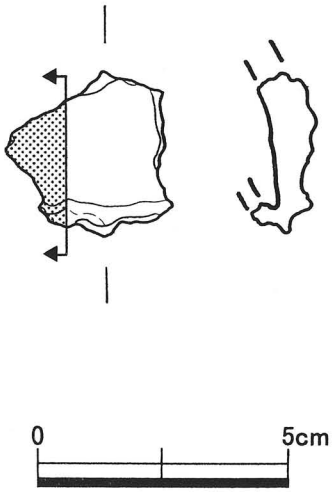
**資料番号　35**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No | 209 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | 表土 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

| 試料記号 | 検鏡：SIS-35<br>化学：—<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 3.2cm<br>幅 3.2cm<br>厚さ 1.2cm<br>重量 9.4 g | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 地：黒褐色 | 破面数 | 6 |
| 遺物種類（名称） | 工具付着滓 | | | 磁着度 | 1 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | なし | 断面樹脂 | — |

| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ検鏡 | ○ | |
| 硬度CMA | ○ | |
| X線回折化学 | | |
| 耐火度カロリー | | |
| 放射化X線透過 | | |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 工具付着滓の小破片である。内外面は生きており、側面６面が全て破面である。厚みは0.4cm前後で表面には木炭痕が残り、部分的に盛り上がっている。木炭痕は0.7cm大前後である。内面は微妙な弧をもつ平坦面で、少なくとも幅2.3cm以上の平板な面をもつ工具（鉄製？）であることがわかる。裏面はややチリメン状のしわをもち、光沢も途切れ気味である。この面の色調は黒褐色、破面には微細な気孔が散在する。色調は表面のわずかな酸化土砂が茶褐色で、滓そのものは表面・地とも黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／３を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 完全にガラス化していない、やや粘性の高い滓が固着したものである。そのためか工具に接した面の光沢が弱い。また外面に木炭痕が目立つ。分析資料No54に比べ粘性の高い工具付着滓である。 |



上面

下面

**資料番号　36**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 217 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | Ｈ－８ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | ○ | |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-36<br>化学：SIS-36<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　18.3cm | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | ほぼ完形 | | 硬度CMA | ○ | |
| | | | 幅　20.4cm | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 3 | | X線回折化学 | ○ | |
| 遺物種類（名称） | 椀形鍛冶滓（工具痕付） | | 厚さ　11.8cm | 磁着度 | 4 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量　3500.0ｇ | メタル度 | なし | 断面樹脂 | — | | 放射化X線透過 | | |

観察所見

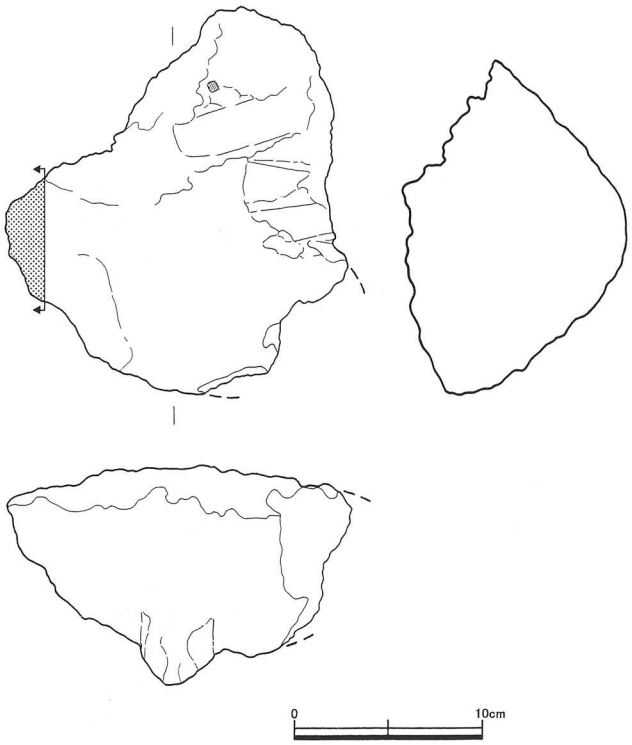
平面、不整五角形をした中型の椀形鍛冶滓である。基本的には各面とも生きており、肩部３ヶ所に小破面が残る。最大の特色は上面右側に少なくとも３つの平坦な工具痕が残る点である。工具痕は平坦な面が幅2.6cm前後のもので、一部は重複しており、やや突き刺すような動きもしている。滓上面は気孔の露出した小破面が連続し、肩部寄りには１cm大以下の木炭痕が目立つ。側面はやや傾斜の強いV字状で粉炭痕が密集する。やや凹凸がはげしく、上手側から下手側に底面中央にまたがるような工具痕流入滓部が確認される。この部分は帯状に盛り上がっており、横断面形は丸みをもつ。3.3～3.6cmほどの幅を持つが、丸断面の鍛冶具に見合うものである。両側面にのびているのは、両側から別箇に工具を差し込んだためか、工具先がくの字状になっているかのためであろう。どちらかといえば後者の可能性が高そうである。磁着は低めで、鉄部とよく分離されており、密度は高めで比重も高い。色調は表面が茶褐色から黒褐色、地が暗褐色から黒褐色である。

分析部分

長軸端部１／９を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。残材返却。

備　考

本遺跡で比較的数多く目立つ、不整楕円形ないし不整半円形の中形の椀形鍛冶滓である。鉄部がよく分離されており、分析資料No.13やNo.30などが生成されるより前段階のものかもしれない。また、上面に斜めに残る平板状の工具痕は分析資料No.35と共通するもので、精錬鍛冶工程の中でも比較的前段階に用いられることが多い。



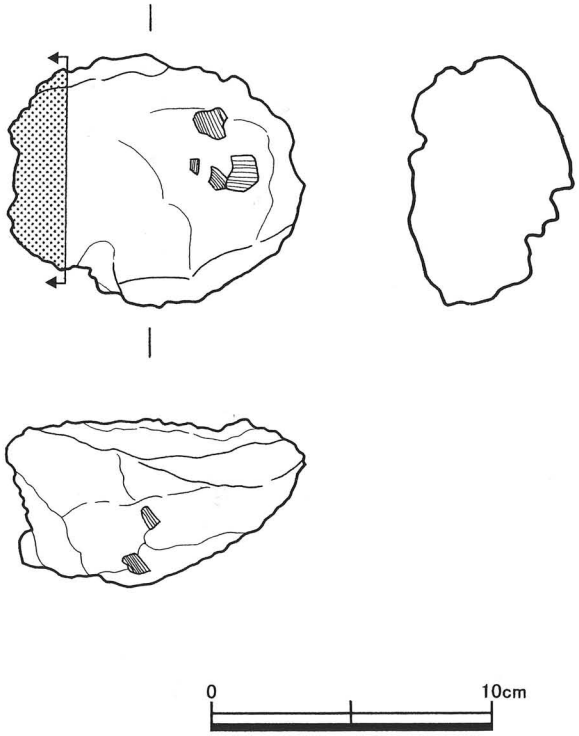
**資料番号　37**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 222 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | K－6 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

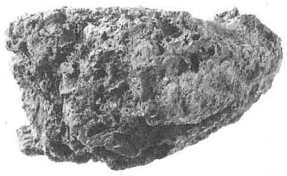
| 試料記号 | 検　鏡：SIS-37<br>化　学：SIS-37<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　10.5cm<br>幅　8.9cm<br>厚さ　6.0cm<br>重量　465.0 g | 色調 | 表：茶褐色～暗褐色<br>地：暗褐色～黒褐色 | 遺存度 | ほぼ完形 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 破面数 | 5 |
| 遺物種類（名称） | 椀形鍛冶滓（小） | | | 磁着度 | 3 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 錆化（△） | 断面樹脂 | — |

| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ検鏡 | ○ | |
| 硬度 | ○ | |
| CMA | ○ | |
| X線回折 | | |
| 化学 | ○ | |
| 耐火度 | | |
| カロリー | | |
| 放射化 | | |
| X線透過 | | |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整楕円形をした小ぶりの椀形鍛冶滓である。上下面と側面の７割方が生きており、左側面を中心に小破面が５面数えられる。表面全体と内部にも木炭痕が密集し、やや比重が低い。木炭痕は上面や内部には１cm大以下で、下面のみさらに細かい粉炭痕である。上面は木炭痕が目立つが全体的には平坦で、側面から底面にかけてきれいな椀形を呈する。右手前肩部に１ヶ所に浅い窪みが残るが、工具痕かどうかははっきりしない。側面にはやや酸化土砂が固着し、左側面の破面には木炭痕が目立つ。破面の気孔は全般に散在し、木炭痕と滓部が混在する。色調は表面は茶褐色から暗褐色、地は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／６を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備　考 | 典型的な小ぶりな椀形鍛冶滓である。本遺跡ではこうした小型の椀形鍛冶滓はごくまれで、分析資料No.36・38程度の大きさのものが圧倒的である。本資料のような小形の椀形鍛冶滓が形成されるのは、道具直しなどの小規模な作業ないしは、何らかの必要があって、ごく少量の精錬鍛冶作業が行われたためであろう。 |



上面



側面

下面

**資料番号　38**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 229 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | Ｓ４，Ｅ６ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | ◎ | |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-38<br>化学：SIS-38<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 28.7cm | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | ほぼ完形 | | 硬度 CMA | ○ | |
| | | | 幅 22.0cm | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 5 | | X線回折 | | |
| 遺物種類（名称） | 椀形鍛冶滓（中～大、含鉄） | | 厚さ 13.7cm | 磁着度 | 4 | 前含浸 | — | | 化学 | ○ | |
| | | | 重量 6900.0 g | メタル度 | H（○） | 断面樹脂 | ○ | | 耐火度 カロリー | | |
| | | | | | | | | | 放射化 X線透過 | | |

**観察所見**

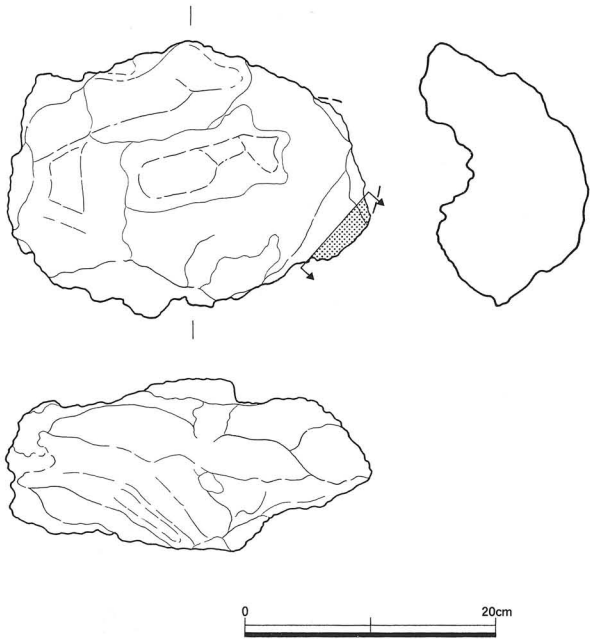
平面、不整楕円形をした中型の中ではやや大ぶりな椀形鍛冶滓である。含鉄ではあるが、H(○) と微少で、滓主体の資料である。長軸の両端部寄りに破面が５面確認できる。左側部は二段椀形滓気味であるが、これは前回の作業時の鍛冶滓片を取り残したまま操業を行ったために、結果的に融着したものであろう。本資料は部位により滓質が異なり、上面中央寄りや左側部は１cm大以下の木炭痕が密集しガサガサした調子で、右側部や下面に融着した椀形滓は比較的密度の高い光沢をもった青黒色の流動気味の滓である。上面の短軸肩部寄りは酸化土砂が厚く、部分的にこぶ状にもり上がっている。側面から底面はやや不規則で、全体的には舟底形を示しながらも、工具痕や工具痕流入滓部の突出が細い筋状に残されている。手前側部の工具痕は左上から右下へ向い、上手側部も左上から右下に向う工具痕流入滓部が認められる。このことは、羽口先位置との関係でいえば、右側部の緻密な滓部が羽口先の滓と推定され、工具は鍛冶炉の手前から斜め下に向い、羽口側に差し込まれていることがわかる。本資料に残される工具痕や工具痕流入滓部の突出はやや細身の印象を受ける丸棒状である。底面の一部に擬似粒状滓様の球形気味の滓が顔をのぞかせている。色調は表面は茶褐色から黒褐色で、地は暗褐色から黒褐色である。

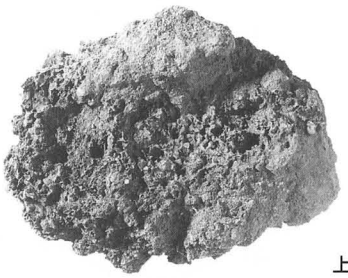
**分析部分**

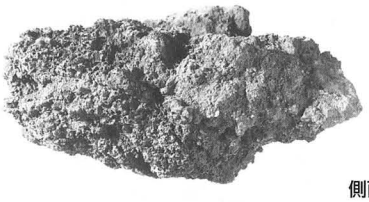
長軸端部角１／14を直線状に切断し、滓部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

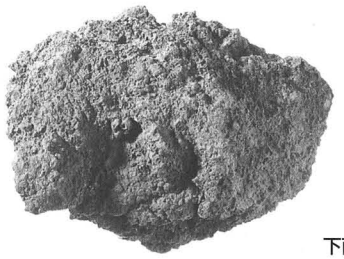
**備考**

滓の中核部は典型的な精錬鍛冶滓の特色をもつもので、製錬系の含鉄素材の処理にかかわる派生物の可能性が高い。また、本資料は比較的大型で楕円形気味であるが、本遺跡の一般的な椀形鍛冶滓の形状や大きさは、分析資料No.36に近い中型の中でもやや小ぶりの個体が多い。他方、大形の椀形鍛冶滓が多く出土する鍛冶遺跡も知られており、こうした椀形鍛冶滓の大きさの差はいくつかの原因が考えられる。①年代差、②工程差、③一回あたりの処理量の違い、等が考えられるが、もうひとつの重要な要素は、原材料となる銑鉄ないしは含滓の鉄の性質によるものと推定される。あえて本遺跡の鍛冶滓の大きさが小さめであるということを重視すれば、本遺跡にもたらされた鉄系の素材の滓量が少なく、比較的、銑鉄塊主体の左下作業を中心に行われていたという可能性もあろう。さらに拡大解釈をすれば、地下構造を充実した弓谷たたら付属の鍛冶工房として機能していた時期が想定され、素材のよさに直結する可能性もあるかもしれない。





上面


側面


下面

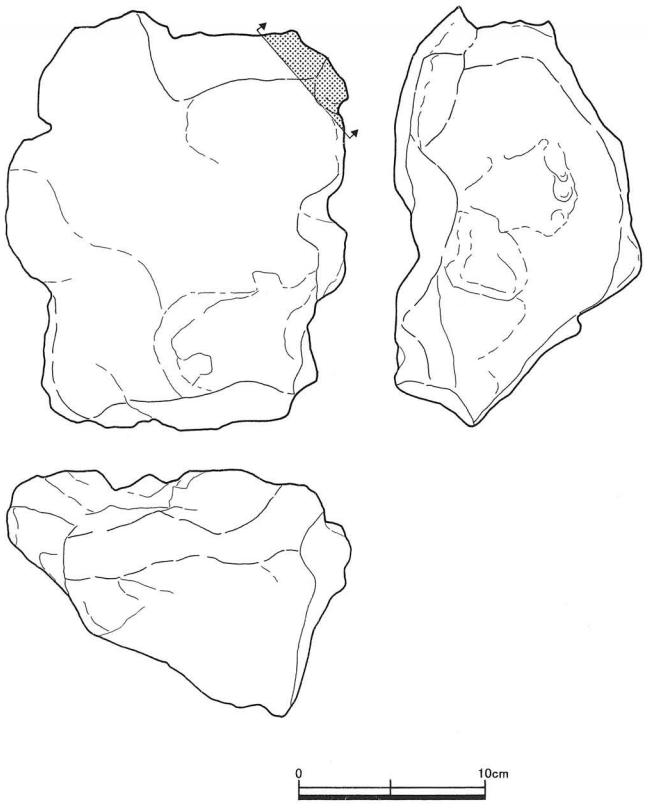
**資料番号　39**

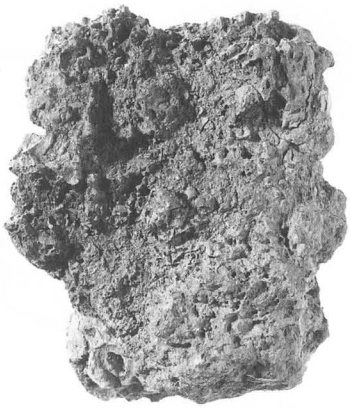
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 236 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | N2，E6 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

| 試料記号 | 検　鏡：SIS-39<br>化　学：SIS-39<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　18.0cm<br>幅　22.2cm<br>厚さ　13.1cm<br>重量　5000.0 g | 色調 | 表：黄褐色～黒褐色<br>地：暗黒褐色～黒褐色 | 遺存度 | ほぼ完形 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 破面数 | 6 |
| 遺物種類（名称） | 椀形鍛冶滓（含鉄） | | | 磁着度 | 5 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 特L（☆） | 断面樹脂 | ○ |

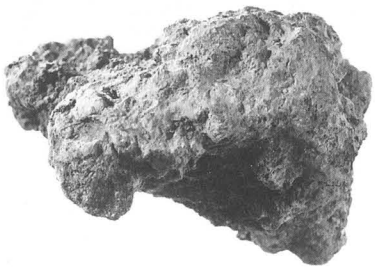
| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| 硬度 | ○ | |
| CMA | ○ | |
| X線回折 | | |
| 化学 | ○ | |
| 耐火度 | | |
| カロリー | | |
| 放射化 | | |
| X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整五角形気味の含鉄の椀形鍛冶滓である。上下面の大半は生きており、肩部の一部に小破面が4ヶ所確認される。上面にも小破面が2面数えられる。全体に左側が薄く、右側に向い徐々に厚くなっている。右側面は急に途切れており、一部は窪んでいる。その窪み部分から幅1cm以下の流動状の滓が流れかけている。上面は2cm大以下の木炭痕が目立ち、下面は5mm大以下の粉炭痕に覆われる。肩部は場所によりまちまちで、小破面や緩やかな突出部が巡る。上面手前右側は一段高く、黒褐色の滓がのるような格好になっている。手前側の右端部側面には、縦方向の突出部が少なくとも2条確認できる。これは工具痕流入滓部の可能性があろう。右側面を中心に放射割れが発達しかけており、黒錆のにじみも強い。なお、分析部分に指定したあたりには1～2cm大のこぶ状の鉄部が突出し、磁着も強い。色調は表面が酸化土砂により茶褐色気味で、地の露出する破面は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部角1／6を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備　考 | 正位が逆方向で、資料右側が羽口先方向の可能性も残る。また分析指定位置付近や、上面中央に残る小さなこぶ状の含鉄部は、鍛冶素材の残留による可能性も残る。 |



上面

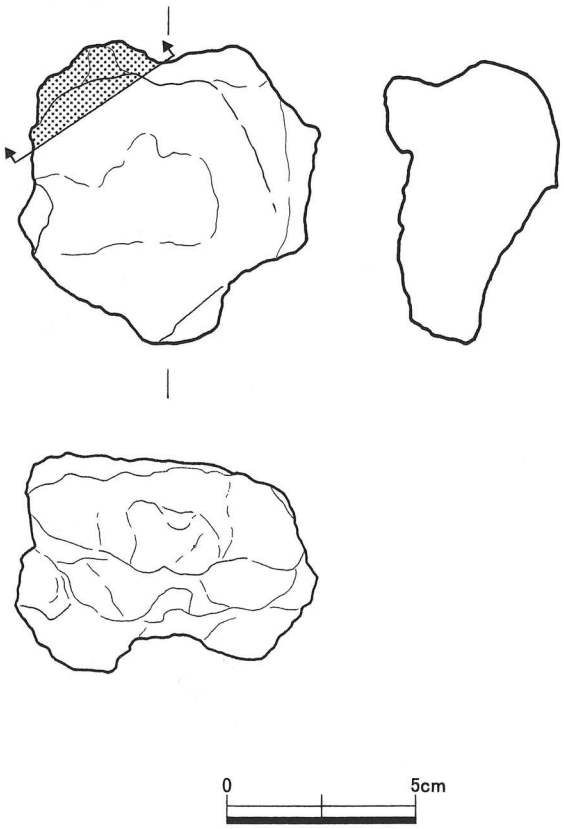


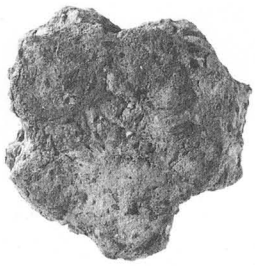
下面

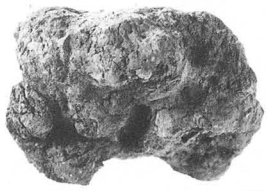
**資料番号　40**

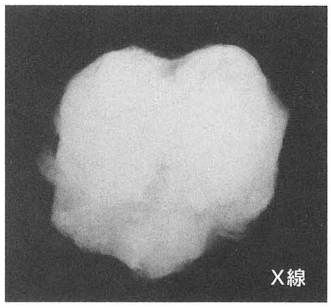
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 263 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | F－9 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-40<br>化学：SIS-40<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 8.0cm<br>幅 7.9cm | 色調 | 表：黄褐色～暗褐色 | 遺存度 | 不明 | | 硬度CMA | ○ | |
| | | | | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 不明 | | X線回折化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 不定形鉄塊 | | 厚さ 5.7cm | 磁着度 | 7 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量 451.7g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整多角形をした不定形鉄塊である。表面全体に黄褐色の酸化土砂が取り巻き、不明の部分も多い。上面は平坦気味で中央部が浅く窪んでいる。肩部は交互に窪みと突出部が連続し、やや花弁状の平面形となる。側部は突出部や椀形の傾斜面からなり、底面中央部に向い放射割れがややはげしい。左側部の中央には縦に樋状の窪みが残り、あるいはこの左側全体が破面ではないか、疑わせる。磁着はある程度強く、X線透過像にも内部にかなり隙間が多いことが分かる。ただ、全体に隙間が多いわけではなく、銑鉄塊と言い切るには多少躊躇する。色調は表面が黄褐色から暗褐色、地は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部角１／５を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | しいていえば分析資料No43に近い性質をもつ資料といえよう。両者とも肩部の一部が流動気味で、炭素量が高い部分が主体となり、周辺部に多少低めの部分や滓部などを持つ可能性もあろう。製錬系か鍛冶系かは判断しにくいが、あえていえば製錬系の鍛冶素材ではないかと考えておきたい。 |





上面


側面


X線

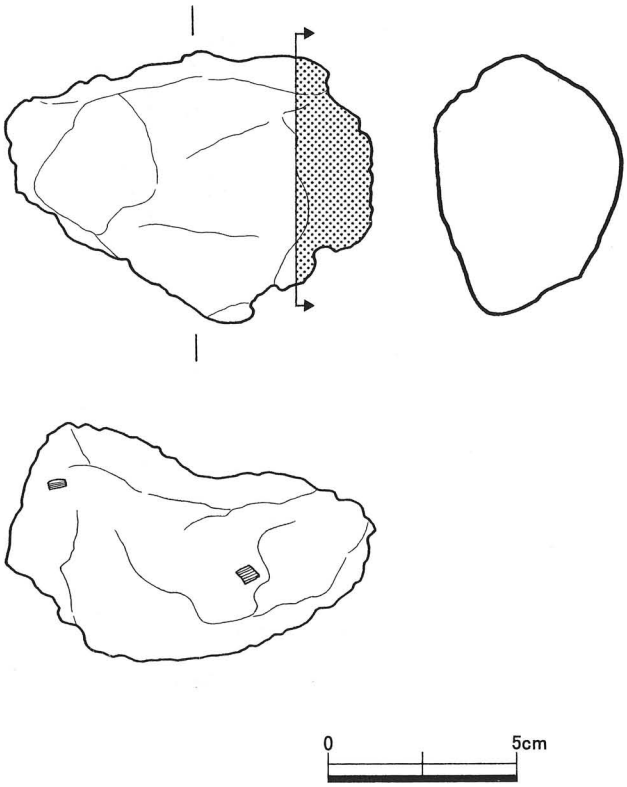
**資料番号　41**

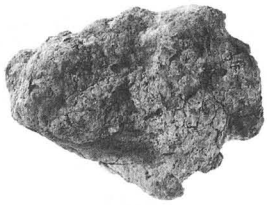
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 250 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | G－9 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

| 試料記号 | 検　鏡：SIS-41<br>化　学：SIS-41<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　9.7cm<br>幅　7.2cm<br>厚さ　6.2cm<br>重量　445.6 g | 色調 | 表：黄褐色～暗褐色 | 遺存度 | 不明 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 不明 |
| 遺物種類（名称） | 含鉄鉄滓 | | | 磁着度 | 9 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ |

| 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|---|
| | マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| | 硬度CMA | ○ | |
| | X線回折化学 | | ○ |
| | 耐火度カロリー | | |
| | 放射化X線透過 | | ○ |

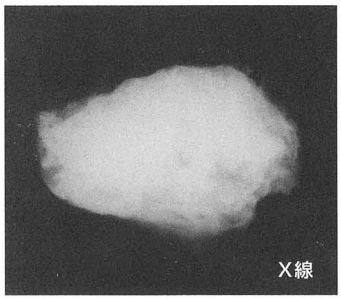
| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整六角形をした含鉄鉄滓である。破面数ははっきりしないが、左上の突出部の端部が不自然である。上面や側面、下面の各所に滓が点々と露出し、表面は滓部主体であることが分かる。滓部には気孔や微細な木炭痕が確認できる。各面の酸化土砂や滓表面に微細な放射割れが数多く入りはじめている。また左側部には黒錆がにじんでいる。右半分の外観は椀形滓状で、平坦気味の上面観や側面から下面にかけてのカーブは椀形鍛冶滓といってもおかしくないものである。そうした見方をすると、左半分の側部は3面以上が破面的で、上下方向に平坦な割れ口様の部分が認められる。X線透過像を見ると、内部に数多くの隙間や気孔状の部分が確認される。色調は表面は黄褐色から暗褐色、地は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部1／5を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備　考 | 外観やX線透過像から性格を確定することのやや難しい資料である。滓と鉄が共存し、内部に隙間がある程度認められるという条件で考えると、精錬途上の含鉄の滓、または製錬炉からもたらされた滓含みの鉄のどちらかであろうと考えられる。 |



上面

下面

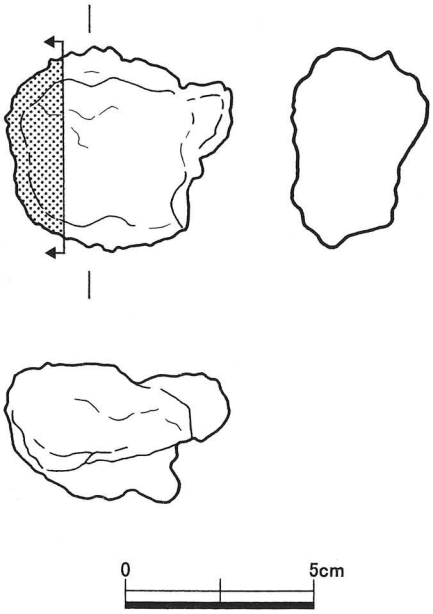


X線

**資料番号　42**

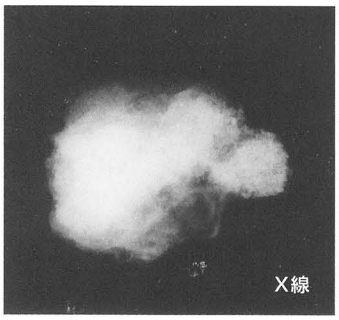
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 258 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | N2,W2 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-42<br>化学：SIS-42<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 5.9cm | 色調 | 表：茶褐色～暗褐色 | 遺存度 | 不明 | | 硬度CMA | ○ | |
| | | | 幅 5.4cm | | 地：暗褐色 | 破面数 | 不明 | | X線回折化学 | | |
| 遺物種類（名称） | 含鉄鉄滓 | | 厚さ 3.7cm | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量 141.8 g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整五角形をした小ぶりの含鉄鉄滓である。表面に酸化土砂や小石が固着し、やや再結合気味である。新しい破面に鉄の銹化物や１㎜大の光沢をもった粒状滓が露出している。小さいながらも、全体観はやや椀形気味である。滓は光沢をもったやや緻密なもので、微細な気孔が不定方向にのびている。X線透過像を見ると、芯部には比較的しっかりした鉄部が棒状にのびており、鉄器をまきこんでいるようにも見えるが、鉄塊かもしれない。気孔も内部に確認できる。色調は表面は茶褐色から暗褐色、地は暗褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／４を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 酸化土砂中の粒状滓や滓表面の粒状滓を重視すれば、鍛冶系の滓含みの鉄塊ということになる。X線透過像等から現状では分析資料No44や40・43などに比較的近いものとみられる。 |



上面

下面

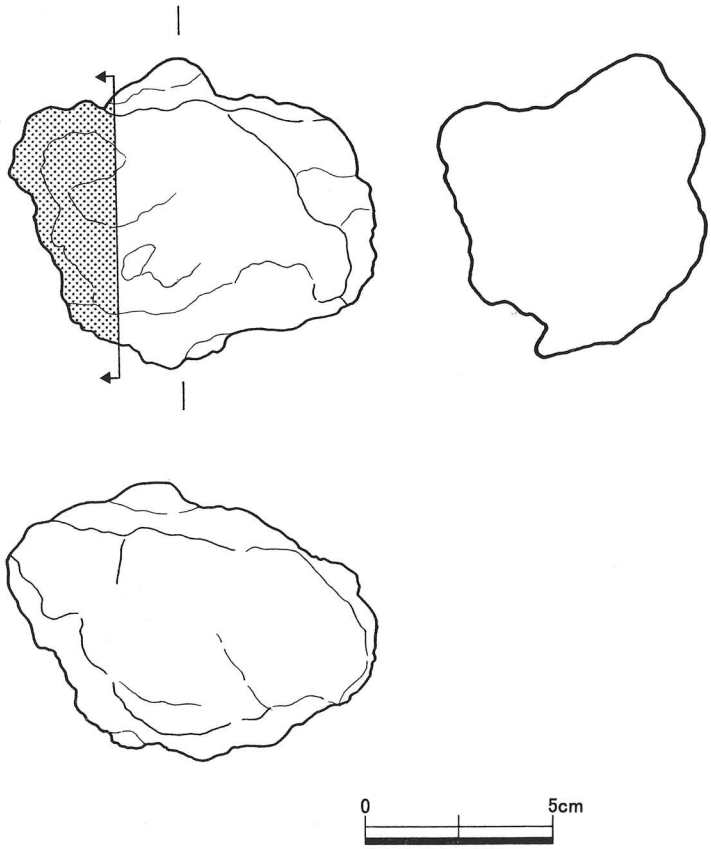


X線

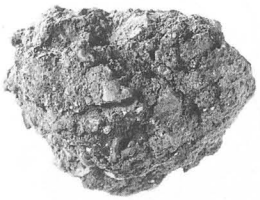
**資料番号　43**

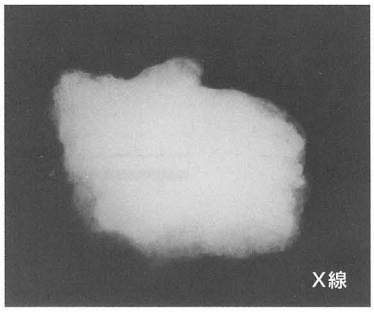
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No | 264 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | 表土 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○ ◎ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-43<br>化学：SIS-43<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 9.6cm<br>幅 8.2cm | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | 不明 | | 硬度 CMA | | ○ |
| | | | | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 不明（1） | | X線回折化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 不定形鉄塊 | | 厚さ 7.3cm | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量 686.2 g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整台形ないし不整五角形をした、握り拳大の不定形鉄塊である。全面がやや分厚い酸化土砂に覆われ、表面状態がきわめて分かりにくい。手前側面の肩部には新しい破面が生じているが、これは酸化土砂の破面である。その周辺には酸化土砂にも放射割れが及んでいる。短軸のもう一方の肩部から側面は丸みをもった塊状で、鉄部がやや下に向かって垂れ下がり気味と考えられる。側部は全体に急角度の椀形断面を示し、底面中心は尖り気味である。X線透過像は比較的気孔や隙間が多く、左側部と手前側面が不自然に割れていることがよみとれる。上手の側部には工具痕様の窪みが横方向にのびている。色調は表面は茶褐色から黒褐色、地は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部1／4を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 酸化土砂が厚く判別しにくい資料である。外観やX線透過像は分析資料No40・41・46などに近く、製錬系の鍛冶原料としての炭素量の高い鉄塊ではないかと推定される。 |



上面

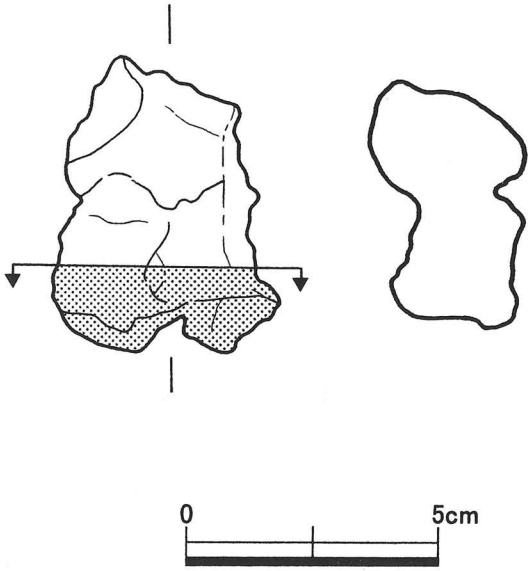

側面

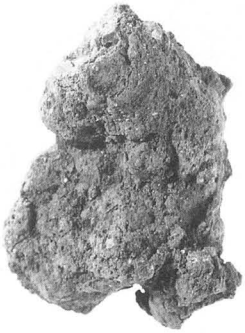

X線

**資料番号　44**

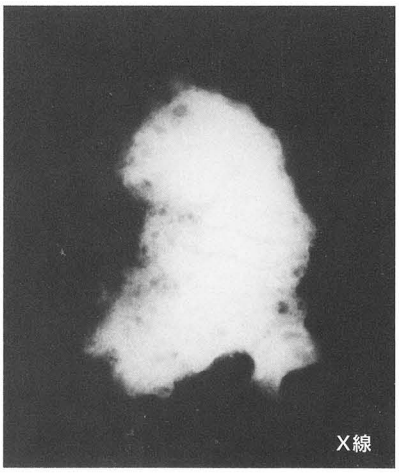
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 267 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | 表土 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-44<br>化学：SIS-44<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 4.3cm | 色調 | 表：茶褐色～暗褐色 | 遺存度 | 破片 | | 硬度CMA | | ○ |
| | | | 幅 5.8cm | | 地：暗褐色 | 破面数 | 1 | | X線回折化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 不定形鉄塊（銑鉄） | | 厚さ 3.7cm | 磁着度 | 7 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量 112.1 g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整台形をした小塊状の鉄塊である。表面には酸化土砂が目立ち、端部の球状化した鉄部はひび割れが生じはじめている。上面や側面には１cm大前後の木炭痕が散在し、破面の中央付近には木炭が遺存している。下面は突出部を持つが、全体的には椀形である。X線透過像には内部に気孔がある程度認められ、鉄質としては銑鉄ではないかと考えられる。色調は表面は茶褐色から暗褐色で、地は暗褐色である。 |
| 分析部分 | 短軸端部１／４を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 製錬系の銑鉄塊の小片か、精錬鍛冶段階での成分調整の途上品の破片であるのかがはっきりしないが、滓部があまりなく、外観的な判別は難しそうである。 |



上面



X線

**資料番号　45**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 270 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | H－6 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

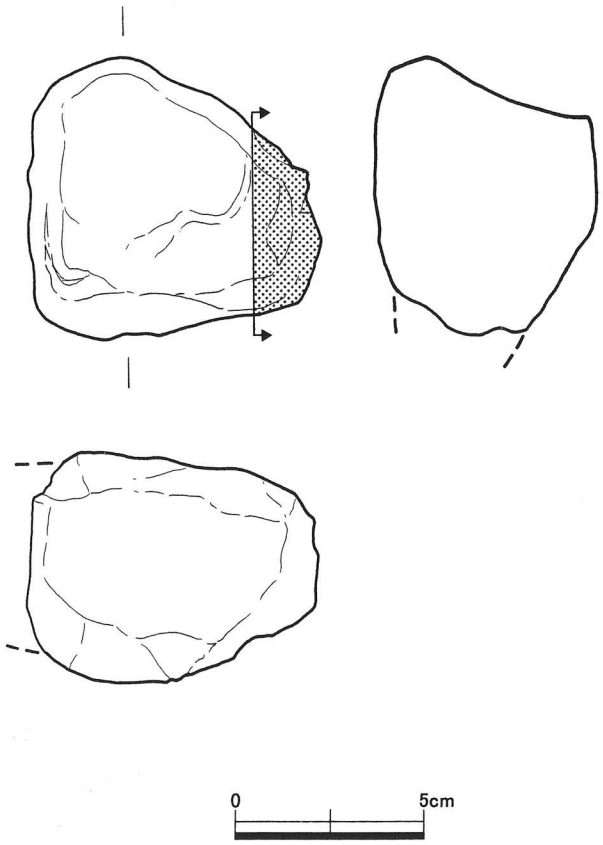
| 試料記号 | 検鏡：SIS-45<br>化学：SIS-45<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 7.8cm<br>幅 6.5cm<br>厚さ 5.9cm<br>重量 848.6g | 色調 | 表：黄褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 地：黒褐色 | 破面数 | 2 |
| 遺物種類（名称） | 鉄塊（銑鉄？） | | | 磁着度 | 8 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ |

| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ検鏡 | | ○<br>◎ |
| 硬度<br>CMA | | ○<br>○ |
| X線回折<br>化学 | | <br>○ |
| 耐火度<br>カロリー | | |
| 放射化<br>X線透過 | | <br>○ |

