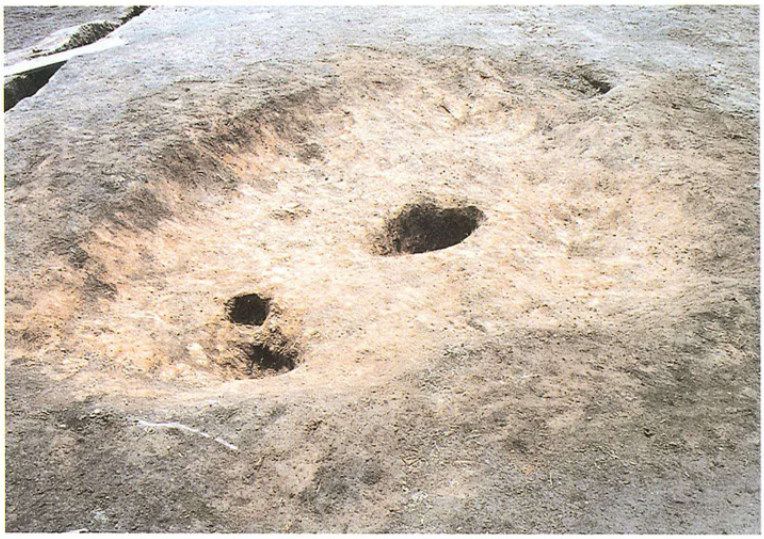
図版 5 （大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡）



1．土壙 1（東より）

2．土壙 2 断面（北西より）

3．鉄穴流し状遺構 1 断面（北より）

図版 6 （大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡）

1．鉄穴流し状遺構 1（北より）

2．鉄穴流し状遺構 1（南より）

3．鉄穴流し状遺構 1
岩石掘削部分（北より）

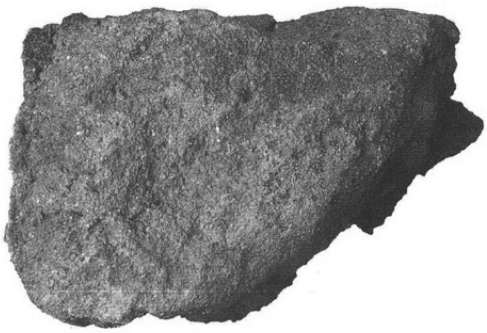
図版 7 （大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡）

1．鉄穴流し状遺構 2 断面（北より）

2．鉄穴流し状遺構 2（南より）

3．鉄穴流し状遺構 2（西より）

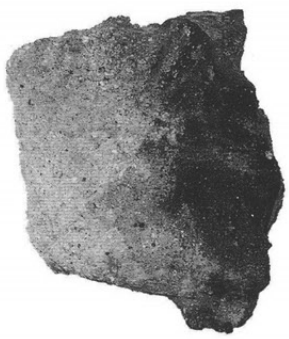
図版 8 （大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡）



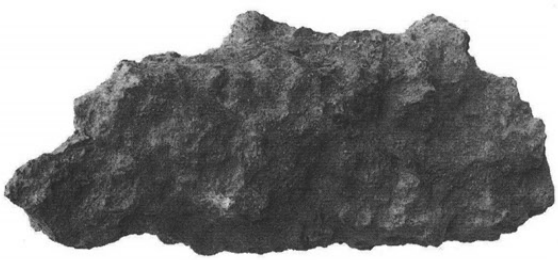
1

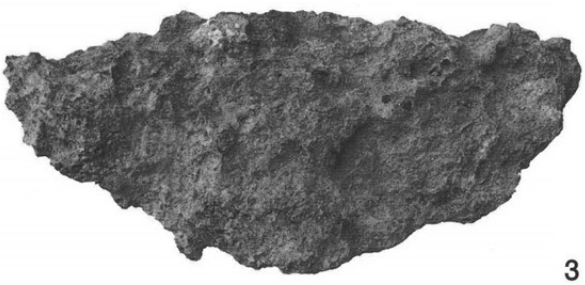
2

1．鉄穴流し状遺構１出土遺物（Ｃ１）
2．Ｃ１保土穴部分拡大
3．鉄穴流し状遺構１出土遺物（Ｍ３）
4．鉄穴流し状遺構１出土遺物（Ｃ２）
5．Ｃ２保土穴部分拡大

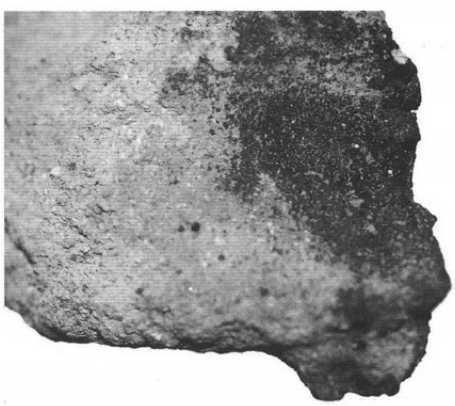


4





3

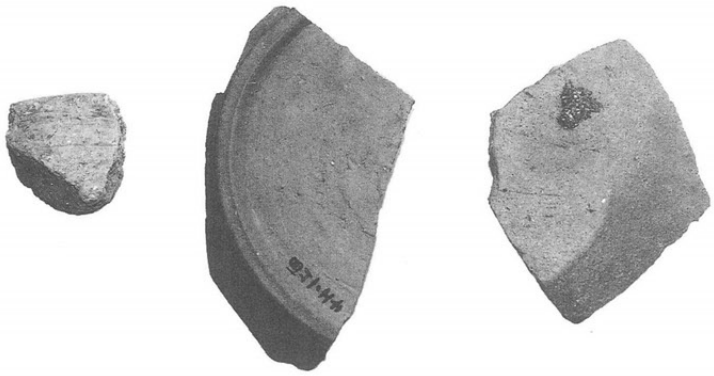


5

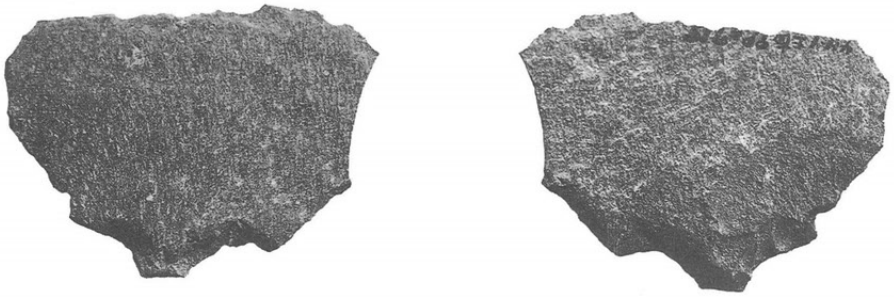
図版 9 （大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡）

1．鉄穴流し状遺構 1 出土遺物（1 ・ 2）

2．遺構に伴わない遺物（3）



3．遺構に伴わない遺物（4 ・ 5 ・ 6）



4．遺構に伴わない遺物（S 1）

引野中原遺跡
（ひきのなかはらいせき）

第１節　遺跡の現状と経過

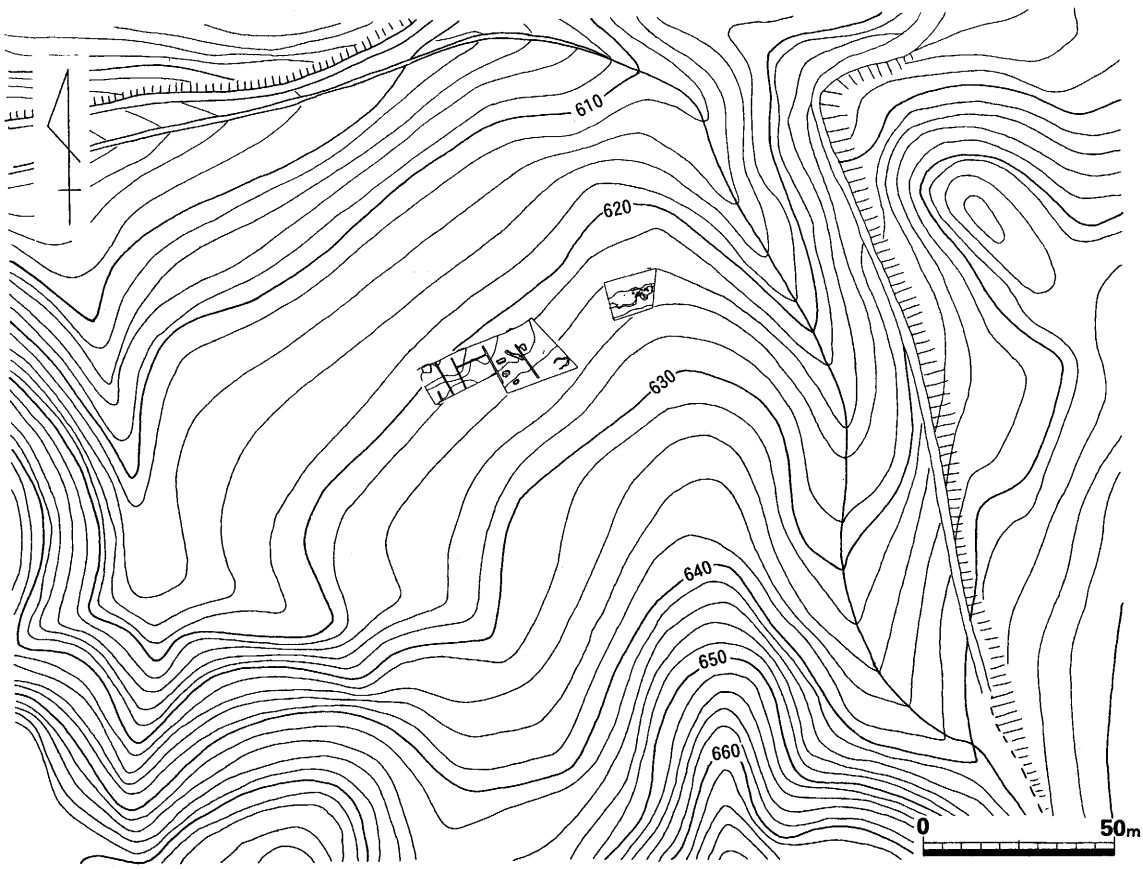
引野中原遺跡は南から北へかけてのびる尾根裾の北西に面する緩斜面に位置する。南西方向の尾根の反対側には大神宮原 No. 25・26 遺跡が存在する。標高 625 m を測り、今回調査したゴルフ場建設関連遺跡の中でも高所に位置する遺跡で、17 番ホール建設予定地にあたる。

近年は植林地として利用されており、今回のゴルフ場建設に伴う事前の分布調査において須恵器の小片及び鉄滓・炉壁片の散布が確認されたことから、近世高殿たたら成立以前の古い製鉄関連遺跡が存在する可能性が考えられた。

遺物散布が広範囲にわたるため、確認調査は斜面全体の表土を剥ぎ、上面清掃にて遺跡の広がりを把握し、トレンチにて下層の状況を確認することとしたが、植林の樹木の伐採時にかなりの掘削や、重機の移動が行われており、地下の遺跡にも多少の影響が及んでいると思われた。

調査の結果、遺構は表土直下の地山面に形成されている一層のみで、重複しないことを確認して、遺構・遺物の確認された 555m² を調査対象とし、東側の 120m² を 1 区、西側の 435m² を 2 区とした。

全面調査は 1999（平成 11）年 6 月 26 日より開始した。調査の結果、製鉄炉の炉床と思われる遺構と土壙・溝等を検出し、遺物は鉄滓・炉壁片と土器類が出土した。調査は 7 月 26 日に終了した。



第１図　引野中原遺跡位置図

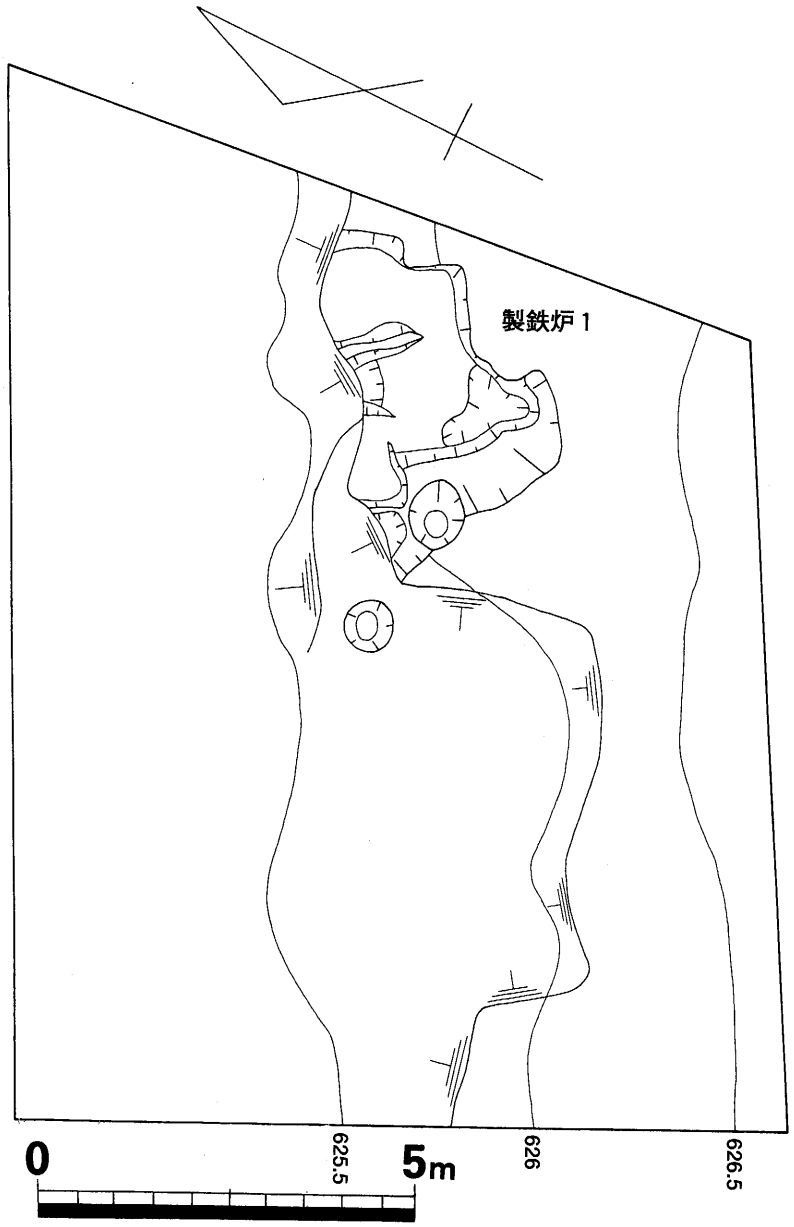
第２節　１区の概要

確認調査時に炉床と思われる炭の広がりや被熱箇所が確認されており、この周辺を中心とした鉄滓・炉壁が散布する範囲を調査区として設定した。なだらかな斜面の裾部に立地し、南半分は作業用道路付設の際に削平を受けていた。

遺構は製鉄炉の炉床が１基見つかっている。

製鉄炉１

調査区東側において炭を含む黒色土の広がりと、被熱した炉壁がみられ、この部分が炉の下部構造であると思われた。上部は完全に破壊あるいは削平されており、また、南側部分についても削平により遺構が存在しなかったため、炉の形状及び規模を把握することは不可能であったが、炭を多く含み、炉壁が出土した箇所（図３粗いドットのトーン部分）がおそらくは炉の本体部分が位置した場所であったと思われる。

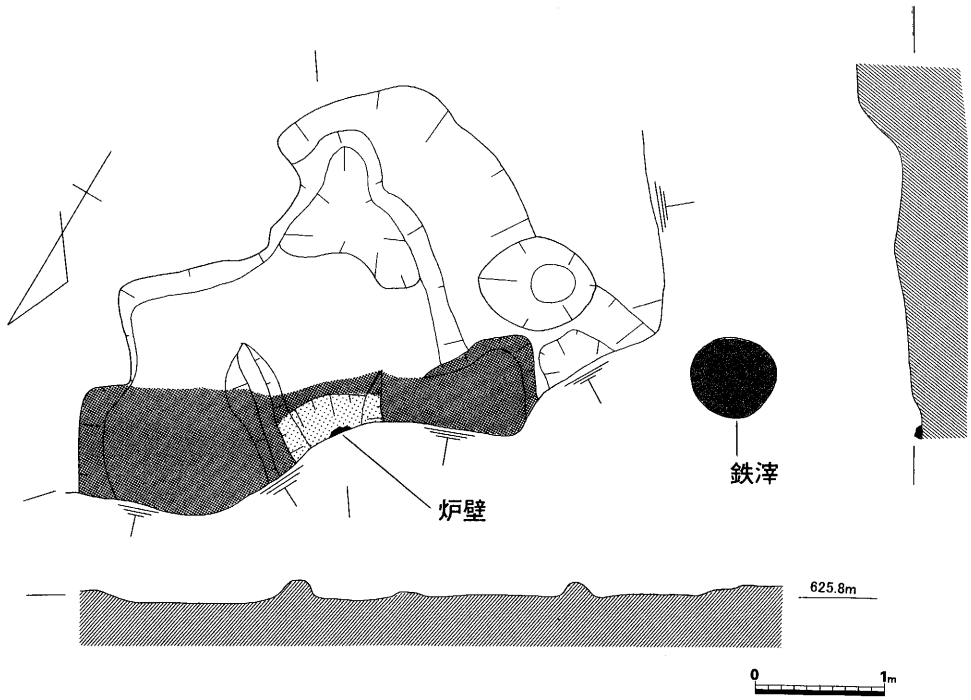


第２図　１区調査区全体図

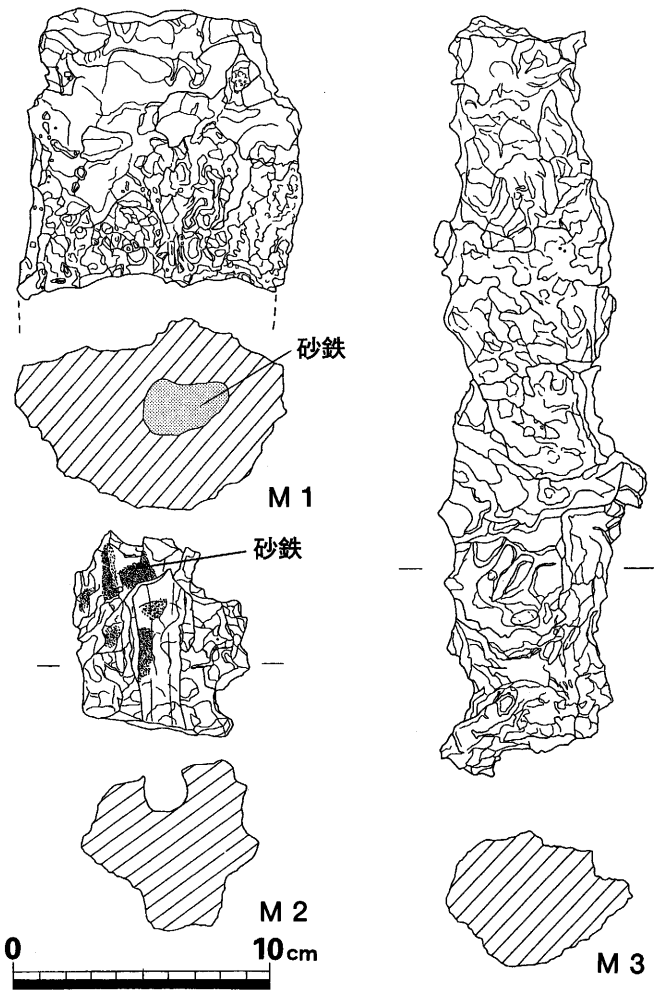
周辺から出土した鉄滓には半還元溶融砂鉄がみられることから本遺構が砂鉄製錬を行っていたことが明らかとなった。

炉周辺も全体的に地山を浅く掘り窪め、平坦面やピットを形成する。西端に位置するピットからは多くの鉄滓が出土した。上面が削平を受けていることを考慮し、本来はもっと大きな土壙状であったとすれば、排滓場であった可能性が高い。

遺物は前述のピット及び周辺から鉄滓・炉壁等がコンテナで約２箱出土している。**Ｍ１・Ｍ２**は炉内滓である。製鉄炉の南側の平坦面より出土した。**Ｍ１**の幅は約 11cm を測り、底面は丸底を呈する。また、内部まで熱が浸透しなかったと思われ、内



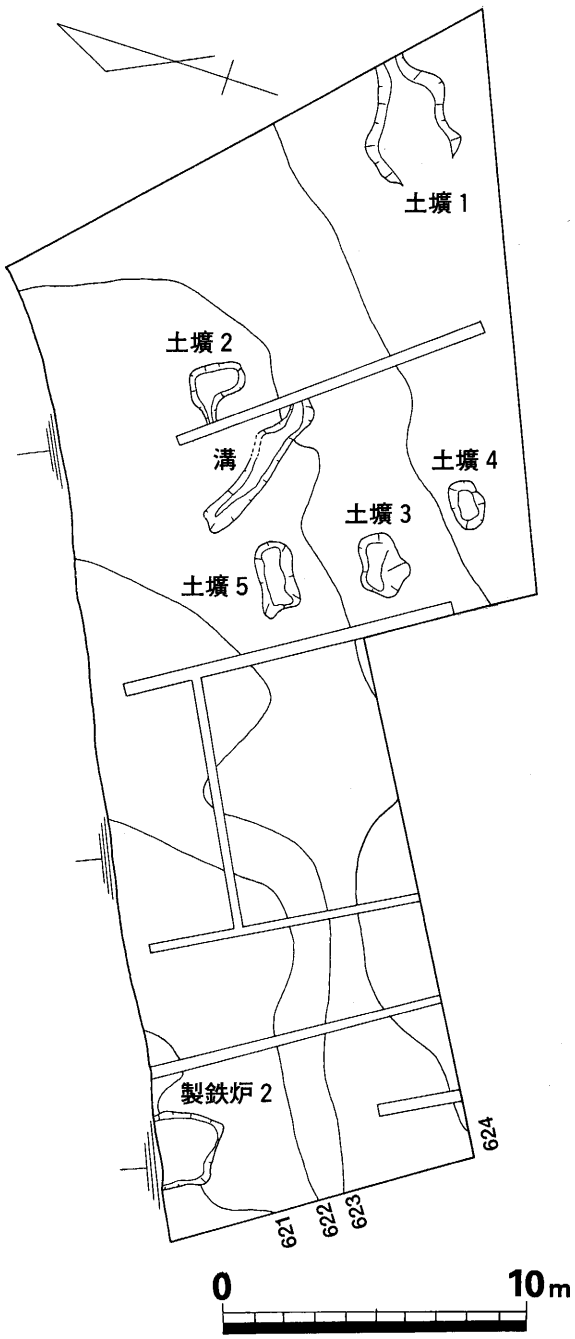
第３図　製鉄炉１平面・断面図



第４図　製鉄炉１出土遺物

部には砂鉄が溶けきらず、半還元溶融状態のままで残存していた。**M 2** は炉１付近から出土したものである。径約２cm の棒状のもので押さえたような痕跡があり、半還元溶融砂鉄も多くみられた。**M 3** は炉外流出滓である。炉の西側のピット（排滓場？）より出土した。元は２つに割れて出土したものを接合したものである。長さ約30cm、幅約７cm を測る。底面は丸底を呈し、炉外に流出し排滓溝を流れていたものがそのまま凝固し、破棄されたものであろう。

第3節　2区の概要



第5図　2区調査区全体図

1区より約20m西南方向に位置する。分布調査時に鉄滓・炉壁と土器片の散布が確認されていた箇所である。確認調査の結果、上面は大幅に削平されている可能性が高かったが、製鉄炉の炉床と思われる遺構と土壙5基、溝が1条検出されている。以下、順次遺構・遺物の概要について述べる。

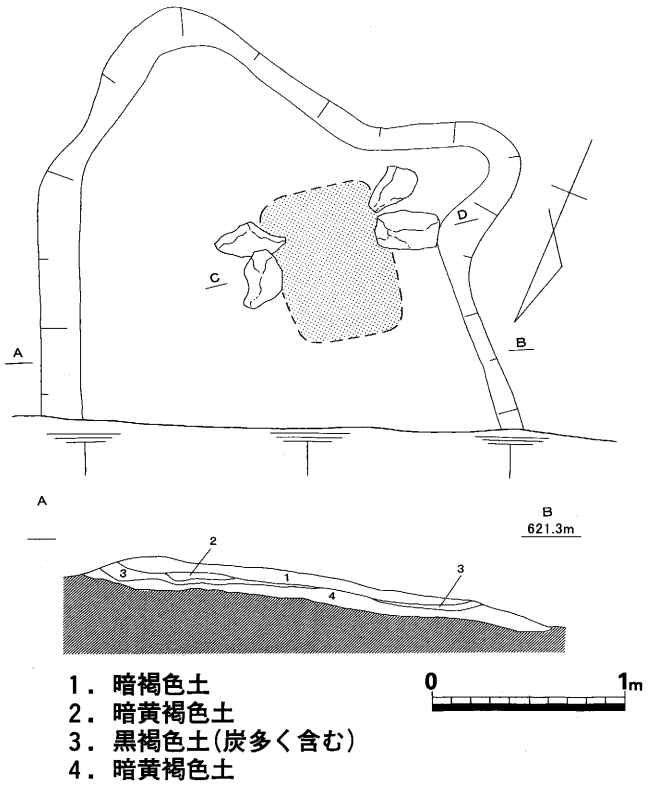
（1）製鉄炉

製鉄炉2

調査区西端にて検出された。上面及び北側部分は作業用道路により削平を受けていた。2.2×2.5mの範囲を掘り下げ、粉炭と褐色土を敷き炉床を構築していたものと思われる。

堀り方の西寄りの地山面には自然石を2つずつ2箇所に配置されていた。その自然石の間は炭の密度が多く、また、焼土や鉄滓・炉壁片も出土しており、これらの検出状況からおそらく第6図のスクリーントーン部分あたりに炉の位置を求めることができる。

出土遺物は須恵器1と鉄滓・炉壁片が出土している。1は炉床の埋土からの出土である。M4は炉内滓である。38×18cmを測り、隅丸方形を呈す。底面は丸底状である。短辺の突き出る箇所は排滓口であろう。ほぼ完全な形の出土で、炉の形状・規模を推定できる好資料である。また、これ以外の出土鉄滓の中には表面に半還元溶融砂鉄が付着するものもみられることから、砂鉄による製錬が行われていたものと考えられる。

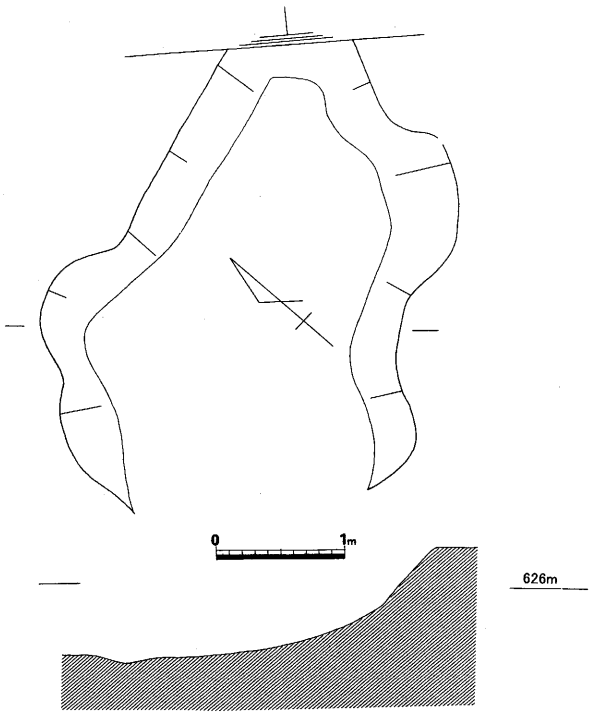


1．暗褐色土
2．暗黄褐色土
3．黒褐色土(炭多く含む)
4．暗黄褐色土

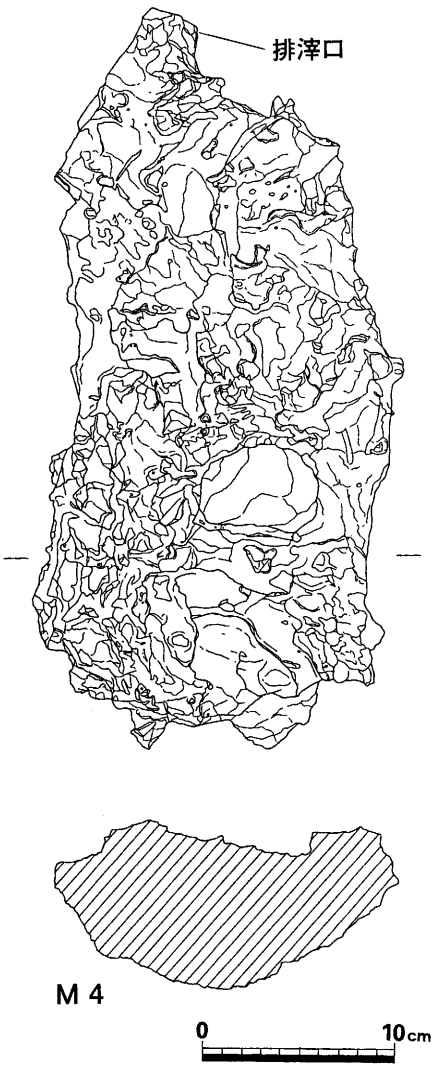
第6図　製鉄炉2平面図

第7図　製鉄炉2断面図

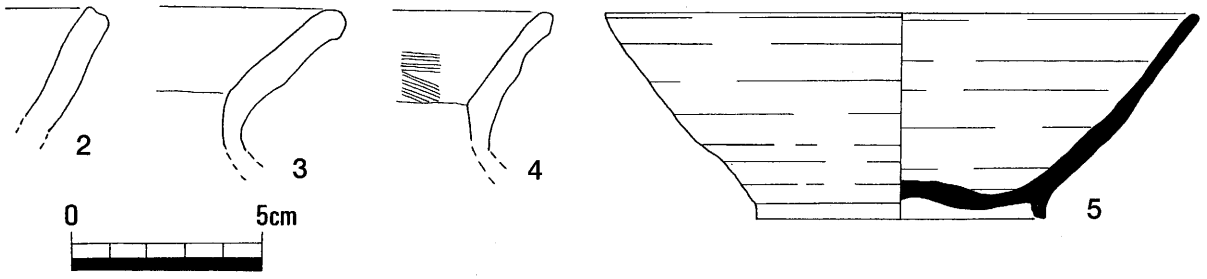
第8図　製鉄炉2出土遺物



第10図　土壙1平面・断面図



第9図　製鉄炉2出土遺物



第11図　土壙１出土遺物

（２）土壙

土壙１

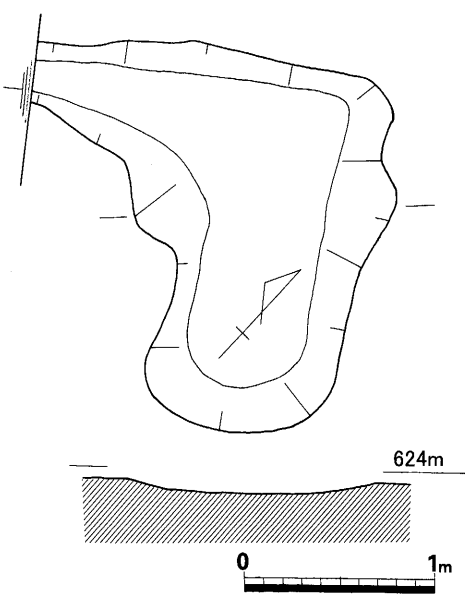
調査区東端に位置する。斜面を掘り込み底部に平坦面を形成する。長径約3.8 m、短径255cmを測る。遺物は土師器・須恵器が出土している。**2**～**4**は土師器の甕の口縁部である。**2**のように端部が面をもつものと、**3**・**4**のように外面に肥厚するものの２通りがみられる。**5**は須恵器の碗である。体部は直線気味に大きく開き、端部を丸くおさめる。底部はヘラ切り後に軽くナデを施し、貼付高台を巡らす。

土壙２

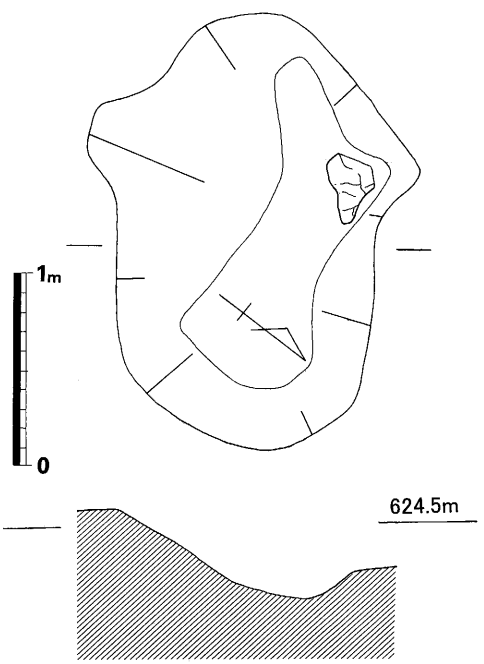
調査区東部、溝１の約1.5 m北側に位置する。不整円形を呈し、長径200cm、短径98cm、深さは10cmを測り、底部は浅い皿状を呈する。遺物は出土していない。

土壙３

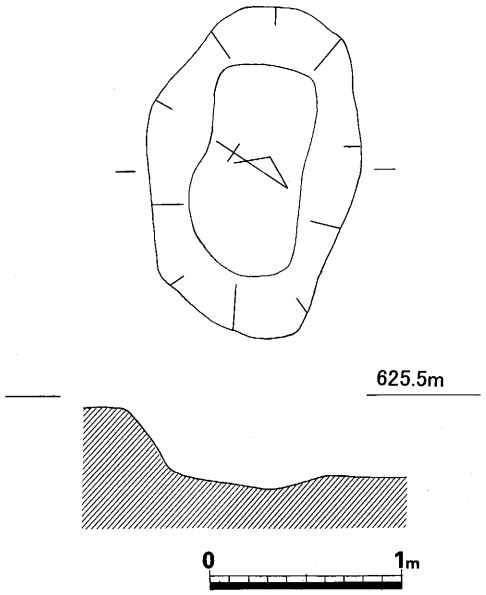
調査区中央部南寄りの斜面に位置する。楕円形を呈し、長径179cm、短径116cm、深さは約30cmを測る。底部は平坦で皿状を呈する。遺物は出土していない。



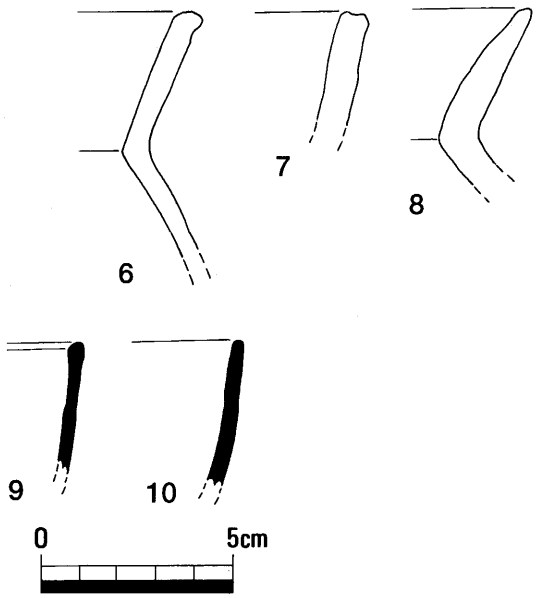
第12図　土壙２平面・断面図



第13図　土壙３平面・断面図



第14図　土壙４平面・断面図

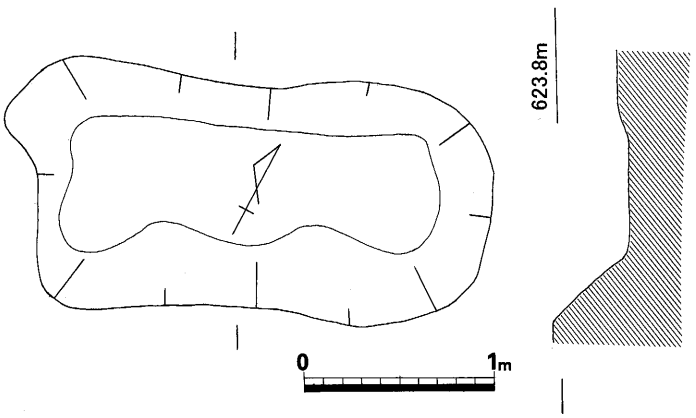


第15図　土壙４出土遺物

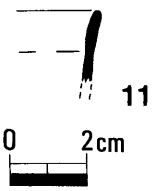
土壙４

土壙３の北西約２ｍに位置する。不整楕円形を呈し、長径234cm、短径138cm、深さは25cmを測る。斜面に形成されており、底部は平坦で浅い皿状を呈する。

遺物は土師器・須恵器が出土した。いずれも細片での出土であり、図化できるものは僅かであった。**6**～**8**は土師器の甕の口縁部である。端部が肥厚するもの、端部に面をもつもの、尖り気味になるものがみられる。**9**・**10**は須恵器の坏である。端部は肥厚気味に丸くおさめる。



第16図　土壙５平面・断面図



第17図　土壙５出土遺物

土壙５

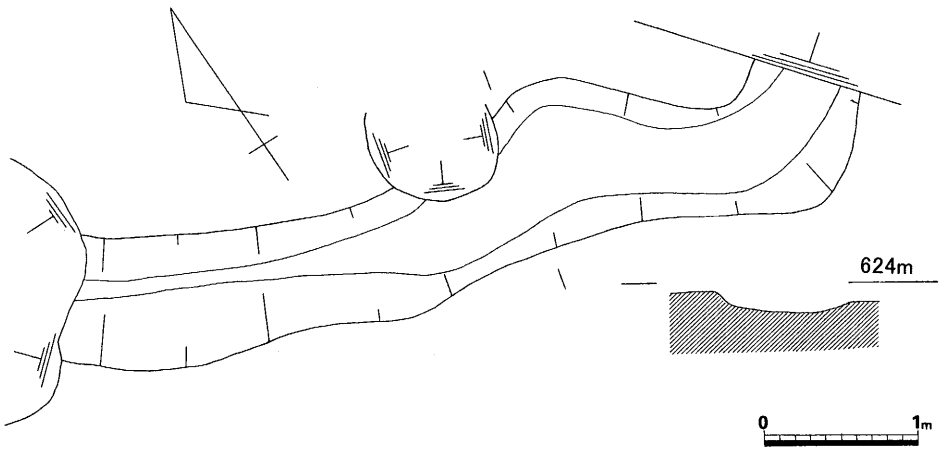
調査区中央付近に位置する。隅丸長方形を呈し、長径266cm、短径114cm、深さは約30cmを測る。底部は平坦である。遺物は須恵器の坏の口縁部**11**が出土した。

（３）その他の遺構・遺物

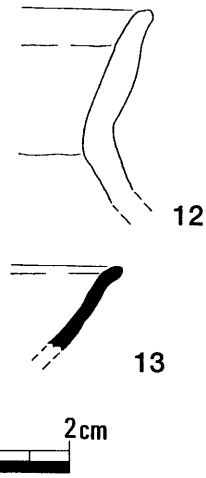
溝

土壙５の北東約1.5ｍに位置する。攪乱のため全容は把握できなかったが、残存長525cm、幅72

～ 116cm、深さ 10cm を測り、底部は浅い皿状の丸底を呈する。遺物は土師器・須恵器の小片が僅かながら出土した。**12** は土師器の甕、**13** は須恵器の坏である。



第18図　溝平面・断面図



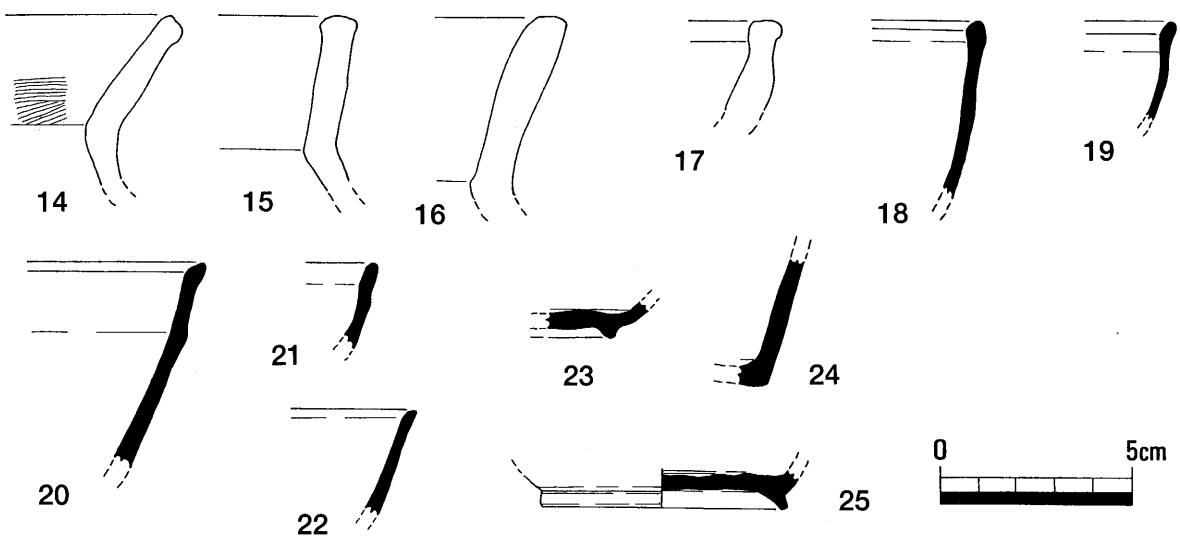
第19図　溝出土遺物

遺構に伴わない遺物

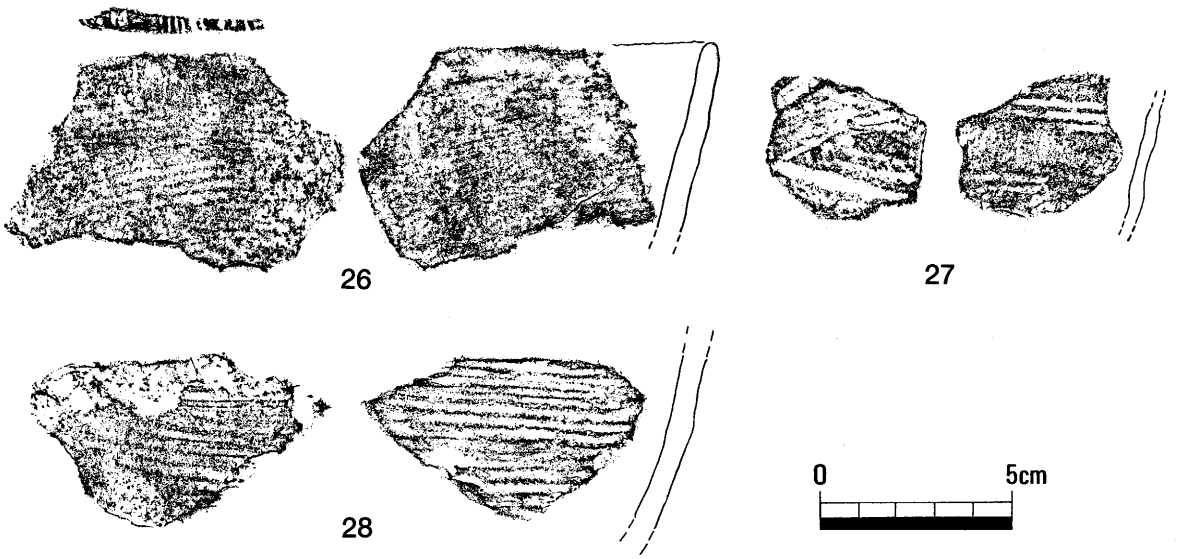
表土掘削中及び上面清掃中に僅かながら縄文土器・土師器・須恵器の小片が出土している。いずれも細片であるが、図化可能なものを以下に掲載する。

14 ～ **17** は土師器の口縁部である。いずれも外反し、端部が肥厚するものであるが、**16** は端部付近ですぼまった後に肥厚する。**18** ～ **22** は坏の口縁部である。**18** は端部が肥厚し **19・21** は端部付近で外方に屈曲する。**23** ～ **25** は底部である。**23** は逆三角形状、**25** は外方に張り出す高台をもつ。**24** は壺または甕の底部と思われる。

26 ～ **28** は縄文土器である。**26** は内外面を条痕文で仕上げた粗製土器である。口縁端には刻目が施され、外面には煤が付着する。**27・28** いずれも内外面を条痕文で仕上げた粗製土器である。**28** の外面には僅であるが煤が付着する。



