

志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書11

# 檀原遺跡(2)

—自然科学分析編—

平成14(2002)年3月

国土交通省中国地方整備局  
島根県教育委員会

志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書11

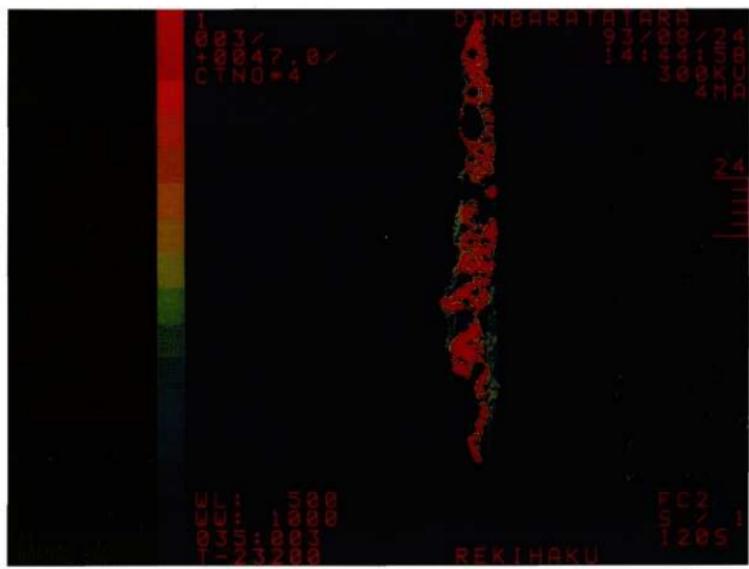
# 檀原遺跡(2)

—自然科学分析編—

平成14(2002)年3月

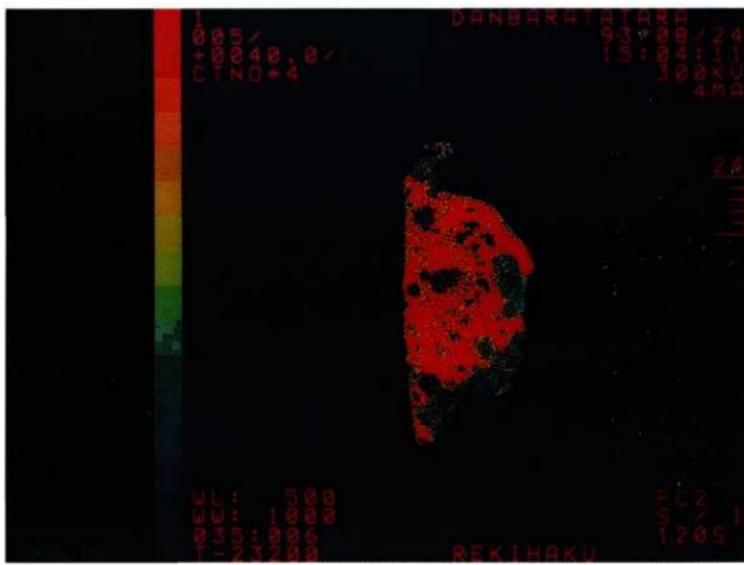
国土交通省中国地方整備局  
島根県教育委員会

カラー図版 (1)