**観察所見**　平面、イチョウの葉状の分厚い鉄塊である。外周部に粉炭や鉄滓片を含んだ酸化土砂が厚い。左側部と手前側側面は直線状で、破面と推定される。上面は小さな木炭痕様の窪みをもつものの、全体的には平坦気味である。右奥側の肩部はきれいな円弧状で、側部は傾斜の強い椀形である。一部は地の鉄部が銹化して露出し、部分的にキラキラと輝いている。資料の表面全体が銹化が進んでいるためか、表層は磁着が弱い。X線透過像は資料が分厚く、X線が透りにくいためか全体に白くぬけてしまい、気孔や内部の隙間が写っていない。これは密度が高い証拠でもあり、比重が見かけ以上にあると判断される。色調は表面は黄褐色から黒褐色、地は黒褐色である。

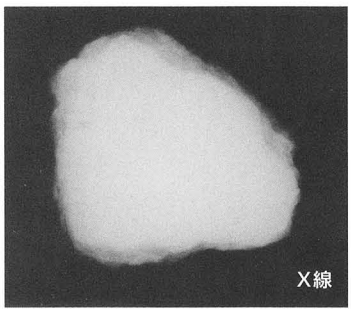
**分析部分**　長軸端部1／4を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

**備考**　X線透過像では判断できないが、外観的には分析資料No.16の椀形鉄塊の一部とよく似ており、側面の破面も直線状で、類似資料ではないかとみておきたい。精錬鉄塊であるのか、たたら場から持ちこまれた製錬鉄塊であるのかが注目される。もし後者とすれば、分析資料No.16とともに、弓谷たたらからの供給素材の形と質をおさえるための第一候補となろう。



上面

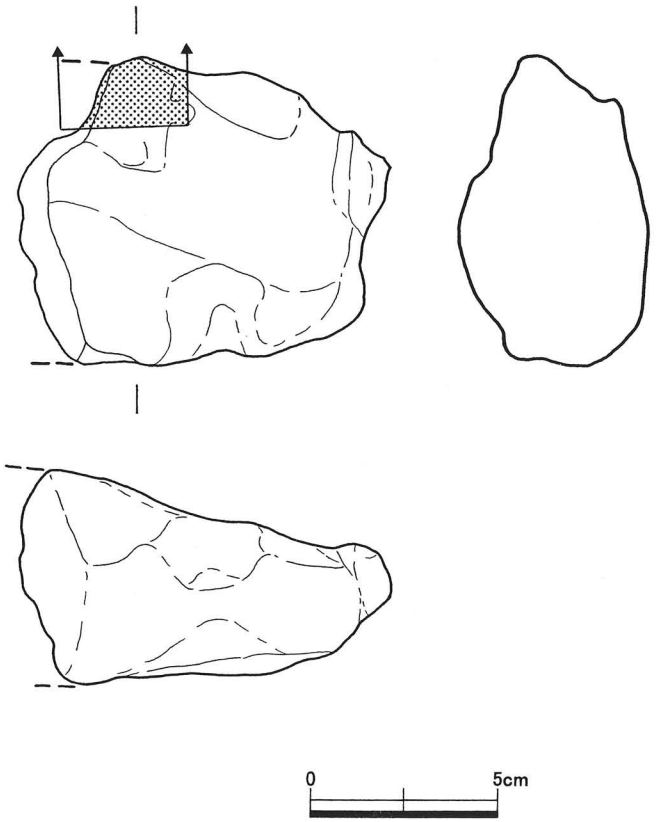
側面


X線

**資料番号　46**

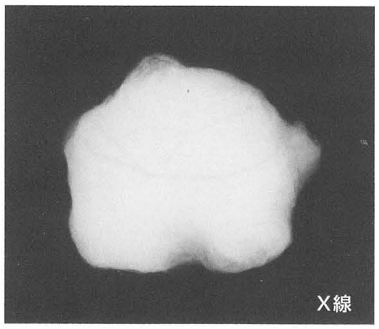
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 271 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | G－8 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-46<br>化学：SIS-46<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 9.8cm<br>幅 8.2cm | 色調 | 表：黄褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 | | 硬度CMA | | ○ |
| | | | | | 地：黒褐色 | 破面数 | 2 | | X線回折化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 鉄塊（銑鉄） | | 厚さ 5.7cm | 磁着度 | 10 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量 729.5g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整五角形をした端部が丸みを持った丸餅状の鉄塊である。左側部２面は不自然な面で、破面と推定される。短軸片側の肩部も小さな平坦面をもつが、破面とまではいいきれない。上面は全体に右方向に傾き、短軸方向は緩やかな弧状である。下面は浅い皿形で、わずかに木炭痕様の窪みをもつ。左側部肩には放射割れが入りはじめている。全体に流動状で、流れた銑鉄の先端部破片の可能性が高い。上面の一部に灰白色の酸化物が認められる。X線透過像には内部の無数の気孔が写っている。色調は表面は黄褐色から黒褐色で、地は黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部角１／４を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | ほぼ確実に銑鉄塊の破片といえよう。精錬鍛冶処理を行う前の、たたらから供給された素材鉄の可能性が高い。ただし、上面の一部に浅い木炭痕様の窪みがあり、精錬鍛冶を全く行っていないかどうかは不明である。 |



上面

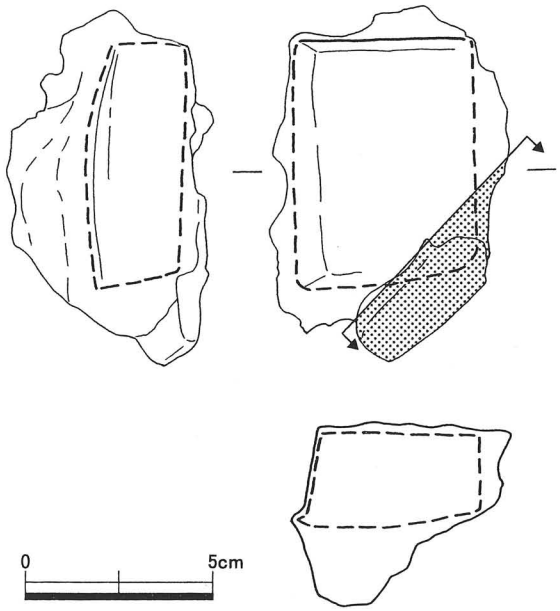
側面

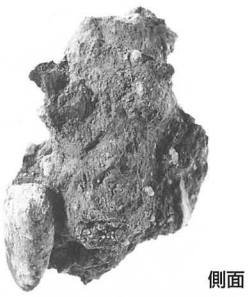

X線

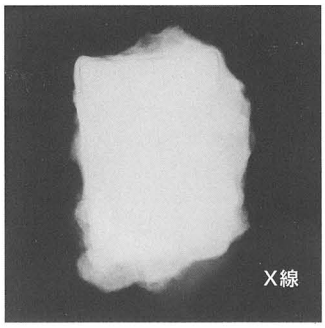
**資料番号　47**

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No | 278 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | N２，E４ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-47<br>化学：SIS-47<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 6.6cm<br>幅 4.8cm | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | 完形 | | 硬度<br>CMA | | ○<br>○ |
| | | | | | 地：暗褐色～黒褐色 | 破面数 | 0 | | X線回折<br>化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 小割鉄 | | 厚さ 2.5cm | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — | | 耐火度<br>カロリー | | |
| | | | 重量 492.9 g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化<br>X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整台形をした厚板状の小割鉄である。表面には酸化土砂や土壌中の石片などが不規則に固着し、芯部の割鉄の肩部の一部がのぞいている程度である。左側面と上方の肩部が露出しているが、他の部位は不規則なこぶ状の付着物に覆われており、割鉄とは分かりにくい状態である。X線透過像を加味して判断すると、割鉄部分はやや厚みをもった切り餅状で、短軸の両端部がわずかに斜めに成形され、左側部も鏨で切り落とされたような形状である。上面は平坦気味で下面は緩やかな樋状となっている。側面の全てが鏨で切り落とされたものかどうかは、はっきりしない。部分的には平坦部や、抉れた部分、また緩やかに盛り上がった部分などが確認され、整形は途上と考えられる。色調は表面は酸化土砂により茶褐色気味で、肩部を除く地部分は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部角１／６を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 精錬鉄塊を厚板状に整形したのち、鏨で粗く切り分けた鍛打整形途上の一種の割鉄とみられる。表面や側面の整形は粗く、多少凹凸が残っている。板状、あるいは棒状に鍛打された母体となる鉄塊をさらに小割したという意味でも、本来小割鉄の形を示している可能性が高い。分析資料No48に比べて厚みがある。 |



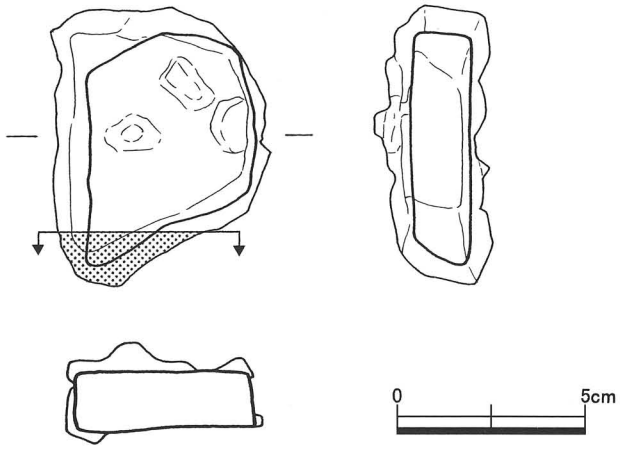


**資料番号　48**

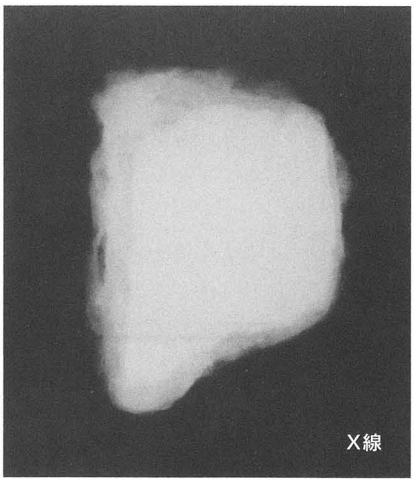
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No | 281 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | Ｊ－６ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-48<br>化学：SIS-48<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 6.2cm<br>幅 4.4cm | 色調 | 表：黄褐色～暗褐色<br>地：暗褐色～黒褐色 | 遺存度 | 完形<br>破面数 0 | | 硬度<br>ＣＭＡ | | ○ |
| | | | | | | | | | X線回折<br>化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 小割鉄 | | 厚さ 1.6cm | 磁着度 | 4 | 前含浸 | — | | 耐火度<br>カロリー | | |
| | | | 重量 217.3ｇ | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化<br>X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 平面、不整台形をした厚板状の小割鉄の可能性のある遺物である。表面にはやや厚く酸化土砂が固着し、下面中央付近と側面の一部が見えるのみである。下面はごく緩やかな弧状で、全体的には平坦気味に整えられている。側面は上下方向にはわずかに傾斜した平坦面である。ただし、X線透過像を見ると両側面のみが平坦に成形され、図面上下方向の側面は不自然に途切れたような感じを示す。これが成形時の整え方の甘さを示すものか、人工的な破面なのかは区別できない。割鉄とすれば、少なくとも左側面は鏨による切断痕となろう。外見よりは芯部はしっかりしたものである。色調は表面が酸化土砂により黄褐色で、地は暗褐色気味である。わずかに錆ぶくれや放射割れがはじまっているが、残りはよい。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／５を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 一応、割鉄としているが、やや厚みが薄く、一見、鉋の刃にそえられた鉄板状である。しかしX線透過像では、短軸側の側部が不自然で、可能性としては他の用途をもつものかもしれない。 |



上面

側面



X線

**資料番号　49**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No | 289 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | F－8 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

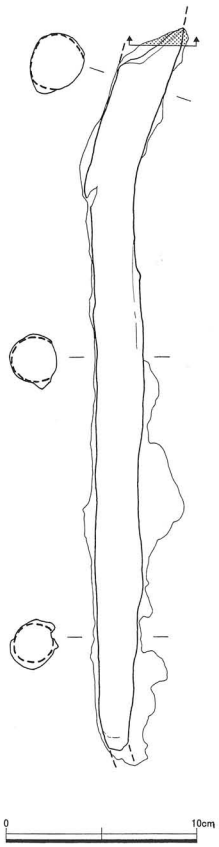
| 試料記号 | 検　鏡：SIS-49<br>化　学：SIS-49<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　38.2cm<br>幅　2.7cm<br>厚さ　3.3cm<br>重量　1218.3 g | 色調 | 表：黄褐色～暗褐色<br>地：暗褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片？ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 破面数 | 2 |
| 遺物種類（名称） | 鉄製品（棒状工具） | | | 磁着度 | 7 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ |

| 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|---|
| | マクロ | | ○ |
| | 検鏡 | | ○ |
| | 硬度 | | ○ |
| | CMA | | ○ |
| | X線回折 | | |
| | 化学 | | ○ |
| | 耐火度 | | |
| | カロリー | | |
| | 放射化 | | |
| | X線透過 | | ○ |

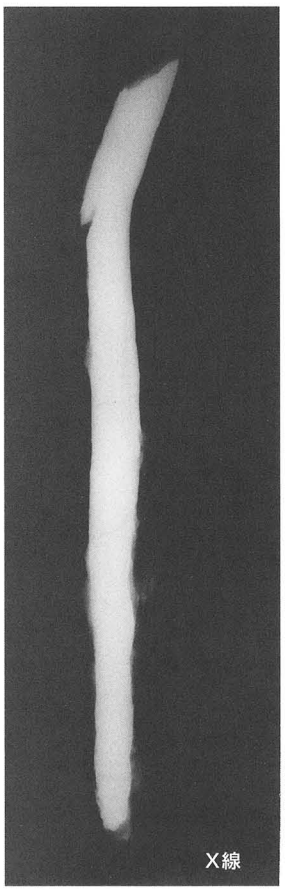
**観察所見**　基部側と先端部が折れ曲がった、断面円形の鉄棒状の工具破片である。基部側は斜めに不自然に割れており、先端部は銹化により一部が欠けている。破面数は２を数える。表面には部分的に地の鉄棒状の表面が見える、大半は黄褐色から黒褐色の酸化土砂に不規則に覆われている。工具本来の表面は鎚打ちにより整形されたためか、３～４cmほどの単位で不規則な平坦面が散在する。そのため全体的には丸みをもった横断面形をもちながら、多角柱状の部分も併存する。基部側の屈曲部は長さ8.4cmほどで、先端側の屈曲部はおおよそ2.8cmほどの長さである。折れ曲がり方向は、基部側の曲がりを基準にすると、先端部側は右斜め上方向に折れている。これは、使用による曲がりであろう。基部以外は完全な直線状のものではなく、基部より半分ほどがわずかに盛り上がっている。また、X線透過像でみると、基部側の曲がりの外側に深いV字状のひび割れが認められ、この曲がり自体が工具の使用による変形であることがわかる。基部側の破面とあわせて、この部分に相当の無理がかかったことが理解される。先端部の曲がりは、熱影響による曲がりの可能性があろう。色調は表面の酸化土砂が黄褐色から黒褐色で、地は暗褐色から黒褐色である。工具表面には長軸方向に向い、ひび割れが生じはじめており、一部の表面に灰白色の酸化物が確認される。上面基部寄りの表面に、わずかながらも黒褐色の滓がうすく固着しているが、これは使用時に着いたものとみたい。

**分析部分**　長軸端部１／38を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。

**備　考**　鍛冶具のなかでも主要な道具と考えられる突き棒の一種と推定される。突き刺しに使用された証拠となる、先端部や基部側の曲がりに加えて、表面の一部にも滓が固着している。箸摺を支点に火窪内の鍛冶鉄塊や滓の角度を調整する用途を持つものであろうか。民俗例や史料『鉄山必用記事』の中にも類似したものが知られている。



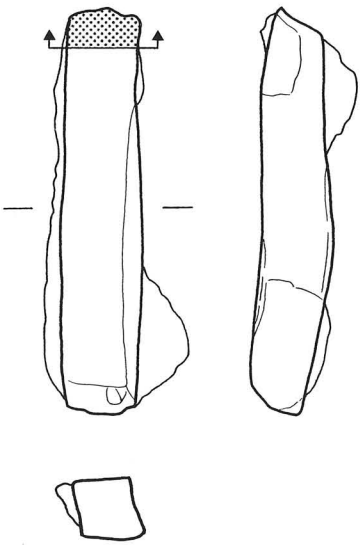
上面


X線

**資料番号　50**

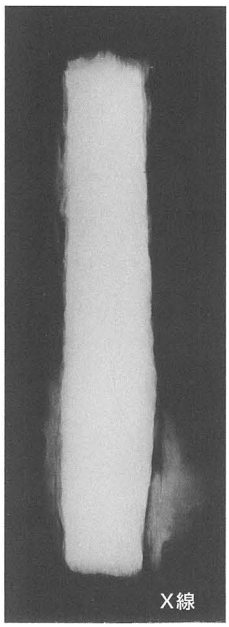
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 294 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | G－8 | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-50<br>化学：SIS-50<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 11.7cm | 色調 | 表：黄褐色～暗褐色 | 遺存度 | 破片 | | 硬度<br>CMA | | ○ |
| | | | 幅 2.2cm | | 地：暗褐色 | 破面数 | 2 | | X線回折<br>化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 鉄製品（工具？） | | 厚さ 1.9cm | 磁着度 | 7 | 前含浸 | — | | 耐火度<br>カロリー | | |
| | | | 重量 181.9g | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化<br>X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 不整方形の横断面形をもつ棒状の鉄製品の破片である。少なくとも長軸の片側は斜め方向の破面で、もう一方の端部も同じような傾斜をもつ面であり、破面である可能性が高い。したがって破面数は２としておく。側面は各面とも平坦気味に整えられているが、完全とは言いきれず、全体に緩やかな波状である。各面の接点となる肩部はやや不規則な角度をもつ。図面の手前側がやや扁平で、上手側が比較的きれいな方形の破断面である。平面には部分的に黄褐色の酸化土砂が固着し、鉄棒そのものの表面はややモザイク状に酸化物や酸化土砂が混在している。こぶ状の酸化土砂には５㎜大以下の粉炭が混じっている。色調は表面の酸化土砂を中心に黄褐色気味で、地の酸化物は暗褐色から黒褐色である。上面２ヶ所は表面の酸化物が剥離したためか、小さな欠けが残る。X線透過像にはきれいな鉄部が確認され、長軸の両端部のみが不自然に折れた像となっている。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／10を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 工具の破片なのか、庖丁鉄の破片なのか判断に迷う資料である。端部が斜めに割れている点に特色があり、分析資料No49と共通することを重視して、鍛冶用の工具片の可能性が高いとみておく。ただし、細身の庖丁鉄の破片であっても資料的には貴重な例となろう。内部の銹化状態が分析資料No51と大きく異なっている。 |



上面

側面



X線

0　5cm

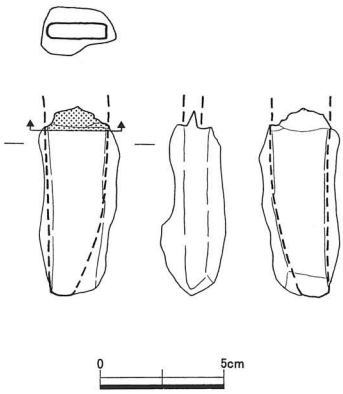
**資料番号　51**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 297 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | H－9 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

| 試料記号 | 検鏡：SIS-51<br>化学：SIS-51<br>放射化：— | 計測値 | 長さ 7.4cm<br>幅 2.4cm<br>厚さ 0.6cm<br>重量 95.3g | 色調 | 表：黄褐色～黒褐色<br>地：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 破面数 | 2？ |
| 遺物種類（名称） | 鉄製品（工具？） | | | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ |

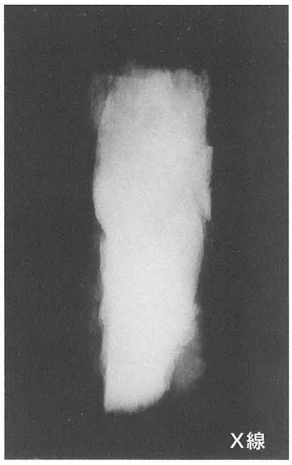
| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ | | ○ |
| 検鏡 | | ○ |
| 硬度 | | ○ |
| CMA | | |
| X線回折 | | |
| 化学 | | |
| 耐火度 | | |
| カロリー | | |
| 放射化 | | |
| X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 扁平な棒状の鉄製品の破片である。表面は分厚く粒状滓や粉炭を含んだ酸化土砂に覆われている。図面上方は、明瞭な破面で、芯部の鉄部がやや不規則な板状にのびている。手前側は斜めのきれいな直線状に途切れており、鏨等による切断面か、破断面か迷うところである。そのため破面数を２？としておく。破面に露出する鉄部から見ると、本来は幅2.3cm厚さ0.5cmほどの板状に整形された棒状の鉄製品ではないかと考えられる。形状や破面に見られる芯部の錆化状態が分析資料No.50とはやや異なり、用途についても同一とは考えにくい状態である。一見、刀の柄状である。色調は表面の酸化土砂が茶褐色から暗褐色、地は暗褐色から黒褐色の錆化物である。芯部に薄く鉄部が残り、鉄器表面は皮状に錆化してしまっている。表面の酸化土砂に含まれる粒状滓は径0.6mm大の光沢をもったものである。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／８を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 用途は不明ながら、表面の酸化土砂には明らかに鍛冶関連を示す、多量の粉炭や微細な粒状滓が確認される。その意味では鍛冶に関わりの深い鍛冶具、ないしは製品としての庖丁鉄の破片である可能性は高そうである。 |



上面

側面

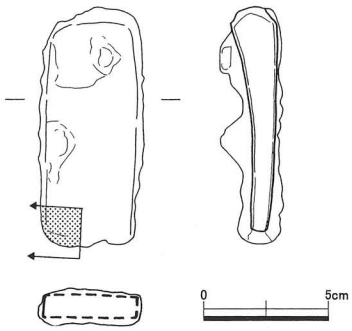


X線

**資料番号　52**

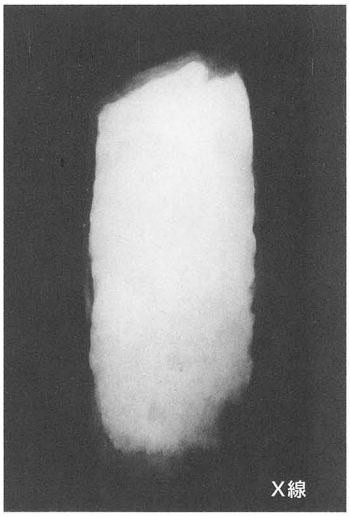
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No | 298 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | Ｊ－６ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-52<br>化学：SIS-52<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　9.0cm<br>幅　3.6cm | 色調 | 表：明茶褐色～暗褐色 | 遺存度 | 完形 | | 硬度<br>ＣＭＡ | | ○ |
| | | | | | 地：暗褐色 | 破面数 | 1 | | X線回折<br>化学 | | ○ |
| 遺物種類（名称） | 板状鉄製品（クサビ？） | | 厚さ　1.8cm | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — | | 耐火度<br>カロリー | | |
| | | | 重量　179.3ｇ | メタル度 | 特L(☆) | 断面樹脂 | ○ | | 放射化<br>X線透過 | | ○ |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | わずかに反り返った板状の鉄製品である。実測図の上方から手前に向い徐々に薄くなり、手前側端部は全面が破面となっている。したがって破面数は１となる。またこの破面は、やや斜めに欠け落ちたような形状となっている。それ以外は平坦な面としてきれいに鍛造されている。一見小さな鍬先のような外観を示す。さらに詳しくみると、下・上面とも実測図の手前から上方に向い反りかえっており、厚みも手前が４㎜ほどであるのに対し、上方では1.5㎝前後となっている。表面には不規則に黄褐色の酸化土砂や銹化物が固着している。X線透過像でみると、上方の端部も銹化が進み、かなり乱れた状態を示している。芯部も薄い手前の方が比較的よく残り、上方の厚い部分が見かけ以上に銹化が進んでいることが分かる。鍛造を示す筋も長軸方向に平行ではなく、左側上方ではかなり曲がっていることが分かる。色調は表面の酸化土砂が明茶褐色から暗褐色、地は暗褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部角１／６を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備考 | 短いバチ形の形状と厚い頭部側の銹化のはげしさや長軸方向への反り返り方などから、農工具に関連するクサビではないかとみておく。調査のごく初期段階で出土したことから考えても、本遺跡の鍛冶作業に直接関連する遺物かどうかは多少疑問点がある。 |



上面

側面



X線

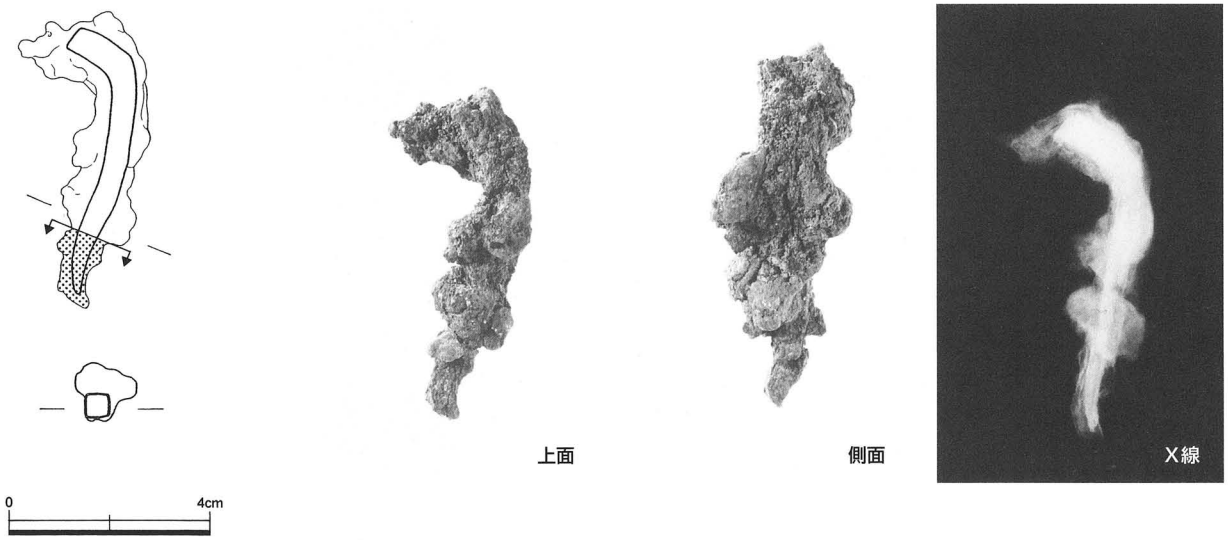
**資料番号　53**

| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | 遺物No. | 317 |
|---|---|---|---|---|
| | 出土位置 | S2,W6 | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 |

| 試料記号 | 検　鏡：SIS-53<br>化　学：SIS-53<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ 5.4cm<br>幅 0.5cm<br>厚さ 0.5cm<br>重量 19.3 g | 色調 | 表：暗褐色<br>地：暗褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 破面数 | 2？ |
| 遺物種類（名称） | 鉄製品（釘） | | | 磁着度 | 6 | 前含浸 | — |
| | | | | メタル度 | L(●) | 断面樹脂 | ○ |

| 分析 項目 | 滓 | メタル |
|---|---|---|
| マクロ検鏡 | | ○<br>○ |
| 硬度CMA | | ○ |
| X線回折化学 | | |
| 耐火度カロリー | | |
| 放射化X線透過 | | ○ |

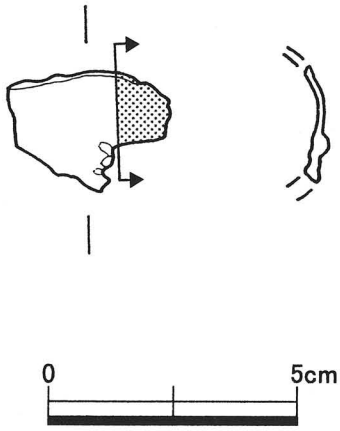
| | |
|---|---|
| 観察所見 | 全体に逆S字状に曲がった鉄釘である。足部の先端部は明らかに欠けており、頭部の折り返しも現状では見られない。全体に頭側から足部に向い徐々に細くなっている。表面にはこぶ状の酸化土砂がはげしく固着しており、一見釘とは思えないほどである。足部寄りで確認できる釘の横断面形は方形である。頭側は酸化土砂に覆われて、外見上は釘とさえ判別しがたく、かろうじてX線透過像でよみとれる程度である。また鍛造痕を示す筋が薄く確認できる。固着土砂には粉炭や、鍛造剥片のような滓片が含まれているが、確実に鍛造剥片とはいえない。色調は表面が暗褐色で、地は暗褐色から黒褐色である。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／５を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備　考 | 錆化がかなり進んだ鉄釘である。S字状に曲がった形状は意図的なものではなく、長軸方向全体にねじれるような形状を示すことから、使用時ないし、釘を抜き取ったおりの変形ではないかと推定される。足側先端が欠落していることがこれに関連するかどうかも不明である。 |



**資料番号　54**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出土状況 | 遺跡名 | 獅子谷遺跡 | | 遺物No. | 335 | | | 分析 | 項目 | 滓 | メタル |
| | 出土位置 | １トレンチ | | 時期：根拠 | 近世：遺構外出土 | | | | マクロ検鏡 | ○ | |
| 試料記号 | 検鏡：SIS-54<br>化学：　—<br>放射化：　— | 計測値 | 長さ　3.1cm<br>幅　2.4cm | 色調 | 表：茶褐色～黒褐色 | 遺存度 | 破片 | | 硬度CMA | | |
| | | | | | 地：黒褐色 | 破面数 | 6 | | X線回折化学 | | |
| 遺物種類（名称） | 工具付着滓 | | 厚さ　0.7cm | 磁着度 | 1 | 前含浸 | — | | 耐火度カロリー | | |
| | | | 重量　3.5ｇ | メタル度 | なし | 断面樹脂 | — | | 放射化X線透過 | | |

| | |
|---|---|
| 観察所見 | 薄手の工具付着滓の小破片である。内外面は生きており、外周部は全面破面である。破面数は６を数える。内面はきれいな樋状で、黒褐色の面にわずかな窪みをもち光沢が残る。外面は流動状で端部に盛り上がりをもち、あばた状の気孔が露出する。厚みは薄いところで1.8㎜、厚いところで６㎜前後である。全体的に薄く平滑である。破面の気孔は薄い部分ではまれで、厚い部分には多少目立っている。色調は前記各部のとおり。 |
| 分析部分 | 長軸端部１／３を直線状に切断し、滓部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。 |
| 備　考 | 本資料は推定直径２㎝前後の丸棒状の工具表面に貼り付いたもので、分析資料№35が方形断面の工具によるものと推定されるのに対し、工具そのものに差があり、滓質も本資料の方が流動性が高く、薄手で工具表面のみに固着した資料といえる。分析資料№49は鍛冶炉中の鉄塊等を操作するための工具と推定される。横断面形は円形で、本資料が形成されるような本体部と予想できよう。 |



上面

下面

# 第２章　自然科学的分析

## 第１節　殿淵山遺跡・獅子谷遺跡出土炭化物の$^{14}$Ｃ年代測定

財団法人　九州環境管理協会

本報告書は、島根県教育委員会埋蔵文化財調査センターの委託を受けて、財団法人九州環境管理協会が「志津見ダム建設予定地内遺跡（殿淵山遺跡・獅子谷遺跡）発掘調査に伴う年代測定」についてとりまとめたものである。

１．分析方法　$^{14}$Ｃ年代測定は、ベンゼン合成－液体シンチレーション計数法で測定した。

２．測定結果　$^{14}$Ｃ年代測定の結果を表１に示す。

**第１表 測定結果一覧表**

| 試料No. | 試料採取地点 | $^{14}$C年代／years BP[1] | $\delta^{13}$C (‰)[2] | 補正$^{14}$C年代／years BP[3] |
|---|---|---|---|---|
| ＴＢ－１ | 殿淵山遺跡<br>イ－16グリッド | 260±60<br>(270±60) | －26.0 | 240±60 |
| ＳＩ－１ | 獅子谷遺跡<br>２号鍛冶炉 | 450±70<br>(470±70) | －28.3 | 400±70 |
| ＳＩ－２ | 獅子谷遺跡<br>４号鍛冶炉 | 200±60<br>(200±60) | －28.1 | 150±60 |
| ＳＩ－３ | 獅子谷遺跡<br>５号鍛冶炉 | 130±70<br>(130±70) | －27.6 | 90±70 |
| ＳＩ－４ | 獅子谷遺跡<br>８号鍛冶炉 | Modern | 27.5 | Modern |

１）$^{14}$Ｃ年代／years ＢＰ
$^{14}$Ｃ年代測定で慣例になっているLibbyの半減期5568年を採用し、西暦1950年までの経過年（year　ＢＰ）で表示している。また、（　）内の年代は$^{14}$Ｃの半減期として現在使用されている。最新の値、5730年を採用し算出された値である。年代誤差は放射壊変の年代誤差（１$\sigma$）から換算された値であり測定結果が約70％の確率でこの範囲にあることを意味する。

２）$\delta^{13}$Ｃ（‰）
試料の測定$^{14}$Ｃ／$^{12}$Ｃ比を補正するための炭素安定同位体比（$^{13}$Ｃ／$^{12}$Ｃ）。この値は標準物質（ＰＤＢ）の同位体比からの千分偏差（‰）。

３）補正$^{14}$Ｃ年代／years　ＢＰ
$\delta^{13}$Ｃ測定値から試料の炭素同位体分別を知り、$^{14}$Ｃ／$^{12}$Ｃの測定値に補正値を加えた上で算出。

# 第２節　獅子谷遺跡のSX02と鍛冶炉(1,3,5,8号)の地磁気年代

島根大学総合理工学部　時　枝　克　安

## １　地磁気年代測定法の仕組

地磁気は３要素（偏角、伏角、強度）から成り、それぞれの要素は変動速度の異なる様々な成分を含むが、時間が約10年程度経過してはじめて変化が認識できるような緩慢な変動を地磁気永年変化と呼んでいる。地磁気年代法で時計の働きをするのは、地磁気の方向（偏角と伏角）の永年変化であり、過去の地磁気の方向と年代の関係を示す変動グラフを利用して、地磁気の方向から年代を読みとる。しかし、焼土が焼けた年代を知るためには、当時の地磁気の方向が何かに記録されており、それを測定できなくては目的を果たせない。焼けたときの地磁気の方向は焼土の熱残留磁気として記録され、保存されている。地磁気年代を求める手順を述べると、①まず、焼土の熱残留磁気の測定から焼土の被熱時の地磁気の方向を求め、②次に、焼土の存在する地域の地磁気永年変化曲線上で、求めた方向に近い点を決定し、③決定した点の年代目盛りを読みとることになる。

地磁気のなかで土壌、粘土、砂、岩石等が焼けるとそれらは熱残留磁気を帯びる。熱残留磁気の担い手は、物質中の磁鉄鉱等の磁性粒子である。そして、熱残留磁気の方向は焼けたときの地磁気の方向に一致し、しかも、磁性物質のキュリー温度（磁鉄鉱では575℃）以上に再加熱されないかぎり、物理・化学的攪乱に対して非常に安定であり、数万年以上時間が経過しても変化しない場合が多い。キュリー温度以上の再被熱があったときには、それまで焼土が保持していた残留磁気は消滅し、その代わり、再被熱の地磁気の方向を向いた新しい残留磁気が獲得される。つまり、焼土は最終被熱時の地磁気の方向を熱残留磁気の方向として正しく記憶していることになる。それゆえ、あらかじめ、年代既知の焼土の熱残留磁気を利用して、過去の地磁気の方向が時間とともにどのように変化したかを測定して、地磁気の方向の変動グラフを作成しておけば、このグラフを時計の目盛りとして、焼土の最終被熱年代を推定できることになる。この時計では地磁気の方向が”針”に相当し、焼土の熱残留磁気が被熱時の”針の位置”を記憶していることになる。日本では、西南日本の過去2000年間の地磁気永年変化曲線が広岡によってかなり詳しく測定されているので、ここで説明した方法が焼土の簡便な年代測定法として実用化されている。地磁気年代法の詳細については広岡、および、中島等による解説[1、2]が参考になる。

## ２　地磁気年代測定法の問題点

第一に地磁気の地域差が問題となる。地磁気の方向は時間だけでなく場所によっても変化するので、地域によっては、その場所の標準曲線の形が西南日本のものからかなり相違する場合がある。厳密に言えば、ある焼土の地磁気年代を求めるには、焼土のある地域の標準曲線を使用しなければならない。相違が小さいときには西南日本の標準曲線を代用できるが、相違が大きいときにはその地域特有の標準曲線を決定し、この曲線と焼土の残留磁気の方向を比較する必要がある。今までの中国地域の調査では、西南日本の標準曲線から求めた地磁気年代は、ほとんどの場合、遺物の考古学年代と整合する。したがって、中国地域では、西南日本の標準曲線を使用して地磁気年代を決定

