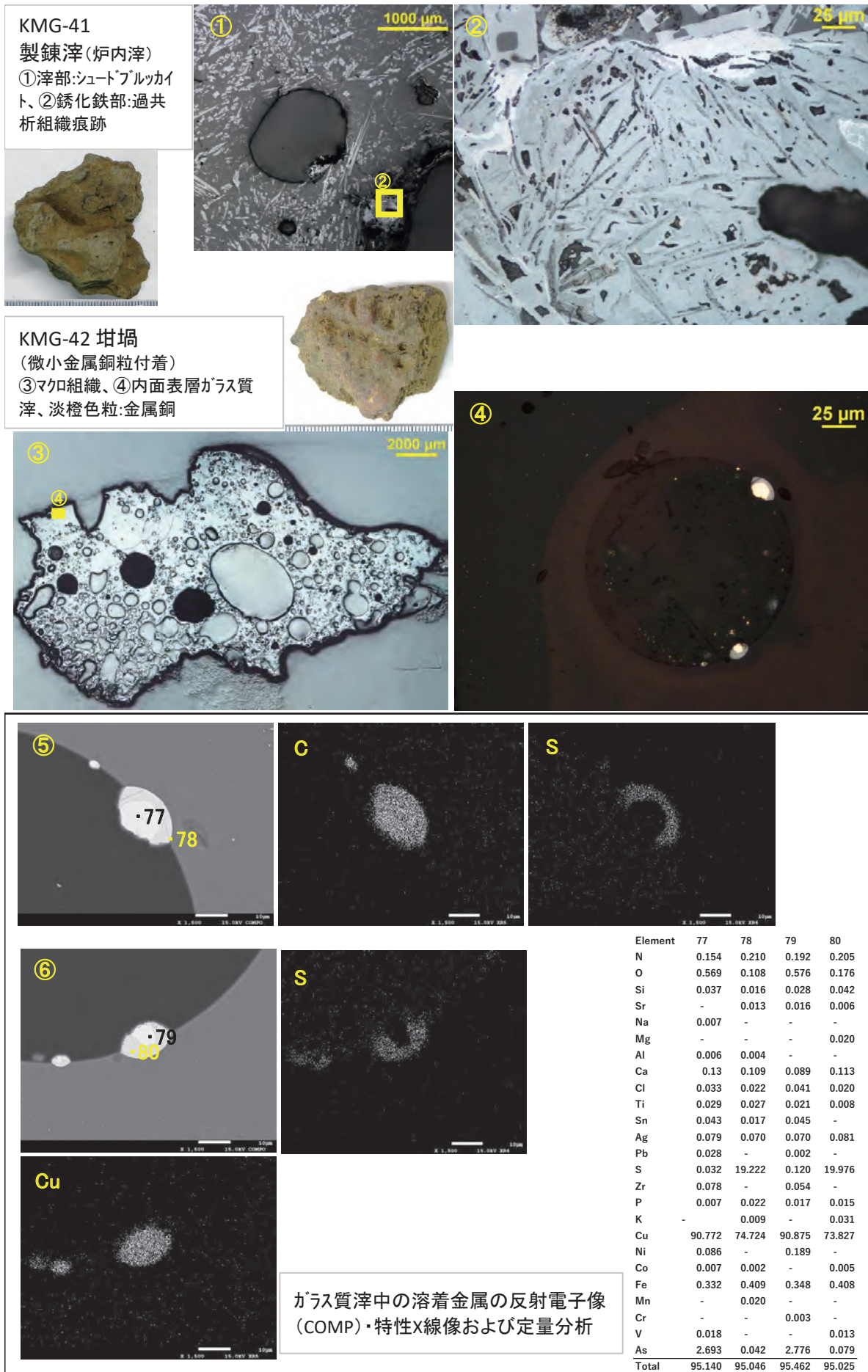


金属分析図版35 再結合滓(緑青付着)・ガラス質滓(白色、鑄鉄付着)の顕微鏡写真

KMG-40 炉壁
(鑄造用溶解炉、微小金属鉄粒付着)
①マクロ組織、
②③内面表層ガラス質
滓、微小白色粒:金
属鉄



金属分析図版36 炉壁の顕微鏡写真・EPMA調査

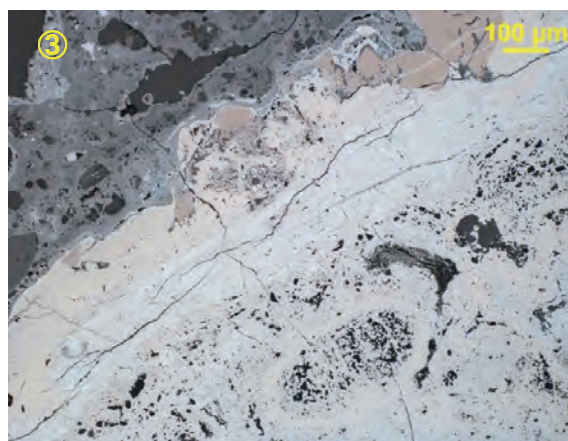
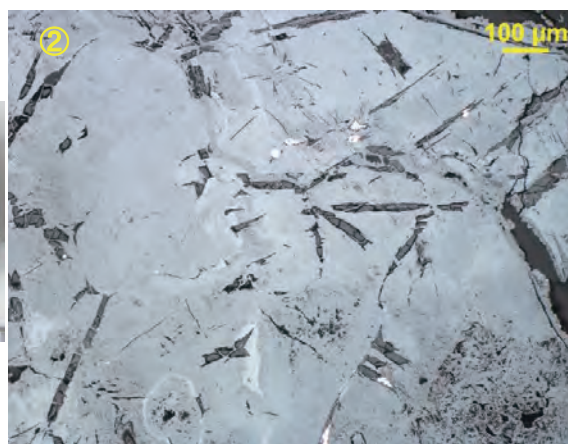


金属分析図版37 製錬滓・坩堝の顕微鏡写真・EPMA調査

KMG-43

鉄塊系遺物

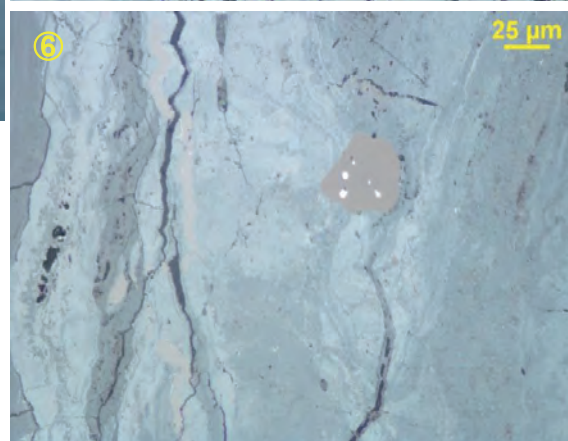
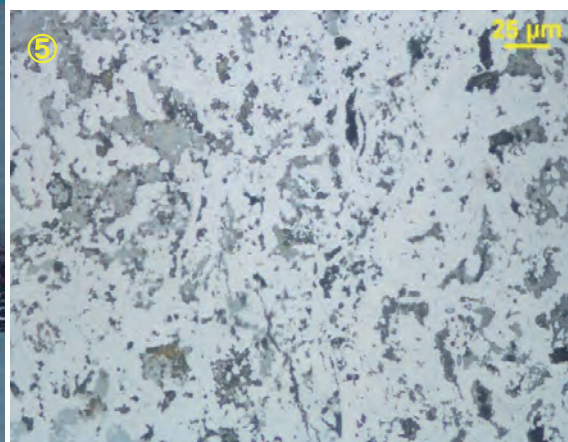
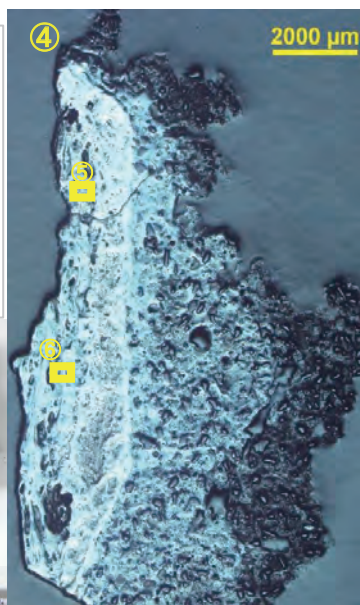
- ①マクロ組織、
②錆化鉄部:過共析
組織痕跡、③表層滓
部:ウルボスピネル



KMG-44-3

鍛造鉄器片

- ④マクロ組織、
⑤⑥錆化鉄、⑤亜共
析(フェライト・パーライト)
組織痕跡、⑥鉄中非
金属介在物:ウルボス
ピネル

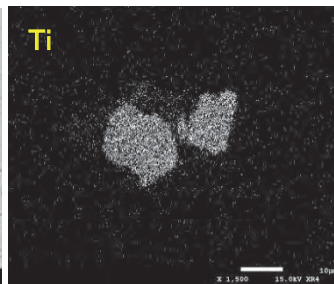
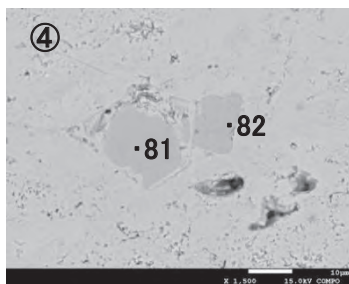
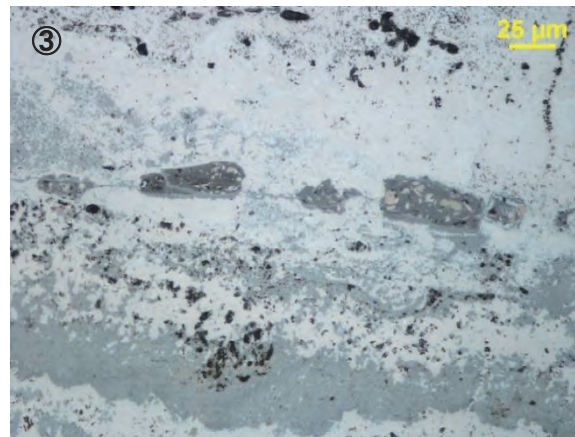
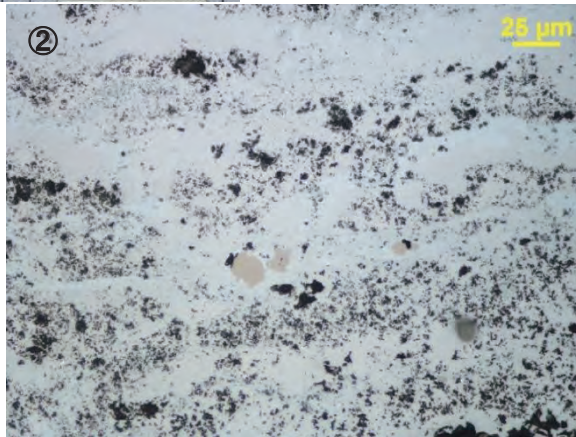
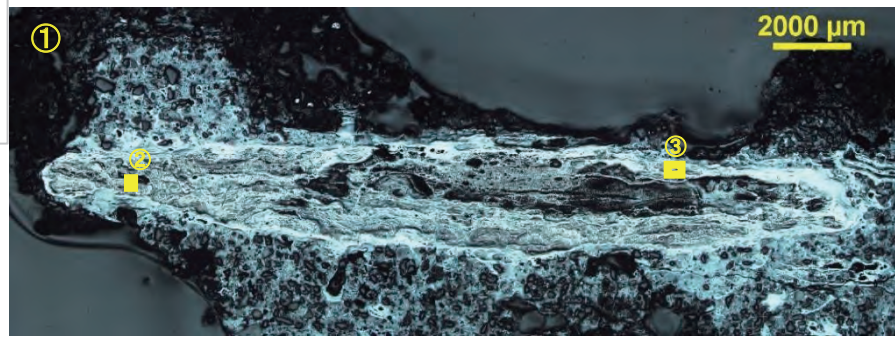


金属分析図版38 鉄塊系遺物・鍛造鉄器片の顕微鏡写真

KMG-44-1

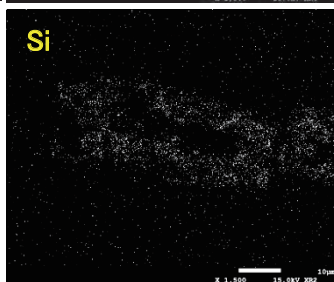
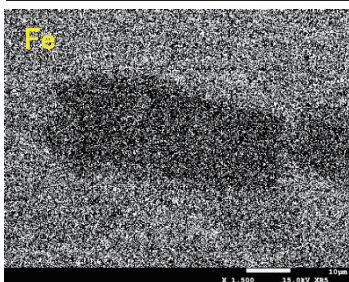
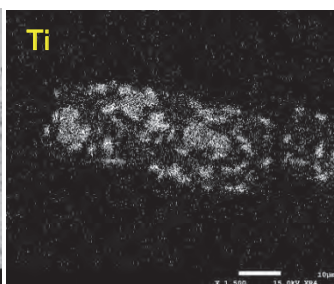
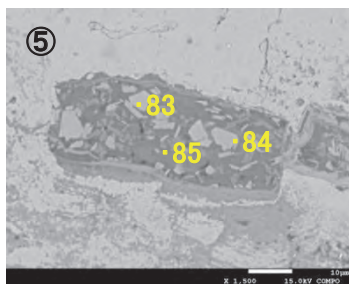
鍛造鉄器片

①マクロ組織、②③錆化鉄、
金属組織痕跡不明瞭、
鉄中非金属介在物:ウル
ボスピネル・イルメナイト



定量分析値

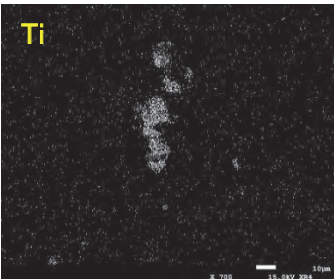
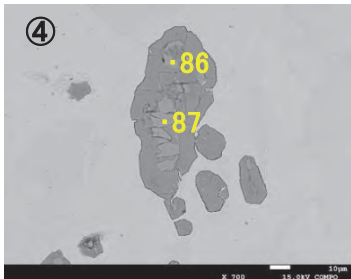
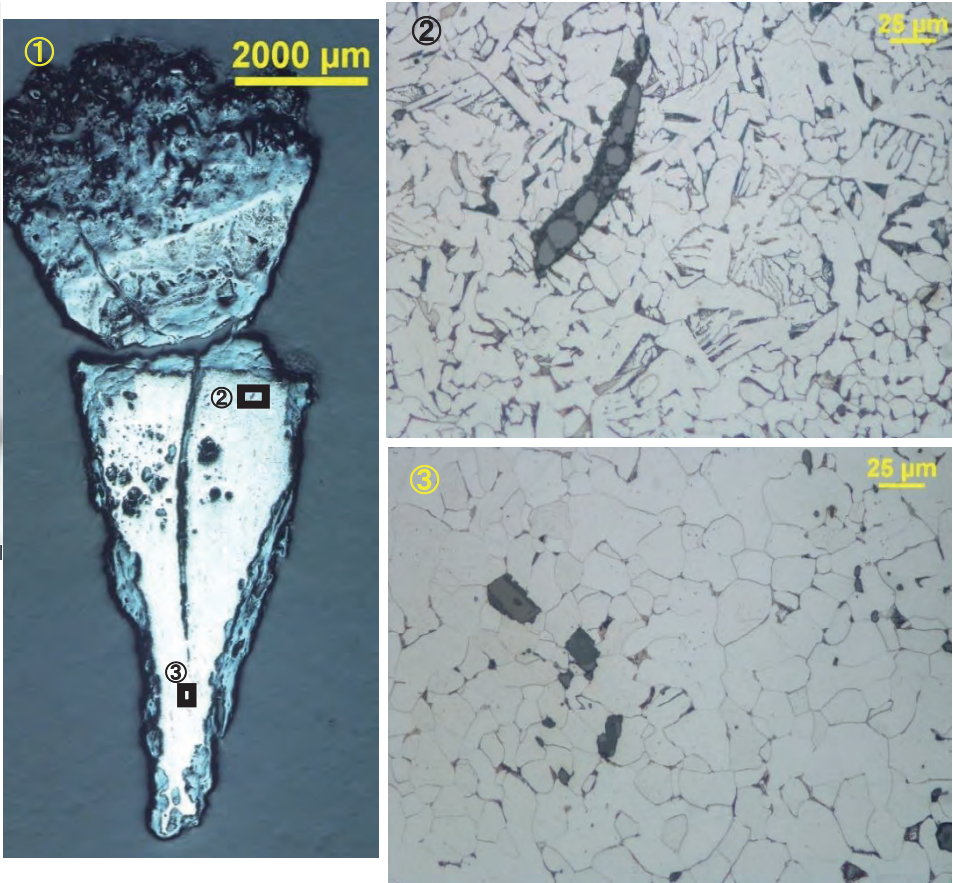
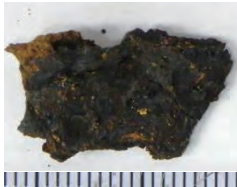
Element	81	82	83	84	85
MgO	4.601	4.194	3.134	3.206	0.235
SiO ₂	0.049	0.133	0.070	0.077	6.059
SrO	0.058	0.003	-	-	0.077
Na ₂ O	0.011	-	0.002	-	0.004
Al ₂ O ₃	4.682	4.086	6.280	6.150	12.690
CaO	-	0.002	-	-	-
TiO ₂	32.557	33.144	30.269	31.106	3.027
S	0.006	-	0.010	0.011	1.130
ZrO ₂	0.075	0.063	0.051	-	0.019
P ₂ O ₅	-	-	0.026	-	0.152
K ₂ O	-	0.003	-	-	-
CuO	-	-	-	-	0.026
FeO	53.248	55.044	52.996	53.861	57.735
MnO	0.633	0.647	0.716	0.679	0.020
Cr ₂ O ₃	0.623	0.332	1.676	1.229	0.010
V ₂ O ₃	2.882	2.142	6.266	4.834	0.061
Total	99.425	99.793	101.496	101.153	81.245



鉄中非金属介在物の反射電子像 (COMP) および特性X線像

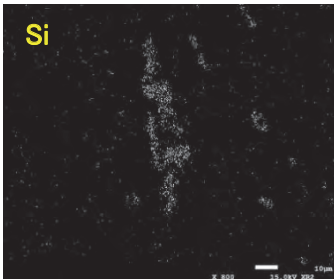
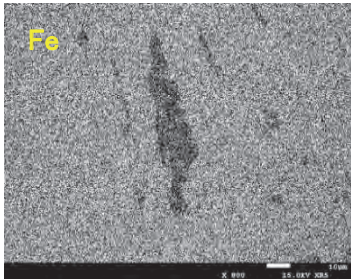
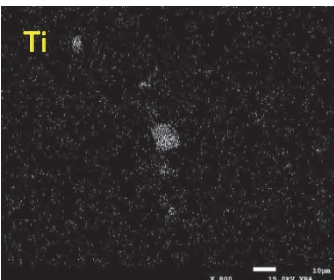
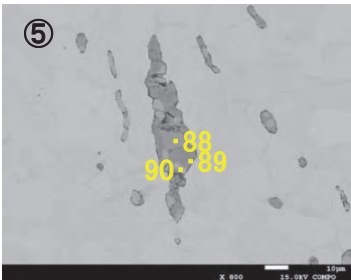
KMG-44-2
鍛造鉄器片

- ①マクロ組織
- ②③金属鉄部:亜共析(フェライト・少量パーライト)組織



定量分析値

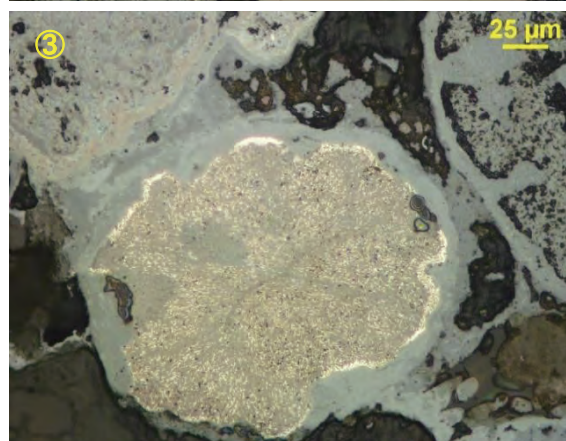
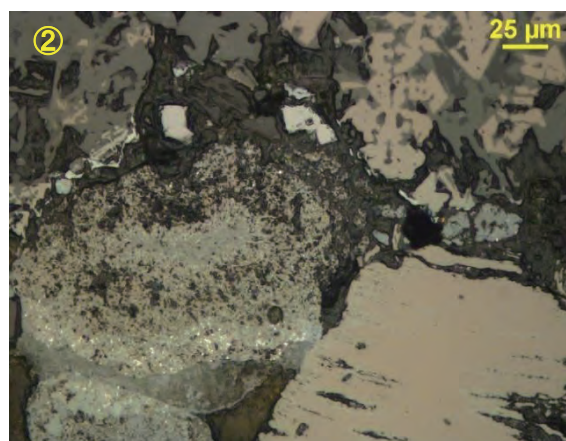
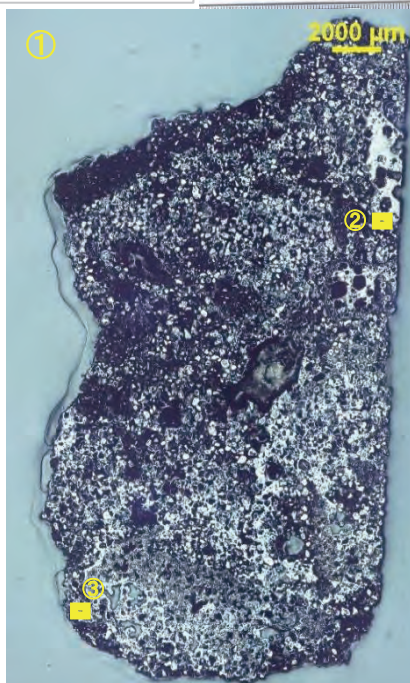
Element	86	87	88	89	90
MgO	1.234	2.601	1.827	10.161	0.358
SiO ₂	0.161	0.077	0.273	31.960	0.482
SrO	-	0.003	0.048	0.277	0.076
Na ₂ O	-	-	0.007	-	0.005
Al ₂ O ₃	5.37	5.909	9.418	0.112	0.499
CaO	-	-	0.005	0.501	-
TiO ₂	28.125	28.199	21.500	0.193	1.298
ZrO ₂	0.030	-	0.024	-	0.052
P ₂ O ₅	-	0.038	-	0.080	0.061
K ₂ O	0.011	0.001	0.008	0.004	-
CuO	-	0.010	-	-	0.030
FeO	64.401	60.842	62.029	56.967	96.135
MnO	0.231	0.242	0.160	0.425	0.102
Cr ₂ O ₃	0.137	0.358	0.493	0.021	-
V ₂ O ₃	0.950	2.471	3.167	0.040	0.097
Total	100.650	100.751	98.959	100.741	99.195



鉄中非金属介在物の反射電子像 (COMP) および特性X線像

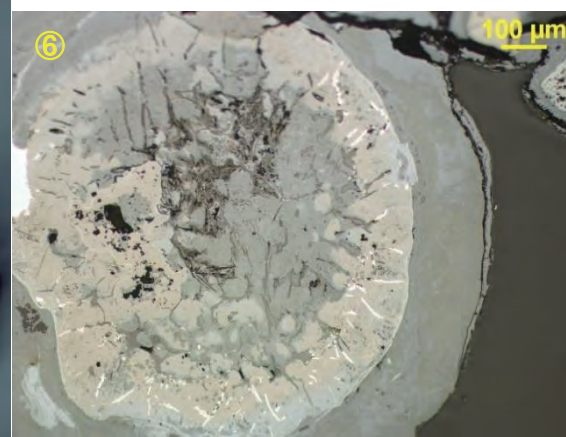
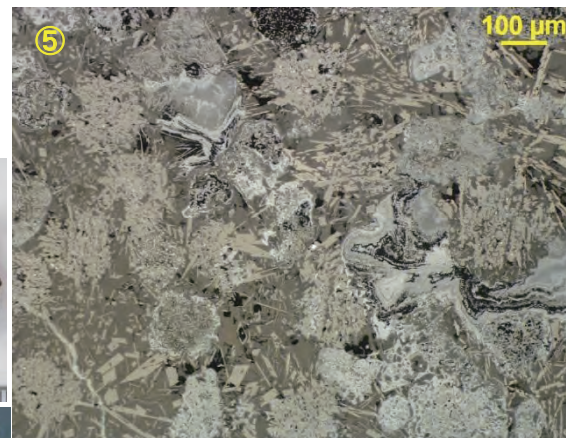
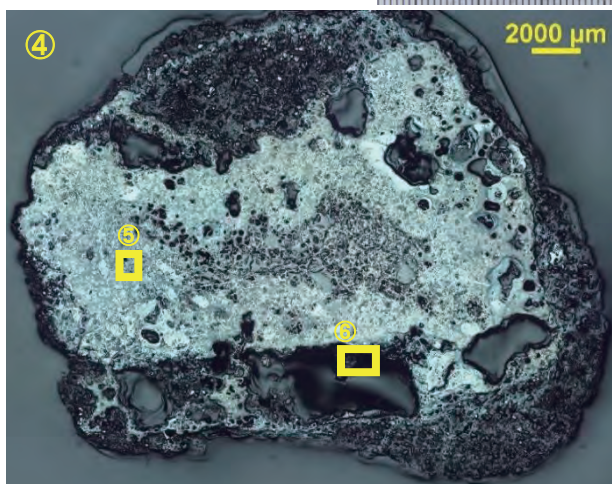
KMG-45 砂鉄焼結塊

①マクロ組織、②上側:製錬滓、ウルボスピネル・ファヤライト、②下側・③被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、粒内微小明白色部:金属鉄



KMG-46 製錬滓(炉内滓)

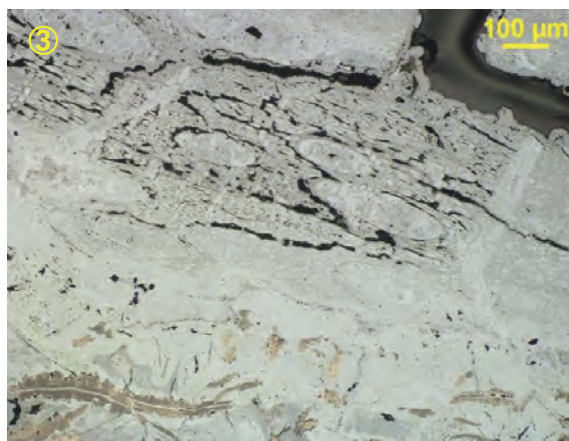
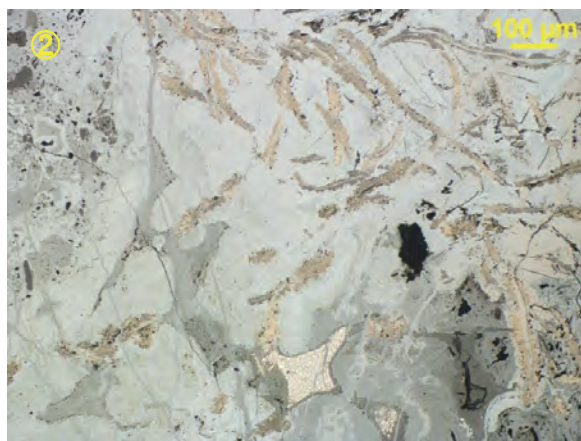
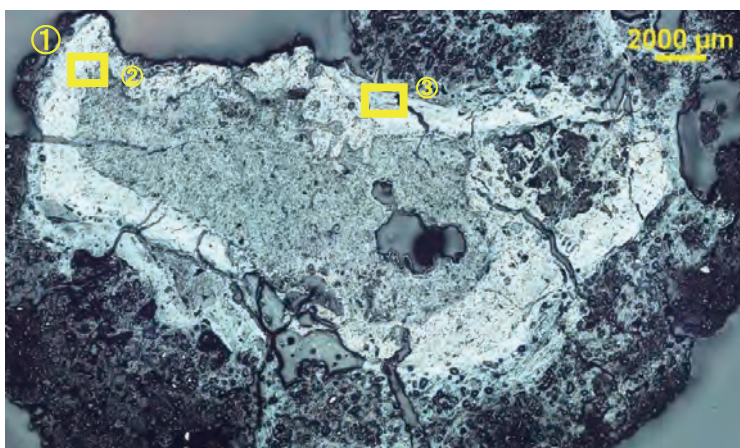
④マクロ組織、⑤被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)還元・滓化、滓部:イルメナイト・シュートブルッカイト、⑥錆化鉄粒:亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡