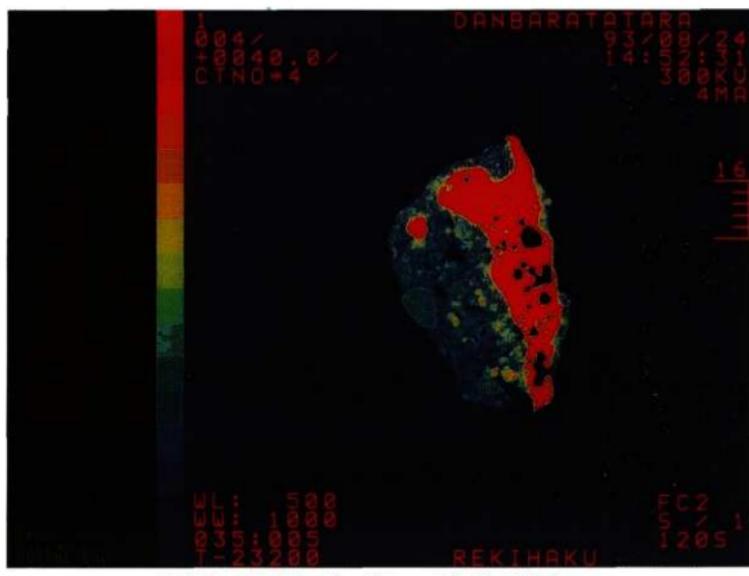
鉄池遺構出土含鉄資料のX線CT疑似カラー画像 (1) 分析資料No.22

カラー図版 (2)



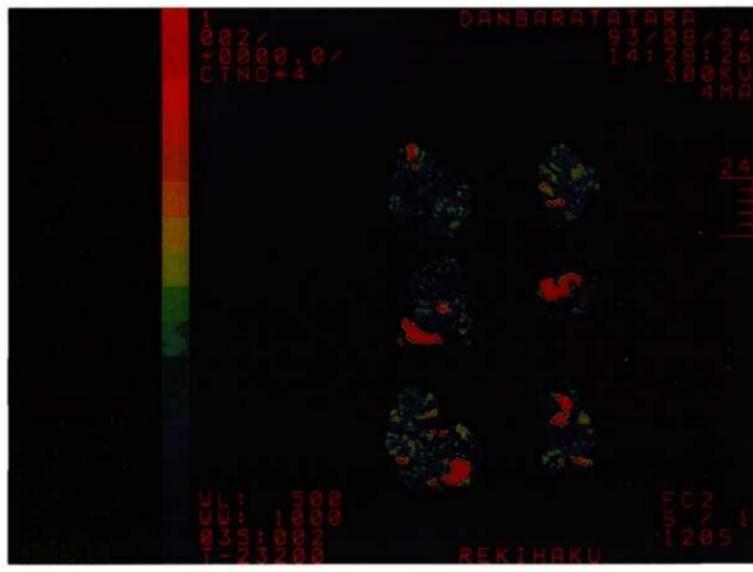
銚池遺構出土含鉄資料のX線CT疑似カラー画像 (2) 分析資料No.23

カラー図版 (3)



鉄泡遺構出土含鉄資料のX線CT疑似カラー画像 (3) 分析資料No.24

カラー図版 (4)



鉄池造構出土含鉄資料のX線CT疑似カラー画像 (4) 左列最下段：分析資料No.25

## 序

当事務所では、いわゆる斐伊川・神戸川治水計画3点セットの一翼を担う事業として、神戸川の上流に平成22年度完成を目指し志津見ダムの建設事業を進めています。神戸川流域では古くからたら製鉄が行われており、ダムの事業用地内にも多くの遺跡の存在が予想されたことから、ダム建設に先立ち、鳥根県教育委員会を始め関係各位の御協力をいただき、これら遺跡についての調査を計画的に実施してきております。

当報告書は、このうち、檀原遺跡の遺物分析結果をとりまとめていただいたものです。この遺跡では、中世から近世にかけての鍛冶炉、製鉄炉などを確認しており、当地における鉄生産の歴史を知る上で貴重な資料が得られたのではないかと思います。

ダム事業を契機として調査された遺跡の多くは、記録保存されることになりますが、ここで得られた貴重な資料をできるだけ正確かつ詳細に記録し後世に残すことが、せめてもの我々の務めでもあり、この報告書はその成果ともいえるものです。

最後になりましたが、当遺跡の調査ならびに報告書のとりまとめに関係されました皆様に深く感謝申し上げます。

平成14年3月

国土交通省中国地方整備局  
斐伊川・神戸川総合開発工事事務所

所長 田 中 靖

## 序

島根県教育委員会では建設省中国地方建設局（現国土交通省中国地方整備局）の委託を受けて、平成元年度から志津見ダム建設予定地内の埋蔵文化財発掘調査を実施しており、このたび報告書第11集を刊行する運びとなりました。