しても問題はない。

第二に土器編年の影響の問題がある。地磁気年代測定法は地磁気変動という物理現象を利用しているので、地磁気年代は土器編年に左右されないと思われがちであるが、実際には、地磁気年代と土器編年の間には密接な関係がある。すなわち、少数の年代定点を除くと、標準曲線上のほとんどの年代目盛りは土器編年体系を参照して決められている。それゆえ、年代定点に近い地磁気年代には問題はないが、年代定点から遠く離れた地磁気年代は土器編年の影響を強く受けており、もし、土器編年に改訂があれば、地磁気年代も訂正しなければならない。年代定点の数が増加すると、地磁気年代はこのような相互依存から独立できるが、現状では年代定点が少数なのでやむをえない。しかし、地磁気年代測定法は、地磁気を媒介とする対比のおかげで、焼土跡に遺物がない場合でも有効である点、相互に隔絶した土器編年を対比できる点で独自の優れた性格をもっている。

## 3　遺構と試料

獅子谷遺跡（島根県飯石郡頓原町志津見）で検出したSX02と４基の鍛冶炉(1,3,5,8号)から熱残留磁気を測定するための定方位試料を採取した。定方位試料の採取法としては、整形した焼土塊に樹脂製ケース（24×24×24㎜）を被せて隙間を石膏で充填し、ケース上面の走行と傾斜をクリノコンパスで測定する仕方をとっている。試料の採取状況を表１に示す。

[SX02]　平地にある焼土跡は３枚の長方形の石材を平行に並べて区切られており、これらの石材を壁とする２つの炉が並んでいるように見える。焼土の焼成度は低く、焼土面全体に鉄滓の小片が多数混入していた。定方位試料は北側の焼土から10ケ、南側の焼土から15ケを採取した。

[１号鍛冶炉]　この遺構はかなり攪乱を受けており、炉の約1/3にあたる東端部のみが残存している。残存する火窪の長さは約60㎝、幅は約45㎝、深さは約55㎝である。定方位試料は火窪周縁のよく焼けた焼土から10ケを採取した。

[３号鍛冶炉]　火窪は長楕円形、大きさは長さ105㎝、幅55㎝、深さ60㎝である。鞴の羽口が火窪の南端の元位置に残っていた。鉄の磁化の影響を避けるために、定方位試料は、火窪周縁のよく焼けた焼土の一番外側を選び、東側長辺に沿って7ケ、西側長辺に沿って8ケを採取した。

[５号鍛冶炉]　火窪は長楕円形、大きさは長さ120㎝、幅45㎝、深さ40㎝である。定方位試料は、火窪周縁のよく焼けた焼土の北側長辺に沿って4ケ、南側長辺に沿って5ケ、東端部から6ケを採取した。

[８号鍛冶炉]　火窪は長楕円形、大きさは長さ105㎝、幅50㎝、深さ25㎝である。火窪の東側長辺に沿って9ケ、西側長辺に沿って7ケ、南端部から4ケを採取した。

これらの遺構に直接伴う土器はないが、遺構周辺から出土した陶磁器と遺構の検出状況、土層の前後関係などから推定された遺構の年代は、SX02：19世紀中葉以降、１号鍛冶炉：17世紀後半～18世紀前半、３号鍛冶炉：18世紀末～19世紀中葉、５号鍛冶炉：19世紀中葉以降、８号鍛冶炉：19世紀中葉以降とされている。

**表１　定方位試料の採取状況**

| 遺　　構 | 試料の採取状況 | 焼土の状態 |
|---|---|---|
| Ｓ　Ｘ　０　２ | 北側の焼土(10)、南側の焼土(15) | 鉄滓小片が多数混入 |
| １号鍛冶炉 | 炉の約1/3にあたる東端部(10) | 焼成度良好 |
| ３号鍛冶炉 | 東側長辺(7)、西側長辺(8) | 焼成度良好 |
| ５号鍛冶炉 | 北側長辺(4)、南側長辺(5)、東端部(6) | 焼成度良好 |
| ８号鍛冶炉 | 東側長辺(9)、西側長辺(7)、南端部(4) | 焼成度良好 |

## ４　測定結果

試料の自然残留磁気をスピナー磁力計(Schonstedt社 Model SSM-1A)で測定した。自然残留磁気の方向がかなり分散していたので、残留磁気の方向をまとめて、その集中度を改善するために、全ての試料について交流消磁を行った。交流消磁というのは、試料を交流磁場中で回転させながら、磁場強度を適当な設定値から零になるまで滑らかに減少させて、磁場の設定値よりも弱い抗磁力をもつ磁気成分を消去する方法である。各遺構について選んだ消磁磁場は、8号鍛冶炉で10mT、SX02と１，３，５号鍛冶炉では20mTである。図１はSX02と1号鍛冶炉の交流消磁(20mT)後の残留磁気の方向である。交流消磁を行ったにもかかわらず、残留磁気の方向は分散しており、部分的に集中しているデータは認められない。両遺構から３ケずつのテスト試料を選び、これらについて、さらに強い消磁磁場(30,40mT)の交流消磁を行ったが、残留磁気の方向が集中する傾向は見られなかった。SX02の残留磁気の分散の原因は、残留磁気強度が$10^{-6}$～$10^{-5}$emu/gと比較的弱いためと考えられ、1号鍛冶炉の残留磁気の分散の原因は、試料採取場所が残存する火窪の端部（全体の約1/3）の狭い範囲に限られたため、鉄および攪乱の影響が残ったものと考えられる。図２には3, 5, 8号鍛冶炉の交流消磁後の残留磁気の方向を示す。いずれの遺構についても、部分的に集中しているデータ（小円内）が認められる。図２の小円内のデータの平均方向を計算すると次の結果を得る。

**獅子谷遺跡のSX02と鍛冶炉(1,3,5,8号)の残留磁気の平均方向**

| 遺　　構 | Im(度) | Dm(度E) | k | $\alpha_{95}$(度) | n/N | 消磁磁場 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ｓ　Ｘ　０　２ | 残留磁気の方向が分散するため有意の平均なし | | | | 0/25 | 20mT |
| １号鍛冶炉 | 残留磁気の方向が分散するため有意の平均なし | | | | 0/15 | 20mT |
| ３号鍛冶炉 | 46.01 | 0.83 | 2499 | 1.11 | 8/15 | 20mT |
| ５号鍛冶炉 | 48.54 | −1.66 | 3056 | 1.00 | 8/15 | 20mT |
| ８号鍛冶炉 | 46.67 | −1.28 | 4188 | 1.18 | 5/20 | 10mT |

Im：平均伏角、　Dm：平均偏角、　k：Fisherの信頼度係数、　$\alpha_{95}$：95%誤差角、　n/N：採用試料数/採取試料数

## ５．獅子谷遺跡の鍛冶炉(3,5,8号)の地磁気年代

図３は 獅子谷遺跡の鍛冶炉(3,5,8号)の残留磁気の平均方向（＋印）と誤差の範囲（点線の楕円）および、広岡による西南日本の地磁気永年変化曲線[3]のAD1350～AD1950の部分である。地磁気年代を求めるには、残留磁気の平均方向に近い点を永年変化曲線上に求めて、その点の年代を読みとる。地磁気永年変化曲線が狭い範囲で重なり合っているために、複数の地磁気年代が可能となるが、遺構の年代はいずれも考古学的に19C頃と推定されているので、地磁気永年変化曲線のAD1700～AD1900の部分に対応する年代を読みとる。この結果、各遺構の地磁気年代値として、3号鍛冶炉：AD1780±20、 5号鍛冶炉：AD1840±25、8号鍛冶炉：AD1820±25が得られる。これらの地磁気年代と考古学推定年代の間には大きな矛盾は認められない。

**獅子谷遺跡の鍛冶炉(3,5,8号)の地磁気年代と考古学的推定年代**

| 遺　構 | 地磁気年代 | 考古学的推定年代 |
|---|---|---|
| ３号鍛冶炉 | ＡＤ1780±20 | 18C末～19C中葉 |
| ５号鍛冶炉 | ＡＤ1840±25 | 19世紀中葉～ |
| ８号鍛冶炉 | ＡＤ1820±25 | 19世紀中葉～ |

## ６．鉄の影響

鍛冶炉では、取り扱う鉄の磁化の影響のために、焼土の残留磁気の方向が操業時の地磁気の方向から逸れている場合があるので、このことについて検討しなければならない。試料の残留磁気に対する鉄の影響は、試料の鉄に対する相対的位置（方向、距離）によって変化するので、残留磁気の方向に偏りがあるとすると、偏りの程度（向き、大きさ）は試料位置によって異なるはずである。

一方、3,5,8号鍛冶炉の地磁気年代決定に使用した図２の小円内に集中するデータは、それぞれ8,8,5ケであるが、これらの試料の位置は、火窪を取り巻いて広い範囲にわたっている。このように、広い範囲にわたる試料の残留磁気の方向が集中しているので、これらのデータには鉄の影響がないと判断できる。ここで得られた地磁気年代には鉄の影響はない。

最後に、試料採取などでお世話になった島根県埋蔵文化財調査センターの東山信治氏に感謝いたします。

註１）広岡公夫（1995）『考古資料分析法』、考古学ライブラリー65、田口勇、斉藤努編、ニュー・サイエンス社、100-101

２）中島正志、夏原信義（1981）『考古地磁気年代推定法』考古学ライブラリー９、ニュー・サイエンス社

３）広岡公夫（1978）「考古地磁気および第四紀古地磁気の最近の動向」『第４紀研究』15、200-203

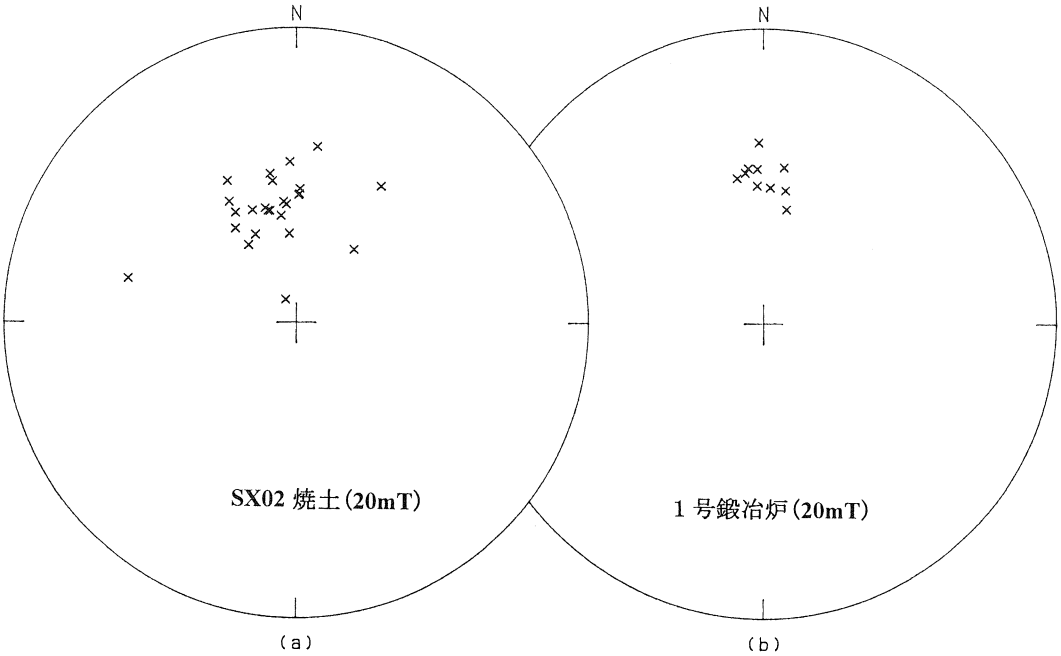



図１　獅子谷遺跡のSX02と１号鍛冶炉の交流消磁後の残留磁気の方向

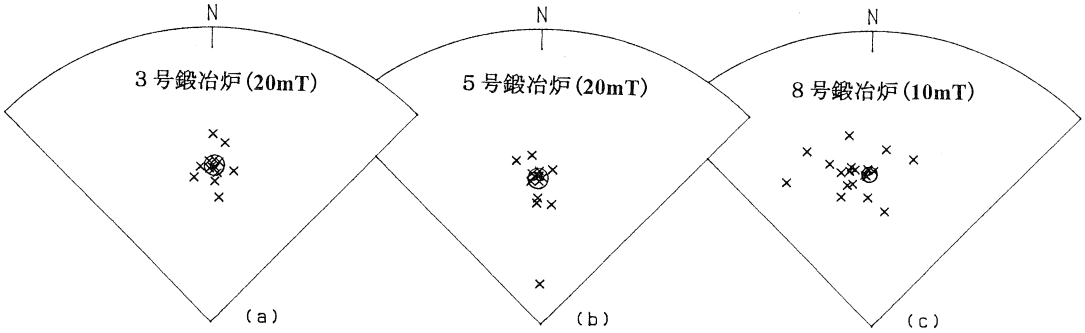



図２　獅子谷遺跡の鍛冶炉(3,5,8号)の交流消磁後の残留磁気の方向

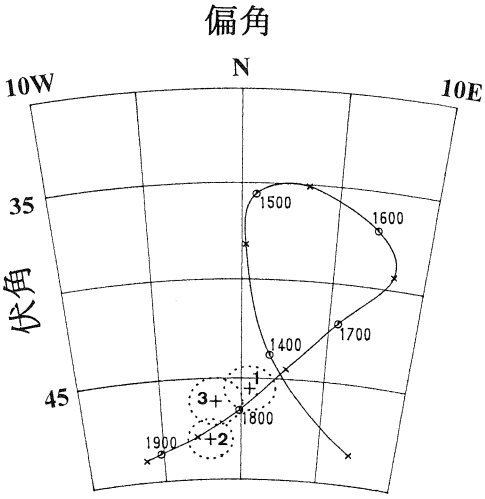



図３　獅子谷遺跡の鍛冶炉(3,5,8号)の残留磁気の平均方向（＋印）と誤差の範囲（点線の楕円)、および、広岡による西南日本の地磁気永年変化曲線
１：３号鍛冶炉、２：５号鍛冶炉、３：８号鍛冶

# 第３節　殿淵山遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査

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

殿淵山遺跡は島根県飯石郡頓原町志津見に所在する。製鉄遺構は後世の掘削を受けて残存していなかったが、排滓場の一部が確認された。それに伴い多数の製鉄関連遺物が出土したため、当遺跡での作業内容をより詳細に検討する目的から、金属学的調査が実施される運びとなった。

## ２．調査方法

### ２－１　供試材

Table.１に示す。製鉄関連遺物計35点の調査を行った。

### 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全体像を、投影機の10倍もしくは20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、金属鉄の炭化物は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

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。

(8) 木炭の性状

水分、灰分、揮発分、固定炭素：マイクロプロセッサー法。

硫黄（S）：燃焼赤外吸収法。

灰分の燐（P）：蛍光X線分析法。

発熱量：カロリー計。

(9) 木炭組織

調査破面（木口、柾目、板目）を＃1,000のサンド水ペーパーで研磨して平滑な面を出し、十分に乾燥する。次に調査面にカーボン蒸着を施し導電性を確保した後、走査型電子顕微鏡で組織を撮影する。

走査型電子顕微鏡は、真空中で試料面に電子線を照射し、発生する2次電子線の情報を画像処理するものである。

## ３．調査結果

TON－１：炉壁

(1) 肉眼観察：平面は僅かに弧状を呈する炉壁片で、内面を除き全面が破面である。内面は熱影響を受けて灰色を呈し、細かい気孔が散在する。熱影響の度合いから、比較的炉壁上部の破片と推測される。胎土はやや軟質で、石英質の粒子を多量に混和している。僅かに鉄滓片やスサも確認される。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 1 ①～⑤に示す。①～③は炉壁内面表層で、斑状白色部は付着した半還元砂鉄から鉄分（Fe）の抜け出した残骸である。砂鉄粒子内の格子組織（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）の残存や、微細な金属鉄粒の遺存が確認される。⑤⑥は被熱胎土部分である。粘土鉱物セリサイトは熱影響を受けて非晶質化が進行している。しかし混入鉱物（石英の類）の多くはそのまま形状を留める。

(3) 化学組成分析：Table. 2 に示す。強熱減量（Ig loss）は0.74％と低値である。強い熱影響を受けて結晶構造水の多くが飛散した状態の分析となった。鉄分（$Fe_2O_3$）は3.59％と低めで軟化性に有利であるが、酸化アルミニウム（$Al_2O_3$）は16.18％と若干低く、これは耐火性に不利である。

また滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分（CaO＋MgO）は1.02%であった。高耐火性は望めないまでも製鉄炉壁としての一般的性状は備えている。

(4) 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、それ以降は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1280℃であった。製鉄炉の炉壁としてはやや耐火性の低い性状である。

TON－２：炉壁

(1) 肉眼観察：下端部に通風孔の痕跡が辛じて２個所残る炉壁片である。通風孔の現状は円形気味で、孔径は３cm以上であった。また２孔間は約14cmで、これにより通風孔の間隔が推測できる。内側は全面が黒色ガラス質化する。胎土は径５mm以下の石英質の粒子を多量に混和している。

(2) 顕微鏡組織：Photo.１⑥～⑧に示す。⑥は炉壁内面表層の付着物である。銹化鉄及び砂鉄粒子の痕跡を残す。⑦は炉壁内面のガラス質部分である。多角形結晶はマグネタイト（Magnetite：$Fe_3O_4$）ないしはウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）と推測される。更に微細なファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）結晶も晶出する。⑧は胎土がガラス質化した部分である。熱影響が強く、芯部までガラス質化が進行している。

(3) 化学組成分析：Table.２に示す。強熱減量（Ig loss）は0.69%と低値であった。熱影響を強く受けて結晶構造水の多くが飛散した状態での分析である。鉄分（$Fe_2O_3$）2.15%と低く軟化性に有利であるが、酸化アルミニウム（$Al_2O_3$）は17.28%と幾分増加し耐火性は僅かに上向く。また滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分（CaO＋MgO）は0.27%と低値で、これも耐火性には有利に働く。

(4) 耐火度：1480℃であった。成分系を反映して耐火性の高い性状であった。送風孔近傍の胎土は石英質鉱物の混和など耐火性向上の対策が講じられている。

TON－３：砂鉄

(1) 肉眼観察：色調は黒褐色である。熱影響を受けたためか光沢をもつ砂鉄粒子は極めて僅かで、角のとれたものが多い。粒径はやや大きめである。

(2) マクロ組織：Photo.25に示す。被熱砂鉄と生砂鉄が混在する。更に滓片も少量混在する。粒径は0.04～0.7mmとばらつきが大きい。

(3) 顕微鏡組織：Photo.2①～⑨に示す。①～③は白色の磁鉄鉱粒子（Magnetite：$FeO \cdot Fe_2O_3$）と格子組織をもつチタン鉄鉱（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が混在する。④⑤はチタン鉄鉱（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）の格子組織を示す。⑥⑦の中央は被熱砂鉄粒子である。粒内の白色部は晶出した金属鉄である。⑧⑨の中央は製錬滓片の混入である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、および微細なファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）結晶が晶出する。

(4) 化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）59.86%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.20%、酸化第1鉄（FeO）25.06%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）57.45%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9.82%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は1.13%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）が5.32%、バナジウム（V）は0.30%であっ

た。また酸化マンガン（MnO）は0.48%、銅（Cu）は<0.01%であった。鉄分が高く、砂鉄特有成分のチタンが低めの塩基性砂鉄である。他の脈石成分はマンガンがやや高めである。周辺地域の製鉄遺跡（注１）から検出された砂鉄と共通の特徴を示す。

TON－４：砂鉄焼結塊

(1) 肉眼観察：炉壁表面に層状に溶着した砂鉄焼結塊である。全体に滓化が進んでおり、広範囲に茶褐色の錆色に覆われる。砂鉄粒子の形状を保つのは一部分である。砂鉄の粒径はTON－３砂鉄と比較すると微細である。上面には1.5cm大の木炭痕が点在する。

(2) マクロ組織：Photo.25に示す。ガラス質の素地中に多数の半還元砂鉄粒子が存在する。前述TON－3砂鉄に比べて粒度が顕著に小さい。全体に滓化が進んでおり、ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、ヴスタイト（Wüstite：FeO）、ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）結晶が晶出する。滓中には多数の微細な気孔の散在がある。

(3) 顕微鏡組織：Photo.３①～⑤に示す。①～③の中央は磁鉄鉱粒子の原形を留めた半還元砂鉄粒子である。周囲には白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）が晶出する。④⑤の中央も半還元砂鉄粒子で、周囲には白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。なお砂鉄粒子内の暗色部はチタンを多く固溶する個所である。鉱物組成に関してはEPMA調査の項で詳述する。

(4) EPMA調査：Photo.38の1段目に被熱砂鉄粒子と滓化鉱物層の反射電子像（COMP）を示す。1の番号をつけた微小白色粒状結晶の定量分析値は97.7%FeO－2.4%$TiO_2$であった。ヴスタイト（Wüstite：FeO）ないしはマグネタイト（Magnetite：$Fe_3O_4$）に同定される。なお微量チタンを固溶する。2の番号をつけた暗黒色個所の定量分析値は59.0%$SiO_2$－23.2%$Al_2O_3$－19.4%$K_2O$－1.4%FeOであった。カリ長石（Alkali feldspar：$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$）の類である。また3の番号をつけた淡灰色領域の定量分析値は63.9%FeO－23.2%$SiO_2$であった。ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）に同定される。

次に、４の番号をつけた半還元砂鉄粒子の白色部の定量分析値は95.8%FeO－3.0%$TiO_2$であった。残留磁鉄鉱（Magnetite：$FeO \cdot Fe_2O_3$）に同定される。5の番号をつけた半還元砂鉄粒子の暗色部の定量分析値は71.0%FeO－21.3%$TiO_2$－3.4%MgO－1.4%$V_2O_3$であった。磁鉄鉱（Magnetite：$FeO \cdot Fe_2O_3$）とウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）の中間組成の固溶体であるチタン磁鉄鉱（Titanomaghemite）に同定される。（注２）以上の如く被熱砂鉄粒子とその近傍には幾種類もの鉱物相を抱え込んでいる。

(5) 化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）59.42%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.21%、酸化第1鉄（FeO）46.38%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）33.11%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10.82%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）を1.17%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は6.95%、バナジウム（V）0.28%であった。また酸化マンガン（MnO）は0.74%、銅（Cu）は<0.01%であった。TON－３砂鉄と類似する成分系である。しかし全鉄分に対する酸化第1鉄（FeO）の割合が増加し、還元反応の進行を示すものといえる。

TON－５：流動滓

(1) 肉眼観察：細長い形状の炉外流出滓片である。表面はきれいな流動状である。両端は破面で、気孔はほとんどなく緻密な滓である。下面には灰白色の炉壁胎土が点々と固着する。

(2) 顕微鏡組織：Photo.３⑥～⑧に示す。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、及び微細なファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）結晶が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：Photo.3⑥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659Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に同定される。(注３)

(4) 化学組成分析：Table.２に示す。全鉄分（Total Fe）32.00%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.17%、酸化第1鉄（FeO）36.44%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）5.01%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33.89%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を3.33%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は21.81%、バナジウム（V）0.74%と高値で、また酸化マンガン（MnO）も1.45%と高い値を示した。銅（Cu）は＜0.01%である。鉄分低く、脈石成分（Ti、V、Mn）が非常に高い成分系である。塩基性砂鉄を始発原料とした製錬滓に分類される。

TON－６：工具付着滓

(1) 肉眼観察：やや厚手で、内面に丸棒状の工具痕が残る。外面はきれいな流動状を呈する個所と、１cm大の木炭痕や不定形の凹みに覆われる個所が混在する。

(2) 顕微鏡組織：Photo.４①～⑦に示す。①の二連白色粒は滓中の微小金属鉄である。さらに②③は5%ナイタルで腐食して現れたセメンタイト組織である。④～⑦は滓部を示す。④⑤の淡茶褐色多角形結晶はウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）で、その周囲に晶出する白色粒状結晶はヴスタイト（Wüstite：FeO）である。更に白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。また⑥⑦では、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：$FeO \cdot TiO_2$）、淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）の析出がある。鉱物組成から製鉄炉の高温操業が推測される。(注４)

(3) ビッカース断面硬度：Photo.４⑧⑨に微小金属鉄粒の硬度測定の圧痕を示す。⑧の個所の硬度値は277Hvであった。この値から白色部はセメンタイト、黒色部は素地のパーライトの過共析組織と判断される。また９の個所の硬度値は382Hvで、微細セメンタイトとフェライト領域である。

(4) EPMA調査：Photo.38の２段目に滓部鉱物相の反射電子像（COMP）を示す。外周と内部で色調の異なる不定形結晶の外周部に６の番号、内部に８の番号をつけて定量値の測定を行った。６の定量値は41.4%FeO－50.6%$TiO_2$－4.5%$V_2O_3$であった。イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）に同定される。これに対して8の定量値は17.2%FeO－68.8%$TiO_2$－9.1%$V_2O_3$－3.0%$Al_2O_3$－1.2%MgOであった。イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）とルチル（Rutile：$TiO_2$）中間的な組成といえる。なお針状結晶中にも９・10の番号をつけて定量分析を行った。９の定量値は41.2%FeO－51.2%$TiO_2$－4.9%$V_2O_3$で、イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）に同定される。また10の定量値は62.5%FeO－26.0%$TiO_2$－6.7%$V_2O_3$であった。イルミナイト（Ilmenite：FeO・

$TiO_2$）とルチル（Rutile：$TiO_2$）の中間的な組成である。更に素地のガラス質滓部分の7の定量分析値は40.0％$SiO_2$－12.6％$Al_2O_3$－4.3％CaO－1.1％MgO－2.1％$K_2O$－29.7％FeO－4.0$TiO_2$であった。珪酸塩に微小ファイヤライトを含む鉱物相である。

TON－７：炉底塊～流出孔滓

(1) 肉眼観察：炉底塊から流出孔滓にかけての破片である。炉底塊部分は錆色が強く、内部に木炭痕を残す。破面には不規則な気孔が密に存在する。流出孔滓部分の上面に沿って、排滓孔周辺の炉壁の一部が固着する。また流出孔滓の断面形は13×7.5cm程の半円形を呈する。

(2) 顕微鏡組織：Photo.５①～③に示す。基地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2FeO･$SiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：Photo.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611Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）に同定される。

(4) EPMA調査：Photo.38の3段目に滓部鉱物層の反射電子像（COMP）を示す。淡茶褐色多角形結晶中の格子組織部分に11の番号を、素地部分に12の番号をつけて定量分析値を測定した。11の定量値は43.8％FeO－49.8％$TiO_2$であった。イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）に同定される。更に微量2.3％$V_2O_3$－2.2％MnO－1.5％MgOが検出される。また12の定量値は58.1％FeO－23.9％$TiO_2$であった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）に同定される。更に微量7.5％$V_2O3$－4.8％$Al_2O_3$－1.9％MnOが検出された。また13の番号をつけた個所の定量分析値は63.5％$SiO_2$－20.7％$Al_2O_3$－10.9％$K_2O$であった。カリ長石（Alkali feldspar）である。14の番号をつけた微細な淡灰色結晶の定量分析値は48.8％$SiO_2$－3.4％$Al_2O_3$－15.1％CaO－5.7％MgO－20.3％FeO－1.9％MnO－1.6％$TiO_2$であった。ファイヤライト（Fayalite：2FeO･$SiO_2$）結晶と素地のガラス質部分を合わせた値と推測される。更に15の番号をつけた針状結晶の定量分析値は43.7％FeO－50.8％$TiO_2$であった。イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）に同定される。砂鉄特有成分のチタン酸化物からなる鉱物相を濃縮して含む。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。鉄分が低く、脈石成分（Ti、V、Mn）の高い成分系である。全鉄分（Total Fe）31.21％に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.17％、酸化第1鉄（FeO）28.22％、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）13.02％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36.51％で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は6.60％であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は17.15％、バナジウム（V）0.51％と高値であった。また酸化マンガン（MnO）も1.72％と高い値を示す。銅（Cu）は＜0.01％であった。塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

TON－８：流出孔滓

(1) 肉眼観察：やや偏平な棒状の流出孔滓の先端部破片である。表面の大半は表皮がはがれ大小の気孔により不規則な凹凸を呈するが、滑らかな流動状の部分もみられる。また側面片側では明褐色の炉壁土が固着している。

(2) 顕微鏡組織：Photo.５④に示す。基地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピ

ネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：Photo. 5④に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は704Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に同定される。

(4) 化学組成分析：Table. 2に示す。前述炉底塊TON－7に近似した成分系である。全鉄分（Total Fe）37.80%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.24%、酸化第1鉄（FeO）43.75%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）5.08%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34.90%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は4.83%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）13.74%、バナジウム（V）0.37%と高めであった。また酸化マンガン（MnO）も1.26%と高値である。銅（Cu）は＜0.01%であった。脈石成分の数値から塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

TON－９：流出溝滓

(1) 肉眼観察：横断面形が楕円状を呈する流出溝滓片である。長軸の両端部と側面片側は破面となる。上面は比較的滑らかな流動状の個所と、表皮が剥がれて不規則な鱗状の肌が混在する。下面には炉壁土を広範囲に残す。破面の気孔は極めて多い。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 5⑤～⑦に示す。基地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）と、淡灰色微細結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。これに僅かに金属鉄粒の点在がある。砂鉄製錬滓の晶癖である。

(3) ビッカース断面硬度：Photo.5⑤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624Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に同定される。

(4) 化学組成分析：Table. 2に示す。鉄分少なくガラス分の多い成分系である。全鉄分（Total Fe）32.19%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.22%、酸化第1鉄（FeO）26.76%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）15.97%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41.72%と高値で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を3.69%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は13.11%、バナジウム（V）は0.64%とやや高めであった。また酸化マンガン（MnO）も1.25%と高めである。銅（Cu）は＜0.01%であった。塩基性砂鉄を原料とする砂鉄製錬滓の成分系である。

TON－10：流出孔滓

(1) 肉眼観察：樋状の緻密な流出孔滓で径４cm程の工具痕流入滓部様の突出部を残す。長軸の両端部が破面である。上面は流動状の個所や不規則な皺状の個所がみられる。下面では全面に灰白色の炉壁紛が固着する。破面の気孔は上半部ほど多い。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 6①～③に示す。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。なお③の中央の白色部は微小金属鉄粒である。

(3) ビッカース断面硬度：Photo. 6①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665Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に同定される。

(4)　化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）43.46%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.06%、酸化第1鉄（FeO）49.45%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）7.10%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29.43%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を2.42%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は11.57%、バナジウム（V）0.41%で、酸化マンガン（MnO）は1.10%と比較的低めの値を示した。また銅（Cu）は＜0.01%である。塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。しかし当遺跡出土製錬滓の中では、比較的鉄分が高く脈石成分は低めである。

TON－11：流出溝滓

(1) 肉眼観察：細い流動状の滓が堆積して形成された鉄滓である。上面は滑らかで、紫紅色が強く酸化雰囲気に曝されている。下面には炉壁土が広く固着する。滓は緻密で、破面の光沢が強く発達した鉱物結晶の晶出が予想される。該品は一見緻密質であるが、表皮直下にトンネル状の気孔を内蔵する。ガスの発生は活発傾向を残す。

(2) 顕微鏡組織：Photo. 6④に示す。素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（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）、および微細なファイヤライト（Fayalite：2FeO･$SiO_2$）結晶が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。前述TON－９の鉱物相と大差ない。ただし、該品はウルボスピネルの成長が著しい傾向にある。

(3) ビッカース断面硬度：Photo. 6④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697Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）に同定される。

(4)　化学組成分析：Table. 2に示す。前述したTON－11流出溝滓に準じた成分系である。全鉄分（Total Fe）36.82%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.31%、酸化第1鉄（FeO）39.38%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）8.44%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33.84%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を3.95%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は16.06%、バナジウム（V）0.26%と高く、酸化マンガン（MnO）も1.26%と高値であった。銅（Cu）は＜0.01%である。脈石成分の数値から塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

TON－12：炉内滓（含鉄、砂鉄焼結）

(1) 肉眼観察：ほとんどが砂鉄焼結層で、ごく一部が還元して鉄部となる。炉壁表面に張りついて形成されている。表裏面とも１～２cm大の木炭痕が残存する。

(2) マクロ組織：Photo.26に示す。断面の外周部は薄く銹化鉄層で形成され、これに半還元砂鉄粒子を残す。内部は全面砂鉄焼結部である。砂鉄粒子の形状を留めていても、その内部はほぼ滓化している。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 6⑤～⑦に示す。砂鉄粒子の痕跡が多数確認される。その粒内には微細なウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）結晶が晶出するものが多い。また銹化鉄が砂鉄粒子痕跡の周囲を取り巻いている。さらに半還元砂鉄粒子内には微細な金属鉄粒が僅かに残存する。

(4)　化学組成分析：Table. 2に示す。砂鉄の成分系である。全鉄分（Total Fe）52.06%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.36%、酸化第1鉄（FeO）19.14%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）52.65%と高値で

あった。ガラス質成分（$SiO_2$＋$Al_2O_3$＋CaO＋MgO＋$K_2O$＋$Na_2O$）は9.40%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は0.90%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）9.26%、バナジウム（V）0.26%であった。また酸化マンガン（MnO）0.64%、銅（Cu）は＜0.01%であった。TON－3砂鉄と比較すると脈石成分（Ti、Mn）が高値で別種砂鉄であろう。TON－5、7、11滓に対応する原料砂鉄の可能性をもつ。

TON－13：炉内滓（含鉄）

(1) 肉眼観察：含鉄炉底塊の側部破片である。上面と側面片側を除き、他は全面破面である。全体に気孔が多く、青黒く光沢のある滓部と、黒錆を吹いた鉄部が混在する。

(2) マクロ組織：Photo.26に示す。試料上面表層部で、滓中にごく小さな銹化鉄部が散在する。まとまりのある鉄部は確認されなかった。また滓部は半還元砂鉄粒子が残存する個所や、発達したウルボスピネル結晶が晶出する個所などが存在し、鉱物組成はやや不均一である。

(3) 顕微鏡組織：Photo.7①～⑤に示す。①～③・⑤は滓部である。①は素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・$TiO_2$）、及び微細なファイヤライト（Fayalite：2FeO・$SiO_2$）結晶が晶出する個所である。②③は半還元砂鉄粒子を示す。滓化が進み、周囲を取り巻くように白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO・$TiO_2$）、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・$TiO_2$）が晶出する。また、内部には微細な金属鉄粒も散在する。④は銹化鉄部でフェライト基地に少量のパーライトが析出する亜共析組織（0.77%以下C）の痕跡が残存する。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.7⑤に発達した淡茶褐色多角形結晶の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は622Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・$TiO_2$）に同定される。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。鉄分が多くてガラス分が低めの成分系である。全鉄分（Total Fe）49.14%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.38%、酸化第1鉄（FeO）28.74%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）37.78%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12.95%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を1.31%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は14.45%、バナジウム（V）0.71%であった。また酸化マンガン（MnO）は0.77%、銅（Cu）＜0.01%であった。脈石成分の数値から塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

TON－14：炉内滓（含鉄、炉壁付着）

(1) 肉眼観察：炉底塊の側部破片で炉壁片が固着する。炉壁は通風孔部より下側の部分である。また試料は上面の一部を除き破面で、滓部は黒灰色で中小の気孔が散在し、強い放射割れが生じている。特殊金属探知機のL（●）で反応はあるが、間歇的でありまとまった金属鉄を含む可能性は低い。

(2) マクロ組織：Photo.27に示す。滓中に砂鉄粒子の形状を留めた、微細な金属鉄粒が晶出する。凝集金属鉄は見当たらない。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 7 ⑥～⑧に示す。試料は5%ナイタルで腐食している。金属鉄はフェライト単相であった。周囲の滓部では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・$TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO・$TiO_2$）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. 7 ⑦⑧に硬度測定の圧痕を示す。⑦の淡茶褐色多角形結晶の硬度値は619Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に同定される。また⑧は金属鉄（フェライト）部分で、硬度値は142Hvであった。測定個所の金属鉄の面積がごく狭いため、組織から予想されるより硬質の値となったと推測される。フェライトの本来硬度値は80Hv前後である。

TON－15：炉内滓（含鉄）

(1) 肉眼観察：含鉄の炉底塊の上半部破片と考えられる。上面と側面の一部は自然面が残っているが、他は全面破面である。上半部は錆色を呈し、やや気孔が散在するが緻密な滓で、僅かに鉄部が形成されている。また下半部は青黒い光沢を持った滓部である。

(2) マクロ組織：Photo.27に示す。滓中に微細な金属鉄粒が点在する。また滓部は広範囲で発達したウルボスピネルおよびイルミナイト結晶が晶出し、製鉄炉内で徐冷された炉内滓の特徴を示す。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 8 ①～③に示す。試料は5％ナイタルで腐食している。①は滓中に晶出する微小金属鉄粒である。中央の鉄粒はセメンタイトが析出する過共析組織で、左下の鉄粒はフェライト基地に少量のパーライトを析出する。また周囲の滓部には発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。②③は滓中のごく小さな金属鉄部分である。フェライト素地にパーライトが析出する亜共析組織であった。

(4) ビッカース断面硬度：Photo. 8 ①～③に金属鉄部の硬度測定の圧痕を示す。①の微小金属鉄粒の硬度値は257Hvであった。この数値から過共析組織の鉄粒と推定される。また②のフェライトの硬度値は80Hv、③の少量パーライト析出個所の硬度値は100Hvであった。それぞれ組織にみあった値である。

(5) 化学組成分析：Table. 2 に示す。高チタン含有部類の滓である。全鉄分（Total Fe）41.20%に対して、微細な金属鉄粒を反映して金属鉄（Metallic Fe）は4.04%、酸化第1鉄（FeO）42.33%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）6.09%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25.03%で、このうち塩基性成分（$CaO+MgO$）は2.35%であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は19.54%、バナジウム（V）1.51%を含む。また酸化マンガン（MnO）は1.23%、銅（Cu）は<0.01%であった。脈石成分の数値から塩基性砂鉄を原料とした製錬滓に分類される。