第20図　遺構に伴わない遺物



第21図　遺構に伴わない遺物

第４節　小結

今回の調査の結果、引野中原遺跡では２基の製鉄炉址を確認した。製鉄炉はいずれも尾根を下った緩斜面部分に構築されていた。製鉄炉１は北側部分が削平を受けており、残存する遺構・遺物から推測して、幅または長さ約80cmの掘り方の底に炭を敷き、その上に炉を構築していたものと思われる。これまでの調査例などから長方形箱形炉であった可能性が高い。炉本体の規模は下部構造や、出土鉄滓から推測してもさほど大型ではなかったであろう。また、**Ｍ２**より排滓溝を持つものであったことが窺われる。また、製鉄炉１の西側に存在する鉄滓の詰まったピットは排滓場であったと思われる。

製鉄炉２は１よりも約65cm西で見つかっている。１と同様、北側部分が削平を受けているが、浅く掘り窪めた土壙に褐色土と炭を敷いて下部構造を形成している。出土遺物**Ｍ４**より炉本体の形状は内法径約40×20cmを測る長方形箱形炉であったことが窺われる。

炉にあたる部分については長辺側に自然石を配していた。こうした炉の長辺に石を配する類例としては、岡山県内では総社市千引かなくろ谷遺跡４号炉（６世紀後半）（註１）、和気町石生天皇遺跡（８世紀末～９世紀）（註２）、久米町大蔵池南製鉄遺跡４号炉・７号炉（６世紀後半）（註３）などが挙げられるが、そのいずれとも様相を異にすることから目的も違ったものである可能性が高い。本例は、防湿施設である炭・褐色土により埋められた状態にあり、構築当初の炉壁の厚さを20cm程度と想定すれば外法が80×60cmとなり、配石の間隔とほぼ一致することから、炉を支える土台的な意味合いを持っていたのかもしれない。また、いずれの製鉄炉も砂鉄を用いたものであり、羽口や保土穴をもつ炉壁片等が見つかっておらず、送風方法については明らかではない。操業期間は、遺物の出土量や残存する遺構の状況より、短期間の操業であったと思われる。いくつか見つかった土壙については、出土遺物よりおそらく製鉄炉と同時期のものであると思われるが、性格については不明である。

時期であるが、遺構及び周辺から出土した土器から推定すればおおむね９世紀前半あたりを遺構の時期として位置付けたい。

縄文土器については、内外面の条痕による調整や口縁端部の不揃いな刻目などの特徴から、縄文前期、羽島下層式期にその時期を求められるであろう（註４）。この時期に相当する遺構は確認されていない。

＜註＞

註１　炉床の長辺に２～３段に円礫を積んで隙間に粘土を充填し、10～20cmの炭層によってこれを埋めているものが見つかっている。

武田恭彰　『奥坂遺跡群』総社市教育委員会　1999

註２　炉の北西側に一本の溝を掘り込み、そこに３枚の板石を立て並べている。

近藤義郎　『石生天皇遺跡』和気町教育委員会　1980

註３　長辺のテラス状部分の片側に自然石を４つ配する。被熱しておらず、本来は盛り土によって覆われていたと考えられている。

森田友子　「大蔵池南製鉄遺跡」『稼山遺跡群Ⅳ』久米開発事業に伴う文化財調査委員会 1982

註４　平井勝　「縄文時代」『岡山県の考古学』近藤義郎編　吉川弘文館　1987

図版１（引野中原遺跡）

１．１区調査区全景（南より）

２．製鉄炉１（北より）

３．製鉄炉１完掘（北より）

図版２（引野中原遺跡）

１．２区調査区全景（東北より）

２．製鉄炉２（北より）

３．製鉄炉２完掘（北より）

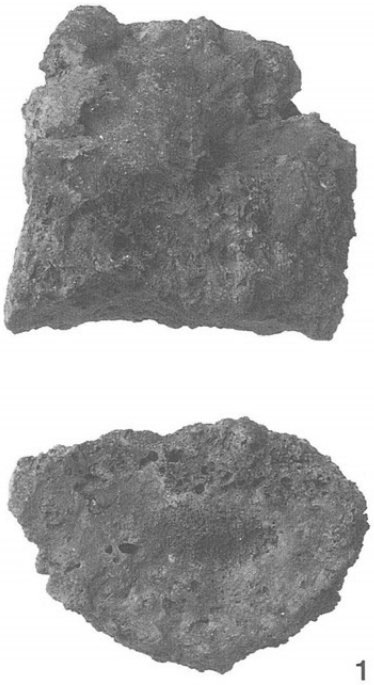
図版３（引野中原遺跡）

１．土壙１（西南より）

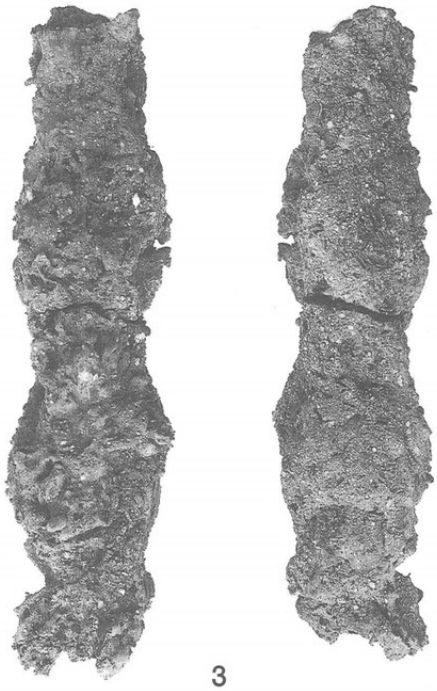
２．土壙２（右）
溝　　（左）
（南東より）

３．手前から
土壙５
土壙３
土壙４（南より）

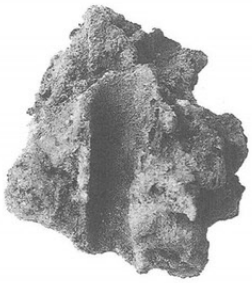
図版４（引野中原遺跡）



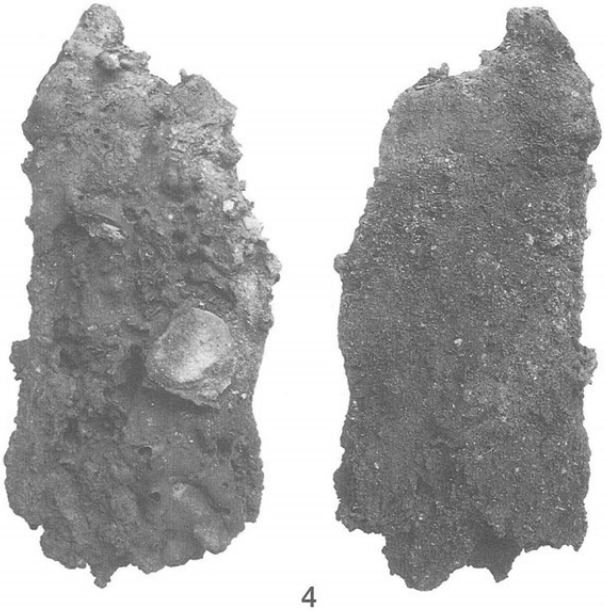
1



3



2

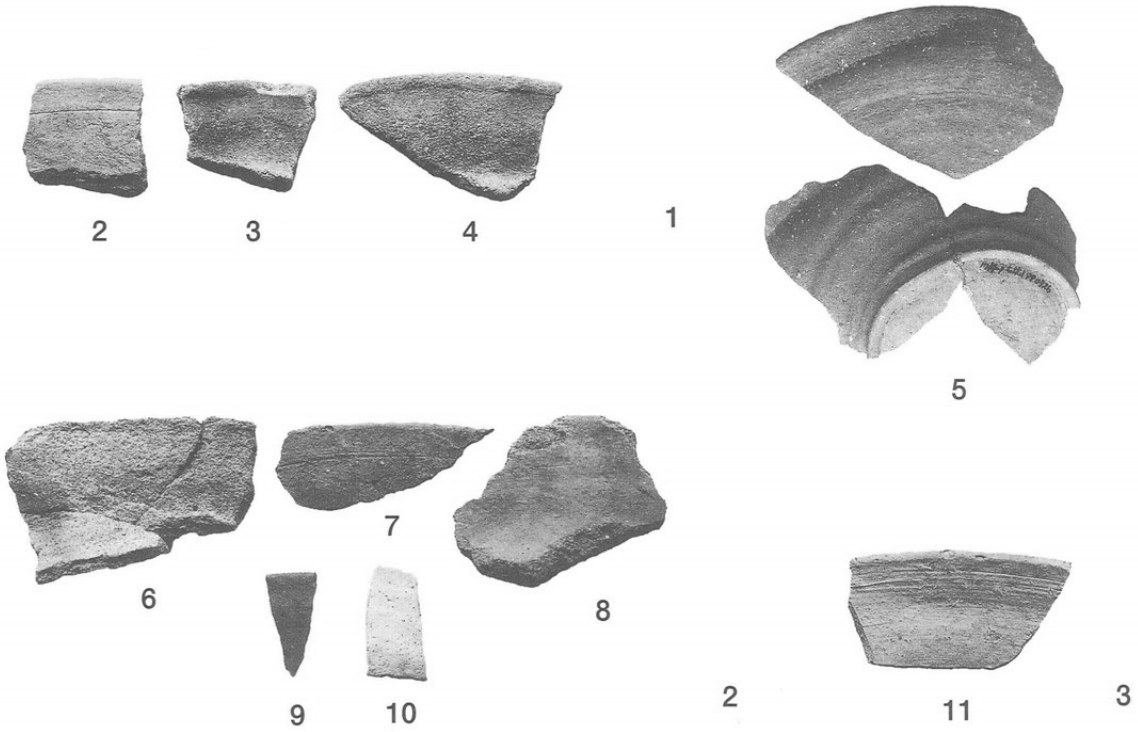


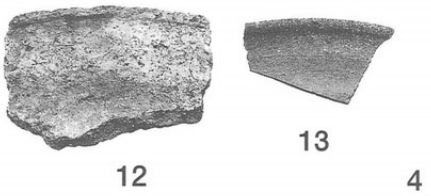
4

5

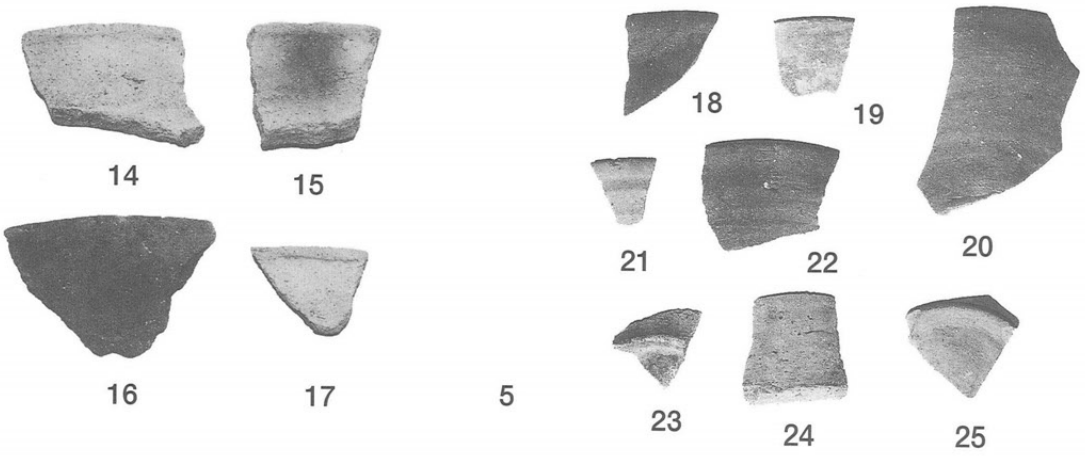
1．製鉄炉１出土遺物（Ｍ１）
2．製鉄炉１出土遺物（Ｍ２）
3．製鉄炉１出土遺物（Ｍ３）
4．製鉄炉２出土遺物（Ｍ４）
5．製鉄炉２出土遺物（１）

図版５（引野中原遺跡）

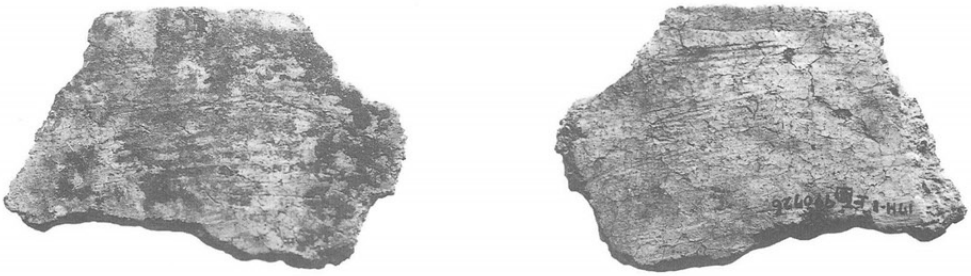




1．土壙１出土遺物
2．土壙４出土遺物
3．土壙５出土遺物
4．溝出土遺物
5．遺構に伴わない遺物



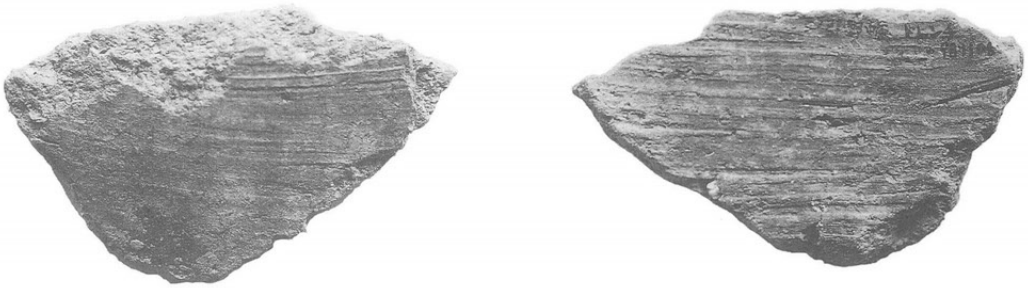
図版 6 （引野中原遺跡）



1．遺構に伴わない遺物(26)

2．26 口縁部拡大

3．遺構に伴わない遺物(27)



4．遺構に伴わない遺物(28)

福見A遺跡（ふくみ　いせき）

第１節　遺跡の現状と経過

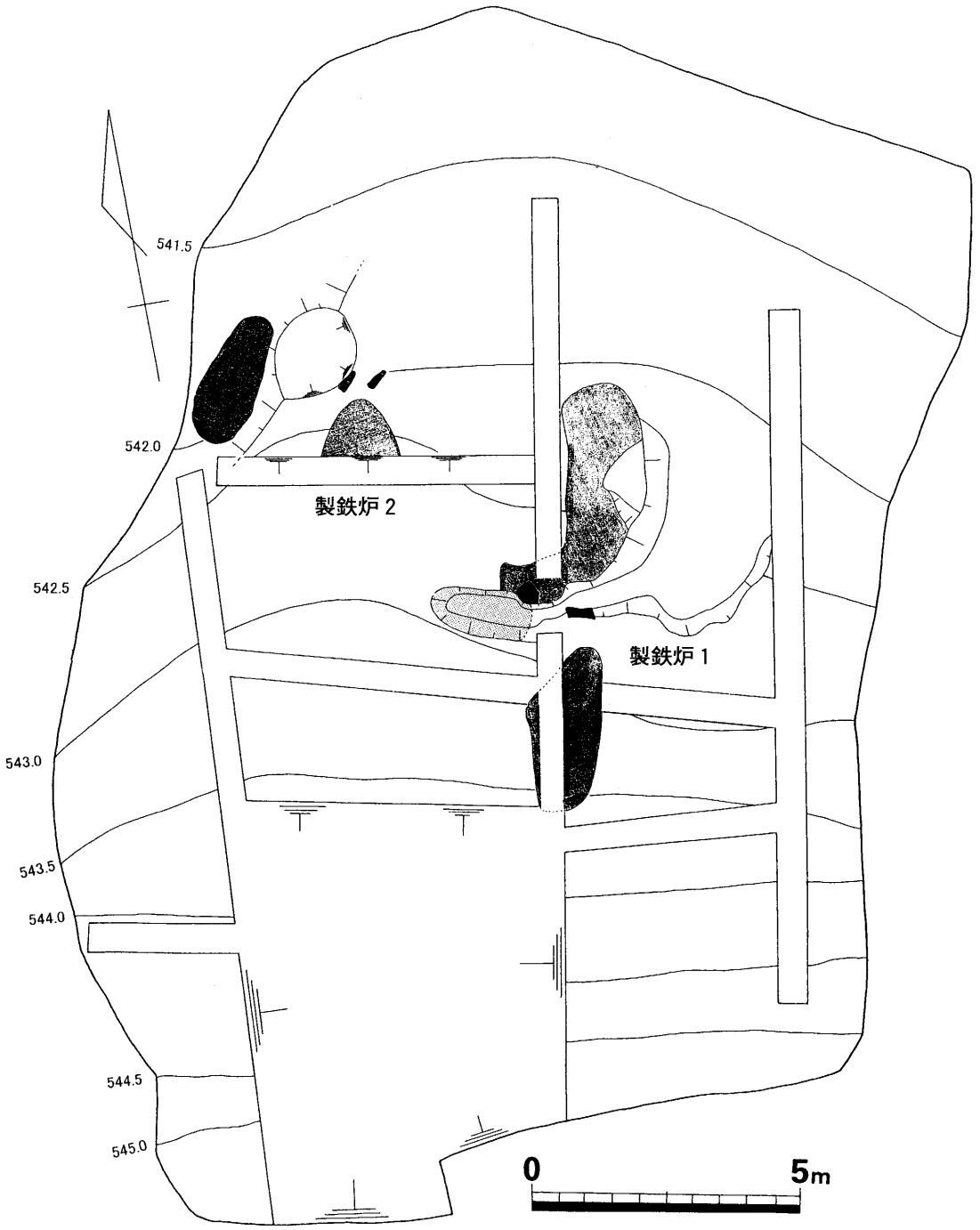
福見Ａ遺跡は南方向から北に向かって伸びる尾根裾の緩斜面に位置し、14 番ホールの建設予定地にあたる。

遺跡の立地する場所は標高約 540 m、尾根先端部の北に面する急斜面を人為的に削平し平坦な緩斜面を形成しており尾根の北側には狭隘な平地が広がる。尾根の斜面は近年は植林地として利用され、平地は小規模な集落や水田として利用されていたようである。

分布調査では鉄滓・炉壁片の散布が確認されており、また、地形的な要素からこの場に高殿たたら成立以前の製鉄遺跡が存在していたことは想像できた。そのため人為的に削平されたと思われる平坦面全域を埋蔵文化財包蔵地としてトレンチを３カ所に設定し、試掘による調査を実施した。調査の結果、表土直下の黒色土層上より粉炭、被熱面、整地層、鉄滓・炉壁片等が確認され、製鉄遺跡の存在を明らかにし、全面調査の実施を決定した。

全面調査は 1999（平成 11）年９月 13 日より開始した。調査の結果、製鉄炉の炉床と、排滓場と思われる鉄滓溜まり等を検出し、遺物としては鉄滓・炉壁片、また、遺構面より下層の黒色土中からは土器片が出土したが、それに伴う遺構等は確認されず 11 月２日に調査を終了した。調査対象面積は 270m² であった。

第１図　福見Ａ遺跡位置図



第２図　福見Ａ遺跡遺構調査区全体図

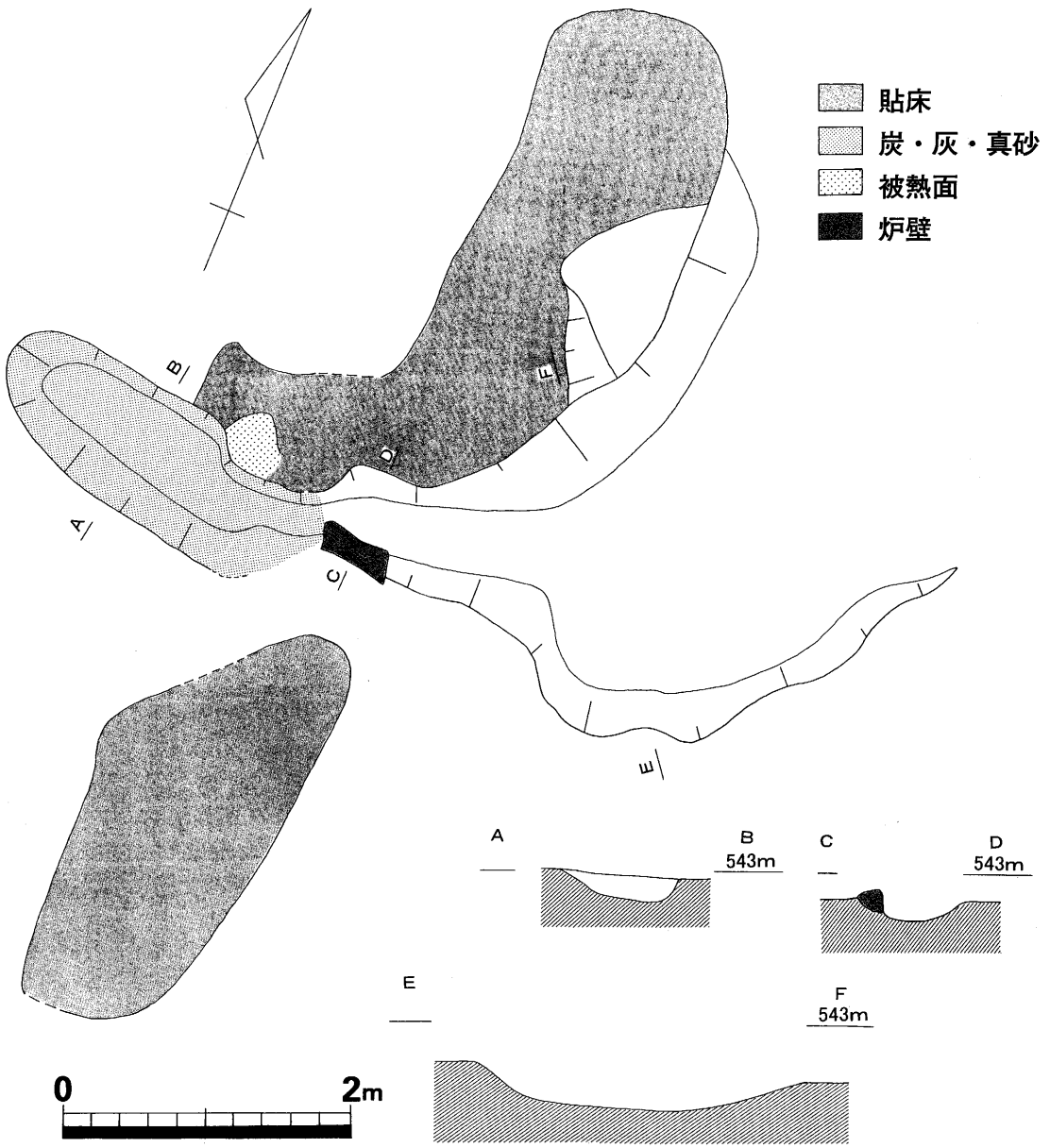
第2節　遺跡の概要

遺跡は尾根の先端部の地形全体をL字状にカットした緩斜面に位置する。おそらくこの地に製鉄炉を築くために人為的に削平されたものと思われる。

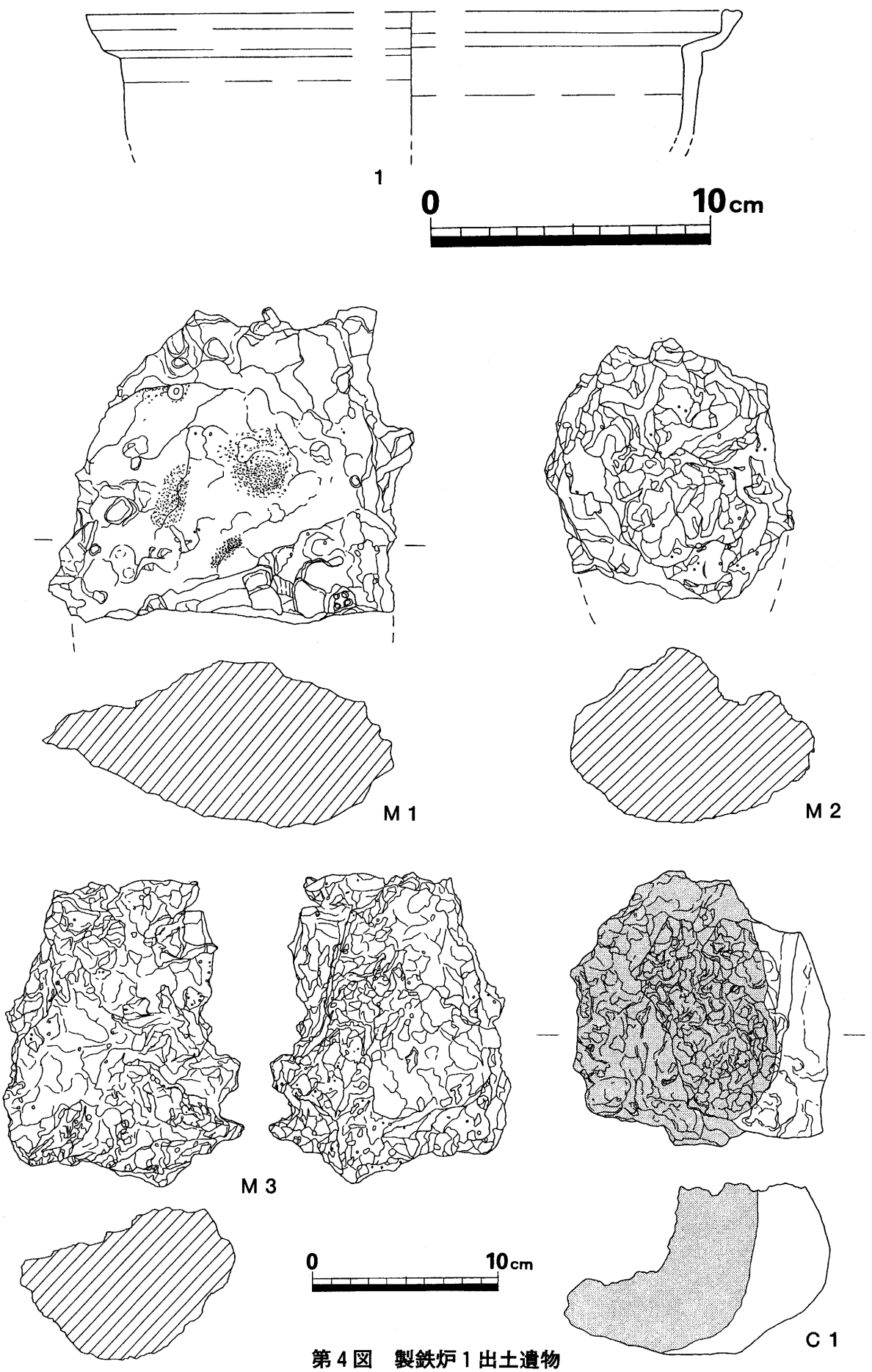
遺跡は黒色土上に形成されていたため、遺構の検出に困難を窮めたが、製鉄炉址と思われるもの2基とそれに伴う遺構を確認することができた。以下、順次遺構・遺物の概要について述べる。

製鉄炉1

調査区中央部やや東寄りに位置する。上部は完全に削平されており、炉床のみ僅かに残存する。楕円形状の土壙の東側に溝状の広がりが付随する。土壙内の約1.9mの範囲には真砂と粉炭・灰が敷き



第3図　製鉄炉1平面・断面図



第４図　製鉄炉１出土遺物

詰められており、一部に炉壁や被熱面も検出された。おそらくこの辺りが炉本体が位置していた場所にあたると思われる。

炉床の東側から北側に向けて大きく広がる溝の中には鉄滓がぎっしり詰まっており、排滓場と考えられる。また、遺構の北側・南側からは淡褐色粘質土による貼床も確認された。

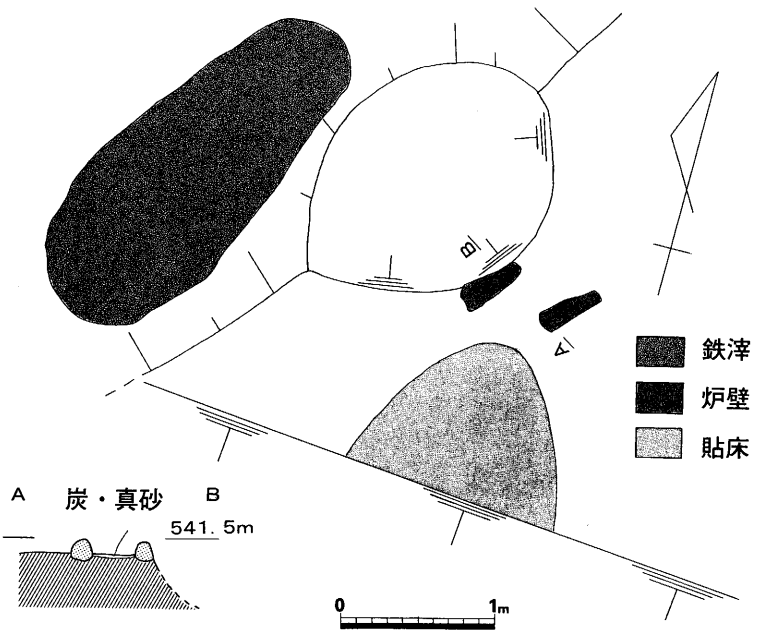
炉１及び排滓場に伴う出土遺物は、排滓場よりコンテナ約６箱分の鉄滓と共に、土器片が１点見つかっている。**１**は土師器の鍋である。口縁部が受口状に屈曲し、端部が肥厚するものである。**Ｍ１～３**は炉内滓である。いずれも炉１に伴う排滓場より出土した。**Ｍ１**は短辺の片側と長辺の一部の形状を色濃く残すものである。**Ｍ２・３**については外縁部をやや欠損するのみであり、いずれも製鉄炉内部の形状・規模を推定するにあたっての好資料であるといえよう。**Ｍ１**の上面には半還元溶融砂鉄がみられ、砂鉄による製錬であったことが窺われる。底面は**Ｍ１・２**については緩やかなカーブを描き、**Ｍ３**についてはやや急なカーブを描いている。いずれにしても丸底を呈するものであったことは間違いない。また、いずれの鉄滓にも花崗岩の石粒が特に底面を中心に多く付着していた。**Ｃ１**は炉壁片である。内面にはアメ状に溶けた鉄滓が全面に付着している。この鉄滓の付着状況より、おそらくは炉本体の最下部の炉壁片であると考えられるが、底面及び断面の観察より、浸食されていることがわかる。側面と底面の炉壁の厚みの差は約４cmであり、底面も浸食されていると考えればそれ以上の浸食がなされていたと言えよう。本来の炉壁の厚みは10cm以上はあったものと思われる。胎土にはスサ等の混入は確認されていない。これらから推定できる炉の形状・規模は、長方形または楕円形を呈し、内法は20×30cm、外法は50×60cm程度を測る比較的小規模な炉であったといえよう。

製鉄炉２

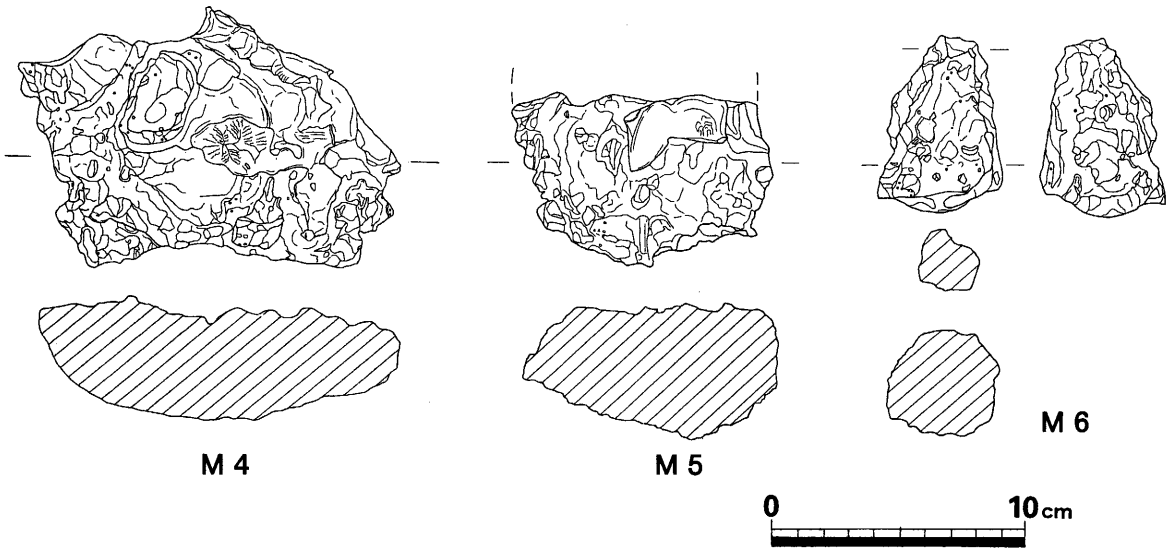
製鉄炉１より約５m北東に位置し、製鉄炉１よりレベル的には約１m低位置に存在する。残存状態は悪く、黄褐色に被熱した炉壁の基底部の一部と思われるものが僅かに残るのみであり、おそらくこの位置に炉の本体部分が存在したと想定されるが、炉床に製鉄炉１にみられたような真砂・粉炭・灰等の堆積物は僅かしかみられなかった。

炉の南側には製鉄炉１と同様の淡褐色土の貼り床がみられた。東側は谷状に急に落ち込んでおり、そこには鉄滓が堆積していた。おそらく炉２に伴う排滓場であろう。

製鉄炉２及びそれに伴う排滓場からの出土遺物は、鉄滓が排滓場よりコンテナ約３箱分が出土している。**Ｍ４・５**は炉内残留滓である。上面にアメ状に溶けた流出滓が付着しているが、部分的なもので、おそらく一度廃棄した後に次の操業の段階で炉外に流出した鉄滓が付着したものと思われる。いずれも底面は緩やかなカーブを描き、炉



第５図　製鉄炉２平面・断面図



第6図　製鉄炉2出土遺物

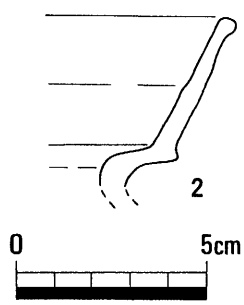
の形状を残しているものと思われる。**M 6** は流出孔滓である。この鉄滓より推測される流出孔は径2.5～3cmの円形を呈するものと思われる。また、いずれの鉄滓も炉1同様、底部を中心に花崗岩の石粒が付着していた。

これらの遺構・遺物からわかりうることは短辺の内径15～20cm程度で、底部の形状が丸底を呈し、砂鉄による製錬であったことくらいであろう。

その他の遺構・遺物

遺構に関しては前記のもの以外には特に見つかっていない。製鉄炉に伴う上屋等も遺跡の立地する基盤層が黒色土のため、調査時に確認できなかった可能性もあるが、見つかっていない。

製鉄関連以外の遺構・遺物としては、トレンチ掘削時に調査区南側斜面の黒色土中より土器の破片が出土した。そのため周辺をさらに掘り下げ精査を行ったが、遺構は確認できなかったものの土器が少量出土した。いずれも細片のため図化することが困難だったため、1点のみを掲載する。**2** は甕形土器の口縁部である複合口縁を呈し、外反気味に立ち上がる。端部はやや面を持たせ気味におさめ、若干外方に肥厚する。全体的に薄手で、橙褐色を呈する。出土層位からおそらく付近の流れ込みによる混入である可能性が高い。



第7図　包含層出土遺物

第３節　小結

今回の調査の結果、２基の製鉄炉址と思われる遺構を確認することができた。残念ながら依存状態は良好ではなかったが、調査で得た成果を簡潔にまとめてみたい。

製鉄炉は、尾根の先端をカットした緩斜面の黒色土上に構築されていた。製鉄炉１は浅く掘り窪めた楕円形状の土壙に東側から北に向けて大きく開く溝状遺構が付随するものである。土壙には粉炭・灰・真砂が敷き詰められており、この位置に製鉄炉が構築されたものと思われる。溝状遺構からは鉄滓が多く出土しており、ここがおそらく排滓場であろう。周辺には一部貼床が認められた。何らかの作業場か、あるいは作業の効率化を図り足場固めとしていたのであろうか。操業時期であるが、排滓場より出土した鍋の口縁部１より13世紀末～14世紀前半頃に位置付けたい。

製鉄炉２に関しては炉壁が２カ所、平行に並んだ状態で見つかっており、ここの箇所に製鉄炉が存在した可能性は高いものの、本遺構は残存状態が良好ではなく不明瞭な点が多いため、詳細な判断は難しい。ただ、両者の操業時期についてはほぼ同時期のものと考えている。原料は、出土鉄滓中に半還元溶融砂鉄が確認できることからいずれも砂鉄によるものであったことは明らかである。また、鉄滓にみられる特徴としては、多くの花崗岩粒が付着していたことであろう。遺構の位置する場所は、当地域の特徴的な「黒ボコ」といわれる黒色土であり、その中には花崗岩その他の石粒は含まれていない。製鉄炉１の炉床にも真砂が粉炭とともにみられることから、真砂が炉床の下灰を含め、操業に際し何らかの役割を果たしていたものと思われる。また、全体的に鉄分を多く含んでいることは、効率よく製錬が行われていなかったことを示す。

これらの製鉄炉は、作業面積、炉の規模、炉壁・鉄滓の出土量からも長期に営まれた製鉄炉ではなかったと予想される。鍛冶的な遺構も確認されておらず、製錬のみの操業であったようである。また、中世期の製鉄炉にしては規模も小さく、技術的にもかなり稚拙であったことが窺われ、おそらくは整った体制下での公的な施設ではなく、民間の小規模操業によるものであった可能性が高い。

２は製鉄炉の築かれていた黒色土中より出土した。時期は藤田憲司氏の編年でⅣ期に相当するであろう。県南部では酒津式に併行する時期である（註１）。平成５年に実施された遺跡分布調査においては付近に当該期の遺跡は確認されていないが、遺跡の位置する場所は近年まで利用されていた陰陽を結ぶ重要な交通路であった「倉吉往来」のルートの脇に位置し、利便性の高い場所であったことを考慮すれば（註２）、調査区南側の丘陵上に弥生時代の集落が存在した可能性が高い。

＜註＞

１．藤田憲司「山陰「鍵尾式」の再検討とその並行関係」『考古学雑誌』64巻４号　1979

２．日下隆春「陰陽交通路としての杉遺跡の意義」『環瀬戸内海の考古学』－平井勝氏追悼論文集－古代吉備研究会　2002

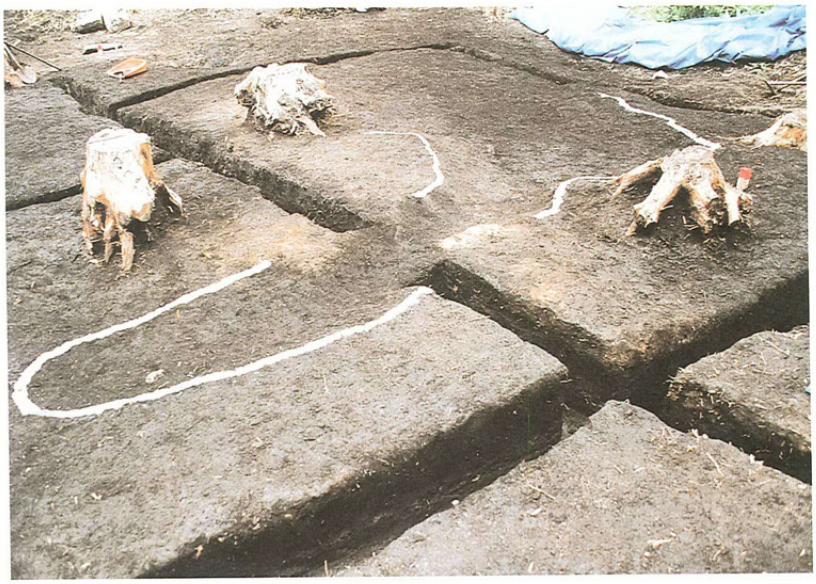
図版１（福見Ａ遺跡）

１．調査区遠景（北より）

２．調査区全景（南より）

図版２（福見Ａ遺跡）

１．製鉄炉１（北より）



２．製鉄炉１（西南より）

３．製鉄炉１（東より）

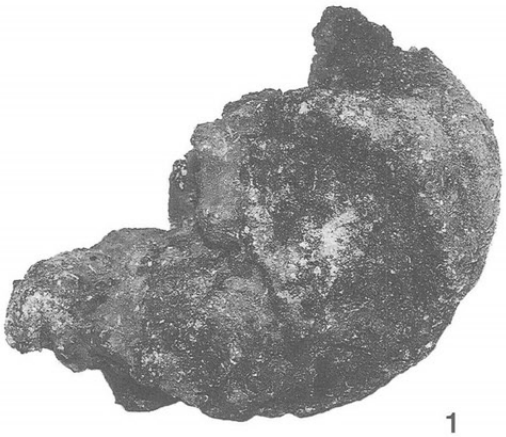
図版３（福見Ａ遺跡）

１．製鉄炉２（北東より）

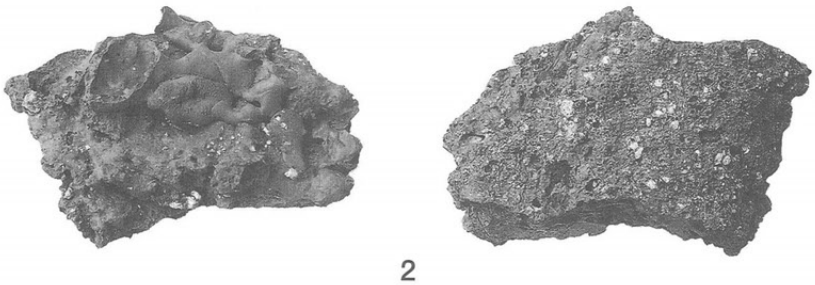
２．製鉄炉１排滓場出土遺物（Ｍ１）

３．製鉄炉１排滓場出土遺物（Ｍ３）

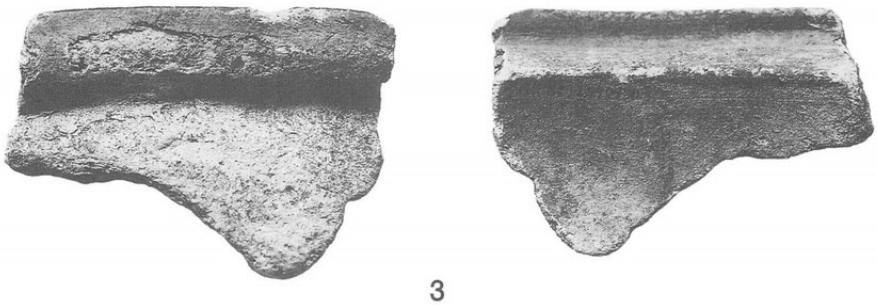
図版４（福見Ａ遺跡）



1



2



3

4

1．製鉄炉１排滓場出土遺物（Ｃ１断面）
2．製鉄炉２排滓場出土遺物（Ｍ４）
3．製鉄炉１排滓場出土遺物（１）
4．包含層出土遺物（２）

第４章　考察

大神宮原遺跡群において確認された製鉄炉と思われる遺構は表１の通りである。個々の遺構についてはそれぞれの遺跡の項で概要を述べ、位置付けを行っているが、ここではそれらの遺構を幅広い視点から捉えてみたい。なお、炉状遺構については表中では製鉄炉炉床として扱っていない。

今回調査を実施した製鉄炉についてはいずれも古代から中世の可能性をもつものである。ここでは大神宮原 No.13 遺跡、大神宮原 No.26 遺跡製鉄炉１、大神宮原 No.25 遺跡、大神宮原 No. 8・9 遺跡、引野中原遺跡、そして平成８年度に調査を実施した大神宮原 No.14 遺跡の製鉄炉を古代として位置付けし、それ以外の製鉄炉を中世として扱うこととした。また、遺構に伴わない遺物についてもここで検討を加えていきたい。

１．古代の製鉄について

（１）炉床の構造と炉の形状・規模

製鉄炉の特質状、調査において検出される遺構は炉床のみ残存するのであるが、ここで確認された炉床については近世高殿たたらに見られるような大規模な床釣り施設のようなものではなく、炉より一回り大きな土壙を設け、内部には炭等を充填して防湿施設を作ったいたって簡単なものであり、このような形態が周辺地域の調査例にもみられる古代製鉄炉の一般的な炉床の形態でもある。しかし細部を個々に観察すればそれは一様ではなく、大神宮原遺跡群内の炉床に限ってみても実に様々な形態をもつものであることがわかる。大神宮原 No.25 遺跡においては狭い面積の中で製鉄が幾度も繰り返されている中で、規模的にも構造的にも実にバラエティーに富むものであり、製鉄炉６については製鉄炉として扱ったものの、その構造を推定するには今後の新たな調査例等でその実体を解明する他はないであろう。また、大神宮原 No. 8 ・ 9 遺跡製鉄炉１のように床面に真砂を盛り上げる形で炉床を形成するといったものも特異な例として捉えることができる。ちなみに大神宮原遺跡群中の古代製鉄炉の炉床としてはこの２遺跡で炉床の下部構造の埋土において真砂を用いていることが確認されている。両遺跡間には僅かな時間差が存在するが、炉床に真砂を用いることが当時としては一般的に行われていたのであろうか。また、水捌けの良さという点で真砂は優れているが、製鉄には不可欠な「保温」という観点において真砂は適していたのかどうかと考えればいずれも疑問符のつくところである。