金属分析図版41 砂鉄焼結塊・製錬滓の顕微鏡写真

KMG-47 鉄塊系遺物

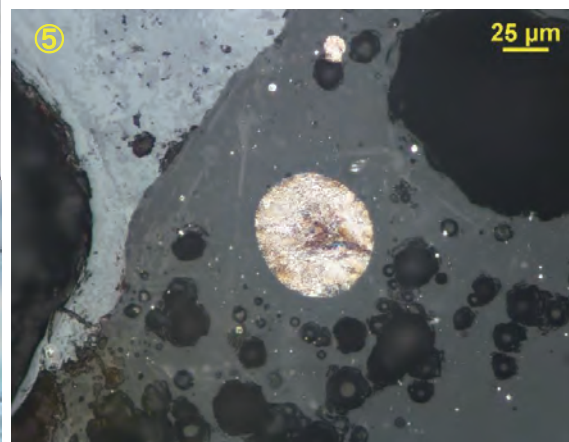
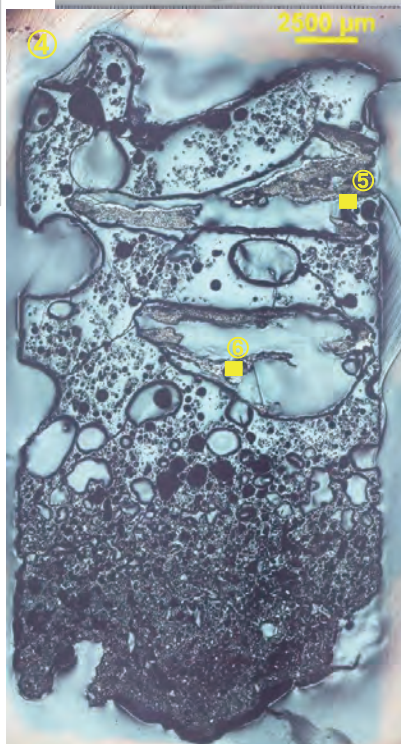
①マクロ組織、②③錆化鉄部:ねずみ
鑄鉄、③表層:木炭破片付着、広葉
樹材



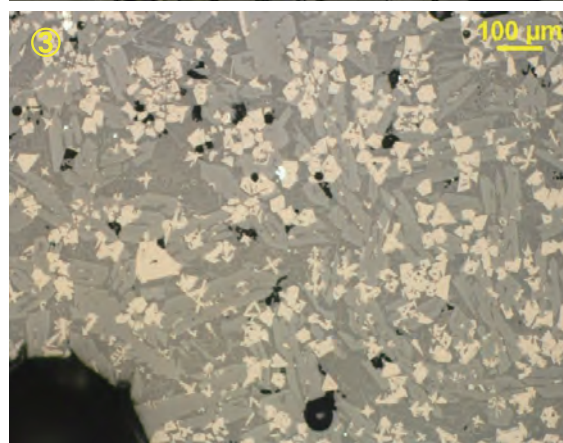
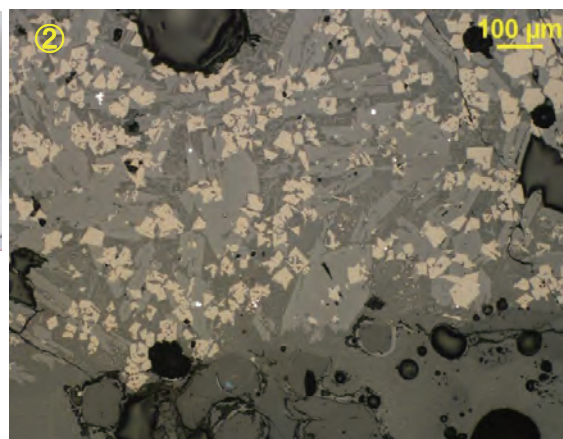
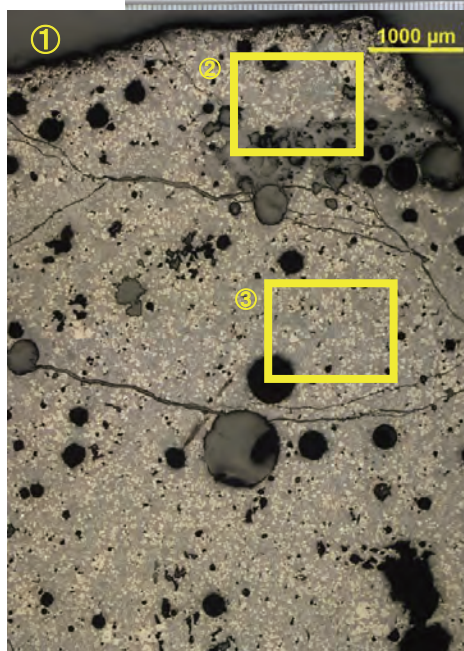
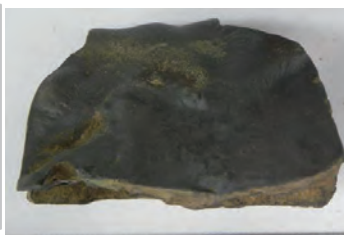
KMG-48

炉壁 (製鉄炉、
含鉄)

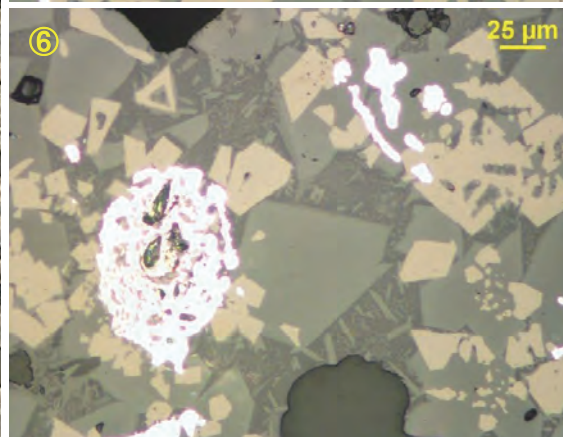
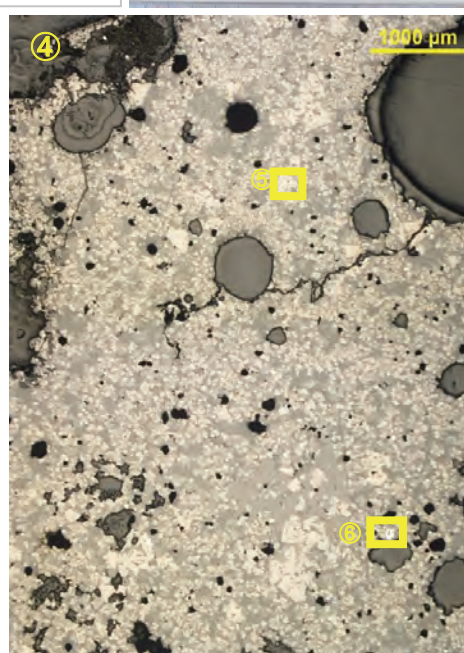
④マクロ組織、⑤
内面表層ガラス
質中の微小金
属鉄粒、共析
(パーライト)組織、
⑥錆化鉄粒、ね
ずみ鑄鉄組織



KMG-49 製鍊滓
(炉外流出滓)
①～③素地:製鍊滓、
ウルホスピネル・ファヤライト、
暗灰色部:ガラス質滓



KMG-50 製鍊滓
(炉外流出滓)
④～⑥滓部:ウルホスピ
ネル・ファヤライト、微小明
白色粒:金属鉄

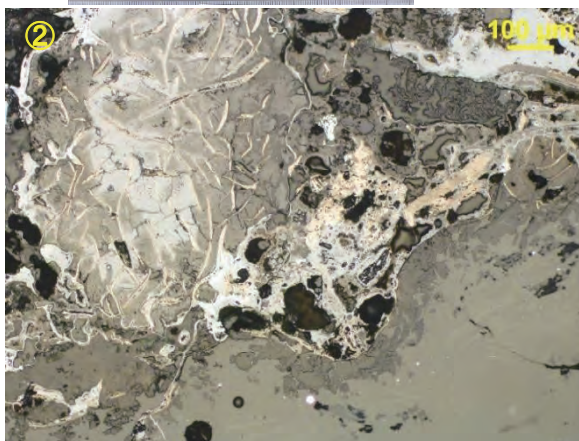
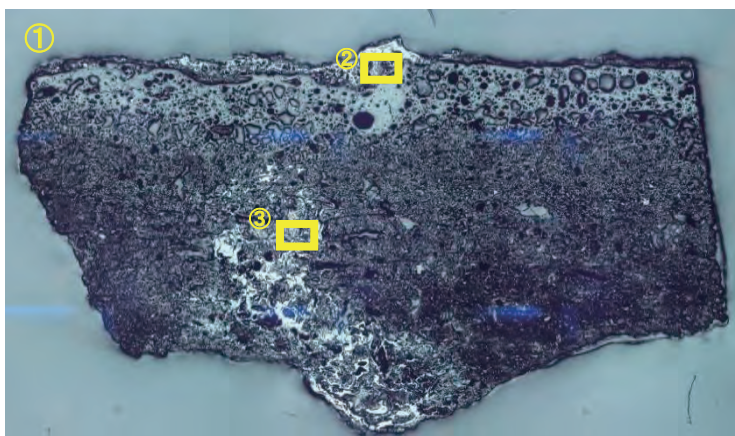
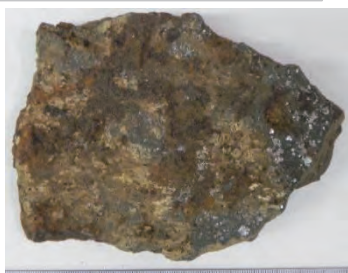


金属分析図版43 製鍊滓の顕微鏡写真

KMG-51 炉壁

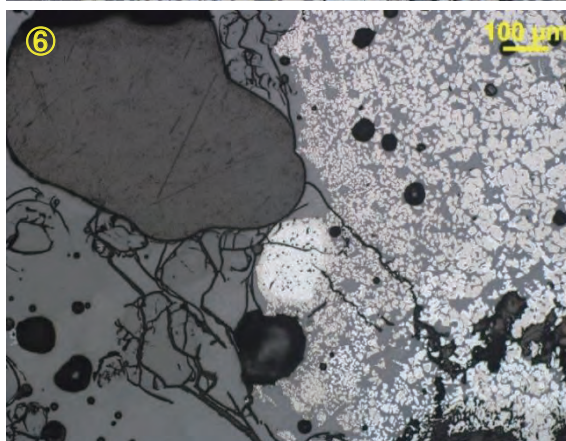
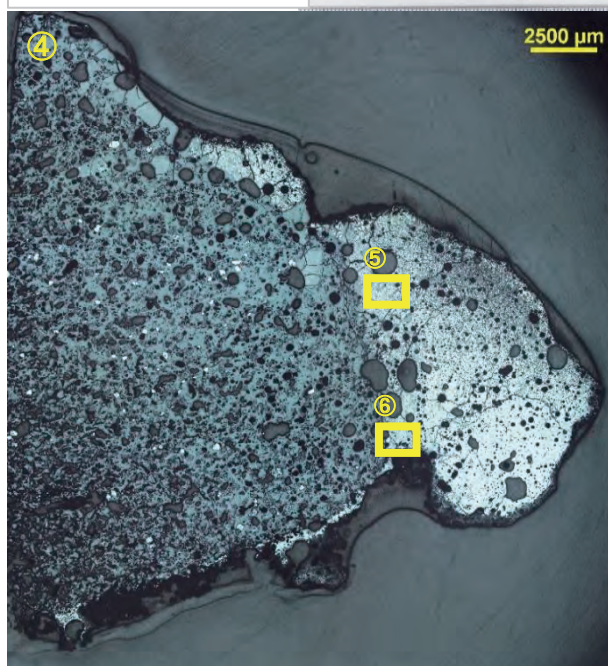
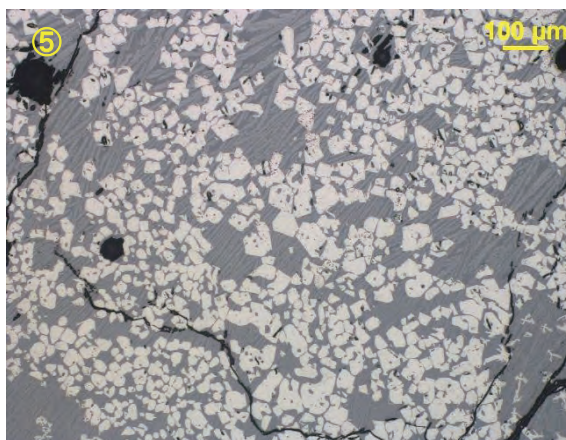
(鑄造用溶解炉: 鑄鉄附着)

①マクロ組織、②③錆化鉄部拡大、ねずみ鑄鉄組織痕跡

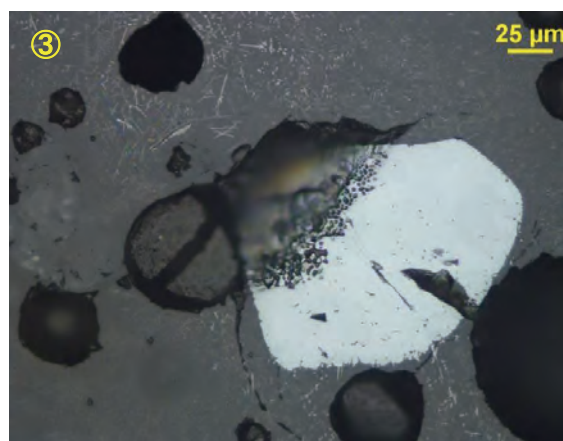
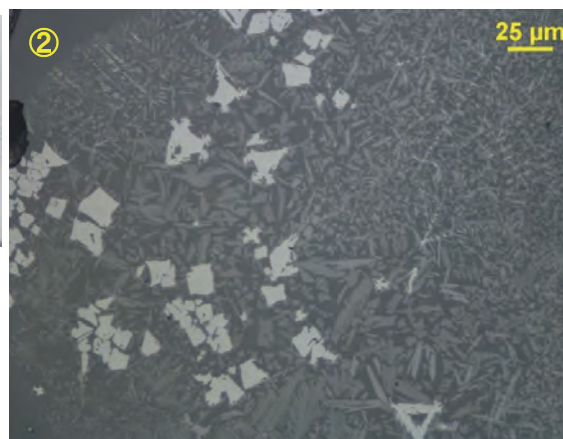
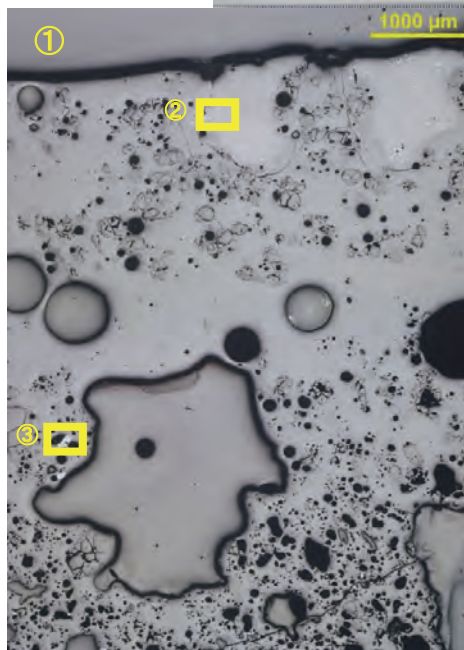


KMG-52 羽口 (鍛冶)

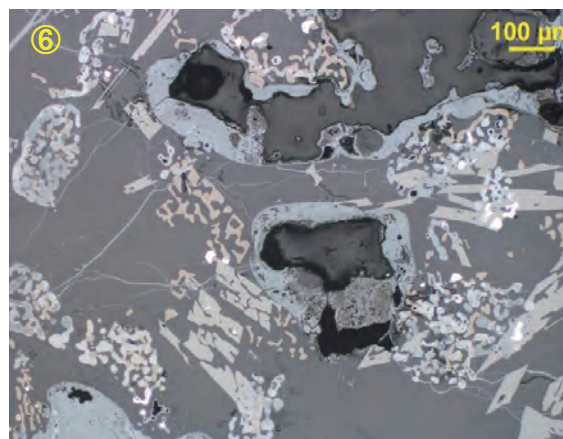
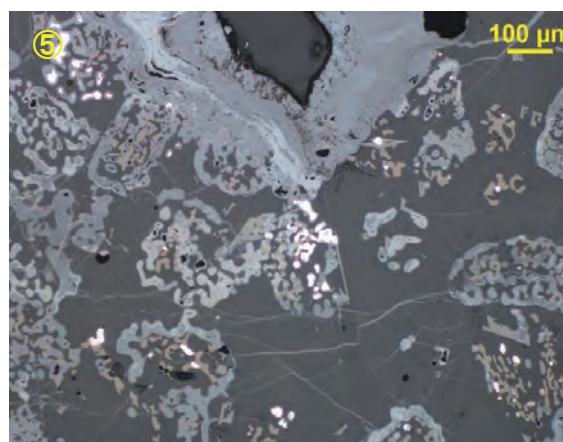
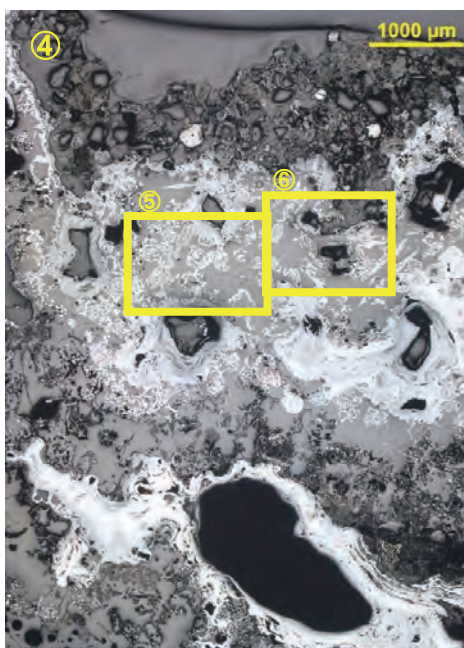
④マクロ組織、⑤鍛冶滓、マグネタイト・ファヤライト、⑥左側: 羽口 (粘土鉱物がガラス質化、灰褐色粒: 羽口粘土中の砂鉄)、右側: 鍛冶滓、マグネタイト・ファヤライト



KMG-93 羽口 (大口径)
①外面表層:ガラス質滓、②マ
グネタイト、③明灰色粒:砂鉄

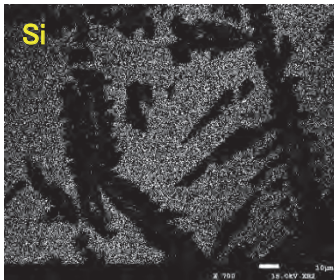
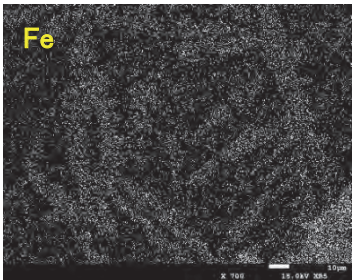
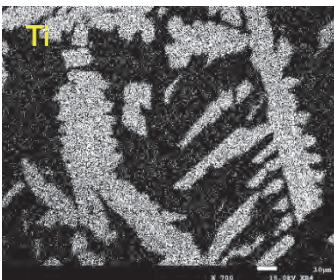
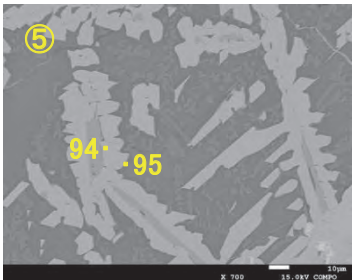
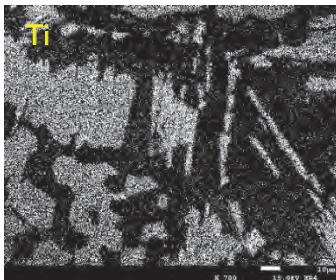
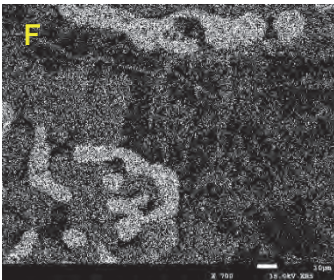
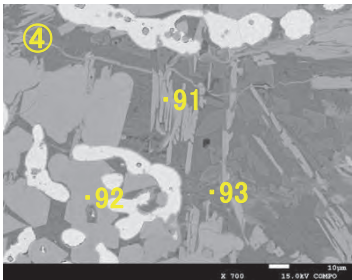
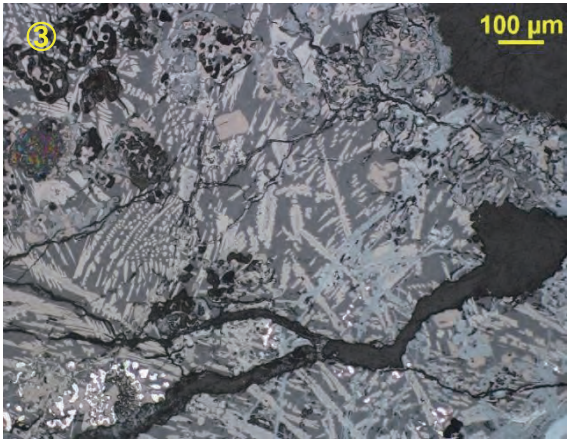
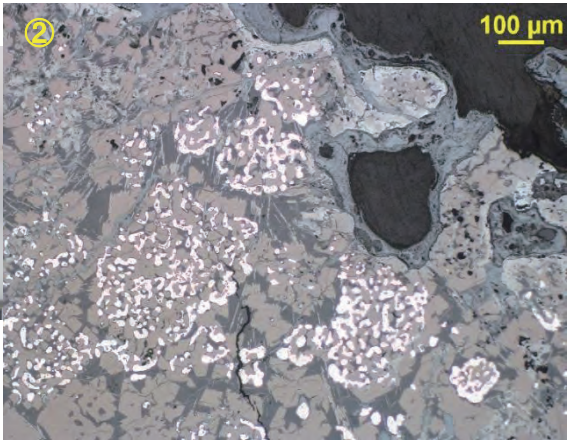
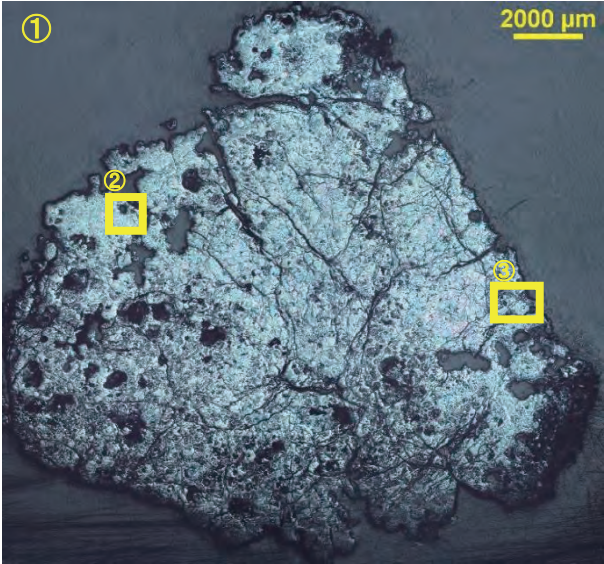


KMG-94 炉壁
(製鉄炉、含鉄)
④～⑥内面表層、砂鉄粒
子還元・滓化、不定形青
灰色部:錆化鉄、滓部:ウル
ボスピネル・シュートブルカイト



金属分析図版45 羽口・炉壁の顕微鏡写真

KMG-95 含鉄鉄滓
①マクロ組織、②③滓部:ウルボスピネル・イルメナイト・シュートブルッカイト、微小明白色粒:金属鉄

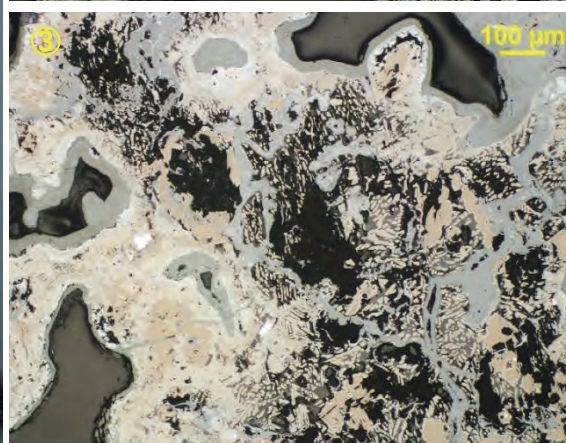
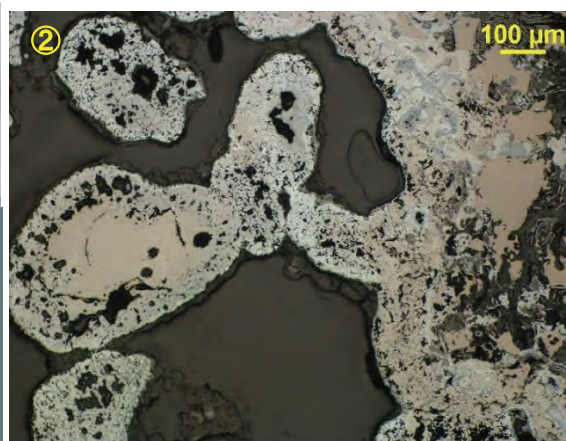
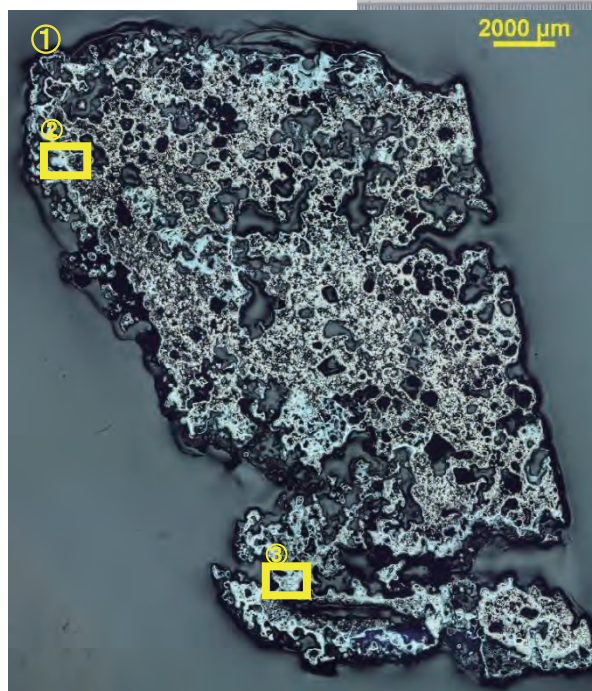


定量分析値					
Element	91	92	93	94	95
MgO	3.913	8.102	1.164	8.009	7.127
SiO ₂	0.254	0.123	46.993	0.109	0.028
SrO	0.029	0.022	0.240	-	0.013
Na ₂ O	-	-	0.245	-	-
Al ₂ O ₃	0.196	6.654	16.743	3.512	0.459
CaO	0.328	-	11.294	0.133	0.072
TiO ₂	56.726	36.413	2.369	76.592	59.024
S	0.002	0.014	0.184	0.002	-
ZrO ₂	0.126	-	0.119	0.130	0.035
P ₂ O ₅	0.016	-	1.461	-	-
K ₂ O	0.049	0.003	4.151	0.011	0.012
CuO	-	-	0.017	-	-
FeO	39.991	46.956	14.185	11.998	33.920
MnO	1.782	1.417	0.594	0.358	2.048
Cr ₂ O ₃	0.026	0.382	0.058	0.196	0.057
V ₂ O ₃	0.493	3.288	0.015	3.957	1.240
Total	103.931	103.374	99.832	105.007	104.035