TON－16：炉内滓（含鉄）

(1) 肉眼観察：含鉄炉内滓の破片で、上下面と側面の大半が生きている。下面に長さ8cm程の流動状の鉄部が固着する。

(2) マクロ組織：Photo.28に示す。試料下端部にまとまりのある白鋳鉄の鉄塊が確認された。鉄部は広範囲で銹化が進行するが、本来の金属組織も部分的に残存する。

(3) 顕微鏡組織：Photo. 8 ④～⑧に示す。④は滓部で、素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、淡灰色微小結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。⑤の中央は鉄中非金属介在物の硫化鉄

（FeS）である。⑥～⑧は金属鉄を5％ナイタルで腐食して、亜共晶組成白鋳鉄組織が確認された。

(4) ビッカース断面硬度：Photo. 8 ⑦⑧に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧はレデブライト部分で硬度値は541Hv、⑨はパーライト部分で硬度値は164Hvであった。

(5) 化学組成分析：Table. 2 に示す。銹化鉄含みで脈石成分は低下傾向の数字である。試料上面の滓部を中心とした分析である。全鉄分（Total Fe）46.23%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.28%、酸化第1鉄（FeO）31.97%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）30.17%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21.71%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）を1.88%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は8.51%、バナジウム（V）0.30%であった。また酸化マンガン（MnO）0.85%、銅（Cu）＜0.01%であった。砂鉄製錬滓の成分系である。

TON－17：炉内滓（含鉄）

(1) 肉眼観察：全面が酸化土砂に覆われた含鉄炉内滓である。上面はほぼ平坦で、1cm大の木炭痕が確認できる。側面から下面は不規則な気孔や小さな錆膨れに覆われる。また側面に1箇所丸棒状の工具痕が残る。

(2) マクロ組織：Photo.29に示す。写真左側が試料上面側である。滓中にまとまりのある小さな鉄部が散在する。金属組織はフェライト単相に近い個所から、白鋳鉄組織まで存在し、個所により偏析が大きい。

(3) 顕微鏡組織：Photo.9①～⑨に示す。①は球状の鉄中非金属介在物である。ガラス質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：$Fe_2O_3$･$TiO_2$）ないしはルチル（Rutile：$TiO_2$）の可能性が高い。②～⑨は金属鉄を5％ナイタルで腐食して現れた組織を示す。②は滓部で、素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）、微細な白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）が晶出する。なおウルボスピネル結晶中の明色の格子状部分はイルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）である。砂鉄製錬滓の晶癖である。

③～⑨は主に金属鉄部分を示す。③は発達した針状フェライトが析出する亜共析組織部分である。この組織から当試料は製鉄炉の操業後、温度がある程度下がった状態で取り出し空冷された可能性が高い。また④は全面パーライトの共析組織、⑤はパーライト素地にセメンタイトが析出する過共析組織の個所である。亜共晶組成の白鋳鉄組織は割愛している。

(4) ビッカース断面硬度：Photo. 9 ⑥～⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥は亜共析組織の個所で硬度値は137Hvであった。また⑦⑧はともに共析組織の個所であるが、⑦の硬度値は215Hv、⑧の硬度値は314Hvと硬度差が大きい。冷却速度の差を反映した可能性が考えられる。⑨は過共析鋼中の針状セメンタイト部分で527Hvを呈した。

(5) 化学組成分析：Table. 2 に示す。銹化鉄含みで脈石成分の低下した値を呈する。全鉄分（Total Fe）58.26%に対して、金属鉄（Metallic Fe）11.94%、酸化第1鉄（FeO）22.44%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）41.29%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12.08%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は0.78%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は5.80%、バナジウム（V）0.71%であった。また酸化マンガン（MnO）は0.32%、銅

（Cu）＜0.01%である。塩基性砂鉄を原料とする製錬系の含鉄鉄滓の成分系で挙げられる。

TON－18：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：木炭痕の目立つ鉄塊系遺物である。上下面は基本的に生きており、側面7面が破面である。完全に流動化してないが、炭素含有量の高い鉄塊と推測される。はっきりした滓部は認められない。

(2) マクロ組織：Photo.29に示す。写真左側が試料上面側である。全体がまとまりのある過共析～鋳鉄組織の鉄塊で気泡を多発する。滓の付着は観察されなかった。

(3) 顕微鏡組織：Photo.10①～⑨に示す。①の中央の微小黄褐色異物は硫化鉄（FeS）であった。なお周囲には片状黒鉛が析出している。②～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。②③の左側の表層部はパーライトに針状セメンタイトが析出する過共析組織で、内側は蜂の巣状のレデブライトが確認される亜共晶組成白鋳鉄組織である。④⑤はパーライト素地に針状セメンタイト及び片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄、⑥⑦は亜共晶組織白鋳鉄組織である。組織にバラツキをもつ。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.10⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧は過共析組織のパーライト部分で、硬度値は247Hvである。また⑨は白鋳鉄組織のレデブライト部分で、硬度値は651Hvであった。それぞれ組織に見合った値といえる。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素（C）量は2.60%と組織からみると低めであるが鋳鉄の値である。全鉄分（Total Fe）84.43%に対して、金属鉄（Metallic Fe）60.64%、酸化第1鉄（FeO）16.73%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）15.42%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0.65%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.07%であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は0.02%、バナジウム（V）＜0.01%であった。また酸化マンガン（MnO）0.02%、銅（Cu）＜0.01%となる。鉄分主体の成分系である。なお、酸化クロム（$Cr_2O_3$）が0.12%と濃化傾向にあるのが注目される。

TON－19：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：炉底塊の上面と側面の特色を示す鉄塊系遺物である。上面と側面の一部以外は破面である。内部には1cm大の木炭が少量噛み込まれる。また鉄部先端は流動しかかった状態で、この個所は吸炭が進み銑鉄化したと推測される。

(2) マクロ組織：Photo.30に示す。まとまりのよい、ほぼ過共析組織の鉄塊である。表層に僅かに滓が固着する。気泡はさほど多くはない。

(3) 顕微鏡組織：Photo.11①～⑨に示す。①②は試料表面にごく薄く固着する滓部である。①は広範囲に確認される鉱物相を示す。ガラス質滓中に晶出する淡褐色片状結晶はシュードブルーカイト（Pseudobrookite：$Fe_2O_3$・$TiO_2$）ないしはルチル（Rutile：$TiO_2$）である。また局部的には②に示すように、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO・$TiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。③～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③～⑦は同一の視野で、③の写真左側の拡大を④に示した。マルテンサイト素地に初析セメンタイト及び微細パーライトが析出する組織である。これに対し③の写真右側の拡大が⑤である。パーライト

素地にセメンタイト及び僅かに微細なマルテンサイトが析出する。このように試料表層や内部の気孔に沿って、局部的にマルテンサイトが認められる。これは製鉄炉の操業後、A1変態点（727℃）より温度が下がった状態で炉内生成物を取り出し水冷した痕跡と推定される。このような水冷痕跡を持つ製錬系鉄塊は、志津見ダム建設予定地内の他の製鉄遺跡でも数例確認される。(注5) また⑧⑨はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する過共析組織を示す。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.11⑥⑦・⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥はPhoto.11③の左側部分で硬度値は762Hv、また⑦は右側部分で硬度値は336Hvであった。更に⑨は過共析組織のパーライト部分で硬度値は318Hvを呈す。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。該品も酸化物定量である。炭素（C）量は1.5％と過共析鋼レベルである。全鉄分（Total Fe）68.46%に対して、金属鉄（Metallic Fe）35.98%、酸化第1鉄（FeO）13.51%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）31.42%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11.58%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.42%であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は1.11%、バナジウム（V）0.04%である。また酸化マンガン（MnO）は0.07%、銅（Cu）＜0.01%であった。鉄分主体の成分系である。砂鉄特有脈石成分は低下傾向にある。酸化クロム（$Cr_2O_3$）は0.06％と少ない。鉱物・化学組成双方の特徴から塩基性砂鉄を原料とする製錬系鉄塊に分類される。

TON－20：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：試料の上半は流動状の滓部で、下面側に銑鉄を噛み込んでいる。滓部には微細な気孔が多数発生する。

(2) マクロ組織：Photo.19に示す。下面の鉄部の調査を実施した。亜共晶組成白鋳鉄が大半で、局部にねずみ鋳鉄個所（上面中央）がある。内部には不定形の中小の気孔が散在する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.12①～⑤に示す。①は表層に僅かに固着する滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）、微細なファイヤライト（Fayalite：2FeO･$SiO_2$）結晶が晶出して、砂鉄製錬滓の晶癖である。②は鉄中非金属介在物を示す。片状黒鉛に囲まれて中央の黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。③～⑤は金属鉄を5％ナイタルで腐食して現れた組織で、③は亜共晶組成白鋳鉄組織、④⑤はねずみ鋳鉄組織であった。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.12⑤にねずみ鋳鉄部分の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は184Hvであった。黒鉛は軟質であって、硬度値によく表れている。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素（C）量は2.87％と亜共晶組成白鋳鉄レベルを呈した。全鉄分（Total Fe）80.71%に対して、金属鉄（Metallic Fe）56.63%、酸化第1鉄（FeO）27.32%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）4.07%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5.88%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.40%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）1.82%、バナジウム（V）0.08%で表皮スラグの影響が僅かに表れた。また酸化マンガン（MnO）0.15%、銅（Cu）は＜0.01%であった。高炭素系になると、酸化クロム（$Cr_2O_3$）が0.16％と濃縮してくる。鉄分主体の成分系である。

顕微鏡観察による鉱物組成と化学組成双方の特徴から、塩基性砂鉄を原料とする製錬系鉄塊に

分類される。

TON－21：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：不整五角形を呈する鉄塊系遺物で、密度の高い部分と低い部分が混在している。下面と側面の一部は自然面で、上面から側面にかけて4面が破面である。下面には不規則な流動状の滓部を残す。

(2) マクロ組織：Photo.31に示す。写真左側が試料上面側である。表層には滓が固着するが、まとまりのある鉄塊である。金属組織はほぼフェライト単相に近い個所から共析組織までの偏析をもつ。

(3) 顕微鏡組織：Photo.12⑥～⑧・13①～⑨に示す。Photo.12の⑥は滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、淡灰色微細結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出して、砂鉄製錬滓の晶癖である。⑦⑧は鉄中非金属介在物であり、珪酸塩系で一部にウルボスピネルを内蔵する。

Photo.13の①～⑨は金属鉄を5％ナイタルで腐食して現れた組織を示す。①は発達した針状フェライトが析出する亜共析組織である。この特徴から当試料は製鉄炉の操業後、炉内温度がある程度下がった時点で取り出して空冷された可能性が高い。②③の写真左側は滓部で、砂鉄粒子の形状を留めるように微細なフェライト結晶粒が晶出する。その周囲には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。写真右側は鉄部で、パーライト素地に針状フェライトが析出する。また④⑤も写真左側は滓部で、ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）結晶が晶出する。滓中に散在する微細な鉄部はフェライト単相から亜共析組織が確認された。写真右側の鉄部はパーライト素地で表層部に少量針状フェライトが析出する。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.13⑥～⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥はフェライト単相の個所で硬度値は89Hvである。⑦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97Hvであった。⑧⑨はパーライト素地に針状フェライトが析出する個所である。⑧は針状フェライトが析出する個所で硬度値は130Hv、⑨はパーライト部分で硬度値は196Hvであった。それぞれ炭素含有量に対応した値である。

(5) EPMA調査：Photo.39の１・2段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。1段目の介在物中の明色部に16・17の番号を、暗色部に18の番号をつけて定量値を測定した。16の定量分析値は20.7％$SiO_2$－6.8％$Al_2O_3$－2.7％CaO－4.2％MgO－1.1％$K_2O$－44.7％$TiO_2$－14.9％FeOであった。また17の定量分析値は21.7％$SiO_2$－7.5％$Al_2O_3$－4.7％CaO－3.9％MgO－0.2％$K_2O$－40.9％$TiO_2$－14.8％FeOで共に類似する値を示した。これに対して18の定量分析値は59.2％$SiO_2$－13.5 $Al_2O_3$－3.1％CaO－1.7％MgO－3.7％$K_2O$－10.1％$TiO_2$－4.9％FeOであった。明色部のほうが鉄（Fe）、チタン（Ti）を含有する割合が高いため色調差が生じている。

また2段目の介在物中の微細な球状の暗色部に19の番号を、基地の明色部に20の番号をつけて定量値を測定した。19の定量分析値は45.3％$SiO_2$－10.6％$Al_2O_3$－5.2％CaO－1.5％MgO－1.9％$K_2O$－10.8％$TiO_2$－18.7％FeOで、20の定量分析値は28.1％$SiO_2$－7.2％$Al_2O_3$－2.9％CaO－2.0％MgO－1.3％$K_2O$－20.4％$TiO_2$－35.3％FeOであった。1段目の介在物と同様に、明色部のほうが

鉄（Fe）、チタン（Ti）を含有する割合が高い。鉄とチタンの結晶化がなくて、いずれも珪酸塩中に固溶した形態をとっていた。高温時の派生物であろうか。

(6)　化学組成分析：Table.2に示す。炭素量は0.41％と亜共析鋼レベルを呈している。全鉄分（Total Fe）66.79%に対して、金属鉄（Metallic Fe）35.87%、酸化第1鉄（FeO）15.76%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）26.69%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14.84%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は1.42%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）4.22%、バナジウム（V）0.14%であった。また酸化マンガン（MnO）0.44%、銅（Cu）は＜0.01%となる。表層の付着滓部分を反映して、砂鉄由来の脈石成分（Ti、V、Mn）が少量内蔵される。

TON－22：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：表面は顆粒状の凹凸が著しい鉄塊系遺物である。上面と側面の一部が生きている。また下面には炉壁溶融物の黒色ガラス質滓や炉壁胎土が付着するため、炉壁に接する位置で生じた生成物と推定される。

(2) マクロ組織：Photo.31に示す。写真左側が試料上面側である。上面側はまとまりのある鉄部で、下面側に滓が固着する。鉄部はほぼ白鋳鉄組織であるが、滓と接する部分が層状に脱炭されて過共析鋼域となる。

(3) 顕微鏡組織：Photo.14①～⑨に示す。①は試料下面の滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）が晶出する。なお写真右下側が下面表層部で、半還元砂鉄粒子が複数残存する。②～⑨は5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③～⑤は試料下面の滓と接する脱炭層部分である。③は表層部に針状フェライトが極く微量析出する亜共析組織、④⑤はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する過共析組織を示す。また⑥～⑨は亜共晶組成白鋳鉄の個所である。なお内部の白鋳鉄部分では、パーライト組織の不完全球状セメンタイト化が進んでいる。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.14⑦～⑨に白鋳鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦は板状セメンタイト部分で硬度値は818Hv、⑧はパーライト部分で硬度値は185Hv、⑨はレデブライト部分で硬度値は572Hvであった。

(5)　化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は0.96％と過共析鋼レベルである。スラグの影響でうすまっている。全鉄分（Total Fe）65.04%に対して、金属鉄（Metallic Fe）32.08%、酸化第1鉄（FeO）26.71%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）17.44%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9.51%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.67%である。また砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は8.18%、バナジウム（V）0.79%であった。試料下面側の滓部を反映して高値傾向を示した。なお酸化マンガン（MnO）は0.28%、銅（Cu）＜0.01%を含む。ただし、酸化クロム（$Cr_2O_3$）は0.13％と多い。

鉱物・化学組成双方の特徴から、塩基性砂鉄を原料とする製錬系の鉄塊系遺物に分類される。

TON－23：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面は不整台形をして表面の大半が破面の鉄塊系遺物である。滓部はほとんど残さ

なくて、しっかりとした纏まりをもつ。

(2) マクロ組織：Photo.32に示す。写真左側が試料上面側である。過共析組織から共析組織主体の纏まりのある鉄塊で、局部的にねずみ鋳鉄を内蔵する。滓は表層に僅かに固着するのみである。

(3) 顕微鏡組織：Photo.15①～⑨に示す。①は表層に薄く固着する滓部である。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：$FeO \cdot TiO_2$）、淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。②は鉄中非金属介在物を示す。硫化鉄（FeS）が複数散在する。③は局部的に共晶黒鉛が析出する個所である。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。④⑤は③と同一の視野である。セメンタイト・パーライト素地に黒鉛を析出したねずみ鋳鉄であった。なお試料端部で共晶黒鉛が析出するのは、操業時に溶融状態の鋳鉄が、原料砂鉄に由来するチタン（Ti）分を含む溶融スラグに接触したためと推定される。(注6) また⑥⑦はパーライト素地にセメンタイトが析出する過共析組織である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.15⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧はほぼ全面パーライトの共析組織の個所で硬度値は264Hvであった。また⑨は板状セメンタイトの硬度を狙ったのであるが僅かに外れて硬度値は298Hvに留まった。

(5) EPMA調査：Photo.39の3段目に滓部鉱物相の反射電子像（COMP）を示す。晶出する片状結晶に21及び23番号の番号をつけて定量値を測定した。21の個所の定量分析値は66.6％$TiO_2$－17.5％FeO－8.8％$V_2O_3$－3.2％$Al_2O_3$－2.3％MgO、23の個所の定量分析値は67.4％$TiO_2$－19.1％FeO－7.3％$V_2O_3$－2.5％$Al_2O_3$－2.8％MgOであった。共にイルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）とルチル（Rutile：$TiO_2$）の中間の組成で、バナジウム（V）、アルミニウム（Al）、マグネシウム（Mg）を微量固溶する。また22の番号をつけた素地のガラス質滓部分の定量分析値は46.1％$SiO_2$－12.8％$Al_2O_3$－7.8％CaO－2.2％MgO－2.1％$K_2O$－19.0％FeOであった。珪酸塩に微量のファイヤライトの析出があるのであろう。

　またPhoto.39の4段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。24の番号をつけた個所の定量分析値は119.7％FeO－24.0％$P_2O_5$であった。Fe－$Fe_3C$－$Fe_3P$三元系共晶のステダイト（Steadite）に同定される。また25の番号をつけた微小黄褐色異物の定量分析値は78.4％FeO－36.9％S－4.1％$V_2O_3$－1.3％$TiO_2$であった。硫化鉄（FeS）に同定される。なお微量のチタン（Ti）、バナジウム（V）が検出された。

(6) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は1.44％と過共析域を表わす。全鉄分（Total Fe）80.93%に対して、金属鉄（Metallic Fe）57.37%、酸化第1鉄（FeO）21.01%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）10.34%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6.49%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）を0.68%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は1.95%、バナジウム（V）0.18%であった。表皮スラグの脈石成分の影響を僅かに残す。また酸化マンガン（MnO）0.17%、銅（Cu）は＜0.01%であった。鉄分主体の成分系である。白鋳化の程度が少ないのと酸化クロム（$Cr_2O_3$）も0.06％と低値である。

TON－24：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：不定形状の鉄塊系遺物である。試料の上下面と側面は生きており、長軸の両端が破面である。半分は細かい凹凸が顕著で、側面に僅かに黒色の流動滓が固着する。残る半分は滑ら

かな流動状である。分析試料は凹凸のある側から採取した。

(2) マクロ組織：Photo.32に示す。写真左側はまとまりのある鋳鉄鉄塊である。断面外周部は局部的にねずみ鋳鉄部分が点在する。また右側は流動滓部分である。

(3) 顕微鏡組織：Photo.16①～⑧に示す。①は滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、微細なファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）結晶が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。②は鉄中非金属介在物を示す。微小黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。また周囲には$Fe-Fe_3C-Fe_3P$三元系共晶のステダイト（Steadite）が広がる。③～⑧は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③は亜共晶組成白鋳鉄組織の個所である。また④は表層部がパーライト・セメンタイト素地に片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄組織で、内側は亜共晶組成白鋳鉄組織の個所である。なお⑤は④の表層側の拡大である。写真左側の僅かに固着する滓部には、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.16⑥～⑧に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥はねずみ鋳鉄部分で硬度値は194Hvであった。これに対して、⑦は白鋳鉄組織のレデブライト部分で硬度値は615Hv、⑧は白鋳鉄組織のパーライト部分で硬度値は211Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は2.77%と亜共晶組成白鋳鉄のレベルを呈する。全鉄分（Total Fe）74.44%に対して、金属鉄（Metallic Fe）49.29%、酸化第1鉄（FeO）19.74%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）14.02%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、このうち塩基性成分（$CaO+MgO$）は0.55%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は1.63%、バナジウム（V）0.55%であった。また酸化マンガン（MnO）は0.16%、銅（Cu）は<0.01%であり、酸化クロム（$Cr_2O_3$）は0.10%を含む。僅かにスラグ成分を残すが白鋳鉄組成である。

TON－25：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面が不整五角形の鉄塊系遺物である。上面のみ生きており側面5面が破面である。やや隙間が多く、錆も一様ではない。下面中央の突出部には流動状の滓部が付着する。

(2) マクロ組織：Photo.25に示す。滓中に不定形の鉄部が複数散在する。写真は試料下面側の最もまとまりのよい鉄部を示している。発達した針状フェライトが析出する亜共析組織を呈することから、製鉄炉の操業後ある程度炉温が下がった状態で取り出され、空冷された鉄塊と推測される。鉄断面には気泡が多発する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.17①～⑨に示す。①は滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。なおウルボスピネル結晶内に微細な金属鉄粒が散在する。②は球状の鉄中非金属介在物を示す。③～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③は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、④は表層部に僅かに針状フェライトが析出する亜共析組織、⑤はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する過共析組織の個所である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.17⑥～⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥はフェライト素地にごく微量パーライトが析出する組織で、硬度値は75Hvであった。⑦は針状フェライト及びパーライトが析出する組織で、硬度値は135Hvである。また⑧は全面パーライトの共析組織で硬度値は190Hv、⑨は過共析組織のセメンタイト部分で硬度値は391Hvを呈した。

(5) EPMA調査：Photo.40の1段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。26の番号をつけた素地のガラス質部分の定量分析値は50.5％$SiO_2$－20.8％$Al_2O_3$－1.9％CaO－1.3％MgO－14.6％FeO－4.1％MnOであった。珪酸塩に微細なファイヤライトを含む。また27の番号をつけた淡褐色の結晶の定量分析値は62.3％$TiO_2$－4.1％$V_2O_3$－15.9％FeO－12.8％$Al_2O_3$であった。ルチル（Rutile：$TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・$Al_2O_3$）の混合組成で、バナジウム（V）を含む結晶である。

またもう1視野、Photo.40の2段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。

28の番号をつけた針状結晶の定量分析値は53.7％$TiO_2$－8.5％FeO－13.6％$SiO_2$－18.5％$Al_2O_3$－2.4％CaO－4.1％MgO－1.6％$K_2O$であった。結晶の面積が狭いため周囲のガラス質成分を含んだ値となっている。イルミナイト（Ilmenite：FeO・$TiO_2$）とルチル（Rutile：$TiO_2$）の中間の組成の結晶と推測される。また30の番号をつけた多角形結晶の定量分析値は74.9％$TiO_2$－9.6％FeO－10.9％$Al_2O_3$－5.8％MgOであった。やはりルチル（Rutile：$TiO_2$）とヘーシナイト（Hercynite：FeO・$Al_2O_3$）の混合組成の結晶で、マグネシウム（Mg）を含む。29の番号をつけた素地のガラス質部分の定量分析値は37.2％$SiO_2$－35.5％$Al_2O_3$－9.6％CaO－1.8％MgO－4.7％$K_2O$－1.9％$Na_2O$－5.8％$TiO_2$－4.1％FeOである。珪酸塩系にチタンや鉄を少量固溶する。

TON－26：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面は不整台形状の鉄塊系遺物である。試料上面は生きていると考えられるが、側面から下面にかけて全面破面である。表面は小さな瘤状の凹凸が顕著で、１cm大の木炭痕が点在する。

(2) マクロ組織：Photo.33に示す。写真左側が試料上面側である。表層に薄く滓が固着するが、ほぼ纏まりのある鉄塊である。共析組織から～白鋳鉄組織までの偏析をもつ。気泡も散見される。

(3) 顕微鏡組織：Photo.18①～⑨に示す。①は滓部である。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・$TiO_2$）、ないしは淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）が晶出して、微小金属鉄粒が散在する。砂鉄製錬滓の晶癖である。②には鉄中非金属介在物を示す。中央の黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。またその周囲には$Fe-Fe_3C-Fe_3P$三元系共晶のステダイト（Steadite）が広がる。③～⑨は金属鉄を5％ナイタルで腐食して現れた組織である。③～⑤は蜂の巣状のレデブライトなりかけで過共析鋼から亜共晶組成白鋳鉄組織へ移行寸前の組織である。⑥はほぼ全面パーライトの共析組織に近い個所である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.18⑦～⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦は亜共析組織のパーライト部分で硬度値は212Hv、⑧は過共析組織のセメンタイトが析出する部分で硬度値は375Hvであった。また⑨は白鋳鉄組織のレデブライト部分で硬度値は587Hvと硬化する。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は2.00％と銑鉄になりきっていない数字である。全鉄分（Total Fe）65.69％に対して、金属鉄（Metallic Fe）24.36％、酸化第1鉄

（FeO）15.53%、銹化鉄含みで酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）は41.83%と高い割合であった。ガラス質成分（$SiO_2$＋$Al_2O_3$＋CaO＋MgO＋$K_2O$＋$Na_2O$）は9.76%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.45%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は0.41%、バナジウム（V）0.02%であった。また酸化マンガン（MnO）0.03%、銅（Cu）は＜0.01%であった。表皮スラグ由来の脈石成分の影響はあまり及ぼされていない成分である。

TON－27：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：樋状を呈する流動状の鉄塊系遺物である。上面に僅かに黒褐色の滓が固着する。鉄部の一部は小さい放射割れや銹が滲む。

(2) マクロ組織：Photo.34に示す。写真左側が試料上面側である。上面に固着する滓部を除き、白鋳鉄とねずみ鋳鉄の混在する鉄塊である。また試料上面の白鋳鉄部分と下面側のねずみ鋳鉄部分は接合面が明瞭で、別に生成した鉄塊が融着したようにも観察される。

(3) 顕微鏡組織：Photo.19①～⑨に示す。①には鉄中の非金属介在物を示す。微小黄褐色異物の硫化鉄（FeS）が複数確認される。②～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。②③は試料上面側の白鋳鉄部分である。②の写真左側は共晶組成白鋳鉄の鉄部である。また写真右側は滓部で、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：2FeO･$TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：FeO･$TiO_2$）、及び微細なファイヤライト（Fayalite：2FeO･$SiO_2$）結晶が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。③も内部は共晶組成白鋳鉄組織を呈するが、表層は脱炭されて薄くパーライト組織の層が生じている。さらに④～⑥は試料下面側のねずみ鋳鉄部分である。④は共晶黒鉛と片状黒鉛が混在する。⑤は片状黒鉛が析出する。⑥はまた亜共晶組成白鋳鉄である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.19⑦～⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦は共晶黒鉛が析出するねずみ鋳鉄部分で硬度値は133Hv、⑧は片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄部分で硬度値は160Hvであった。また⑨は亜共晶組成白鋳鉄のレデブライト部分で硬度値は650Hvである。組織に対応した硬度値である。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は3.32％と銑鉄レベルを呈する。全鉄分（Total Fe）81.52%に対して、金属鉄（Metallic Fe）57.65%、酸化第1鉄（FeO）17.26%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）15.66%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3.23%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は0.17%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は0.50%、バナジウム（V）0.02%と低値でる。また酸化マンガン（MnO）0.05%、銅（Cu）は＜0.01%であった。炭素量が高く出る鉄塊は酸化クロム（$Cr_2O_3$）も0.15％と多く含有される。

TON－28：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：不整楕円形を呈する小型（76ｇ）の鉄塊である。上下面には1cm前後の木炭痕が散在する。顆粒状の砂鉄焼結塊に近い個所から、還元が進みややまとまった鉄部までが混在する。

(2) マクロ組織：Photo.34に示す。写真左側が試料上面側である。滓中に微細な金属鉄が散在する。金属組織はほぼフェライト単相である。

(3) 顕微鏡組織：Photo.20①～③に示す。試料は5%ナイタルで腐食している。金属鉄部分はフェライト単相であった。また周囲の滓部では、素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：$2FeO \cdot SiO_2$）が晶出する。なおヴスタイト結晶は、5%ナイタルで粒内の微細なFe－Ti－O系晶出物の粒界が黒く腐食されている。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.20①に金属鉄部分（フェライト組織）の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は95Hv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。酸化物定量である。炭素量は0.47%と亜共析鋼レベルである。全鉄分（Total Fe）66.35%に対して、金属鉄（Metallic Fe）15.95%、酸化第1鉄（FeO）28.67%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）40.20%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6.67%で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.85%であった。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は2.89%、バナジウム（V）0.10%であった。また酸化マンガン（MnO）0.25%、銅（Cu）は＜0.01%であった。外観観察に砂鉄焼結塊が検出されて製錬系鉄塊である。蛇足ながら以下の文章をつけておく。

顕微鏡観察で確認された鉱物組成と化学組成のみから、製錬工程と鍛冶工程のいずれの派生物か判断することは難しい。しかし当遺跡出土の分析試料で、他に鍛冶関連遺物の可能性があるものは存在しないことから、製錬系の鉄塊系遺物と推測される。なお金属鉄は未凝集で、鍛冶原料となりうる品位ではなく廃棄されたものと推察される。

TON－29：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面が不整菱形をした小型（71ｇ）の鉄塊系遺物である。上面は平坦気味で、下面は船底状に突出する。下側表層部は細かい気孔の残る滓部である。

(2) マクロ組織：Photo.35に示す。冷却速度が不均一で片状黒鉛の析出に偏析をもつ斑鋳鉄傾向の鉄塊である。表層は僅かに滓を固着する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.20④～⑧に示す。④は滓部で、素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色不定形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。⑤の写真中央の黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。また周囲には片状黒鉛が析出する。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。片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄とレデブライトが晶出する白鋳鉄が確認されて、斑鋳鉄ととといえる均一組織ではない。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.20⑦⑧に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はねずみ鋳鉄組織で硬度値は164Hv、⑧は白鋳鉄のレデブライト組織で硬度値は562Hvであった。組織に対応した値である。

TON－30：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面が不整三角形をした小型（70ｇ）の鉄塊系遺物である。上面が生きており、側面や下面は破面の可能性が高い。側面や内部には隙間がある。

(2) マクロ組織：Photo.35に示す。外周部に滓が固着しているが、纏まりのある鉄塊である。写真

左側端部が過共析組織～白鋳鉄組織なりかけの高炭素域で、漸次右側寄りに低炭素域となり、端部ではほぼフェライト単相に近い組織となる。

(3) 顕微鏡組織：Photo.21①～⑨に示す。①②は鉄中非金属介在物である。①の中央はガラス質の素地中にチタン（Ti）系の結晶が晶出する、球状の介在物である。②の中央は硫化鉄（FeS）である。なお介在物の組成についてはEPMA調査の項で詳述する。③～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③はほぼフェライト単相の組織、④は全面パーライトの共析組織、⑤はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する過共析組織である。なお周囲の滓部では白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）、淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）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.21⑥～⑨に硬度測定の圧痕を示す。⑥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94Hv、⑦は発達した針状フェライトが析出する個所で硬度値は132Hvであった。また⑧は全面パーライト組織の個所で硬度値は274Hv、⑨はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する個所で硬度値は305Hvであった。それぞれが炭素含有量に対応した硬度値である。

(5) EPMA調査：Photo.40の3段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。31の番号をつけた黄褐色異物の定量分析値は78.7%FeO－36.9%S－1.3%$TiO_2$－2.7%$V_2O_3$－1.9%MnOであった。硫化鉄（FeS）に同定される。なおチタン（Ti）、バナジウム（V）、マンガン（Mn）が微量検出された。また32の個所の定量分析値は131.9%FeO－1.3%$SiO_2$－1.2%$P_2O_5$であった。金属鉄（Metallic Fe）部分で、珪素（Si）、燐（P）が微量検出される。33の個所の定量分析値は121.9%FeO－10.4%$P_2O_5$－7.3%Sであった。硫化鉄（FeS）と周囲のFe－$Fe_3C$－$Fe_3P$三元系共晶のステダイト（Steadite）を合わせた値と推定される。（131.9%FeOと121.9%FeOは100%Feを表わす。）

またもう1視野、Photo.40の4段目に鉄中非金属介在物の反射電子像（COMP）を示す。34の番号をつけた素地のガラス質部分の定量分析値は36.5%$SiO_2$－26.4%$Al_2O_3$－7.2%CaO－1.2%MgO－4.4%$K_2O$－1.7%$Na_2O$－16.7%FeO－6.6%$TiO_2$であった。珪酸塩系である。少量のファイヤライトを含む。35の番号をつけた淡褐色の結晶の定量分析値は71.9%$TiO_2$－19.3%$Al_2O_3$－2.6%FeOであった。ルチル（Rutile：$TiO_2$）にアルミニウム（Al）、鉄（Fe）などを僅かに固溶している。

(6) 化学組成分析：Table.2に示す。外周部の滓を反映して、ガラス質成分や脈石成分（Ti、V、Mn）がやや高め傾向の鉄塊である。

炭素量は過共析鋼域の0.87%を呈した。全鉄分（Total Fe）55.19%に対して、金属鉄（Metallic Fe）12.75%、酸化第1鉄（FeO）14.71%、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）44.33%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14.80%で、このうちに塩基性成分（CaO＋MgO）は1.39%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は5.10%、バナジウム（V）0.15%であった。また酸化マンガン（MnO）は0.38%、銅（Cu）＜0.01%を含む。

TON－31：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：全体が黒錆に覆われた小型（66ｇ）鉄塊系遺物である。5cm以上の長さを持つ大型

の木炭痕が残存する。炉内のやや上方で生成された可能性が考えられる。

(2) マクロ組織：Photo.36に示す。ほぼ全面亜共晶組成の白鋳鉄の鉄塊である。滓は表層に僅かに固着するのみである。

(3) 顕微鏡組織：Photo.22①～⑨に示す。①は滓部である。素地の暗黒色ガラス質滓中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）が晶出する。白鋳鉄組織の銹化鉄と共存する。砂鉄製錬滓の晶癖である。②は鉄中非金属介在物を示す。中央の黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。③～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。全面が亜共晶組成白鋳鉄組織であった。なおパーライト部分は不完全球状化が顕著である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.22⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧はレデブライト部分で硬度値は672Hv、⑨は不完全球状パーライト部分で硬度値は208Hvであった。組織に対応した値である。

TON－32：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面不整長方形状で60ｇ弱の小型鉄塊系遺物である。上面と下面の一部を除き破面である。やや瘤状の凹凸が著しい。

(2) マクロ組織：Photo.36に示す。過共析組織からねずみ鋳鉄組織の鉄塊である。滓は表層に僅かに固着するのみである。2～5mm径の気泡が存在する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.23①～⑨に示す。①は滓部である。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：$FeO \cdot TiO_2$）、ないしは淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）、及び微細な金属鉄粒が散在する。砂鉄製錬滓の晶癖である。②の中央はやや大型化した黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。③～⑨は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。③～⑤はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する過共析組織の個所、⑥⑦はパーライト素地に針状セメンタイト及び片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄の組織である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.23⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧は過共析組織のセメンタイト部分で硬度値は283Hvであった。また⑨はねずみ鋳鉄部分で硬度値は281Hvであった。両者は鉱物相が２種類以上あって単相組織の硬度値とはいい難いもので参考値として載げた。

TON－33：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：「へ」の字状に曲がった偏平小型（53ｇ）流動状の鉄塊である。上面に僅かに木炭痕が残り、下面は平坦である。

(2) マクロ組織：Photo.33に示す。全面白鋳鉄の鉄塊である。鉄中には0.2～1.5mm径の気孔が散在する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.24①～③に示す。①の中央の微小黄褐色異物は硫化鉄（FeS）である。②③は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。黒色のパーライト組織はごく僅かで、蜂の巣状のレデブライト組織が大半をしめる。共晶組成に近い白鋳鉄組織であった。分析調査を実施した当遺跡出土の鋳鉄塊の中で、最も炭素量が高いと推定される。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.24③に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。硬度値は552Hvであった。レデブライトに同定される。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は3.75％を含む。全鉄分（Total Fe）77.80％に対して、金属鉄（Metallic Fe）50.10％、酸化第1鉄（FeO）21.61％、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）15.59％の割合であった。ガラス質成分（$SiO_2$＋$Al_2O_3$＋CaO＋MgO＋$K_2O$＋$Na_2O$）は3.16％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.06％である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は0.14％、バナジウム（V）0.01％であった。表皮スラグを付着していないので脈石成分は少ない。また酸化マンガン（MnO）0.02％、銅（Cu）＜0.01％であった。ただし、酸化クロム（$Cr_2O_3$）は0.15％と高い。銑鉄成分系の特色を有する。

TON－34：鉄塊系遺物

(1) 肉眼観察：平面は不整楕円形で椀形を呈する小型（40ｇ）の鉄塊系遺物である。滓部はまったく付着していない。

(2) マクロ組織：Photo.37に示す。ほぼ亜共晶組成白鋳鉄であるが、局部的に片状黒鉛を析出したねずみ鋳鉄組織をもつ鉄塊である。滓は表層にごく僅かに付着するのみである。鉄中には複数の気孔があつまっでできた、やや不定形の気孔が散在する。

(3) 顕微鏡組織：Photo.24④～⑧に示す。④は滓部である。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･$TiO_2$）、ないしは淡褐色片状結晶ルチル（Rutile：$TiO_2$）が占める。また微小金属鉄粒も散在する。砂鉄製錬滓の晶癖である。⑤は鉄中非金属介在物を示す。複数散在する微小黄褐色異物は硫化鉄（FeS）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。⑥の写真左側は片状黒鉛が析出するねずみ鋳鉄組織、右側は蜂の巣状のレデブライトが晶出する亜共晶組成白鋳鉄組織である。

(4) ビッカース断面硬度：Photo.24⑦⑧に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はねずみ鋳鉄パーライト部分で硬度値は241Hv、⑧は白鋳鉄のレデブライト部分で硬度値は640Hvであった。

(5) 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量である。炭素量は3.37％を呈する。全鉄分（Total Fe）85.96％に対して、金属鉄（Metallic Fe）68.69％、酸化第1鉄（FeO）20.26％、酸化第2鉄（$Fe_2O_3$）2.18％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1.76％で、このうち塩基性成分（CaO＋MgO）は0.05％と少量である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（$TiO_2$）は0.08％、バナジウム（V）0.01％であった。また酸化マンガン（MnO）0.02％など脈石成分は低め傾向にある。銅（Cu）は＜0.01％であった。なお、酸化クロム（$Cr_2O_3$）は0.19％と、ここでも高めであった。

TON－35：木炭

(1) 肉眼観察：35－1を供試材とした。広葉樹の環孔材で、炭化の甘い黒炭である。

(2) 顕微鏡組織：Photo.41に示す。上から木口、柾目、板目の断面組織である。

(3) 性状調査：Table.3に示す。遺跡出土木炭は通常酸化土砂に汚染され、固定炭素（F.C）が低く灰分の多い傾向を呈する例が多い。固定炭素（F.C）は汚染されていない木炭であれば、通常85％台であるが53.67％と低減した値となった。また灰分は2％以下が正常であるが6.24％と高値で、発熱量も5780cal/gと低値となった。本来は7000 cal/g程度は確保できるはずである。(注7) なお揮発分は40.09％とこれも多い。鉄製錬で有害元素となる硫黄（T.S）は0.01％、灰中燐（P）

は0.064％と共に低値であった。

## ４．まとめ

殿淵山遺跡出土製鉄関連遺物の調査の結果、次の点が明らかになった.