それでは、炉床の上に構築された製鉄炉本体についてはどのようなものであったのだろうか。炉本体の形状や規模については前述の炉床の規模と、出土する関連遺物から推定する他はない。表２は、製鉄炉の形状・規模を推定できる炉底滓等の一覧である。形状は楕円形、長方形、隅丸方形の３種が存在することから炉形は中国山地で圧倒的に多く採用される箱形炉であったことは間違いない。規模は、長さについては欠損のため測定不能のものが多く、詳細なデータとは言い難いものの、長さは最小 31cm ～最大 65cm、幅は最小 18cm ～最大 30cm を測る。平均的な規模としては長径 40cm 前後、短径 25cm 程度であり、仮に炉壁の厚さを 15cm として単純計算すれば外径はおよそ長径 70cm、短径 55cm となる。それに対する炉 y かはいずれも製鉄炉本体よりも一回り大きく作られていることがわかる。炉床については深さや構造等も考慮する必要があるとは思われるが、これが大神宮原周辺における当時の製鉄炉の一般的な規模であったと考えたい。

遺跡名	遺構名	炉床の規模（cm）			形状	時期	特記事項
		長径	短径	深さ			
大神宮原No.13遺跡	製鉄炉1	150以上	110	15	楕円形	11世紀頃	
大神宮原No.13遺跡	製鉄炉2	100	100	15	方形	11世紀頃	保土穴をもつ炉壁
大神宮原No.13遺跡	製鉄炉3	80	50	13	楕円形	11世紀頃	排滓口の痕跡をもつ鉄滓
大谷遺跡	製鉄炉1	106	80	10	楕円形	13世紀初頭	
大谷遺跡	製鉄炉2	140	132	9	円形	13世紀初頭	
大谷遺跡	製鉄炉3	－	－	－	－	－	
大神宮原No.26遺跡	製鉄炉1	200	－	－	－	11～12世紀	
大神宮原No.26遺跡	製鉄炉2	150	－	－	－	11～12世紀	
大神宮原No.26遺跡	製鉄炉3	－	－	－	－	16世紀	保土穴をもつ炉壁
大神宮原No.26遺跡	製鉄炉4	190以上	160	25	楕円形?	16世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉1	250	188	52	楕円形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉2	94	96	18	方形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉3	70	68	30	方形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉4	150	100	35	楕円形	10～11世紀	複数回作り替えが行われている
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉5－1	150	100	－	楕円形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉5－2	200	100	－	楕円形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉5－3	100	80	15	長方形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	製鉄炉6	350	180	20	楕円形	10～11世紀	炉床の判断が難しい
大神宮原No.8･9遺跡	製鉄炉1	110	60	－	長方形	9～10世紀	
大神宮原No.8･9遺跡	製鉄炉2	220	110	20	楕円形	9～10世紀	
引野中原遺跡	製鉄炉1	－	－	－	－	9世紀前半	
引野中原遺跡	製鉄炉2	220	250以上	18	楕円形?	9世紀前半	
福見A遺跡	製鉄炉1	190	90	20	楕円形	13末～14世紀初	
福見A遺跡	製鉄炉2	－	－	－	－	13末～14世紀初	
大神宮原No.14遺跡	製鉄炉	200以上	220	－	－	11世紀	平成8年度調査実施

表1　大神宮原遺跡群製鉄炉一覧

遺跡名	遺物名	遺物の規模（cm）			形状	時期	特記事項
		長径	短径	厚さ			
大神宮原No.13遺跡	M1	65	30	20	楕円形	11世紀頃	製鉄炉3炉床内より出土
大神宮原No.13遺跡	M3	－	22	10	楕円形	11世紀頃	
大神宮原No.13遺跡	M7	52	29	22	楕円形?	11世紀頃	
大神宮原No.13遺跡	M8	－	18	9	長方形	11世紀頃	
大谷遺跡	M1	34	30	9	隅丸方形	13世紀初頭	
大谷遺跡	M2	24	24	11	隅丸方形	13世紀初頭	
大神宮原No.26遺跡	M1	44以上	20	14	楕円形?	11～12世紀	製鉄炉1に伴う
大神宮原No.26遺跡	M4	－	36	12	楕円形?	16世紀	製鉄炉4に伴う
大神宮原No.26遺跡	M6	24	15	5	長方形	16世紀	
大神宮原No.25遺跡	M1	38	31	10	長方形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	M2	60	23	12	長方形	10～11世紀	製鉄炉6に伴う
大神宮原No.25遺跡	M3	31	26	9	隅丸方形	10～11世紀	
大神宮原No.25遺跡	M4	45以上	23	10	長方形	10～11世紀	
大神宮原No.8･9遺跡	M3	－	23	13	楕円形?	9～10世紀	
引野中原遺跡	M4	38	18	9	長方形	9世紀前半	
福見A遺跡	M1	－	18	8	長方形	12世紀代	
福見A遺跡	M2	－	12	9	楕円形	12世紀代	
福見A遺跡	M3	－	14	8	長方形	12世紀代	
大神宮原No.14遺跡	図17炉底滓		25	20	長方形?	11世紀	平成8年度調査実施

表2　大神宮原遺跡群炉の形状・規模を想定できる出土遺物一覧

また、大神宮原No.13遺跡、大神宮原No.25遺跡、大神宮原No.８・９遺跡においては保土穴をもつ炉壁片が確認されており、送風が自然風のみに頼るものではなかったことを明らかにした。大神宮原No.25遺跡のＣ１・Ｃ２では保土穴間の間隔は15cm程度であり、炉の規模と照合すれば炉の長辺の片側に３～４箇所の保土穴が配されていたものと思われる。炉壁についてはいずれもスサなど植物の混入の痕跡はみられなかった。

（２）付属施設について

送風施設は、前項で述べたとおり、保土穴の痕跡が存在する炉壁片をもつ３遺跡については鞴等の送風施設を使用していたと思われる。しかし、これらについても鞴座と想定されるような遺構は未確認であり、形態については不明である。『和名類聚抄』（934年）では皮鞴・踏鞴についての記述があることから（註１）、それぞれの地形や規模に応じてこうした鞴が使用されていたのであろう。送風管は近世の例に見られるような竹木呂等に鉄木呂を装着するような形で用いられていた可能性が高い。その他の遺跡についての送風方法は不明だが、別の送風方法であった可能性も考えられる。河瀬正利氏が指摘するとおり、炉内に残る残留滓が多いことや、小割にされた鉄滓の多いことは送風が十分でなかったため鉄滓と鉄塊の分離がうまくいかなかった（註２）とすれば、いずれにしても効率の良いものではなかったようである。

排滓施設であるが、周辺地域例に見られる古墳時代～古代前半期の製鉄炉址には炉の片側または両側において溝あるいは土壙状の排滓場をもつものが一般的となっている。町内でも町域南部に位置する高下休場遺跡において見つかった製鉄炉址では短辺側の両脇に溝状の排滓施設を持つものである（註３）。しかし大神宮原一帯で確認された製鉄炉はいずれも時期は古代後半期であり、炉に排滓施設が付随する例は大神宮原No.13遺跡製鉄炉３で、それ以外は構造上明言はできないが大神宮原No.25遺跡製鉄炉６がその可能性を持つのみである。大神宮原No.25遺跡の排滓場についても、炉に付随するものではなく、炉から離れた場所に設けられているものである。それ以外の遺跡についても概ね斜面にそのまま廃棄か、僅かに離れた場所に集積させる傾向が強い。美作地域では大神宮原遺跡群と同時期の９～12世紀に位置付けられる明確な製鉄炉は現在の所確認できておらず、比較対象に乏しいが、少なくとも大神宮原一帯における古代後半期の製鉄炉については排滓溝（または坑）が炉に付随することは一般的ではなかったようである。

また、いずれの遺跡からも鍛冶滓や羽口の出土がないことから製鉄炉の近辺では鍛冶は行われておらず、製錬と鍛冶については明確な分業体制が確立されていたといってよいであろう。

（３）原料について

「砂鉄七里に炭三里」という言葉は鉄製錬における原料の重要性と調達に要する距離的限界を表したものである。その原料の砂鉄であるが、山陰に程近い奥津町では花崗岩を母岩とする磁鉄鉱系の「真砂砂鉄」の分布圏に属しており、大神宮原遺跡群についてもその地質的な環境もさることながら、半還元溶融砂鉄の存在からも砂鉄による製錬であったことは間違いない。近世期において盛んに行われた「鉄穴流し」の開始期については明確ではなく、戦国期頃には普及していたといわれる（註４）。古代における砂鉄採集方法については明らかではないが、大神宮原No.８・９遺跡における鉄穴流し状遺構は第３章第３節でその性格の可能性を示した通り、砂鉄採集の一つの手段であったと考えたい。本遺構の時期は明確ではないが、近世期とは規模において大きな差が見受けられ、おそらくは古代末～中世期のものと考えられる。鉄穴流しがこの時期に普及しなかったことについては、溝を掘削する

ための労働力の不足や、思うほどの成果を得ることができなかった等、様々な要因が考えられるが、ここでは深く追求せず、鉄穴流しが当時の砂鉄採集の手段の一つであった可能性があることのみを示唆しておきたい。

燃料である木炭は砂鉄より運搬面等で手間を生じ、操業に際して多量に消費するため、供給地は操業場からより近いことが求められた。津山市緑山遺跡（註５）をはじめとして製鉄炉付近に製炭窯が営まれた例は多い（註６）。古代の製炭窯は通称「八つ目うなぎ」とよばれる横口式製炭窯が一般的であり、町域南部の城峪城跡の下層でも付近に同時期と思われる製鉄炉を伴う８世紀頃の横口式製炭窯が見つかっている（註７）。大谷遺跡における製炭窯は横口式製炭窯とは様相の異なるもので、明らかに大谷遺跡例の方が簡素である。このことについては横口式製炭窯の技術が大神宮原一帯まで伝播しなかったか、あるいはそうした技術を必要としなかったのか等様々な要因が考えられる。また、大谷遺跡の製鉄炉は製炭窯と年代的に差があり、両者の併存は成り立たない。しかし、北隣に位置する大神宮原 No. 6 遺跡は未調査ながらも地形的な要素から古代の可能性が高く、あるいはこの製鉄炉に伴うものであった可能性もある。木炭の樹種については落葉広葉樹、中でもクリ・コナラ属コナラ亜属コナラ節が多く使用されていたことが注目される（註８）。燃料はいずれも付近の森林を伐採したものであると思われるが、その中でも製鉄に適した用材を選定して使用していたのであろう。

２．中世の製鉄炉について

中世の製鉄炉は、大谷遺跡・大神宮原 No.26 遺跡第２・３段階・福見Ａ遺跡において確認されている（表１・２参照）。中世の製鉄炉に関しては、古代の単純な下部構造をもつ箱形炉から近世期の高殿たたらへと発展する画期的な時期として捉えることができるが、美作では現段階で確実な例は確認されていない。しかし、近年出雲・石見・安芸の山間部を中心に調査例が増加し、検討が加えられている。中世における製鉄炉の特徴を大まかに挙げるとすれば、まずは製鉄炉の大型化が挙げられよう。中世期における炉床の規模は小型でも２～３m、大型になると 3.5 ～５m に達するものとなる（註９）。このことは製鉄技術の飛躍的な進歩が背景にあったことを証明するものであろう。もう一つの特徴は、製鉄炉に近世高殿たたらに見られる小舟状遺構が存在することである。（註 10）

大谷遺跡製鉄炉に関しては、大神宮原一帯における古代の製鉄炉と規模的にはほぼ変わりのないものであり、大型の炉底滓や、小割にされた鉄塊などが多く見られ、技術的にも進歩は見られない。ただ、炭置き場や溝状の排滓施設など、炉の周辺の施設に関しては充実した形跡が見られる。本遺構は時代としては中世初頭に位置付けられ、古代操業形態が色濃く残っていることが窺われる。福見Ａ遺跡についても炉床は古代以来の土壙状の掘り方をもつもので小舟状遺構ももたないものである。規模は古代製鉄炉の大型に属するものに近いが、炉床内の構造は浅く炭・真砂が敷かれる程度で、出土する鉄滓も鉄分が多く含まれる等、同じく 13 ～ 14 世紀前半に位置付けられ、小舟状遺構をもたない広島県豊平町槇ヶ原製鉄遺跡の製鉄炉（註 11）と比較すればその規模・構造・付属施設等あらゆる面において稚拙であることが明白である。大神宮原 No.26 遺跡については時代が下る分、前２遺跡よりはむしろ近世期に近いものと思われる。製鉄炉３の炉壁片は保土穴の間隔が古代より狭く設定されており、炉の規模と併せて検討すればかなりの送風力の増大が予想でき、鞴の改良が進んだことを意味する。また、鍛冶や製炭も傍らで行われ、造成を繰り返しながら同一場所で操業されていたようである。ただ、炉床については古代や中世の他の２遺跡よりも進歩がみられるものの、やはり高殿たた

らの地下構造とは程遠く、系統的に繋がるものではないことは明らかである。

こうして概観する限り、大神宮原遺跡群における中世製鉄炉はいずれも小舟状遺構をもたず、同時期の他地域の製鉄炉と比較すれば全体的に規模も小さく技術的にも未熟なことが明らかであり、中世前半期あたりで技術的には古代からほとんど進歩していないことがわかる。松井和幸氏は製鉄炉に小舟状遺構を持つものと持たないものの違いについて地域差・工人差による可能性を指摘しているが（註 12)、中世史における美作北部の歴史的な位置付け等を行った中で地域・工人のありかたを検討する必要がある。

3．おわりに　―まとめにかえて―

大神宮原一帯は現在は大規模な開発が行われているものの、かつては樹木に覆われた山深い場所であった。しかし、斜面の流土から出土する縄文土器や落とし穴遺構（註 13）は集落が断続的に営まれていたことを証明するものであり、西南に位置する養野地区から福見地区にかけて縄文遺跡が点在すること（註 14）は、近世期に陰陽を結ぶ主要な交通路として整備される倉吉往来上に位置するこの地が当時から人々の移動には欠かせない経路であったことを意味する。それは弥生・古墳時代においても例外ではなかったことは福見Ａ遺跡における出土土器が物語っている。そうした地理的環境と豊富な原料を背景にこの地で古くから製鉄が営まれていたことが今回の調査では明らかになった。

今回見つかった製鉄関連遺構は古代末～中世前期が主である。一口に「古代」といいつつも狭い範囲で営まれた製鉄炉は実にバラエティーに富むもので、決して一括りにできるものではなかった。河瀬氏は古代末頃に炉の形状や規模・地下構造等が規格化され、製鉄技術面で画期的な進展があったとしている（註 15）が、ここでは規格化された痕跡は確認することができなかった。あるいは鉄需要の増加に伴い、「画期的な進展」を目指し模索した規格化前夜の遺構なのかもしれないが、いずれにしてもこの模索が中世になって結実したかどうかについては前述のとおりである。それを考えればこの地の製鉄において大きな画期があったのはむしろ中世から近世期のことであったと思われる。

古代における様々な形態の製鉄炉、そして中世における未熟な製鉄炉、大神宮原一帯におけるこうした製鉄の特性についてはこの時代における当地域の社会情勢を反映しているものと思われる。それを解明するためには発掘調査の成果だけではなく、古代末～中世における歴史的背景を加えて考慮することによってなお明らかになるであろう。そして、今後美作地域においてこの時期の製鉄炉の調査例が増加することによって大神宮原一帯の製鉄工人の存在意義がさらにはっきりとした輪郭を伴ってくることを期待したい。

註

1．奥野利夫 『和鋼博物館―総合案内―』 和鉱博物館 2001
2．河瀬正利 「わが国古代の鉄研究をめぐって」『展望 考古学』考古学研究会40周年記念論集 1995
3．松本和男 「高 下休場遺跡 西屋Ａ遺跡」『奥津町埋蔵文化財発掘調査報告２』奥津町教育委員会 1996
4．河瀬正利 「近世たたら吹き製鉄の技術―砂鉄採取法を中心として―」『中国地方製鉄遺跡の研究』広島大学文学部考古学研究室編 渓水社 1993
5．中山俊紀 『緑山遺跡』津山市埋蔵文化財発掘調査報告第19集 津山市教育委員会 1986
6．安倉清博氏により集成され、論じられている。
安倉清博 「製鉄炉と製炭窯―八つ目鰻考―」『古代吉備』第22集 古代吉備研究会 2000
7．調査担当者である岡田博氏、亀山行雄氏、佐藤寛介氏らによりご教示を得た。
8．本書付載２参照
9．河瀬正利 「近年の中世製鉄遺跡の発掘調査」考古学研究会岡山例会資料 1998
10．土佐雅彦氏、河瀬氏、上栫武氏らにより論じられている。
土佐雅彦 「日本古代製鉄遺跡に関する研究序説―とくに炉形を中心に―」『たたら研究』24 1981
河瀬正利 前掲９
上栫 武 「日本前近代の鉄製産―中国地方製鉄遺跡の地下構造を中心として―」『製鉄史論文集』たたら研究会編 2000
11．松井和幸 「槇ヶ原製鉄遺跡発掘調査報告書」『広島県埋蔵文化財センター調査報告書第149集』 財団法人広島県埋蔵文化財センター 1997
12．松井和幸 『日本古代の鉄文化』 雄山閣 2001
13．本書付載３参照
14．亀山行雄ほか「福見口遺跡 殿釜遺跡 大高下遺跡 大柄畑遺跡」『岡山県埋蔵文化財発掘調査報告 168』岡山県教育委員会 2002
15．河瀬正利 『たたら吹き製鉄の技術と構造の考古学的研究』 渓水社 1995

付載１　大神宮原遺跡他出土
製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査

(株)九州テクノリサーチ・ＴＡＣセンター

付載１　大神宮原遺跡他出土 製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査

(株)九州テクノリサーチ・ＴＡＣセンター
大澤正己・鈴木瑞穂

１．いきさつ

苫田郡奥津町は岡山県北部に位置し、近年の発掘調査により古代以降から近世に至るまで多数の製鉄・鍛冶遺跡が確認されている地域である。平成10～11年に実施された奥津リフレッシュビレッジ開発計画に伴う発掘調査においても、多数の遺跡から炉跡等の遺構と共に製鉄・鍛冶関連遺物が出土している。当地域での鉄生産の実態を検討する目的から、これらの製鉄遺跡群から出土した遺物の金属学的調査を行う運びとなった。

２．調査方法

２－１　供試材

Table. 1 に示す。８遺跡から検出された製鉄・鍛冶関連遺物の総計35点の調査を行なった。

２－２　調査項目

(1) 肉眼観察

遺物の肉眼観察所見。これらの所見をもとに分析試料採取位置を決定する。

(2) マクロ組織

本来は肉眼またはルーペで観察した組織であるが、本稿では顕微鏡埋込み試料の断面像を、投影機の５倍から50倍で撮影したものを指す。当調査は、顕微鏡検査によるよりも広い範囲にわたって、組織の分布状態、形状、大きさなどの観察ができる利点がある。

(3) 顕微鏡組織

切り出した試料をベークライト樹脂に埋込み、エメリー研磨紙の＃150、＃240、＃320、＃600、＃1000と順を追って研磨し、最後は被研磨面をダイヤモンド粒子の３μと１μで仕上げて光学顕微鏡観察を行った。なお、金属鉄は５％ナイタル（硝酸アルコール液）で、腐食（Etching）している。

(4) ビッカース断面硬度

鉄滓の鉱物組成と、金属鉄の組織同定を目的として、ビッカース断面硬度計（Vickers Hardness Tester）を用いて硬さの測定を行った。試験は鏡面研磨した試料に136°の頂角をもったダイヤモンドを押し込み、その時に生じた窪みの面積をもって、その荷重を除した商を硬度値としている。試料は顕微鏡用を併用した。

(5) ＥＰＭＡ（Electron Probe Micro Analyzer）調査

分析の原理は、真空中で試料面（顕微鏡試料併用）に電子線を照射し、発生する特性Ｘ線を分光後に画像化し、定性的な結果を得る。更に標準試料とＸ線強度との対比から元素定量値をコンピューター処理してデータ解析を行う方法である。化学分析を行えない微量試料や鉱物組織の微小域の組織同定が可能である。

(6) 化学組成分析

供試材の分析は次の方法で実施した。

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

炭素（C)、硫黄（S)、：燃焼容量法、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)、：ＩＣＰ（Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer）法：誘導結合プラズマ発光分光分析。

(7) 耐火度

耐火度の加熱に耐える温度とは、溶融現象が進行の途上で軟化変形を起こす状態度の温度で表示することを定め、これを耐火度と呼んでいる。試験には三角コーン、つまりゼーゲルコーンが溶倒する温度と比較する方法を用いている。

3．調査結果

(1) 大神宮原No.13遺跡

ＤＩＺ－１　炉底塊

①肉眼観察：平面は不整六角形を呈する大型の炉底塊である。上下面は生きているが側面は１面を除き破面である。上面には全体に最大２㎝程の木炭痕がみられる。下面側は細かい木炭痕が密な個所と、炉床に接する個所とがみとめられ、一部灰白色の炉床粘土が固着する。破面の気孔は下面側に沿って多数存在するが、試料全体は緻密で重量感のある滓である。

②顕微鏡組織：Photo.１①～③に示す。発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2)、淡灰色盤状結晶ファイヤライト（Fayalite：２FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄系製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo.１①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は682Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2）に同定される。(注１)

④化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）47.72％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.08％、酸化第１鉄（FeO）53.20％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.99％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は27.97％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）1.89％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）6.34％、バナジウム（V）0.11％とやや低値であった。また酸化マンガン（MnO）が1.25％と高い値を示した。銅（Cu）は<0.01％であった。砂鉄特有成分（Ti、V、）はやや低めであるが、周辺地域で採取、分析された砂鉄より高値傾向にあり、製錬滓に分類される。

ＤＩＺ－２　含鉄炉底塊

①肉眼観察：表面全体が黄褐色の酸化土砂で覆われた含鉄炉底塊である。上下面と弧状の長辺側は生きており、反対側の長側面は破面と推定される。滓の色調は光沢のある灰黒色で、表面・破面とも細かい木炭痕が著しい。また黒錆の滲みや放射割れが各所でみられ、特殊金属探知機のＬ（●）で、広い範囲で反応がある。

②マクロ組織：Photo.21に示す。多孔質の滓中に、微細な金属鉄粒が未凝集のまま散在する。

③顕微鏡組織：Photo.１④～⑧に示す。④は滓部で、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvos

pinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄系製錬滓の晶癖である。⑤は滓中の微細な金属鉄を腐食なしの状態で示した。白色部が金属鉄である。⑥～⑧は金属鉄を５％ナイタルで腐食して現れた組織である。金属組織はフェライト単相であった。

④ビッカース断面硬度：比較的まとまりのある、フェライト組織の硬度測定の圧痕をPhoto.1⑥に示す。硬度値は88Hvであった。組織に見合った値である。

⑤化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）47.52％に対して、金属鉄（MetallicFe）0.10％、酸化第１鉄（FeO）42.63％、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）は20.29％と比較的高い割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）20.88％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）1.42％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）12.58％、バナジウム（V）0.86％高値であった。また酸化マンガン（MnO）も多くて0.95％、銅（Cu）は＜0.01％であった。

鉱物組成及び化学組成の脈石成分（Ti、V、Mn）の高値傾向から、製錬滓に分類される。

（2）大谷遺跡

ＤＩＺ－３　炉外流出滓

①肉眼観察：偏平な炉外流出滓片である。数条の流動痕跡が確認される。上下面は生きているが、上面は排滓時の酸化による紫紅色を呈する。側面は一部を除いて破面である。破面は中小の気孔が散在するが緻密な滓である。

②顕微鏡組織：Photo.2①～⑤に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄系製錬滓の晶癖である。

なお当試料は炉外流出滓なので、滓の表面は冷却速度が早く、①のように結晶粒が微細になる。また②③の中央は半還元砂鉄粒子で、周囲を取り巻くようにウルボスピネル結晶が晶出する。

③ビッカース断面硬度：Photo.2⑤に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は747Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）の混合組成の可能性をもつ。

④化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）42.69％に対して、金属鉄（MetallicFe）0.15％、酸化第１鉄（FeO）50.96％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）4.19％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は31.81％と比較的高値で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）1.95％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）7.60％、バナジウム（V）0.22％、また酸化マンガン（MnO）1.19％、銅（Cu）＜0.01％であった。砂鉄特有成分（Ti、V、）はやや低めであるが、周辺地域で採取、分析された砂鉄より高値傾向にある。

鉱物組成及び化学組成の特徴から砂鉄製錬滓に分類できる。

ＤＩＺ－４　含鉄鉄滓

①肉眼観察：平面は不整台形を呈する含鉄炉底塊片である。長辺側の側面２面が破面。上面は平坦気味で、下面の中央付近が稜状に突出する。滓の色調は灰黒色で、１～８㎜大の気孔が散在するが、緻密で重量感のある滓である。また各所で黒錆の滲みが点在し、一部放射割れも起こしている。特殊金属探知器のＬ（●）で、広い範囲で反応がある。

②マクロ組織：Photo.21に示す。滓中に微細な金属鉄粒が未凝集のままで多数散在する。

③顕微鏡組織：Photo.2⑥～⑧に示す。比較的まとまりのある金属鉄部分を選択して示した。なお試料は５％ナイタルで腐食している。金属組織はフェライト単相である。周囲の滓部では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄系製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：比較的まとまりのある、フェライト組織個所の硬度測定の圧痕をPhoto.2⑥に示す。硬度値は83Hvであった。フェライト組織に見合った値である。

ＤＩＺ－５　含鉄鉄滓

①肉眼観察：両端部が破面の細長い含鉄鉄滓である。流出溝滓の可能性がある。上面は縁部片側が盛り上がっているが、平坦気味で、下面側は木炭痕による凹凸が認められる。表面・破面には細かい木炭片がまばらに固着する。また各所で黒錆の滲みが点在し、一部放射割れも起こしている。特殊金属探知器のＬ（●）で反応がある。

②マクロ組織：Photo.22に示す。滓中に微細な金属鉄粒や、銹化鉄及びその剥落した痕跡が散在する。

③顕微鏡組織：滓中に散在する金属鉄の組織をPhoto.3①～③に示す。試料は５％ナイタルで腐食している。①は微細なフェライト結晶粒が散在する個所、②はパーライト素地に針状フェライトが析出する亜共析組織（0.77％以下Ｃ）、③は全面パーライトの共析組織（0.77％Ｃ）である。また滓部には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) 大神宮原No.26遺跡

ＤＩＺ－６　砂鉄

①肉眼観察：砂鉄粒子は全体に粒が大きく、角張った形状を呈する。色調は黒灰色である。石英粒などの砂粒が僅かに混在する。

②マクロ組織：Photo.22に示す。砂鉄は全体に角張った部分を残し、摩耗の度合が低い砂鉄である。粒径は0.3～0.4㎜程の粒子が主体で、最大0.6㎜程である。粒内には包裏鉱物が散在する。

③顕微鏡組織：Photo.3④～⑧に示す。白色の磁鉄鉱粒子（Magnetite：Fe_2O_3・FeO）と局部的にMag・Ilmeniteの溶離組織をもつ粒子が混在する。各粒子内には茶褐色の包裏鉱物（輝石、角尖石、石英など）が多い。

④化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）60.22％に対して、金属鉄（Metallic Fe）<0.01％、酸化第１鉄（FeO）23.37％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）62.59％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）6.14％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）0.28％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）5.30％、バナジウム（Ｖ）0.25％であった。また酸化マンガン（MnO）0.54％、銅（Cu）は<0.01％であった。鉄分が高く、チタンの含有量は中程度の砂鉄である。また比較的マンガンの数値が高い特徴を示す。砂鉄の酸化度（Fe_2O_3／FeO）は2.68である。製錬後半段階装入の主要砂鉄であろうか。たたら操業において製錬初期には籠り砂鉄と称する酸化度6.0程度の還元されやすい砂鉄から徐々に還元し難いものへ変えてゆく。(注2)

ＤＩＺ－７　砂鉄焼結塊（炉壁付）

①肉眼観察：内面はほぼ全面暗灰色の焼結砂鉄である。黒錆の滲みが生じる個所もあり、一部微

細な金属鉄が晶出したと推測される。裏面側は炉壁胎土が溶融した黒色ガラス質滓である。ガラス質滓中には半溶融の石英質粒子が多数混在する。

②マクロ組織：Photo.23に示す。写真左側が炉壁内面側である。表層部では形状を留める砂鉄粒子が多数残存し、内部ほど滓化が進行している。これは表層側の砂鉄ほど操業の後段階で装入され、熱影響を受ける時間が短いために起こる現象である。また写真右下部分は炉壁溶融物（黒色ガラス質滓）である。

③顕微鏡組織：Photo. 4 に示す。最上段が炉壁内面の表層部で、下段側ほど内部の滓化が進行した個所を示している。①②は表層部分である。粒形を留めた被熱砂鉄が複数確認される。中にはチタン鉄鉱（Ilmenite：FeO・TiO_2）の格子組織が残存するものや、微細な金属鉄が晶出するものが存在する。③～⑦は素地のガラス質滓中に残存する砂鉄粒子痕跡を示す。③中央の被熱砂鉄は、あまり熱影響を受けていない。しかしその周囲では還元が進み、砂鉄粒子の形状を残して微細な鉄粒が生じている。更に周囲には淡灰色短柱状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。④⑤はチタン鉄鉱粒子の格子組織が多数残存する個所である。⑥⑦はガラス質分が高い個所である。ここでも滓化が進んだ状態の砂鉄粒子の痕跡が確認された。⑧⑨は比較的発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する個所である。

被熱砂鉄粒子中に格子組織の痕跡を残すものが多数存在することや、滓部では鉄チタン酸化物のウルボスピネルが晶出することから、製鉄原料は塩基性砂鉄と判明した。

ＤＩＺ－８　炉外流出滓

①肉眼観察：細い流動単位の滓が堆積形成された炉外流出滓片である。上下面は生きているが、側面は全面破面。上面は急冷による酸化の影響で黒色を呈する。下面には長さ２㎝程の大型の木炭痕が複数残存する。破面には中小の気孔が散在するが緻密である。

②顕微鏡組織：Photo. 5①～③に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が素地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。表層側は冷却速度が早いため、②に示すように比較的結晶粒が微細になる。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo. 5①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は784 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）の混合組成の可能性をもつ。スピネル鉱物が混在するのであろう。

④化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分（Total Fe）48.01％に対して、金属鉄（MetallicFe）0.17％、酸化第１鉄（FeO）54.73％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）7.58％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）24.81％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.32％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）6.73％、バナジウム（V）0.26％であった。また酸化マンガン（MnO）は1.05％と高めで、銅（Cu）は＜0.01％であった。脈石成分（Ti、V、Mn）の高め数値から、製錬滓に分類される。

ＤＩＺ－９　含鉄鉄滓

①肉眼観察：表面全体が黄褐色の酸化土砂に覆われた大型の含鉄炉底塊である。上面は生きており、下面の約半分と側面は破面と考えられる。上面は平坦気味で、下面の生きている部分は深い椀

形を呈する。全体に黒錆の滲みや放射割れが顕著である。側面や下面には細かい木炭の噛み込みが複数個所で認められる。

②マクロ組織：Photo.23に示す。滓中に微細な金属鉄が多数散在する。ここでも未凝集のフェライトである。

③顕微鏡組織：Photo.5④～⑥に示す。5％ナイタルで腐食した組織で、④は微細なフェライト結晶粒が散在する個所、⑤⑥は鉄部が比較的まとまりのある個所である。ここでも吸炭はほとんど進んでおらずフェライト単相であった。なお周囲の鉄部は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：Photo.5⑥に金属組織（フェライト）の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は84 Hvであった。組織に見合った値である。当遺跡群でのフェライトの硬度値は80Hv台で安定している。

ＤＩＺ－10　流出溝滓？

①肉眼観察：大型で厚みのある樋状の鉄滓である。流出溝滓の可能性が高い。基部側と側面の一部が破面である。先端部は顕著な流動状を呈するが、全体的に上下面は細かい木炭痕が著しい。中小の気孔が散在するが緻密な滓である。

②顕微鏡組織：Photo.5⑦に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）43.33％に対して、金属鉄（MetallicFe）0.11％、酸化第1鉄（FeO）50.81％、酸化第2鉄（Fe_2O_3）5.33％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は31.16％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.64％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）7.24％、バナジウム（V）0.23％であった。また酸化マンガン（MnO）1.27％、銅（Cu）は＜0.01％であった。製錬滓に分類される成分系である。

ＤＩＺ－11　再結合滓

再結合滓とは：製鉄炉の前庭部（作業場）では、製鉄操業と共に生成鉄塊の小割り選別などの作業があって、様々な微細遺物（砂鉄、鉄滓屑、鉄塊屑、炉壁片、木炭屑、送風管片など）が2次的に堆積し、これが酸化土砂を介して層をなす。この堆積層を再結合滓と称する。鍛冶工房においても2次堆積層が存在する。

①肉眼観察：表面黒錆の滲みや黄褐色の酸化土砂の付着する再結合滓である。また粉炭や暗灰色の滓片が混入している。

②マクロ組織：Photo.24に示す。観察面では比較的大きな製錬滓が核となり、その周囲に酸化土砂が付着している。写真左側は中核部の製錬滓片である。周囲の酸化土砂中には、多数の微細な製錬滓片や木炭の破片、砂鉄粒子などが混在する。

③顕微鏡組織：Photo.6①～⑤に示す。①は酸化土砂中の砂鉄粒子で、格子組織を持つチタン鉄鉱（Ilmenite：FeO・TiO_2）である。②③はどちらも製錬滓片である。②では発達した多角形結晶淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤ

ライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。また③では白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO・TiO_2）と小型多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、及び淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が組合される。④⑤はどちらも滓中のごく微細な銹化鉄部分を示す。針状フェライトが析出する亜共析（0.77％以下C）組織の痕跡が残存する。

本試料は製鉄炉の操業後、炉内の生成物を取り出して金属鉄部分を割り取る作業で派生した炉内滓の小破片を主体とする再結合滓であった。これに砂鉄や木炭の破片などの製鉄関連遺物も含まれている。

ＤＩＺ－12　炉内滓

①肉眼観察：小型でほぼ完形に近い鉄滓である。比重が軽い。試料採取切断面をみると、内側は不定形の気孔の多い黒灰色の滓部、外側は石英質の粒子を含むガラス質滓であった。製鉄炉の炉壁溶融物の割合が高い炉内滓と考えられる。

②顕微鏡組織：Photo. 6 ⑥～⑧に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、及び微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。また⑥は微細な金属鉄粒が晶出する個所を示す。製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo. 6 ⑧に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は678 Ｈｖであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）に同定される。

ＤＩＺ－13　炉外流出滓

①肉眼観察：不定形で、ガスが抜けきっていない質感の炉外流出滓である。下面は中小の気孔がやや密に発生する。黒色ガラス質部分が点々と認められた。

②顕微鏡組織：Photo. 7 ①～③に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質中に晶出する。製錬滓の晶癖であった。急冷されて結晶は未成長である。

ＤＩＺ－14　粒状滓様遺物

ＤＩＺ－14－１　11.0㎜径

①肉眼観察：偏平な粒状を呈する。色調は部分的に紫紅色を帯びた暗灰色で、表面には部分的に細かい気孔が点在する。磁着は非常に弱い。

②マクロ組織：Photo. 7 ④に示す。やや歪な球状を呈する。内部には0.1～2㎜大の気孔が多数散在する。

③顕微鏡組織：Photo. 7 ⑤に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。溶融製錬滓が表面張力の関係から球状化した遺物である。

ＤＩＺ－14－２　8.3㎜径

①肉眼観察：偏平な粒状を呈する。色調は黒灰色で、表面には微細な気孔や凹凸が認められる。磁着は非常に弱い。ＤＩＺ－14－１に類似する試料である。

②マクロ組織：Photo.7⑥に示す。歪な形状を呈する。内部には0.1～2㎜大の気孔が密に存在する。局部的に白色鉱物相が観察される。

③顕微鏡組織：Photo.7⑦～⑨に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

ＤＩＺ－14－３　4.9㎜径

①肉眼観察：表面に１個所突起を持ち、やや歪な球状を呈する。色調は灰黒色で、表面には僅かに微細な気孔や微かな凹凸が認められる。磁着はやや弱い。

②マクロ組織：Photo.8①に示す。左側はガラス質溶融物が突起部を形成する。本体部は偏平な球状で、0.1～1.4㎜ほどの気孔が多数散在する。

③顕微鏡組織：Photo.2②～④に示す。②はマクロ写真右側の本体部分である。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が暗黒色ガラス質滓中に晶出する。③④はマクロ写真左側の突起付着ガラス部分である。ガラス質滓中に微細な金属鉄粒が多数晶出する。

ＤＩＺ－14－４－①　3.2㎜径

①肉眼観察：表面に１個所突起を持ち、やや歪な球状を呈する。色調は光沢のある黒色ガラス質で、突起部には砂粒の痕跡が認められる。表面は比較的滑らかである。磁着は非常に弱い。

②マクロ組織：Photo.8⑤に示す。写真上側の突起部分には半溶融の混入鉱物がふくまれるが、ほぼ全体が黒色のガラス質滓である。球状本体左側のも微小突起部が観察される。

③顕微鏡組織：Photo.8⑥～⑧に示す。マクロ写真左側表層部に銹化鉄が固着する。蜂の巣状の白色部はレデブライト痕跡で白鋳鉄の銹化物と判明した。本体は暗黒色ガラス質スラグである。ガラス質中にも微細な金属鉄粒や鉱物が晶出する。

ＤＩＺ－14－４－②　2.9㎜径

①肉眼観察：歪さの少ない球状遺物である。色調は灰黒色で、表面には僅かに微細な気孔や微かな凹凸を発生する。磁着はやや弱い。

②マクロ組織：Photo.8⑨に示す。比較的きれいな球状である。0.1～1.6㎜程の気孔が僅かに散在する。外周部は風化の影響が現れて、組織の一部は侵されてやや暗色を呈する。

③顕微鏡組織：Photo.8⑩に示す。微細な淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

調査を実施した粒状滓様遺物は、本来鍛冶工程で派生する粒状滓（注3）と異なり、製錬工程での派生物と推定される。ＤＩＺ－14－１～３及び４－①は、同遺跡で出土する製錬滓（ＤＩＺ－８～13）と同じ鉱物組成で、微細な製錬滓と推定される。またＤＩＺ－14－４－②はガラス質滓で、製鉄炉炉壁の微細な溶融物である可能性が高い。

(4) 大神宮原No.25遺跡

ＤＩＺ－15　炉壁（半還元砂鉄付着）

①肉眼観察：製鉄炉の炉壁片である。内面が黒色ガラス質に溶融し、幅２㎝程の木炭痕が散在する。上面は平坦な面を呈し、ブロック状の粘土を積んで築炉した粘土単位の痕跡と推測される。また焼結砂鉄の顆粒状の凹凸が薄く認められる。胎土は白色の石英質の粒子を多量に混和している。

②マクロ組織：炉壁内面表層部を：Photo.24に示す。白色の半還元砂鉄粒子が点在する。またガラス質滓中の黒色部は、砂鉄粒子から晶出した微細な金属鉄粒が銹化、剥落した痕跡である。中にはチタン鉄鉱の格子組織が残存する個所もある。更にやや炉壁内面側では微細な金属鉄粒が散在している。

③顕微鏡組織：炉壁の内面表層部分を：Photo.９①～⑤に示す。①～③の中央に滓中の半還元砂鉄粒子を示す。粒子の外周には未発達の淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2）が晶出する。①の砂鉄粒子の周囲では、さらに微細な金属鉄粒が複数遺存する。またガラス質滓中には、やや未発達の淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：２FeO・SiO_2）で構成される。

④ビッカース断面硬度：Photo.９の⑤に不定形淡茶褐色結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は765Hvであった。ウルボスピネルとヘーシナイトの混合組成の可能性をもつ。結晶形態からみてもスピネル鉱物である。

⑤化学組成分析：炉壁胎土部分の化学組成をTable.２に示す。強熱減量（Ig loss）は1.84％と低く、熱影響を受けて結晶構造水の多くが飛散した状態での分析となった。鉄分（Fe_2O_3）3.22％と高くはなく、酸化アルミニウム（Al_2O_3）が25.56％と非常に高値であった。耐火性に有利な成分系である。更に滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分（CaO＋MgO）は1.47％とあまり高くない。このことも耐火性を高める方向に働くと推測される。

⑥耐火度：胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に作り、１分間当り10℃の速度で1000℃まで温度上昇させ、以降は４℃に昇温速度をおとし、試験片が荷重なしに自重だけで軟化し崩れる温度が1480℃であった。成分系を反映して、耐火性の高い性状を示した。

ＤＩＺ－16　炉外流出滓

①肉眼観察：断面は偏平な楕円状を呈し、上面には皺状の流動痕跡を残す炉外流出滓片である。表面に細い流動単位の痕跡は認められないため、多量に排滓され固着したと推定される。側面２面が破面で、非常に細かい気孔が散在するが緻密で重量感のある滓である。

②顕微鏡組織：Photo.９⑥～⑧に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2）、微量の白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：２FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。

③ビッカース断面硬度：Photo.９⑧に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は729Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：２FeO・TiO_2）に同定される。

④化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）47.29％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.60％、酸化第１鉄（FeO）53.40％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）7.41％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は27.41％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.75％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）8.42％、バナジウム（V）0.36％であった。また酸化マンガン（MnO）は1.19％と高値で、銅（Cu）は＜0.01％であった。砂鉄製錬滓の成分系である。

ＤＩＺ－17　含鉄鉄滓

①肉眼観察：含鉄鉄滓の表層が銹化により剥落したような破片である。表面は黄褐色の酸化土砂の固着が著しい。破面に僅かに覗く滓部は光沢の強い灰黒色を呈する。剥離面はほぼ茶褐色の銹化鉄で、内部には１～５㎜程の気孔がやや密に発生する。

②マクロ組織：Photo.24に示す。切断面ではまとまった鉄部は確認されなかった。写真左上側に白色の金属鉄粒が僅かに残存する。また滓中に残る黒色の微細な孔は、金属鉄粒が銹化・剥落した痕跡である。遺物表面の錆色は、こうした微細な金属鉄が銹化して生じたと推定される。

③顕微鏡組織：Photo.10①～③に示す。基地の暗黒色ガラス質滓中に発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）と、ごく僅かに白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖といえる。また②③には僅かに残存する金属鉄粒を示す。

（４）　ビッカース断面硬度：Photo.10③に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は68 Hvであった。フェライト結晶粒と推定される。

(5) 大神宮原No.８・９遺跡

ＤＩＺ－18　砂鉄

①肉眼観察：砂鉄粒子は全体に粒が大きく、角張った形状で摩耗の度合が低い砂鉄である。色調は黒灰色で、石英粒・長石粒などの砂粒が僅かに混在する。山砂鉄の類であろう。

②マクロ組織：Photo.25に示す。砂鉄は全体に角張った部分を残し、粒径は0.2～0.4㎜程の粒子が主体で、最大0.6㎜程である。粒内は包裏鉱物が多数散在する。

③顕微鏡組織：Photo.10④～⑧に示す。白色の磁鉄鉱粒子（Magnetite：Fe_2O_3・FeO）と格子組織をもつチタン鉄鉱粒子（Ilmenite：FeO・TiO_2）が混在する。砂鉄粒子によって異なるが、全体に多数の包裏鉱物（輝石、角尖石、石英など）を含有するものが多い。

④化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）60.22％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.01％、酸化第１鉄（FeO）24.85％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）58.47％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は8.16％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）0.62％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）5.73％、バナジウム（V）0.24％であった。また酸化マンガン（MnO）は0.93％、銅（Cu）＜0.01％であった。鉄分が高く、チタンの含有量は中程度の砂鉄である。また比較的マンガンの数値が高い特徴を示す。酸化度（Fe_2O_3／FeO）は2.35である。これも難還元性の主要砂鉄であろう。

ＤＩＺ－19　砂鉄

①肉眼観察：砂鉄粒子は粒径にややばらつきがあるものの、全体的に大粒で角張った形状を呈する。色調は黒灰色である。石英粒・長石粒などの砂粒が少量混在する。外観はＤＩＺ－18砂鉄と酷似する。

②マクロ組織：Photo.に示す。砂鉄は全体に角張った部分を残し、粒径は0.3～0.4㎜程の粒子が主体で、最大0.6㎜程である。粒内の包裏鉱物をほとんど含有しないものから、多数の包裏鉱物を含むものまで砂鉄粒子によって差がみられる。また摩耗の度合が低い砂鉄である。

③顕微鏡組織：Photo.11①～⑤に示す。白色の磁鉄鉱粒子（Magnetite：Fe_2O_3・FeO）と格子組織をもつチタン鉄鉱粒子（Ilmenite：FeO・TiO_2）が混在する。チタン鉄鉱粒子には多数の包