滓部の反射電子像 (COMP) および特性X線像

KMG-53 砂鉄焼結塊

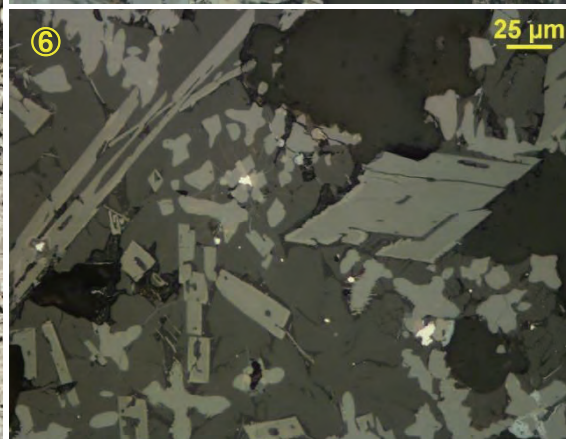
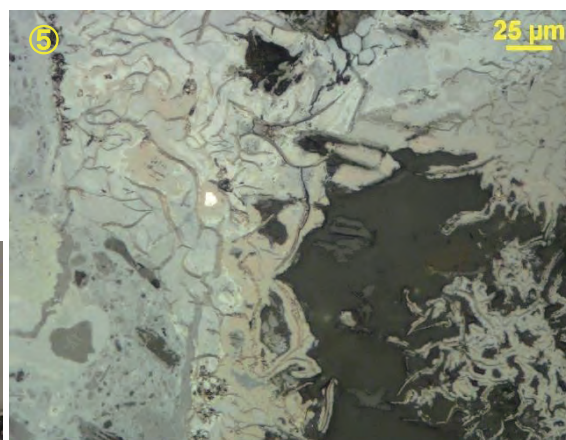
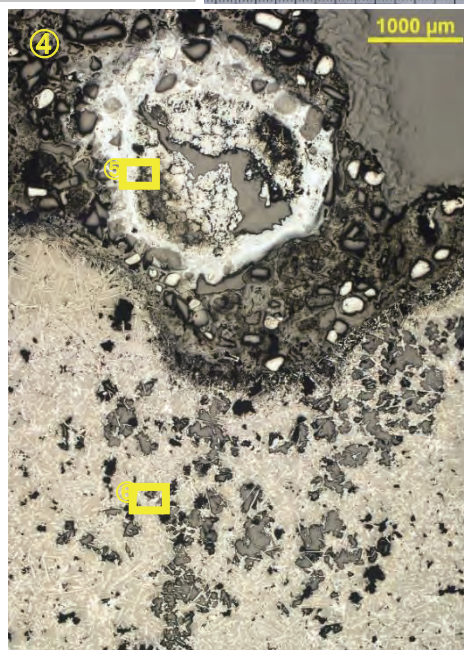
①マクロ組織、②③被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、滓部:ウルホスピネル・イルメナイト



KMG-54 製錬滓

(炉外流出滓)

④上側: 錆化鉄粒附着、素地: 製錬滓、⑤錆化鉄粒、ねずみ鑄鉄組織痕跡、⑥シート・ブルッカイト

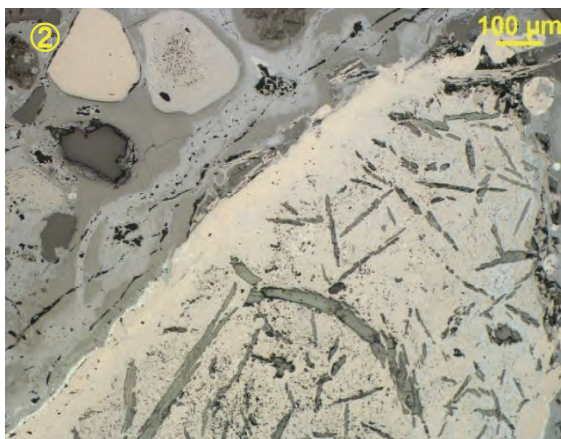
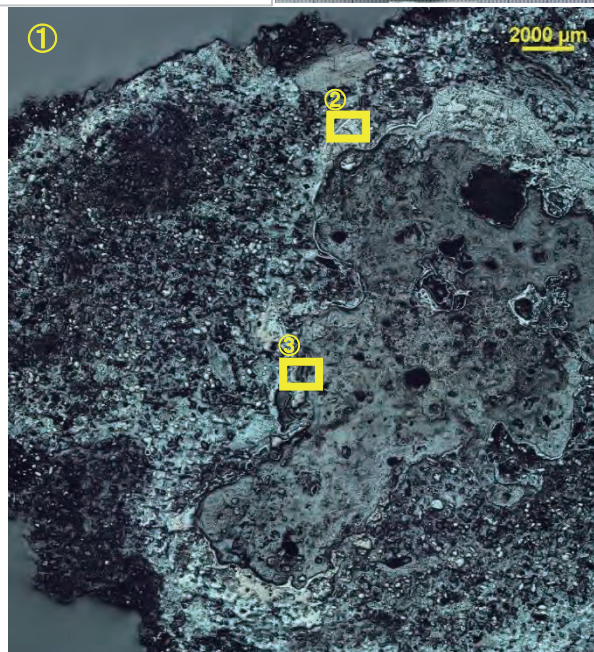


金属分析図版47 砂鉄焼結塊・製錬滓の顕微鏡写真

KMG-55

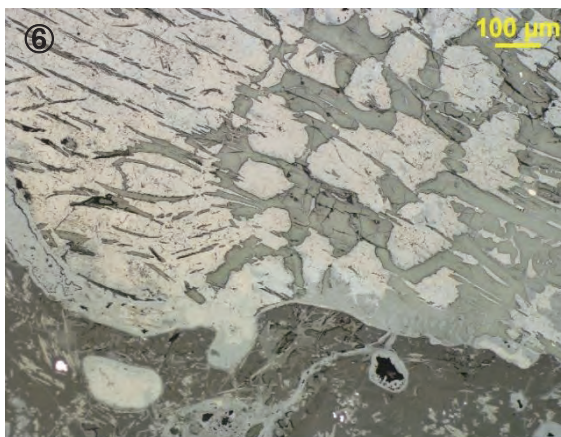
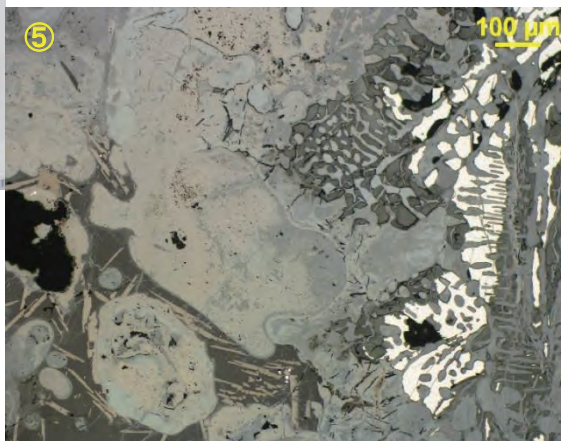
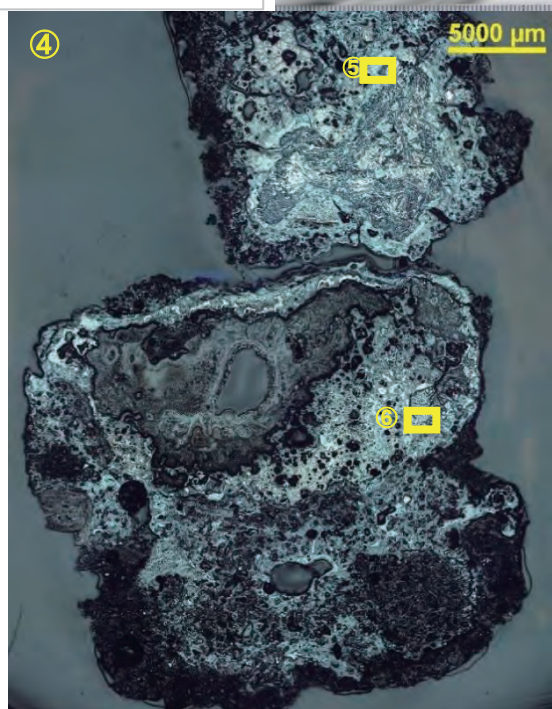
鉄塊系遺物

①マクロ組織、②灰褐色粒:砂鉄(含チタン鉄鉱)、③滓部:ウルボスピネル・ilmait、②③錆化鉄、過共析組織痕跡



KMG-56 鉄塊系遺物

④マクロ組織、⑤⑥滓部:ilmait、錆化鉄:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡

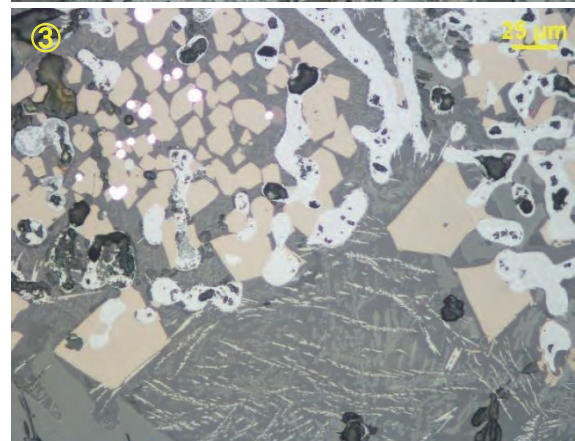
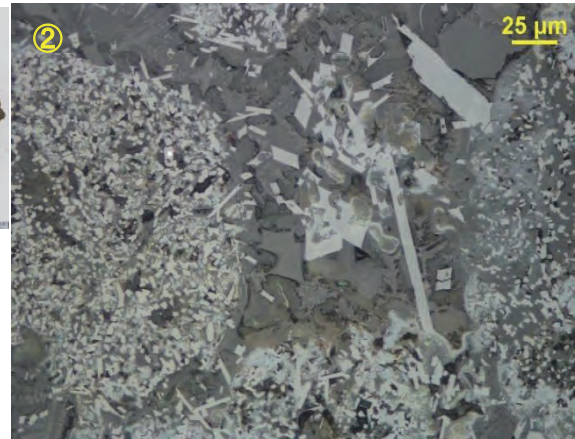
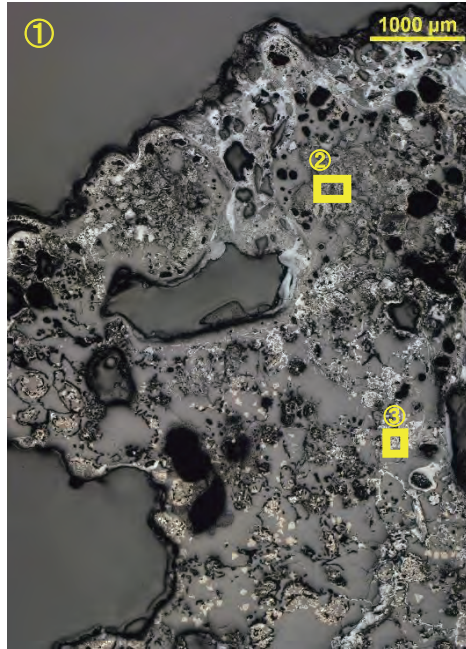


金属分析図版48 鉄塊系遺物の顕微鏡写真

KMG-57

炉壁(製鉄炉)

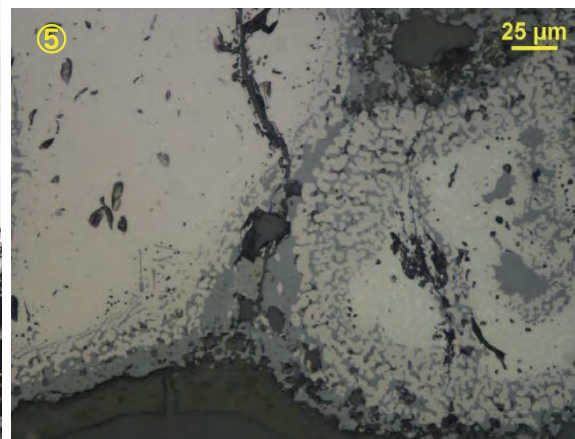
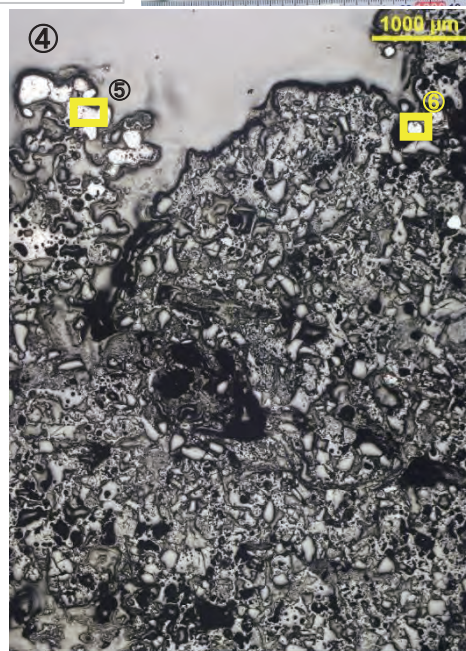
①内面表層:砂鉄製
鍊滓、②③被熱砂鉄
(含チタン鉄鉱)還元・
滓化、ウルホスピネル・イ
ルメナイト・シュートブルツカイ



KMG-58

炉壁(製鉄炉)

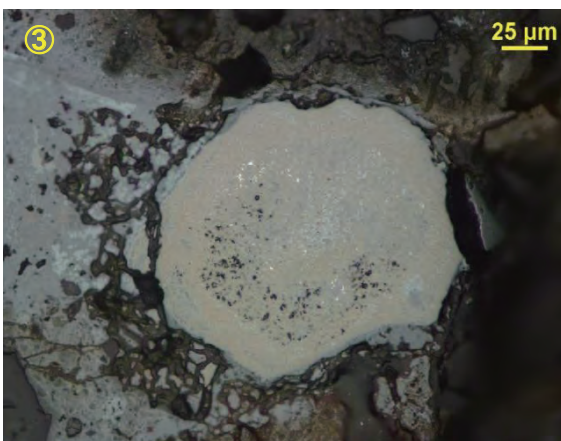
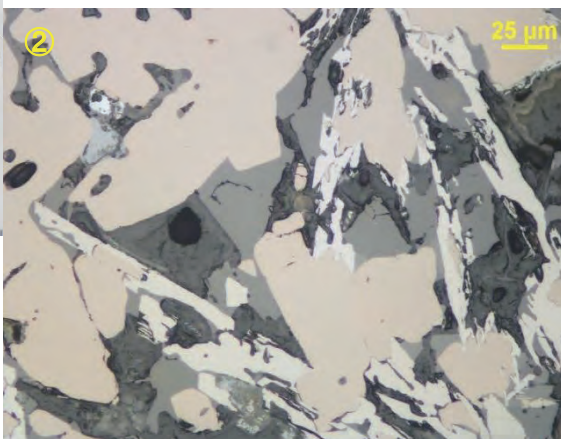
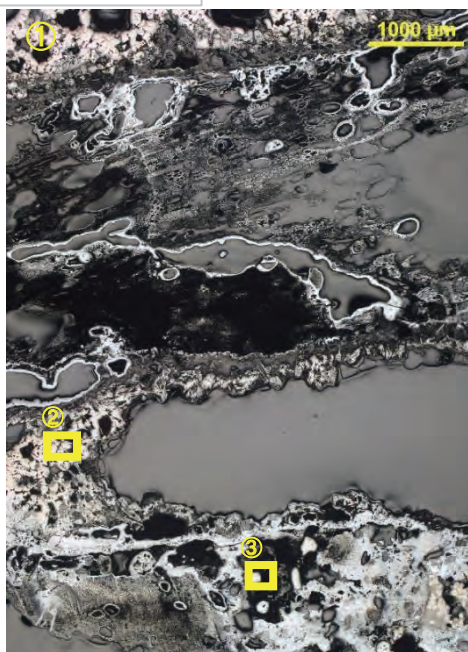
④暗灰色部:炉壁、粘
土鉱物:ガラス質化、⑤
⑥表層灰褐色粒:被
熱砂鉄(含チタン鉄鉱)



金属分析図版49 炉壁の顕微鏡写真

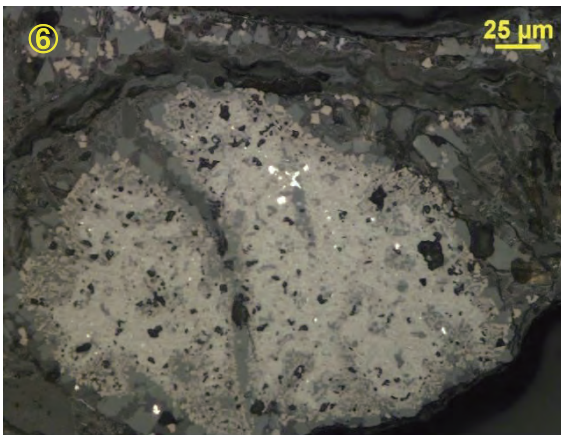
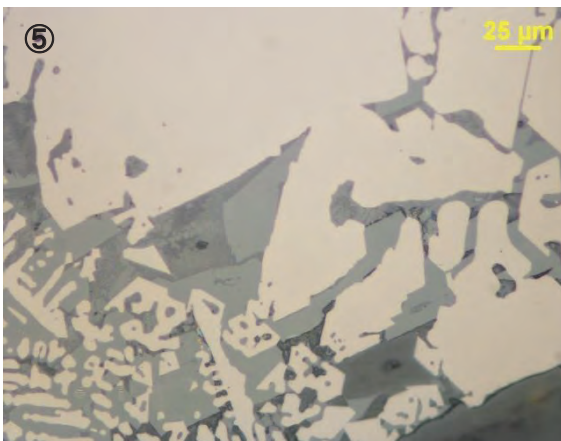
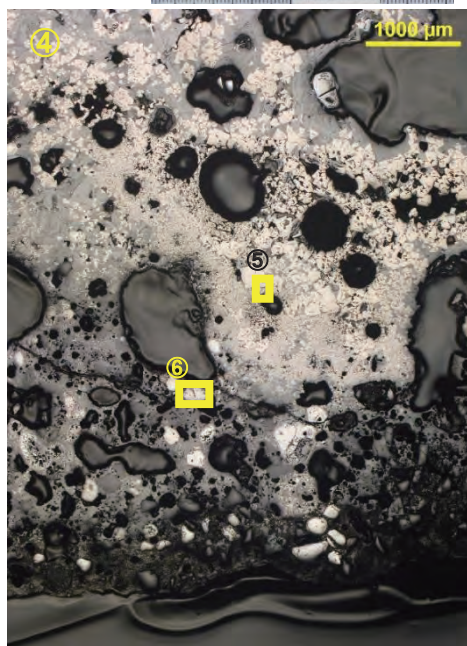
KMG-59 製錬滓 (炉内滓)

①灰褐色部:製錬滓、黒色部:
木炭破片、広葉樹材、②滓部
拡大、ウルボスピネル・イルメイト、
③被熱砂鉄 (含チタン鉄鉱)
拡大、粒内微小明白力粒:金

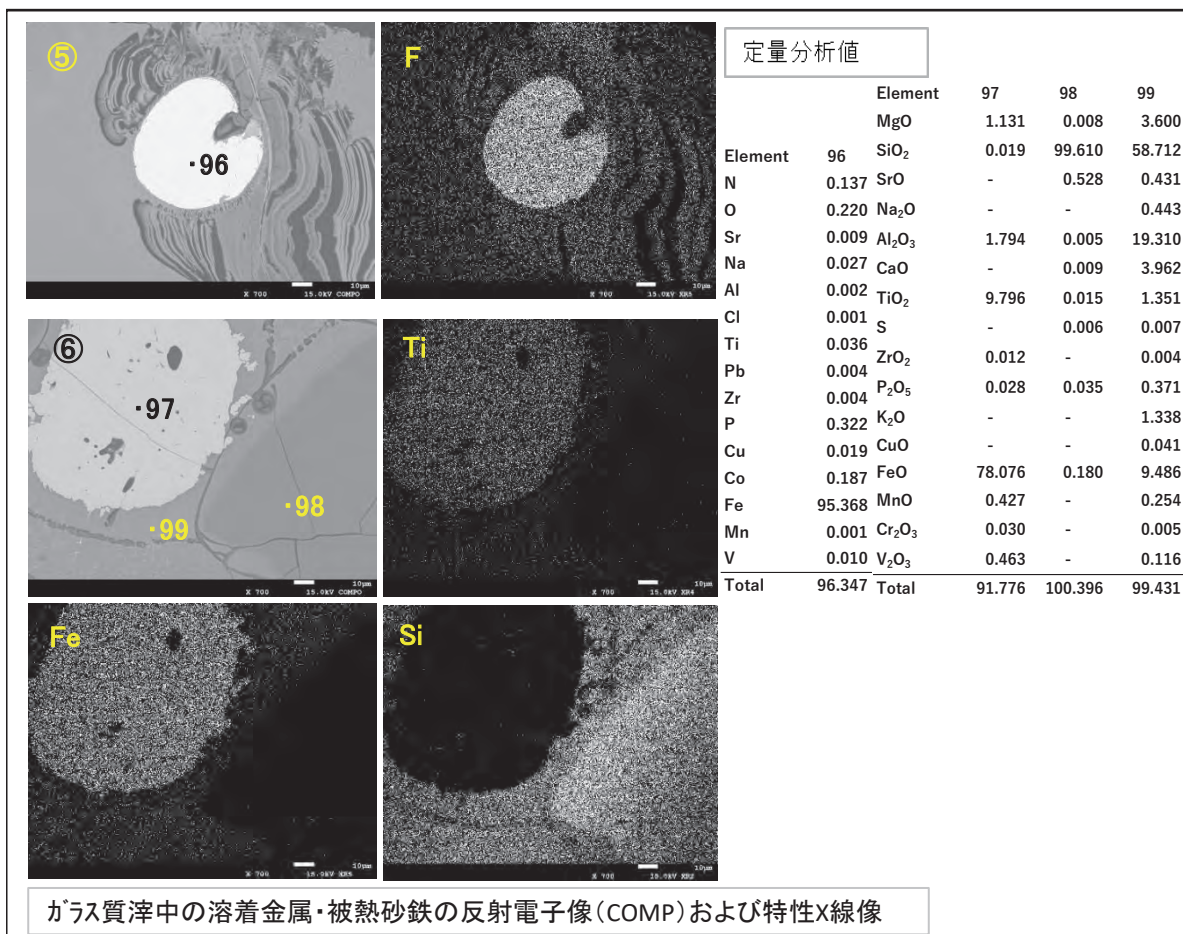
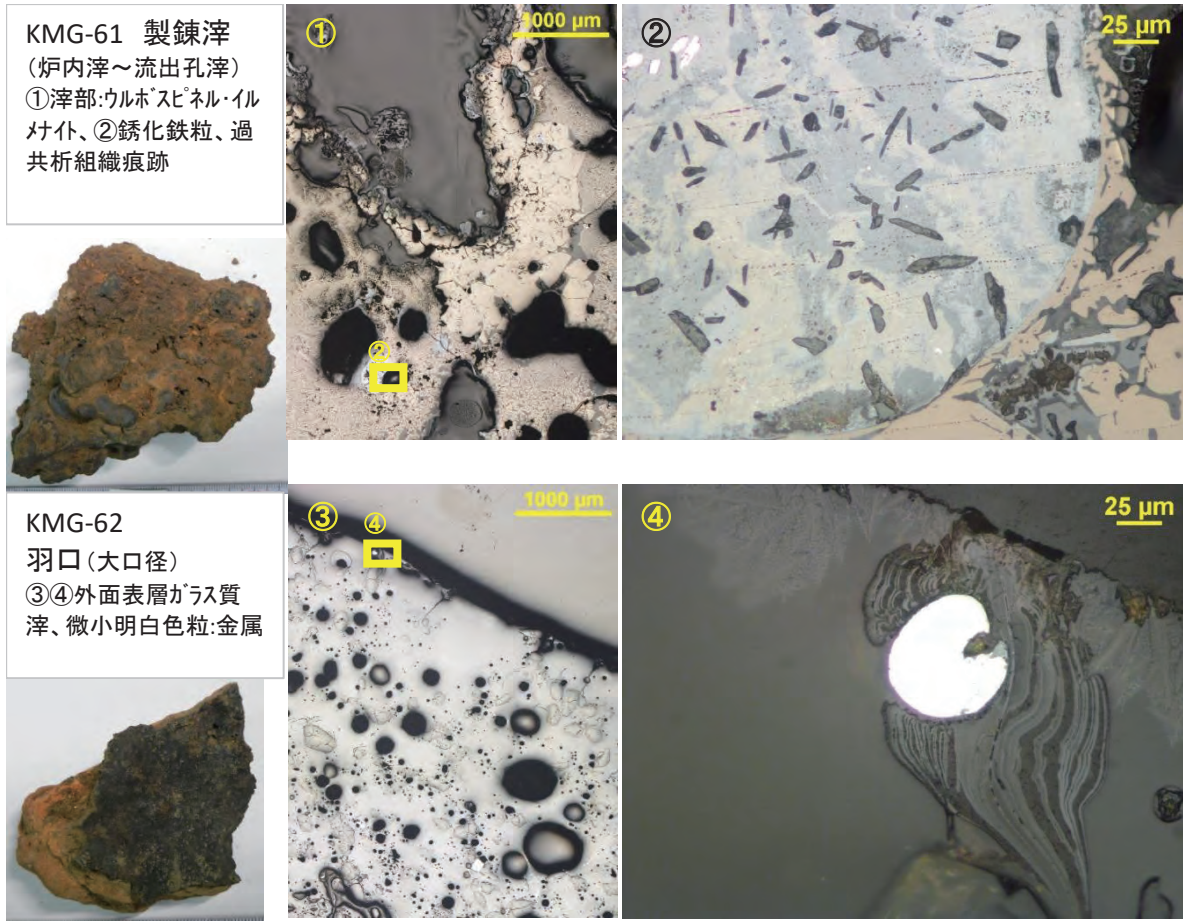


KMG-60 製錬滓
(炉内滓)

④上側:滓部、ウルボスピ
ネル・ファヤライト、下側:ガラ
ス質滓、被熱砂鉄 (含チ
タン鉄鉱)、⑤滓部、⑥被
熱砂鉄粒子拡大

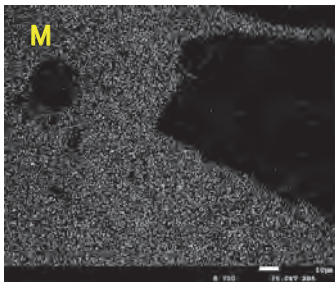
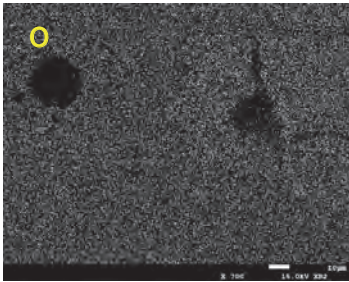
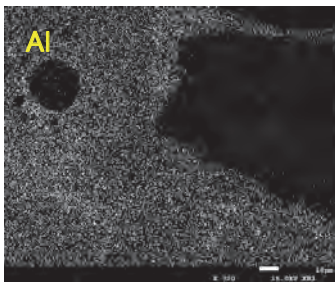
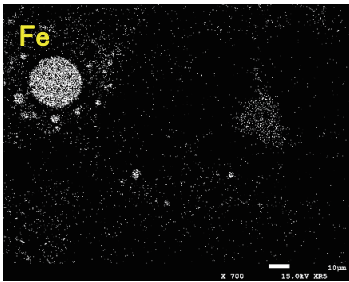
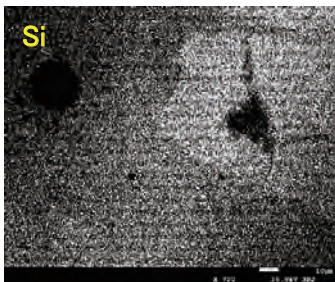
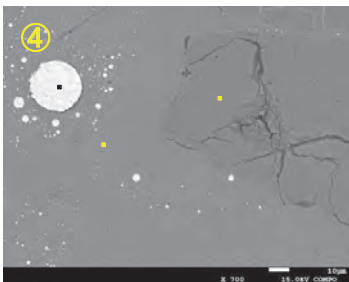
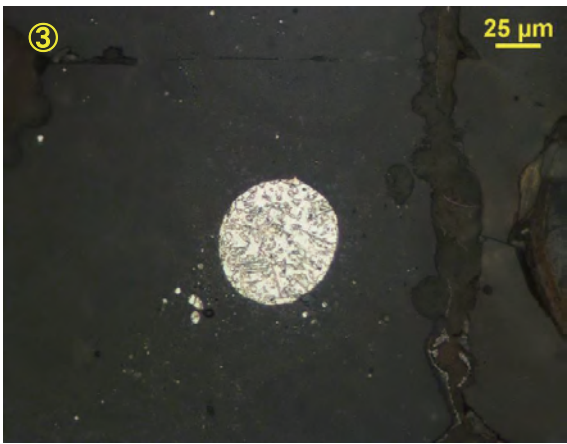
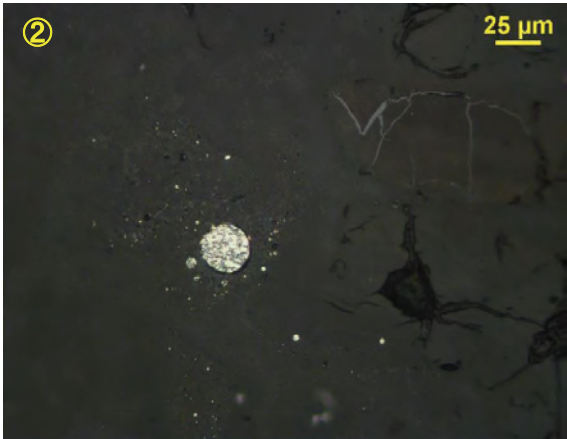
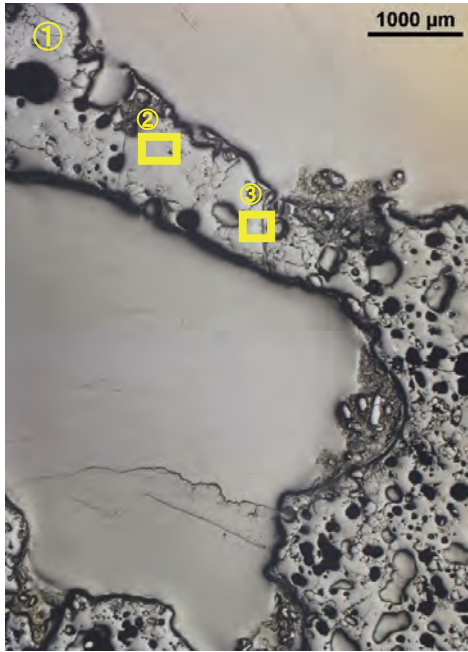