〈１〉製鉄原料には在地に賦存する真砂（酸化砂鉄）と赤目（塩基性砂鉄）の境界に位置する品位が用いられている。周辺地域で採取した砂鉄や、志津見ダム関連の製鉄遺跡で出土した砂鉄の化学分析例をみると、いずれもチタン（Ti）を4～7％程度含有し、マンガン（Mn）の高値傾向が認められる。当遺跡出土の被熱砂鉄（TON－3、4）でも同様の成分傾向が確認された。

〈２〉製錬滓の鉱物組成はウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）に加え、高温生成物であるイルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）、ないしはルチル（Rutile：$TiO_2$）が析出する。特に鉄塊系遺物の表面に付着する滓の大半で、高温生成物のイルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）、ないしはルチル（Rutile：$TiO_2$）が晶出しているため、当遺跡の製鉄炉は比較的高温下で操業されたと推定される。

〈３〉含鉄炉内滓・鉄塊系遺物のうち、滓中にごく微細な金属鉄が散在する試料は鍛冶原料に成り得ず、滓として廃棄されている。また比較的まとまった鉄部が存在する試料では、亜共析組織（C：0.77％以下）主体のものから鋳鉄塊までの変動をもつ。中でも過共析組織～鋳鉄組織の鉄塊の割合が高いため、当遺跡では高温操業を行い、吸炭の進んだ高炭素系鉄塊の生産を志向したと推察される。ここで注目しておきたい事は、銑鉄組織（2.6～3.75％C）の鉄塊は、クロム（Cr）が微量（0.10～0.19％$Cr_2O_3$）ながら濃縮傾向にある。クロムは本来親石元素であるが高温になると鉄中へ固溶することを示唆する。製品になると更にクロムは濃縮するもので獅子谷遺跡出土品は0.37～0.84％$Cr_2O_3$などの実績がある。(注８) また鉄塊系遺物（TON－19）では局部的に水冷組織をもっている。製鉄炉の操業後、炉内生成物を取り出し、ある程度温度が下がった状態から水冷した痕跡とみられよう。こうした水冷組織は、周辺の製鉄・鍛冶遺跡で出土した鉄塊でも数例観察されている。これに対して、鉄塊系遺物の中には空冷や徐冷の痕跡組織も確認された。これらは炉内の生成位置の違いによる冷却速度の差も考慮する必要があるが、生成物の取り出し作業の実態を検討するうえでも注目される。

〈４〉製鉄炉炉壁片は上部破片（TON－1）の耐火度が1280℃であった。また通風孔の周囲の破片（TON－2）は耐火度が1480℃であった。

炉壁は通風孔付近で温度が最も上昇するため、炉下部（元釜）の胎土は耐火性が要求される反面、溶融して滓と鉄の分離を促進する自媒材としての性格も必要である。TON－1・2の成分系や耐火性の違いは、製鉄炉の部位に応じて胎土を選択した結果と推側される。

---

(注)

1）①『弓谷たたら』（志津見ダム関連埋蔵文化財発掘調査報告書）建設省中国地方建設局　島根県頓原町教育委員会 2000

②大澤正己・鈴木瑞穂「大槙鈩跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『丸山遺跡・大槙鈩跡』（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書10）国土交通省中国地方整備局・島根県教育委員会 2001.3

③大澤正己・鈴木瑞穂「檀原遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『檀原遺跡（2）』－自然科学分析編－

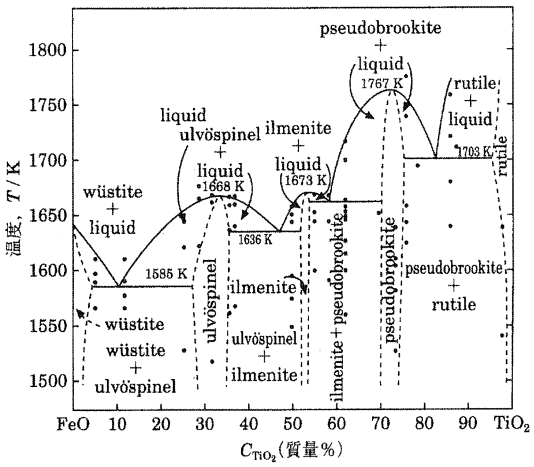
（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書11）国土交通省中国地方整備局　島根県教育委員会 2002

2）黒田吉益・諏訪兼位『偏光顕微鏡と造岩鉱物［第2版］』共立出版株式会社　1983第5章　鉱物各論　E．磁鉄鉱（magnetite）

磁鉄鉱は広義のスピネル類に属し、$FeO \cdot Fe_2O_3$の理想組成を持っているが、多くの場合Tiをかなり多く含んでいる。（中略）ウルボスピネル（Ulvöspinel：$2FeO \cdot TiO_2$）と連続固溶体をつくり、この固溶体の中間組成のものをチタン磁鉄鉱（Titanomagnetite）とよぶ。

3）日刊工業新聞社『焼結鉱組織写真および識別法』　1968　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。

4）J.B.Mac chesney and A. Murau：American Mineralogist，46（1961），572〔イルミナイト（Ilmenite：$FeO \cdot TiO_2$）、シュードブルーカイト（Pseudobrookite：$Fe_2O_3 \cdot TiO_2$）、ルチル（Rutile：$TiO_2$）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）前掲書注１）－③

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

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

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

8）大澤正己・鈴木瑞穂「獅子谷遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『殿淵山遺跡・獅子谷遺跡（2）』―分析・総括編―（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書17）国土交通省中国地方整備局 島根県教育委員会 2003.3

## Table.1 供試材の履歴と調査項目

| 符号 | 遺跡名 | 出土位置 | 遺物名称 | 推定年代 | 計測値 | | 磁着度 | メタル度 | 調査項目 | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 大きさ(mm) | 重量(g) | | | マクロ組織 | 顕微鏡組織 | ビッカース断面硬度 | X線回折 | EPMA | 化学分析 | 耐火度 | カロリー | |
| TON-1 | 殿淵山 | イ－18 | 炉壁 | 18c | 81×91×41 | 235.9 | 2 | なし | － | ○ | － | | － | ○ | ○ | － | |
| TON-2 | 殿淵山 | エ－15 | 炉壁 | 〃 | 147×145×72 | 1145.8 | 4 | なし | － | ○ | － | | － | ○ | ○ | － | |
| TON-3 | 殿淵山 | エ－15 | 砂鉄 | 〃 | － | 20.0 | 4 | なし | ○ | ○ | － | | － | ○ | － | － | |
| TON-4 | 殿淵山 | イ－18 | 砂鉄焼結塊 | 〃 | 89×83×24 | 185.7 | 7 | なし | ○ | ○ | － | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-5 | 殿淵山 | イ－13 | 流動滓 | 〃 | 80×30×15 | 30.6 | 1 | なし | － | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-6 | 殿淵山 | イ－23 | 工具付着滓 | 〃 | 48×28×23 | 23.9 | 2 | なし | － | ○ | ○ | | ○ | － | － | － | |
| TON-7 | 殿淵山 | イ－15 | 炉底塊 | 〃 | 130×167×136 | 2300.0 | 2 | なし | － | ○ | ○ | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-8 | 殿淵山 | 不明 | 流出孔滓 | 〃 | 101×79×53 | 539.9 | 2 | なし | － | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-9 | 殿淵山 | 表採 | 流出溝滓 | 〃 | 146×129×90 | 1553.5 | 3 | なし | － | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-10 | 殿淵山 | イ－19 | 流出孔滓 | 〃 | 102×89×57 | 499.6 | 3 | なし | － | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-11 | 殿淵山 | エ－15 | 流出溝滓 | 〃 | 123×96×77 | 851.7 | 3 | なし | － | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-12 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄・砂鉄焼結) | 〃 | 54×64×39 | 130.0 | 10 | M(◎) | ○ | ○ | － | | － | ○ | － | － | |
| TON-13 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 105×156×46 | 1109.6 | 12 | H(○) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-14 | 殿淵山 | イ－18 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 103×133×74 | 771.7 | 8 | L(●) | ○ | ○ | ○ | | － | － | － | － | |
| TON-15 | 殿淵山 | エ－15 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 74×84×72 | 505.9 | 8 | L(●) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-16 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 123×121×70 | 1003.2 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-17 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 52×82×46 | 216.8 | 12 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-18 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 132×115×53 | 918.9 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-19 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 85×106×60 | 839.5 | 11 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-20 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 71×102×77 | 520.7 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-21 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 82×101×59 | 482.7 | 11 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-22 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 112×76×40 | 384.0 | 11 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-23 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 63×61×40 | 196.9 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-24 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 85×45×42 | 159.9 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-25 | 殿淵山 | イ－14 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 55×65×50 | 159.4 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | ○ | － | － | － | |
| TON-26 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 47×54×35 | 118.7 | 7 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-27 | 殿淵山 | イ－22 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 66×46×34 | 209.6 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-28 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 34×54×36 | 75.9 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ⊖ | － | － | |
| TON-29 | 殿淵山 | イ－25 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 59×33×29 | 71.4 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | － | － | － | |
| TON-30 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 61×41×25 | 69.6 | 7 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | － | － | |
| TON-31 | 殿淵山 | イ－20 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 67×34×28 | 66.0 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | － | － | － | |
| TON-32 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 54×28×33 | 59.1 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | － | － | － | |
| TON-33 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 76×41×14 | 53.1 | 9 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-34 | 殿淵山 | イ－19 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 38×27×16 | 40.4 | 8 | 特L(☆) | ○ | ○ | ○ | | － | ○ | － | － | |
| TON-35 | 殿淵山 | | 木炭 | 〃 | － | 小計44.3 | 1 | なし | － | ○ | － | | － | ○ | － | ○ | |

（＊61点調査）

## Table. 2 供試材の組成

| 符号 | 遺跡名 | 出土位置 | 遺物名称 | 推定年代 | 全鉄分 (Total Fe) | 金属鉄 (Metallic Fe) | 酸化第1鉄 (FeO) | 酸化第2鉄 ($Fe_2O_3$) | 二酸化珪素 ($SiO_2$)* | 酸化アルミニウム ($Al_2O_3$)* | 酸化カルシウム (CaO)* | 酸化マグネシウム (MgO)* | 酸化カリウム ($K_2O$)* | 酸化ナトリウム ($Na_2O$)* | 酸化マンガン (MnO) | 二酸化チタン ($TiO_2$) | 酸化クロム ($Cr_2O_3$) | 硫黄 (S) | 五酸化燐 ($P_2O_5$) | 炭素 (C) | バナジウム (V) | 銅 (Cu) | 耐火度 ℃ | 造滓成分 (:Igloss) | 造滓成分 / Total Fe (Σ*) | $TiO_2$ / Total Fe | 注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TON-1 | 殿淵山 | イ－18 | 炉壁胎土 | 18 c | 3.91 | 0.17 | 1.58 | 3.59 | 70.10 | 16.18 | 0.60 | 0.42 | 3.89 | 1.27 | 0.12 | 0.66 | 0.08 | 0.01 | 0.10 | #0.74 | 0.01 | <0.01 | 1,280 | 92.46 | 23.647 | 0.169 | |
| TON-2 | 殿淵山 | エ－15 | 炉壁胎土 | 〃 | 1.69 | 0.01 | 0.23 | 2.15 | 73.30 | 17.28 | 0.10 | 0.17 | 4.11 | 0.94 | 0.03 | 0.30 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | #0.69 | <0.01 | <0.01 | 1,480 | 95.90 | 56.746 | 0.178 | |
| TON-3 | 殿淵山 | エ－15 | 砂鉄 | 〃 | 59.86 | 0.20 | 25.06 | 57.45 | 5.68 | 2.68 | 0.43 | 0.70 | 0.19 | 0.14 | 0.48 | 5.32 | 0.09 | 0.01 | 0.08 | 0.45 | 0.30 | <0.01 | | 9.82 | 0.164 | 0.089 | |
| TON-4 | 殿淵山 | イ－18 | 砂鉄焼結塊 | 〃 | 59.42 | 0.21 | 46.38 | 33.11 | 6.95 | 1.95 | 0.69 | 0.48 | 0.61 | 0.14 | 0.74 | 6.95 | 0.02 | 0.01 | 0.14 | 0.18 | 0.28 | <0.01 | | 10.82 | 0.182 | 0.117 | |
| TON-5 | 殿淵山 | イ－13 | 流動滓 | 〃 | 32.00 | 0.17 | 36.44 | 5.01 | 22.48 | 6.22 | 2.22 | 1.11 | 1.58 | 0.28 | 1.45 | 21.81 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 0.74 | <0.01 | | 33.89 | 1.059 | 0.682 | |
| TON-7 | 殿淵山 | イ－15 | 炉底塊 | 〃 | 31.21 | 0.17 | 28.22 | 13.02 | 21.74 | 6.13 | 4.73 | 1.87 | 1.57 | 0.47 | 1.72 | 17.15 | 0.02 | 0.01 | 0.14 | 0.05 | 0.51 | <0.01 | | 36.51 | 1.170 | 0.550 | |
| TON-8 | 殿淵山 | 不　明 | 流出孔滓 | 〃 | 37.80 | 0.24 | 43.75 | 5.08 | 21.93 | 6.30 | 3.66 | 1.17 | 1.46 | 0.38 | 1.26 | 13.74 | 0.02 | 0.02 | 0.16 | 0.06 | 0.37 | <0.01 | | 34.90 | 0.923 | 0.363 | |
| TON-9 | 殿淵山 | 表　採 | 流出溝滓 | 〃 | 32.19 | 0.22 | 26.76 | 15.97 | 28.31 | 7.42 | 2.24 | 1.45 | 1.75 | 0.55 | 1.25 | 13.11 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.07 | 0.64 | <0.01 | | 41.72 | 1.296 | 0.407 | |
| TON-10 | 殿淵山 | イ－19 | 流出孔滓 | 〃 | 43.46 | 0.06 | 49.45 | 7.10 | 20.63 | 5.12 | 1.46 | 0.96 | 0.99 | 0.27 | 1.10 | 11.57 | 0.02 | 0.03 | 0.12 | 0.15 | 0.41 | <0.01 | | 29.43 | 0.677 | 0.266 | |
| TON-11 | 殿淵山 | エ－15 | 流出溝滓 | 〃 | 36.82 | 0.31 | 39.38 | 8.44 | 21.68 | 6.49 | 2.66 | 1.29 | 1.29 | 0.43 | 1.26 | 16.06 | 0.02 | 0.03 | 0.19 | 0.03 | 0.36 | <0.01 | | 33.84 | 0.919 | 0.436 | |
| TON-12 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄・砂鉄焼結) | 〃 | 52.06 | 0.36 | 19.14 | 52.65 | 6.43 | 1.78 | 0.42 | 0.48 | 0.20 | 0.09 | 0.64 | 9.26 | 0.08 | 0.05 | 0.18 | 0.45 | 0.26 | <0.01 | | 9.40 | 0.181 | 0.178 | |
| TON-13 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 49.14 | 0.38 | 28.74 | 37.78 | 8.14 | 2.88 | 0.76 | 0.55 | 0.51 | 0.11 | 0.77 | 14.45 | 0.04 | 0.04 | 0.10 | 0.47 | 0.71 | <0.01 | | 12.95 | 0.264 | 0.294 | |
| TON-15 | 殿淵山 | エ－15 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 41.20 | 4.04 | 42.33 | 6.09 | 16.12 | 5.32 | 1.17 | 1.18 | 0.94 | 0.30 | 1.23 | 19.54 | 0.09 | 0.01 | 0.04 | 0.08 | 1.51 | <0.01 | | 25.03 | 0.608 | 0.474 | |
| TON-16 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 46.23 | 0.28 | 31.97 | 30.17 | 14.53 | 4.29 | 1.26 | 0.62 | 0.83 | 0.18 | 0.85 | 8.51 | <0.01 | 0.04 | 0.08 | 1.22 | 0.30 | <0.01 | | 21.71 | 0.470 | 0.184 | |
| TON-17 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 58.26 | 11.94 | 22.44 | 41.29 | 8.37 | 2.45 | 0.41 | 0.37 | 0.37 | 0.11 | 0.32 | 5.80 | 0.07 | 0.11 | 0.11 | 1.59 | 0.71 | <0.01 | | 12.08 | 0.207 | 0.100 | |
| TON-18 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 84.43 | 60.64 | 16.73 | 15.42 | 0.51 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.03 | 0.08 | 2.60 | <0.01 | <0.01 | | 0.65 | 0.008 | 0.000 | |
| TON-19 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 68.46 | 35.98 | 13.51 | 31.42 | 8.51 | 2.09 | 0.26 | 0.16 | 0.44 | 0.12 | 0.07 | 1.11 | 0.06 | 0.08 | 0.11 | 1.5 | 0.04 | <0.01 | | 11.58 | 0.169 | 0.016 | |
| TON-20 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 80.71 | 56.63 | 27.32 | 4.07 | 4.16 | 1.00 | 0.23 | 0.17 | 0.24 | 0.08 | 0.15 | 1.82 | 0.16 | 0.03 | 0.07 | 2.87 | 0.08 | <0.01 | | 5.88 | 0.073 | 0.023 | |
| TON-21 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 66.79 | 35.87 | 15.76 | 26.69 | 10.23 | 2.50 | 0.85 | 0.57 | 0.52 | 0.17 | 0.44 | 4.22 | 0.06 | 0.03 | 0.09 | 0.41 | 0.14 | <0.01 | | 14.84 | 0.222 | 0.063 | |
| TON-22 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 65.04 | 32.08 | 26.71 | 17.44 | 5.84 | 2.62 | 0.29 | 0.38 | 0.30 | 0.08 | 0.28 | 8.18 | 0.13 | 0.04 | 0.08 | 0.96 | 0.79 | <0.01 | | 9.51 | 0.146 | 0.126 | |
| TON-23 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 80.93 | 57.37 | 21.01 | 10.34 | 4.45 | 1.17 | 0.44 | 0.24 | 0.15 | 0.04 | 0.17 | 1.95 | 0.06 | 0.02 | 0.11 | 1.44 | 0.18 | <0.01 | | 6.49 | 0.080 | 0.024 | |
| TON-24 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 74.44 | 49.29 | 19.74 | 14.02 | 5.81 | 1.42 | 0.36 | 0.19 | 0.29 | 0.09 | 0.16 | 1.63 | 0.10 | 0.04 | 0.07 | 2.77 | 0.05 | <0.01 | | 8.16 | 0.110 | 0.022 | |
| TON-26 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 65.69 | 24.36 | 15.53 | 41.83 | 6.92 | 1.95 | 0.33 | 0.12 | 0.33 | 0.11 | 0.03 | 0.41 | 0.06 | 0.05 | 0.11 | 2.00 | 0.02 | <0.01 | | 9.76 | 0.149 | 0.006 | |
| TON-27 | 殿淵山 | イ－22 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 81.52 | 57.65 | 17.26 | 15.66 | 2.33 | 0.56 | 0.10 | 0.07 | 0.13 | 0.04 | 0.05 | 0.50 | 0.15 | 0.04 | 0.11 | 3.32 | 0.02 | <0.01 | | 3.23 | 0.040 | 0.006 | |
| TON-28 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 66.35 | 15.95 | 28.67 | 40.20 | 4.43 | 1.11 | 0.56 | 0.29 | 0.22 | 0.06 | 0.25 | 2.89 | 0.01 | 0.12 | 0.08 | 0.47 | 0.10 | <0.01 | | 6.67 | 0.101 | 0.044 | |
| TON-30 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 55.19 | 12.75 | 14.71 | 44.33 | 9.98 | 2.86 | 0.95 | 0.44 | 0.44 | 0.13 | 0.38 | 5.10 | 0.06 | 0.08 | 0.22 | 0.87 | 0.15 | <0.01 | | 14.80 | 0.268 | 0.092 | |
| TON-33 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 77.80 | 50.10 | 21.61 | 15.59 | 2.44 | 0.53 | 0.03 | 0.03 | 0.10 | 0.03 | 0.02 | 0.14 | 0.15 | 0.05 | 0.13 | 3.75 | 0.01 | <0.01 | | 3.16 | 0.041 | 0.002 | |
| TON-34 | 殿淵山 | イ－19 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 85.96 | 68.69 | 20.26 | 2.18 | 1.38 | 0.27 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.08 | 0.19 | 0.05 | 0.07 | 3.37 | 0.01 | <0.01 | | 1.76 | 0.020 | 0.001 | |

## Table.3 木炭の性状

| 符号 | 遺跡名 | 出土位置 | 遺物名称 | 推定年代 | 灰分 | 揮発分 | 水分 | F.C | T.S | 発熱量 (cal/g) | 灰中P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TON-35 | 殿淵山 | | 木炭 | 不明 | 6.24 | 40.09 | 17.19 | 53.67 | 0.01 | 5740 | 0.064 |

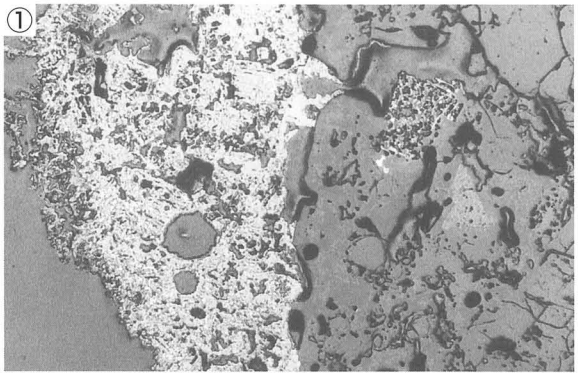
## Table. 4　出土遺物の調査結果のまとめ

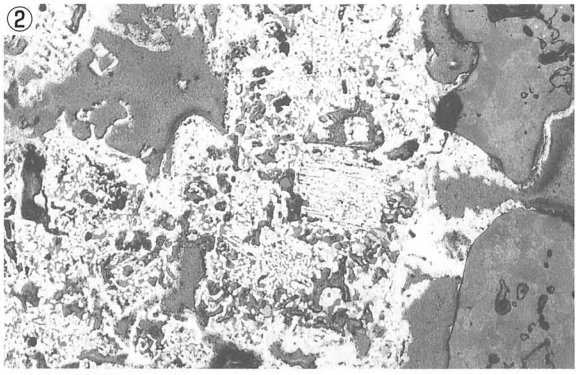
| 符　号 | 遺跡名 | 出土位置 | 遺物名称 | 推定年代 | 顕微鏡組織 | 調査項目 | | | | | | | | 所　　見 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Total Fe | $Fe_2O_3$ | 塩基性成分 | $TiO_2$ | V | MnO | ガラス質成分 | Cu | |
| TON-1 | 殿淵山 | イ－18 | 炉壁 | 18 c | 半還元砂鉄粒子痕跡、銹化鉄・微小金属鉄粒、被熱胎土（石英粒残存） | 3.91 | 3.59 | 1.02 | 0.66 | 0.01 | 0.12 | 92.45 | <0.01 | 耐火度:1280℃、耐火性の低い性状 |
| TON-2 | 殿淵山 | エ－15 | 炉壁 | 〃 | 砂鉄粒子痕跡、UorM晶出、胎土は溶融ガラス化 | 1.69 | 2.15 | 0.27 | 0.30 | <0.01 | 0.03 | 95.90 | <0.01 | 耐火度:1480℃、混和石英の効果あり |
| TON-3 | 殿淵山 | エ－15 | 砂鉄 | 〃 | 砂鉄粒子:磁鉄鉱・チタン鉄鉱混在（生砂鉄・被熱砂鉄混在）、製錬滓片 | 59.86 | 57.45 | 1.13 | 5.32 | 0.30 | 0.48 | 9.82 | <0.01 | 塩基性砂鉄（製鉄炉内の熱影響痕跡あり） |
| TON-4 | 殿淵山 | イ－18 | 砂鉄焼結塊 | 〃 | 半還元砂鉄粒子、W+F晶出 | 59.42 | 33.11 | 1.17 | 6.95 | 0.28 | 0.74 | 10.82 | <0.01 | 塩基性砂鉄の焼結塊 |
| TON-5 | 殿淵山 | イ－13 | 流動滓 | 〃 | U+F | 32.00 | 5.01 | 3.33 | 21.81 | 0.74 | 1.45 | 33.89 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-6 | 殿淵山 | イ－23 | 工具付着滓 | 〃 | I+R+U、微小金属鉄粒 | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-7 | 殿淵山 | イ－15 | 炉底塊 | 〃 | U+I+F | 31.21 | 13.02 | 6.60 | 17.15 | 0.51 | 1.72 | 36.51 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-8 | 殿淵山 | 不明 | 流出孔滓 | 〃 | U+F | 37.80 | 5.08 | 4.83 | 13.74 | 0.37 | 1.26 | 34.90 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-9 | 殿淵山 | 表採 | 流出溝滓 | 〃 | U+F（微細結晶）、TON－8より高温側派生物 | 32.19 | 15.97 | 3.69 | 13.11 | 0.64 | 1.25 | 41.72 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-10 | 殿淵山 | イ－19 | 流出孔滓 | 〃 | U+F、微小金属鉄粒 | 43.46 | 7.10 | 2.42 | 11.57 | 0.41 | 1.10 | 29.43 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-11 | 殿淵山 | エ－15 | 流出溝滓 | 〃 | U+F（微細結晶）、TON－10より高温側派生物 | 36.82 | 8.44 | 3.95 | 16.06 | 0.36 | 1.26 | 33.84 | <0.01 | 製錬滓、原料:塩基性砂鉄、TON－5、7、11製錬滓に対応 |
| TON-12 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄・砂鉄焼結) | 〃 | 砂鉄粒子痕跡、銹化鉄・微小金属鉄粒 | 52.06 | 52.65 | 0.90 | 9.26 | 0.26 | 0.64 | 9.40 | <0.01 | 塩基性砂鉄の焼結塊 |
| TON-13 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 滓部:砂鉄粒子痕跡、U+I、銹化鉄部:亜共析組織痕跡 | 49.14 | 37.78 | 1.31 | 14.45 | 0.71 | 0.77 | 12.95 | <0.01 | 製錬系含鉄鉄滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-14 | 殿淵山 | イ－18 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 滓部:U+I、鉄部:フェライト散在 | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬系含鉄鉄滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-15 | 殿淵山 | エ－15 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 滓部:U+I、鉄部:フェライト単相～過共析組織 | 41.20 | 6.09 | 2.35 | 19.54 | 1.51 | 1.23 | 25.03 | <0.01 | 製錬系含鉄鉄滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-16 | 殿淵山 | イ－17 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 滓部:U+F、鉄部:亜共晶組成白鋳鉄 | 46.23 | 30.17 | 1.88 | 8.51 | 0.30 | 0.85 | 21.71 | <0.01 | 製錬系含鉄鉄滓、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-17 | 殿淵山 | イ－19 | 炉内滓(含鉄) | 〃 | 滓部:U+F、鉄部:フェライト単相～亜共晶組成白鋳鉄 | 58.26 | 41.29 | 0.78 | 5.80 | 0.71 | 0.32 | 12.08 | <0.01 | 製錬系含鉄鉄滓、原料:塩基性砂鉄、鉄部:空冷組織 |
| TON-18 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 鉄部:過共析組織～亜共晶組成白鋳鉄とねずみ鋳鉄混在 | 84.43 | 15.42 | 0.07 | 0.02 | <0.01 | 0.02 | 0.65 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物か、0.12%$Cr_2O_3$ |
| TON-19 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R+U、鉄部:セメンタイト・パーライト、マルテンサイト組織個所点在 | 68.46 | 31.42 | 0.42 | 1.11 | 0.04 | 0.07 | 11.58 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄、水冷痕跡 |
| TON-20 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R+U、鉄部:亜共晶組成白鋳鉄に局部的にねずみ鋳鉄存在 | 80.71 | 4.07 | 0.40 | 1.82 | 0.08 | 0.15 | 5.88 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄、0.16%$Cr_2O_3$ |
| TON-21 | 殿淵山 | イ－16 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R+U、鉄部:フェライト単相～共析組織 | 66.79 | 26.69 | 1.42 | 4.22 | 0.14 | 0.44 | 14.84 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄、空冷組織 |
| TON-22 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:砂鉄粒子痕跡、U、鉄部:亜共析組織～白鋳鉄組織（パーライト:不完全球状セメンタイト化） | 65.04 | 17.44 | 0.67 | 8.18 | 0.79 | 0.28 | 9.51 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄、0.13%$Cr_2O_3$ |
| TON-23 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R、鉄部:共析組織～ねずみ鋳鉄組織 | 80.93 | 10.34 | 0.68 | 1.95 | 0.18 | 0.17 | 6.49 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-24 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+U+F、鉄部:亜共晶組成白鋳鉄とねずみ鋳鉄混在 | 74.44 | 14.02 | 0.55 | 1.63 | 0.05 | 0.16 | 8.16 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-25 | 殿淵山 | イ－14 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:U+I、鉄部:フェライト単相～過共析組織 | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄、空冷組織 |
| TON-26 | 殿淵山 | イ－17 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R、鉄部:共析組織～白鋳鉄組織なりかけ | 65.69 | 41.83 | 0.45 | 0.41 | 0.02 | 0.03 | 9.76 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-27 | 殿淵山 | イ－22 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:U+I、鉄部:共晶組成白鋳鉄+ねずみ鋳鉄 | 81.52 | 15.66 | 0.17 | 0.50 | 0.02 | 0.05 | 3.23 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄、0.15%$Cr_2O_3$ |
| TON-28 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:U+W+F、鉄部:フェライト散在 | 66.35 | 40.20 | 0.85 | 2.89 | 0.10 | 0.25 | 6.67 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-29 | 殿淵山 | イ－25 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:U+I、鉄部:ねずみ鋳鉄と共晶組成白鋳鉄混在 | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-30 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R、鉄部:フェライト単相～過共析組織 | 55.19 | 44.33 | 1.39 | 5.10 | 0.15 | 0.38 | 14.80 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-31 | 殿淵山 | イ－20 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:U、鉄部:亜共晶組成白鋳鉄（パーライト:不完全球状化） | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-32 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R、鉄部:過共析組織～ねずみ鋳鉄組織 | - | - | - | - | - | - | - | - | 製錬系鉄塊系遺物、原料:塩基性砂鉄 |
| TON-33 | 殿淵山 | イ－18 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 鉄部:白鋳鉄組織 | 77.80 | 15.59 | 0.06 | 0.14 | 0.01 | 0.02 | 3.16 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、0.15%$Cr_2O_3$ |
| TON-34 | 殿淵山 | イ－19 | 鉄塊系遺物 | 〃 | 滓部:I+R、鉄部:亜共晶組成白鋳鉄と局部ねずみ鋳鉄 | 85.96 | 2.18 | 0.05 | 0.08 | 0.01 | 0.02 | 1.76 | <0.01 | 製錬系鉄塊系遺物（鋳鉄塊）、原料:塩基性砂鉄、0.19%$Cr_2O_3$ |
| TON-35 | 殿淵山 | | 木炭 | 〃 | 広葉樹、環孔材 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5740cal/g、燐（P）・硫黄（S）は低値 |

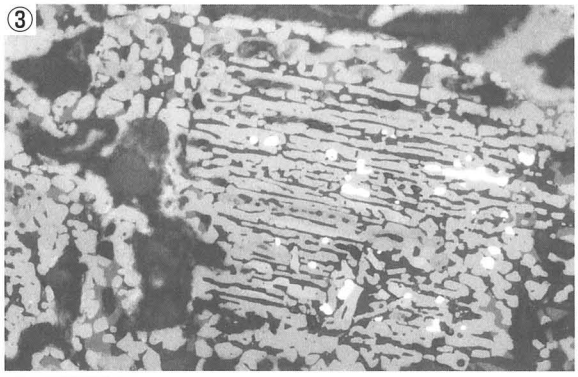
U：Ulvöspinel($2FeO \cdot TiO_2$)　F：Fayalite($2FeO \cdot SiO_2$)　I：Ilmenite($FeO \cdot TiO_2$)　R：Rutile（$TiO_2$）　W：Wüstite(FeO)

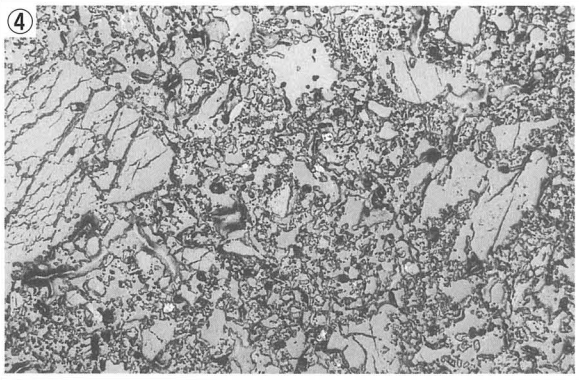
TON-1
炉壁
①×50②×100
③×400　内面付着半還元砂鉄粒子
④×50⑤×100　被熱胎土：粘土鉱物非晶質化