裏鉱物を含むものが多い。

④化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分（Total Fe）60.29%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.01%、酸化第1鉄（FeO）24.56%、酸化第2鉄（Fe_2O_3）58.89%の割合であった。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）7.07%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）0.90%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）6.52%、バナジウム（V）0.26%であった。また酸化マンガン（MnO）0.90%、銅（Cu）は<0.01%であった。砂鉄の酸化度（Fe_2O_3／FeO）は2.40を呈する。鉄分が高く、チタンの含有量が中程度で比較的マンガンの数値が高い砂鉄である。同じ竪ﾕ内から出土したＤＩＺ－18砂鉄、及び近接する大神宮原No.26遺跡から出土した砂鉄ＤＩＺ－6と酷似する成分系であった。

ＤＩＺ－20　炉壁（半還元砂鉄付着）

①肉眼観察：内面は黒色ガラス質化した製鉄炉の炉壁片である。下面端部に沿って焼結した砂鉄が付着する。さらに一部外面側にも焼結砂鉄が固着する。これは築炉時の粘土塊の繋ぎ目に沿って炉壁が侵食され、焼結砂鉄が外側に及んだものと考えられる。焼結砂鉄は明灰色で光沢はない。熱影響を受けて融着が進んでいる。またＤＩＺ－15と同様に、炉壁胎土は白色の石英質の粒子を多量に混和している。

②マクロ組織：Photo.26に示す。写真左側が炉壁内面である。内面は厚く溶融黒色ガラス質化する。また表層部に半還元砂鉄粒子や鉄チタン酸化物の結晶が晶出する。

③顕微鏡組織：Photo.11⑥～⑧に示す。⑥⑦は内面表層部である。粒状の形状を留める半還元砂鉄が一部に残存する。周囲には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO・TiO_2）などの鉄チタン酸化物が混在する。⑧は完全にガラス質化した個所である。中央の微細な多角形結晶は、胎土中に混入した砂鉄粒子が熱影響を受けて晶出したマグネタイト（Magnetite：Fe_2O_3・FeO）の可能性が高い。このような事例は製鉄炉や鍛冶炉の炉壁片、羽口のガラス質部分で散見される。

④耐火度：1435℃であった。大神宮原No.25遺跡出土の炉壁（ＤＩＺ－15）と比較するとやや低値であるが、耐火性はさほど劣るものではない。

ＤＩＺ－21　炉外流出滓

①肉眼観察：大型の炉外流出滓の端部である。側面1面のみが大きく破面。横断面は片寄りのある椀状を呈する。排滓坑の形状をうつしたものであろうか。上面は部分的に強い紫紅色を帯びた流動状で、下面は全面に石英質の砂粒が固着し、まばらに粉炭が固着する。

②顕微鏡組織：Photo.12①に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo.12①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は747 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）の混合組成の可能性をもつ。

④化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分（Total Fe）43.33%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.19%、酸化第1鉄（FeO）42.97%、酸化第2鉄（Fe_2O_3）13.93%の割合であった。ガラス質成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$）は28.35%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）

1.28%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）10.10%、バナジウム（V）0.37%と比較的高値であった。また酸化マンガン（MnO）1.41%と高めである。銅（Cu）は<0.01%であった。鉄分が幾分低減し、脈石成分が濃化する砂鉄製錬滓の特徴を示す。同遺跡内出土砂鉄（ＤＩＺ－18・19）と同等の砂鉄を原料と想定して符合する組成である。

ＤＩＺ－22　含鉄鉄滓

①肉眼観察：大型の含鉄鉄滓である。表面全体は銹化による茶褐色の錆色で放射割れを起こす。滓部は灰黒色で細かい気孔が散在する。銹化による破面を観察すると、ほぼ全面が茶褐色の錆色である。内部にはやや横方向に広がった気孔が多数散在する。広範囲で特殊金属探知器のＬ（●）で反応がある。

②マクロ組織：Photo.27に示す。滓中に微細な金属鉄粒が凝集しきれずに多数散在する。表層や破面の錆色は、こうした微細な金属鉄が銹化して生じた可能性が高い。

③顕微鏡組織：Photo.12②～④に示す。試料は５％ナイタルで腐食している。滓中に散在する微細な金属鉄は、フェライトであった。また周囲の滓部では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：Photo.12②に金属組織（フェライト）の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は91Hvであった。組織に見合った値である。

ＤＩＺ－23　含鉄鉄滓

①肉眼観察：黄褐色の酸化土砂に覆われた含鉄鉄滓である。上下面が生きているが、側面は一部を除き破面の可能性が高い。全体に細かい木炭痕による凹凸が顕著である。また黒錆の滲みが点在し、一部で放射割が発生する。広範囲に特殊金属探知器のＬ（●）で反応がある。

②マクロ組織：Photo.23に示す。滓中に微細な金属鉄粒や、その銹化・剥落した痕跡が多数散在する。金属鉄粒は微細でＤＩＺ－22より初期段階の様相を呈する。

③顕微鏡組織：Photo.12⑤～⑦に示す。金属鉄は５％ナイタルで腐食して現れた組織で、フェライトであった。また滓の鉱物組成は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）、微量の白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）などで構成される。砂鉄製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：Photo.に金属組織（フェライト）の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は94Hvであった。純鉄にすれば若干高め傾向にあるが測定面積が不足するので誤差も生じよう。

（６）引野中原遺跡

ＤＩＺ－24　炉内滓

①肉眼観察：完形に近い不定形の鉄滓である。わずかに小破面が２面ほど認められる。色調は光沢の強い黒色で、ガラス質分が高い。表面は流動状の細かい凹凸が顕著である。更に幅4.5㎝程の木炭痕が数個所みられ、木炭の隙間で生じた炉内滓であろう。

②マクロ組織：Photo.28に示す。断面全体が多角形結晶と木ずれ状結晶の鉱物相で占められる。滓中の気孔は少なく緻密である。表層部（写真上下面）はやや結晶粒度が小さく、中央に発達した鉱物結晶が確認される。これは表層と芯部の冷却速度の差を反映した可能性が考えられる。

③顕微鏡組織：Photo.13①に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：Photo.13①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は695 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）に同定される。

ＤＩＺ－25　炉底塊

①肉眼観察：やや幅が狭く厚手の炉底塊片である。上面端部側の表面は比較的滑らかな流動状で極く小さな気孔が散在するため、内部は多孔質と考えられる。がややガスが抜けきらないような流動状で、中央側は木炭痕による凹凸が顕著である。向かい合う側面２面が破面で、部分的に光沢が強く、特に上層側に沿って中小の気孔がみられるが、緻密で重量感のある滓である。下面は全面細かい凹凸が顕著で、長さ２㎝程の木炭痕が散在する。

②顕微鏡組織：Photo.13②に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色盤状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo.13②に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は695 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）に同定される。

④化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分（Total Fe）44.27％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.33％、酸化第１鉄（FeO）48.67％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.73％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は27.80％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.62％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）10.80％、バナジウム（V）0.51％と高く、また酸化マンガン（MnO）も1.02％と高めであった。銅（Cu）は＜0.01％である。砂鉄製錬滓の成分系である。前述したＤＩＺ－21炉外流出滓に近似した成分系である。

（７）福見Ａ遺跡

ＤＩＺ－26　含鉄鉄滓

①肉眼観察：平面不整菱形を呈するやや偏平な含鉄鉄滓である。表面には黒錆の滲みが点在し、特殊金属探知器のＬ（●）で反応がある。下面には部分的に紫紅色を呈する流動状の滓部がみられ、また黒色ガラス質部分も点在する。

②マクロ組織：Photo.28に示す。滓中に未凝集の金属鉄粒が多数散在する。

③顕微鏡組織：Photo.13③～⑤に示す。試料は５％ナイタルで腐食している。散在する微細な金属鉄はフェライトである。結晶粒界には紐状セメンタイト（Cementite：Fe_3C）が僅かに析出する。またその周囲の滓には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

④ビッカース断面硬度：Photo.13③に金属組織（フェライト）の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は98Hvであった。フェライトとしては若干高め傾向にある。

⑤化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分（Total Fe）41.11％に対して、散在する微細な鉄を反映して金属鉄（Metallic Fe）は2.48％であった。また酸化第１鉄（FeO）は21.45％で、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）も31.39％と高い割合にある。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は29.82％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）1.97％を含む。砂鉄特有成分の

二酸化チタン（TiO_2）6.49%、バナジウム（V）0.10%とやや低値であった。また酸化マンガン（MnO）は0.98%で、銅（Cu）は<0.01%であった。脈石成分（Ti、V、Mn）はやや低めであるが、周辺地域で採取、分析された砂鉄より高値傾向にある。鉱物組成及び化学組成の特徴から砂鉄製錬滓に分類できる。

ＤＩＺ－27　流出孔滓

①肉眼観察：全体に樋状を呈し、先端に行くに従い幅が狭まる流出孔滓の端部破片である。基部側１面が破面で、断面は椀形を呈する。また上側に横方向に広がった大きな気孔が３個所認められる。表面は比較的滑らかな流動状で極く小さな気孔が散在するため、内部は多孔質と考えられる。側面片側には長さ１cmほどの木炭痕がやや密に残存する。

②顕微鏡組織：Photo.13⑥に示す。発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、及び少量の白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo.13⑥に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は736 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）の混合組成の可能性をもつ。

④化学組成分析：Table. 2に示す。全鉄分（Total Fe）46.07%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.35%、酸化第１鉄（FeO）51.03%、酸化第２鉄（Fe_2O_3）8.66%の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は23.05%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.41%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）13.16%と高値で、バナジウム（V）は0.19%であった。また酸化マンガン（MnO）は1.77%で、銅（Cu）は<0.01%であった。脈石成分の数値から砂鉄製錬滓に分類される。

（８）杉遺跡

ＤＩＺ－29　炉外流出滓

①肉眼観察：偏平な炉外流出滓片である。細い複数の流動痕跡が認められる。上面は酸化による紫紅色で、表面は全体にやや風化気味である。側面２面は破面で、気孔はほとんどなく緻密である。

②顕微鏡組織：Photo.14①～③に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③ビッカース断面硬度：Photo.14①に淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は718 Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）に同定される。

④化学組成分析：Table. 2に示す。鉄分低めでガラス分の多い成分系である。全鉄分（Total Fe）37.01%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.19%、酸化第１鉄（FeO）43.79%、酸化第２鉄（Fe_2O_3）3.98%の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は43.82%と高く、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）も4.77%と増加する。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）5.50%、バナジウム（V）0.20%、また酸化マンガン（MnO）0.87%と全体に脈石成分を含む製錬滓系である。銅（Cu）は<0.01%であった。

ＤＩＺ－30　含鉄鉄滓

①肉眼観察：酸化土砂に覆われた小型（95ｇ）で偏平な含鉄鉄滓である。側面２面が破面。滓は灰黒色で、上面端部にややガスが抜けきっていないような瘤状の突出部が認められる。鉄部は銹化による黒錆の滲みが著しい。

②マクロ組織：Photo.29に示す。滓中に不規則な形状の鉄部が確認される。大部分はほとんど炭素を含有しないフェライト単相であるが、局部的（写真左側）に比較的炭素含有量の高い領域が存在する。ピット状銹化の進行がある。

③顕微鏡組織：Photo.14④～⑧に示す。試料は５％ナイタルで腐食している。④の写真左側の滓部では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。また右側の金属鉄部分はほぼフェライト単相の組織であった。⑤⑥はパーライト素地に初析フェライトが析出する亜共析組織の個所である。なお⑥ではほぼ同質の球状介在物が複数確認される。この介在物は硅酸塩系の素地中に微細な球状の晶出物が認められる。

④ビッカース断面硬度：Photo.14⑦⑧に炭素含有量の異なる領域での金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦のフェライト単相部分の硬度値は103Hvであった。また⑧はパーライト素地で網目状にフェライトが析出する個所である。硬度値は183Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。炭素含有量の増加に伴い硬さが上昇する。

ＤＩＺ－31　鉄塊系遺物

①肉眼観察：酸化土砂に覆われた小型（158ｇ）の鉄塊系遺物である。土砂の付着により表面の観察が困難であるが、少なくとも側面１面は明瞭な破面である。また表層には部分的に黒色の滓部が認められるが、非常に重量感があり大半が鉄部と推測される。下面では網目状の放射割れが著しい。

②マクロ組織：Photo.29に示す。鍛冶系の鉄塊で表皮スラグにヴスタイトを晶出する。断面は椀形を呈する。表層僅かに滓が付着するのみで、まとまりのある鉄塊である。金属鉄は場所により炭素含有量に差がある。組織はほぼフェライト単相に近い個所から、パーライト組織主体の個所まで確認される。更に旧オーステナイト結晶粒が粗大で、針状フェライトの発達が顕著な特徴ともつ。このため鍛冶炉内で高温に加熱された後、比較的速い速度で空冷されたと推定される。

③顕微鏡組織：Photo.15に示す。①は試料表層に僅かに固着する滓部である。白色樹枝状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）、また微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。鍛冶滓の晶癖である。滓中の鉱物結晶粒は微細で、前述の比較的速い速度で空冷との推定と符合する。

試料の②③は鉄中の非金属介在物を示す。②やや不規則な形状の介在物が複数存在する。いずれも硅酸塩系の素地中に淡褐色片状結晶が晶出する。シュードブルーカイト（Pseudobrookite：Fe_2O_3・TiO_2）の可能性が高い。この晶出物から、当試料の始発原料は塩基性砂鉄と推定される。③は硅酸塩系の素地中に微細な晶出物が確認される球状介在物である。

④～⑨は金属鉄を５％ナイタルで腐食して現れた組織である。④はフェライト単相に近い個所である。⑤は表層側が黒色のパーライト組織の面積率が高く、やや高炭素域である。発達した針状フェライト及び低温変態パーライトが析出する。⑥も表層側は炭素含有量が高く、この個所ではパーライト組織が主体となっている。金属鉄は炭素量が高・低バラツキをもつ。

④ビッカース断面硬度：Photo.15⑦～⑨に硬度測定の圧痕を示す。炭素含有量の低い個所から順

に、金属鉄部分の測定を行った。⑦はフェライト単相の個所で、硬度値は87Hvであった。⑧はフェライト素地に少量パーライトが析出する個所で、硬度値は141Hv、⑨はパーライト素地でごく僅かに初析フェライトが析出する個所である。硬度値は242Hvであった。炭素含有量に対応した硬度値である。

ＤＩＺ－32　鉄塊系遺物

①肉眼観察：偏平で細長く伸びた流動状の外観を呈する。銑鉄塊の可能性が高い。表面は黄褐色の酸化土砂に覆われる。このため地の観察は困難であるが、ほぼ完形で滓部は確認されない。比重が高く、広範囲に特殊金属鉄探知器のＬ（●）で反応がある。

②マクロ組織：Photo.30に示す。残存金属鉄は鋳鉄組織である。銹化が進行しており、残存金属鉄は複数個所に点在する。

③顕微鏡組織：Photo.16に示す。①②は滓部である。①は非常に大きく発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）が晶出する。②素地の暗黒色ガラス質滓中に白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO・TiO_2）及び微細な金属鉄粒が晶出する。どちらも砂鉄製錬滓の晶癖である。イルミナイトの晶出から、製鉄時の高温操業が推定される。(注4) またウルボスピネルの巨晶化は、製鉄炉内の非常にゆっくり冷却した個所で生成したことを示す。③は鉄中の非金属介在物を示す。組成に関してはＥＰＭＡ調査の項で詳述するが硫化鉄（FeS）とステダイトである。

④～⑧は金属鉄を５％ナイタルで腐食して現れた組織である。白鋳鉄主体で部分的に片状黒鉛が析出する斑鋳鉄であった。④の写真左側はレデブライトが晶出する個所、写真右側は片状黒鉛が析出する個所である。また⑤は亜共晶組成白鋳鉄組織、⑥はパーライト素地に針状セメンタイトおよび片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄の個所である。

④ビッカース断面硬度：Photo.⑦⑧に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦は白鋳鉄のレデブライト部分で硬度値は610Hv、⑥はねずみ鋳鉄のパーライト基地で硬度値は251Hvであった。また⑨では滓中に晶出する淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は697Hvであった。ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）に同定される。

⑤ＥＰＭＡ調査：滓部の鉱物相、及び鉄中非金属介在物の２視野の調査を実施した。Photo.32の１段目には滓部の反射電子像（ＣＯＭＰ）を示す。白色粒状の晶出物の定量分析値は142.1％FeOであった。酸化物定量での測定のため100％を越える値となっているが、金属鉄（Metallic Fe）に同定される。また片状結晶の定量分析値は54.4％TiO_2－38.6％FeO－5.0％MnO－3.0％MgOであった。イルミナイト（Ilmenite：FeO・TiO_2）に同定される。またマンガン、マグネシウムなどを微量含有する。更に素地のガラス質部分の定量分析値は58.0％SiO_2－13.4％Al_2O_3－4.0％CaO－3.0％MgO－2.1％K_2O－13.3％FeO－2.9％TiO_2－2.6％MnOであった。珪酸塩に鉄分や砂鉄由来のチタン、マンガンを固溶する。

またPhoto.32の２段目に非金属介在物の反射電子像を示す。上下方向に細長い介在物中の12の番号をつけた個所で定量値を測定した。102.8％FeOであった。ヴスタイト（Wustite：FeO）の可能性が高い。また13の番号をつけた中央の微細黄褐色異物の定量分析値は87.4％FeO－32.8％Ｓであった。硫化鉄（FeS）に同定される。また14の個所の定量分析値は86.6％FeO－21.0％P_2O_5－3.4％Ｓであった。この個所はFe－Fe_3C－Fe_3P三元系共晶のステダイト（Steadite）が存在する。

ＤＩＺ－33　椀形鍛冶滓

①肉眼観察：平面不整楕円状を呈する椀形鍛冶滓である。ほぼ完形に近い。上面は細かい凹凸が顕著で、2.5cm程の木炭を１個所噛みこんでいる。また粉炭がまばらに固着する。下面には石英質の砂粒を多数混和した褐色の炉床土が一部固着する。

②顕微鏡組織：Photo.17①～⑤に示す。白色粒状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）と、その粒内及び局部に少量の淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）が混在し、これに淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。発達した粒状のヴスタイト結晶が確認され、砂鉄系精錬鍛冶滓の晶癖を示す。荒鉄（製錬生成鉄で、表皮スラグや捲込みスラグ、更には不純物を含む原料鉄：鉄塊系遺物）の不純物除去で排出された滓である。

③ビッカース断面硬度：Photo.17①に白色粒状結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は509Hvであった。ヴスタイトの文献硬度値の上限を僅かに上回る値であるが、粒内の微細な鉄チタン酸化物の影響で硬質の値を示した可能性がある。ヴスタイトと推測される。

④化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）54.62％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.13％、酸化第１鉄（FeO）55.03％、酸化第２鉄（Fe_2O_3）16.75％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）は22.57％、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は1.70％であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）2.26％、バナジウム（V）0.14％であった。また酸化マンガン（MnO）は0.27％、銅（Cu）＜0.01％であった。鉄分高く、脈石成分（Ti、V、Mn）の低減した成分系は精錬鍛冶滓に分類される。

ＤＩＺ－34　椀形鍛冶滓

①肉眼観察：小型（75ｇ）で偏平な椀形鍛冶滓である。上下面とも細かい木炭痕が散在する。滓の地は灰黒色で細かい気孔が僅かに散在する。

②顕微鏡組織：Photo.17⑥～⑧に示す。⑥は滓中に不定形の銹化鉄が散在する個所である。⑦の個所では発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。また⑧ではウルボスピネル・ファイヤライト結晶に加え、ごく微細な白色樹枝状結晶ヴスタイト（Wustite：FeO）が僅かに晶出する。製錬滓に見違える程にチタン濃度の高い鉱物相で、精錬初期の排出滓である。

③化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）43.69％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.16％、酸化第１鉄（FeO）33.14％、銹化鉄含みで酸化第２鉄（Fe_2O_3）25.41％の割合であった。ガラス質成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO＋K_2O＋Na_2O）29.98％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）2.33％を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO_2）4.32％、バナジウム（V）0.27％など、やや高めである。また酸化マンガン（MnO）0.58％、銅（Cu）＜0.01％であった。脈石成分はマンガンの低減傾向が顕著である。チタン（Ti）も周辺遺跡出土製錬滓・砂鉄と比較すると僅かに低減する値を示す。

鉱物組成・化学組成の特徴から精錬鍛冶滓に分類される。ＤＩＺ－33と比較すると製錬工程由来の不純物（Ｔｉ、Ｖ、Ｍｎ）の割合が高く、より不純物の多い鍛冶原料（製錬系鉄塊）の処理を行ったものと推定される。

ＤＩＺ－35　鉄鐸

①肉眼観察：鉄鐸の舌を供試材とした。杉遺跡の報告書には５点の鉄鐸が記載されているが、そのうちのの符号Ｍ40を試料としている。(注5) 鉄鐸の舌は中空で先の丸い円錐状を呈する。厚みは破面部で１㎜程である。銹化が進行し、銹化割れや表層の剥離が進んでいるが、全体に特殊金属探知器のＬ（●）で反応があるため、芯部には金属鉄が遺存すると推測される。

②マクロ組織：Photo.30に示す。端部を横方向に切断して観察面とした。断面は11.5㎜径の中空パイプ状である。写真上側の白色部が残存金属鉄で、他の個所は銹化している。銹化鉄の厚みは約１㎜前後で、肉眼観察に準ずる。

③顕微鏡組織：Photo.18に示す。①は鍛打により展伸した形状の鉄中非金属介在物である。鉱物相に関してはＥＰＭＡ調査の項で詳述するが珪酸塩中に晶出するヴスタイト（FeO）である。②～⑦及び⑨は残存金属鉄を５％ナイタルで腐食して現れた組織である。フェライト素地にごく少量パーライトが析出する。両端部側が芯部より僅かにパーライトの面積率が高い。ただし全体的に炭素含有量は0.1％以下の極軟鋼であった。加工の容易な極軟鋼の鉄素材を赤熱し、鍛打で薄板状に展伸した後細い円錐状に加工したと推定される。また比較的大きなフェライト結晶粒には、双晶変形の痕跡の平行線が確認される。薄い鉄材のため赤熱状態からの冷却速度が速く、鍛打作業中にフェライトが晶出する温度以下まで材が冷えたことを示している。

④ビッカース断面硬度：Photo.18⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧は残存金属鉄の端部である。フェライト結晶粒が細かく、比較的パーライトの面積率が高い個所である。硬度値は131Ｈｖであった。また⑨は残存金属鉄の芯部で、比較的大きなフェライト結晶粒内に双晶変形の痕跡の平行線が何条も残る個所である。硬度値は113Hvであった。加工痕跡を反映してか、表層側はやや硬質化した値を示す。

⑤ＥＰＭＡ調査：鉄中非金属介在物のＣＯＭＰ（反射電子像）及び、面分析調査（Fe、Ti）の結果をPhoto.33の上段に示す。

また介在物内の粒状結晶の定量分析値は101.5％FeOであった。ヴスタイト（Wustite：FeO）に同定される。また素地部分の定量分析値は38.5％FeO－36.9％SiO_2－6.3％Al_2O_3－13.6％CaO－1.1％MgO－1.7％K_2O－1.5％P_2O_5であった。硅酸塩系の素地に微細なファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する可能性が高い。

当試料中の介在物は金属鉄が酸化されて生じたヴスタイトと、粘土溶融物のガラス質滓で構成される。また面分析調査でもチタン（Ti）はほとんど検出されず、始発原料由来の不純物（Ti）が充分除去された鉄素材を用いて製作された可能性が高い。鉄鐸が古墳時代に属すれば鉱石系の塊煉鉄の履歴を配慮すべきであろう。

ＤＩＺ－36　棒状鉄器

①肉眼観察：一端が鈎状に曲がる棒状鉄器片である。鉄釘の頭部破片の可能性がある。反対側の端部は破面となる。表面全体に淡褐色の酸化土砂が厚く固着するため、地の状態は不明である。特殊金属探知器のＬ（●）で反応があり、金属鉄の遺存が推定される。

②マクロ組織：Photo.31に示す。鈎状の端部側を供試材とし、縦方向に研磨して観察面とした。端部までほぼ一定の太さで、緩く彎曲した棒状の鉄製品であった。頭部を折り曲げ加工で作りだした鉄釘破片の可能性は否定される。

③顕微鏡組織：Photo.19・20に示す。Photo.19は研磨によって、僅かに残存金属鉄が確認された

状態での調査である。①は鍛打によりやや展伸した形状の鉄中非金属介在物である。また②は研磨によって僅かに現れた金属鉄を中心に断面全体を示す。白色部は５％ナイタルで腐食した金属鉄部分である。ほぼフェライト単相の組織であった。③④は、②の銹化鉄部分に捲込まれた滓部の拡大である。介在物・滓部の鉱物相はＥＰＭＡ調査の項で詳述するが、砂鉄系精錬鍛冶滓と同じ鉱物相である。また⑤は金属鉄部分の拡大でフェライト結晶粒を示す。

またPhoto.20の①～③は試料先端側、④は試料中央部、⑤は供試材の切断面側の金属組織を示した。いずれも写真左側がフェライト素地に少量パーライトが析出する亜共析組織である。これに対し写真右側はほぼフェライト単相の組織である。炭素含有量の異なる鉄素材を鍛接した痕跡を残す。フェライト結晶粒内に歪み等がないため、当試料の彎曲は鍛錬鍛冶作業中に赤熱状態で意図的に加工された可能性が高い。

また②③は①中央の非金属介在物の拡大である。珪酸塩基地に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）が晶出する。鉄製品の製造履歴は低温還元の塊煉鉄である。

④ビッカース断面硬度：Photo.20⑥⑦に硬度測定の圧痕を示す。⑥は試料左側の少量のパーライト析出域で、硬度値は121Hvであった。⑦は試料右側のフェライト単相部分で、硬度値は85Hvである。炭素含有量の違いが硬度値に表われている。

⑤ＥＰＭＡ調査：Photo.33の３段目に反射電子像（ＣＯＭＰ）を示す。１の番号をつけた結晶の定量分析値は70.9% FeO－31.7% SiO_2であった。ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）に同定される。２の番号をつけた素地部分の定量分析値は47.4% SiO_2－25.9% Al_2O_3－17.2% K_2Oであった。カリ長石（K_2O・Al_2O_3・2 SiO_2）の類であろうか。8.5% FeOを固溶する。

また付着滓部分の反射電子像（ＣＯＭＰ）をPhoto.33の４段目に示す。３の番号をつけた個所の定量分析値は91.0% FeOであった。やや減衰した値を示すことから銹化鉄と推定される。４の番号をつけた結晶の定量分析値は69.5% FeO－30.5% SiO_2であった。ファイヤライト（Fayalite：2 FeO・SiO_2）に同定される。また５・８の番号をつけた多角形結晶は、５の定量分析値が64.3% FeO－21.0% Al_2O_3－11.7% TiO_2－3.9% V_2O_3、８の定量分析値は59.6% FeO－26.7% Al_2O_3－10.1% TiO_2－2.5% V_2O_3であった。ほぼ同じ組成で、いずれもヘーシナイト（Hercynite：FeO・Al_2O_3）とウルボスピネル（Ulvospinel：2 FeO・TiO_2）の固溶体と推定される。また６の番号をつけた白色粒状結晶は98.8% FeO－1.8% TiO_2－1.2% Al_2O_3であった。ヴスタイト（Wustite：FeO）に同定される。なお微量Ti、Alが検出されている。７の番号をつけた素地部分の定量分析値は19.3% FeO_2－23.3% Al_2O_3－ 37.4% SiO_2である。アルマンダイト（Almandite）の類であろうか。

当試料中には滓の捲込みや大型の介在物がみられ、やや不純物を残した状態で鍛打成形されている。またチタン（Ti）系結晶が確認されたことから、砂鉄を始発原料とする鉄素材を用いた可能性をもつ。残念なことに鉄中の非金属介在物からＥＰＭＡによるFe－Ti化合物が検出されていない。チタン検出は銹化鉄中に取り込められた捲込みスラグからの情報である。

４．まとめ

今回奥津リフレッシュビレッジ開発計画に伴う調査で確認された８遺跡から検出された古代～中世に比定される製鉄・鍛冶関連遺物の調査した結果、次の点が明らかになった。

〈１〉今回調査した遺跡群のうち、７遺跡（大神宮原No.13、大谷、大神宮原No.26、大神宮原No.25、大神宮原No.８・９、引野中原、福見Ａ）の分析試料はすべて製錬工程での派生物であった。

当地域では古代から中世にかけて、製鉄主体の生産が行われたと推定される。

また杉遺跡の包含層より出土した遺物は、製鉄～精錬鍛冶工程での派生物に分類される。製錬工程の後続作業の精錬鍛冶が、少なくとも一部は近接する地域内で行なわれたことを示している。ただし操業年代については古墳時代から中世のいずれに決定するかは決め手に欠ける。無理を承知で発言すると、製錬滓は燐が高めで古代・中世の滓とはやや趣を異にして古墳時代に属する可能性を提言しておきたい。

〈２〉大神宮原No.26遺跡出土砂鉄（ＤＩＺ－６）と、大神宮原No.８・９遺跡出土砂鉄（ＤＩＺ－18・19）は酷似する成分系であった。全鉄分が60％を越える高さで、チタンを中程度含有する（TiO_2：５％強）砂鉄である。更にマンガンの含有量が高い特徴を示す。また外観的にも共に粒径が大きく摩耗度が低い特徴をもち、山間部である周辺地域に賦存する砂鉄の特徴を反映する。この0.2～0.6㎜径の砂鉄は操業に当って送風や上昇気流による吹き零れがなく、表面積が大きくて還元に対しては適粒といえよう。

〈３〉今回分析調査を実施した８遺跡の出土製錬滓の脈石成分（Ti、Ｖ、Mn）は、砂鉄（ＤＩＺ－６・18・19）より高値傾向を示すため、当遺跡群内ではこれらと同等の成分系の砂鉄が原料とされた可能性は高い。ただし製錬滓のチタン含有量にはややばらつきがある（TiO_2：5.50～13.16％）ため、この差が製鉄炉の内部状況の変化や、製錬滓の生じた時間や位置等の違いを示すものか、分析した砂鉄よりチタン含有量の低い砂鉄も使用していた結果を示すものか、今後更に検討が必要である。

〈４〉前記７遺跡から出土した含鉄鉄滓は、いずれも滓中に微細な金属鉄が散在するものであった。鉄素材となる品位ではなく、滓として廃棄されたものと判断される。

これに対して、杉遺跡から出土した含鉄鉄滓・鉄塊系遺物ではまとまりのある金属鉄部分が確認された。これらは鍛冶原料鉄の性格を反映するものと考えられる。また鉄中の炭素含有量の低いものは大部分がフェライト単相の組織であり、炭素含有量の高いものは斑鋳鉄組織であった。このため当地域の製鉄遺跡で生成された鉄塊は、操業回や炉内の生成位置の違いにより炭素含有量のばらつきが大きく、精錬鍛冶工程で成分調整が行われたものと推定される。これらの傾向は、中世ではなくて古墳時代の傾向を呈するものかもしれない。

〈５〉杉遺跡では製鉄・鍛冶関連遺物と共に出土鉄製品２点の調査を実施した。鉄鐸（ＤＩＺ－35）は極軟鋼を薄板状に展伸した後、円錐状に成形している。フェライト結晶粒内には鍛打加工による変形双晶の痕跡が残る。棒状鉄器（ＤＩＺ－36）は炭素含有量の異なる異材を鍛接合せ鍛えしたと推測される。

また両者の鉄中非金属介在物をみると、鉄鐸（ＤＩＺ－35）では鉄チタン酸化物の晶出は確認されず、製錬工程由来の不純物が充分除去された鉄素材を用いたか、磁鉄鉱鉱石由来の鉄素材の充当であろうか。このため出土製鉄～鍛冶関連遺物との関連性を判断することが難しい。一方、棒状鉄器（ＤＩＺ－36）では、当地域で生産された鉄塊を鉄素材と仮定しても矛盾しない出土製錬滓と同様のウルボスピネル・ファイヤライト組成の大型介在物が確認された。

〈６〉杉遺跡出土の鉄鐸は、６世紀末から７世紀前半代が比定され、更に製鉄に関与した祭祀具との見解も述べられている。(注6) 鉄鐸は岡山県下で２例目の出土であった。他の１例は隣接する津山市所在で、５世紀中頃に属する西吉田北１号墳のものである。こちらは鍛冶具の鏨と鉄鉗との共拌で、報告者の行田裕美氏により国内と韓国の出土類例が集成されている。(注7) この鉄鐸は、鐸身の金属学的調査が行われており、杉遺跡の舌と同様に１㎜程度の極軟鋼の鍛打加工品であった。

恐らく朝鮮半島側で製作された製品の可能性をもつ。(注8) 杉遺跡出土の鉄鐸は6世紀末まら7世紀代であるならば、津山方面の磁鉄鉱を始発原料とした鉄素材を用いて当地で製作された可能性は十分にありうることである。6世紀代になると津山市大開古墳群では鉱石製錬滓の古墳供献鉄滓が出土している。(注9)

〈7〉奥津町で過去に行われた製鉄遺跡の分析調査例として、高下休場遺跡(古代製鉄遺構)(注9)と大神宮原No.14遺跡(注11)の報告がある。出土鉄滓の分析結果はいずれも今回調査の奥津リフレッシュビレッジ開発に伴う8遺跡に準じたものであった。参考までに分析結果をTable.2に掲げておく。

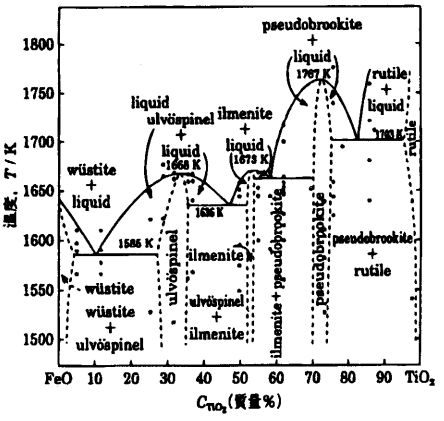
(注)

(1) 日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』 1968 磁鉄鉱は530～600Hv、ヴスタイトは450～500Hv、マグネタイトは500～600Hv、ファイヤライトは600～700Hvの範囲が提示されている。また、ウルボスピネルは硬度値範囲の明記はないが、マグネタイトにチタン(Ti)を固溶するので、600Hv以上であればウルボスピネルと同定している。

(2) 永田和宏「たたら生産物「玉鋼」の性質に及ぼす「籠り砂鉄」使用の影響」『鉄と鋼』Vol.85 1999No12

(3) 粒状滓は鍛冶作業において凹凸を持つ鉄素材が鍛冶炉の中で赤熱状態に加熱されて、突起部が溶け落ちて酸化され、表面張力の関係から球状化したり、赤熱鉄塊に酸化防止を目的に塗布された粘土汁が酸化膜と反応して、これが鍛打の折に飛散して球状化した微細な遺物である。

(4) J.B.Mac chesney and A.Murau:American Mineralogist,46 (1961), 572
〔イルミナイト(Ilmenite: FeO・TiO_2)、の晶出はFe－TiO_2二元平衡状態図から高温化操業が推定される。〕



FeO-TiO_2二元平衡状態図

(5) 日下隆春『杉遺跡』〈杉地区ほ場整備事業に伴う調査報告〉(奥津町埋蔵文化財発掘調査報告4) 岡山県奥津町教育委員会2000

(6) 日下隆春 前掲書(5)

(7) 行田裕美「鉄鐸について」『西吉田北遺跡』(津山市埋蔵文化財発掘調査報告第58集) 津山市教育委員会1997.3

（８）大澤正己「西吉田北１号墳とその周辺遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『西吉田北遺跡』（津山市埋蔵文化財発掘調査報告第58集）津山市教育委員会1997.３
（９）大澤正己「大開古墳群・大開遺跡出土鉄滓の金属学的調査」『大開古墳群・大開遺跡』（津山市埋蔵文化財発掘調査報告第51集）津山市教育委員会1994
（10）大澤正己「高下休場遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『高下休場遺跡・西屋Ａ遺跡』（奥津町埋蔵文化財発掘調査報告２）奥津町教育委員会1996.３
（11）大澤正己「大神宮原No.14遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『大神宮原No.14遺跡』〈町道奥津福見線新設工事に伴う調査報告〉（奥津町埋蔵文化財発掘調査報告３）岡山県奥津町教育委員会1998

Table. 1　供試材の履歴と調査項目(1)

符号	遺跡名	遺構名	遺物No.	遺物名称	推定年代〈　〉C^{14}	計測値 大きさ(mm)	計測値 重量(g)	メタル度	調査項目 マクロ組織	顕微鏡組織	ビッカース断面硬度	X線回折	CMA	化学分析	耐火度	カロリー	備考
DIZ－1	大神宮原No.13	鉄滓溜り3	1	炉底塊？	不明	133×122×49	1500			○	○			○			
DIZ－2		製鉄炉2	2	含鉄炉底塊		151×79×68	1280	L(●)	○	○	○			○			
DIZ－3	大　谷	南半斜面	3	炉外流出滓	〈7～13C〉	84×75×21	350			○	○			○			
DIZ－4		南半斜面	4	含鉄鉄滓		138×72×69	1270	L(●)	○	○	○						
DIZ－5		南半斜面	5	含鉄鉄滓		187×55×41	942	L(●)	○	○	○						
DIZ－6	大神宮原No.26	製鉄炉3付近	6	砂鉄	〈10C〉	—	—		○	○				○			
DIZ－7		製鉄炉4付近	7	砂鉄焼結塊(炉壁付着)		81×69×28	322		○	○							
DIZ－8		鉄滓溜り	8	炉外流出滓		94×83×33	444			○	○			○			
DIZ－9		製鉄炉1	9	含鉄鉄滓		168×98×88	1775	L(●)	○	○	○						
DIZ－10		土壌1	10	流出溝滓？		229×113×72	3172			○				○			
DIZ－11		製鉄炉1	11	再結合滓		52×37×22	85		○	○							
DIZ－12		土壌5	12	炉内滓		55×29×19	62			○	○						
DIZ－13		土壌5	13	炉外流出滓		64×41×8	37			○							
DIZ－14		土壌5	14	粒状滓様遺物		—	—		○	○							
DIZ－15	大神宮原No.25	排滓場	15	炉壁(半還元砂鉄付着)	古墳時代後期後半〈10C〉	125×87×66	767		○	○				○	○		
DIZ－16		排滓場	16－1	炉外流出滓		81×27×15	69			○	○			○			
DIZ－17		南側斜面	16－2	含鉄鉄滓		79×47×29	290		○	○	○						
DIZ－18	大神宮原No.8・9	鉄穴流し状遺構1	17	砂鉄	8C代〈11C〉	—	—		○	○				○			
DIZ－19		鉄穴流し状遺構2	18	砂鉄		—	—		○	○				○			
DIZ－20		製鉄炉2周辺	19	炉壁(半還元砂鉄付着)		105×91×39	630		○	○					○		
DIZ－21		製鉄炉2周辺	20	炉外流出滓		165×124×72	2216			○	○			○			
DIZ－22		鉄穴流し状遺構1	21	含鉄鉄滓		245×108×52	2530	L(●)	○	○	○						
DIZ－23		製鉄炉1	22	含鉄鉄滓		125×67×32	740	L(●)	○	○	○						
DIZ－24	引野中原	製鉄炉1周辺	23	炉内滓	9C	91×68×28	264		○	○	○						
DIZ－25		製鉄炉1南側ピット	24	炉底塊		108×102×65	1550			○	○			○			
DIZ－26	福見A	製鉄炉2鉄滓場	25	含鉄鉄滓	13～14C	108×71×39	528	L(●)	○	○	○			○			
DIZ－27		製鉄炉2鉄滓場	26	流出孔滓		66×21×42	186			○	○			○			
DIZ－29	杉	3区－2包含層上面	S－1	炉外流出滓	古墳～中世	80×62×14	170			○	○			○			
DIZ－30		3区－2包含層上面	S－2	含鉄鉄滓		55×35×12	95	L(●)	○	○	○						
DIZ－31		3区－2包含層下層	S－3	鉄塊系遺物		48×42×18	158	L(●)	○	○	○						
DIZ－32		2区－2包含層	S－4	鉄塊系遺物		107×44×11	184	L(●)	○	○	○		○				
DIZ－33		3区－3包含層下層	S－5	椀形鍛冶滓		148×102×37	803			○	○			○			
DIZ－34		3区－2包含層下層	S－6	椀形鍛冶滓		59×49×15	72			○	×			○			
DIZ－35		3区－3包含層下層	S－7	鉄鐸(舌)		91×9×9	25	L(●)	○	○	○		○				
DIZ－36		3区－2包含層下層	S－8	棒状鉄器		55×18×9	24	M(◎)	○	○	○		○				