金属分析図版50 製錬滓の顕微鏡写真



金属分析図版51 製錬滓・羽口の顕微鏡写真・EPMA調査

KMG-63 炉壁(製鉄
炉?微小金属鉄粒附着)
①内面表層ガラス質滓、②
③微小明白色粒:金属鉄
(フェライト・セメント)



定量分析値

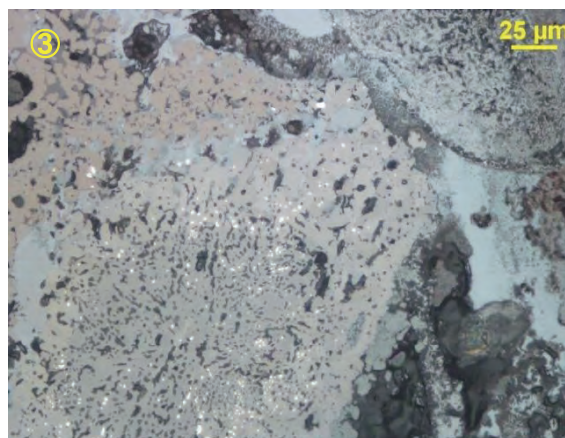
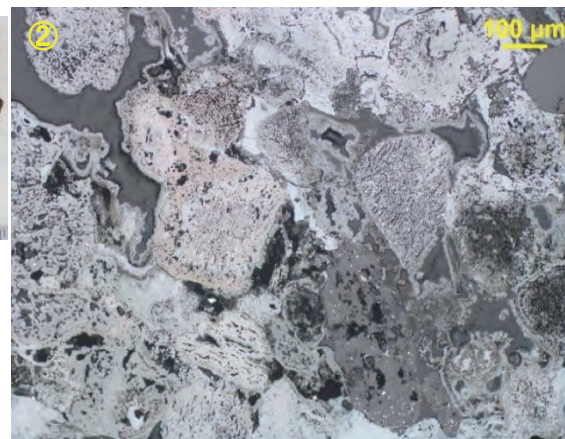
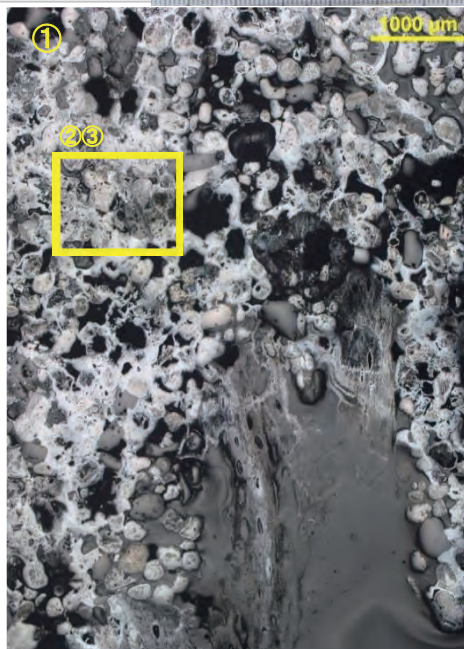
Element	100	Element	101	102
N	0.093	F	-	0.016
O	0.144	MgO	0.081	1.025
Si	0.487	SiO ₂	102.080	60.671
Na	0.007	SrO	0.611	0.425
Al	0.041	Na ₂ O	0.039	0.667
Ti	0.019	Al ₂ O ₃	0.939	22.297
Sn	0.005	CaO	0.047	1.174
Pb	0.075	TiO ₂	0.013	1.065
P	0.253	S	0.001	0.012
K	0.052	ZrO ₂	-	0.036
Cu	0.289	P ₂ O ₅	0.003	-
Ni	0.018	K ₂ O	0.383	7.820
Co	0.190	CuO	-	-
Fe	95.627	FeO	0.087	0.173
Cr	0.029	MnO	0.035	0.090
V	0.053			
Total	97.382	Total	104.319	95.471

ガラス質滓中溶着金属の反射電子像(COMP)および特性X線像

KMG-96

砂鉄焼結塊

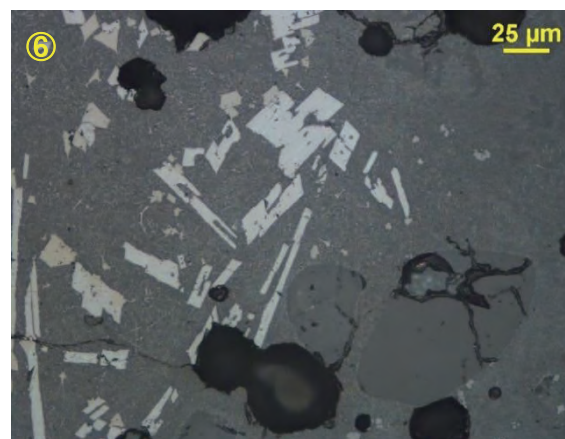
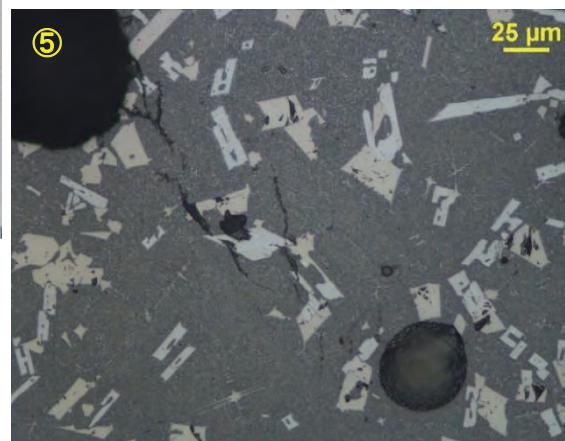
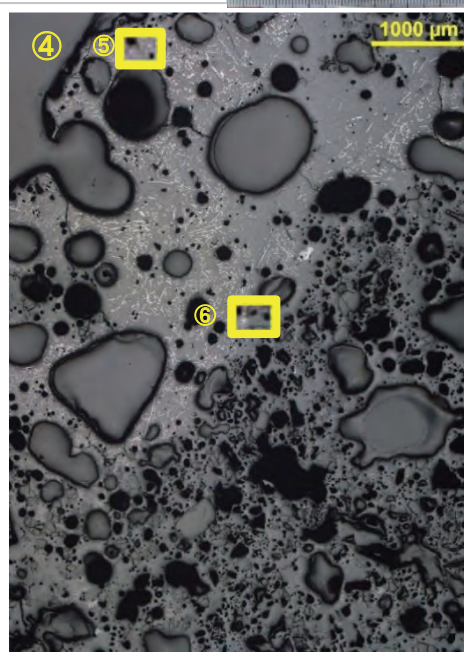
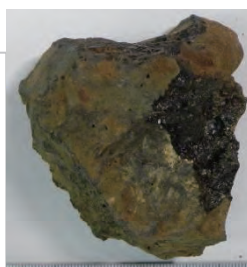
①被熱砂鉄、下側黒色部:木炭破片、広葉樹材、
②③被熱砂鉄(含チタン鉄
鉱)、粒内微小明白色部:
金属鉄



KMG-97

製錬滓(炉内滓、ガラス質滓)

④左上表層部:砂鉄製錬滓、右下:ガラス質滓、⑤⑥製錬滓拡大、
ウルホスピネル・シュートブルッカイト

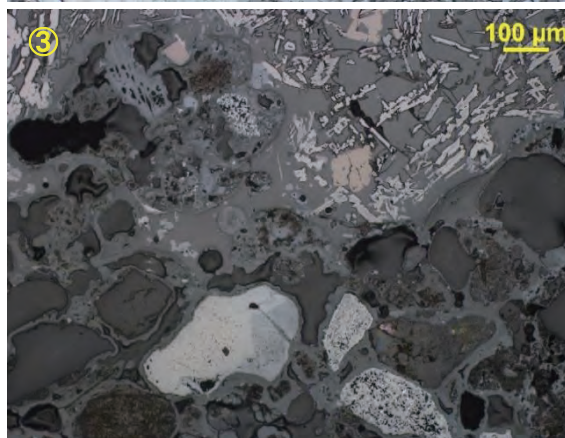
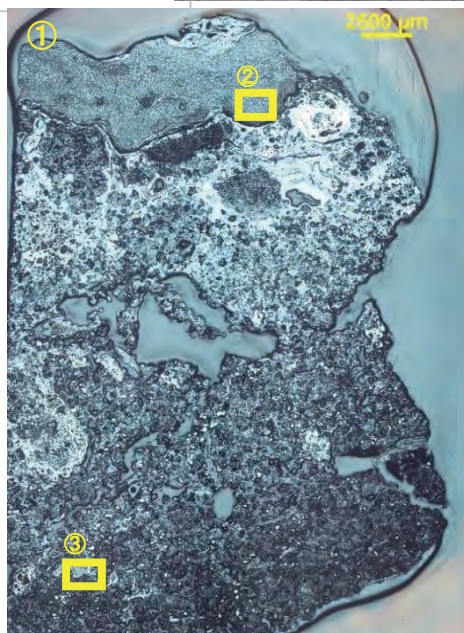
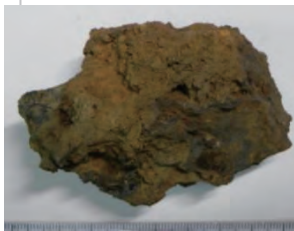


金属分析図版53 砂鉄焼結塊・製錬滓の顕微鏡写真

KMG-64

再結合滓(含鉄)

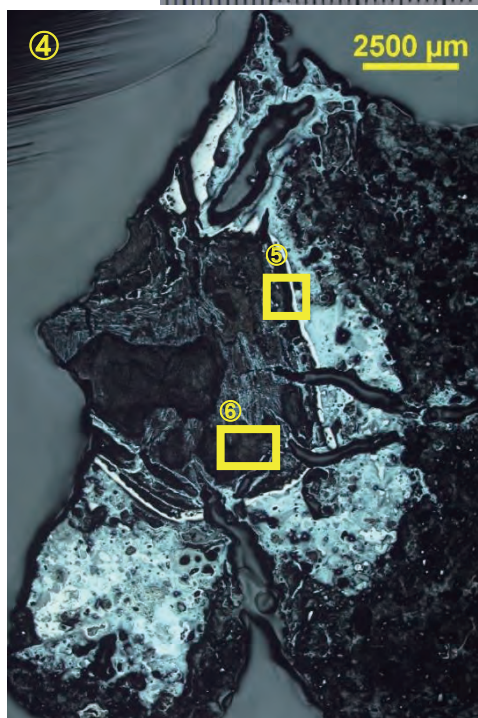
①マクロ組織、②錆化鉄部、
共晶組成白鑄鉄組織痕跡、
③上側:砂鉄製錬滓、ウルホス
ピネル・イルメナイ・シュートブルッカイト、
下側:被熱砂鉄(含チタン鉄
鋳)



KMG-65

鑄造鉄器片

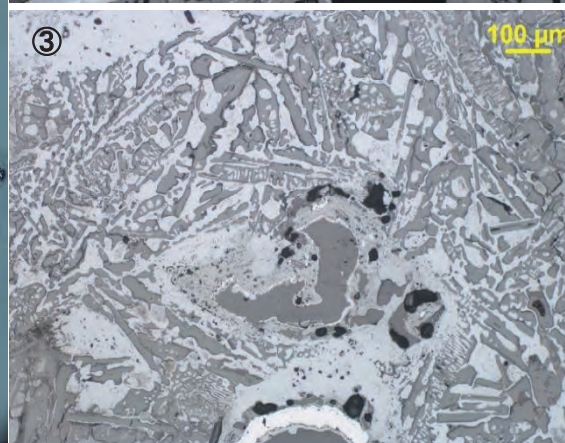
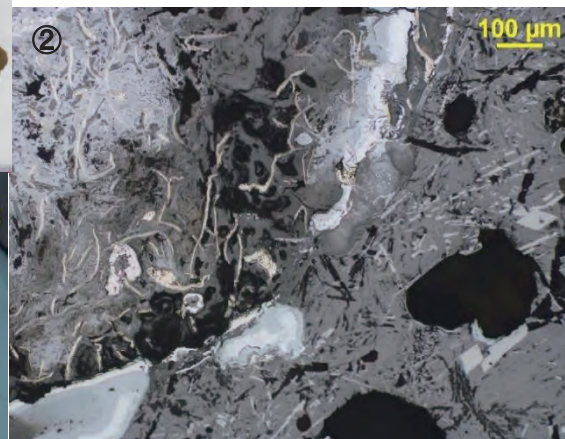
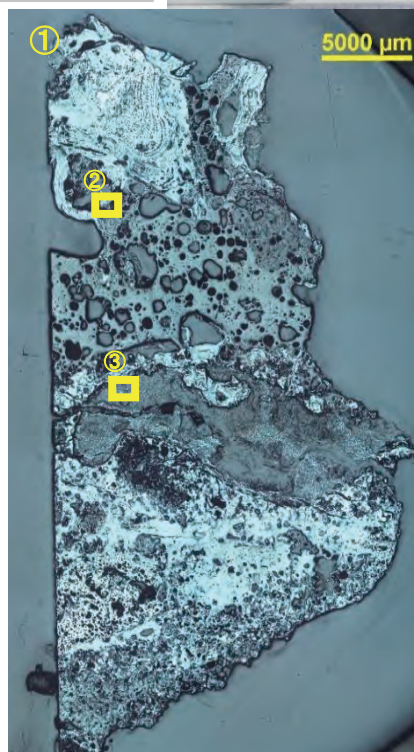
④マクロ組織、⑤⑥錆
化鉄部:共晶組成白
鑄鉄組織痕跡



金属分析図版54 再結合滓・鑄造鉄器片の顕微鏡写真

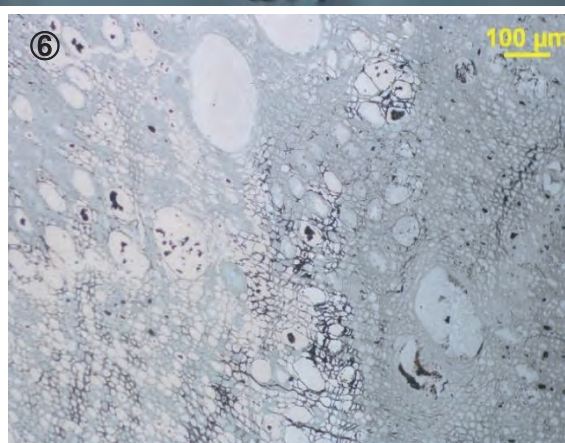
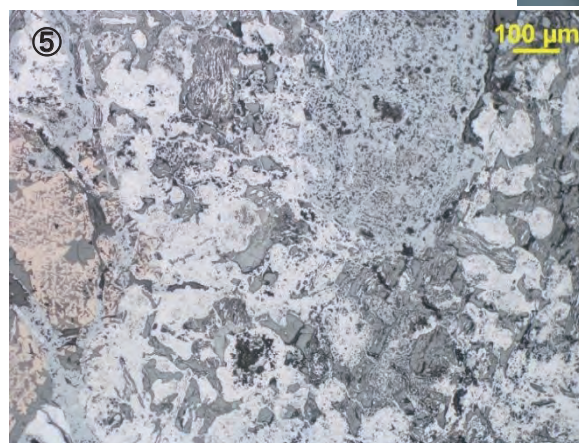
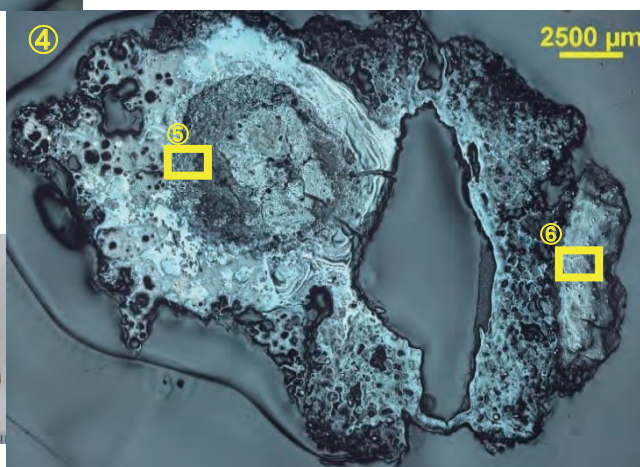
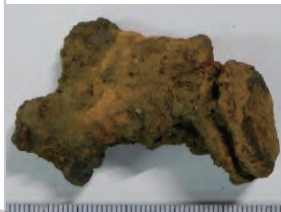
KMG-98 製錬滓(含鉄)

①マクロ組織、②左上錆化鉄:ねずみ鑄鉄組織痕跡、滓部:シュードブルカイト、③錆化鉄:共晶組成白鑄鉄組織痕跡



KMG-66
含鉄鉄滓

④マクロ組織、⑤左側:製錬滓、ウルボスピネル・イルメナイト、右側:錆化鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡、⑥木炭破片、紅葉取材

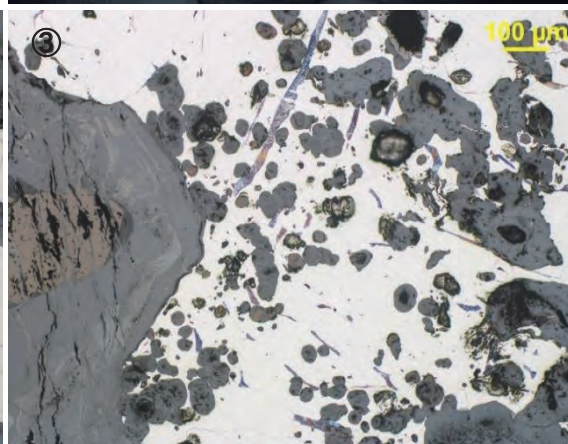
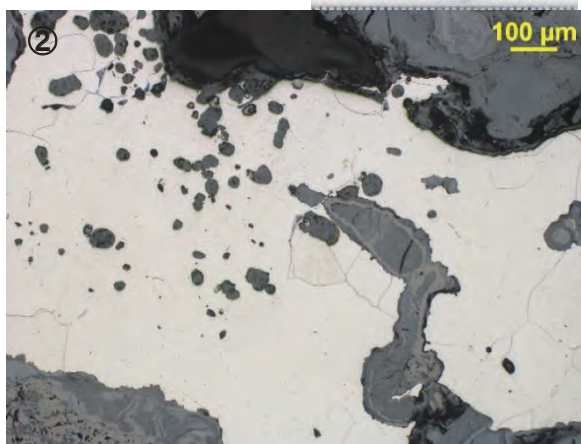
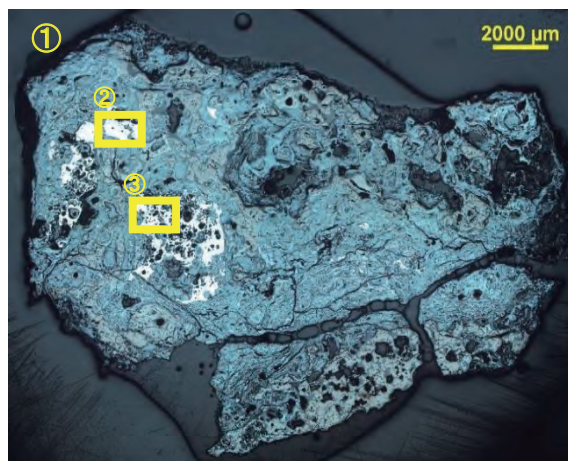


金属分析図版55 含鉄鉄滓・製錬滓の顕微鏡写真

KMG-67

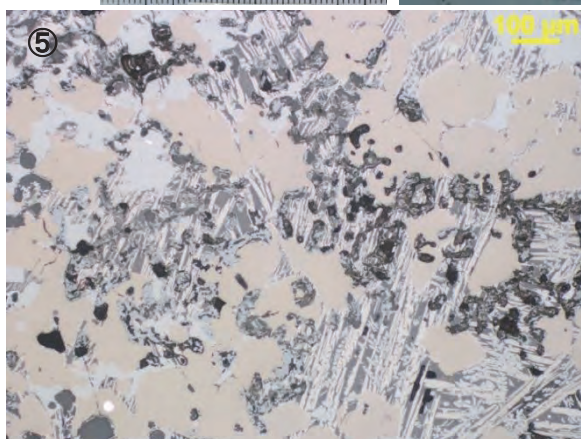
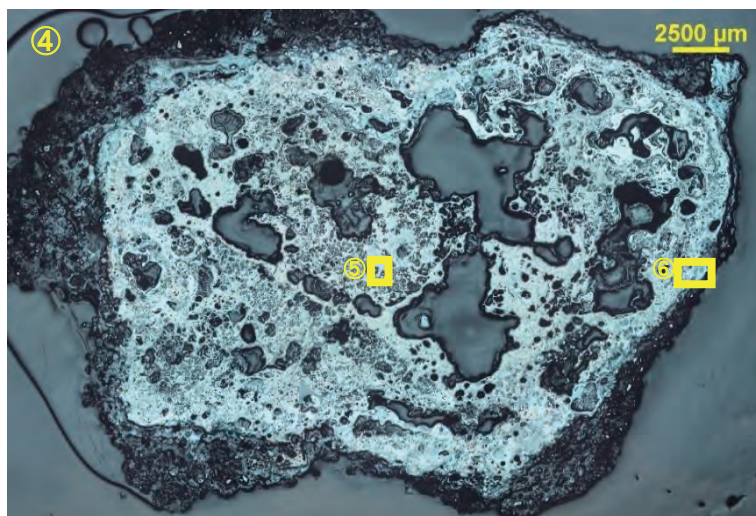
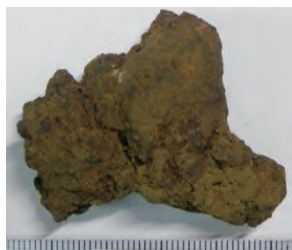
含鉄鉄滓

①マクロ組織、②左側
滓部:ウルホスピネル、②
③金属鉄部:フェライト単
相～亜共析(フェライト・
少量パーライト)組織



KMG-68 含鉄鉄滓

④マクロ組織、⑤⑥滓部:ウル
ホスピネル・イルメナイト、⑤微小
明白色粒:金属鉄、黒色
部:金属鉄粒の錆化・剥落
痕跡、⑥錆化鉄:過共析組
織痕跡

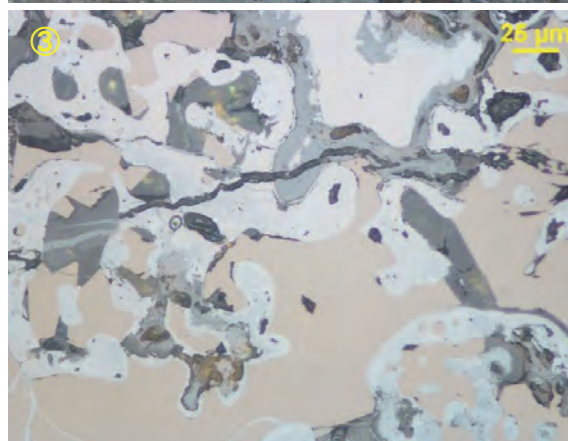
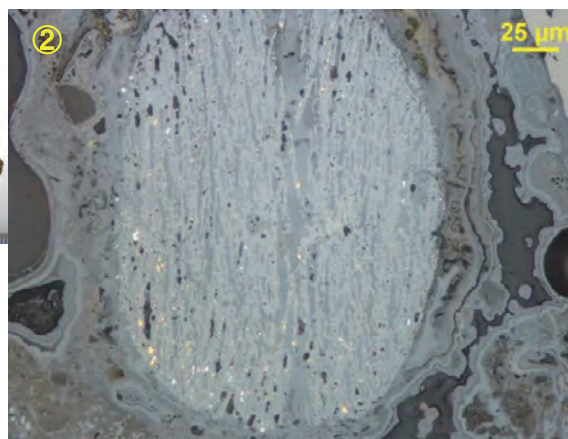
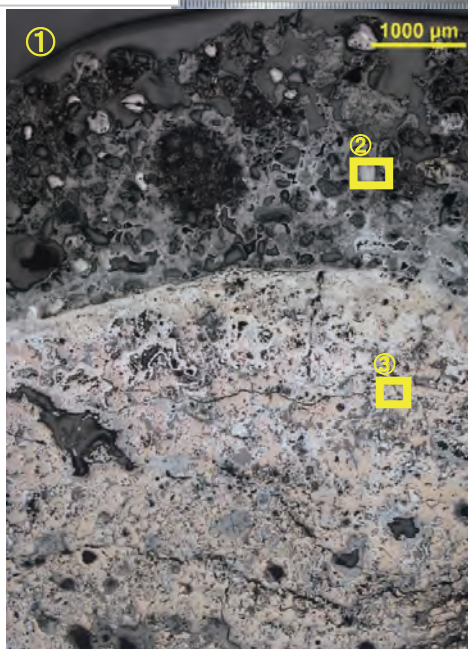


金属分析図版56 含鉄鉄滓の顕微鏡写真

KMG-69

製鍊滓(含鉄)

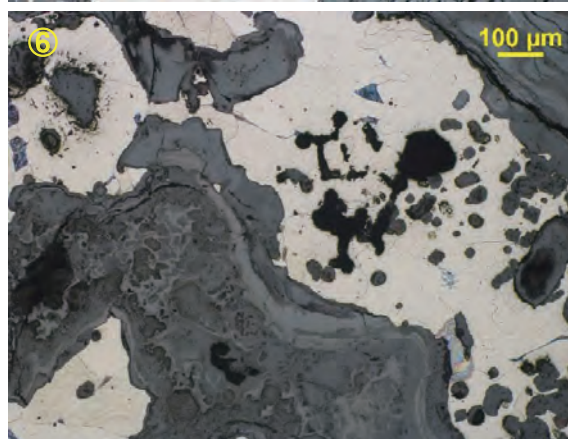
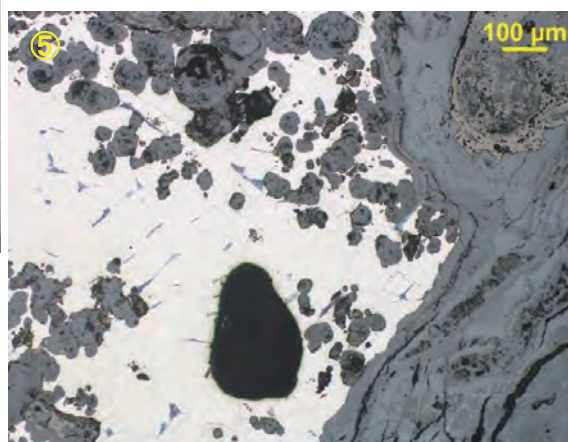
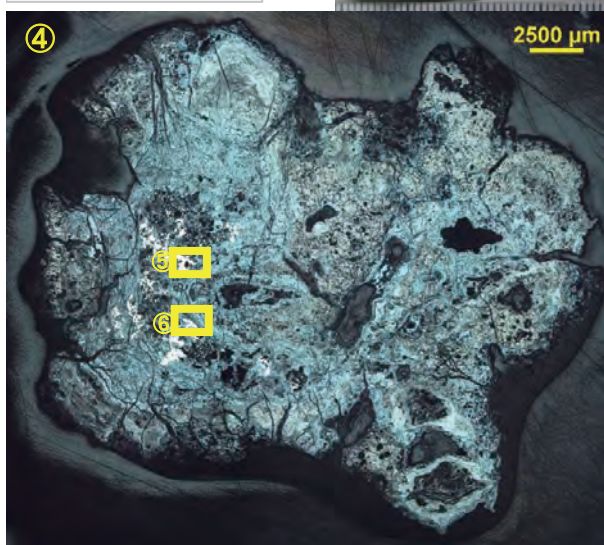
①表層:被熱砂鉄付着、素地:製鍊滓、②被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、粒内微小舞白色粒:金属鉄、③不定形青灰色部:錆化鉄、滓部:ウルホスピネル・ファヤライト