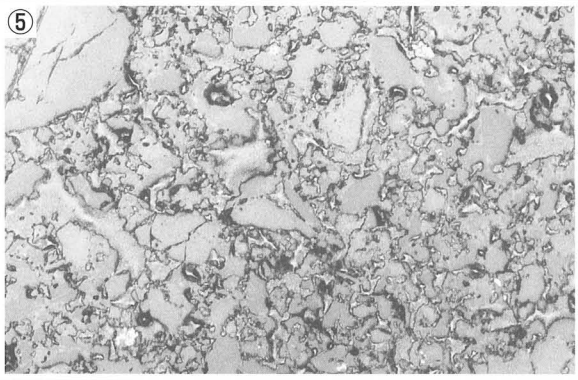
×0.6



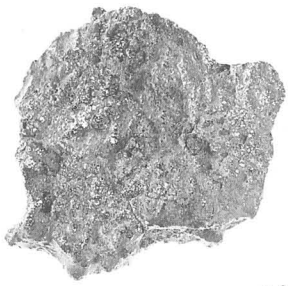



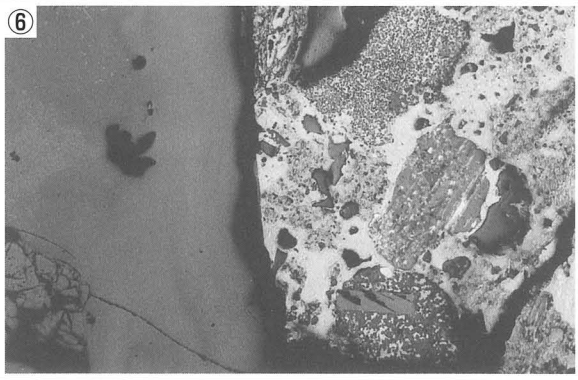



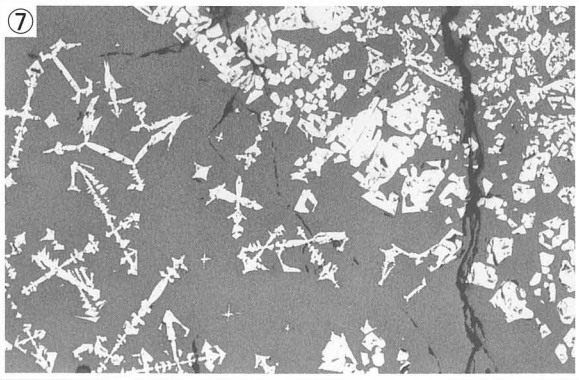




TON-2
炉壁
⑥×50 内面表層:銹化鉄及び砂鉄粒子痕跡
⑦×100 ガラス質滓中のマグネタイトないしはウルボスピネル
⑧×100 胎土溶融ガラス化


×0.5



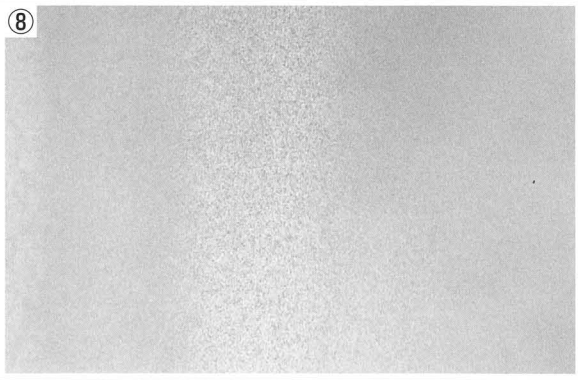




**Photo.1　炉壁の顕微鏡組織**

TON-3
砂鉄

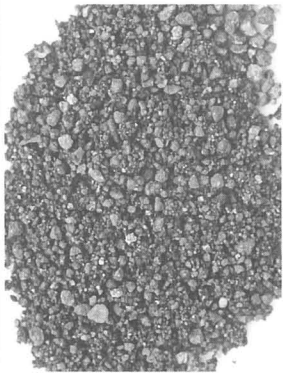
①×100 白色粒：磁鉄鉱

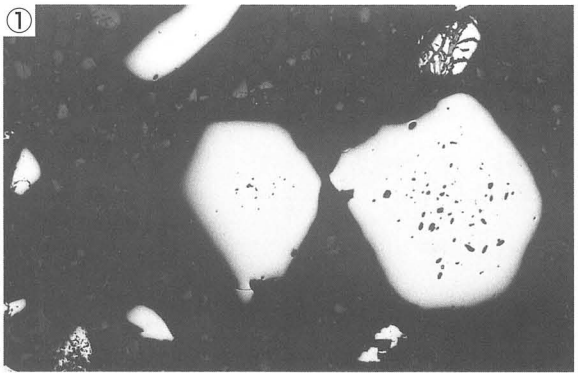
②③×100　白色粒：磁鉄鉱、格子組織：チタン鉄鉱混在

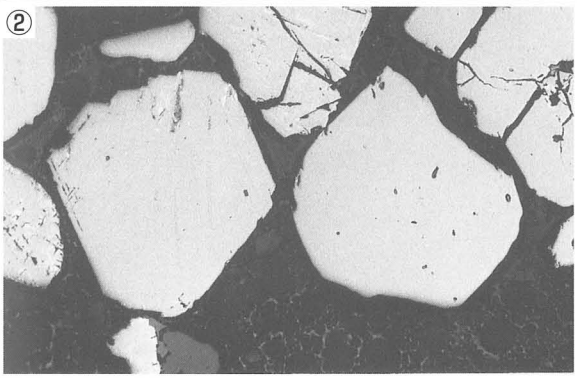
④×100⑤×400　中央：チタン鉄鉱

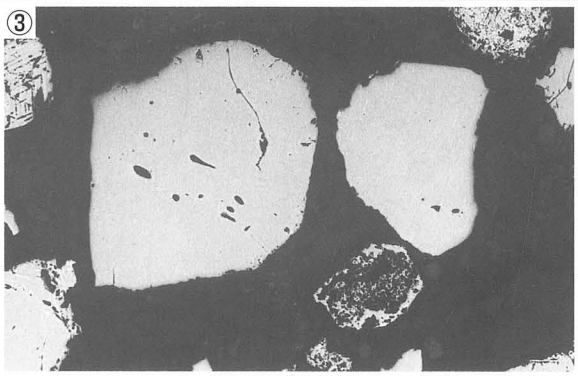
⑥×100⑦×400　中央：被熱砂鉄粒子、微小金属鉄粒晶出

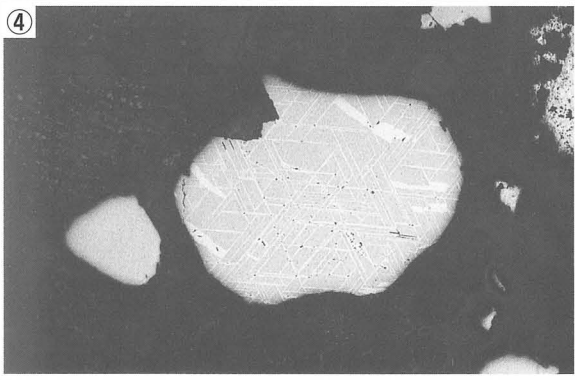
⑧×100⑨×400　中央：製錬滓片ウルボスピネル、ファイヤライト

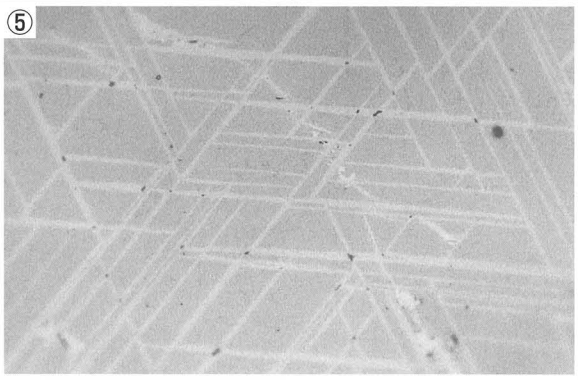


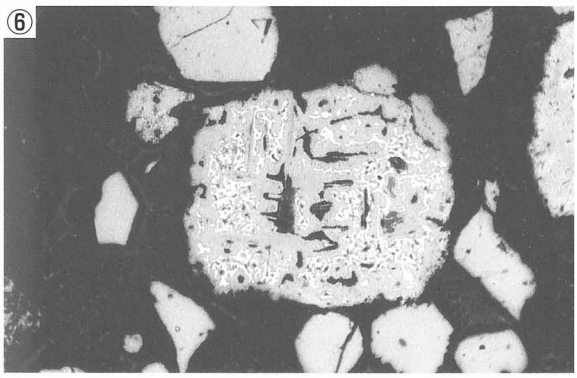


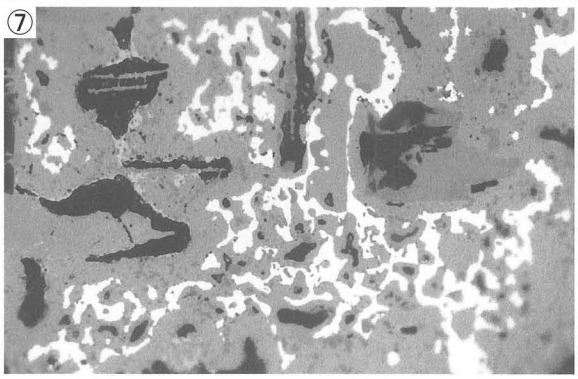



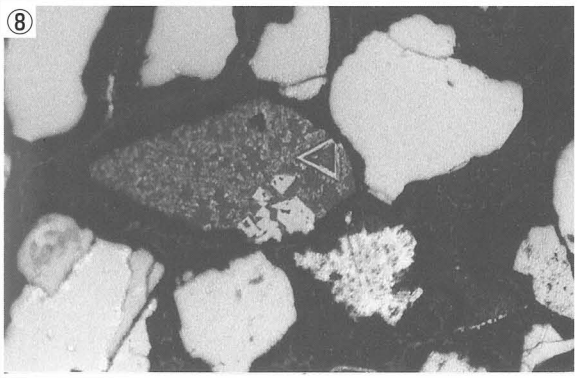



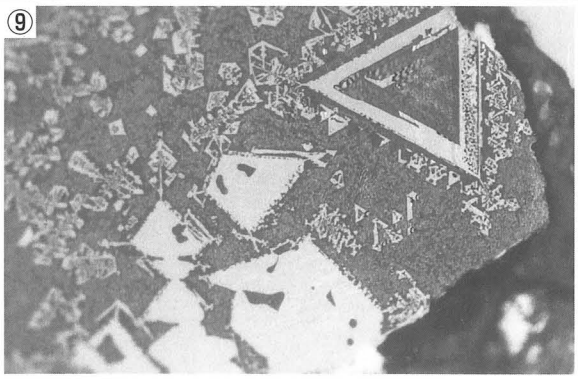
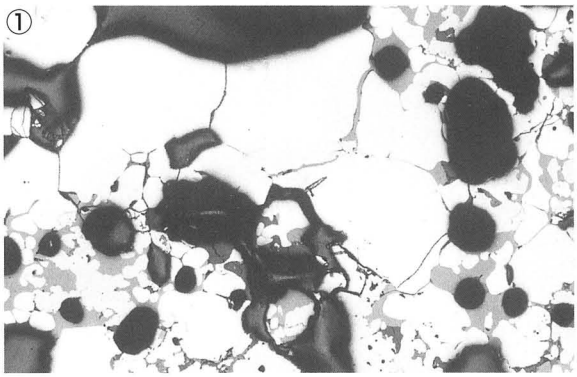
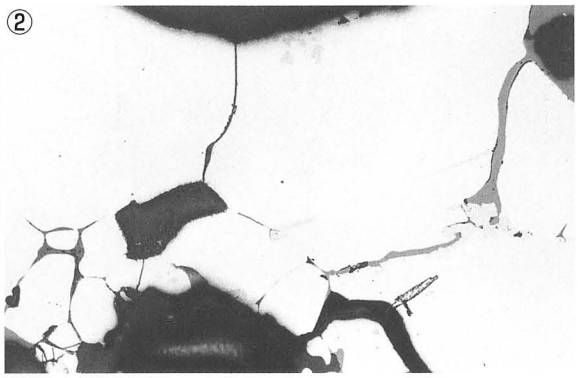
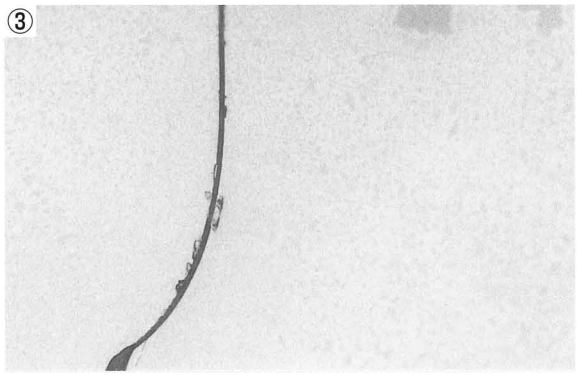



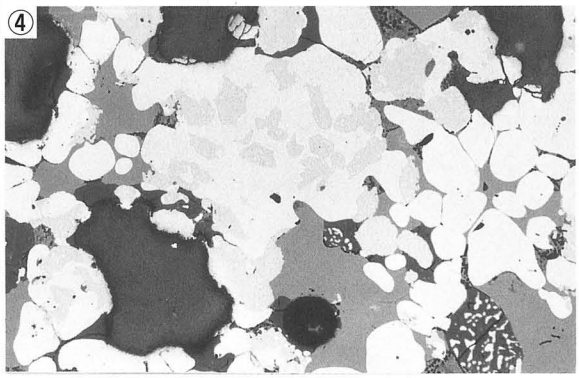

**Photo.2　砂鉄の顕微鏡組織**

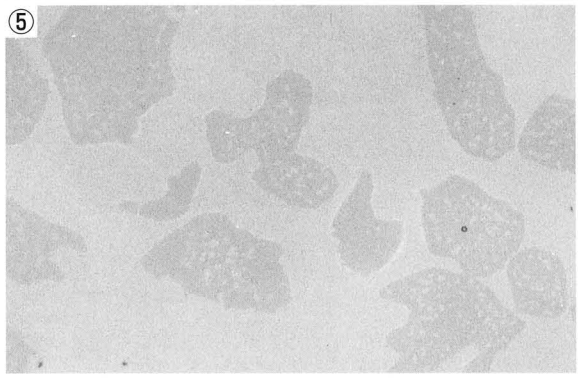
TON-4
砂鉄焼結塊
①×50②×100③×400　半還元砂鉄凝集、周囲：ヴスタイト晶出
④×100⑤×400　半還元砂鉄、ヴスタイト・ファイヤライト



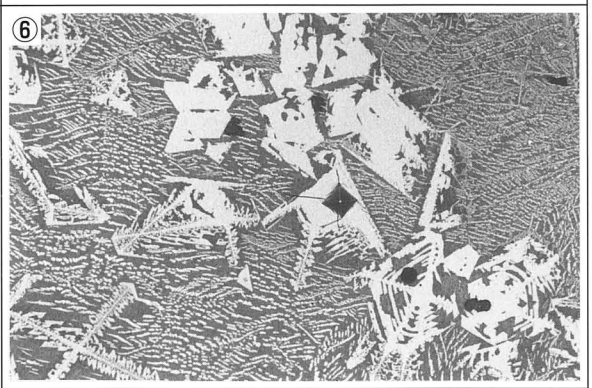



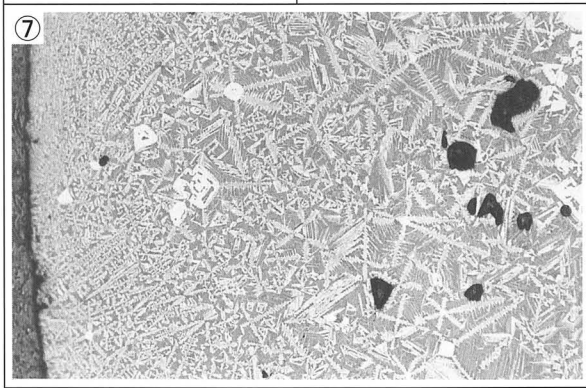




TON-5
流動滓
⑥×200　硬度圧痕：659Hv
⑦×100⑧×400　ウルボスピネル・微小ファイヤライト



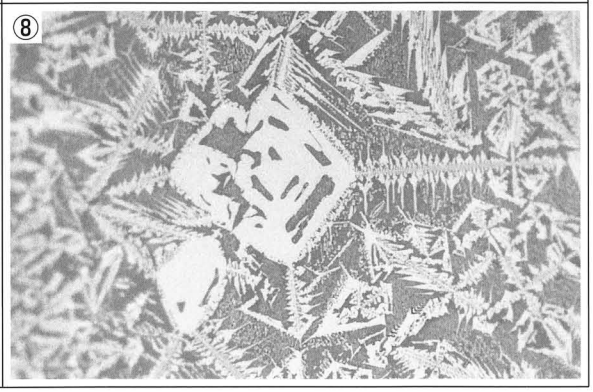
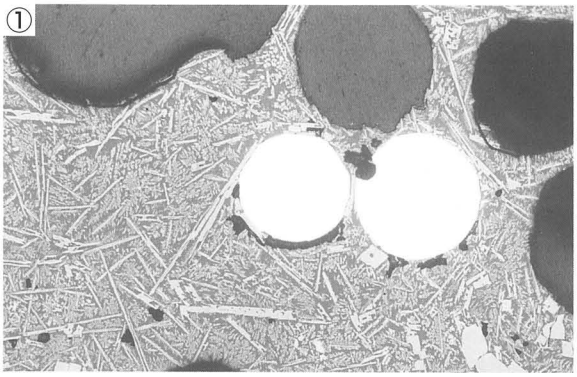
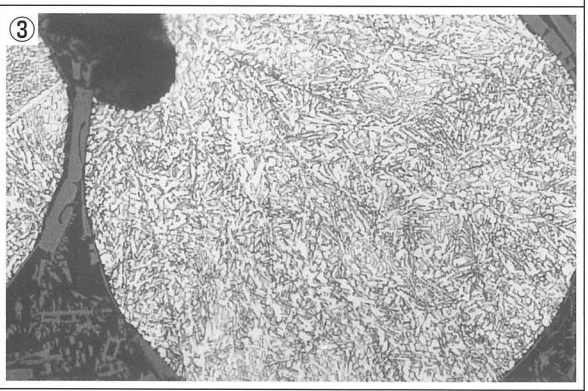



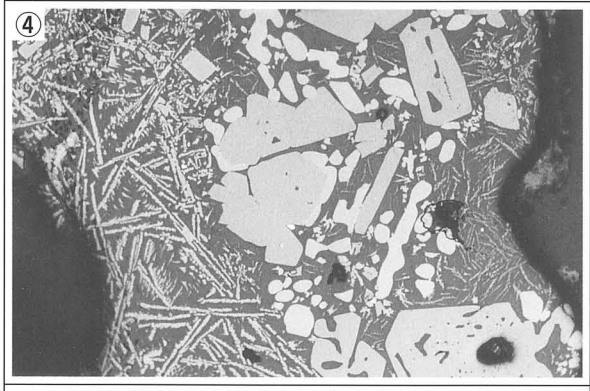

**Photo.3　砂鉄焼結塊・流動滓の顕微鏡組織**

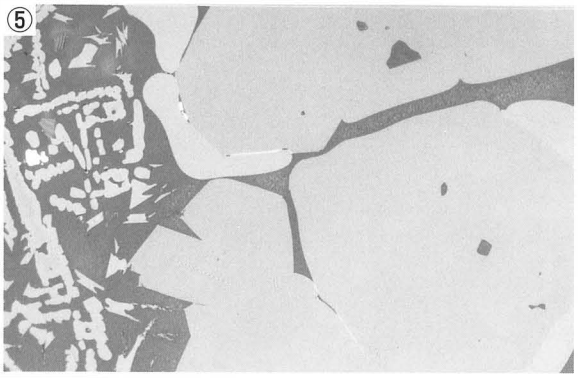
TON-6
工具付着滓
①×100　noetch　②×100
③×400　ナイタルetch 微小金属鉄粒：セメンタイト
④×100⑤×400　ウルボスピネル・ヴスタイト・イルミナイト・ルチル
⑥×100⑦×400　イルミナイト・ルチル
⑧⑨×200　ナイタルetch、硬度圧痕：⑧277Hv⑨382Hv

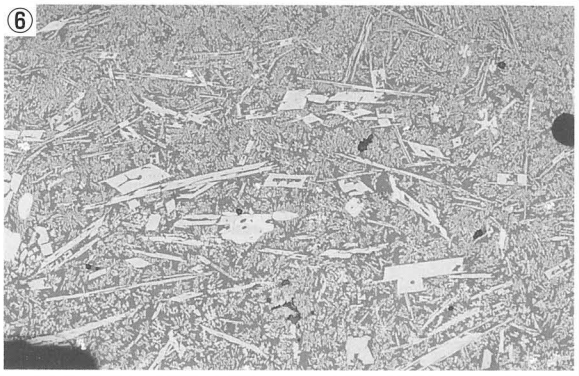
×0.5

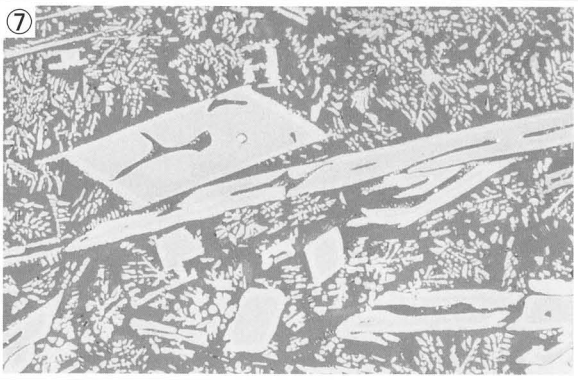


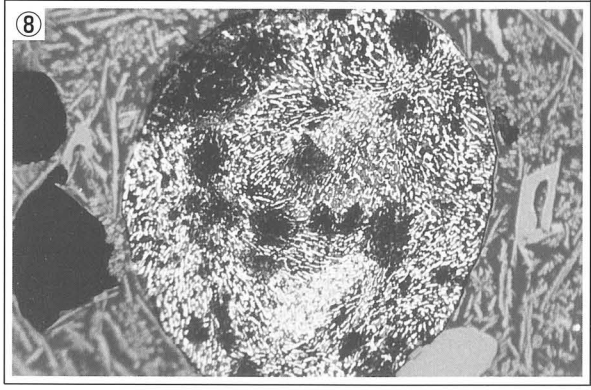


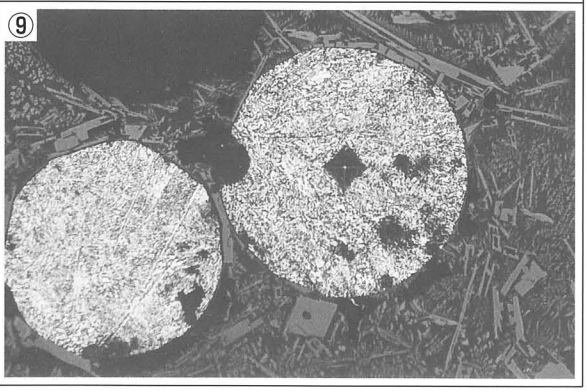
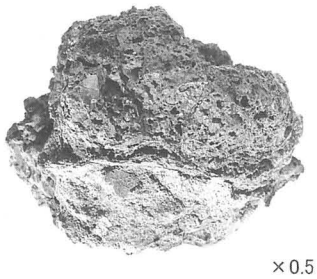
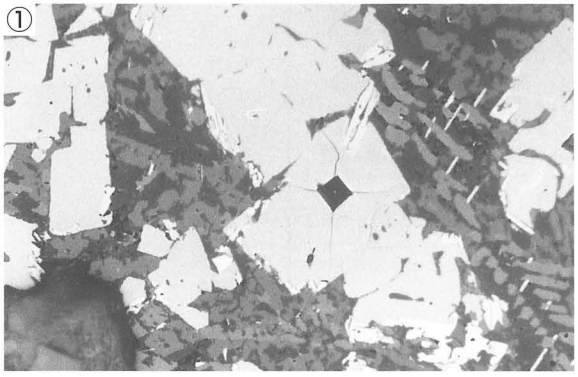
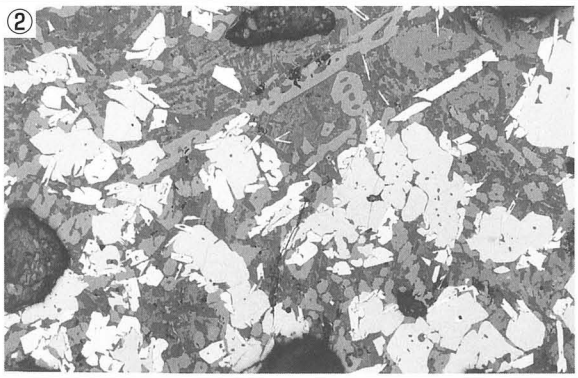



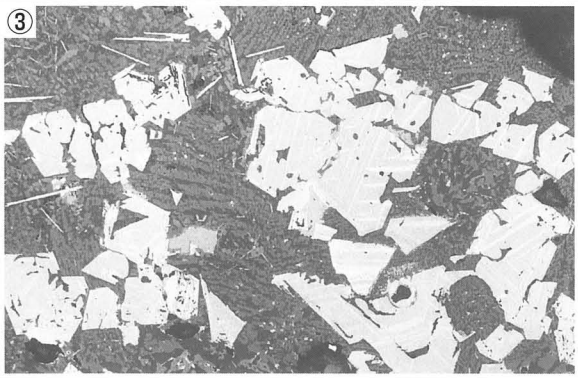

**Photo.4　工具付着滓の顕微鏡組織**

TON-7
炉底塊～流出孔滓
①×200　硬度圧痕：611Hv
②×100 ウルボスピネル
③×100 ウルボスピネル（格子組織残存）・イルミナイト・ファイヤライト

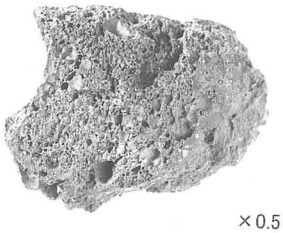


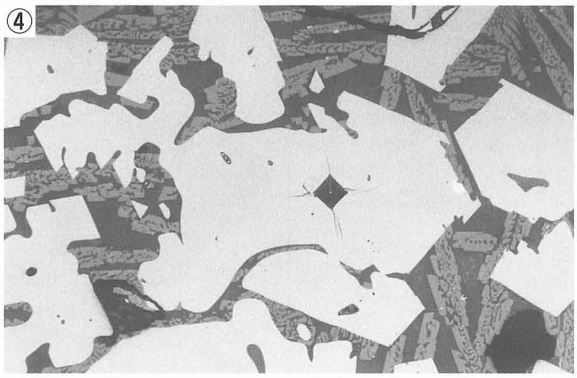



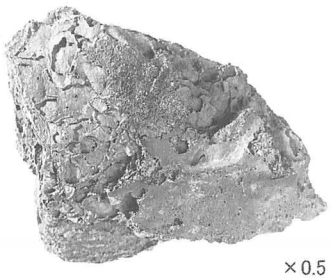



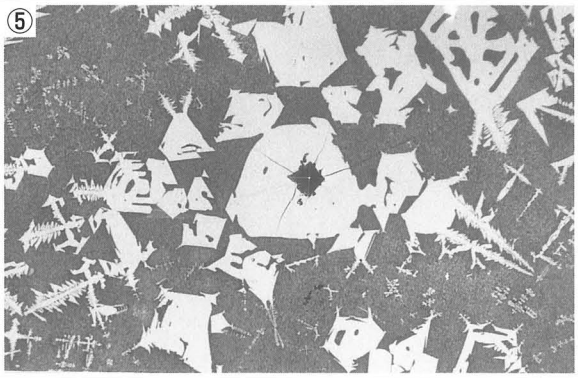

TON-8
流出孔滓
④×200　硬度圧痕：704Hv、ウルボスピネル・ファイヤライト




TON-9
流出溝滓
⑤×200　硬度圧痕：624Hv
⑥×100　表層：ウルボスピネル・ファイヤライト
⑦×100　内部：同上



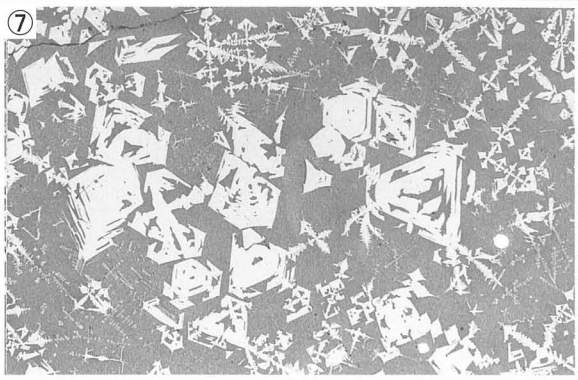
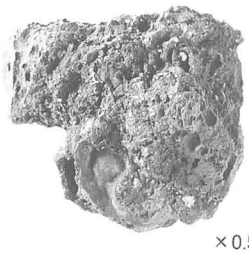
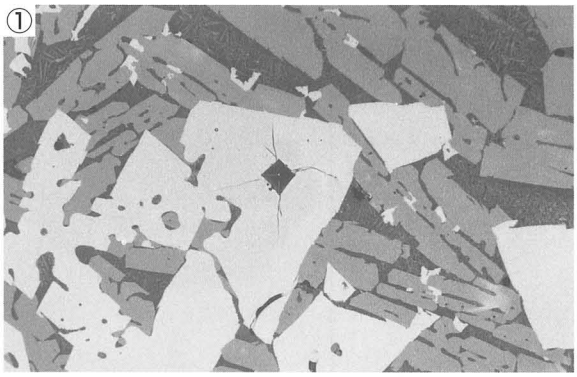
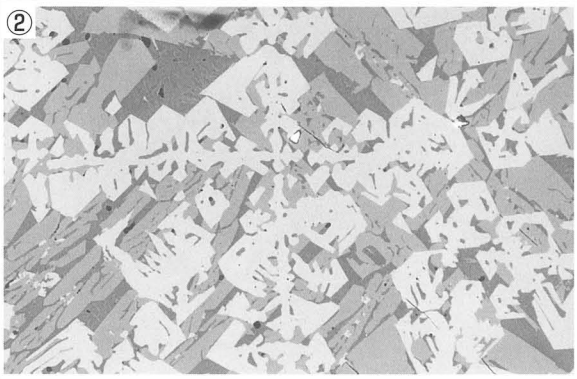


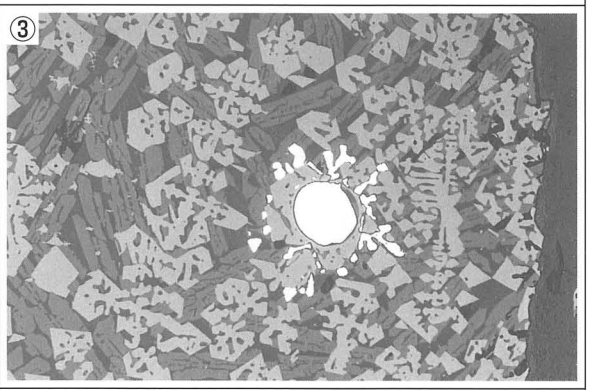

**Photo.5　炉底塊～流出孔滓・流出孔滓・流出溝滓の顕微鏡組織**

TON-10
流出孔滓
①×200 硬度圧痕：665Hv
②×100 ウルボスピネル・ファイヤライト
③×100 中央：微小金属鉄粒、ウルボスピネル・ファイヤライト

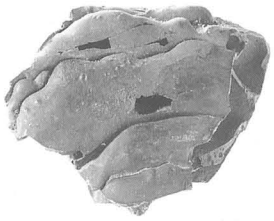


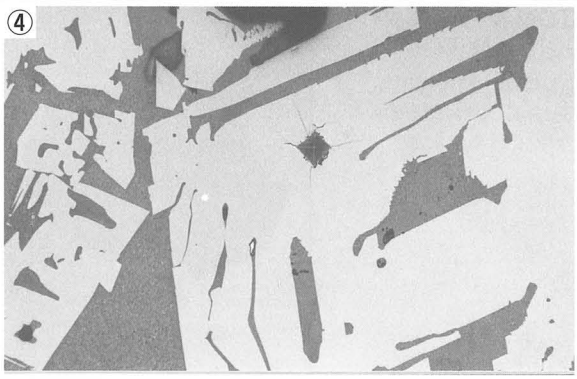



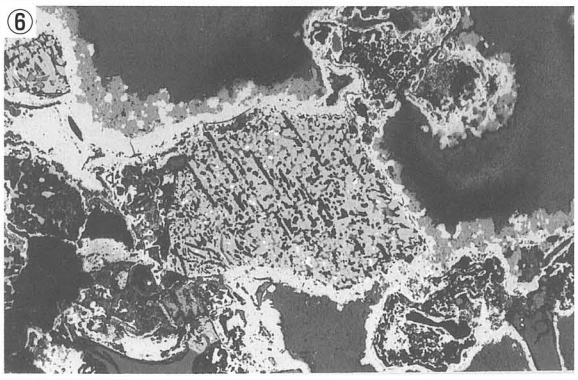




TON-11
流出溝滓
④×200　硬度圧痕：697Hv
ウルボスピネル・微小ファイヤライト




TON-12
炉内滓（含鉄、砂鉄焼結）
⑤×200　砂鉄焼結部：砂鉄粒子痕跡
⑥×100⑦×400　同上



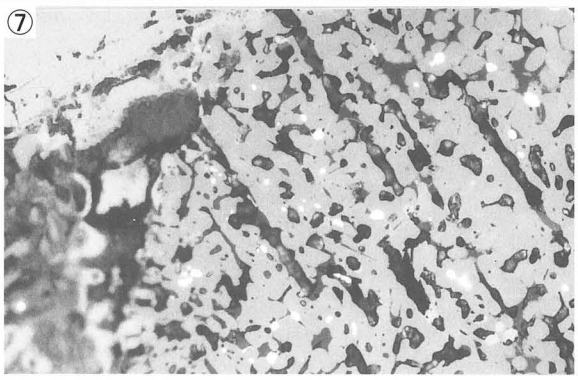
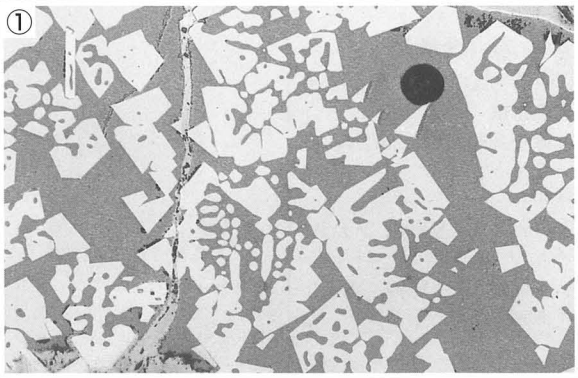
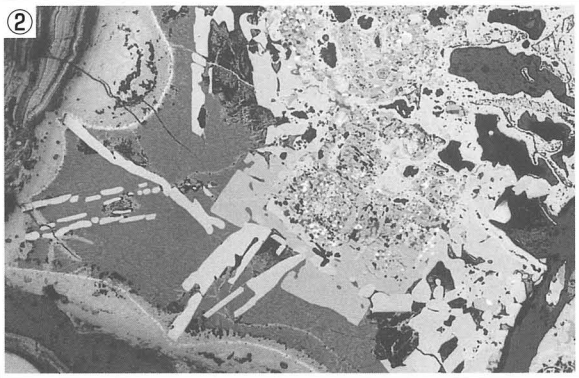
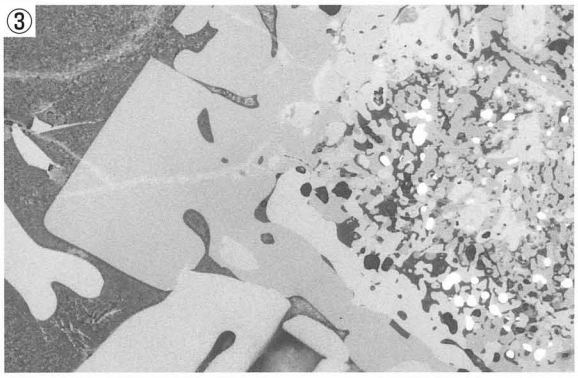



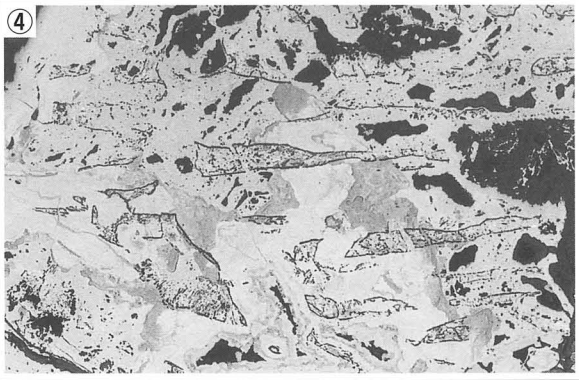

**Photo.6　流出孔滓・流出溝滓・炉内滓の顕微鏡組織**

TON-13
炉内滓（含鉄）
①×100　ウルボスピネル・ファイヤライト
②×100③×400　砂鉄粒子痕跡、ウルボスピネル・イルミナイト・微小ファイヤライト
④×100　銹化鉄部：フェライト・パーライト組織痕跡
⑤×200　硬度圧痕：622Hv

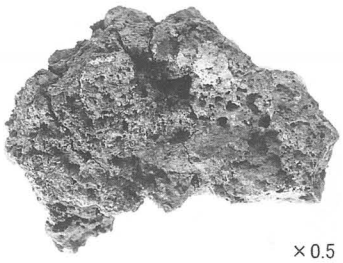


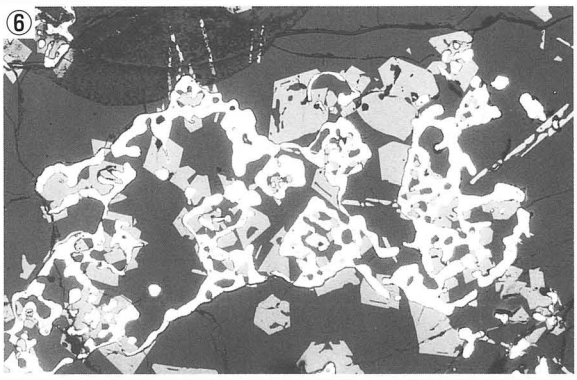



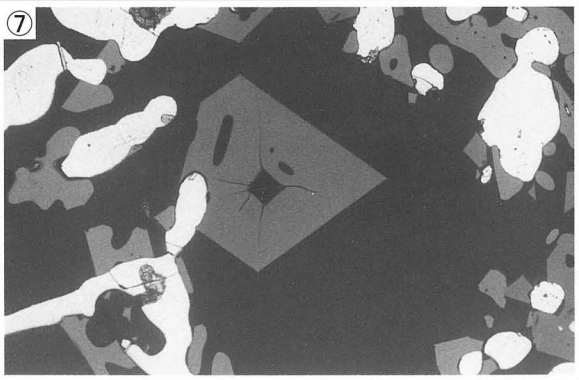



TON-14
炉内滓（含鉄、炉壁付着）
①～③　ナイタルetch
①×50　白色部：金属鉄、フェライト散在、滓部：ウルボスピネル・イルミナイト
⑦⑧×200　硬度圧痕
⑦619Hv、⑧142Hv



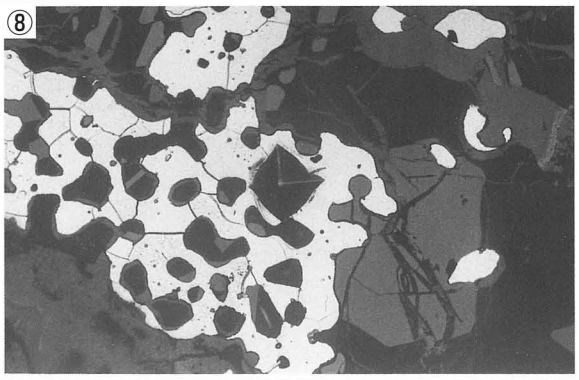
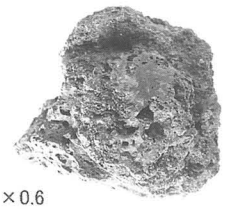
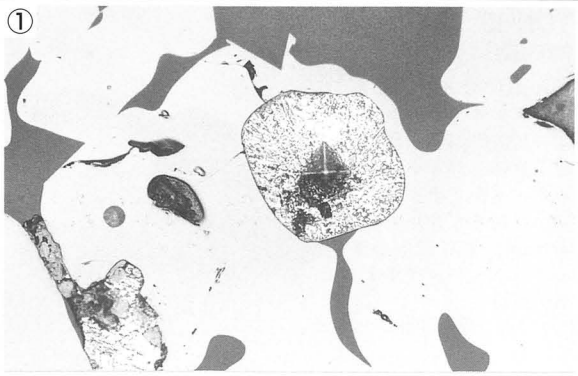
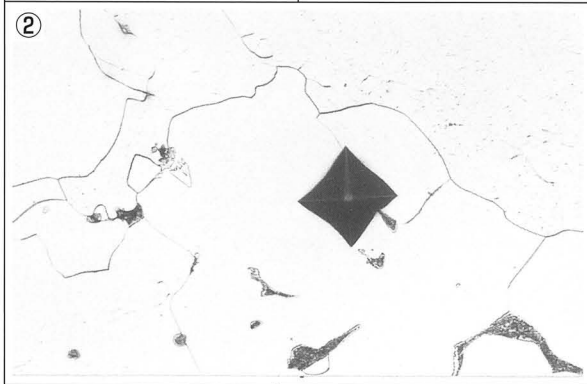