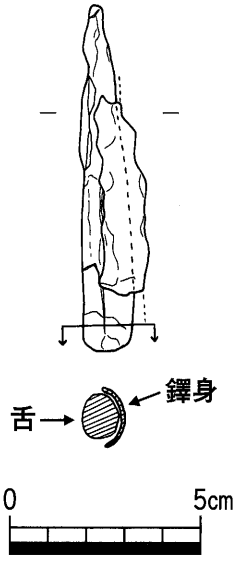
Table. 2　供試材の組成

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代〈 〉C^{14}	全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe_2O_3)	*二酸化珪素 (FeO_2O_3)	*酸化アルミニウム (Al_2O_3)	*酸化カルシウム (CaO)	*酸化マグネシウム (MgO)	*酸化カリウム (K_2O)	*酸化ナトリウム (Na_2O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO_2)	酸化クロム (Cr_2O_3)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P_2O_5)	炭素 (C)	#:Igloss バナジウム (V)	銅 (Cu)	耐火度 ℃	Σ* 造滓成分	造滓成分 (Total Fe)	TiO_2 (Total Fe)	注
DIZ－1	大神宮原No.13	鉄滓溜り3	炉底塊？	不明	47.72	0.08	53.20	8.99	20.65	4.54	1.19	0.70	0.74	0.15	1.25	6.34	0.01	0.02	0.24	0.08	0.11	<0.01		27.97	0.586	0.133	
DIZ－2		製鉄炉2	含鉄炉底塊		47.43	0.10	42.63	20.29	13.46	5.25	0.82	0.60	0.63	0.12	0.98	12.58	0.13	0.08	0.15	0.08	0.86	<0.01		20.88	0.440	0.265	
DIZ－3	大　谷	南半斜面	炉外流出滓	〈7～13C〉	42.69	0.15	50.96	4.19	21.31	6.89	1.18	0.77	1.33	0.36	1.19	7.60	0.03	0.01	0.19	0.05	0.22	<0.01		31.84	0.746	0.178	
DIZ－6	大神宮原No.26	製鉄炉3付近	砂鉄	〈10C〉	61.95	<0.01	23.37	62.59	3.96	1.70	0.09	0.19	0.14	0.06	0.84	5.30	0.05	<0.01	0.11	0.18	0.25	<0.01		6.14	0.099	0.086	
DIZ－8		鉄滓溜り	炉外流出滓		48.01	0.17	54.73	7.58	16.25	5.03	1.56	0.76	0.95	0.26	1.05	6.73	0.03	0.02	0.28	0.03	0.26	<0.01		24.81	0.517	0.140	
DIZ－10		土壌1	流出溝滓		43.33	0.11	50.81	5.33	21.45	5.83	1.80	0.84	0.96	0.28	1.27	7.24	0.02	0.02	0.32	0.07	0.23	<0.01		31.16	0.719	0.167	
DIZ－15	大神宮原No.25	排滓場	炉壁(半還元砂鉄付着)	古墳時代後期後半〈10C〉	3.77	0.10	1.33	3.77	60.96	25.06	0.45	1.02	3.15	0.78	0.08	0.66	0.09	<0.01	0.08	#1.84	0.01	<0.01	1,480	91.42	24.249	0.175	
DIZ－16		排滓場	炉外流出滓		47.29	0.60	53.40	7.41	17.9	5.50	1.89	0.86	1.04	0.22	1.19	8.42	0.05	0.01	0.26	0.03	0.36	<0.01		27.41	0.580	0.178	
DIZ－18	大神宮原No.8・9	鉄穴流し状遺構1	砂鉄	8C代〈11C〉	60.22	0.01	24.85	58.47	5.17	2.11	0.18	0.44	0.19	0.07	0.93	5.73	0.06	<0.01	0.12	0.08	0.24	<0.01		8.16	0.136	0.095	
DIZ－19		鉄穴流し状遺構2	砂鉄		60.29	0.01	24.56	58.89	4.05	1.87	0.36	0.54	0.20	0.05	0.90	6.52	0.03	<0.01	0.20	0.05	0.26	<0.01		7.07	0.117	0.108	
DIZ－20		製鉄炉2周辺	炉壁(半還元砂鉄付着)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,435	—	—		
DIZ－21		製鉄炉2周辺	炉外流出滓		43.33	0.19	42.97	13.93	20.02	5.96	0.73	0.55	0.91	0.18	1.41	10.10	0.05	0.04	0.16	0.19	0.37	<0.01		28.35	0.654	0.233	
DIZ－25	引野中原	製鉄炉1南側ピット	炉底塊		44.27	0.33	48.67	8.73	18.56	5.50	1.59	1.03	0.76	0.36	1.02	10.80	0.06	0.02	0.28	0.20	0.51	<0.01		27.80	0.628	0.244	
DIZ－26	福見A	製鉄炉2排滓場	含鉄鉄滓	中世	44.11	2.48	21.45	31.39	20.34	5.75	1.49	0.48	1.23	0.53	0.98	6.49	0.06	0.07	0.31	0.72	0.10	<0.01		29.82	0.725	0.158	
DIZ－27		製鉄炉2排滓場	流出孔滓		46.07	0.35	51.03	8.66	14.93	4.37	1.89	0.52	1.01	0.33	1.77	13.16	0.02	0.02	0.23	0.13	0.19	<0.01		23.05	0.500	0.286	
DIZ－29	杉	3区－2包含層上面	炉外流出滓	古墳～中世	37.01	0.19	43.79	3.98	29.71	7.52	2.98	1.79	1.22	0.60	0.87	5.50	0.04	0.01	0.42	0.08	0.20	<0.01		43.82	1.184	0.149	
DIZ－33		3区－2包含層下層	椀形鍛冶滓		54.62	0.13	55.03	16.75	16.12	3.81	1.08	0.62	0.63	0.31	0.27	2.26	0.02	0.02	0.24	0.18	0.14	<0.01		22.57	0.413	0.041	
DIZ－34		3区－2包含層下層	椀形鍛冶滓		43.69	0.16	33.14	25.41	21.08	5.35	1.43	0.90	0.84	0.38	0.58	4.32	0.05	0.04	0.63	0.47	0.27	<0.01		29.98	0.686	0.099	
KY－1	高下休場	製鉄炉　斜面堆積	砂鉄製錬滓	古代	47.27	0.29	50.58	10.96	16.89	4.36	2.07	1.04	0.94	0.41	1.23	9.25	0.02	0.03	0.34	0.08	0.18	0.003		25.710	0.544	0.196	
KY－2	高下休場	土壌1	砂鉄製錬滓	古代	43.24	0.30	46.08	10.18	20.81	5.40	2.61	1.21	1.63	0.45	1.17	7.51	0.02	0.02	0.40	0.08	0.17	0.003		32.110	0.743	0.174	
KY－3	高下休場	製鉄炉下部造成土	砂鉄製錬滓	古代	49.75	0.35	51.65	13.23	14.90	3.96	1.86	0.93	0.80	0.30	1.14	8.42	0.04	0.07	0.33	0.08	0.25	0.003		22.750	0.457	0.169	
KY－4	高下休場	—	含鉄流出孔滓	古代	49.32	29.06	21.19	5.42	16.64	4.41	1.72	0.74	0.86	0.44	0.85	5.63	0.01	0.11	0.28	0.05	0.12	0.003		24.810	0.503	0.114	
KY－5	高下休場	土壌2	含鉄製錬滓	古代	60.74	5.59	35.52	39.38	10.54	3.00	0.78	0.28	0.60	0.25	0.32	3.04	0.03	0.08	0.06	1.13	0.16	0.003		15.450	0.254	0.050	
KY－6	高下休場	土壌1	含鉄炉底塊	古代	57.67	9.78	29.62	35.50	8.44	2.48	0.87	0.49	0.32	0.17	0.59	4.11	0.01	0.10	0.21	0.13	0.11	0.003		12.770	0.221	0.071	
KY－7	高下休場	土壌4	含鉄製錬滓	古代	46.23	3.99	41.87	13.86	15.84	5.94	1.93	0.91	0.92	0.25	0.96	10.57	0.08	0.10	0.27	0.06	0.59	0.003		25.790	0.558	0.229	
KY－8	高下休場	製鉄炉	炉壁	古代	3.60	0.24	0.57	4.17	67.82	20.70	0.11	0.52	3.47	0.12	0.08	0.48	0.08	0.01	0.05	#1.21	0.01	0.003	1,510	92.740	25.761	0.133	
DJB－1	大神宮原14	No.5トレンチ	炉壁	古代	4.43	0.14	1.00	5.02	55.9	20.98	0.33	0.73	1.91	0.27	0.05	0.77	0.05	0.06	0.06	#12.98	0.01	0.002	1,530	80.12	0.174	18.086	
DJB－2	大神宮原14	炉	ガラス質	古代	3.92	0.12	1.32	3.97	67.92	18.93	0.44	0.78	3.59	0.82	0.08	0.77	0.04	0.01	0.08	#87	0.01	0.002	1,450	92.48	0.196	23.592	
DJB－3	大神宮原14	土拡5	炉内滓	古代	38.19	0.14	32.13	18.7	26.27	8.55	1.20	0.63	1.08	0.15	1.07	5.89	0.02	0.06	0.23	0.18	0.17	0.002		37.88	0.154	0.992	
DJB－4	大神宮原14	No.5トレンチ	炉底塊	古代	45.85	17.94	15.35	22.85	23.03	6.64	1.47	0.77	1.34	0.44	0.90	0.41	0.02	0.04	0.19	0.09	0.16	0.002		33.69	0.009	0.735	
DJB－5	大神宮原14	No.5トレンチ	流出滓	古代	41.85	0.28	50.04	3.82	21.93	7.47	1.99	1.02	1.28	0.28	1.39	8.96	0.02	0.02	0.25	0.02	0.02	0.002		33.97	0.214	0.812	

Table. 3　出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代〈　〉C^{14}	顕微鏡組織	調査項目								所見
						Total Fe	Fe_2O_3	塩基性成分	TiO_2	V	MnO	ガラス質成分	Cu	
DIZ－1	大神宮原No.13	鉄滓溜り3	炉底塊？	不明	U＋F	47.72	8.99	1.89	6.34	0.11	1.25	27.97	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－2		製鉄炉2	含鉄炉底塊		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	47.43	20.29	1.42	12.58	0.86	0.98	20.88	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－3	大　谷	南半斜面	炉外流出滓	〈7～13C〉	半還元砂鉄、U＋F	42.69	4.19	1.95	7.60	0.22	1.19	31.84	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－4		南半斜面	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－5		南半斜面	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相～共析組織	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－6	大神宮原No.26	製鉄炉3付近	砂鉄	〈10C〉	磁鉄鉱粒子・チタン鉄鉱粒子混在、	61.95	62.59	0.28	5.30	0.25	0.84	6.14	<0.01	塩基性砂鉄、酸化度(Fe_2O_3／FeO)2.68
DIZ－7		製鉄炉4付近	砂鉄焼結塊(炉壁付着)		半還元砂鉄(磁鉄鉱粒子、チタン磁鉄鉱含む)、U＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	DIZ－6砂鉄と対応
DIZ－8		鉄滓溜り	炉外流出滓		U＋F	48.01	7.58	2.32	6.73	0.26	1.05	24.81	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－9		製鉄炉1	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－10		土壌1	流出溝滓？		U＋F	43.33	5.33	2.64	7.24	0.23	1.27	31.16	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－11		製鉄炉7	再結合滓		製錬滓片:U＋F、I＋U＋F、銹化鉄部:亜共析組織痕跡	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬工程での派生物で構成
DIZ－12		土壌5	炉内滓		砂鉄粒子痕跡(微小金属鉄晶出)、U＋微細F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓
DIZ－13		土壌5	炉外流出滓		U＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓
DIZ－14		土壌5	粒状滓様遺物		1・4－2:U＋F、2・3U＋W＋F、4－1:ガラス質溶融物	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬工程で派生した微細遺物
DIZ－15	大神宮原No.25	排滓場	炉壁(半還元砂鉄付着)	古墳時代後期後半〈10C〉	半還元砂鉄、U＋Fスピネル鉱物晶出	3.77	3.77	1.47	0.66	0.01	0.08	91.42	<0.01	耐火度：1480℃
DIZ－16		排滓場	炉外流出滓		U＋W＋F	47.29	7.41	2.75	8.42	0.36	1.19	27.41	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－17		南側斜面	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト粒	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－18	大神宮原No.8・9	鉄穴流し状遺構1	砂鉄	8C代〈11C〉	磁鉄鉱・チタン鉄鉱粒子混在、粗粒傾向(0.2～0.5㎜径)	60.22	58.47	0.62	5.73	0.24	0.93	8.16	<0.01	塩基性砂鉄、酸化度(Fe_2O_3／FeO)2.35
DIZ－19		鉄穴流し状遺構2	砂鉄		磁鉄鉱・チタン鉄鉱粒子混在、	60.29	58.89	0.90	6.52	0.26	0.90	7.07	<0.01	塩基性砂鉄、酸化度(Fe_2O_3／FeO)2.40
DIZ－20		製鉄炉2周辺	炉壁(半還元砂鉄付着)		半還元砂鉄、I＋U晶出	—	—	—	—	—	—	—	—	製鉄炉炉壁、(原料:砂鉄)
DIZ－21		製鉄炉2周辺	炉外流出滓		U＋F	43.33	13.93	1.28	10.10	0.37	1.41	28.35	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－22		鉄穴流し状遺構1	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－23		製鉄炉1	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－24	引野中原	製鉄炉1周辺	炉内滓	9C	U＋F	—	—		—	—	—	—	—	砂鉄系製錬滓
DIZ－25		製鉄炉1南側ピット	炉底塊		U＋F	44.27	8.73	2.62	10.80	0.51	1.02	27.80	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－26	福見A	製鉄炉2鉄滓場	含鉄鉄滓	13～14C	滓部:U＋F、未凝集金属鉄散在:フェライト単相	41.11	31.39	1.97	6.49	0.10	0.98	29.82	<0.01	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－27		製鉄炉2鉄滓場	流出孔滓		U＋W＋F	46.07	8.66	2.41	13.16	0.19	1.77	23.05	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－28	福見口	土壌3	椀形鍛冶滓	19C後半	W＋U＋F	—	—	—	—	—	—	—	—	砂鉄系精錬鍛冶滓
DIZ－29	杉	3区－2包含層上面	炉外流出滓	古墳～中世	U＋F	37.01	3.98	4.77	5.50	0.20	0.87	43.82	<0.01	砂鉄系製錬滓
DIZ－30		3区－2包含層上面	含鉄鉄滓		滓部:U＋F、金属鉄:フェライト組織～一部亜共析組織	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系含鉄鉄滓
DIZ－31		3区－2包含層下層	鉄塊系遺物		滓部:W＋F、金属鉄:フェライト組織～共析組織	—	—	—	—	—	—	—	—	精錬鍛冶系鉄塊系遺物
DIZ－32		2区－2包含層	鉄塊系遺物		滓部:U＋I、金属鉄:斑鏑鉄(パーライト基地に片状黒鉛レデブライト)	—	—	—	—	—	—	—	—	製錬系鉄塊系遺物
DIZ－33		3区－3包含層下層	椀形鍛冶滓		W＋U＋F	54.62	16.75	1.70	2.26	0.14	0.27	22.57	<0.01	砂鉄系精錬鍛冶滓
DIZ－34		3区－2包含層下層	椀形鍛冶滓		W＋U＋F	43.69	25.41	2.33	4.32	0.27	0.58	29.98	<0.01	砂鉄系精錬鍛冶滓
DIZ－35		3区－3包含層下層	鉄鐸		金属鉄一部残存、亜共析組織(C:0.1%以下)、フェライト粒内変形双晶	—	—	—	—	—	—	—	—	極軟鋼を鍛打成形、鉱石系か:伝世品？
DIZ－36		3区－2包含層下層	棒状鉄器		軟鋼(C:約0.2%)＋極軟鋼	—	—	—	—	—	—	—	—	異材鍛接合せ鍛え、原料不明瞭:伝世品？

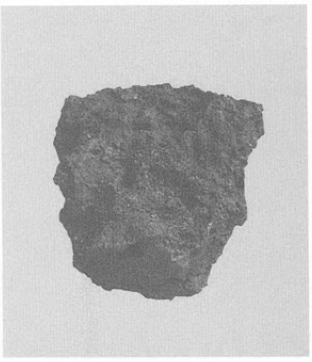
U:Ulvöspinel($2FeO \cdot TiO_2$)、F:Fayalite($2FeO \cdot SiO_2$)、I:Ilmenite($FeO \cdot TiO_2$)、W:Wüstite(FeO)

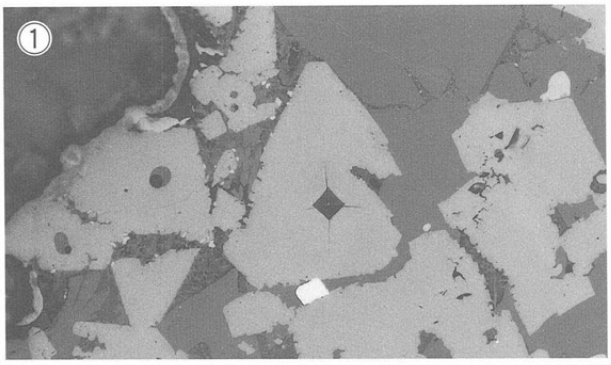


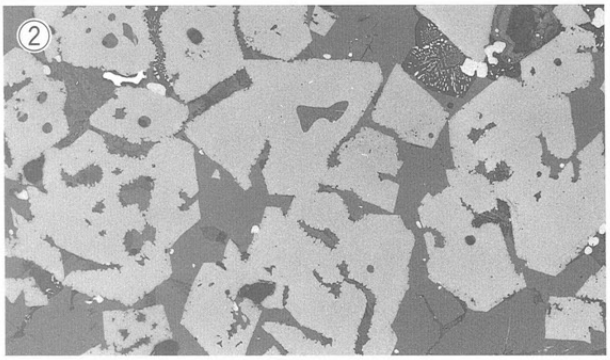
DIZ-35　鉄鐸(舌)
サンプル切り出し位置

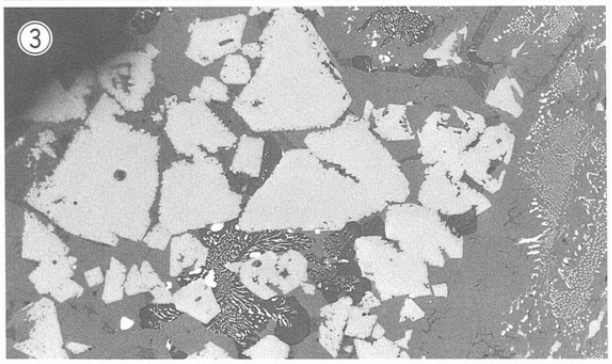
DIZ－1
炉底塊

①×200　硬度圧痕：682Hv
ウルボスピネル　　(200g)
②×100　ウルボスピネル・
ファイヤライト
③×100　同上



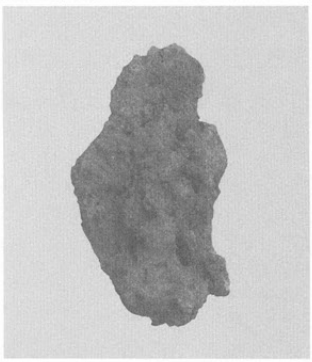


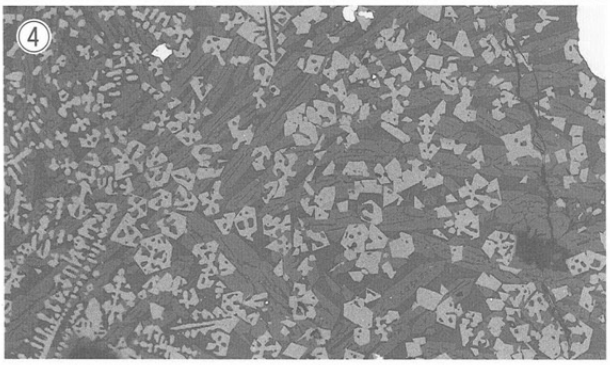


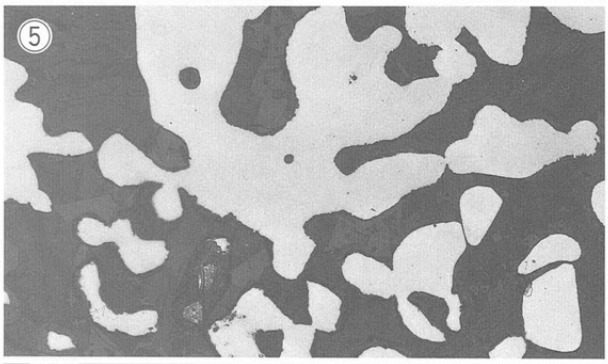


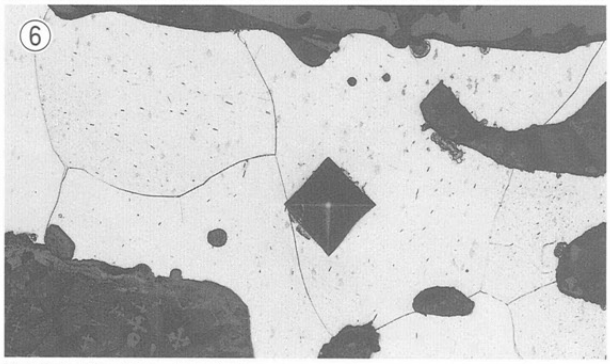
DIZ－2
含鉄炉底塊

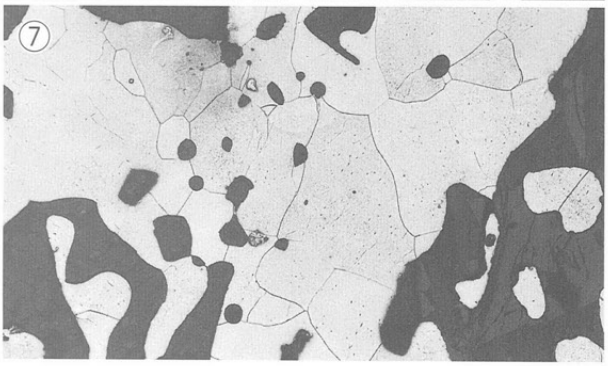
④×100　滓部：ウルボス
ピネル・ファイヤライト
⑤×100　白色部：金属鉄、
滓中に微細な金属鉄散在
⑥～⑧　ナイタルetch
⑥×200　硬度圧痕：88Hv
フェライト　　(200g)
⑦×100　⑧×400　フェラ
イト











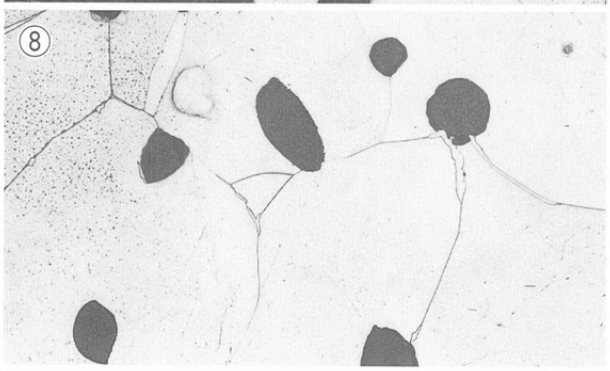
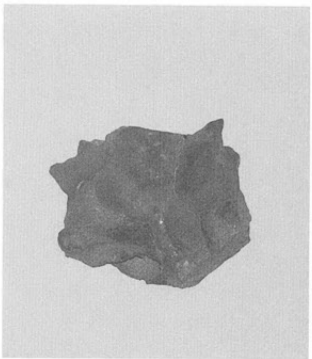
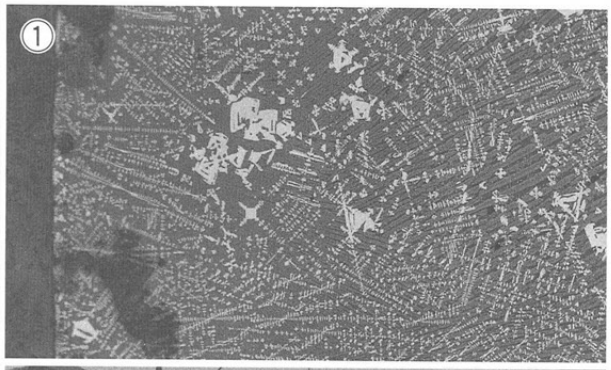


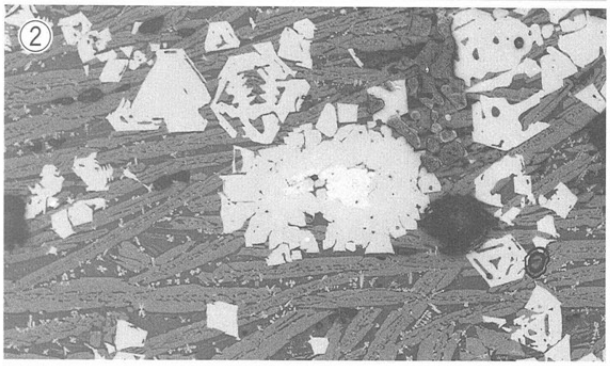
Photo. 1　炉底塊・含鉄炉底塊の顕微鏡組織

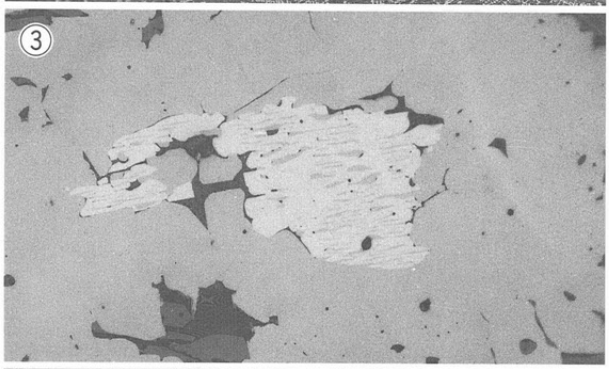
DIZ－3
炉外流出滓

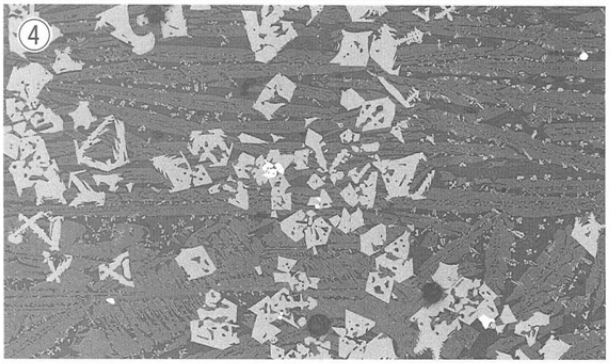
①×100　ウルボスピネル・ファイヤライト
②×100　③×100　中央：半還元砂鉄ウルボスピネル・ファイヤライト
④×100　白色部：微小金属鉄粒ウルボスピネル・ファイヤライト
⑤×200　硬度圧痕：747Hv ウルボスピネル　(200g)

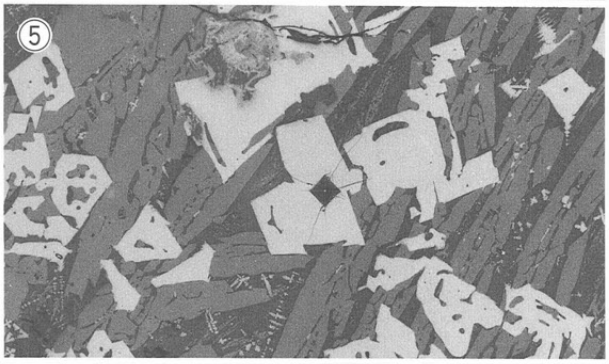






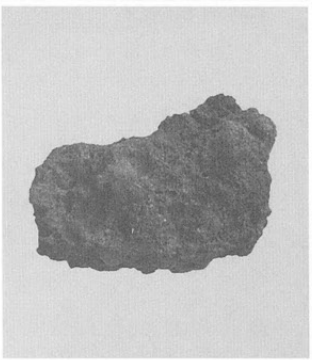


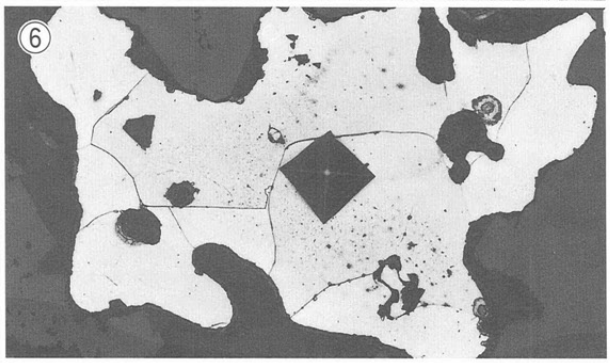


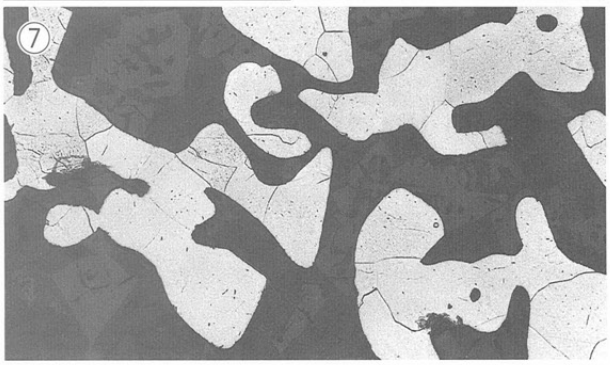


DIZ－4
含鉄鉄滓

⑥～⑧　ナイタルetch
⑥×200　硬度圧痕：83Hv フェライト　(200g)
⑦×100　⑧×400　金属鉄：フェライト
滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト







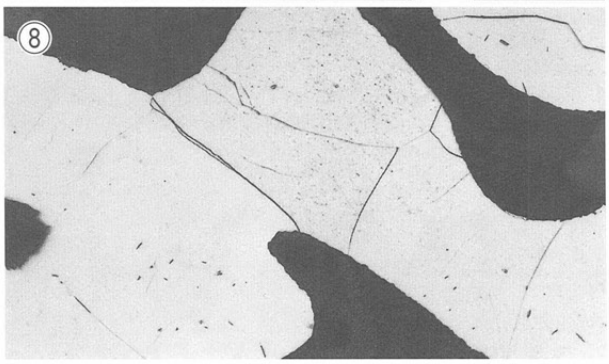
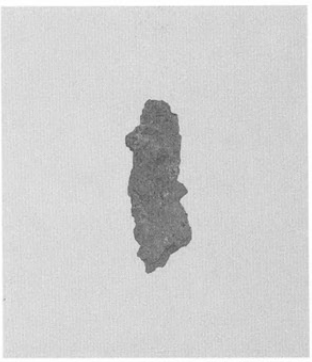
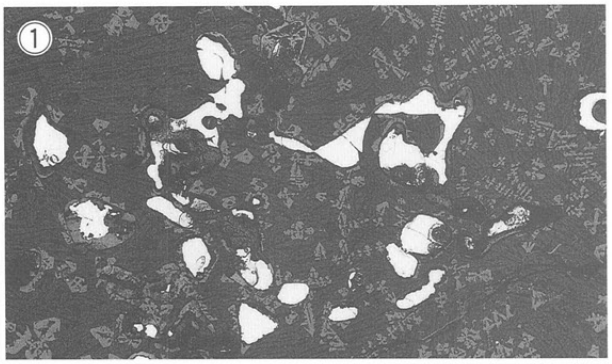


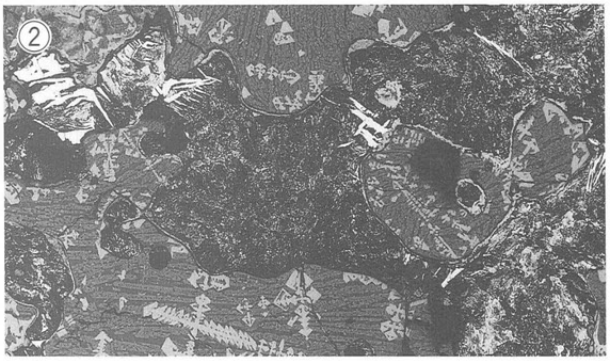
Photo. 2　炉外流出滓・含鉄鉄滓の顕微鏡組織

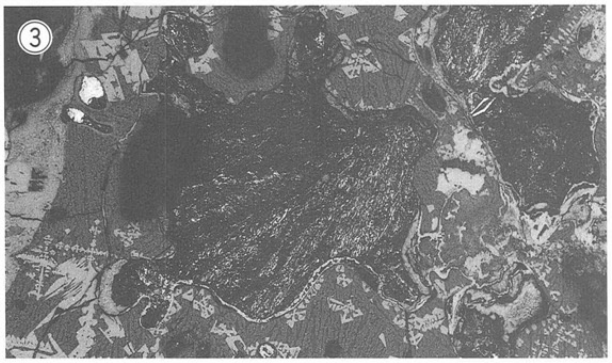
DIZ－5
含鉄鉄滓

①～③　ナイタルetch
①×100　金属鉄:フェライト、滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト
②×100　金属鉄：針状フェライト・パーライト、滓部：同上
③×100　金属鉄：パーライト、滓部：同上



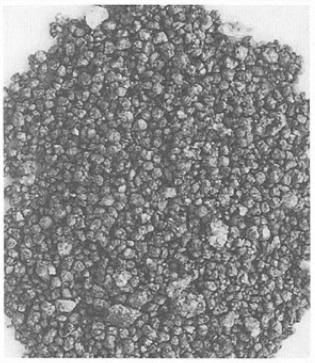


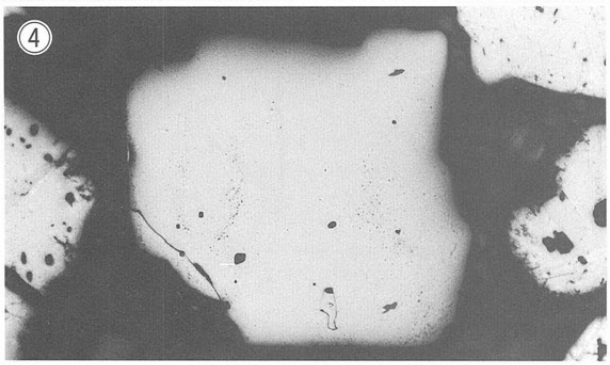


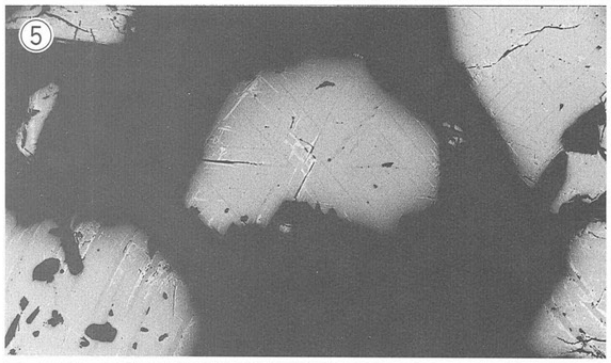


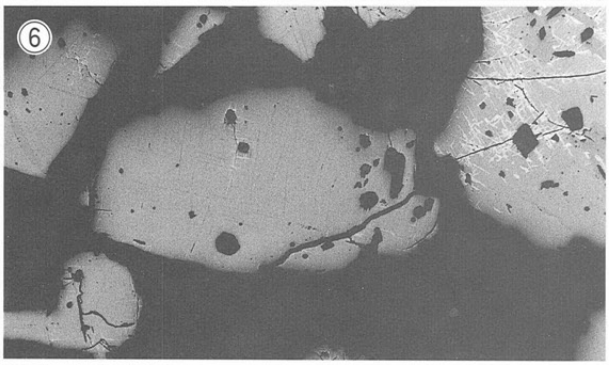
DIZ－6
砂鉄

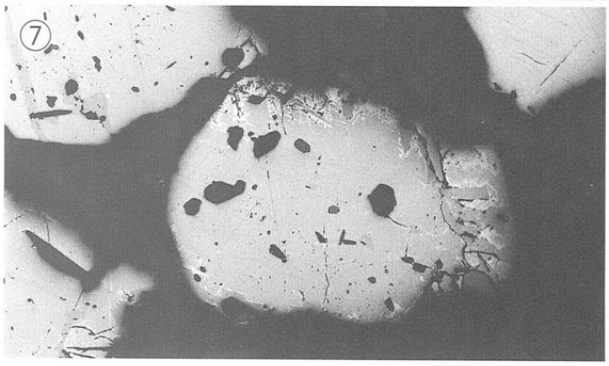
④×100　白色粒：磁鉄鉱（Magnetite:Fe_2O_3·FeO）
⑤×100　⑥×400
Mag-Ilmenite 溶離組織砂鉄粒子内包裏鉱物多い
⑦×100　⑧×400　同上











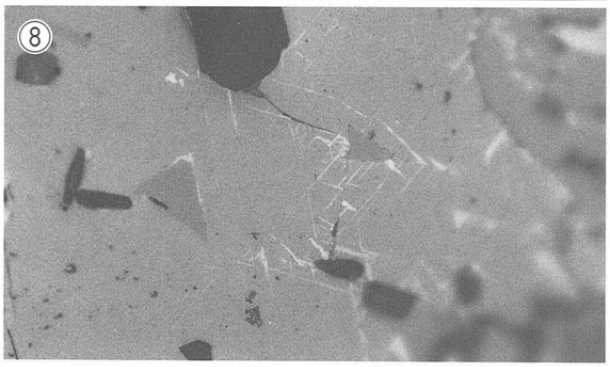


Photo. 3　含鉄鉄滓・砂鉄の顕微鏡組織

DIZ－7
砂鉄焼結塊

①～③×100　半還元砂鉄及び砂鉄粒子痕跡、微小金属鉄晶出
④×100　⑤×400　滓中に砂鉄粒子痕跡残存、微細ウルボスピネル・ファイヤライト晶出
⑥×100　⑦×100　同上
⑧⑨×100　ウルボスピネル・ファイヤライト

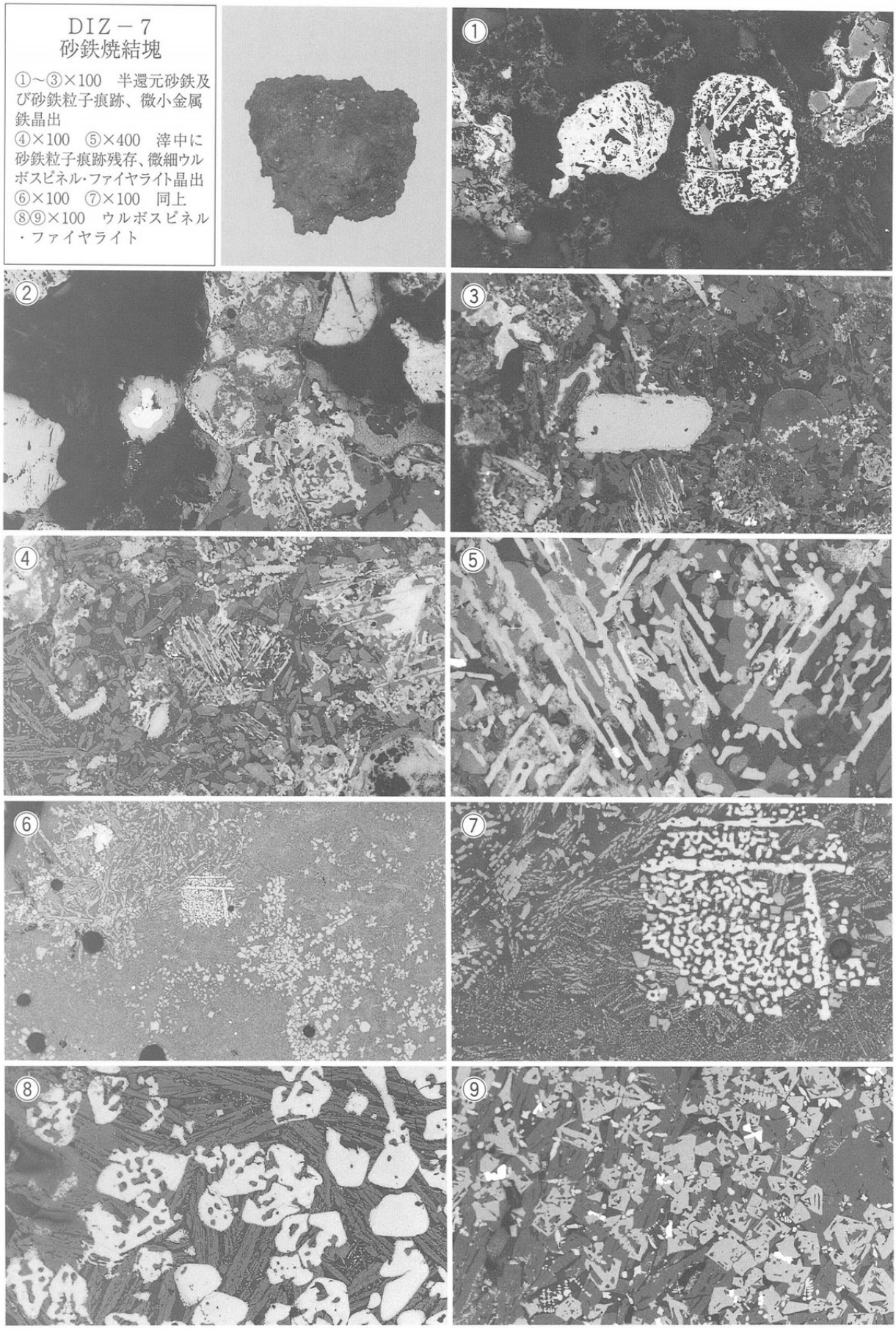
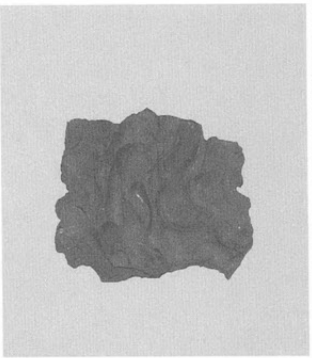
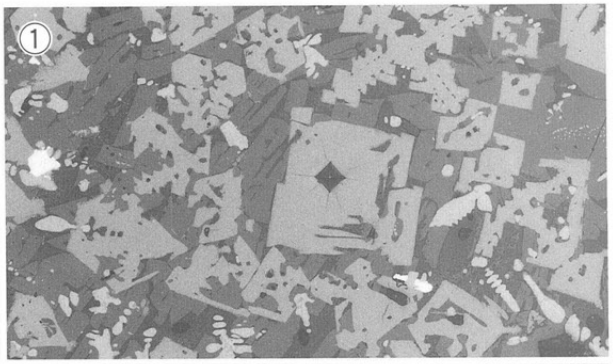


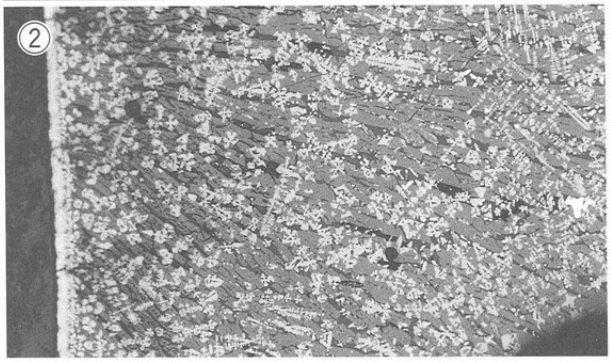
Photo. 4　砂鉄・焼結塊の顕微鏡組織

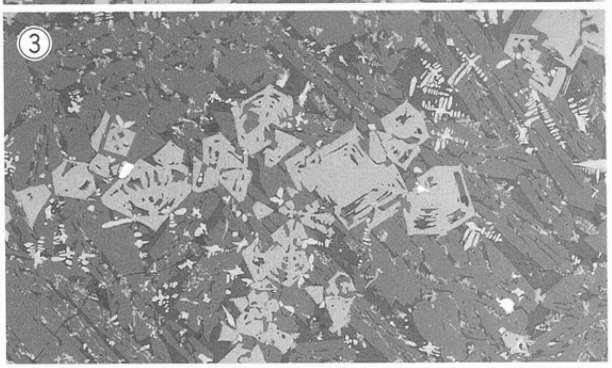
DIZ－8
炉外流出滓

①×200　硬度圧痕：784Hv
ウルボスピネル
②×100　表層部：微細ウルボスピネル・ファイヤライト
③×100　内部：ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト



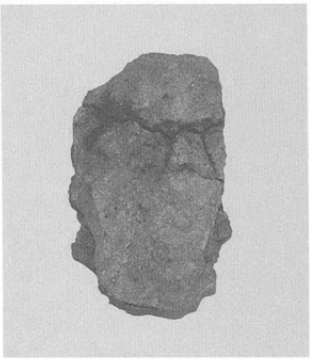


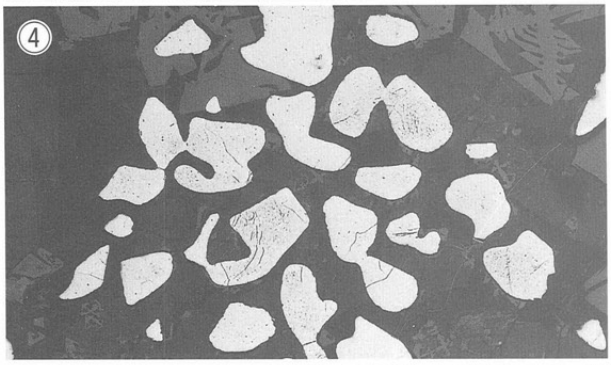


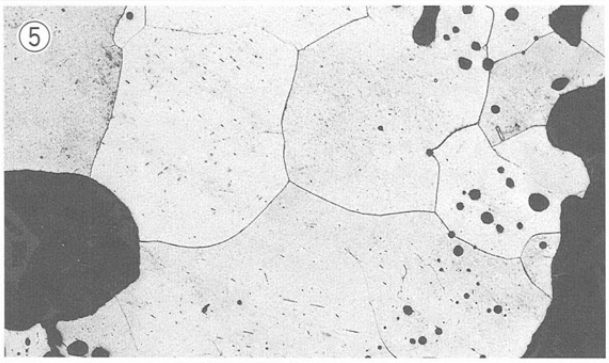


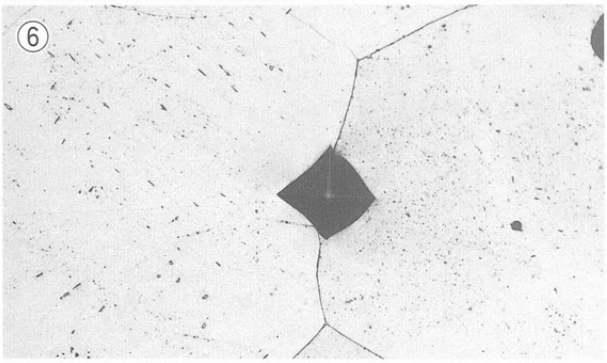
DIZ－9
含鉄鉄滓

④～⑥
④×100　金属鉄粒：フェライト、滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト
⑤×100　金属鉄：フェライト
⑥×200　硬度圧痕：84Hv
フェライト



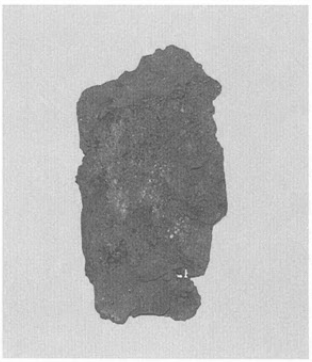






DIZ－10
流出溝滓？

⑦×100　ウルボスピネル・ファイヤライト



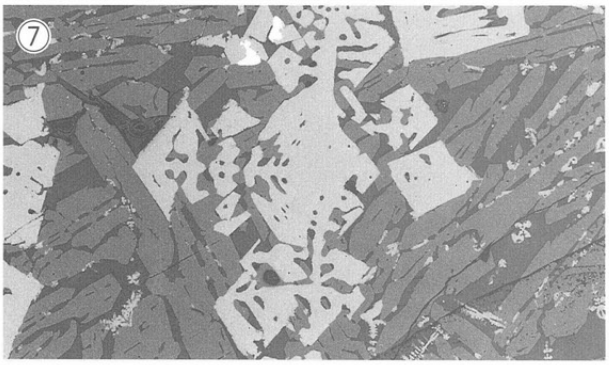
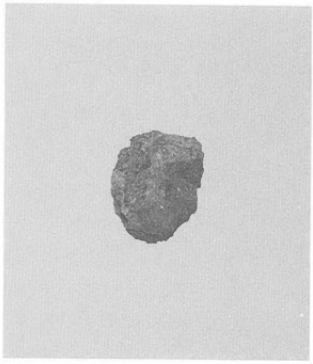
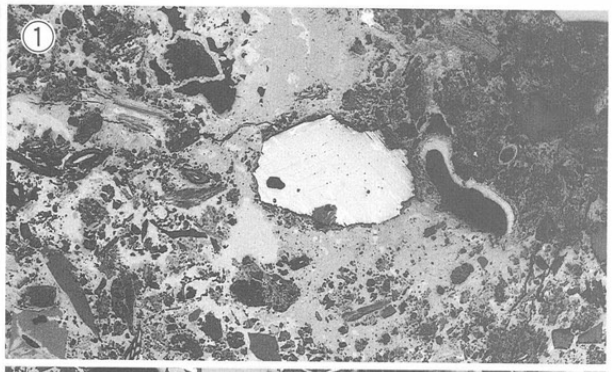