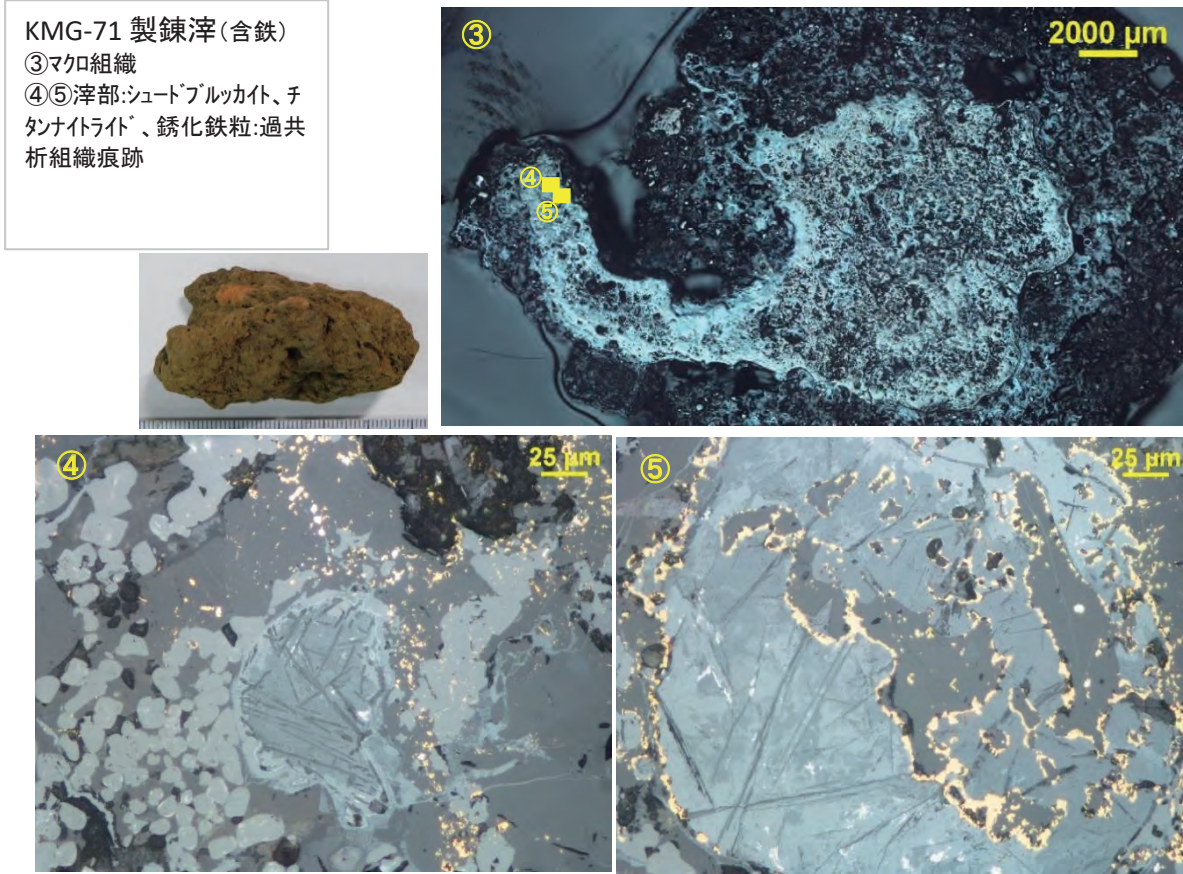
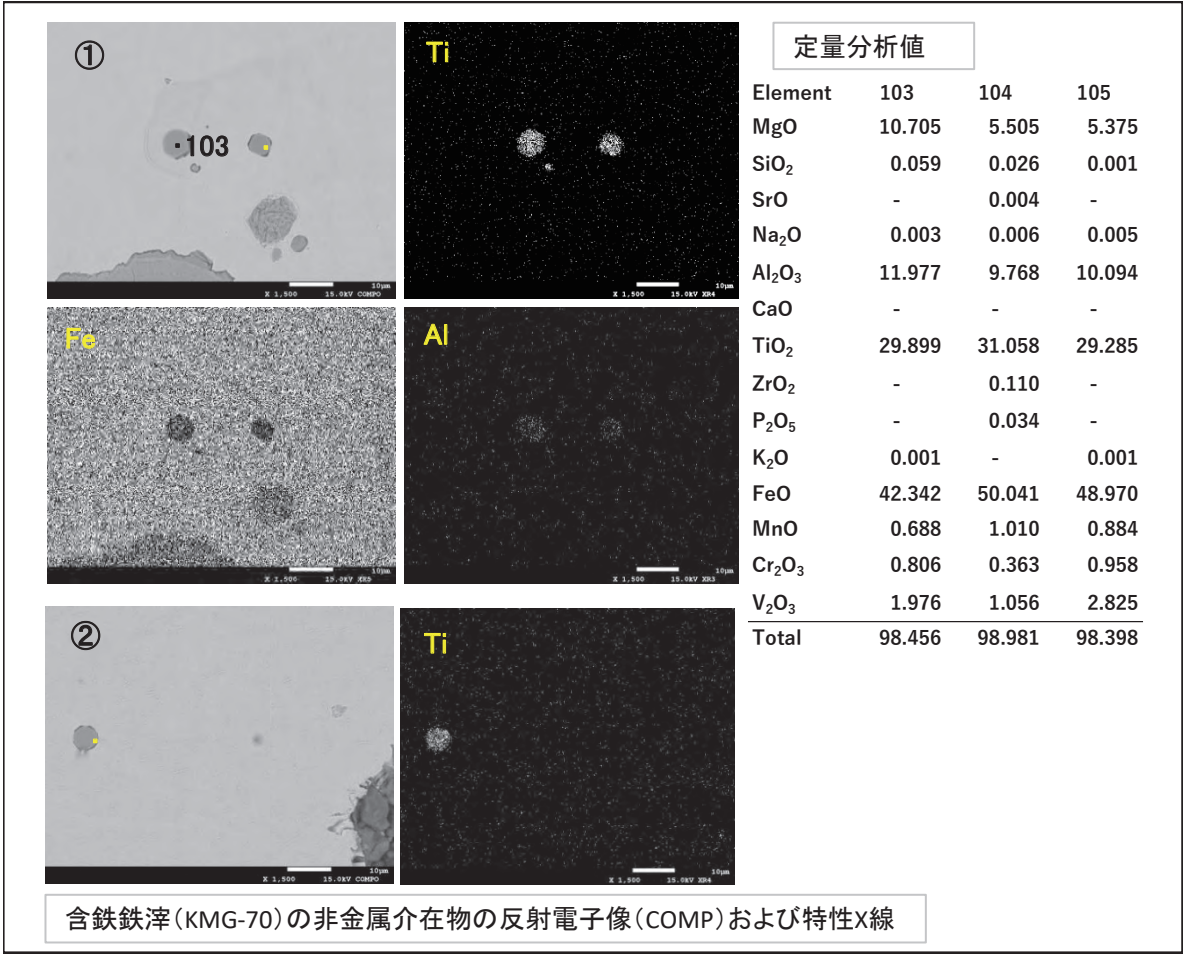
KMG-70 含鉄鉄滓

滓

④マクロ組織、⑤⑥金属鉄部:亜共析(フェライト・少量パーライト)組織、滓部:ウルホ



金属分析図版57 製鍊滓・含鉄鉄滓の顕微鏡写真

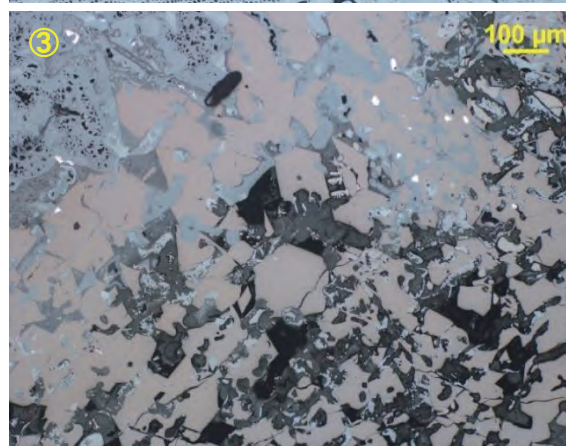
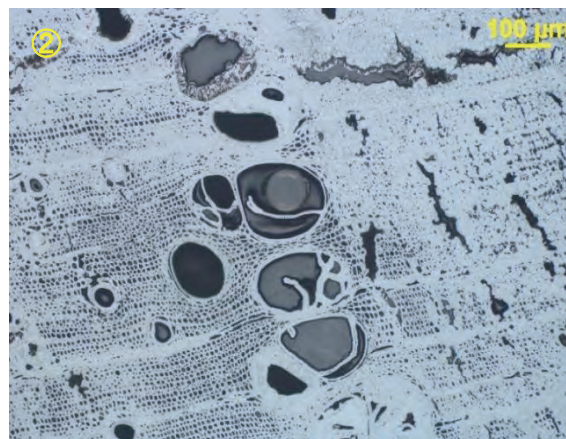
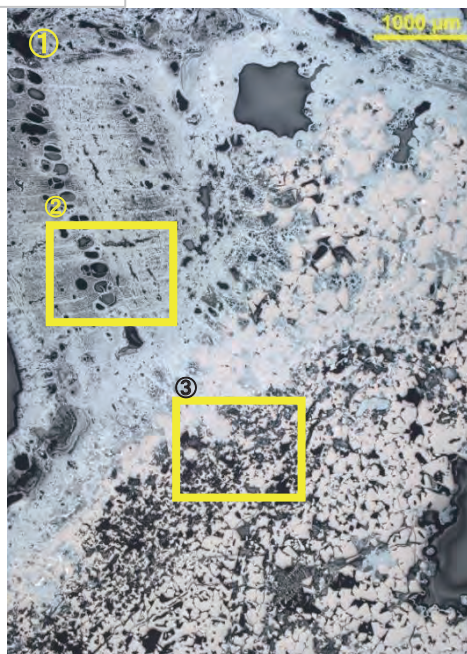


金属分析図版58 含鉄鉄滓のEPMA調査・製錬滓の顕微鏡写真

KMG-72

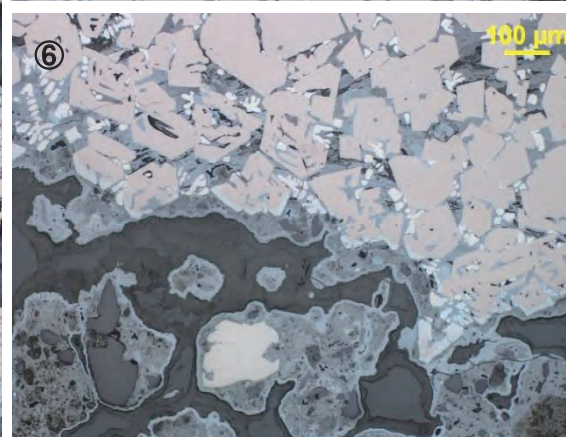
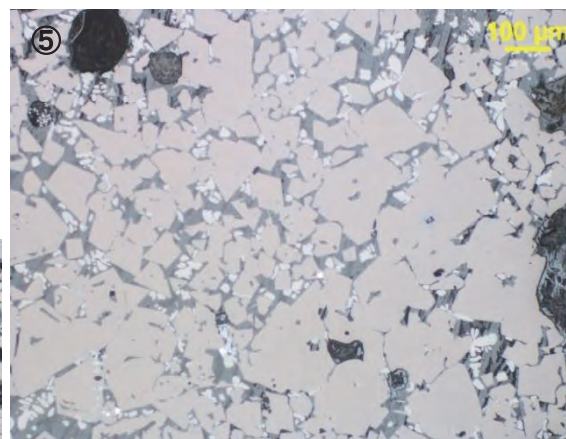
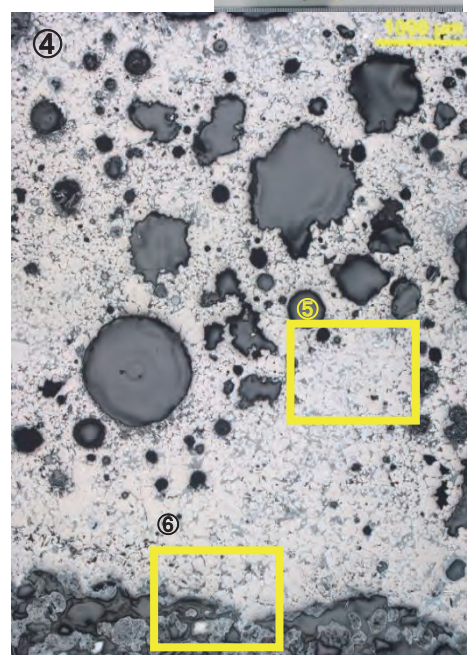
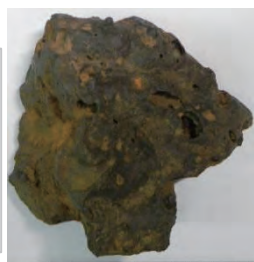
製錬滓(炉内滓)

①左上:木炭破片、右下:製錬滓、②木炭木口面拡大、広葉樹環孔材、③滓部:ウルホスピネル



KMG-73 製錬滓(炉内滓)

④~⑥滓部:ウルホスピネル・ウスタイト・ファヤライト、下面表層砂鉄(含チタン鉄鉱)粒子付着

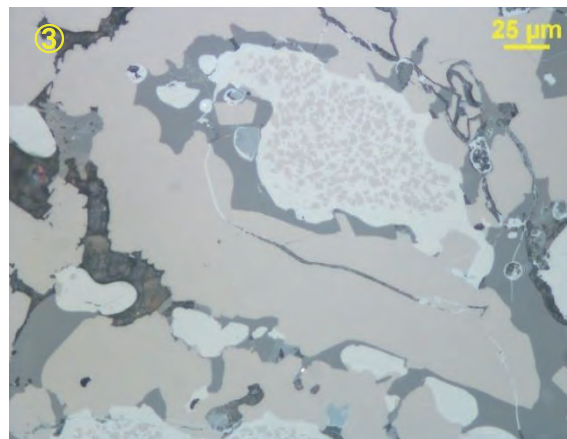
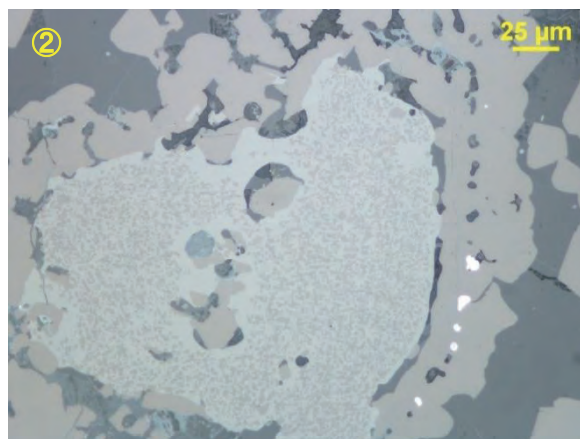
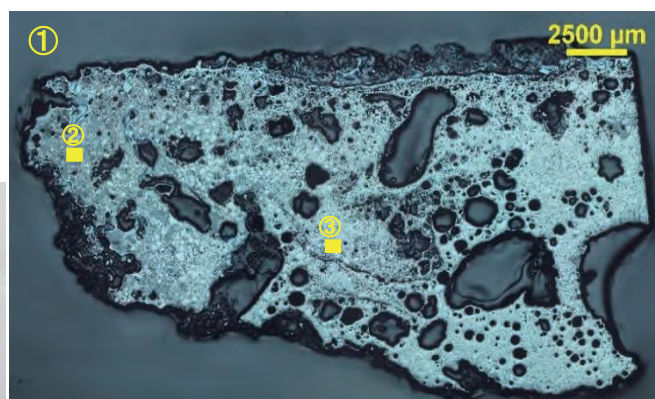


金属分析図版59 製錬滓の顕微鏡写真

KMG-74

砂鉄焼結塊

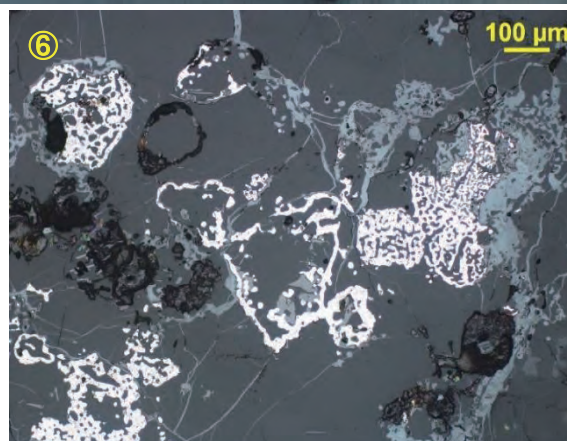
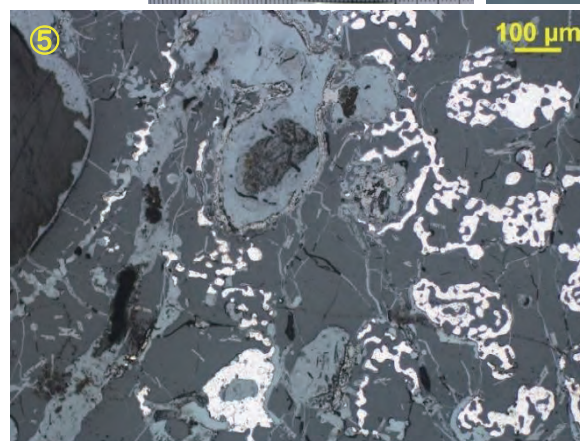
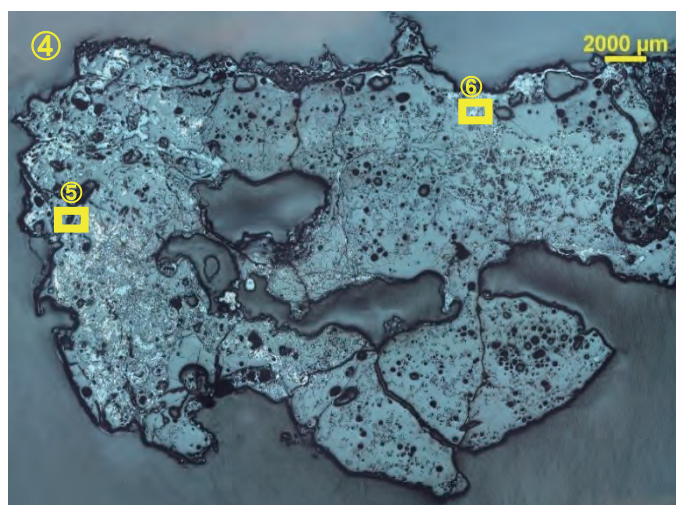
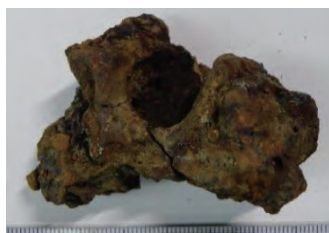
- ①マクロ組織
- ②③被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、微小白色粒:金属鉄



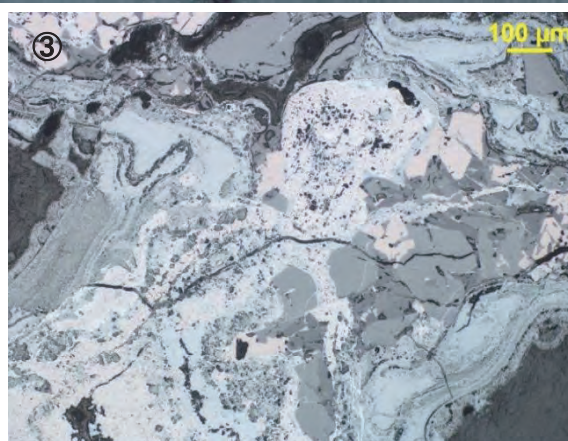
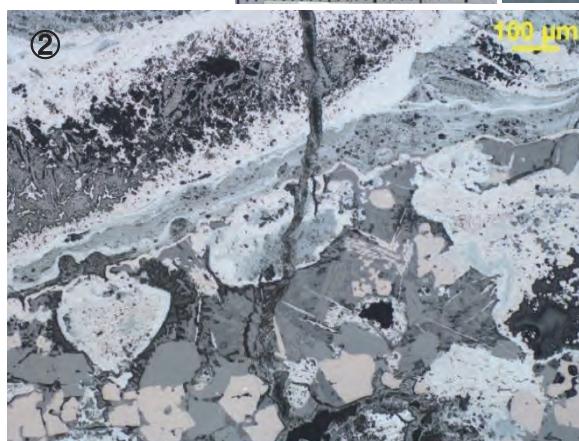
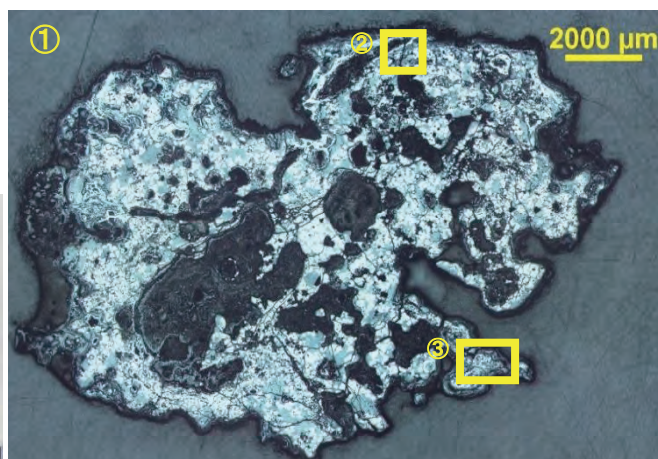
KMG-75

製錬滓(含鉄ガラス質滓)

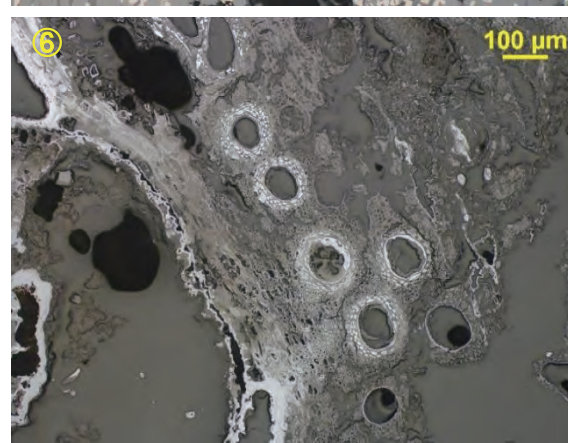
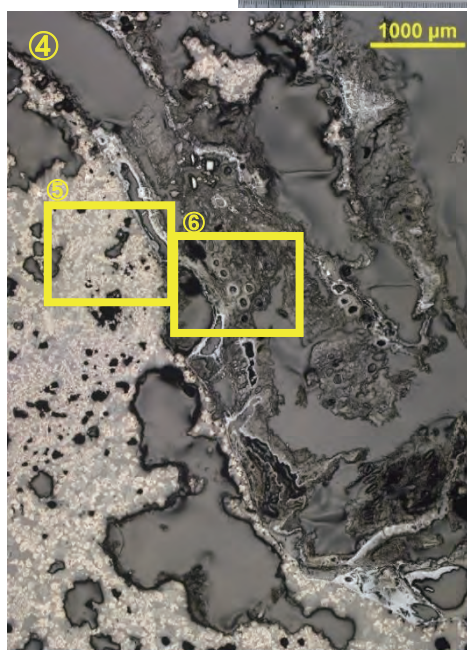
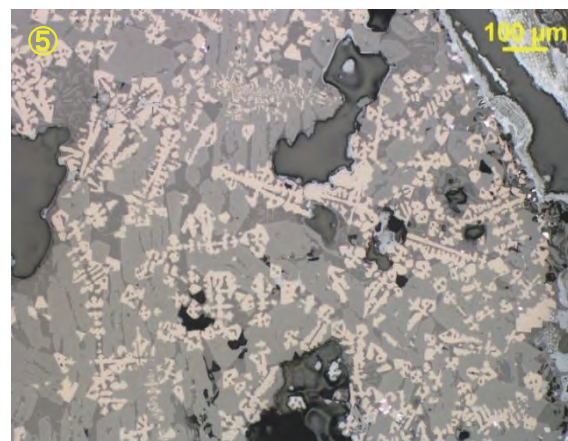
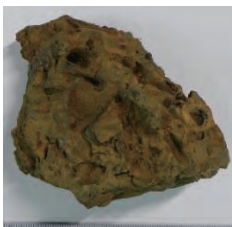
- ④マクロ組織
- ⑤⑥素地、ガラス質滓、シュートブルカイト、微小白白色部:金属鉄、フェライト



KMG-76
製錬滓(含鉄)
①マクロ組織
②③青灰色部:錆化鉄、金属組織痕跡不明瞭、滓部:ウルボスピネル・ファヤライト



KMG-77 製錬滓(炉内滓)
④左側:滓部、右側:木炭破片、
⑤滓部拡大、ウルボスピネル・ファヤライト、⑥木炭破片:木口面、広葉樹材

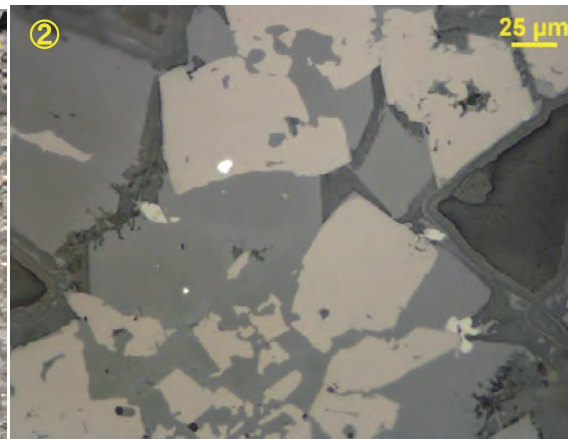


金属分析図版61 製錬滓の顕微鏡写真

KMG-78

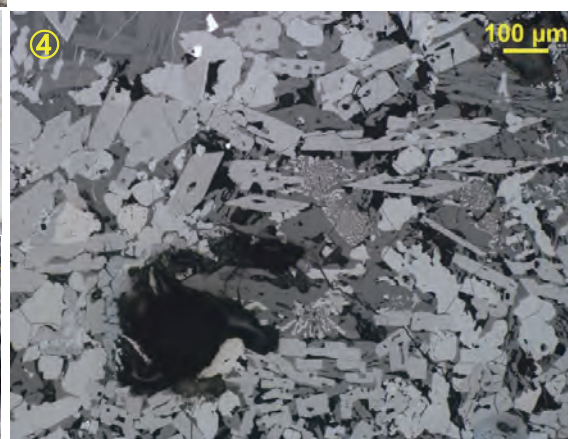
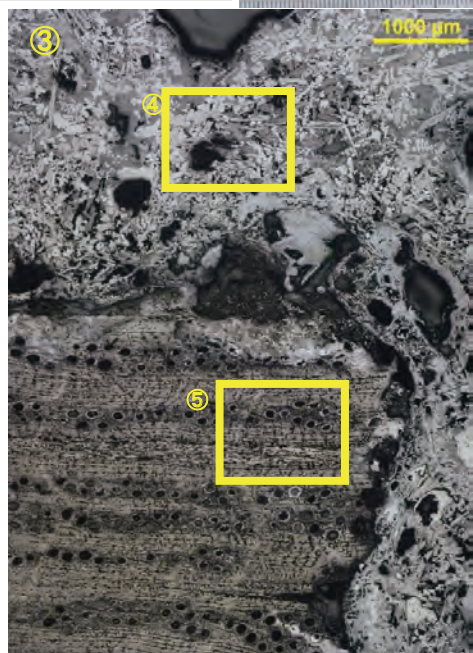
製鍊滓(炉内滓)