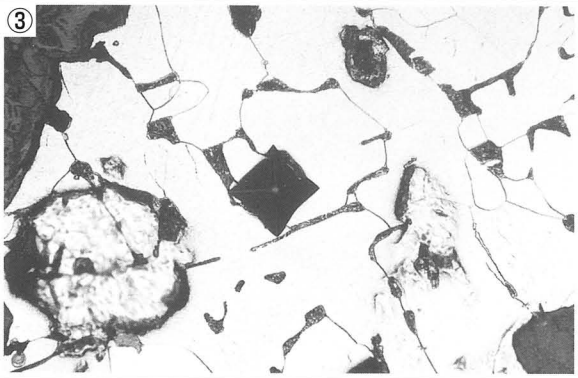

**Photo.7　炉内滓の顕微鏡組織**

TON-15
炉内滓（含鉄）
①～③×200　ナイタルetch、硬度圧痕
①微小金属鉄粒：257Hv、パーライト、滓部：ウルボスピネル
②金属鉄部：80Hv、フェライト
③金属鉄部：100Hv、フェライト・少量パーライト


×0.6

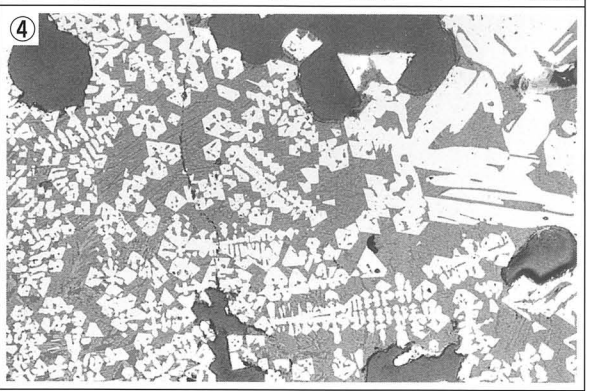


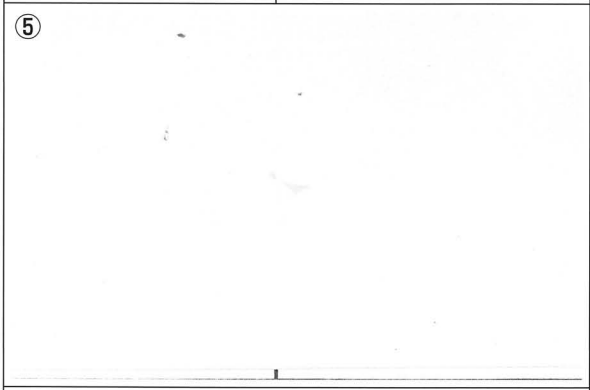



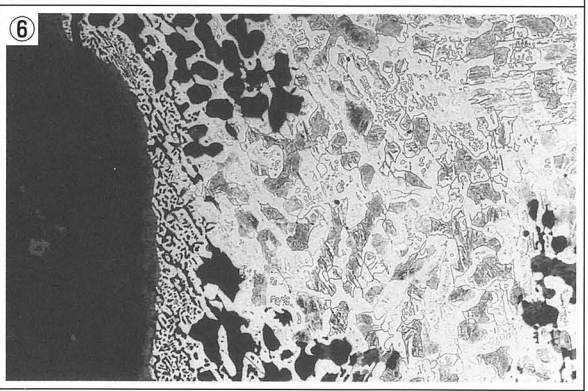



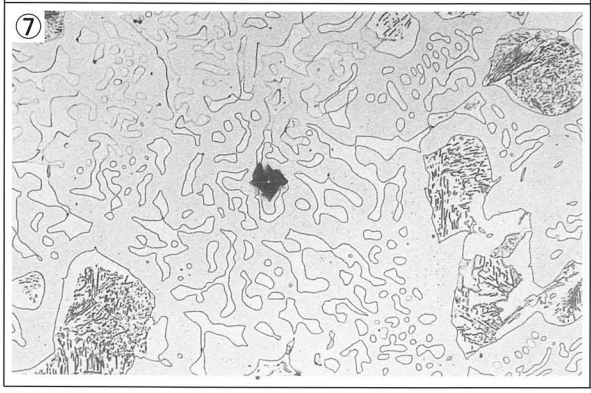

TON-16
炉内滓（含鉄）
④×100　滓部：ウルボスピネル・ファイヤライト
⑤×400　鉄中非金属介在物、⑥～⑧　ナイタルetch
⑥×50　亜共晶組成白鋳鉄
⑦⑧×200　硬度圧痕跡：⑦541Hv、⑧164Hv

×0.5



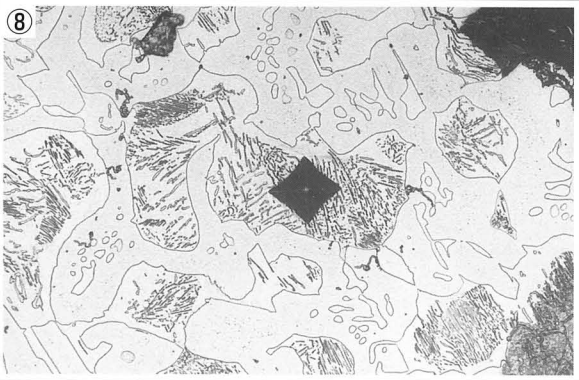
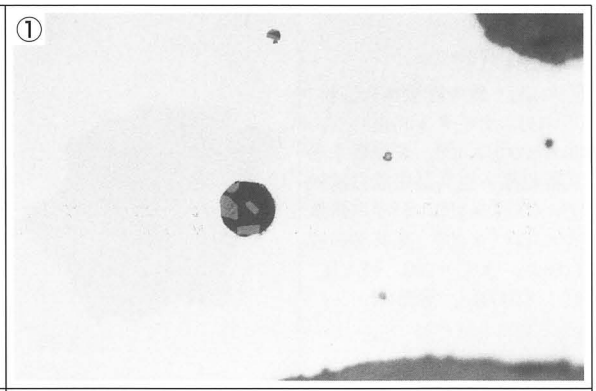
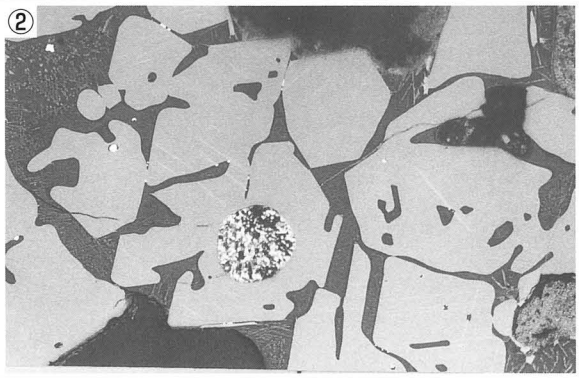
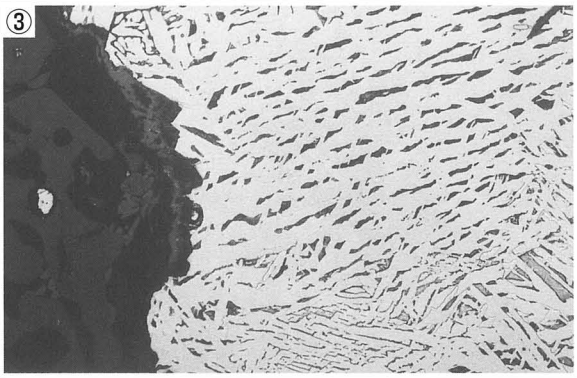



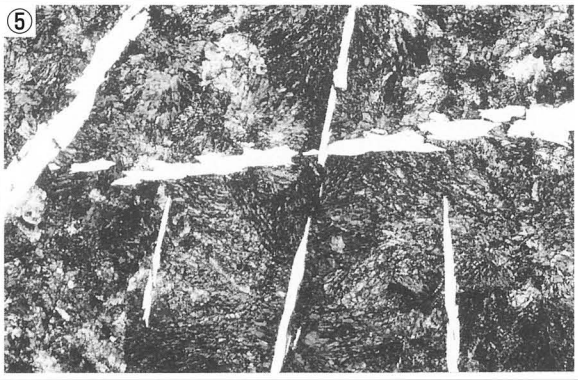

**Photo.8　炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織**

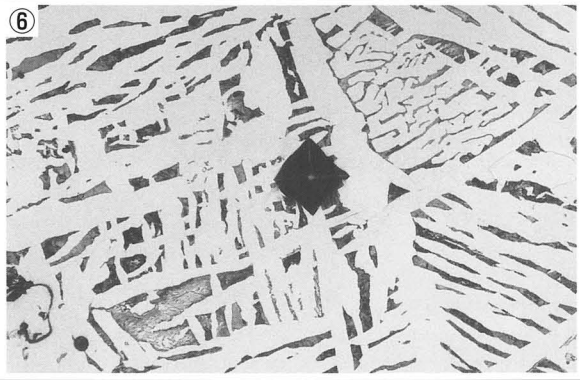
TON-17
炉内滓（含鉄）
①×400　鉄中非金属介在物
②～⑨　ナイタルetch
②×100　滓部：ウルボスピネル　③×100　針状フェライト・少量パーライト　④×100　表皮スラグと共析鋼
⑤×100　セメンタイト・パーライト　⑥～⑨×200　硬度圧痕：⑥137Hv、⑦215Hv、⑧314Hv、⑨527Hv

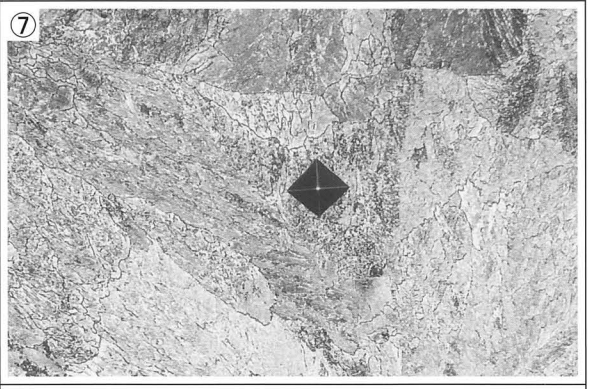


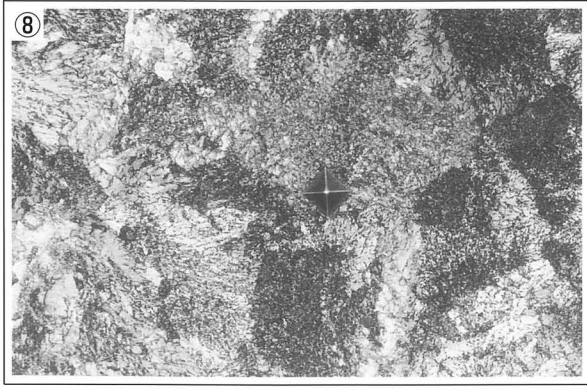





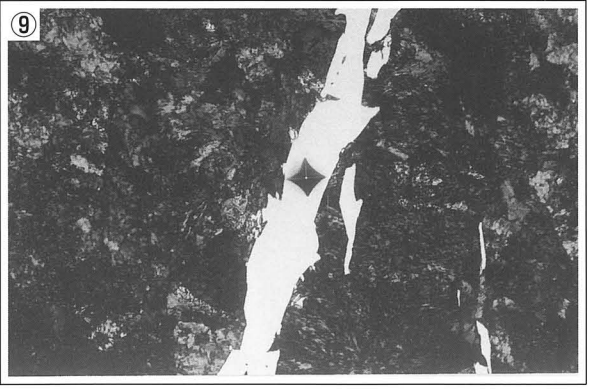
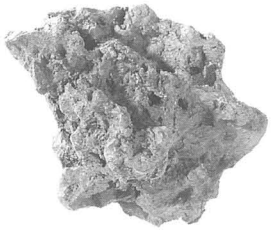
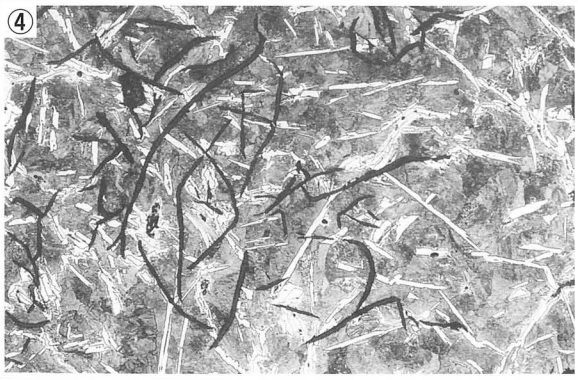
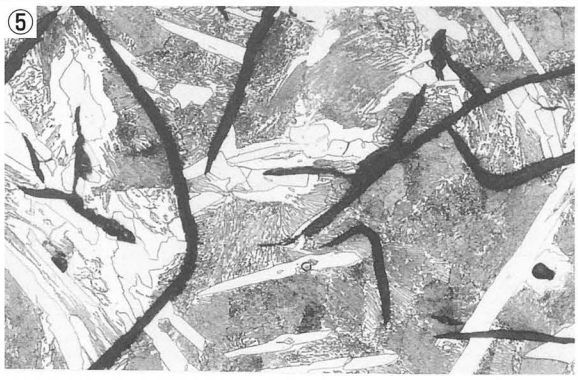




**Photo.9　炉内滓（含鉄）の顕微鏡組織**

TON-18
鉄塊系遺物
①×400　鉄中非金属介在物
②～⑨　ナイタルetch
②×100③×400　表層側：過共析組織～亜共晶組成白鋳鉄
④×100⑤×400　ねずみ鋳鉄
⑥×100⑦×400　亜共晶組成白鋳鉄　⑧⑨×200　硬度圧痕：⑧247Hv、⑨651Hv





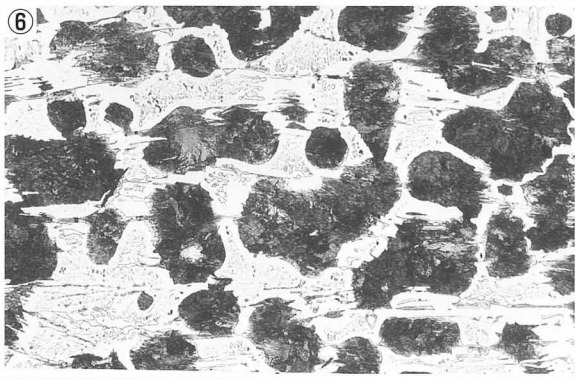
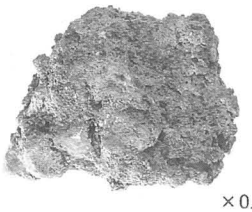
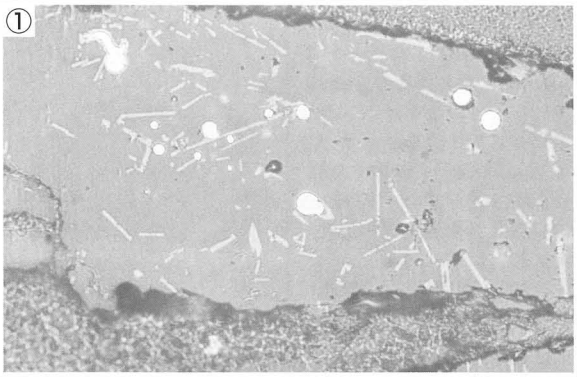
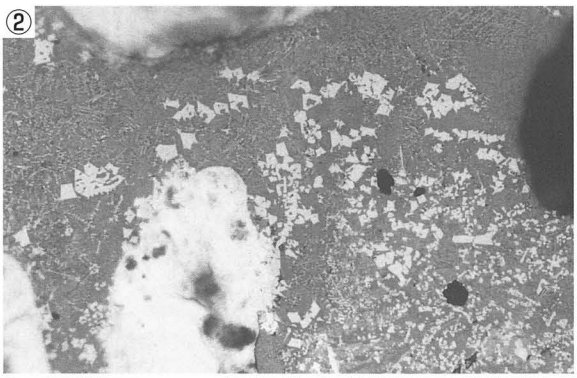



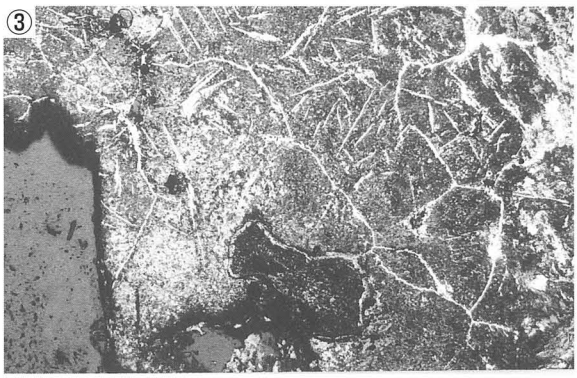
**Photo.10　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

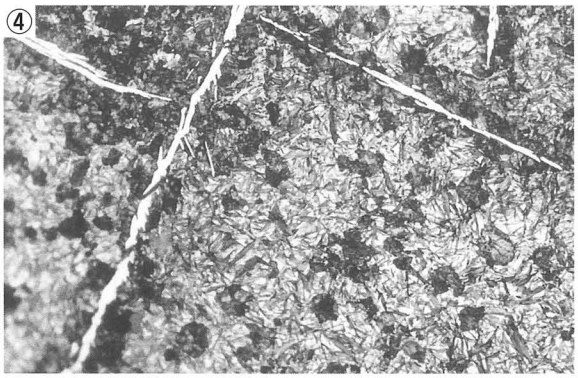
TON-19
鉄塊系遺物
①②×400　滓部
③～⑨ ナイタルetch
③×50 左側：セメンタイト・マルテンサイト・微細パーライト～右側：セメンタイト・パーライト
④⑤×400 ③の拡大
⑥⑦×200 硬度：⑥762Hv、⑦336Hv
⑧×100 セメンタイト・パーライト
⑨×200　硬度：318Hv

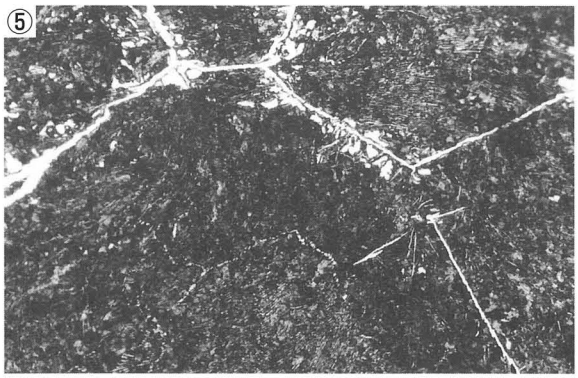

×0.5

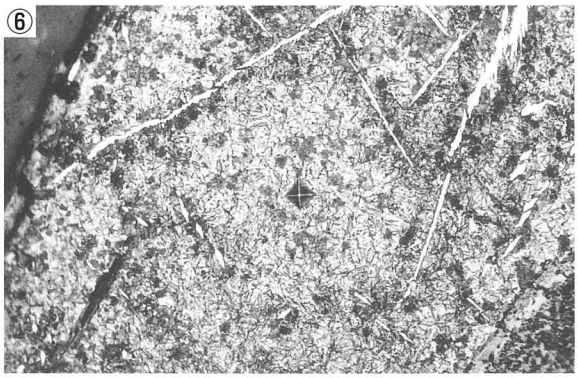


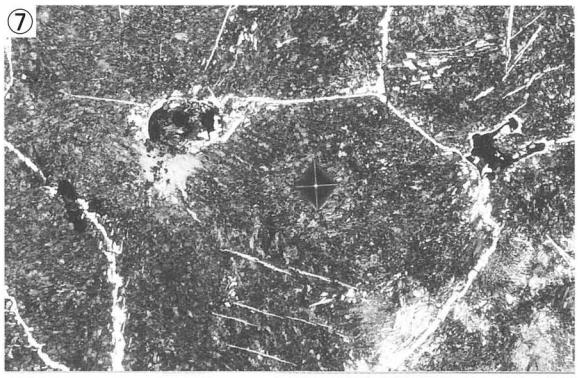



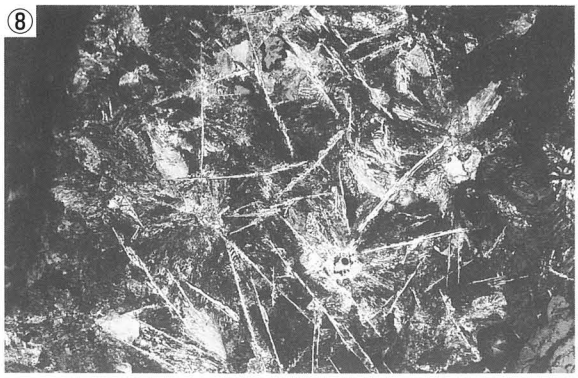



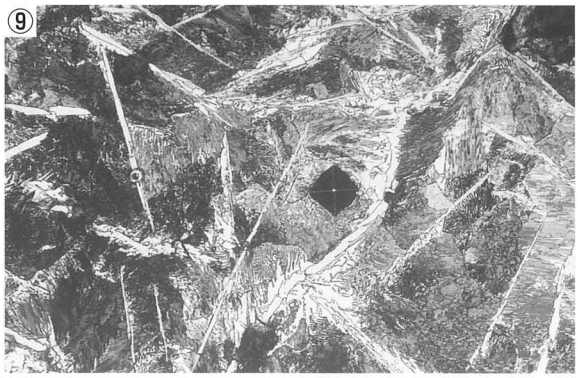
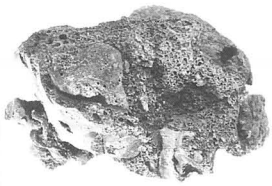
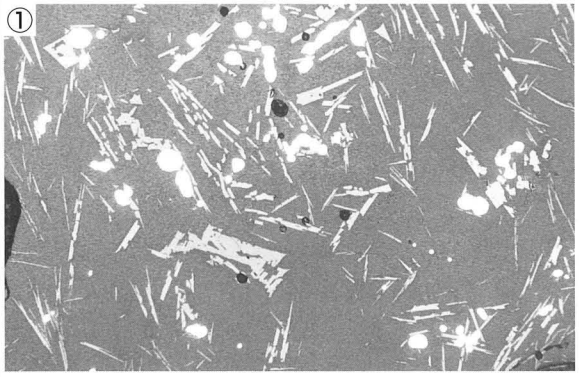
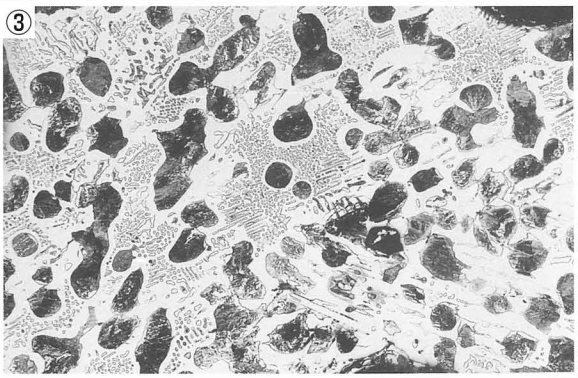



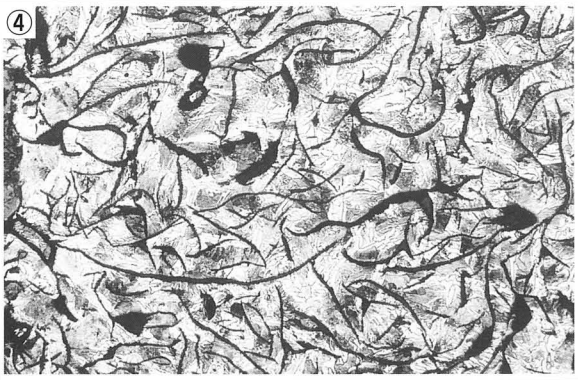

**Photo.11　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

TON-20
鉄塊系遺物
①×200　滓部：微小金属鉄粒散在、イルミナイト・ウルボスピネル・微小ファイヤライト　②×400　鉄中非金属介在物　③～⑤ナイタルetch
③×50　亜共晶組成白鋳鉄
④×50　ねずみ鋳鉄
⑤×200　硬度圧痕：184Hv

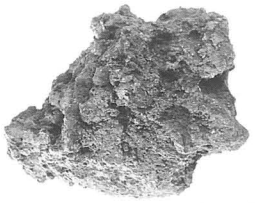


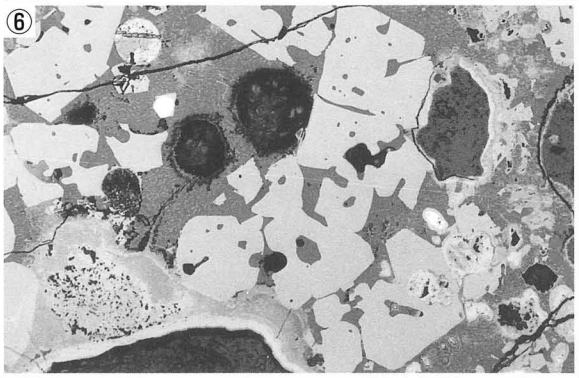



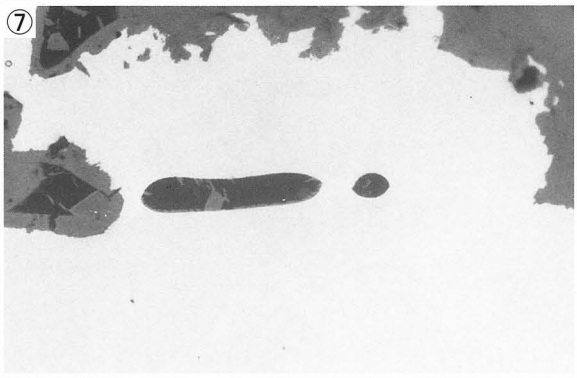


TON-21(1)
鉄塊系遺物
⑥×100　滓部：ウルボスピネル
⑦⑧×400　鉄中非金属介在物



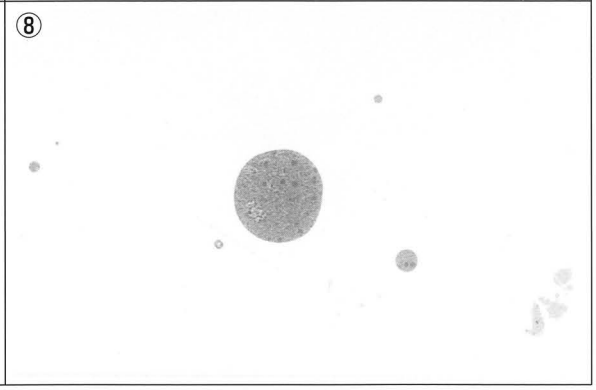
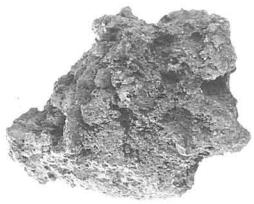
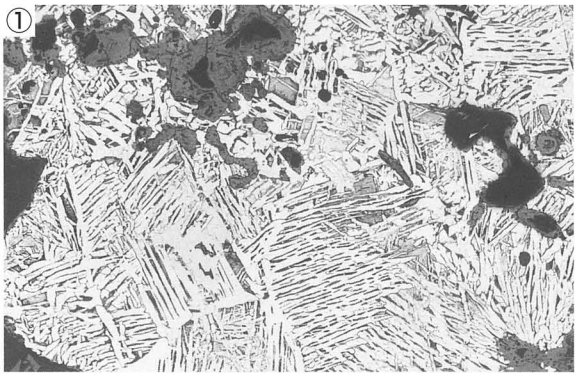
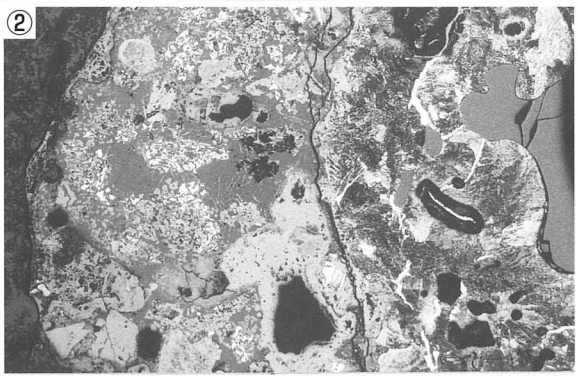



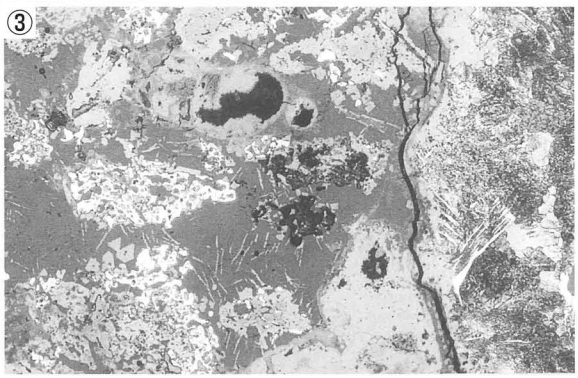

**Photo.12　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

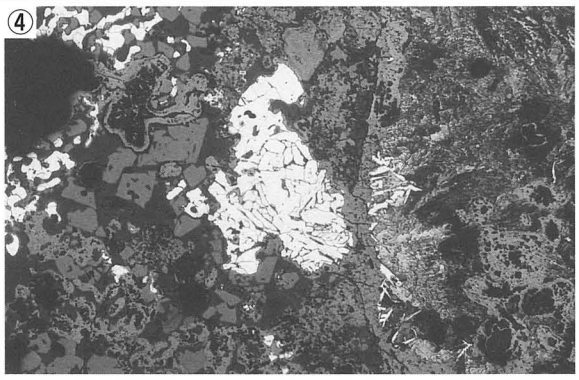
TON-21(2)
鉄塊系遺物
①～⑨　ナイタルetch
①×100　針状フェライト・パーライト　②×100③×400　滓部：砂鉄粒子痕跡　鉄部：初析フェライト・パーライト　④×100⑤×400　フェライト散在～亜共析組織～共析組織　⑥～⑨硬度圧痕：⑥89Hv、⑦97Hv、⑧130Hv、⑨196Hv

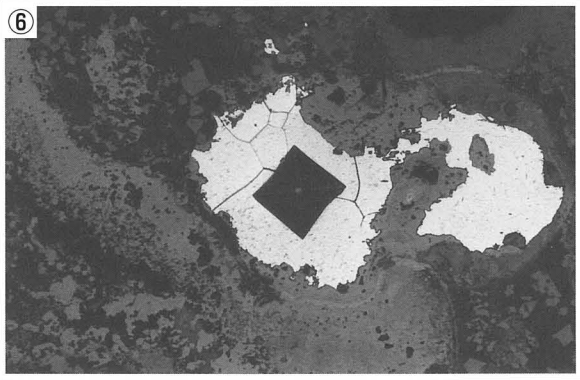


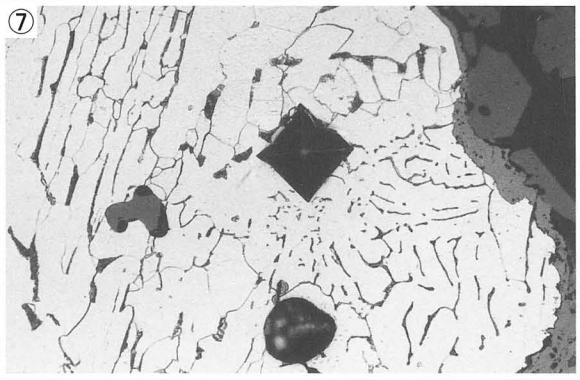



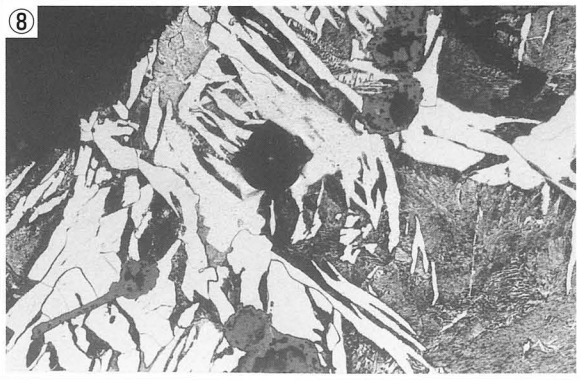





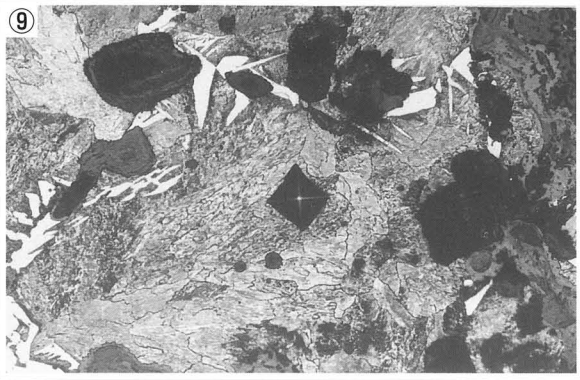
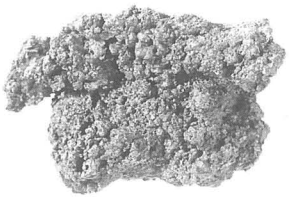
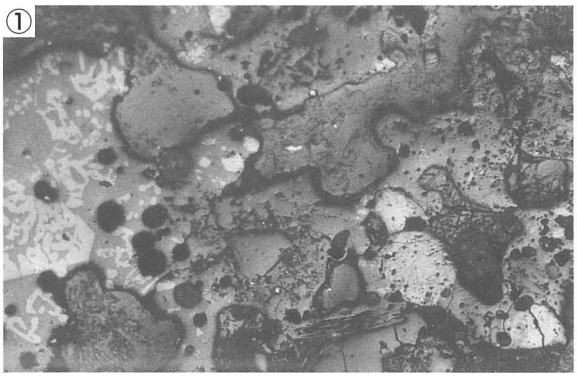
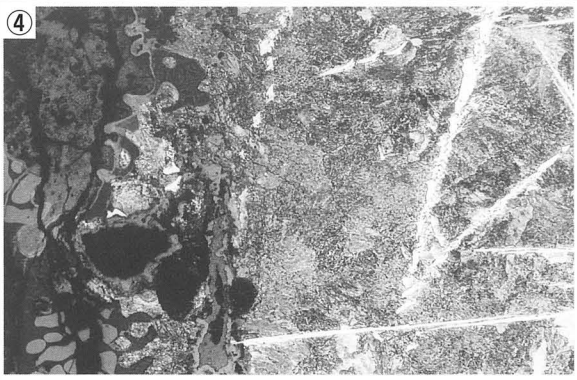



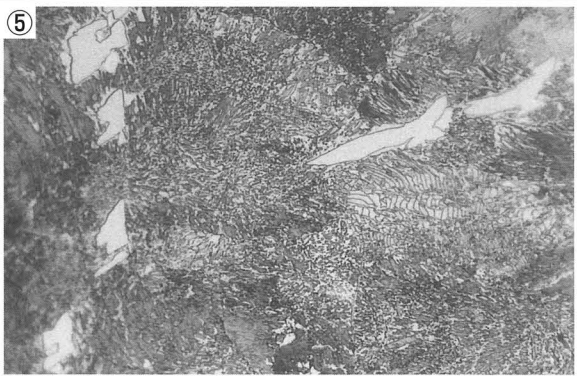

Photo.13　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

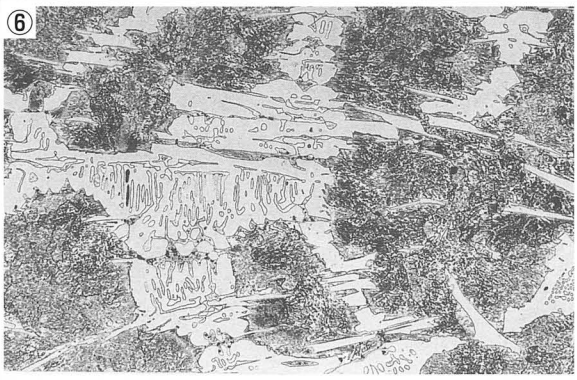
TON-22
鉄塊系遺物
①×50 試料下面滓部
②×400 鉄中非金属介在物
③～⑨ ナイタルetch
③×100 少量フェライト・パーライト
④×100⑤×400 パーライト・セメンタイト
⑥×100 亜共晶組成白鋳鉄
⑦～⑨×200 硬度圧痕：⑦818Hv、⑧185Hv、⑨572Hv