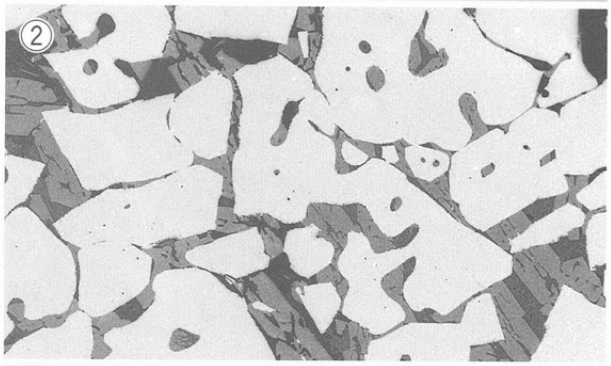
Photo. 5　流外流出滓・含鉄鉄滓・流出溝滓？の顕微鏡組織

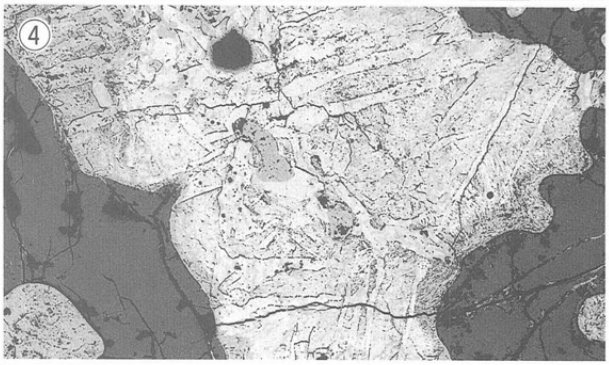
DIZ－11
再結合滓

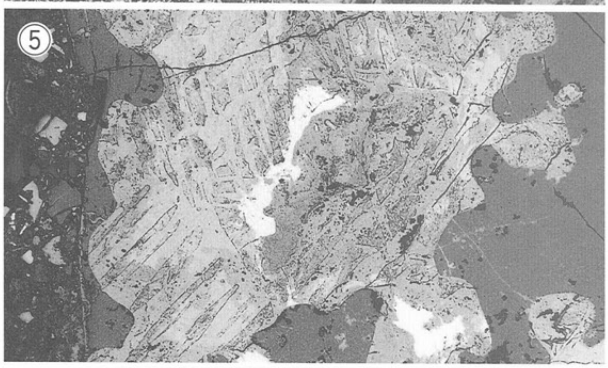
①×100　砂鉄粒子：チタン鉄鉱
②×100　ウルボスピネル・ファイヤライト
③×100　ウルボスピネル・イルミナイト微細ファイヤライト
④×100　銹化鉄：針状フェライト・パーライト組織痕跡
⑤×100　同上





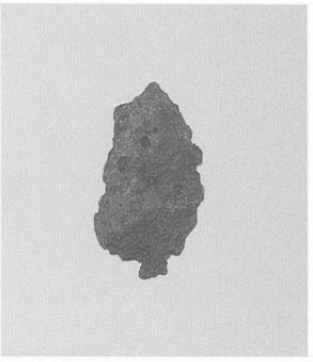


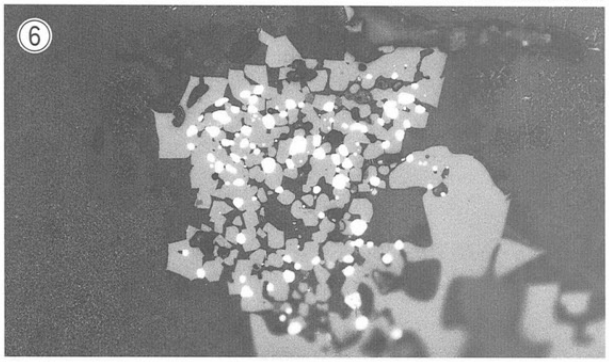


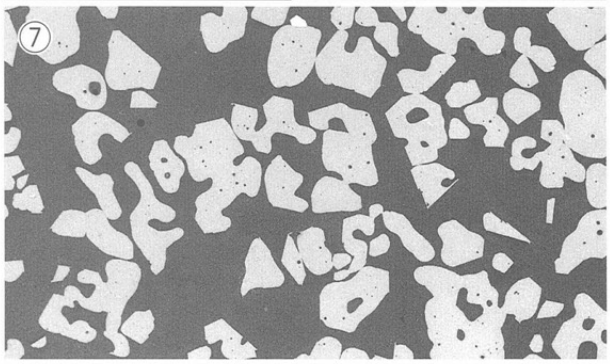


DIZ－12
炉内滓

⑥×400　砂鉄粒子痕跡、微小金属鉄粒散在・微細ウルボスピネル
⑦×100　ウルボスピネル・微細ファイヤライト
⑧×200　硬度圧痕：678Hv ウルボスピネル







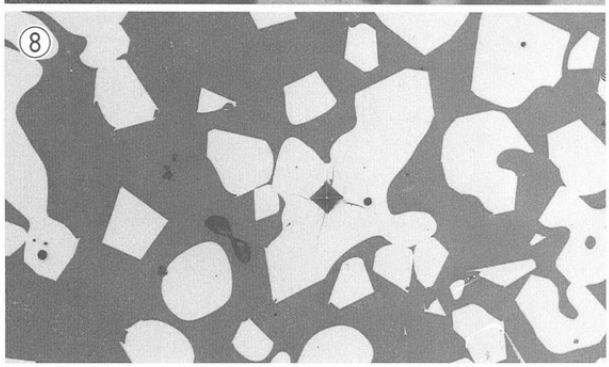
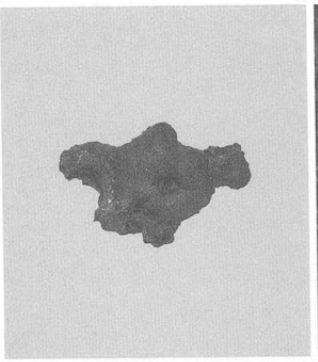
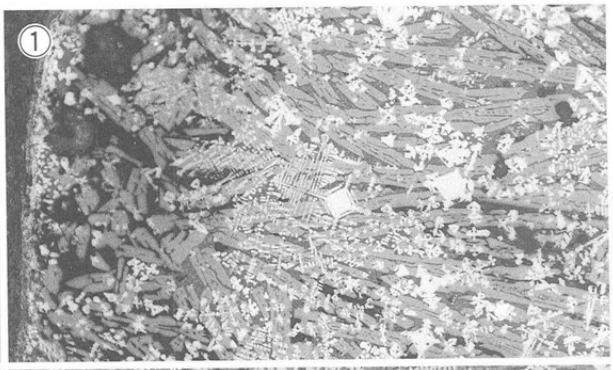


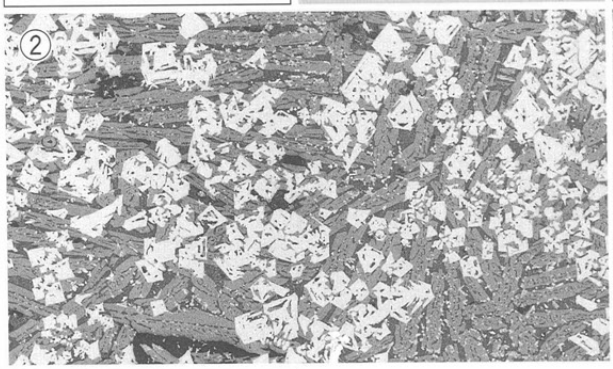
Photo. 6　再結合滓・炉内滓の顕微鏡組織

DIZ－13
炉外流出滓

①×100　表層部：ウルボスピネル・ファイヤライト
②×100　ウルボスピネル・ファイヤライト
③×100　同上

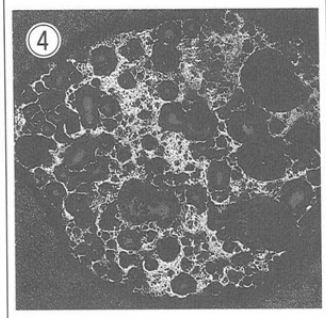


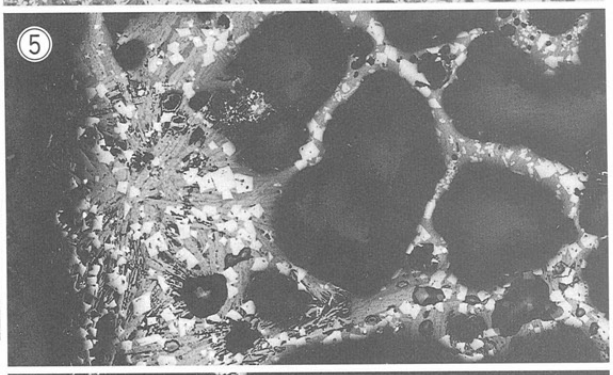




DIZ－14－1
粒状滓様遺物
（製錬滓）

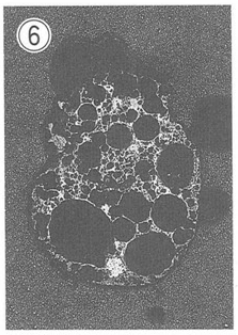
④×5　マクロ組織
⑤×50　ウルボスピネル・ファイヤライト

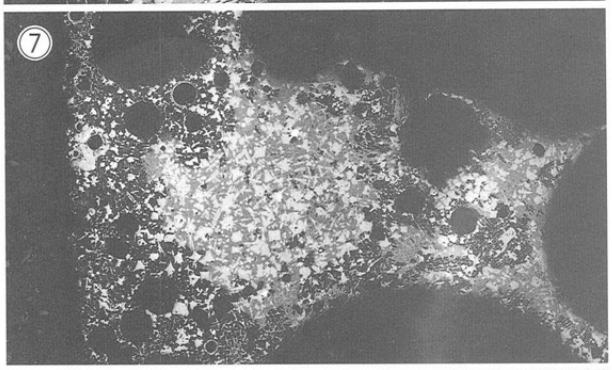


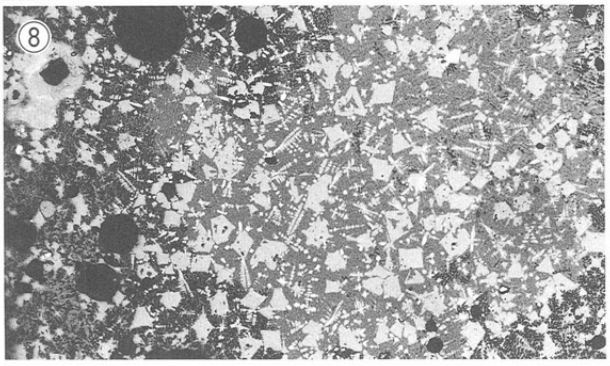


DIZ－14－2
粒状滓様遺物
（製錬滓）

⑥×5　マクロ組織
⑦×50　⑧×100　⑨×400
ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト







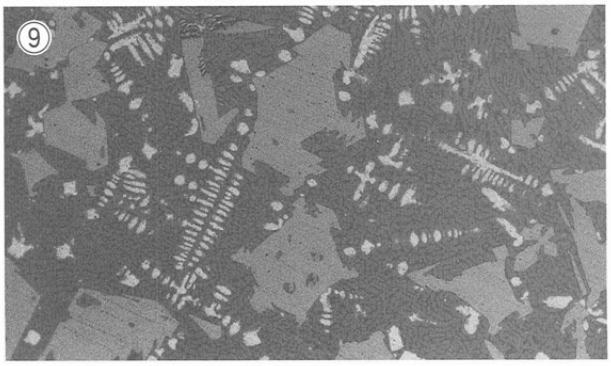
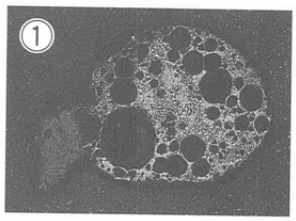
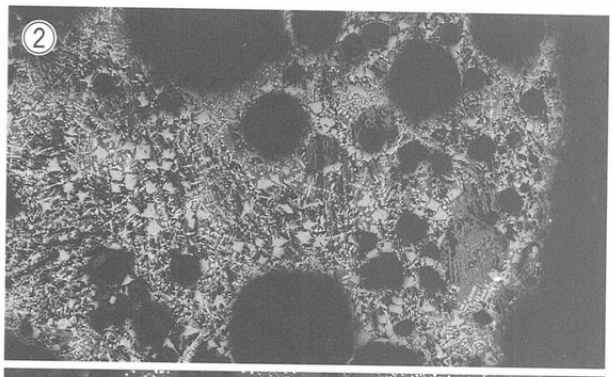


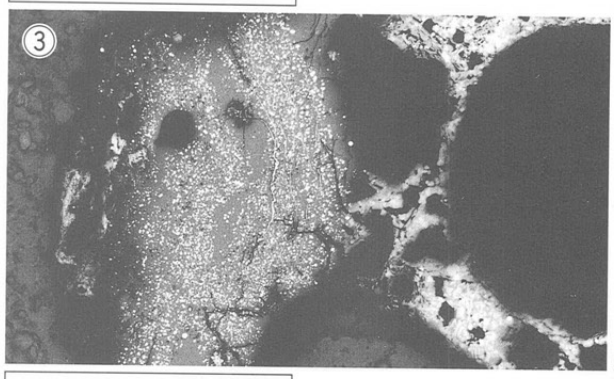
Photo. 7　炉外流出滓・粒状滓様遺物の顕微鏡組織

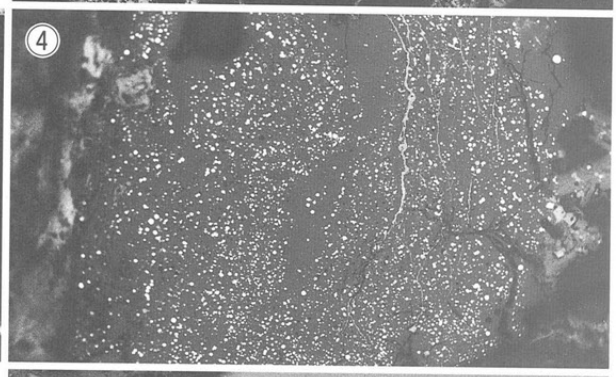
DIZ－14－3
粒状滓様遺物
（製錬滓）

①×5　マクロ組織
②×50　ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト
③×50　④×100　ガラス質滓中に微小金属鉄粒散在



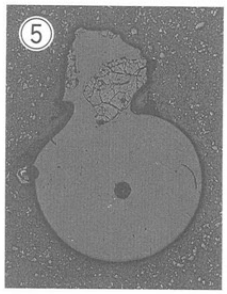


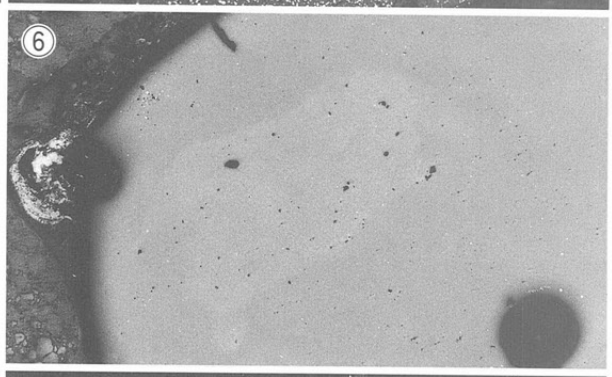


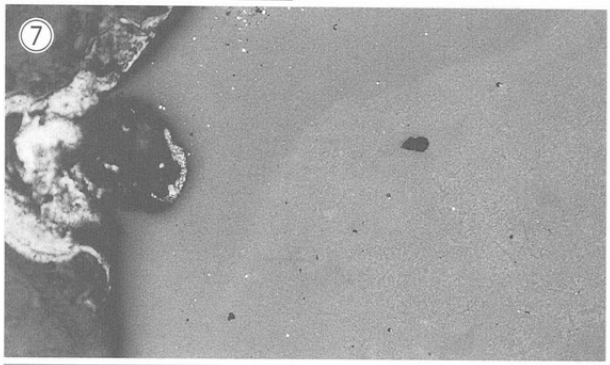


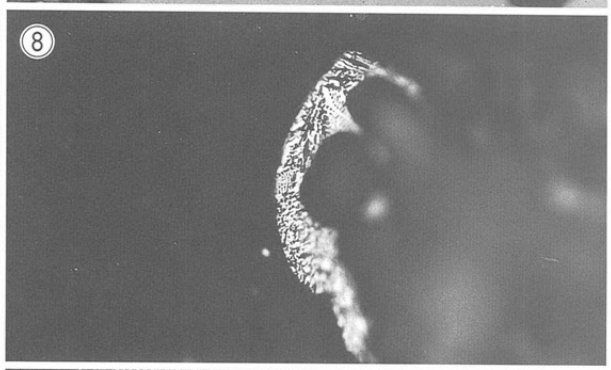
DIZ－14－4－1
粒状滓様遺物
（ガラス質滓）

⑤×5　マクロ組織
⑥×50　⑦×100　⑧×400
ガラス質滓、微小金属鉄粒・微小析出物散在
表層：銹化鉄部：レデブライト　組織痕跡、白鋳鉄



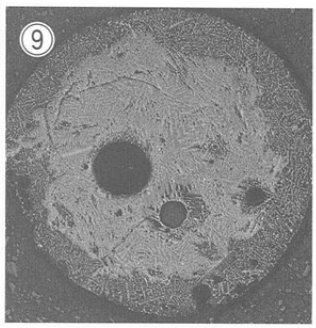






DIZ－14－4－2
粒状滓様遺物
（ガラス質滓）

⑨×5　マクロ組織
⑩×100　ウルボスピネル・ファイヤライト



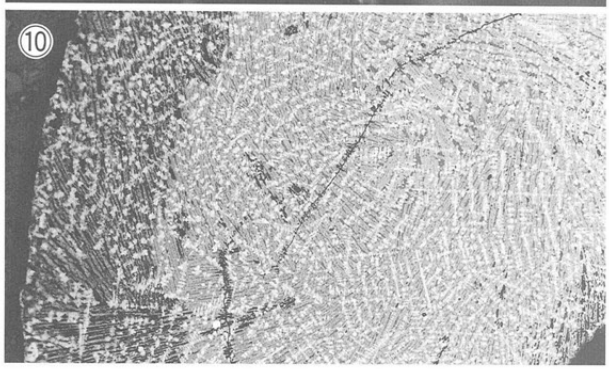
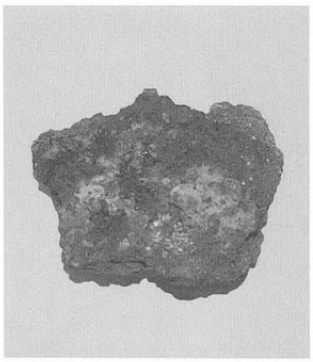
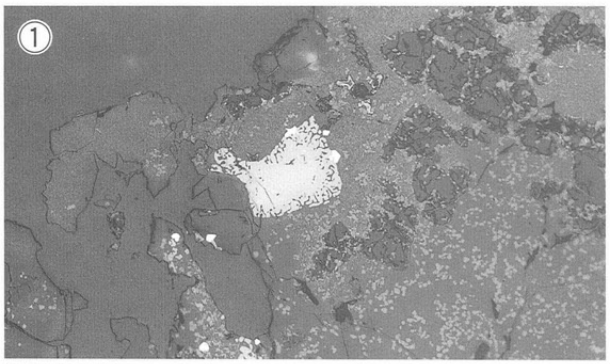


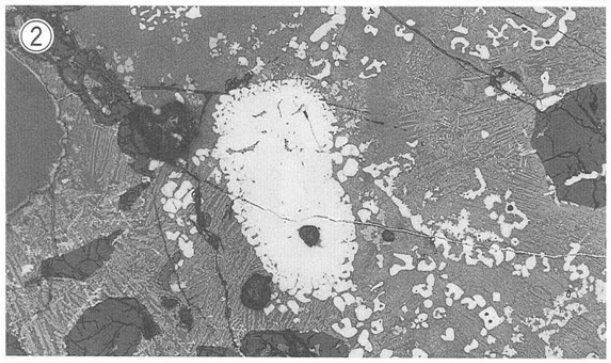
Photo. 8　粒状滓様遺物の顕微鏡組織

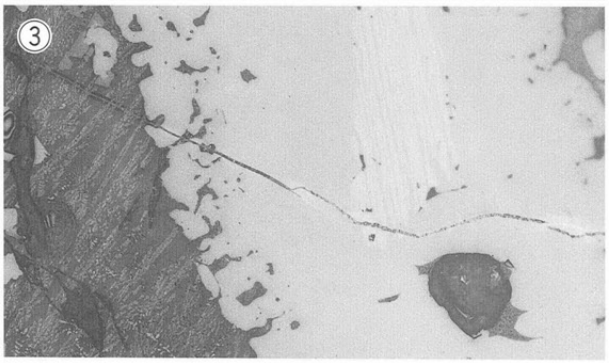
DIZ－15
炉壁

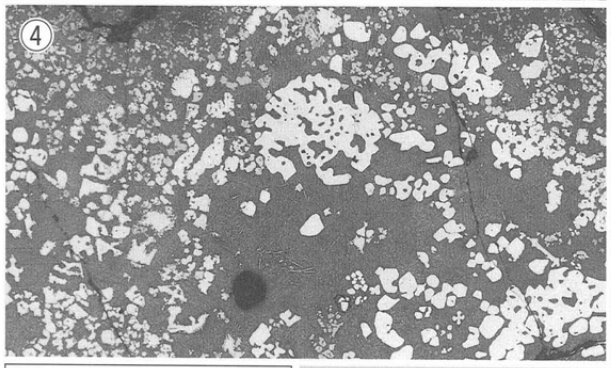
①×100　内面側：半還元砂鉄周囲：微細ウルボスピネル・ファイヤライト晶出
②×100　③×400　同上
④×100　ウルボスピネル・微細ファイヤライト
⑤×200　硬度圧痕：765Hv ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体

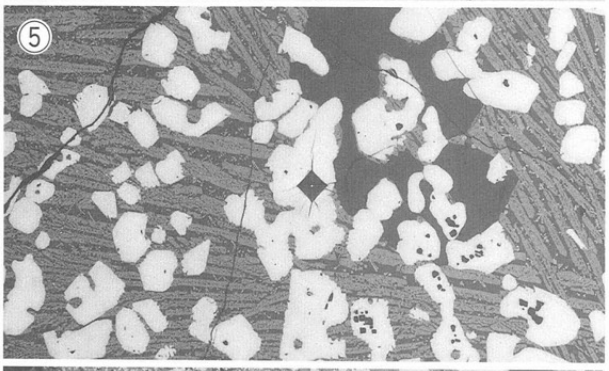






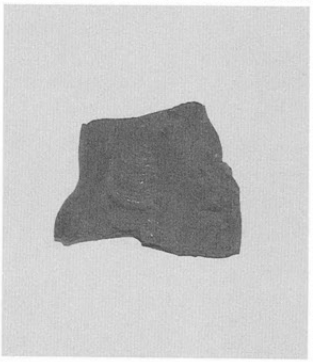


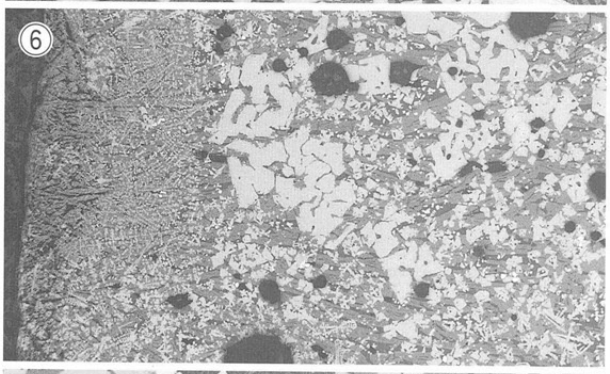


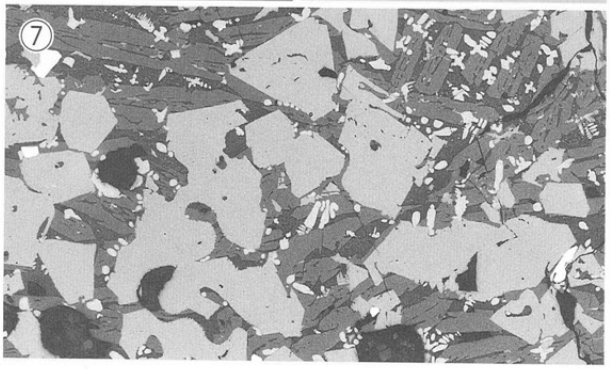


DIZ－16
炉外流出滓

⑥×50　表層部：ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト
⑦×100　ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト
⑧×200　硬度圧痕：729Hv ウルボスピネル







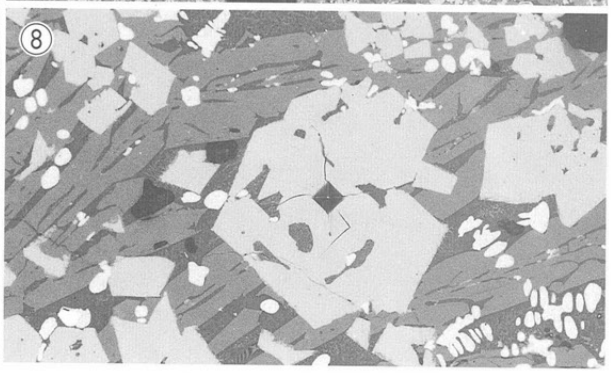
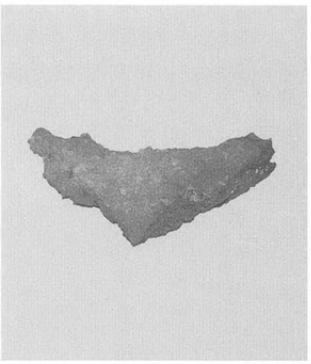
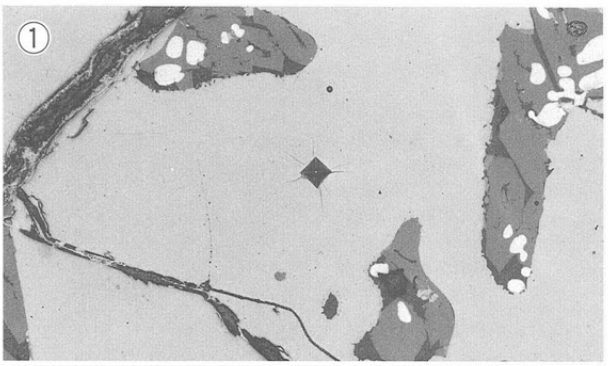


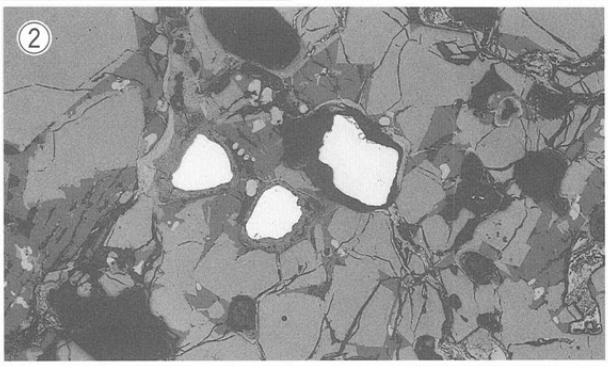
Photo. 9　炉壁・炉外流出滓の顕微鏡組織

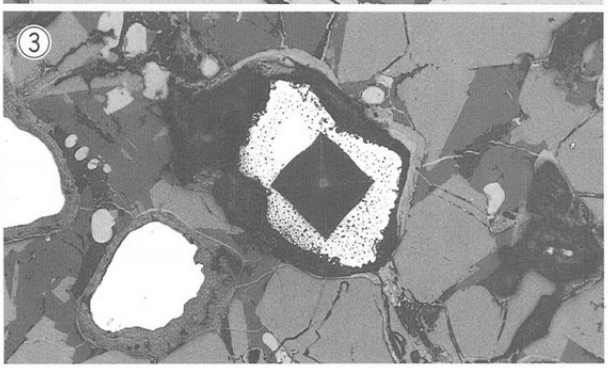
DIZ－17
含鉄鉄滓

①×200　硬度圧痕：779Hv
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体
②③　ナイタルetch
②×100　白色粒：金属鉄、滓部：ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト
③×100　硬度圧痕：68Hv
フェライト



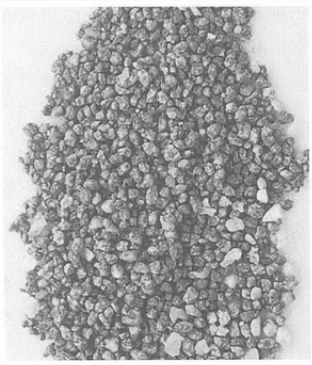


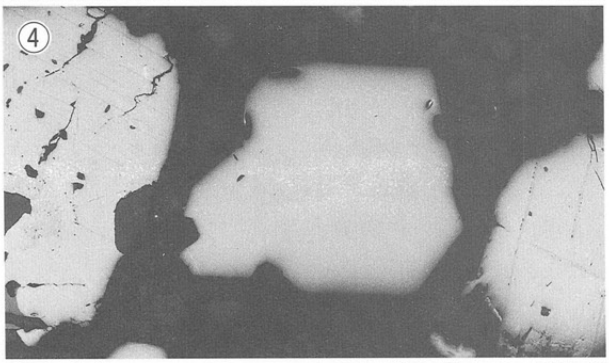


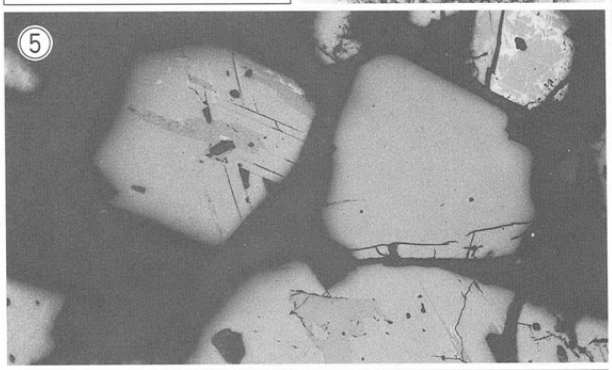


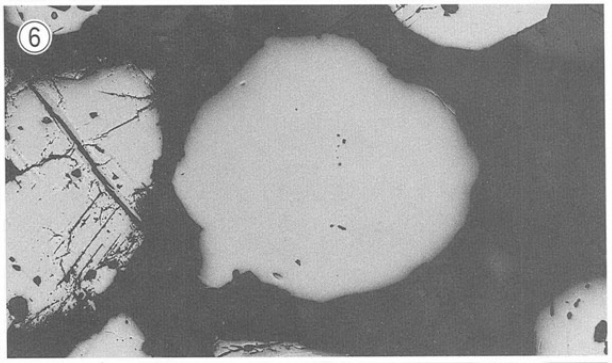
DIZ－18
砂鉄

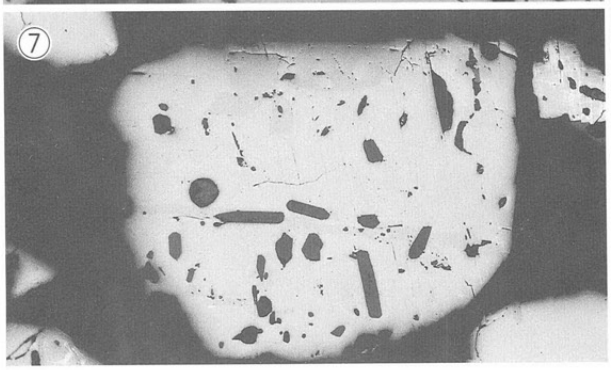
④～⑧×100　白色粒：磁鉄鉱（Magnetite：$Fe_2O_3 \cdot FeO$）、格子組織：チタン鉄鉱（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）混在
（チタン鉄鉱粒子内：包裏鉱物多く含有）











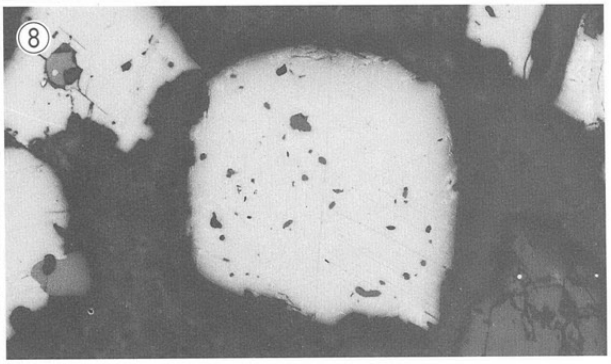
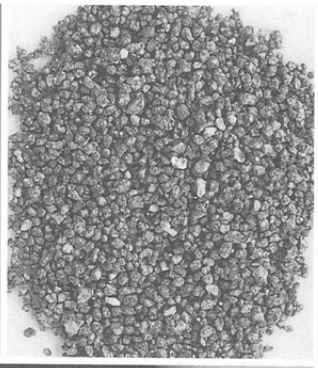
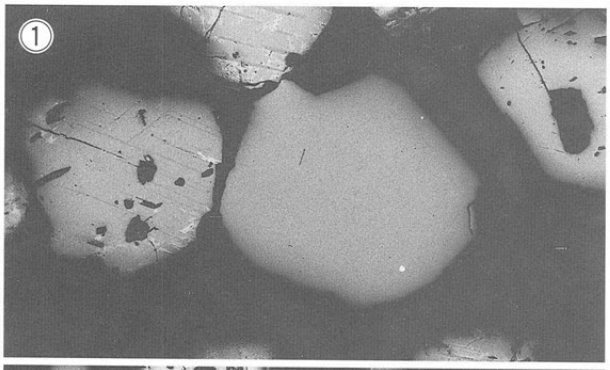


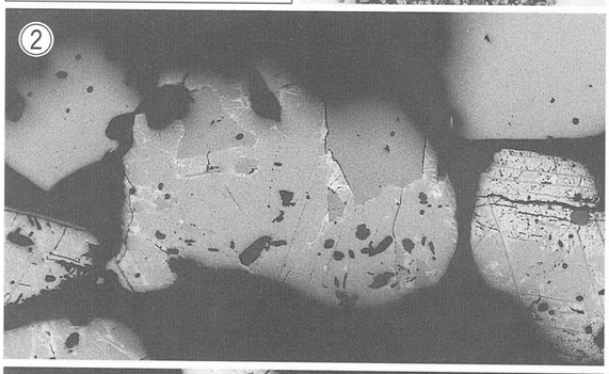
Photo.10　含鉄鉄滓・砂鉄の顕微鏡組織

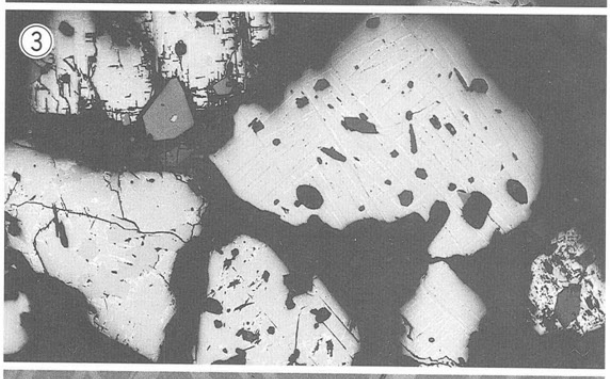
DIZ－19
砂鉄

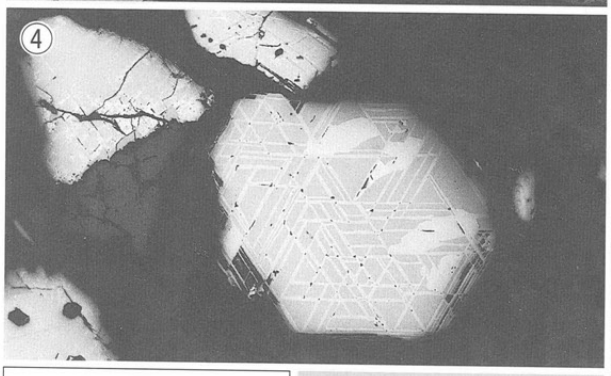
①～⑤×100　白色粒：磁鉄鉱（Magnetite：$Fe_2O_3 \cdot FeO$）、格子組織：チタン鉄鉱（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）混在
（チタン鉄鉱粒子内：包裏鉱物多く含有）

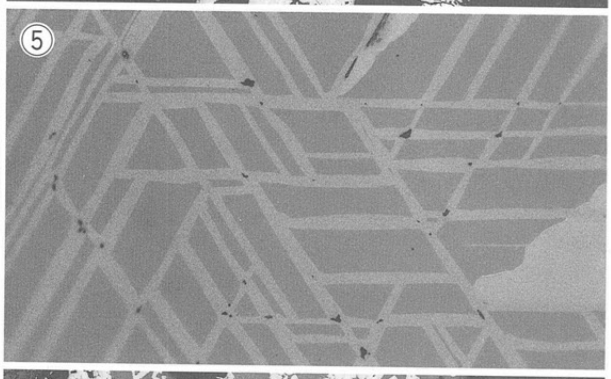






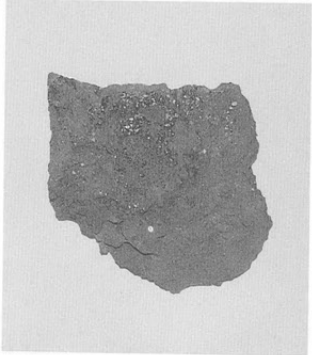


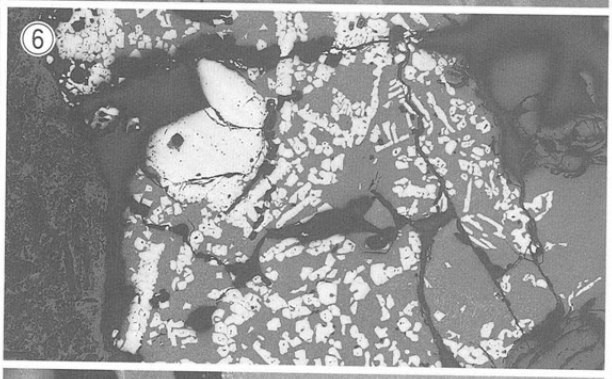




DIZ－20
炉壁

⑥×50　内面：半還元砂鉄粒子ウルボスピネル・イルミナイト・微細ファイヤライト晶出
⑦×100　同上
⑧×100　炉壁：ガラス質化微小析出物





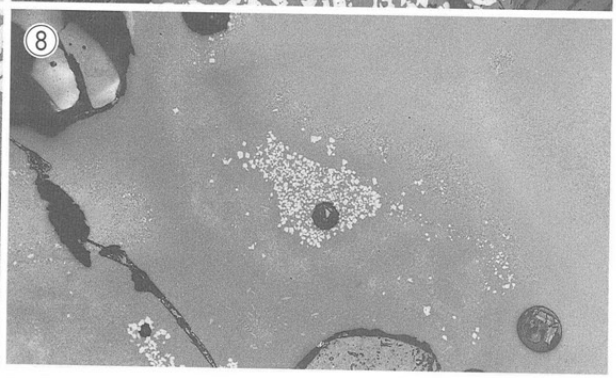
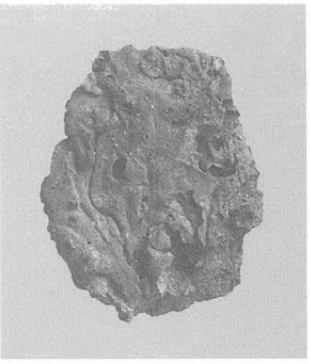
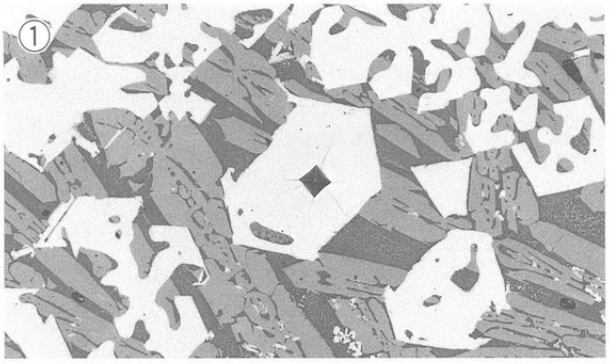


Photo.11　砂鉄・炉壁の顕微鏡組織

DIZ－21
炉外流出滓

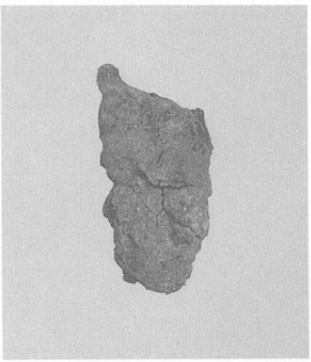
①×200　硬度圧痕：747Hv
ウルボスピネルとヘーシナイトの固溶体＋ファイヤライト

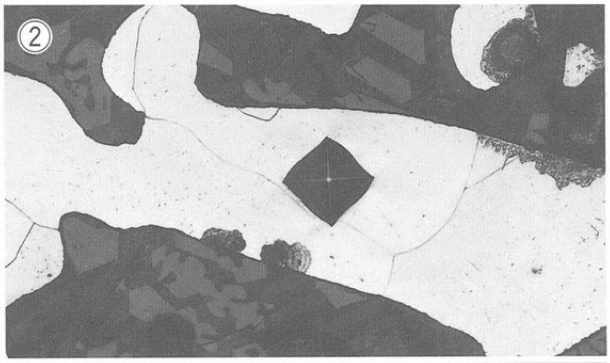


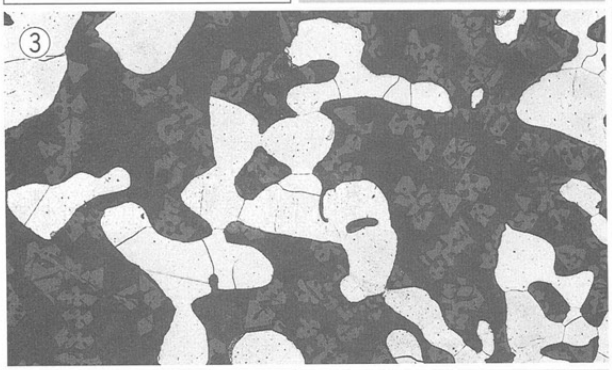


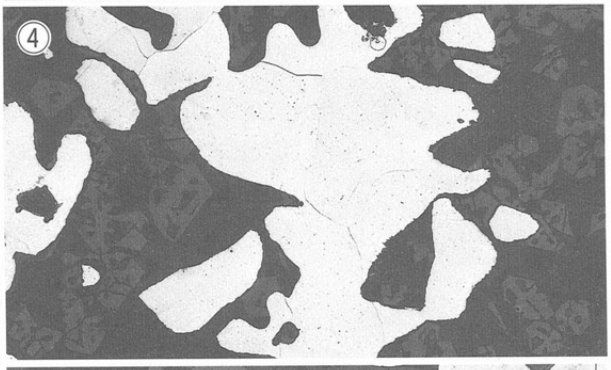
DIZ－22
含鉄鉄滓

②～④　ナイタルetch
②×200　硬度圧痕：91Hv
③×100　金属鉄：フェライト、滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト
④×100　同上



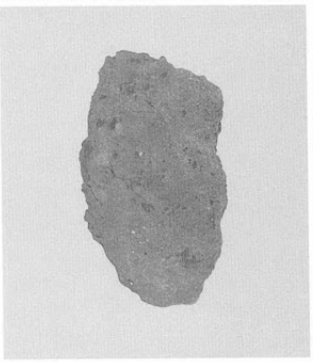


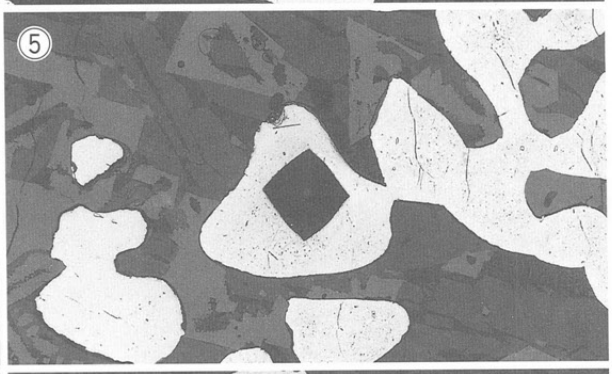


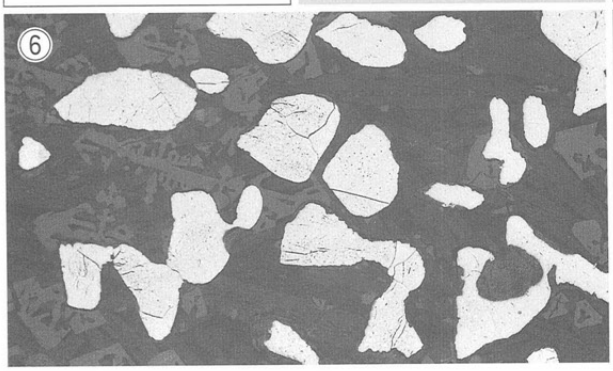


DIZ－23
含鉄鉄滓

⑤～⑦　ナイタルetch
⑤×200　硬度圧痕：94Hv
フェライト
⑥×100　⑦×400　金属鉄：フェライト、滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト







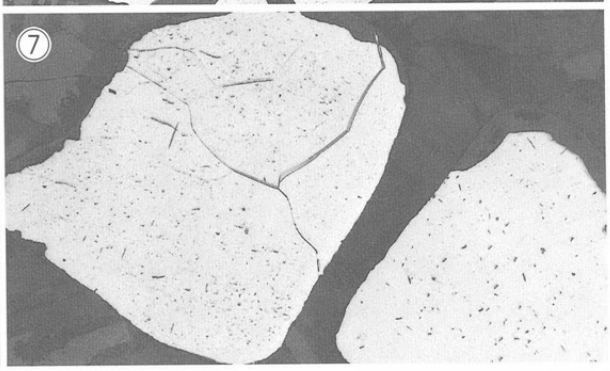
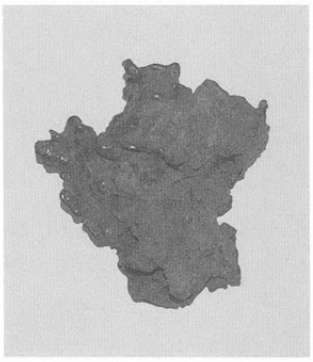
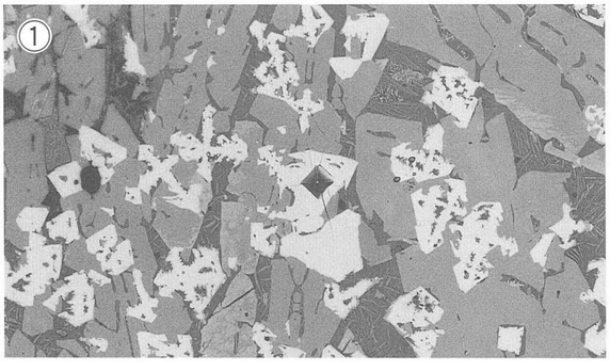


Photo.12　炉外流出滓・含鉄鉄滓の顕微鏡組織

DIZ－24
炉内滓

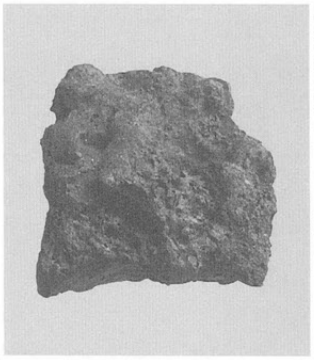
①×200　硬度圧痕：695Hv
ウルボスピネル
＋ファイヤライト

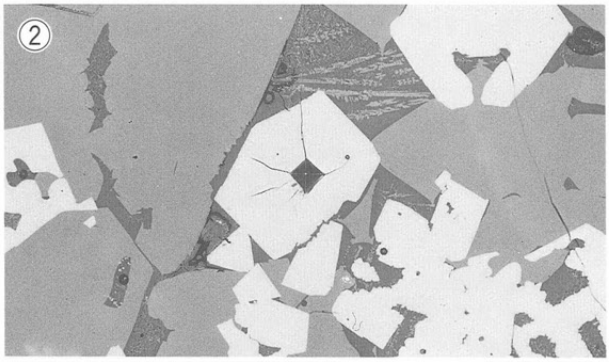




DIZ－25
炉底塊

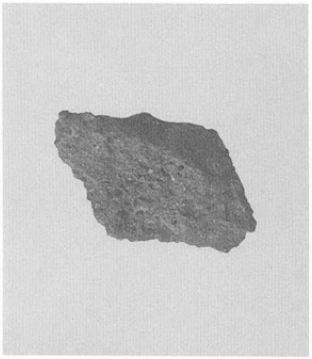
②×200　硬度圧痕：650Hv
ウルボスピネル
＋ファイヤライト

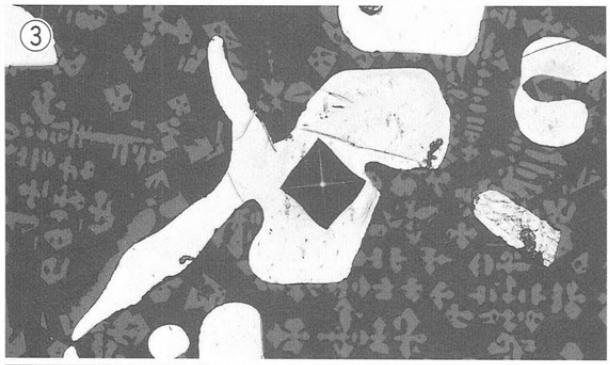


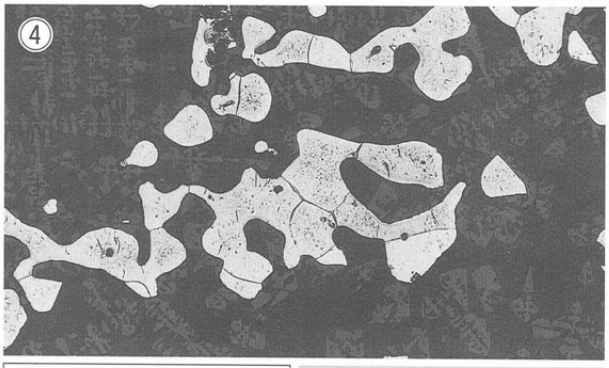


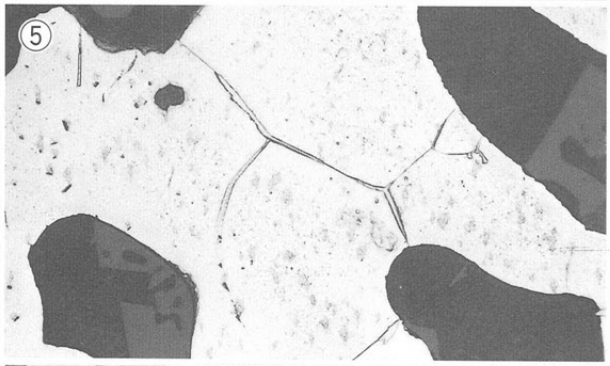
DIZ－26
含鉄鉄滓

③～⑤　ナイタルetch
③×200　硬度圧痕：98Hv
フェライト
④×100　⑤×400　金属鉄
：フェライト、滓部：ウル
ボスピネル・ファイヤライト



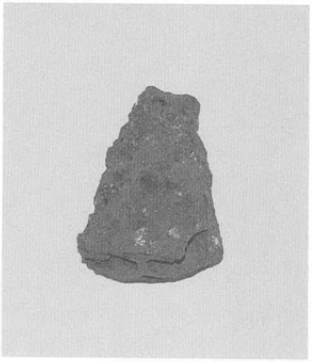






DIZ－27
流出孔滓

⑥×200　硬度圧痕：736Hv
ウルボスピネル
＋ヴスタイト・ファイヤライト



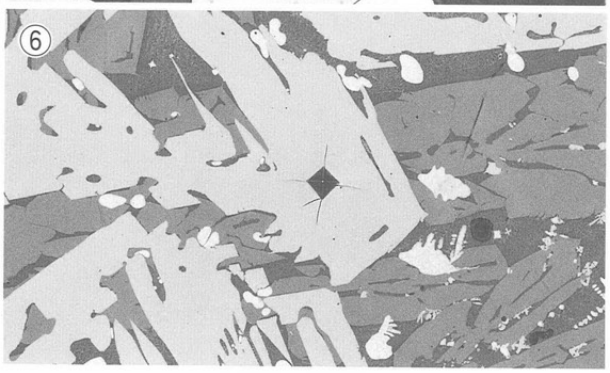
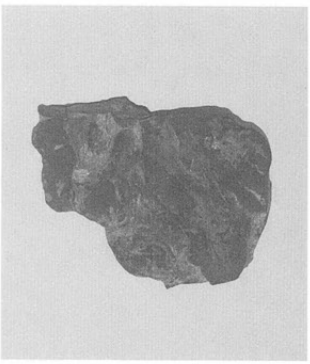
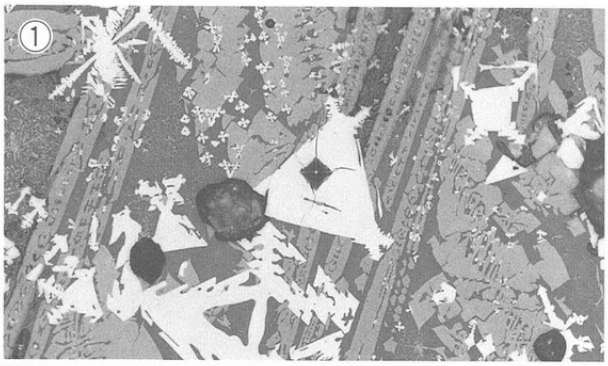


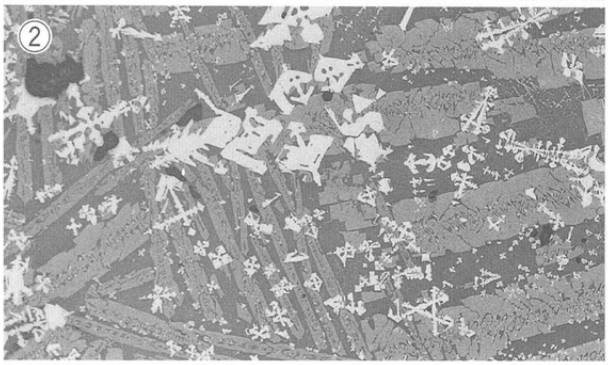
Photo.13　炉内滓・含鉄鉄滓・流出孔滓の顕微鏡組織

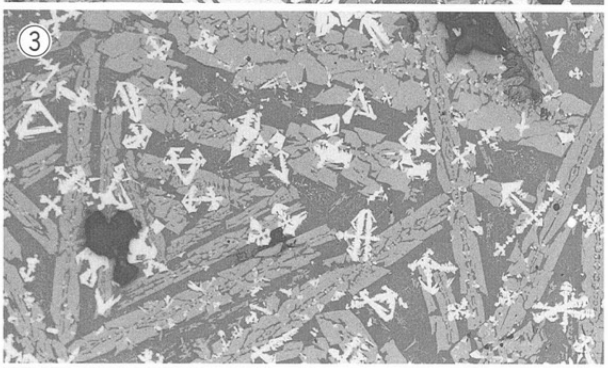
DIZ－29
炉外流出滓

①×200　硬度圧痕：718Hv
ウルボスピネル　（200g）
②×100　ウルボスピネル・
ファイヤライト
③×100　同上



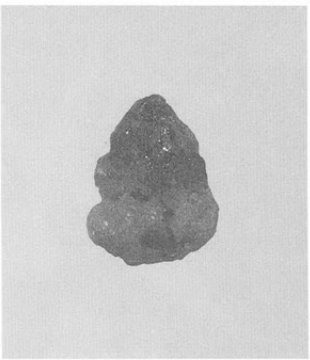


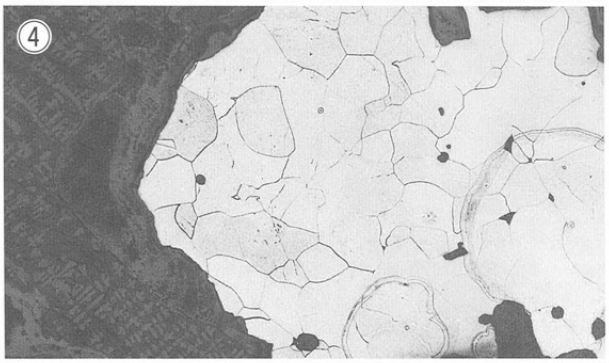


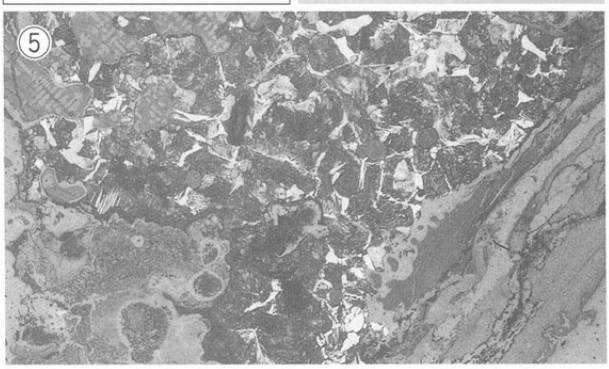


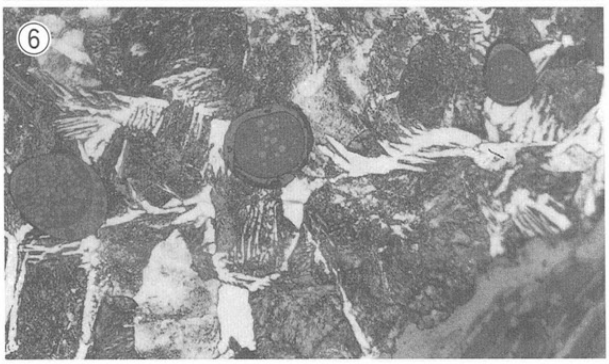
DIZ－30
含鉄鉄滓

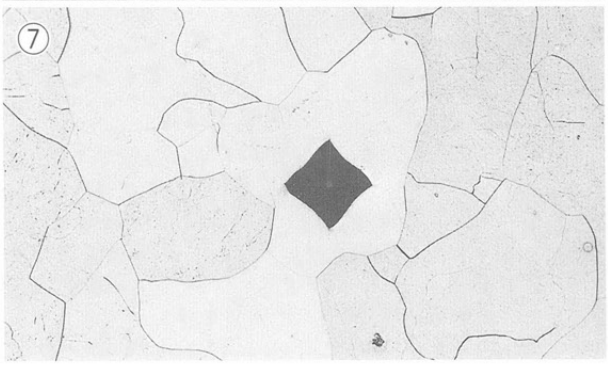
④～⑧　ナイタルetch
④×100　滓部：ウルボス
ピネル・ファイヤライト、
金属鉄：フェライト
⑤×100　⑥×400　金属鉄
：少量フェライト・パーラ
イト
⑦⑧×200　硬度圧痕
⑦103Hv、⑧183Hv（200g）











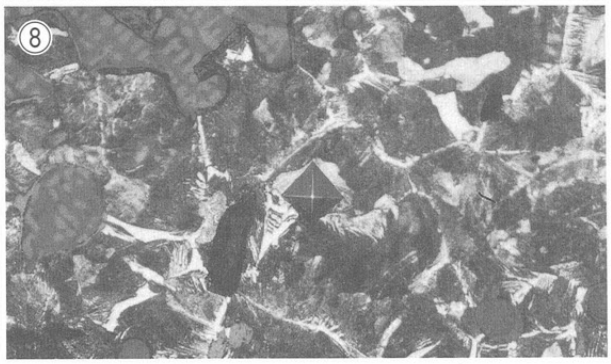
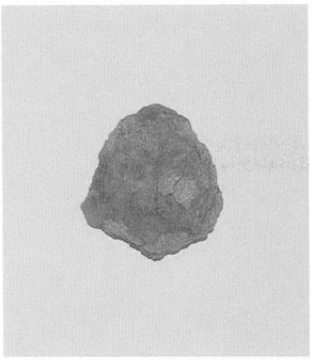
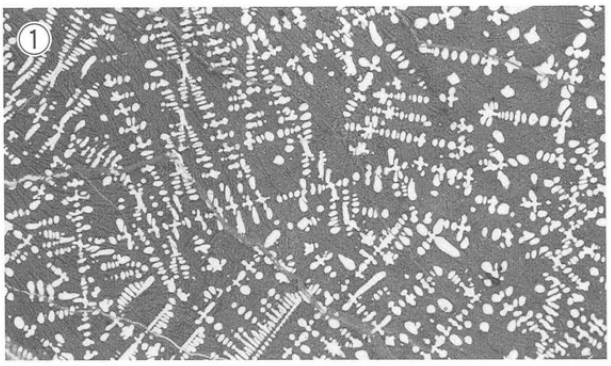


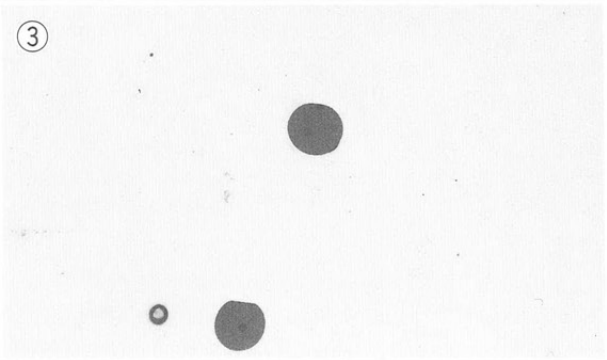
Photo. 14　炉外流出滓・含鉄鉄滓の顕微鏡組織

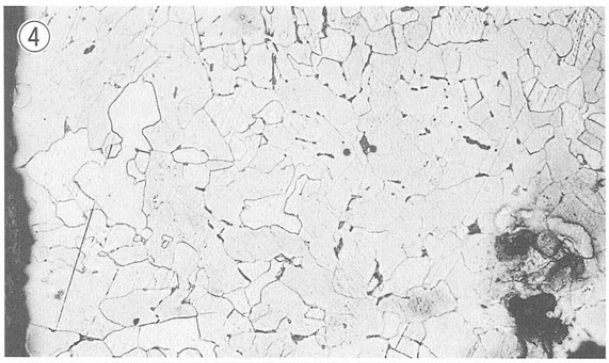
DIZ－31
鉄塊系遺物

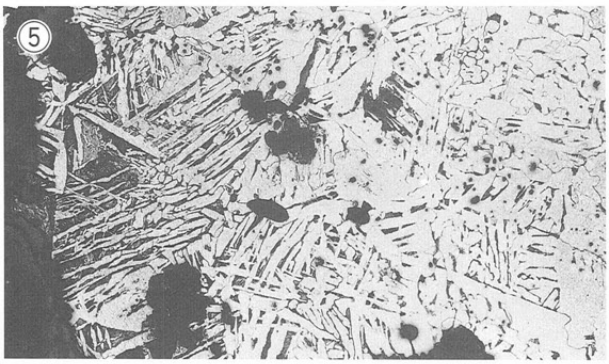
①×100　滓部：ヴスタイト・ファイヤライト
②③×400　鉄中非金属介在物
④～⑨　ナイタルetch
④～⑥×100　④:フェライト・少量パーライト、⑤:針状フェライト・パーライト、⑥:針状フェライト・パーライト（表層：高炭素域）
⑦～⑨×200　硬度圧痕：⑦87Hv、⑧141Hv、⑨242Hv

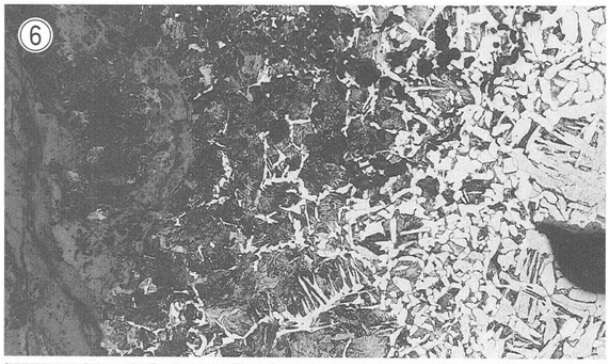


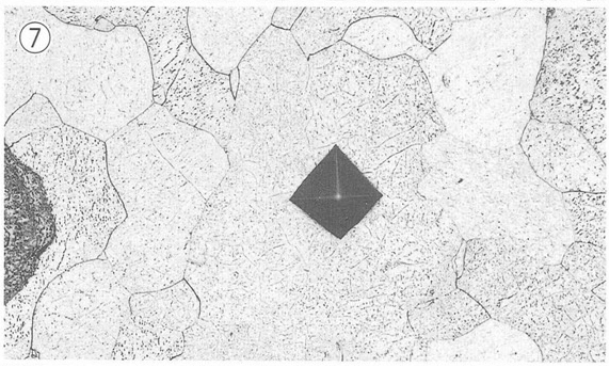












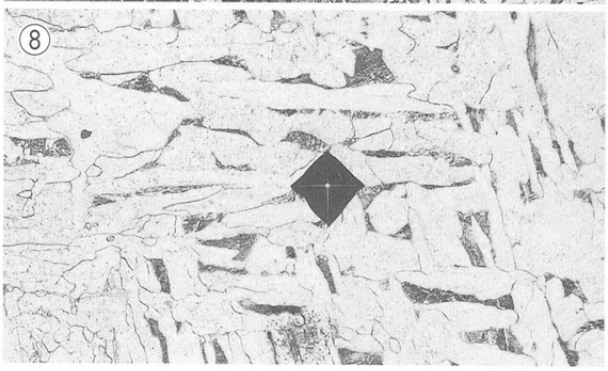
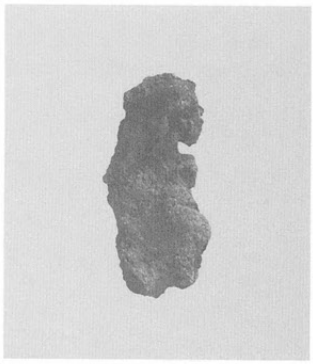
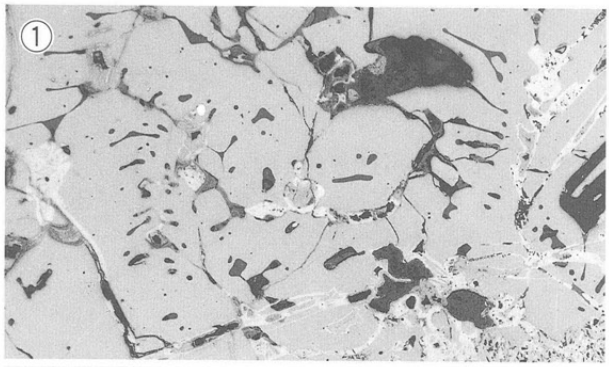


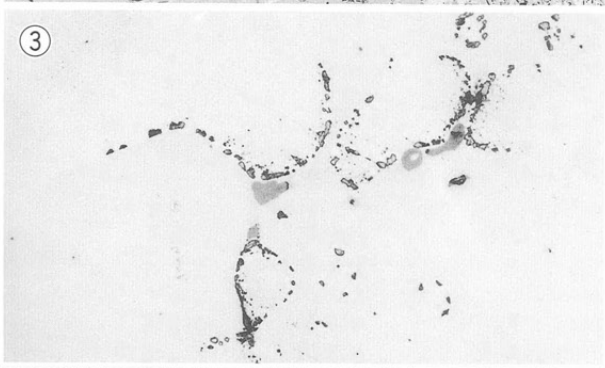
Photo. 15　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

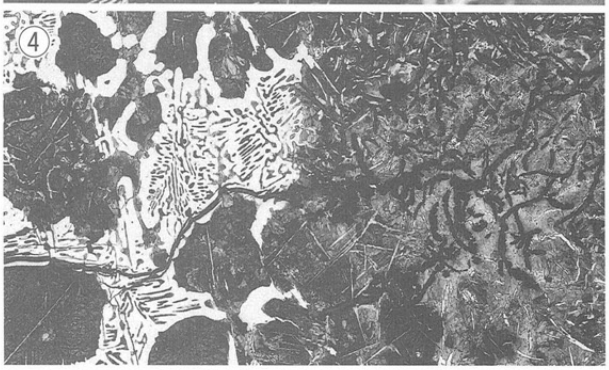
DIZ－32
鉄塊系遺物

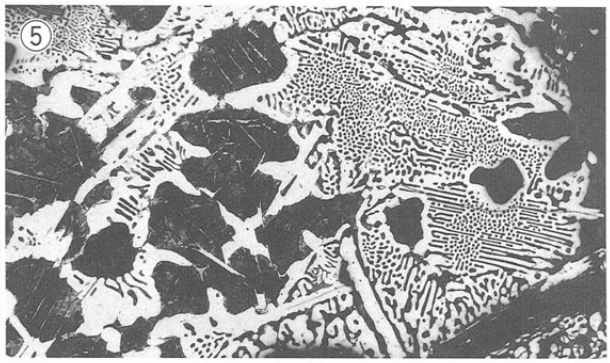
①×100　滓部:ウルボスピネル
②×400　滓部:イルミナイト・微小金属鉄粒
③×400　鉄中非金属介在物
④～⑧　ナイタルetch
④×50　左側：白鋳鉄、右側：ねずみ鋳鉄、⑤×50　白鋳鉄、⑥×100　ねずみ鋳鉄
⑦～⑨×200　硬度圧痕：⑦610Hv、⑧251Hv、⑨697Hv

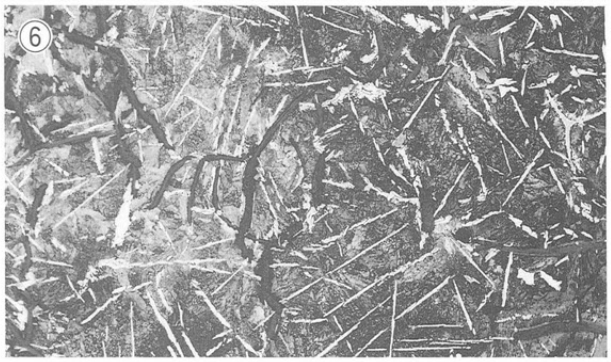


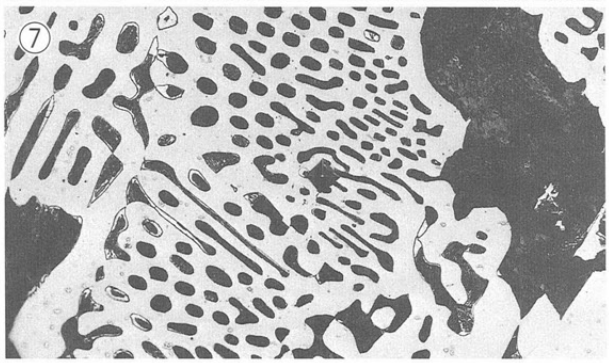


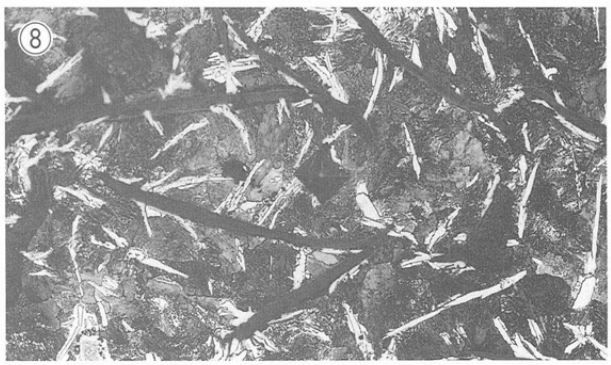












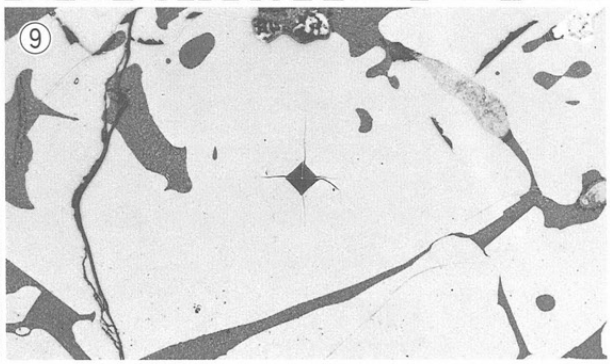
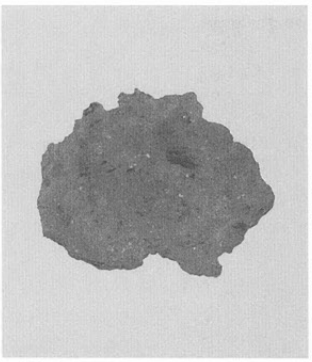
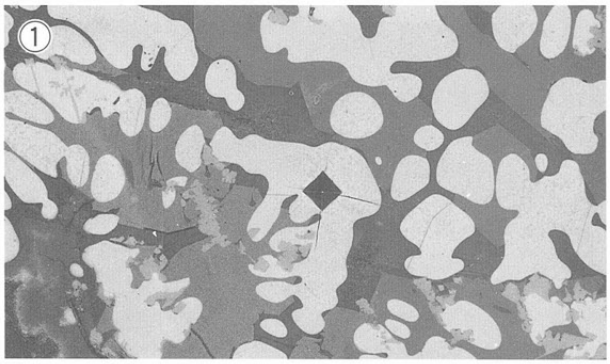


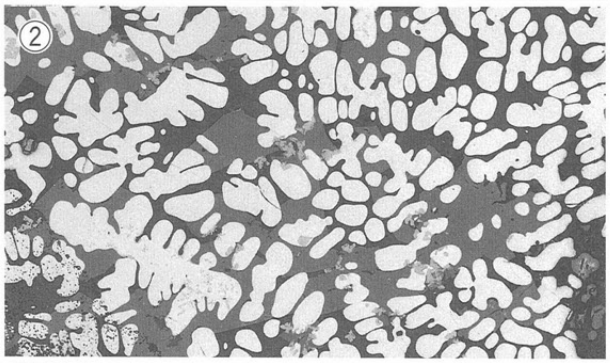
Photo. 16　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

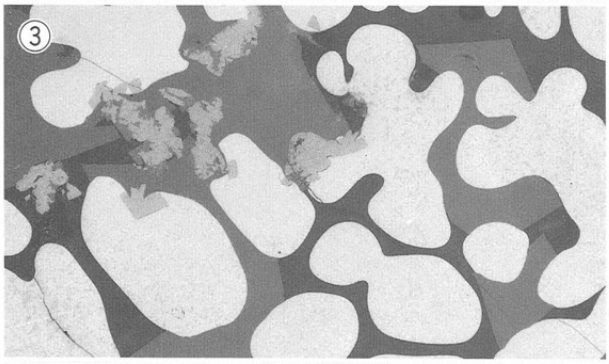
DIZ－33
椀形鍛冶滓

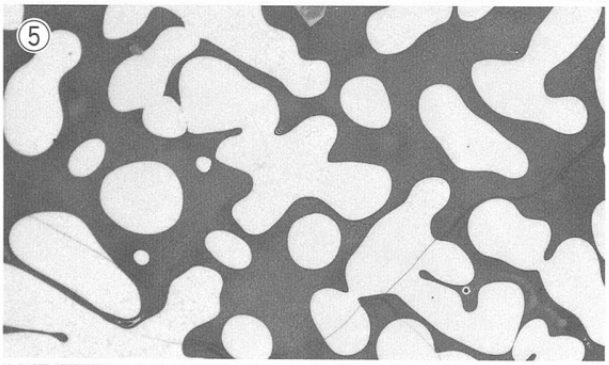
①×200　硬度圧痕：509Hv
ヴスタイト
②×100　③×400　ヴスタイト・微細ウルボスピネル・ファイヤライト
④×100　⑤×400　ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト





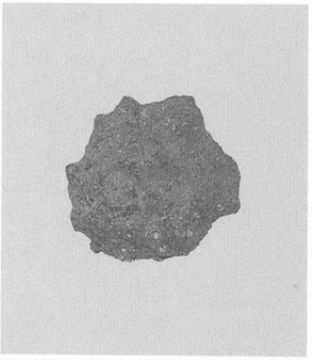


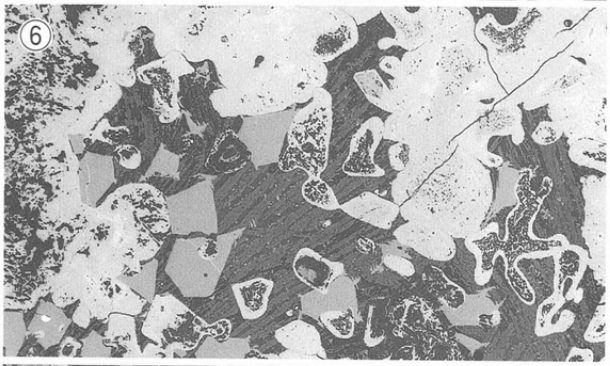


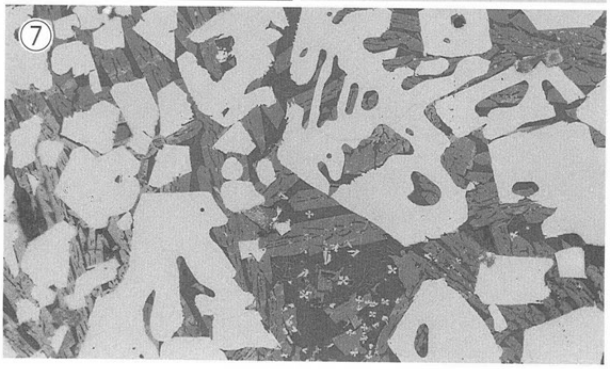


DIZ－34
椀形鍛冶滓

⑥×100　鋳化鉄、ウルボスピネル・ファイヤライト
⑦×100　ウルボスピネル・ファイヤライト
⑧×100　ウルボスピネル・ヴスタイト・ファイヤライト







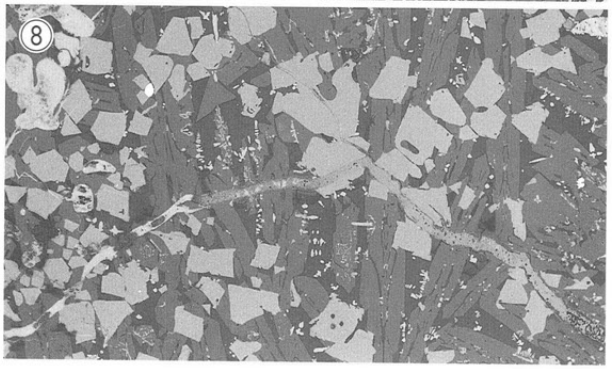
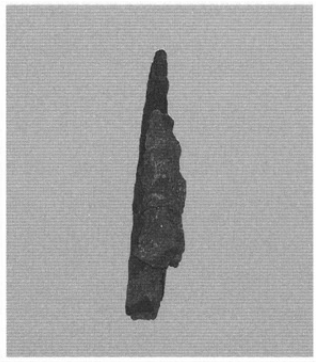
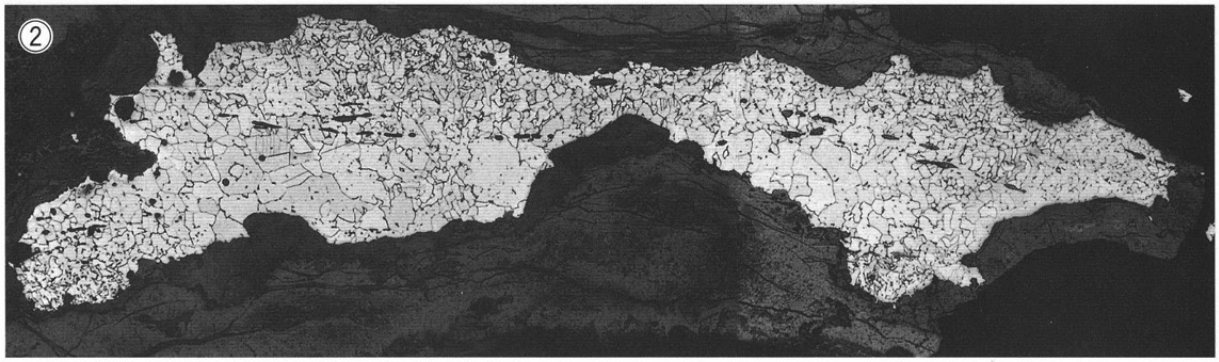


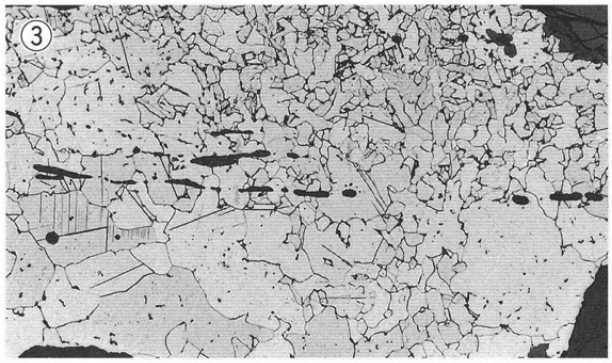
Photo. 17　椀形鍛冶滓の顕微鏡組織

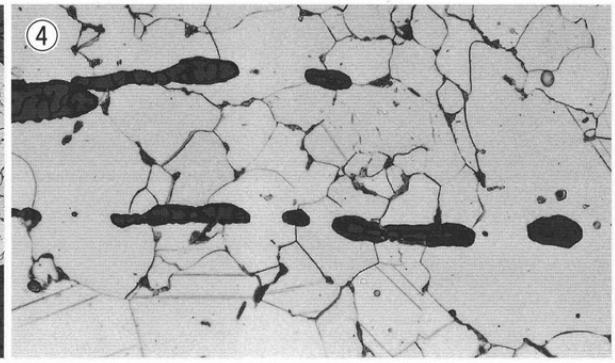
DIZ－35
鉄鐸

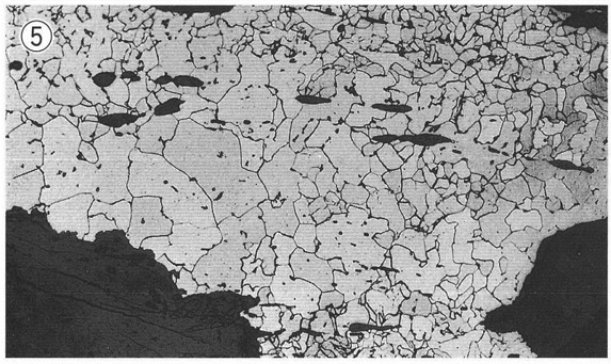
①×100　鉄中非金属介在物
②×50　残存金属鉄部分
フェライト・少量パーライト
中央フェライト粒内:双晶変形
③×100　④×400　②の左側拡大
⑤×100　⑥×400　②の右側拡大
⑦⑧×200　硬度圧痕:⑦131Hv、⑧113Hv（200g）

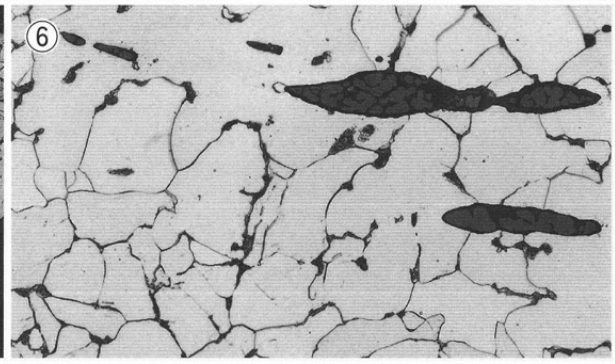


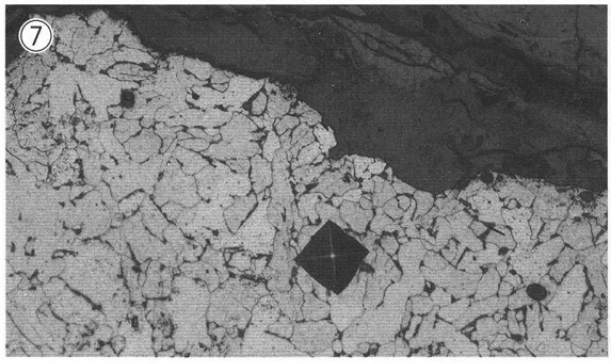












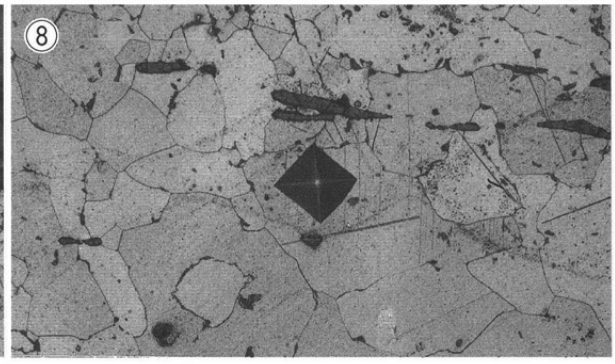
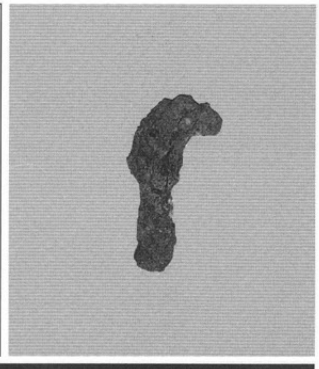
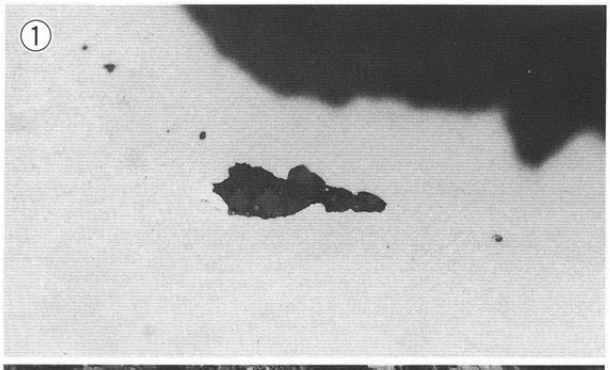


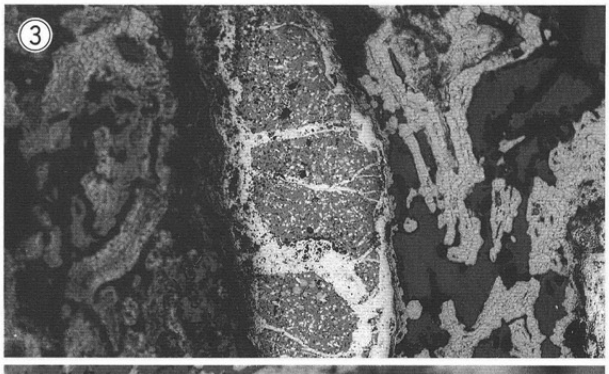
Photo. 18　鉄鐸の顕微鏡組織

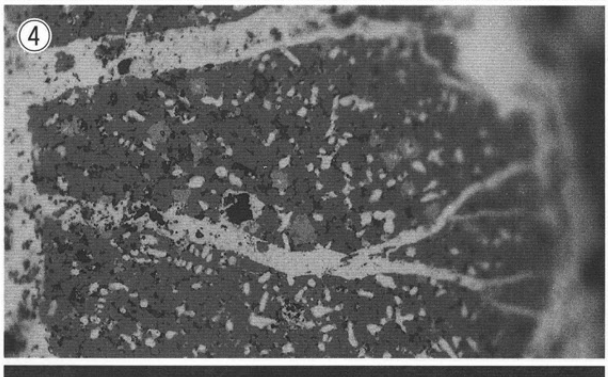
DIZ－36
棒状鉄器

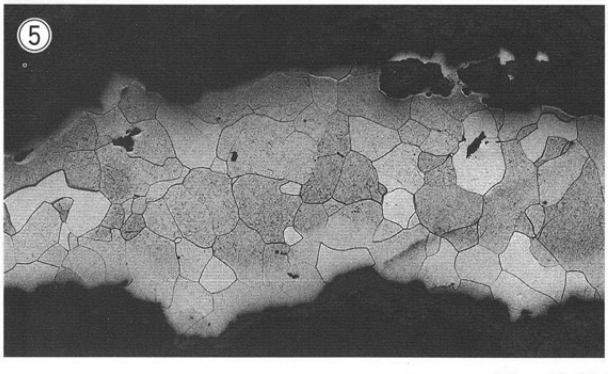
①×400　鉄中非金属介在物
②～⑤　ナイタルetch
②×50　中央白色部：残存金属鉄：フェライト
③×100　④×400　表層付着滓ヴスタイト・ヘーシナイト、ウルボスピネル・ファイヤライト