①②滓部:ウルホスピネル・ファヤライト、微小明
白色粒:金属鉄



KMG-99 製鍊滓(炉内滓)

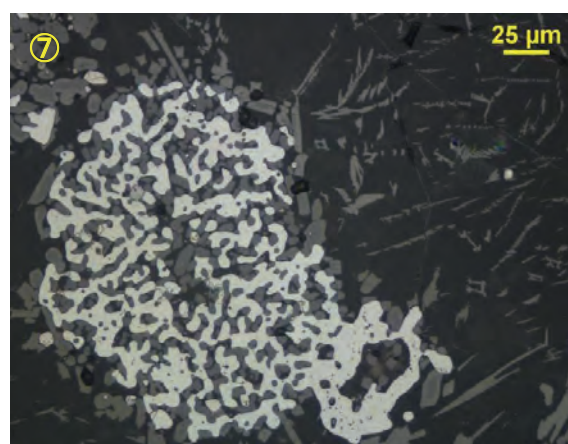
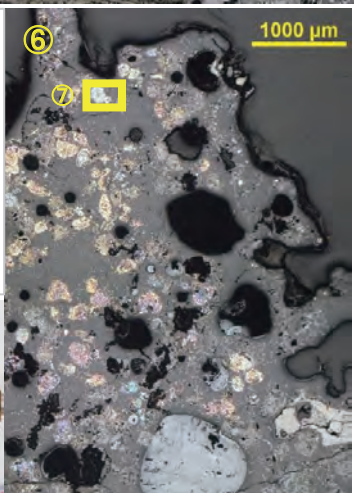
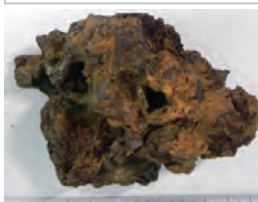
③上側:滓部、下側:木炭破片、
④滓部拡大、シュートブルカイト、⑤
木炭拡大、木口面:広葉朱放射
孔材



KMG-100

製鍊滓(含鉄)

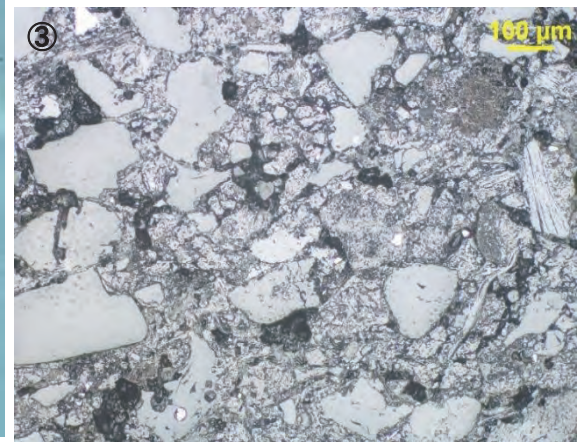
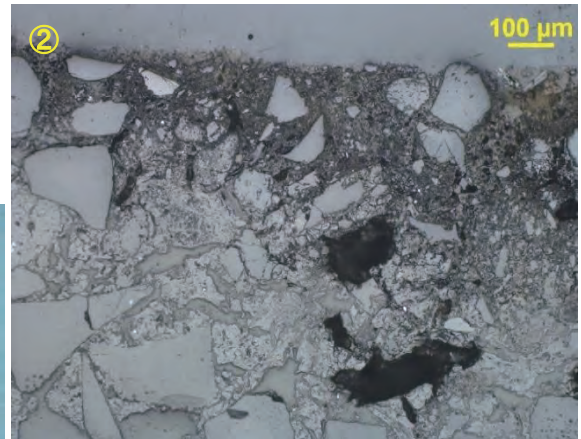
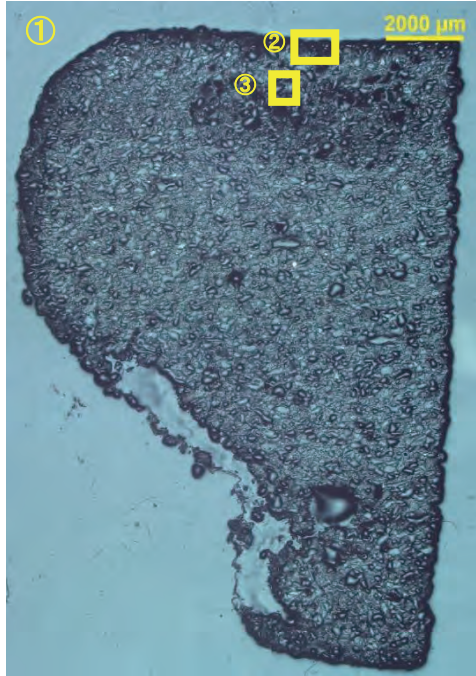
⑥⑦滓部:イルメナイト・
シュートブルカイト、明白
色部:微小金属鉄、フェ
ライト



金属分析図版62 製鍊滓の顕微鏡写真

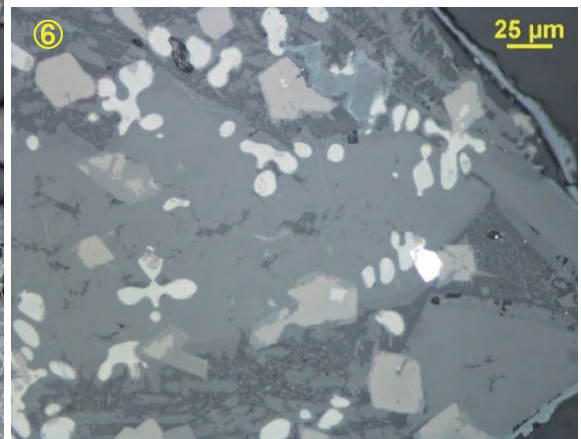
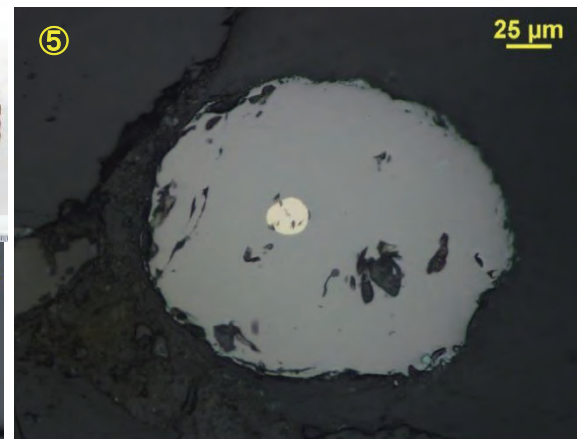
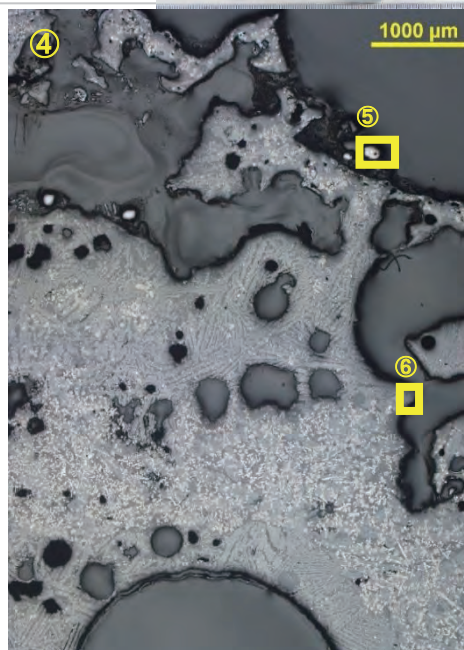
KMG-79 鋳型

①マクロ組織、②③素地:粘
土鉱物、暗灰色粒:砂粒



KMG-80 椀形鍛冶滓

④素地:鍛冶滓、表層:砂
鉄粒子附着、⑤砂鉄粒子
拡大(熱影響なし)、⑥滓
部:ウスタイト・ウルボスピネル・ヘ
ルシナイト・ファヤライト

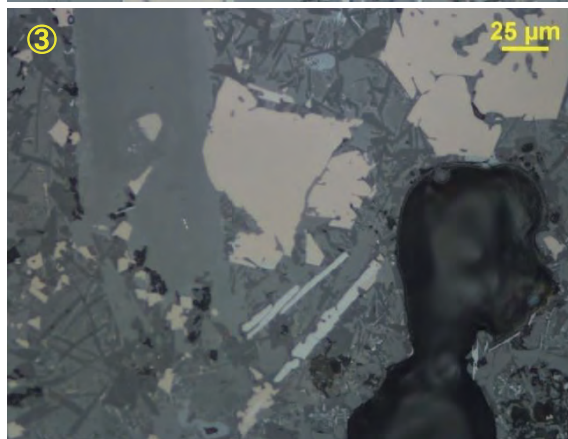
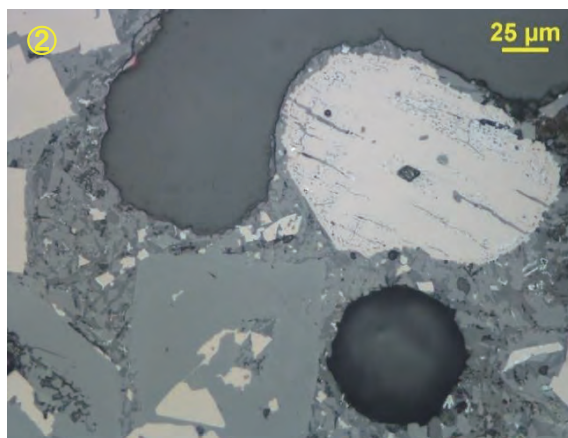
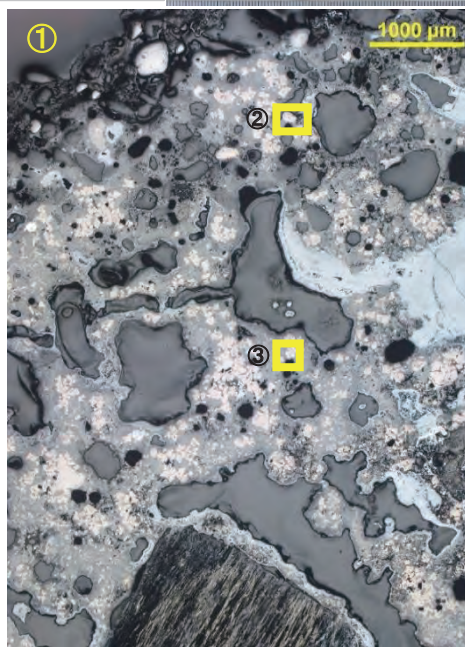


金属分析図版63 鋳型・椀形鍛冶滓の顕微鏡写真

KMG-81

製鍊滓(炉内滓)

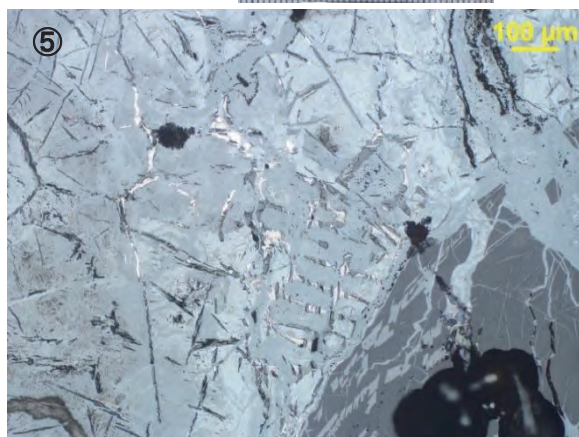
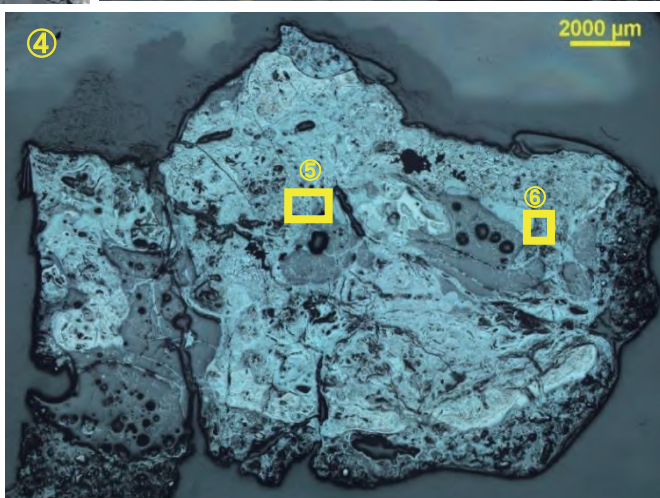
①素地:製鍊滓、下側黒色部:木炭破片、②右上:被熱砂鉄(含チタン鉄鉱)、②③滓部:ウルホスピネル・イルメナイト・ファヤライト



KMG-82

鉄塊系遺物

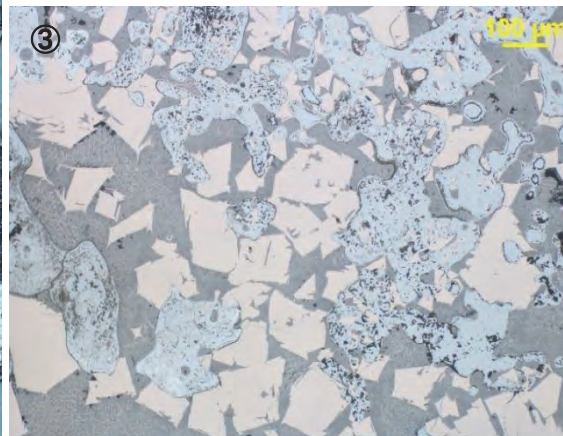
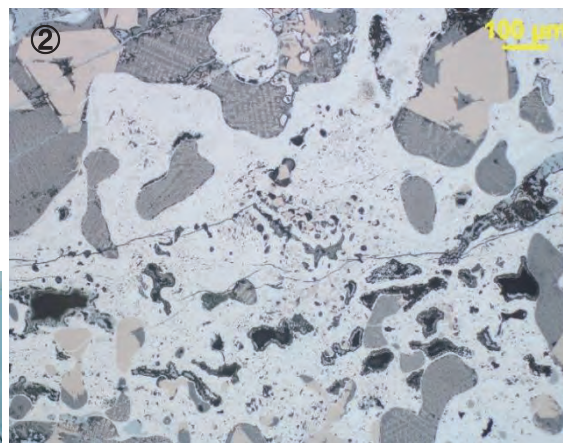
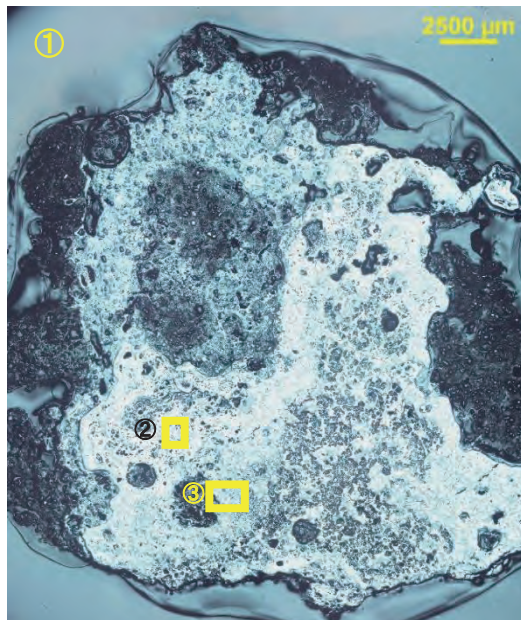
④マクロ組織、⑤⑥滓部:イルメナイト・シュートブルッカイト、銹化鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鑄鉄組織痕跡



金属分析図版64 製鍊滓・鉄塊系遺物の顕微鏡写真

KMG-83 含鉄鉄滓

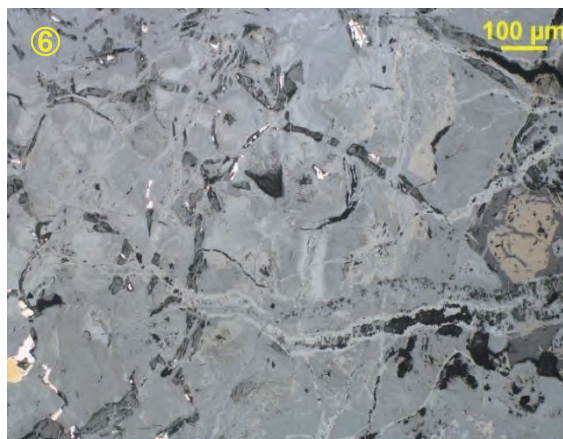
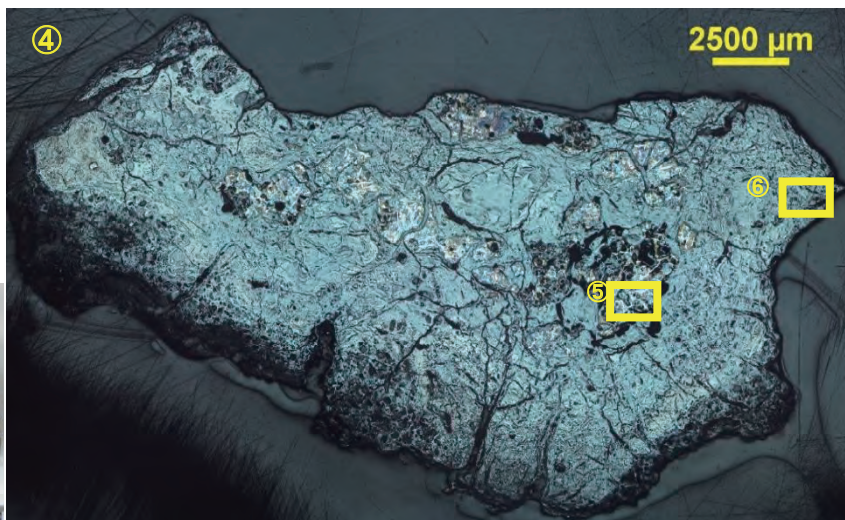
- ①マクロ組織、
②③滓部:ウルホ・スピネル・ファヤライト
青灰色部:錆化鉄、金属組織
痕跡不明瞭



KMG-84-1

鉄塊系遺物

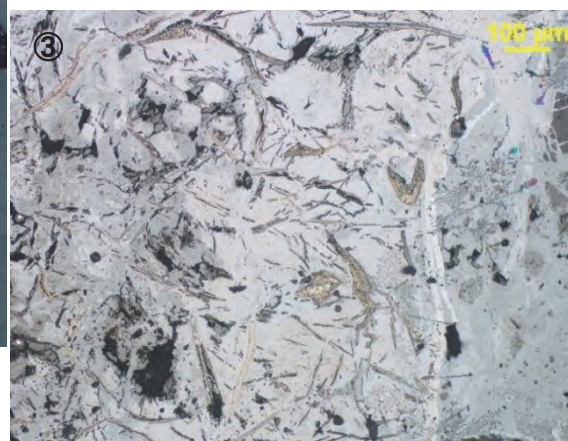
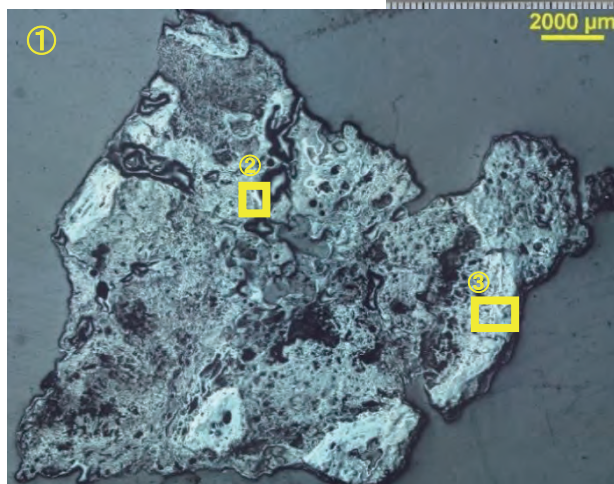
- ④マクロ組織、金属鉄部:過共析組織、⑤錆化鉄部:過共析組織痕跡、滓部:ウルホ・スピネル・イルメナイト



金属分析図版65 含鉄鉄滓・鉄塊系遺物の顕微鏡写真

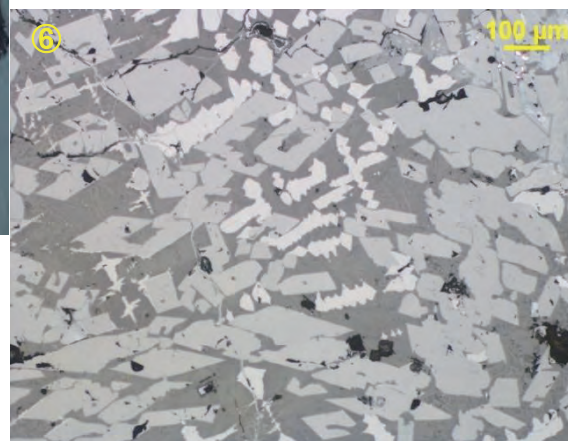
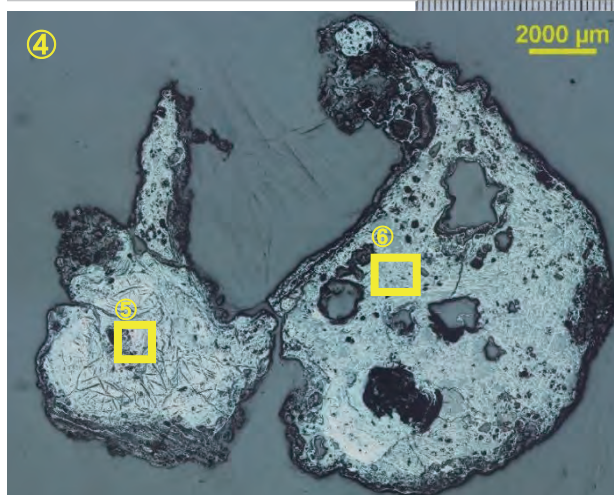
KMG-84-2
鉄塊系遺物

①マクロ組織、②滓部:シュート・ブルカイト、②③錆化鉄部:ねずみ鑄鉄組織痕跡



KMG-84-3 含鉄鉄滓

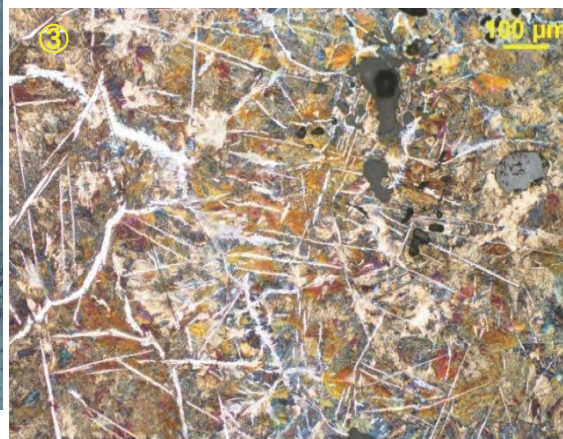
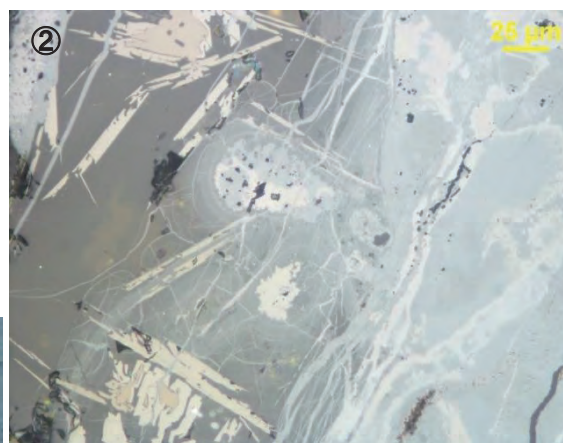
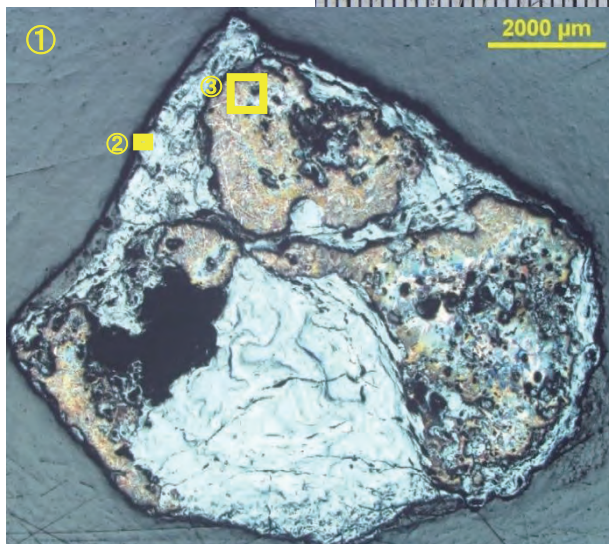
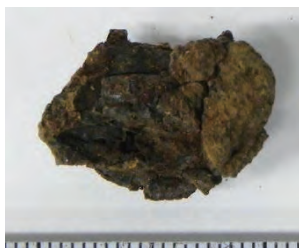
④マクロ組織、⑤金属鉄部:過共析組織
⑥滓部:シュート・ブルカイト・ペロウ・スタイト



金属分析図版66 鉄塊系遺物・含鉄鉄滓の顕微鏡写真

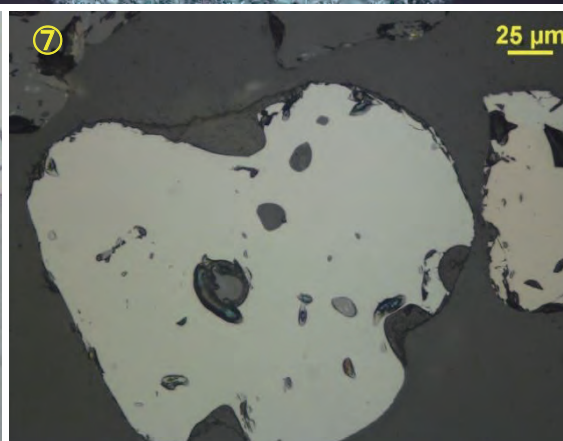
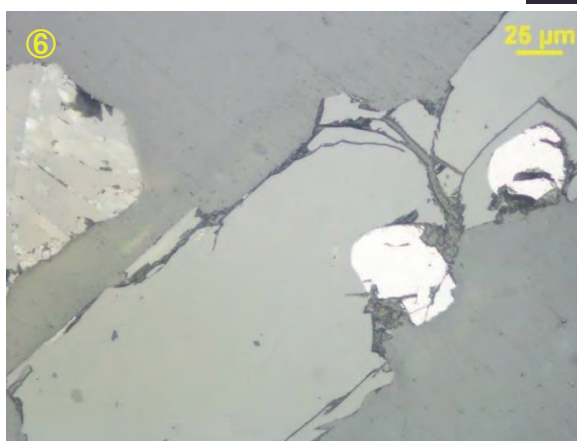
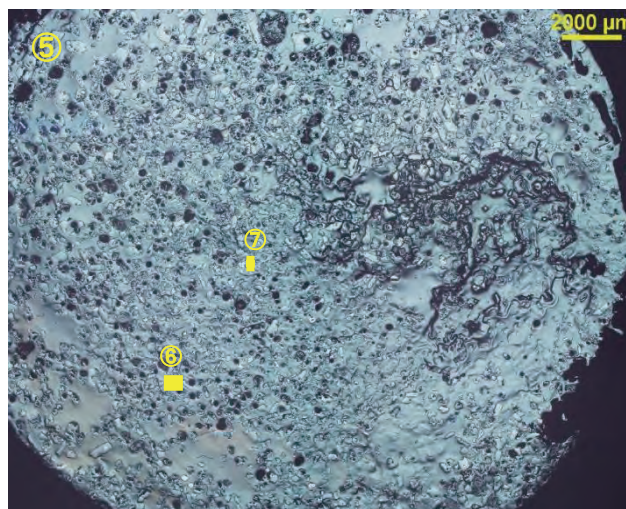
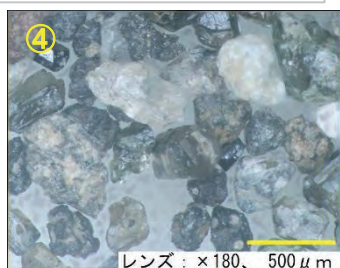
KMG-84-4
鉄塊系遺物