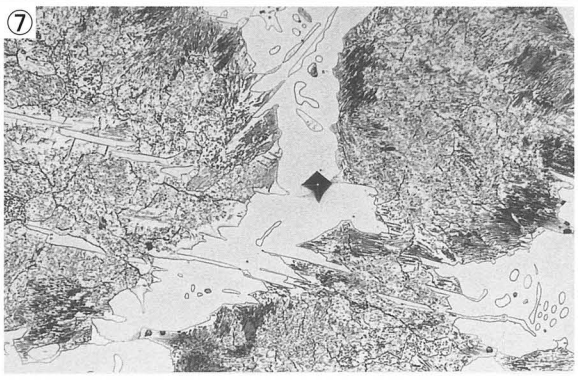


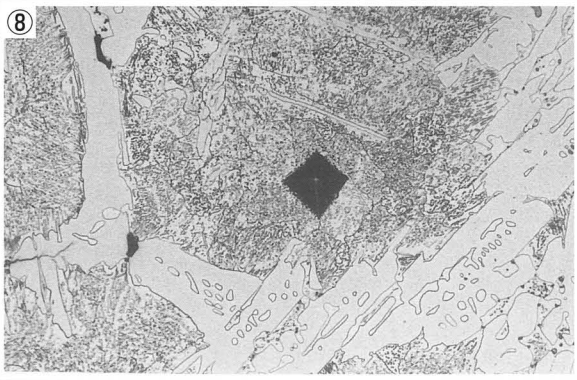





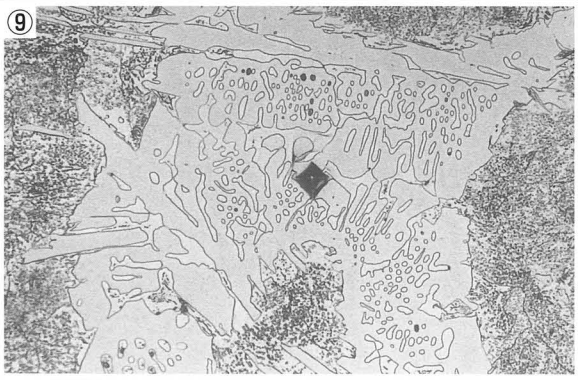
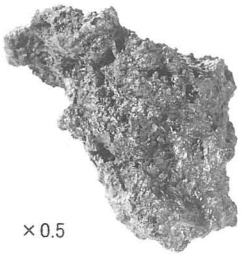
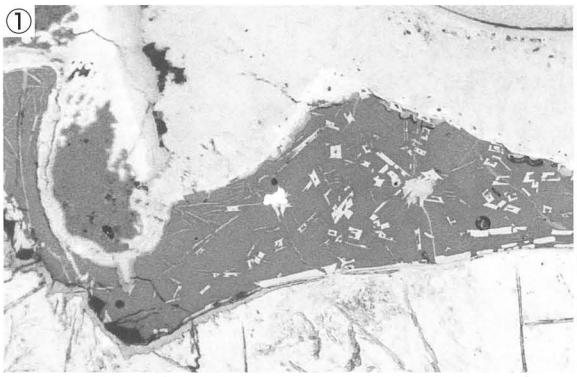
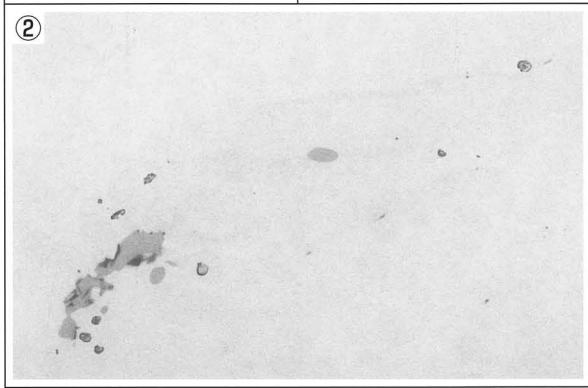



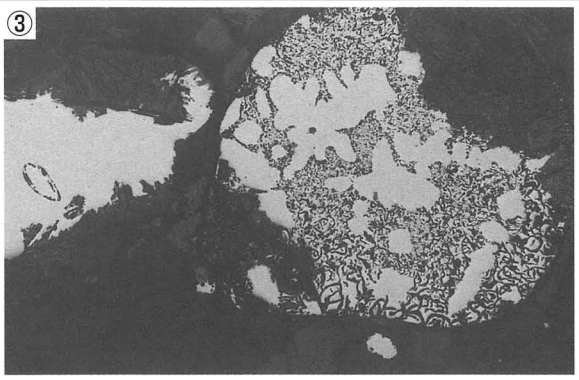

**Photo.14　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

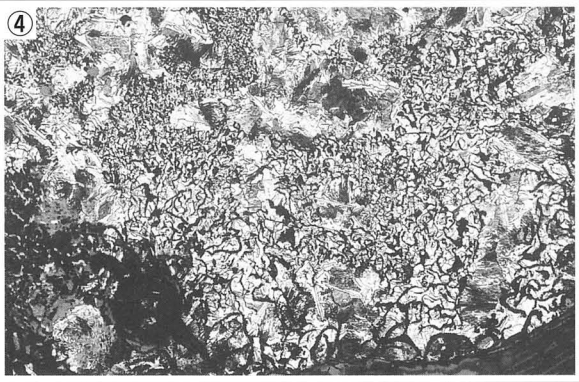
TON-23
鉄塊系遺物
①×100 滓部：イルミナイト・ルチル
②×400 鉄中非金属介在物
③×50 no etch
④×100⑤×400 ナイタルetch、共晶黒鉛鋳鉄
⑥～⑨ ナイタルetch
⑥⑦×100 セメンタイト・パーライト
⑧⑨×200 硬度：⑧264Hv、⑨298Hv

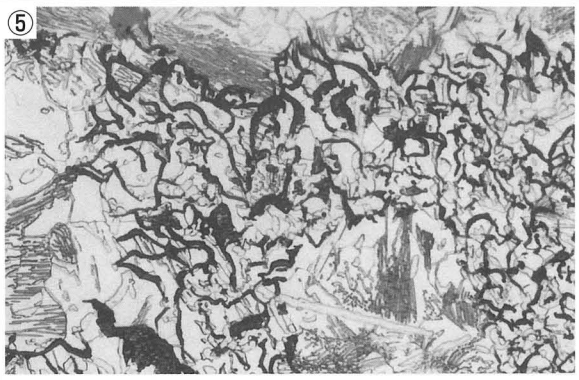


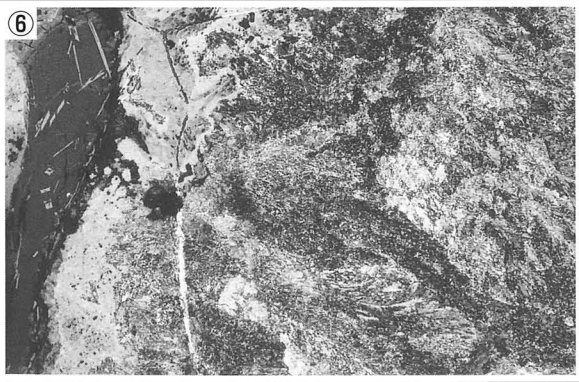



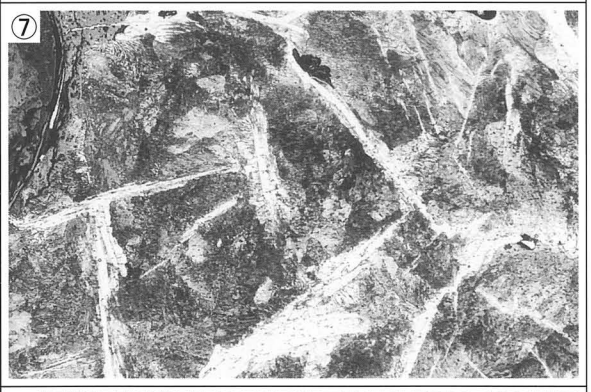



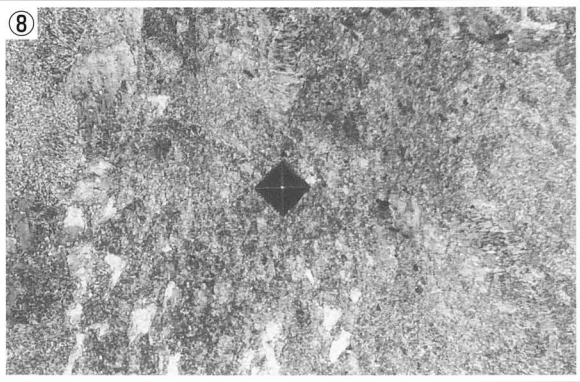



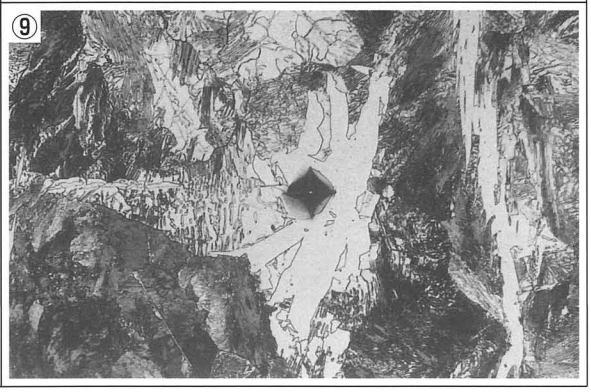
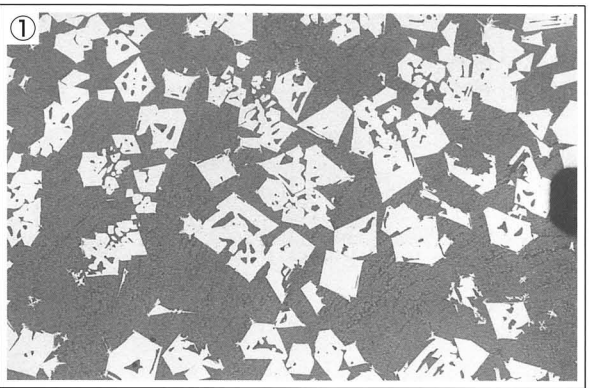
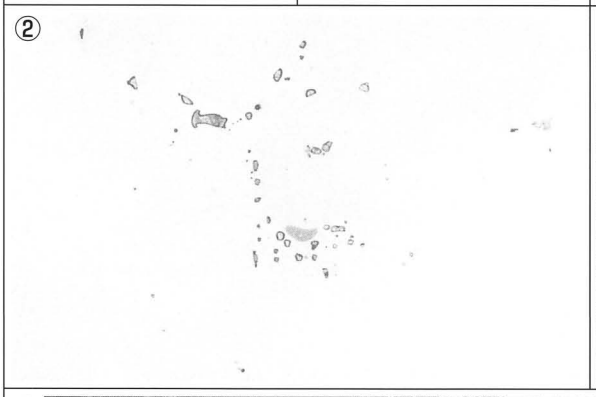
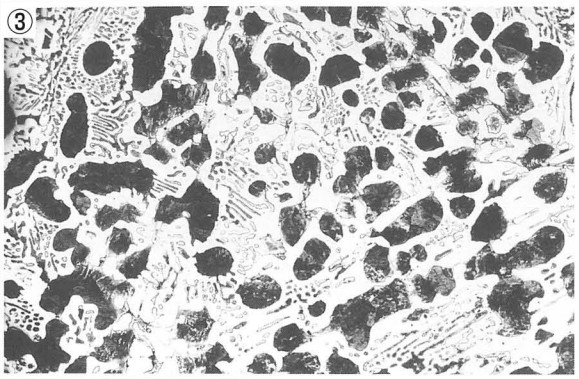




**Photo.15　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

TON-24
鉄塊系遺物
①×100 滓部：ウルボスピネル・微小ファイヤライト
②×400 鉄中非金属介在物
③～⑧ナイタルetch
③×100 亜共晶組成白鋳鉄
④×50　表層：ねずみ鋳鉄～白鋳鉄
⑤×100 ④の拡大
⑥～⑧×200 硬度：⑥194Hv ⑦615Hv、⑧211Hv



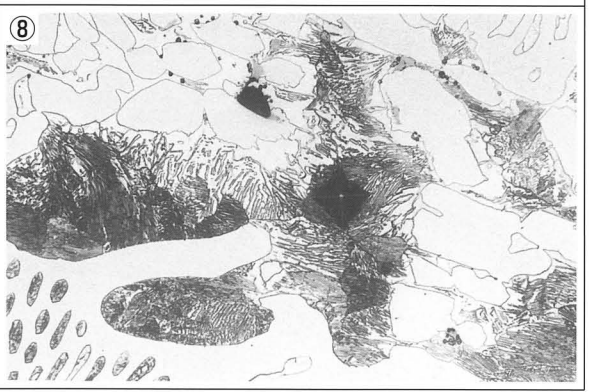
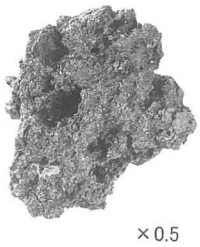
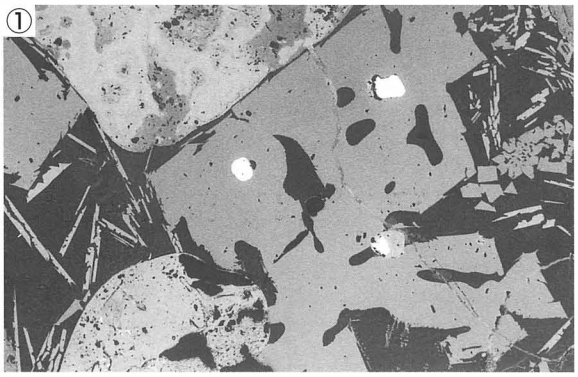
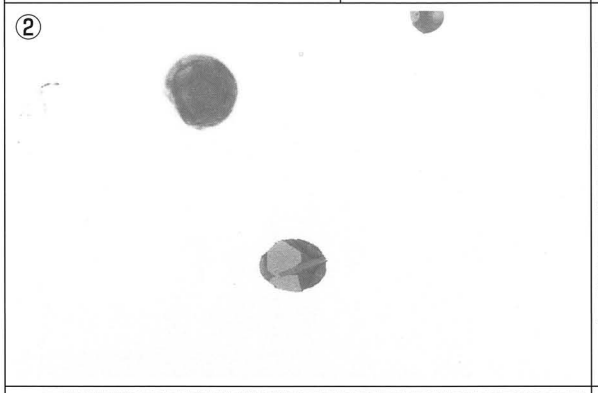


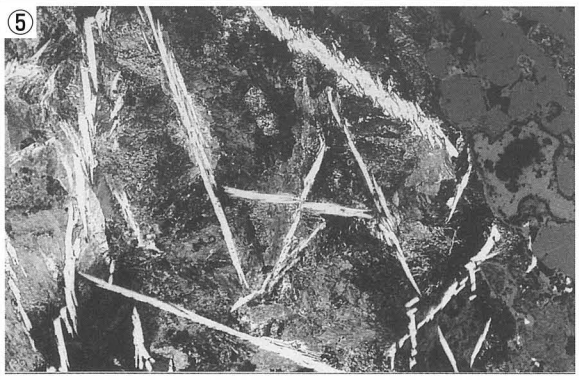

**Photo.16　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

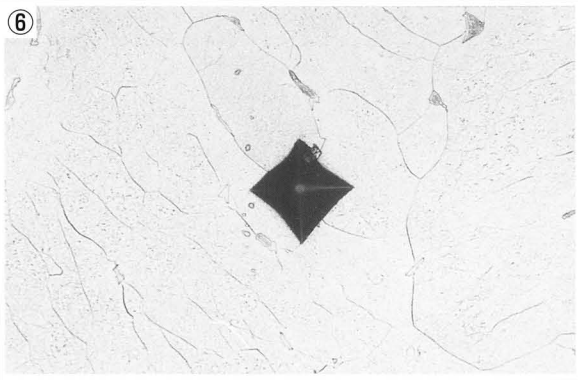
TON-25
鉄塊系遺物
①×100 ウルボスピネル・イルミナイト
②×400 鉄中非金属介在物
③～⑨ナイタルetch
③×100 フェライト・少量パーライト
④×100 初析フェライト・パーライト
⑤×100 セメンタイト・パーライト
⑥～⑨×200 硬度圧痕：⑥75Hv、⑦135Hv、⑧190Hv、⑨391Hv

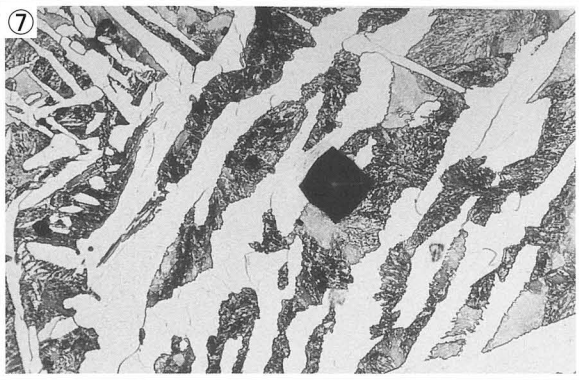


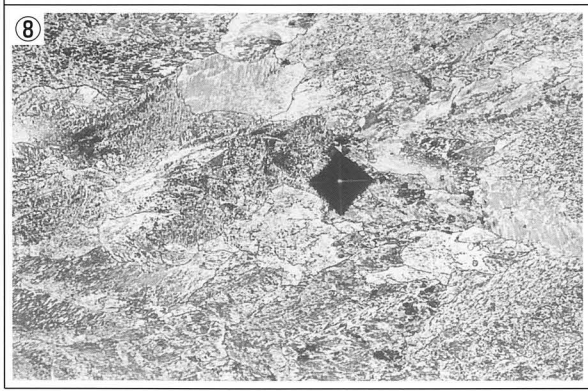





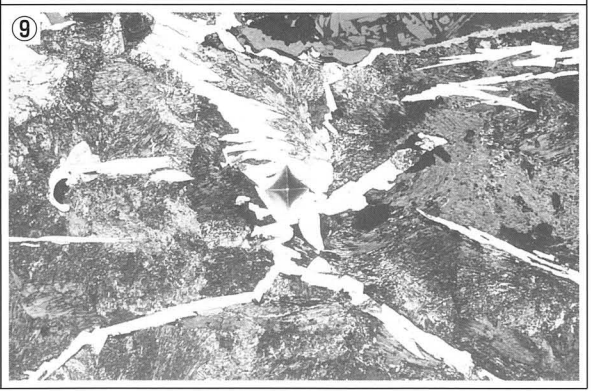
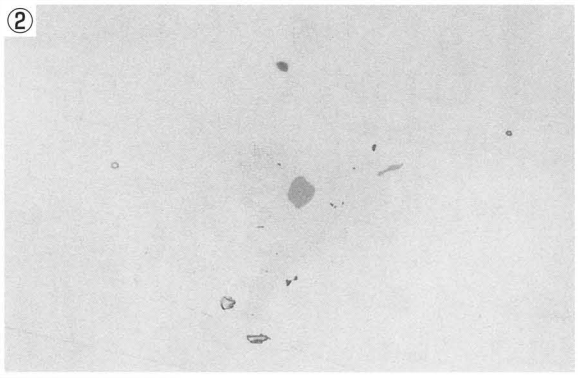



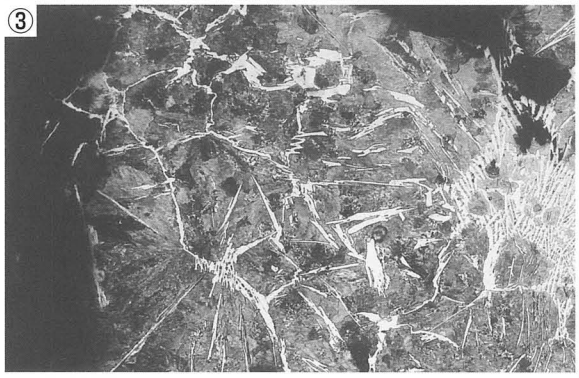

**Photo.17　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

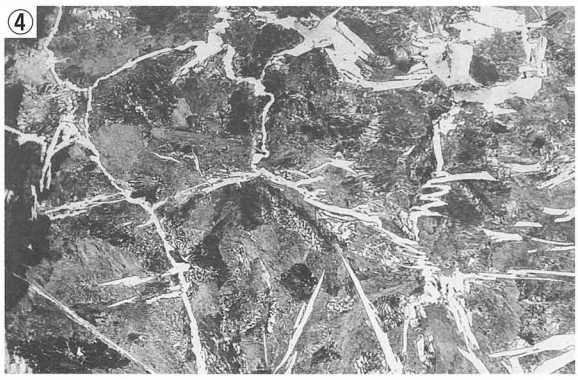
TON-26
鉄塊系遺物

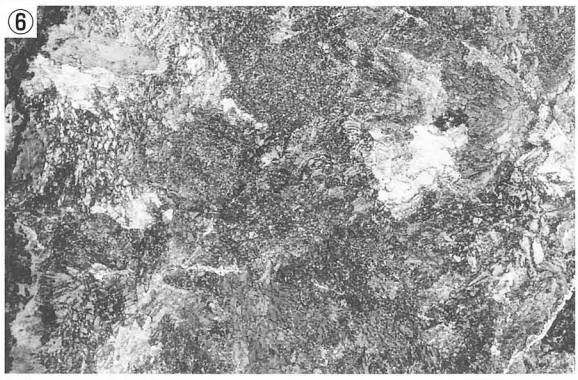
①×200 滓部：微小金属鉄粒散在、シュードブルーカイト
②×400 鉄中非金属介在物
③～⑨ナイタルetch
③×50④×100⑤×400 亜共晶組成白鋳鉄
⑥×100 共析組織
⑦～⑨×200 硬度：⑦212Hv ⑧375Hv、⑨587Hv

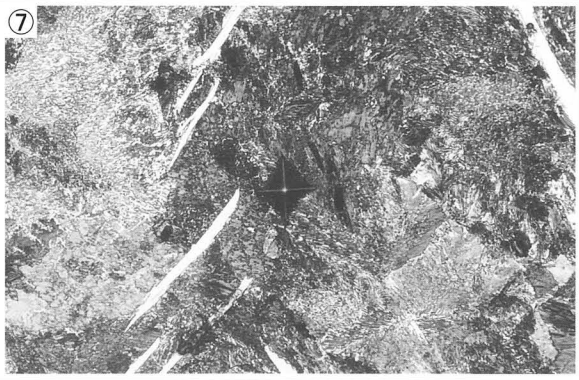
×0.5

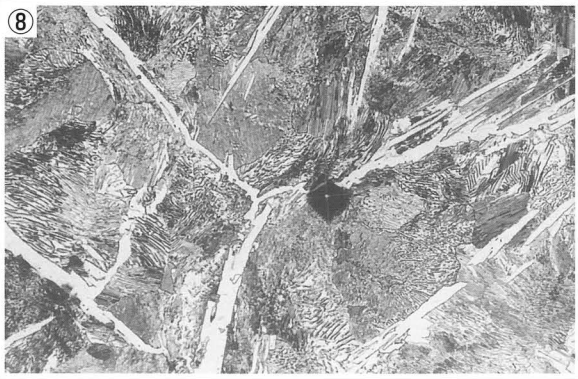




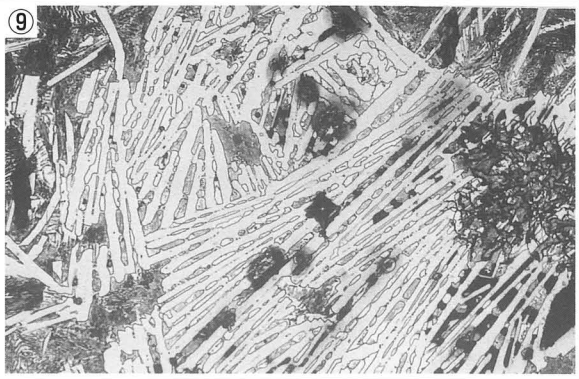




**Photo.18　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

TON-27
鉄塊系遺物
①×400 鉄中非金属介在物
②～⑨ ナイタルetch
②×100 左側：金属鉄、右側：滓部
③×100 表層：脱炭、内側：白鋳鉄
④⑤×100 ねずみ鋳鉄
⑥×100 亜共晶組成白鋳鉄
⑦～⑨×200 硬度圧痕：⑦133Hv、⑧160Hv、⑨650Hv

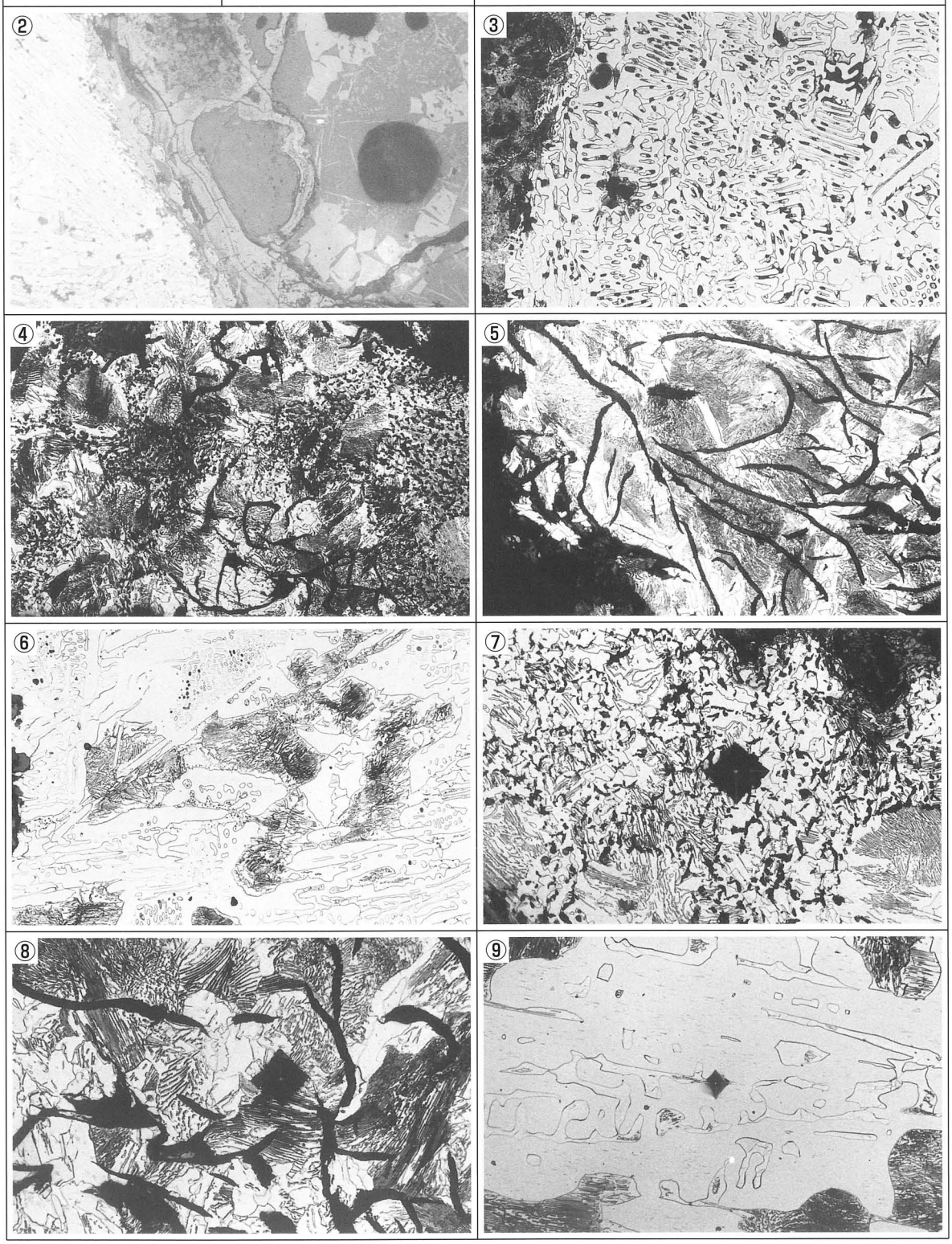
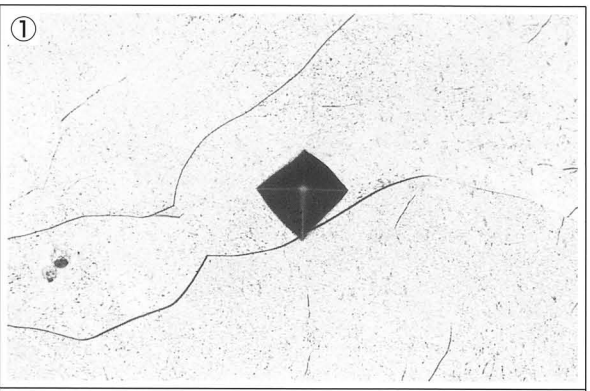
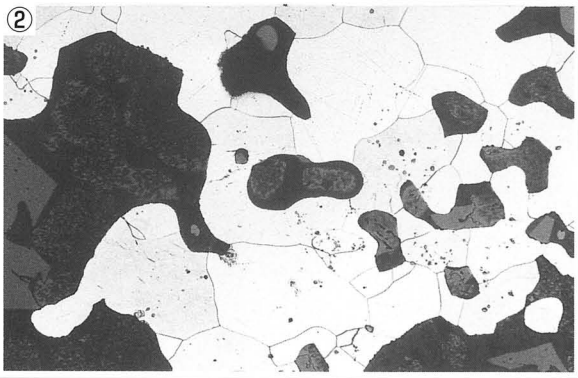


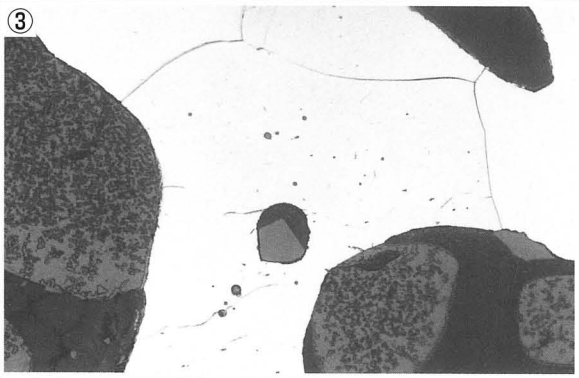

Photo.19　鉄塊系遺物の顕微鏡組織

TON-28
鉄塊系遺物
①～③ ナイタルetch
①×200 硬度圧痕：95Hv
②×100③×400
鋳鉄：フェライト単相
滓部：ウルボスピネル
ヴスタイト（粒内析出物あり）
・ファイヤライト

×0.5

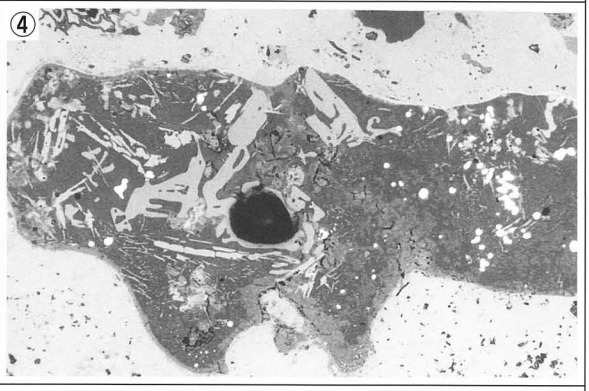


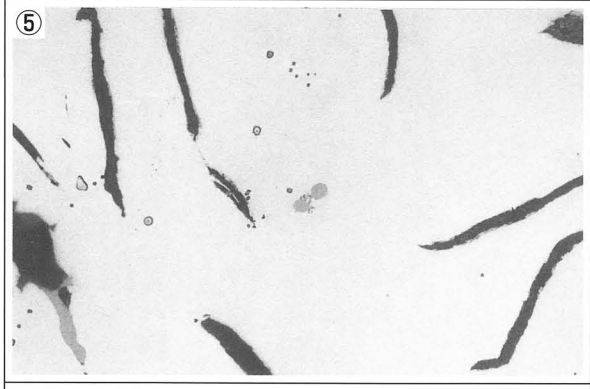



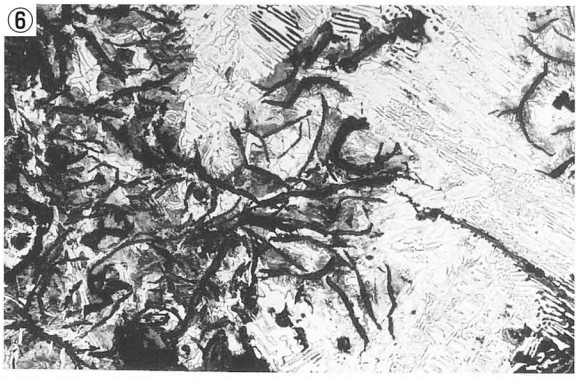




TON-29
鉄塊系遺物
④×200 滓部：微小金属鉄粒散在、ウルボスピネル・イルミナイト
⑤×400 鉄中非金属介在物
⑥～⑧ ナイタルetch
⑥×50 斑鋳鉄
⑦⑧×200 硬度圧痕：
⑦164 Hv、⑧562Hv

×0.5



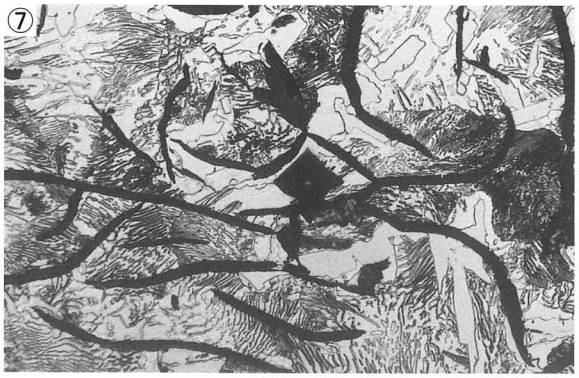
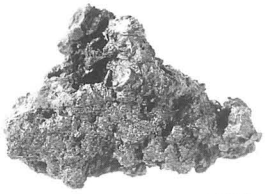



**Photo.20　鉄塊系遺物の顕微鏡組織**

TON-30
鉄塊系遺物
①②×400 鉄中非金属介在物
③～⑨ ナイタルetch
③～⑤×100 滓部：ルチル、鉄部：③フェライト、④パーライト ⑤セメンタイト・パーライト
⑥～⑨×200 硬度圧痕：⑥94Hv、⑦132Hv、⑧274Hv、⑨305Hv



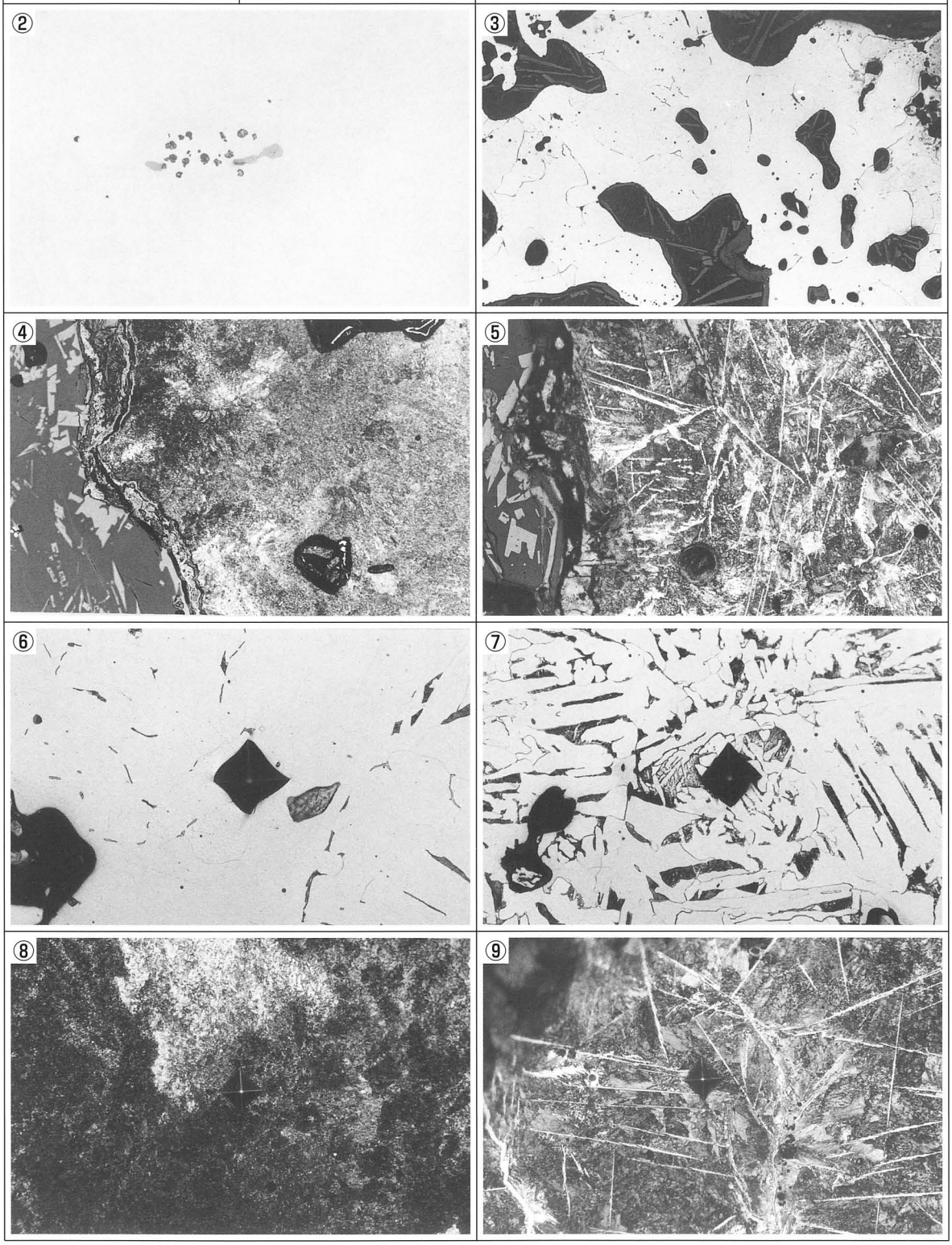




Photo.21 鉄塊系遺物の顕微鏡組織