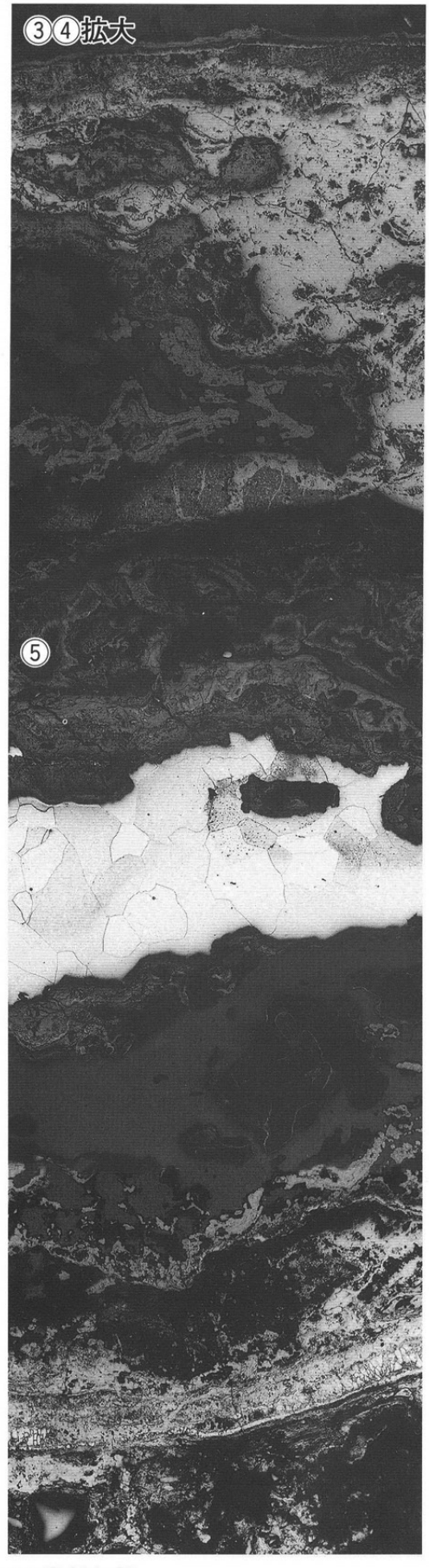
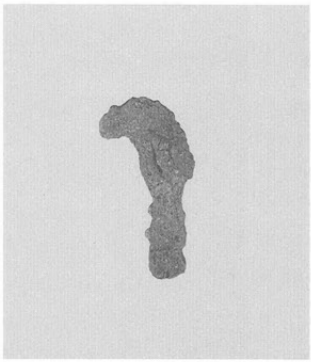
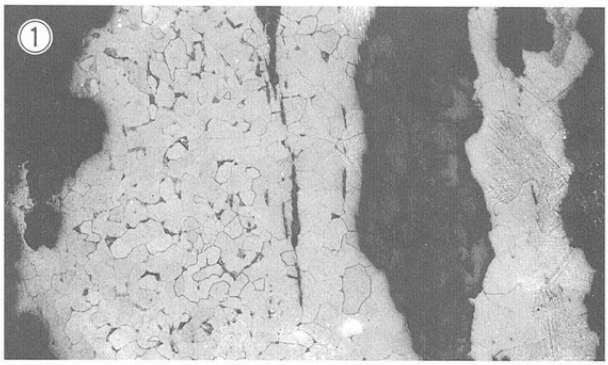


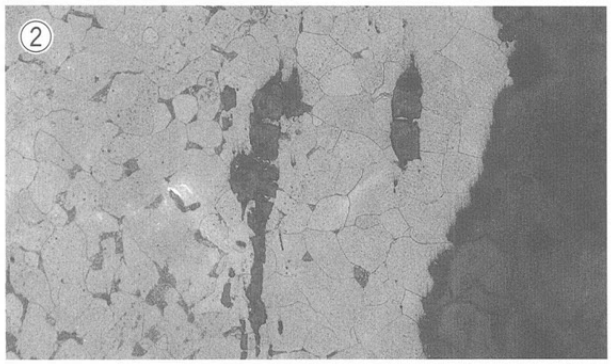
Photo. 19　棒状鉄器の顕微鏡組織

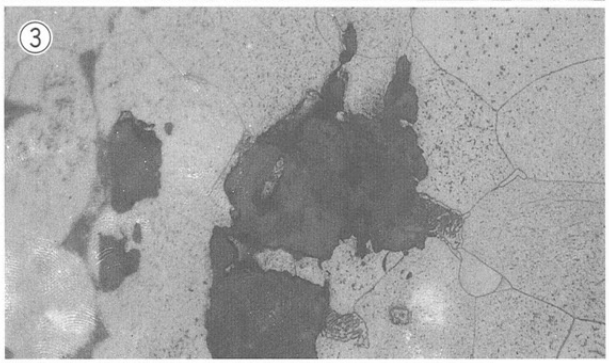
DIZ－36 (2)
棒状鉄器

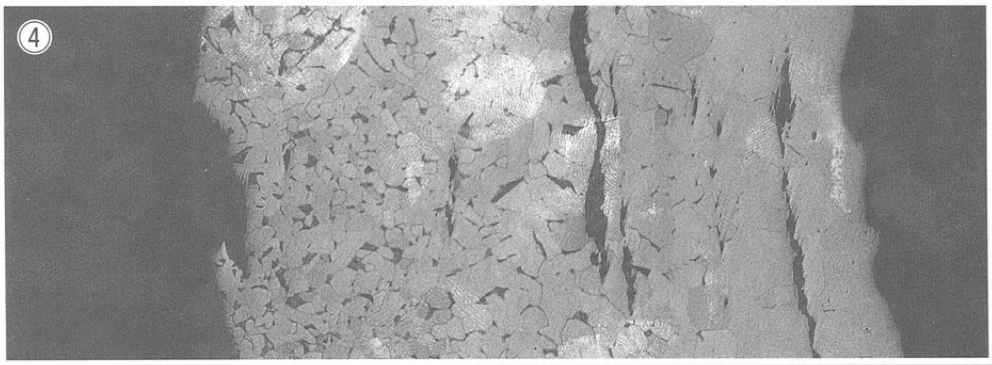
①～⑦　ナイタルetch
①×50　②×100　③×400
先端部左側：フェライト・パーライト、右側：フェライト単相
④×50　試料中央部：同上
⑤×50　試料切断部側：同上
④～⑧　ナイタルetch
⑥⑦×200　硬度圧痕：
⑥121Hv、⑦85Hv（100g）

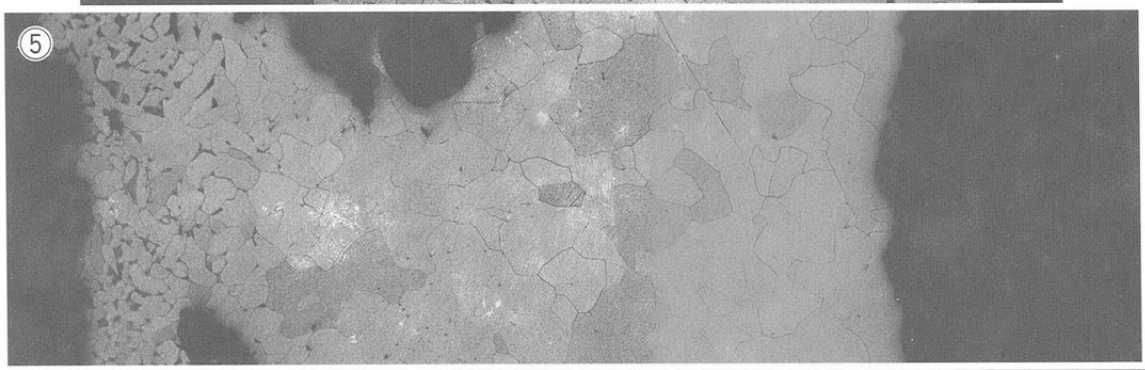


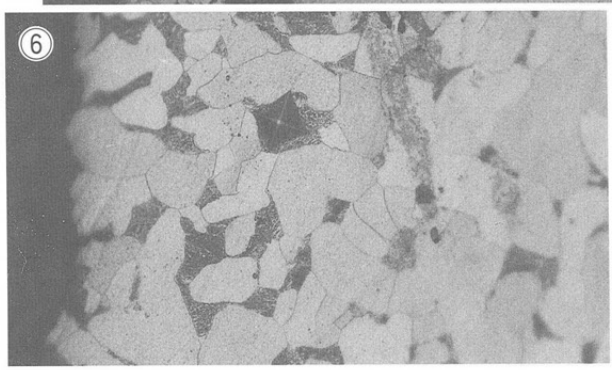












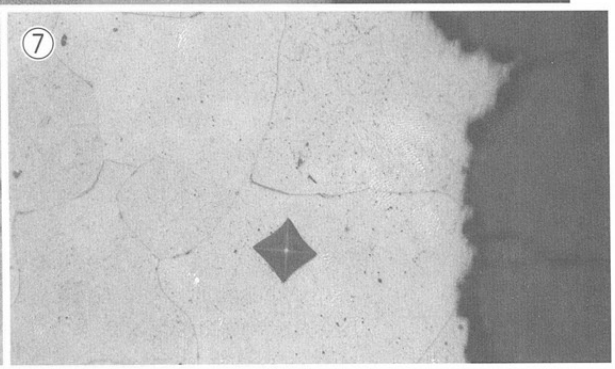
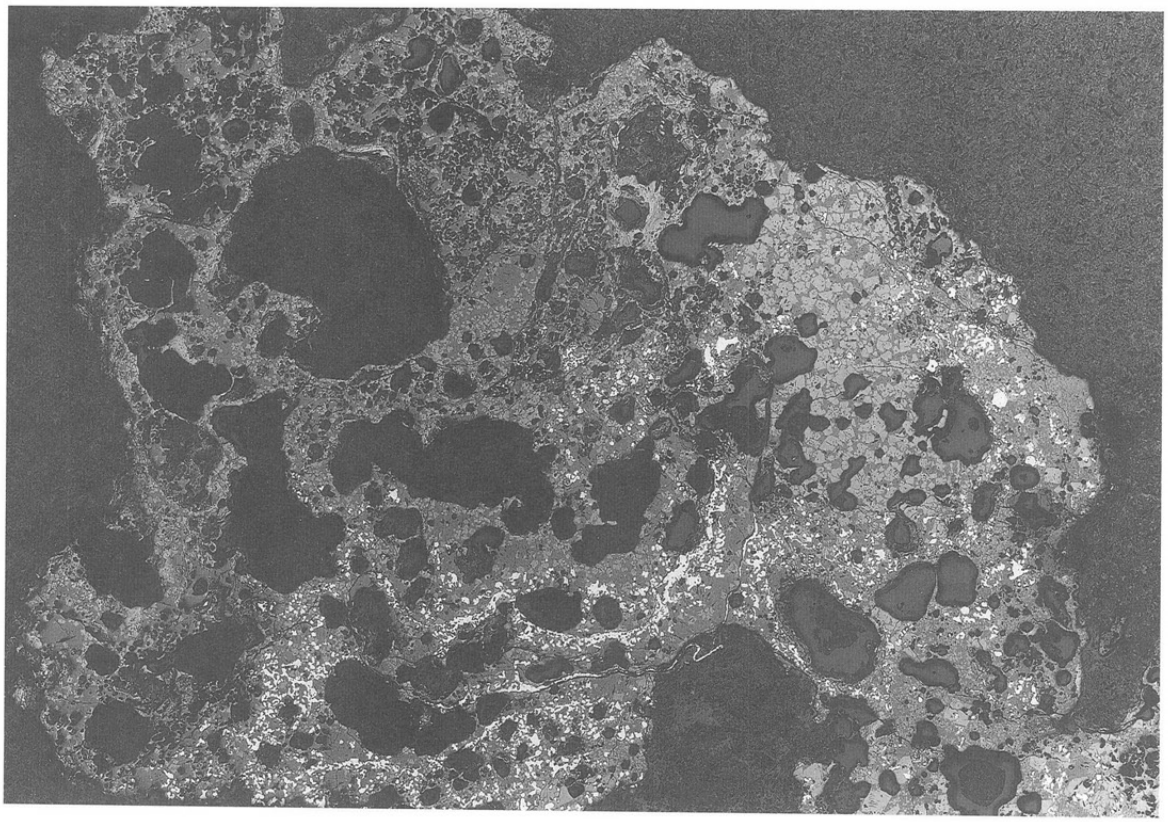


Photo. 20　棒状鉄器の顕微鏡組織



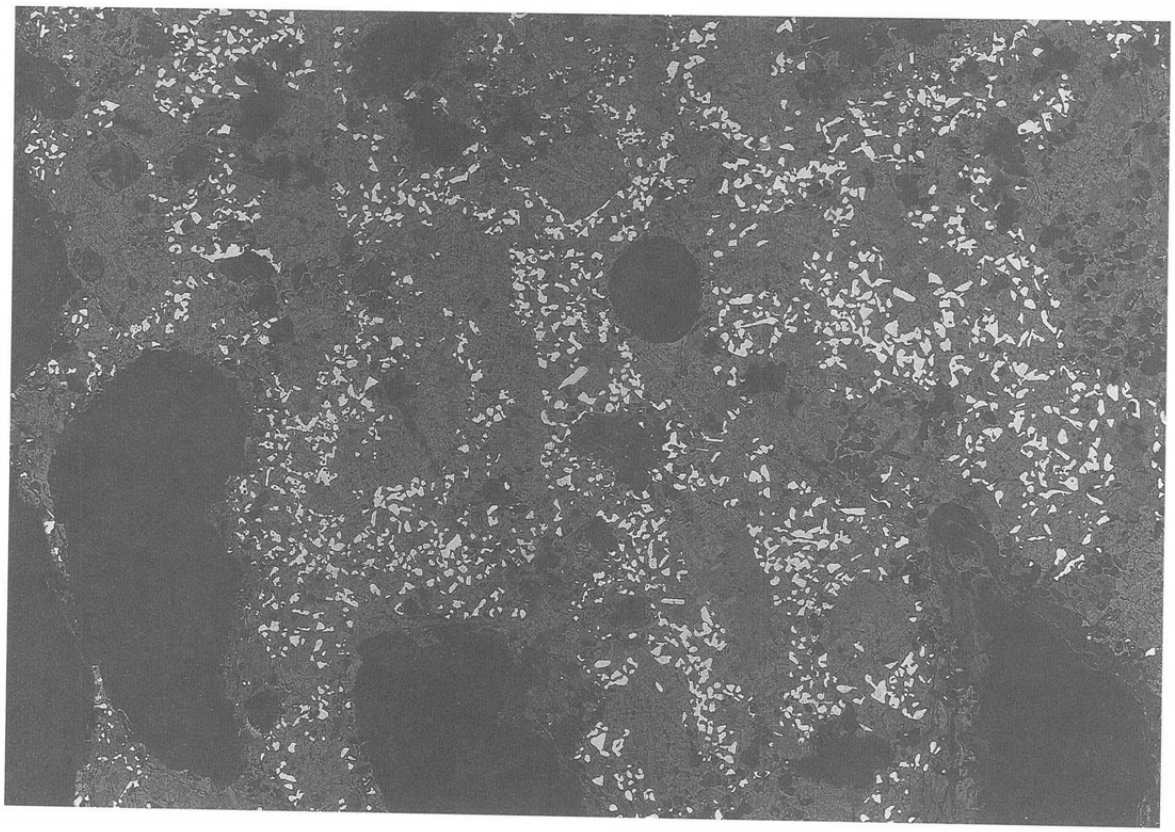
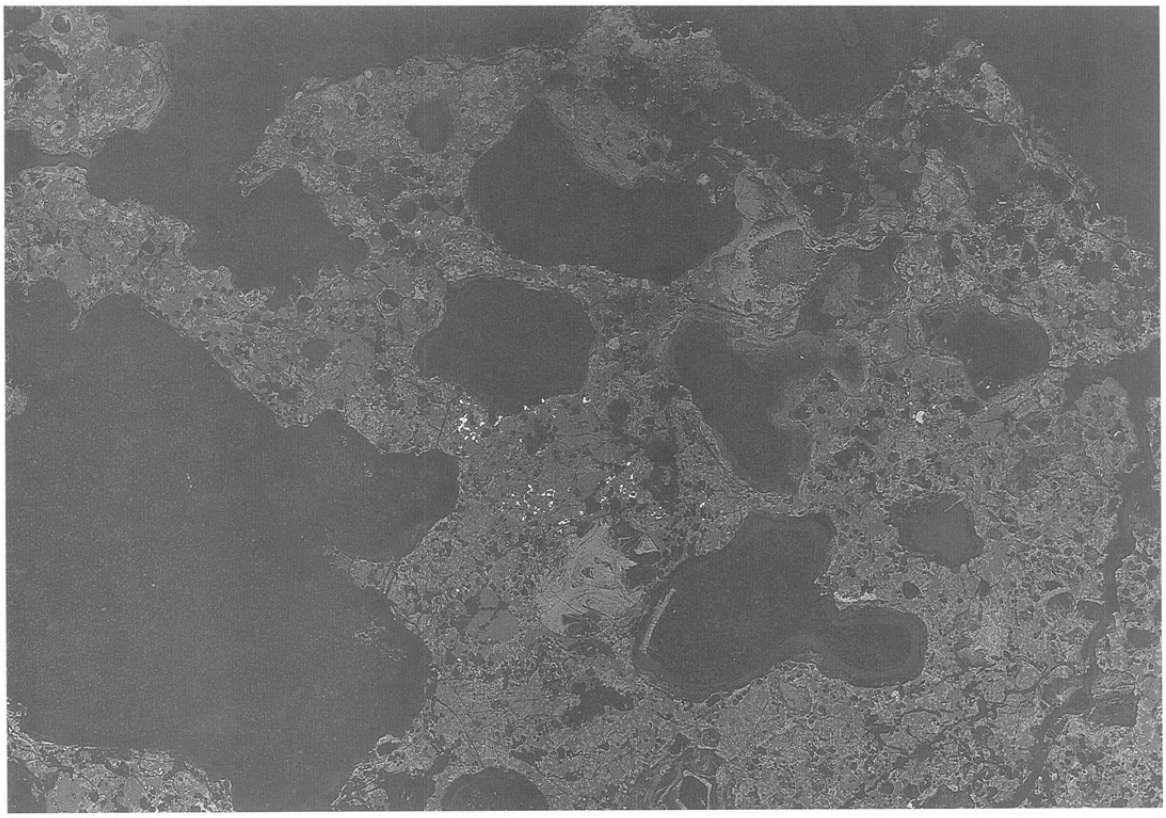


Photo. 21　上段：含鉄炉底塊(DIZ-2)のマクロ組織(×5)
下段：含鉄鉄滓(DIZ-4)のマクロ組織(×10)



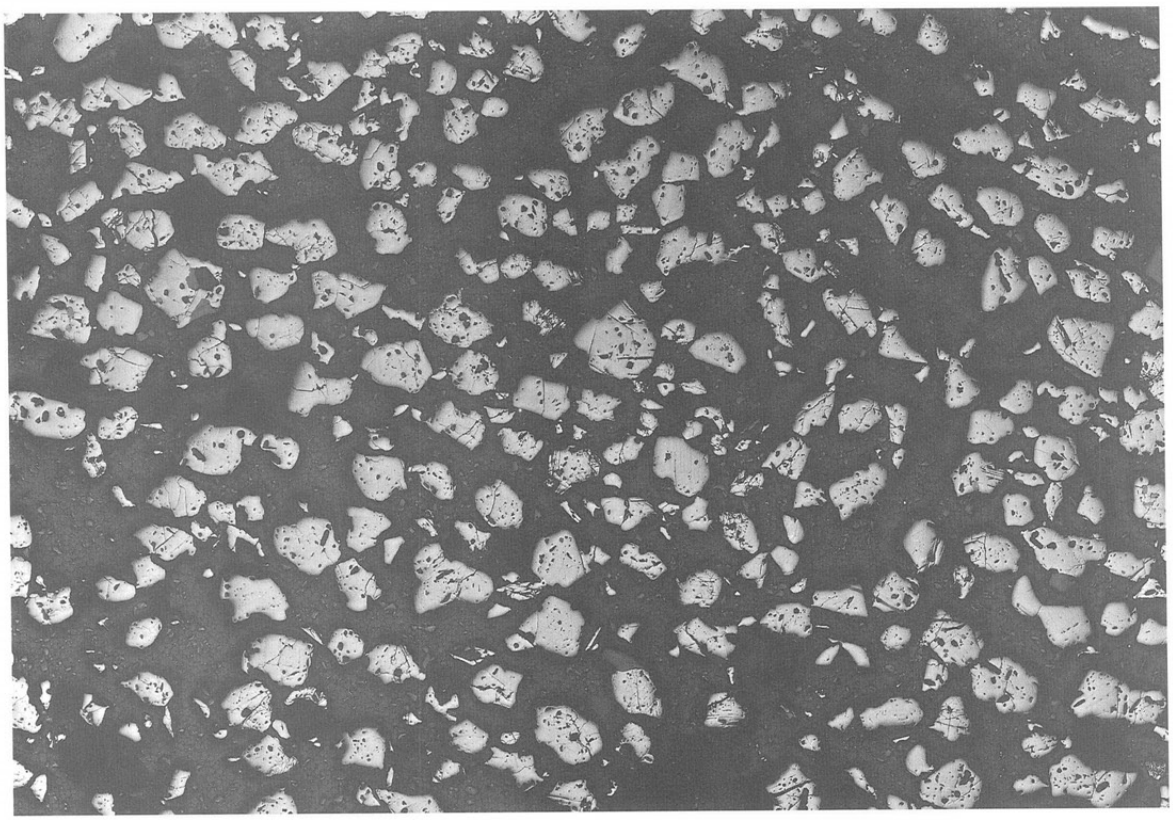
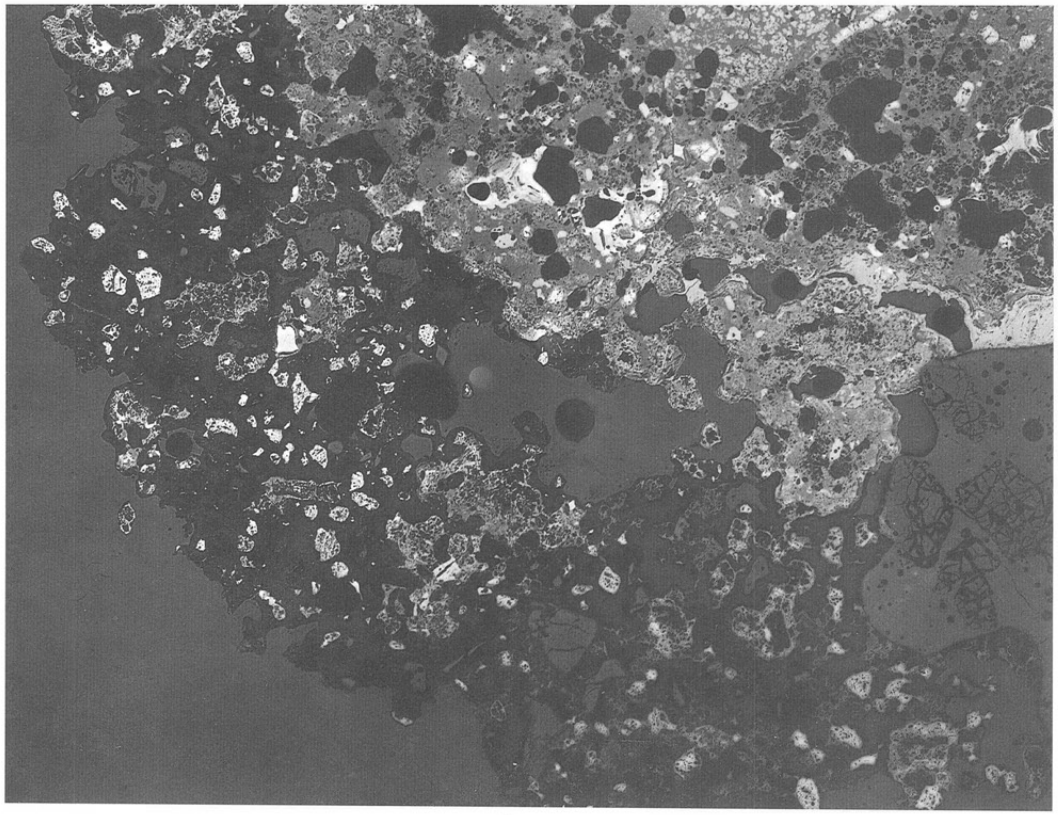


Photo. 22　上段：含鉄鉄滓(DIZ-5)のマクロ組織(×10)
下段：砂鉄(DIZ-6)のマクロ組織(×20)



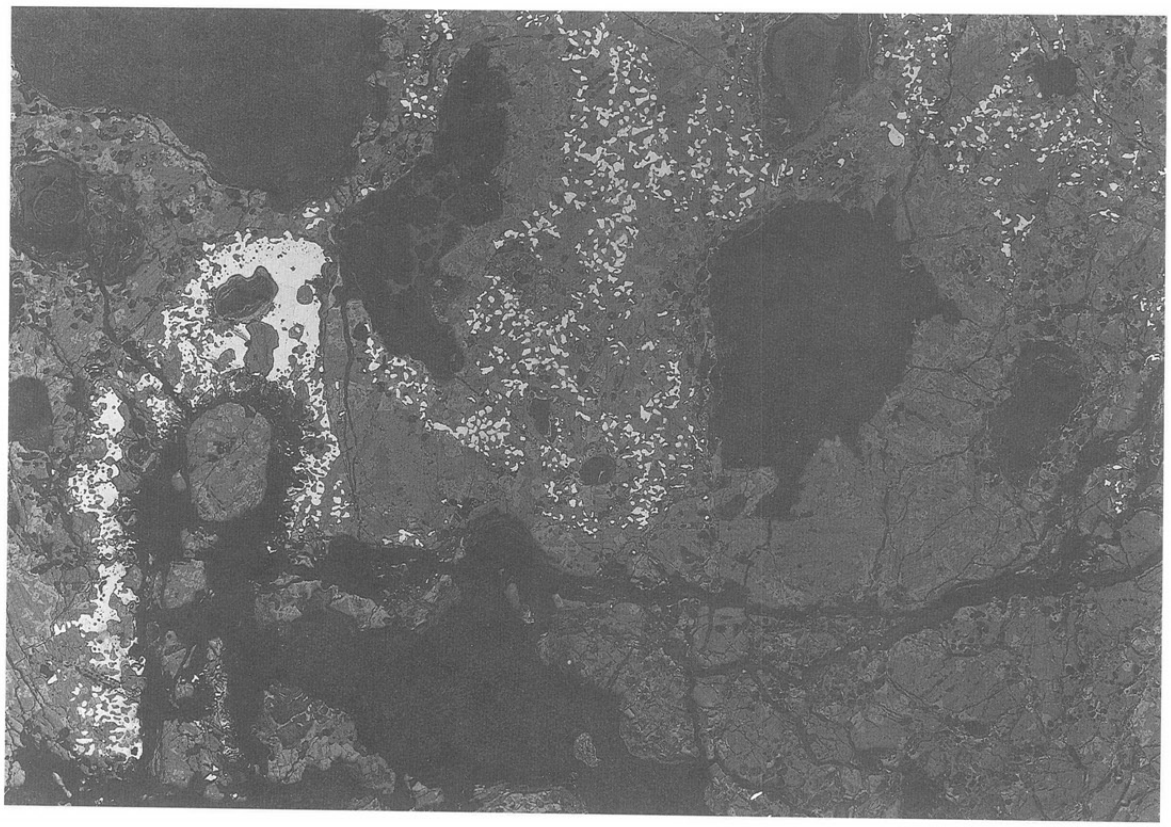
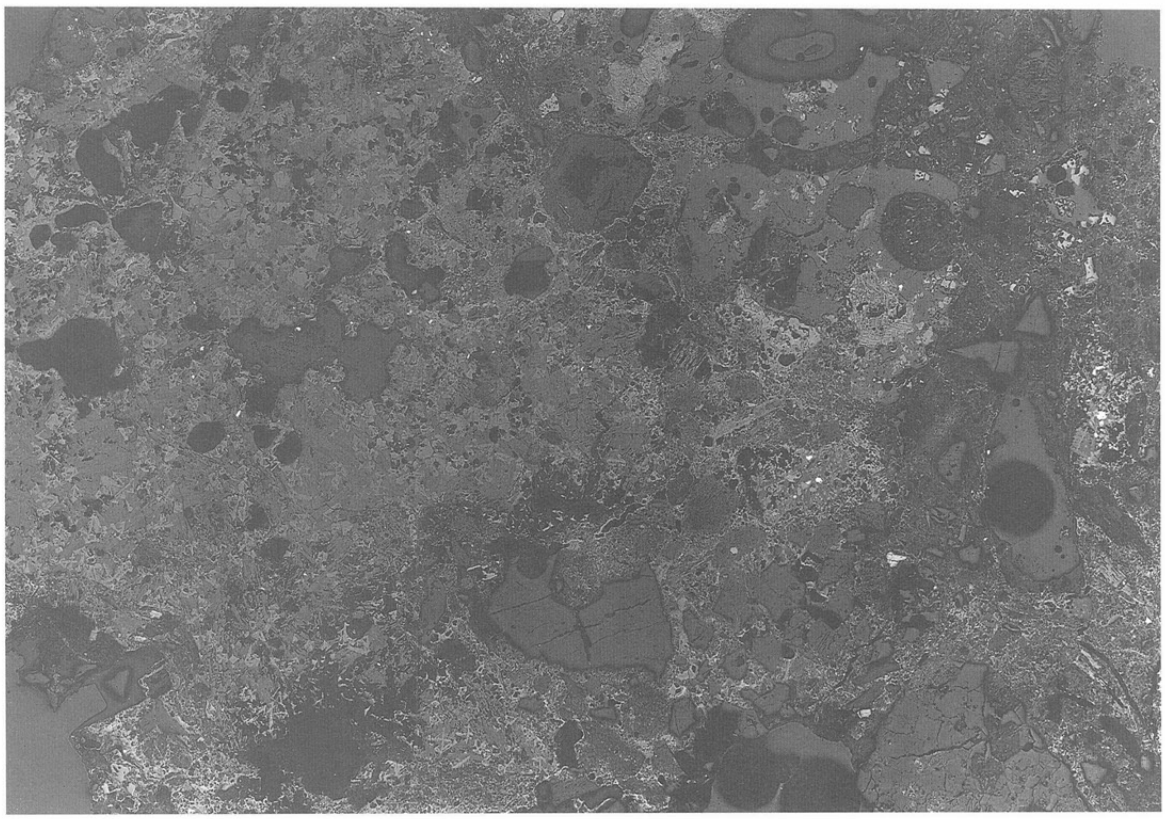


Photo. 23　上段：砂鉄焼結塊（炉壁付着）（DIZ-7）のマクロ組織（×10）
下段：含鉄鉄滓（DIZ-9）のマクロ組織（×10）



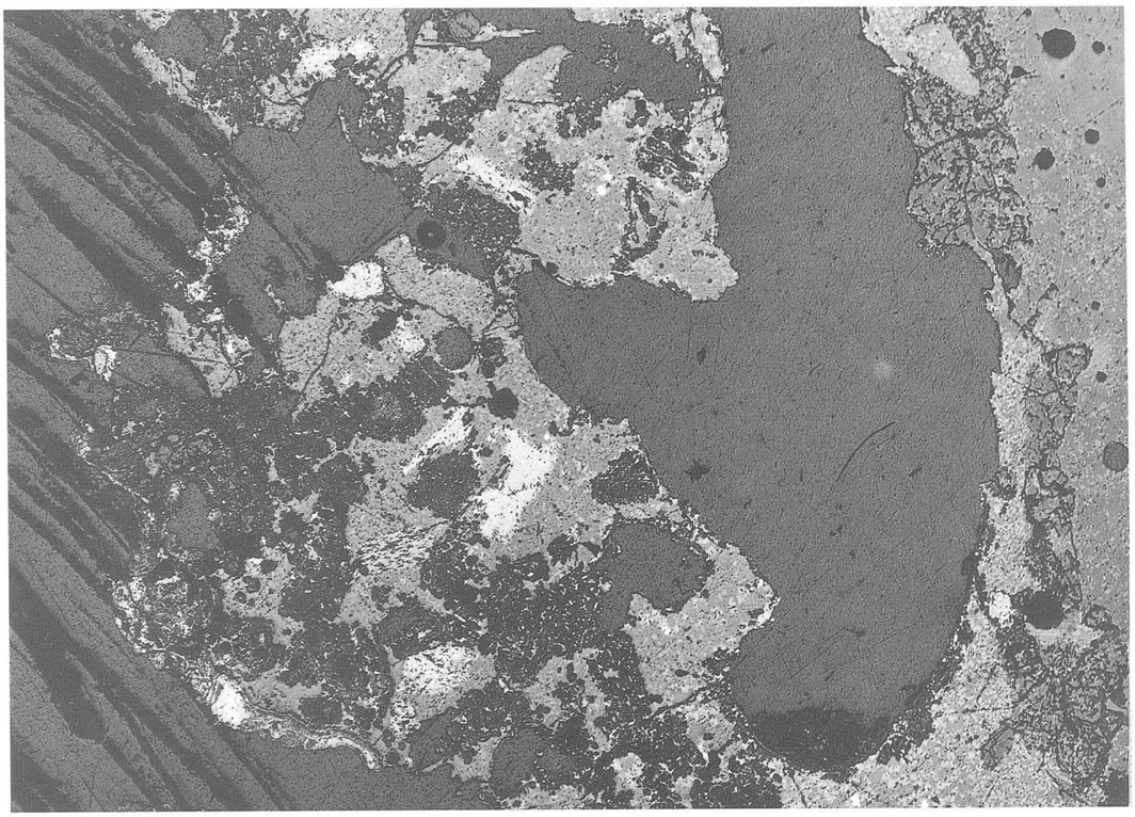
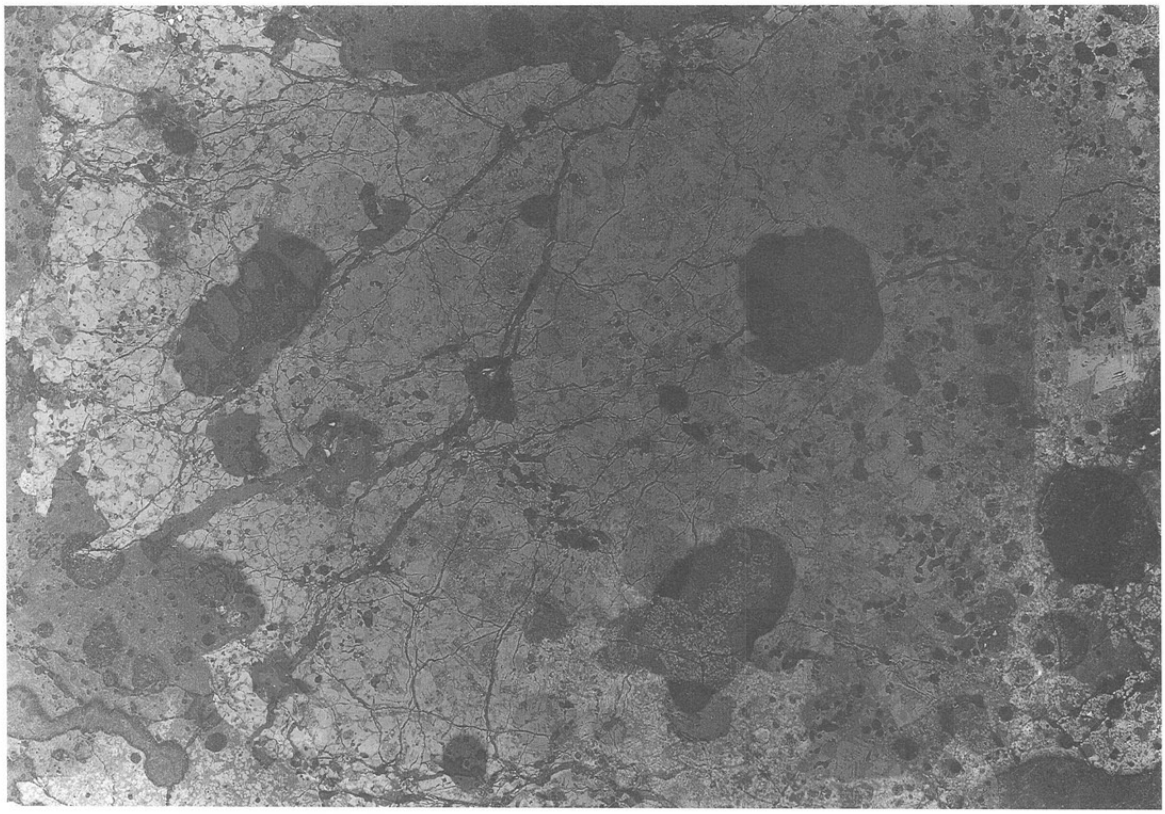


Photo. 24　上段：再結合滓(DIZ-11)のマクロ組織(×10)
　　下段：炉壁(半還元砂鉄付着)(DIZ-15)のマクロ組織(×50)



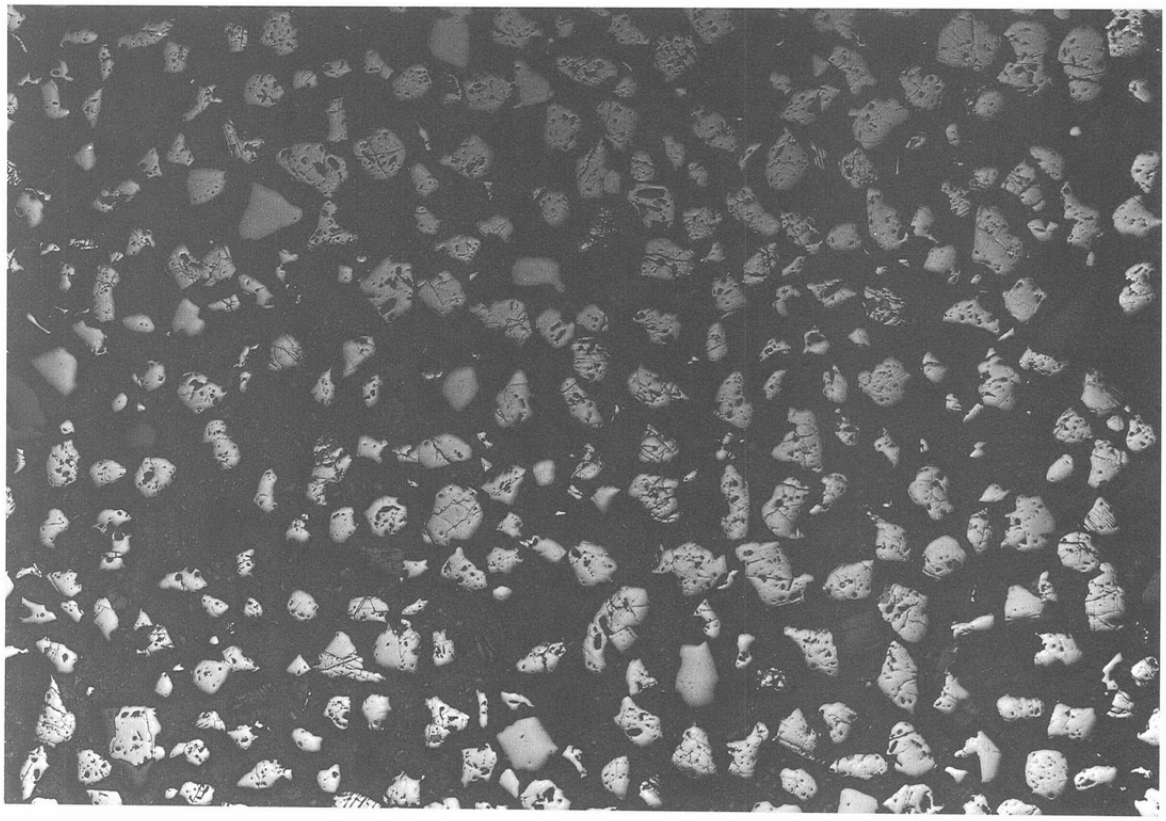
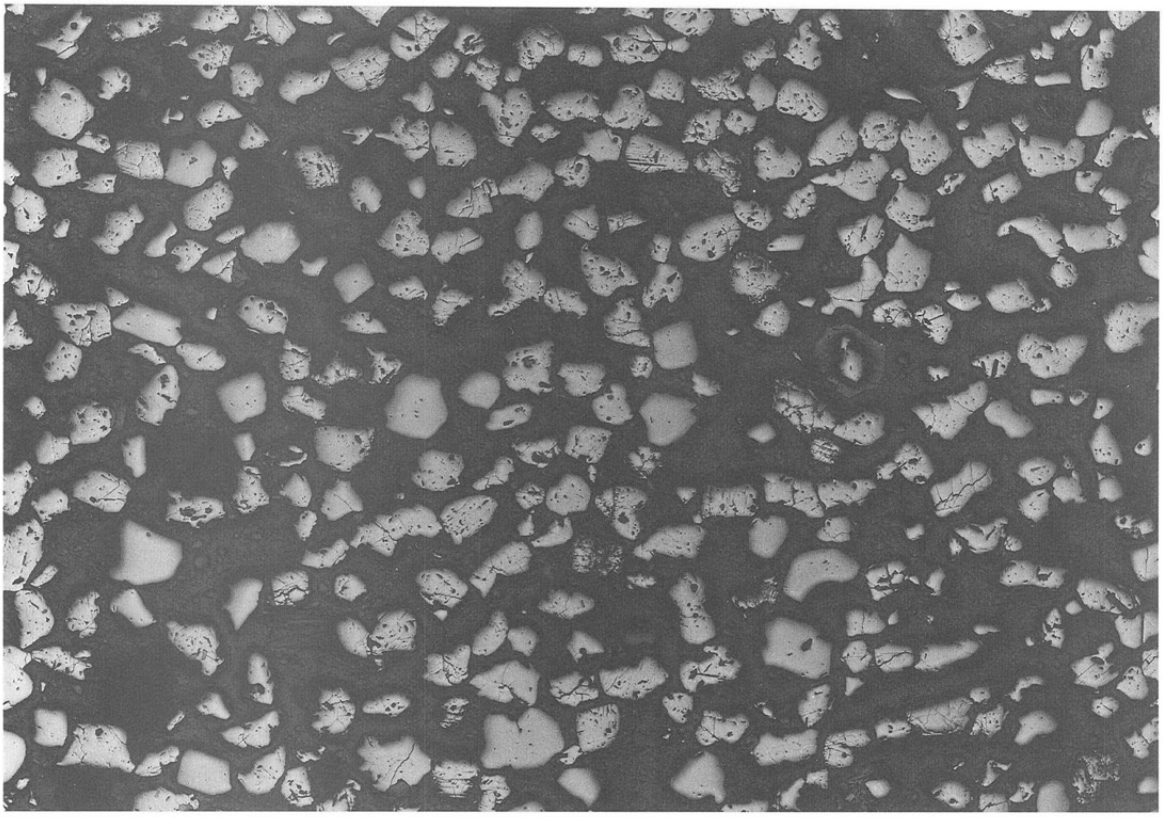


Photo. 25　上段：含鉄鉄滓(DIZ-17)のマクロ組織(×10)
下段：砂鉄(DIZ-18)のマクロ組織(×20)



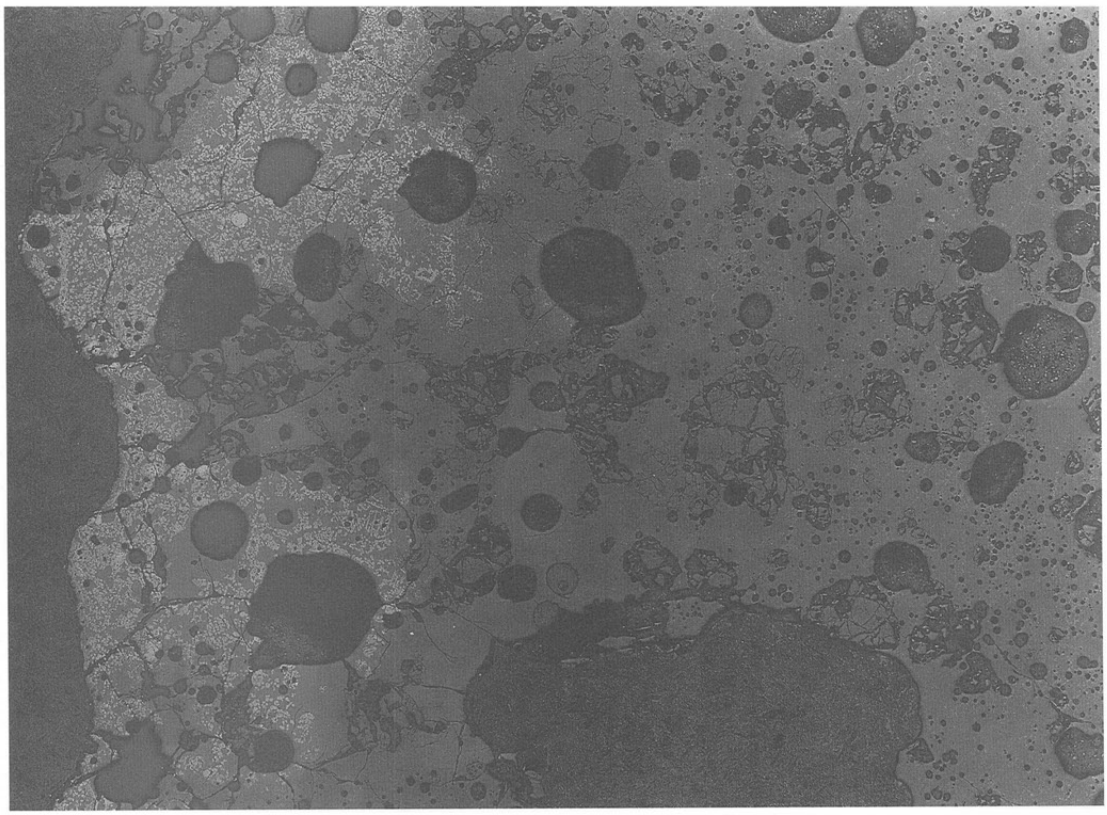


Photo. 26　上段：砂鉄(DIZ-19)のマクロ組織(×20)
下段：炉壁(半還元砂鉄付着)(DIZ-20)のマクロ組織(×10)
〔溶融ガラス質滓部分〕