①マクロ組織、②滓部：
ウルボスピネル・イルメナイト、
③金属鉄部：過共析
組織



KMG-101 砂鉄（採取地：瀬上池上右谷戸）

④実体顕微鏡写真、⑤マクロ組織、⑥暗灰色粒：
輝石類、灰褐色粒：砂鉄（含チタン鉄鉱）、⑦褐色
粒：砂鉄（含チタン鉄鉱）、粒内暗灰色鉱物磷灰石

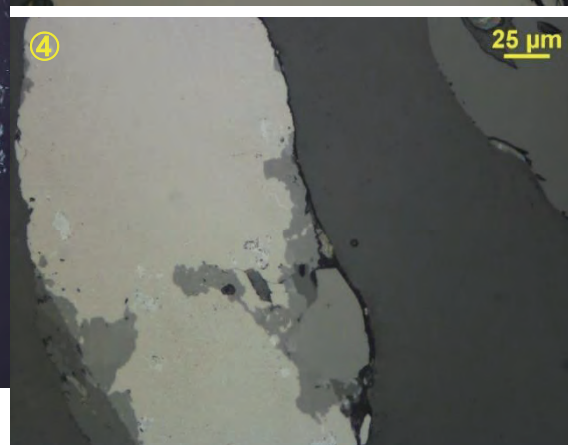
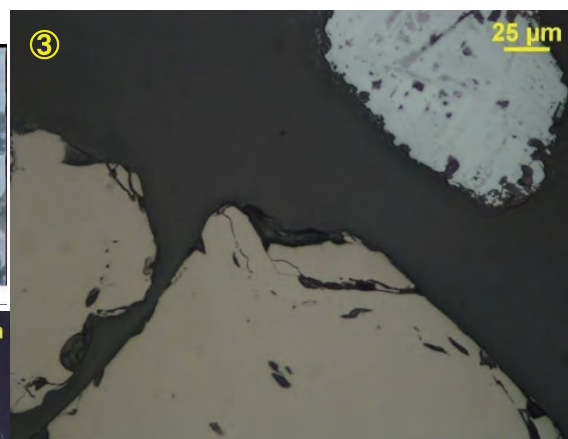
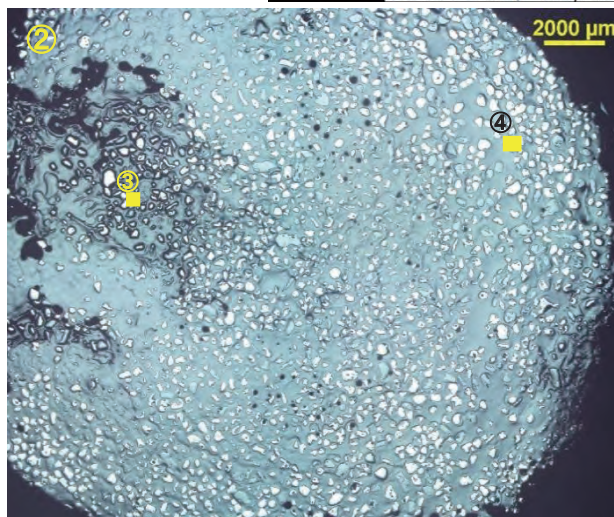


金属分析図版67 鉄塊系遺物・砂鉄の顕微鏡写真

KMG-102 砂鉄

(採取地:稲村ヶ崎)

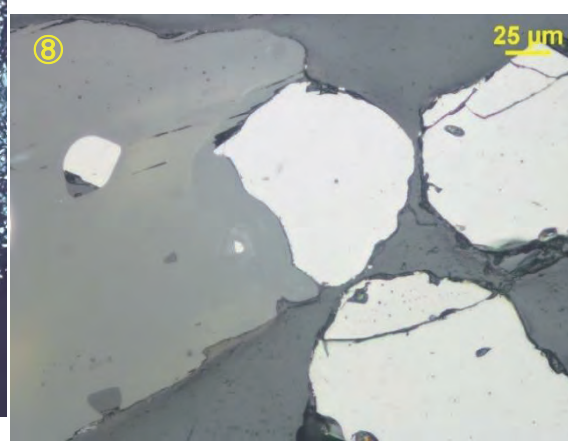
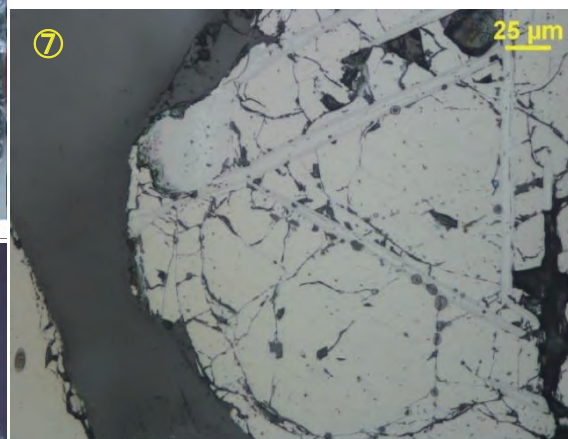
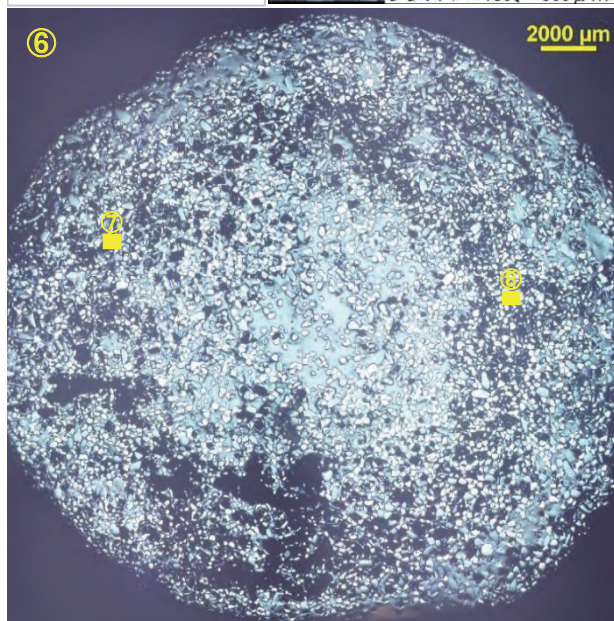
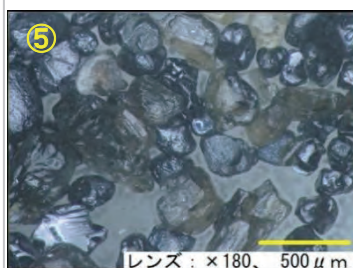
①実体顕微鏡写真、
②マクロ組織、③④
灰褐色粒(含チタン鉄
鉱)、暗灰色粒:脈石
鉱物



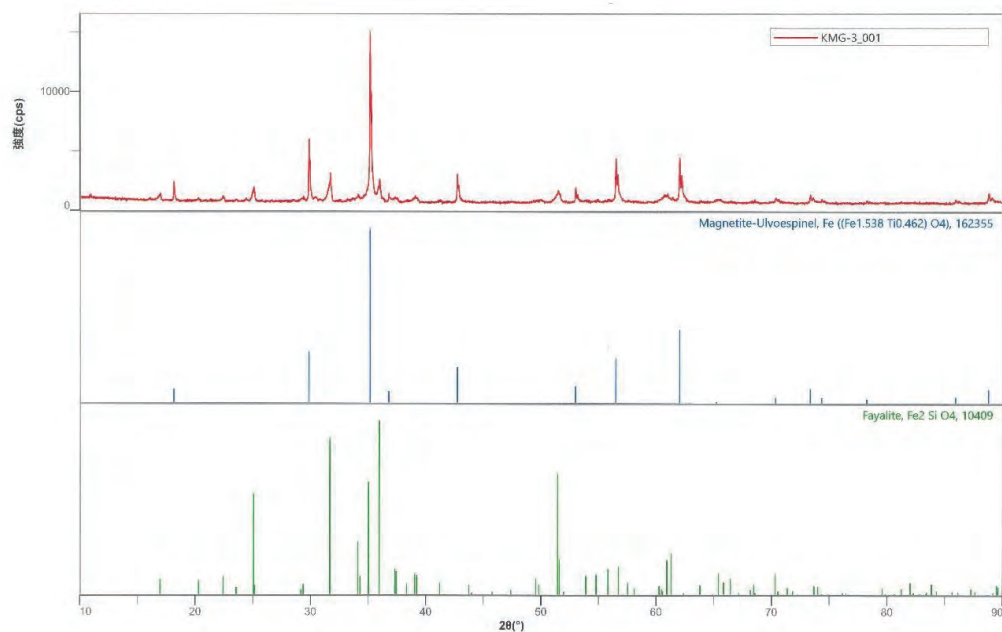
KMG-103 砂鉄

(採取地:行合橋)

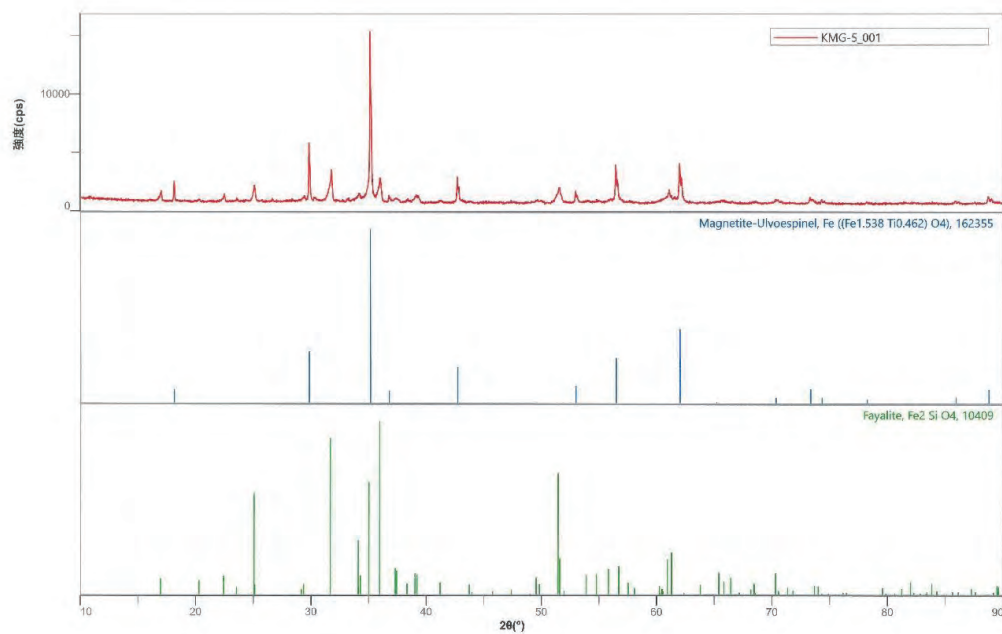
⑤実体顕微鏡写真、
⑥マクロ組織、⑦⑧灰
褐色粒(含チタン鉄
鉱)、暗灰色粒:脈石
鉱物



金属分析図版68 砂鉄の顕微鏡写真

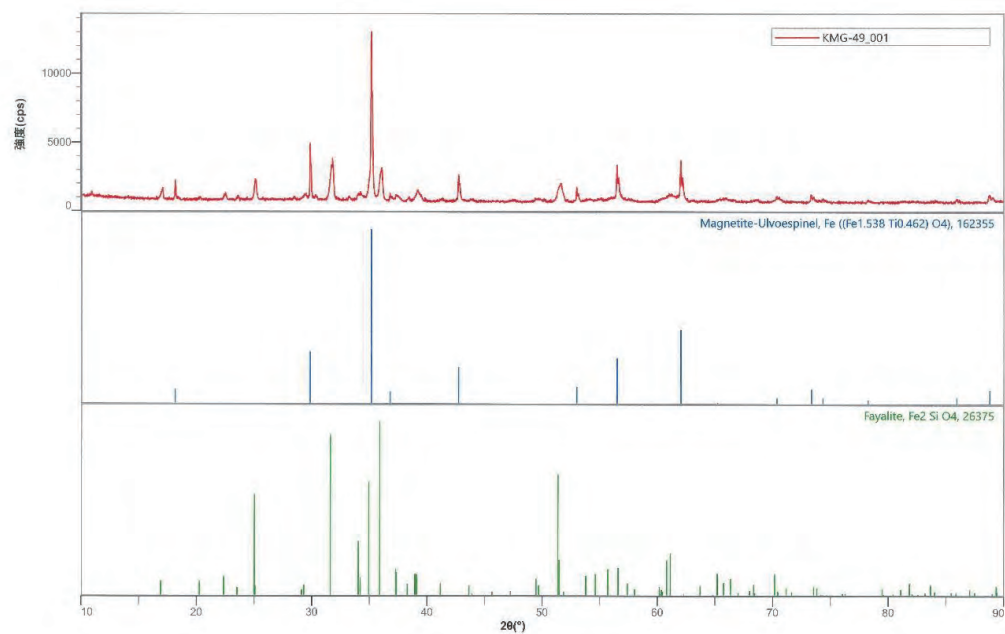


8号炉

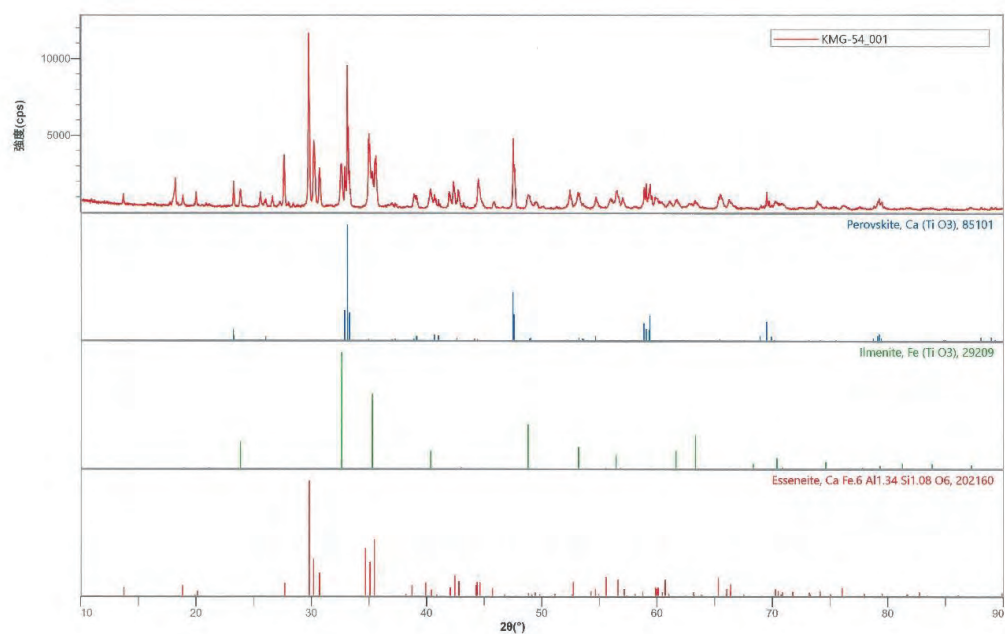


12号炉

図 78 砂鉄製鍊滓（8号炉・12号炉）のX線回折測定結果

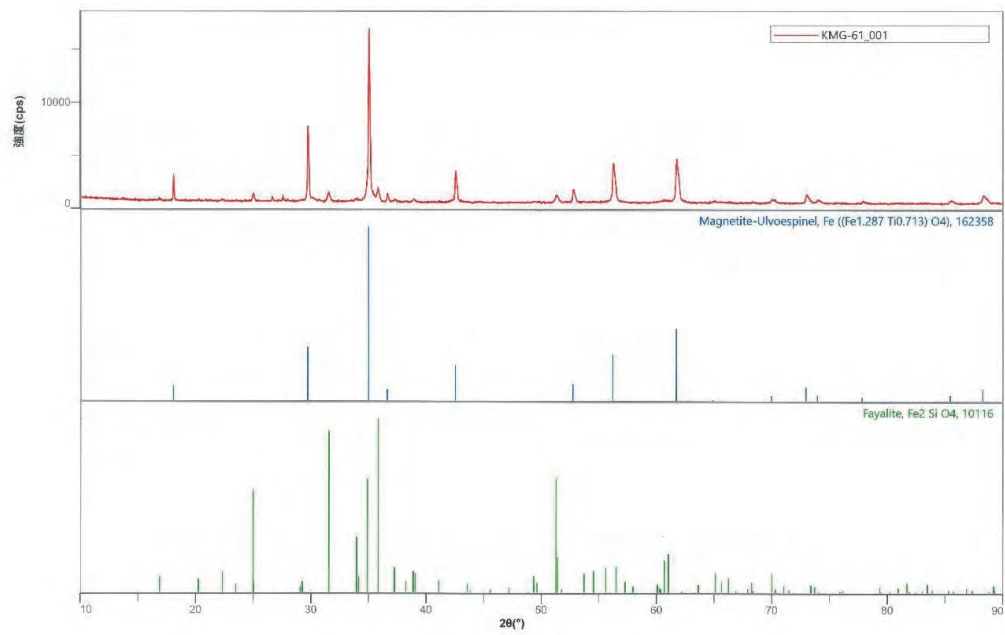


6号炉

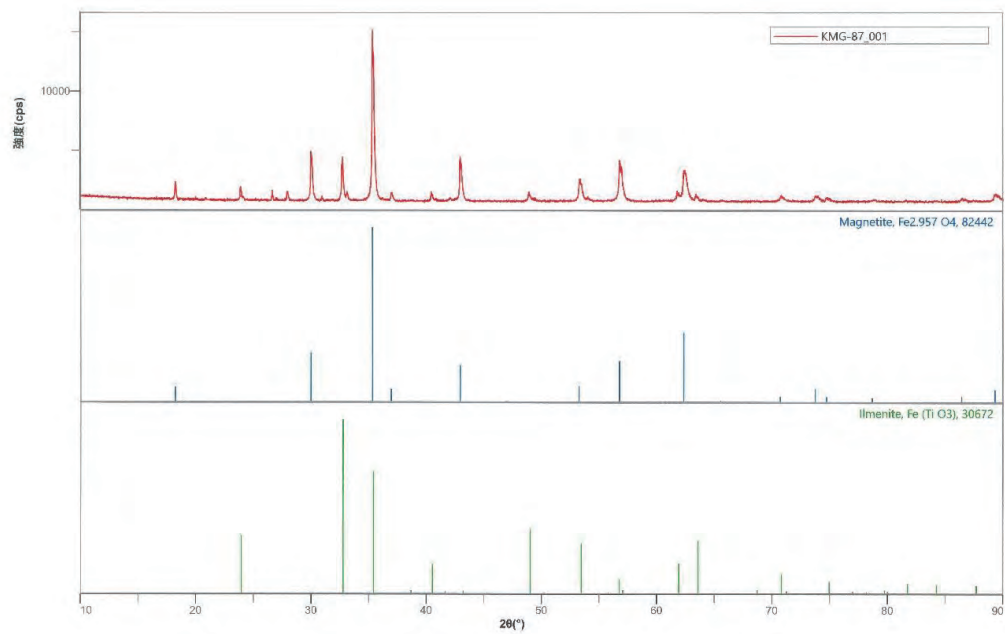


14号炉

図 79 砂鉄製鍊滓（6号炉・14号炉）のX線回折測定結果

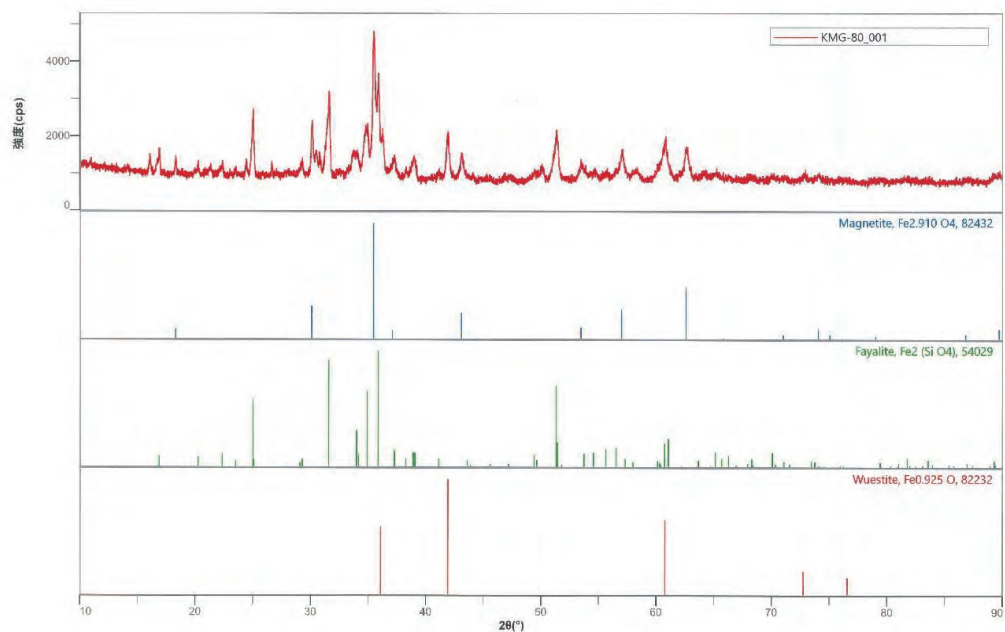


16 号炉

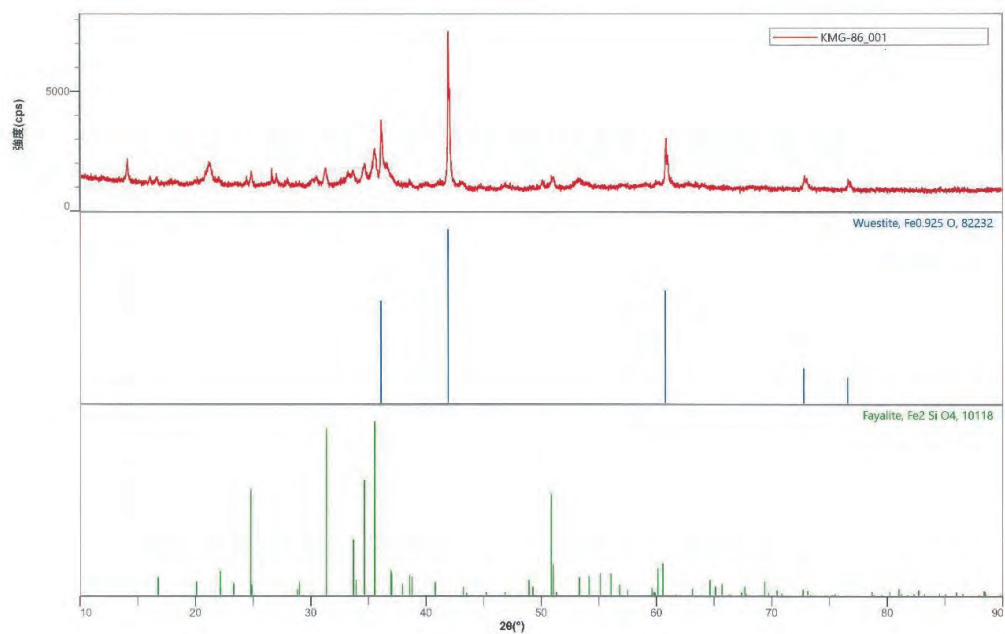


12 号遺構（土坑群1）

図 80 砂鉄製鍊滓（16 号炉）、砂鉄（12 号遺構）の X 線回折測定結果



出土地点不明



1号竖穴

図 81 梔形鍛冶滓（出土地点不明、1号竖穴）の X 線回折測定結果

第5章 猿田やぐらの調査

猿田やぐらは、舞岡上郷線の開通のため急遽調査された遺跡である。短期間で調査し記録を作成する必要があったため、土層断面の調査が行われておらず、図面類の注記に不足がある。そのため、一部調査時の作業写真から類推せざるを得ない状況である。

近隣のやぐらは猿田やぐらから西へ3.15km先に小菅ヶ谷町新宿やぐら群、南へ0.6km先には上郷町石原やぐらが存在する。小菅ヶ谷町新宿やぐら群は2基のやぐらが確認されており、うち2号やぐらでは改変時期は不明だが玄室右側を拡張している様相がみられる。出土遺物に13～15世紀頃とみられる炆器の甕片が前庭部の覆土より出土している。上郷町石原やぐらは3基のやぐらが確認されており、このうち1A号やぐらでは猿田やぐらで確認されたものと同じく玄室に周溝を巡らせている。

猿田やぐらは崖裾部に南向きに開口し、上郷深田遺跡の北東側約100mに位置する。玄室・羨道・階段部によって構成される。調査前の現状は記録がないため不明であるが、調査時の作業写真から鑑みるに少なくとも図面記録を取る以前に天井の大半は失われていたと考えられる。また、階段部分は崖面上部からの土の流れ込みによって埋没していたようである。玄室内部は奥壁中部に穿たれた竈にコンクリートブロックを配置し、その上部に宝篋印塔の笠、さらにその上部に五輪塔の空風輪のみが置かれていた。コンクリートブロックが配されていることから、このような配置は明治時代以降と考えられる。竈の前には石製の水鉢が横倒しの状態で置かれており、底面となっていた部分には「奉納」と記されて



図 82 猿田やぐらの位置

猿田やぐら

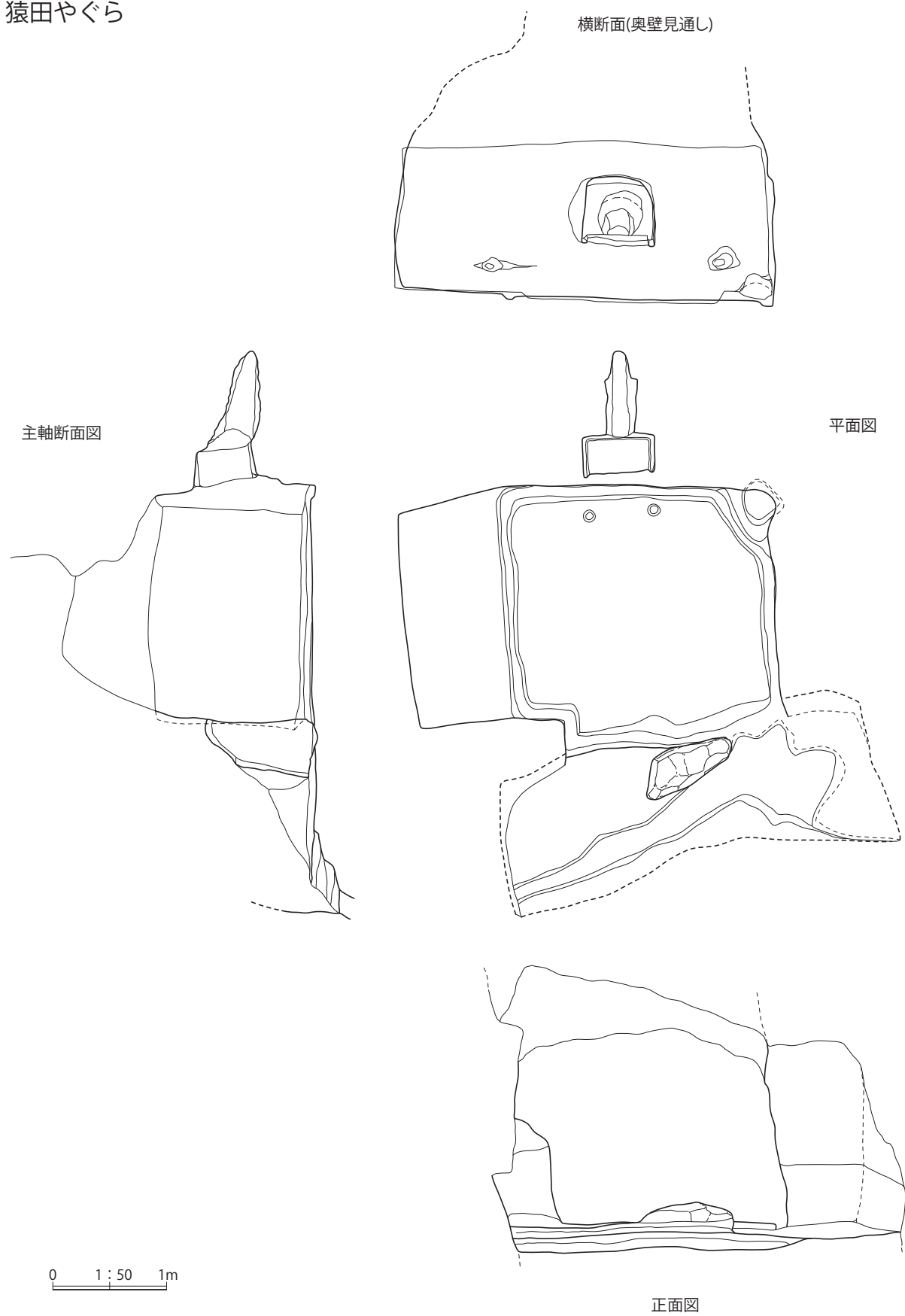


図 83 猿田やぐら実測図

いた。

階段の最上段には地山を台状に掘り残したかあるいは切り出して運び込んだと思しき台状の膨らみが認められる。この台の上には五輪塔の水輪が置かれていた。

玄室は正方形を呈しており、西側を拡張しているが、拡張時期については不明である。拡張前の玄室には排水のためか床面に周溝が掘られており、玄室の北東隅には土坑が認められる。玄室主軸は奥壁と直交する向きを主軸とすると $N-11^{\circ}-E$ となる。壁面はほぼ垂直に立ち上がり、規模は玄室主軸上の開口部溝から奥壁までの奥行 2.30 m、拡張前の左側壁で奥行 2.20 m、天井高は奥壁で周溝を含めずに 1.38 m、奥壁幅 2.34 m、拡張部の左側壁の奥行が 1.90 m、天井高 1.40 m、奥壁幅 0.88 m、羨道部の奥行は左側壁で 0.50 m を測る。玄室の周溝は幅 0.08 ～ 0.14 m、深さ 0.04 m で全周にめぐることが開口部右側は崩壊しているため、溝の幅と形状は明瞭には確認できない。竈は奥壁の床面から 0.52 m の高さに穿たれており、幅 0.64 m、高さ 0.26 m、高さ 0.50 m を測る。後に竈の奥に奥行 0.82 m の横穴が掘り込まれているが、性格は不明である。奥壁には直径 0.06 ～ 0.10 m の楕円形を呈す 2 基の横穴が穿たれている。うち 1 基は拡張部に位置していることから、拡張後に穿たれたことがわかるが、性格と構築時期は不明である。床面からは 2 基のピットと 1 基の土坑が確認された。ピットは竈の前方に並んで位置し、直径 0.10 m、深さは不明である。土坑は奥壁の右側壁側隅に位置し、深さは不明だが、直径約 0.30 m の不整円形を呈す。周溝がこの土坑を避けるように掘られていることから、周溝よりも先に掘られたものと考えられる。床面の標高は 32.3 m、床面積は拡張前で 5.10 m²、西側拡張後で 6.80 m² を測る。

階段は判明している部分で 2 段設置されている。前庭部すべてを調査できていないため、規格で判明していることは多くないが、測量図から読み取れることとしては、上段の奥行は 0.66 ～ 0.90 m、下段の奥行は 0.1 ～ 0.26 m を測り、玄室の主軸よりも西へ 69° 傾いている。

出土遺物は石塔類 4 点が出土している。このうち 3 点は箱根産出の輝石安山岩である。1 は宝篋印塔の笠である。隅飾突起は軒と一体化した延作りで、露盤とともに輪郭が省略されている。小型塔の特徴である上下両方にホゾ穴が穿たれている。小型塔は室町時代の遺跡に出土例が多いことや隅飾に退化の様相がみられることから、15 世紀中葉以降の所産と考えられる。2 と 3 は五輪塔である。2 は一石造の空風輪で、空輪・風輪の最大径はほぼ同一である。風輪の下部に出ホゾが認められるが破損している。3 は水輪で上下中央に凹みがある。4 は水盤だが、正位置ではなく「奉納」と刻印された面が底面として置かれていた。この水盤のみ他の石塔類と石材が異なり、中世ではみられない形であることから近世以降の所産と考えられる。

参考文献

斎木 勝 1986 年「関東型式宝篋印塔の研究」『千葉県文化財センター研究紀要』10

斉藤彦司 1997 年「中世石造塔婆における地域性について—相模型とその分布—」『横須賀考古学会研究紀要』第 1 号

本間岳人 2012 年「南関東」『中世石塔の考古学—五輪塔・宝篋印塔の形式・編年と分布—』狭川真一・松井一明編、高志書院



図 84 猿田やぐら出土遺物（1）



図 85 猿田やぐら出土遺物（2）

表 11 猿田やぐら石塔類観察表

〈 〉：残存値

No.	種別	法量				残存率	石材	出土位置	備考
		幅(cm)	奥行(cm)	高さ(cm)	重量(kg)				
1	宝篋印塔 笠	20.5	20.8	15.6	9.4	完形	輝石安山岩	龕	小型宝篋印塔 隅飾が軒と一体化
2	五輪塔 空風輪	10.5	10.6	〈18.2〉	2.6	90%	輝石安山岩	龕	出ホゾがあるが、破 損している
3	五輪塔 水輪	22.0	20.1	15.0	8.7	75%	輝石安山岩	階段部	上下中央凹みアリ
4	水盤	33.2	14.4	22.6	19.3	完形	—	玄室	近世以降か

第6章 調査成果のまとめ

上郷深田遺跡は、現在までの所、神奈川県内唯一の古代製鉄遺跡である。遺跡の始まりは7世紀中葉ごろの竪穴建物群から始まっているが、製鉄の操業年代は確実なところで7世紀末～8世紀中葉といったところで、概要報告段階で7世紀末～9世紀としていた年代観は、今回の土器の再検討により誤りであることが分かった（付編2）。また、今回の報告書作成を機にあらためて各遺構出土の製鉄関連遺物に対して金属分析を行い（第4章第2節、付編5）、遺構の形状分析とあわせて改めて遺構の性格付けをおこなった（付編6）。以下、当遺跡の特色について、巻末の各付編を参照しながら項目ごとにまとめる。

1. 遺跡の基本構造と各遺構の変遷

当遺跡の基本構造は、丘陵尾根先端裾付近をひな壇状に造成し、大きくは上段・下段に分かれているが、下段は下方から上方に向かって3段階の造成面が確認されている（古い方からa列・b列・c列）。下段は、斜面の下方から上方に向かって奥へ奥へと造成を繰り返す、上方を削った土で下方の古い造成面を埋め立てているため、a～cの3面は平面的には列として捉えられるが、斜面に対する縦断面でみると層位的に3層の遺構面の重なりとして認識できる。なお、遺跡全体の時期設定としては、この下段の各遺構面から出土する土器の時期比定が大きな根拠となっている（付編2 田尾誠敏論考参照）。

再検討された土器の年代観による遺跡の変遷はおおよそ以下のとおりである。

I 期 （7世紀中葉～後葉 およそ640～680年ごろ 図86）

数棟の竪穴建物のみから成る時期。下段a列の3～5号竪穴と上段の7号竪穴が相当する。遺構や遺物からみて、製鉄の痕跡はみられないが、各地の製鉄遺跡にみられるひな壇状の造成が、すでにこの時期の上郷深田遺跡にみられることから、下段東側の削平範囲などにおいてすでに製鉄業が始まっている可能性も指摘されている（付編7 菅原祥夫論考参照）。また、この段階の竪穴建物出土土器において、湖西産の須恵器と並び、北武蔵型や比企型土師器坏などが顕著に出土し、近隣の同時期の遺跡とは異なり、北武蔵系の影響の強い三浦半島との関連性も注意される（付編2 田尾論考参照）。

II 期 （7世紀末～8世紀初頭 およそ680～720年ごろ 図87）

上郷深田遺跡において製鉄業が明確に始まった時期。この時期に相当する下段遺構面はb列が相当するが、b列の中でもb-1～b-5の5列の柱穴列が認識でき、手前から奥へと柱穴列が変遷したことが分かる。もっとも古いと考えられる製鉄炉の可能性のあるものとして、b-2柱穴列に伴うと考えられる10号炉（箱形炉の可能性）があげられるが、典型例としてはb-4柱穴列に伴う12号炉・11号炉・20号炉の3基の箱形炉があげられる。これらは金属分析の上からも製錬滓などが顕著に出土し、箱形炉として認定できる。また製鉄にかかわると思しき性格不明な土坑（不明土坑1・2）も検出されている。

この時期の遺構から出土する特徴的な土器として、畿内系暗文土師器があげられる。坏と盤があり、いずれも内面底部に螺旋状暗文が、内面外周には斜状暗文が描かれ、口縁内面に一条の沈線をめぐらしている。坏は腰に丸みをもつ器形で、坏・盤ともに外面に回転ヘラケズリを施しており、製作に回転台

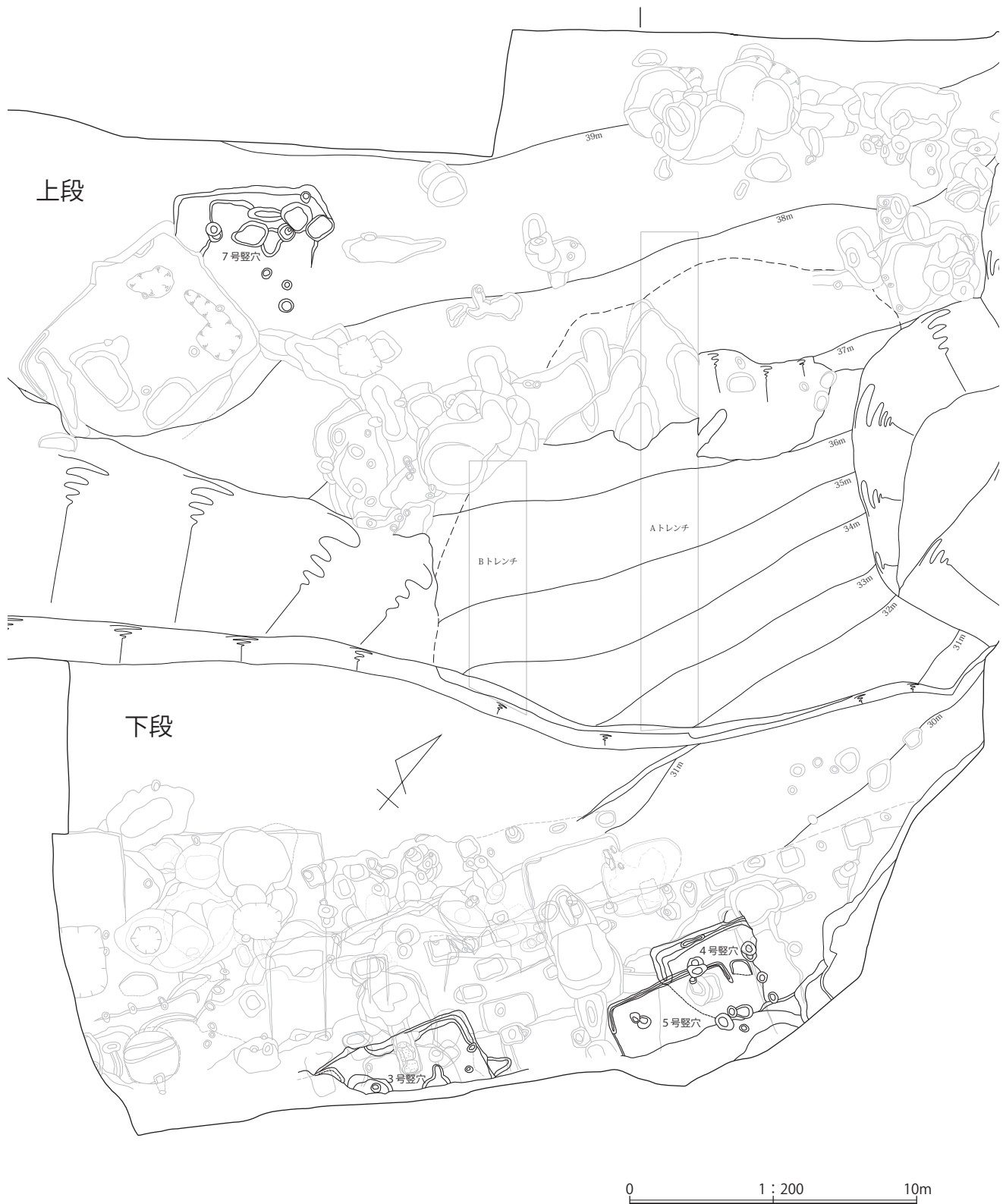


図 86 I 期の遺構

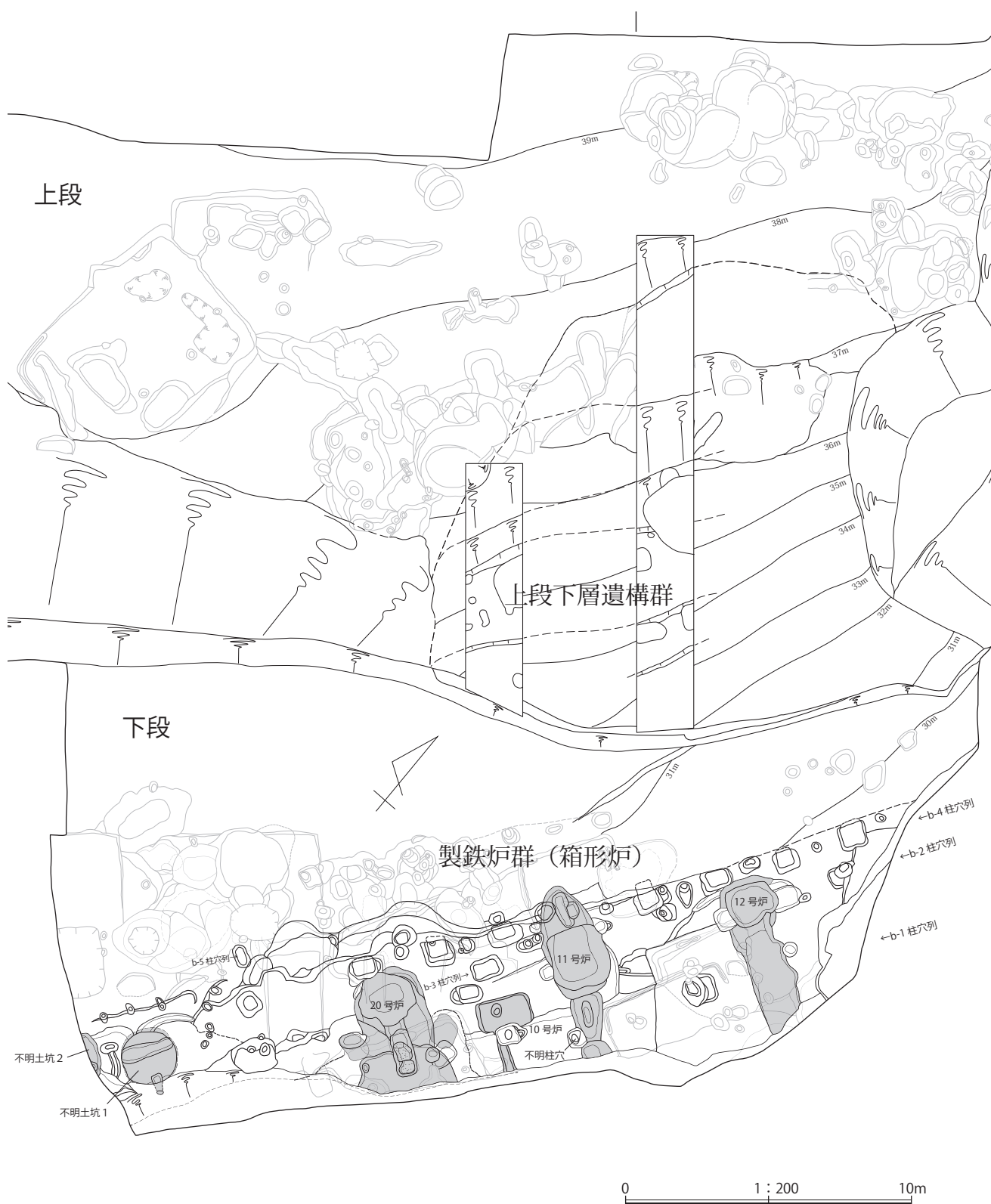


図 87 II期の遺構

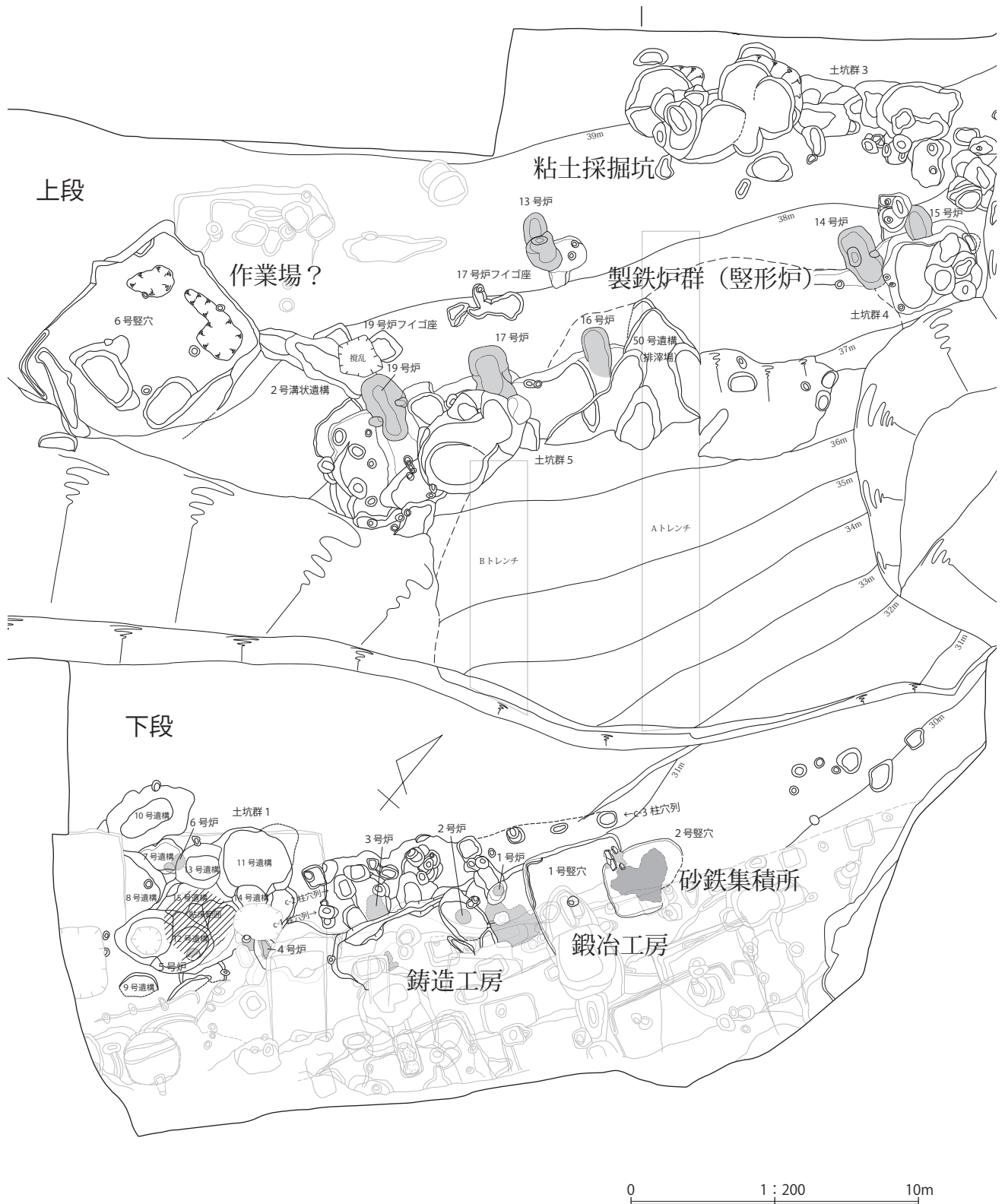


図 88 III期の遺構

を使用していることがうかがえる。上郷深田遺跡のこれらの土器は総じて製作技術が高度で畿内のオリジナルに対する再現性が高い。こうした再現性の高い類例は鎌倉郡の中枢部で顕著に出土しており、当遺跡の製鉄業が鎌倉郡家と密接な関係にあることを示唆している（付編3 押木弘己論考参照）。

なお、上段下層を断ち割ったBトレンチの最下段において、これらの畿内系暗文土師器がまとまって出土する層が存在する。これらも下段b列と同様にⅡ期に編年できる土器群である。上段下層を断ち割ったA・Bトレンチでは炉壁や鉄滓も顕著に出土しており、上段下層においてもⅡ期に製鉄炉が操業されていた可能性がある。

Ⅲ期（8世紀前葉～中葉 およそ720～760年ごろ 図88）

上段上面における6基の竪形炉に代表される時期。13・14・15・16・17・19号炉が相当し、前面の土坑群4・5や奥側の土坑群3なども同時期に掘削されたとみられる。これらの土坑群の性格として炉壁の構築材として利用された粘土の採掘坑の可能性が指摘できる。また上段南側の6号竪穴も同時期であろうか。

この時期の下段の遺構としては下段c列の遺構群が該当し、原料となる砂鉄の集積所である2号竪穴や、鍛造剥片が出土している1号竪穴、鑄造用溶解炉と考えられる1～3号炉、粘土採掘坑と考えられる土坑群1、その上層に貼床を構築した作業面と炉跡（4～6号炉）など多様な遺構群がある。これら下段遺構群の中心をなすのは鑄造用溶解炉で、その中でも2号炉は炉壁やガラス質滓などの分析から確実に銅の溶解を行っていたことが明らかで、また隣接する1号炉や1号竪穴に廃棄された炉壁の中にも銅の溶解炉にちなむ遺物が出土している。ただ量的には鑄鉄が主であることは間違いない。また当遺跡における鑄型の破片は、この下段c列の遺構群に集中し、ここに鑄造機能が集約されていたことは間違いないだろう。鑄型は獣脚をかたどったものが顕著であるが、3号炉から出土した舌状の器種不明大型鑄型などもあり、数種類の製品が製作されていたとみられる。

このようにⅢ期においては上段の竪形炉で鉄製錬が行われ、下段c列において銅・鉄の鑄造および一部鍛造行為も行われていたとみられる。

なお、当遺跡出土土器の大方はⅢ期におさまるが、1号竪穴から出土した1個体の相模型坏は遺存率が低いものの8世紀後半代に降る可能性を残しており、当遺跡の年代の下限を示唆するものといえよう（付編2参照）。

2. 古代製鉄遺跡としての上郷深田遺跡の位置づけ

上述した通り、上郷深田遺跡の製鉄業は确实なところでⅡ期（7世紀末～8世紀初頭）の箱形炉から始まっており、それは鎌倉郡家（今小路西遺跡）やいわゆる郡寺（千葉地廃寺）の成立と密接に関わるとともに、三浦半島を含む周辺地域の瓦や須恵器の生産遺跡との関係性も考慮すべき事象と考えられる（付編4 高橋香論考参照）。また、Ⅲ期（8世紀前半～中葉）の竪形炉の操業は、関東では最も古いグループに位置付けられ、その竪形炉の系譜が改めて問題となるだろう（付編6 能登谷論考参照）。

また、以前から当遺跡との関連性を指摘されていた近隣の上郷猿田遺跡については、今回、その出土土器を再実測し年代を再検討した結果、上郷深田遺跡のⅢ期前半に並行する古代集落と判明した（付編

1 上郷猿田遺跡出土遺物の再報告参照)。出土遺物の中で、とくに土師器の蓋を伴う盤状坏が目立ち一般的な集落とは大きく土器様相が異なっている。さらに大型掘立柱建物跡も存在することから、上郷猿田遺跡の製鉄業を支えた工人集団の集落と捉えて良いであろう。また、上郷猿田遺跡出土須恵器の中に歪んだ個体が多いことから、近隣の須恵器生産の存在が示唆されることも重要な成果といえる（付編1）。

東日本における一製鉄遺跡としての様相としては、箱形炉・竪形炉ともにそれぞれの一般的な年代において古い一群に属しており、西方からの東海道ルートでの関東あるいは東北への製鉄業の波及において、一つの足掛かりとなった遺跡であると推察される。鎌倉地域は国造制の時期の鎌倉別の設置にみられる通り、畿内との関係性が深い地域であり、東北経営をにらんでの製鉄業の第一陣を鎌倉郡に据えたとの解釈が今のところ妥当のようである。付近の官衙や古代寺院への供給という視点のみならず、対蝦夷政策における後方支援基地としての性格も考えるべきであるという視点である（付編7 菅原祥夫論考参照）。横浜市栄区の地に、なぜ古代の一大製鉄遺跡が存在するのか、という問いに答えるとすれば、上記の壮大な東日本をめぐる古代史の背景を俯瞰することによって、必然的にこの地に設置されたことが分かる、ということなのだろう。

3. 地域研究としてのこれからの上郷深田遺跡研究—原料の由来と製品の行方—

古くから地元住民の関心であった原料の由来についてはどうであろうか。遺跡からは原料としては砂鉄の実物が多く出土しており、また金属分析の結果からも製錬滓にはチタンが多く含まれ、鉄鉱石ではなく砂鉄由来の製鉄業が行われていたと結論付けられる（付編5 鈴木瑞穂論考参照）。また、砂鉄自体の由来としては、第1章第2節（3）「地質環境と砂鉄の由来について」で述べた通り、三浦半島やその付け根の地域一帯では、上総層群あるいは三浦層群に火山灰由来の鉄分が多く含まれており、それらが河川の開析作用によって海に流れ出し、波の作用によって河口付近の海岸に濃集されることによって、密度の濃い砂鉄を効率よく得ることができたと思われる。

付編6の能登谷論考でも触れられている通り、製鉄業の実態を示す言葉として「粉鉄七里に炭三里」という言葉があり、炭を作るための薪を近く（12km）に求める必要の反面、砂鉄は遠く（28km）からでも運んだことを示している。現在、砂鉄の濃集地としては相模湾側の鎌倉市稲村ヶ崎（極楽寺川河口）や行合橋付近（行合川河口）が知られており、また三浦半島先端の野比海岸も同様である。また横浜市の東京湾側は埋め立てによって現在天然の砂浜が失われているが、かつては磯子の砂浜にも砂鉄が濃集していたようである。どこから運ばれたかは分からないが、その候補地は付近に多くあり、また地元の方々に拠れば、当遺跡のある谷はもともと風が強く吹き抜けることで知られており、砂鉄・薪・風がそろった製鉄業に叶った地勢を備えているといえるだろう。ただ、炭窯は発掘調査で発見されておらず、今後の調査の課題として残されている。

当遺跡で生産された鉄原料がどのように流通したかについても、また今後の課題である。付編8の荒井秀規論考でまとめられた、史料に見る鉄の貢納と流通の中に当遺跡の製鉄業の実態をどのように位置付けていくのかが問題であろう。付近には笠間中央公園遺跡（8世紀代か）や中谷遺跡など、鍛冶遺構

が検出された遺跡が分布する（第1章第2節）。また（公財）かながわ考古学財団奈良・平安時代研究プロジェクトチームが行った神奈川県内の古代鍛冶遺構集成の成果（かながわ考古学財団2014）を参照すると、上郷深田遺跡の操業時期に合致する例は、茅ヶ崎市下寺尾西方A遺跡H1鍛冶炉（7世紀第4四半期）や同市七堂伽藍跡（8世紀前半）、川崎市岡上ー4遺跡第2地点H24号住居址（8世紀中頃）、などわずかな例に限られることが分かる。相模国府域の平塚市坪ノ内遺跡（B区鍛冶工房址 8世紀末～9世紀初頭）や同市六ノ域遺跡（NH1鍛冶工房等 9世紀後半～10世紀末）で見つかった大規模な鍛冶工房の年代は、残念ながら上郷深田遺跡の製鉄炉の操業時期とはずれている。ただ、鎌倉郡中樞域における需要は当然あったと見られ、さらに鑄造製品については鎌倉郡家や千葉地土廃寺などの古代寺院の建立に伴って供給された可能性が大きいであろう。当遺跡をめぐる問題は尽きることがなく、今後の当地域の大きな研究課題といえる。

参考文献

（公財）かながわ考古学財団（奈良・平安時代研究プロジェクトチーム）2014「神奈川県における古代の鉄（4）―生産関連遺構の集成―」『かながわの考古学 研究紀要19』（公財）かながわ考古学財団