本報告書は、平成5・6年度を発掘調査を実施した檍原遺跡の自然科学分析の成果をまとめたものです。分析の結果、特殊な炉を使った中世の鍛冶の様子が明らかになり、たらで生産される鉄素材についても新たな知見が示されるなど、この地域における製鉄の歴史を考える上で貴重な資料を得ることができました。本報告書が地域の歴史を解明していく糸口となり、郷土の歴史と文化財に対する理解や関心を高める一助となれば幸いです。

最後になりましたが、発掘調査及び本書を刊行するにあたり御指導、御協力いただいた地元の方々をはじめ佐田町教育委員会、国土交通省斐伊川・神戸川総合開発工事事務所ならびに関係の皆様方に厚くお礼申し上げます。

平成14年3月

島根県教育委員会

教育長 山崎 悠雄

## 例　言

1. 本書は、島根県教育委員会が建設省中国地方建設局（現国土交通省中国地方整備局）から委託を受けて、平成5年度～平成6年度の2ヵ年にわたって実施した志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査のうち、榎原遺跡（2）・自然科学分析編である。

2. 発掘調査を実施した遺跡は次のとおりである。

榎原遺跡（簸川郡佐田町大字上橋波）

3. 榎原遺跡で検出した遺構及び製鉄に関連のない遺物の詳細については、次の報告書に掲載しているので参照されたい。

『榎原遺跡・谷川遺跡・殿澤山毛宅前鉄跡』志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書

4 建設省斐伊川・神戸川総合開発工事事務所・島根県教育委員会 1997

4. 自然科学分析は、次の方々及び機関の御協力をいただいて実施した。

考古地磁気年代測定 伊藤晴明、時枝克安（島根大学総合理工学部教授）

製鉄関連遺物分析 (株)九州テクノリサーチ・TACセンター

5. 第3章「製鉄関連遺物の考古学的観察」の作成にあたっては穴澤義功氏の多大な協力を得た。

6. 卷頭に掲載したX線CT疑似カラー画像写真は、穴澤氏の御協力を得て、国立歴史民俗博物館情報資料研究部の田口勇教授と斎藤努助手に撮影していただいた。(所属・職名は撮影当時)

7. 本書の作成にあたって、遺物の整理・実測・浄書などは宮本を中心には、鹿野孝博、寺本和明、加藤往子、金坂恵美子、瀬川恭子、馬庭志津子、吉田典子がこれにあたった。写真撮影は宮本が行った。

8. 本書の執筆は第4章を除いて宮本が担当した。また、編集は調査指導者の指導を踏まえ、宮本があたった。

9. 本書に掲載した遺跡出土の遺物・実測図及び写真は島根県埋蔵文化財調査センター（島根県松江市打出町33番地）で保管している。



## 本文目次

第1章 檜原遺跡の概要.....	1
第2章 檜原遺跡出土の製鉄関連遺物.....	9
第3章 製鉄関連遺物の考古学的観察.....	42
第4章 自然科学的分析	
第1節 檜原遺跡の焼土の地磁気年代..... (伊藤晴明・時枝克安) .....	87
第2節 檜原遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査..... (大澤正己・鈴木瑞穂) .....	92
第5章 まとめ.....	209

## 挿図目次

第1図 檜原遺跡調査区配図.....	1
第2図 I・II区地形測量図.....	2
第3図 I区1号炉横断面図.....	3
第4図 V区調査後地形測量図.....	4
第5図 V区1号炉実測図.....	5
第6図 V区2号炉実測図.....	7
第7図 II区鍛冶炉及び周辺ピット実測図.....	8
第8図 檜原遺跡製鉄関連遺物分類模式図.....	10
第9図 I区1号炉製鉄関連遺物構成図1.....	11~12
第10図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図1.....	13
第11図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図2.....	14
第12図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図3.....	15
第13図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図4.....	16
第14図 I区1号炉製鉄関連遺物構成図2.....	18
第15図 I区1号炉製鉄関連遺物構成図3.....	19
第16図 I区1号炉製鉄関連遺物構成図4.....	20
第17図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図5.....	21
第18図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図6.....	21
第19図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図7.....	22
第20図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図8.....	23
第21図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図9.....	24
第22図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図10.....	25
第23図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図11.....	26
第24図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図12.....	27
第25図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図13.....	28

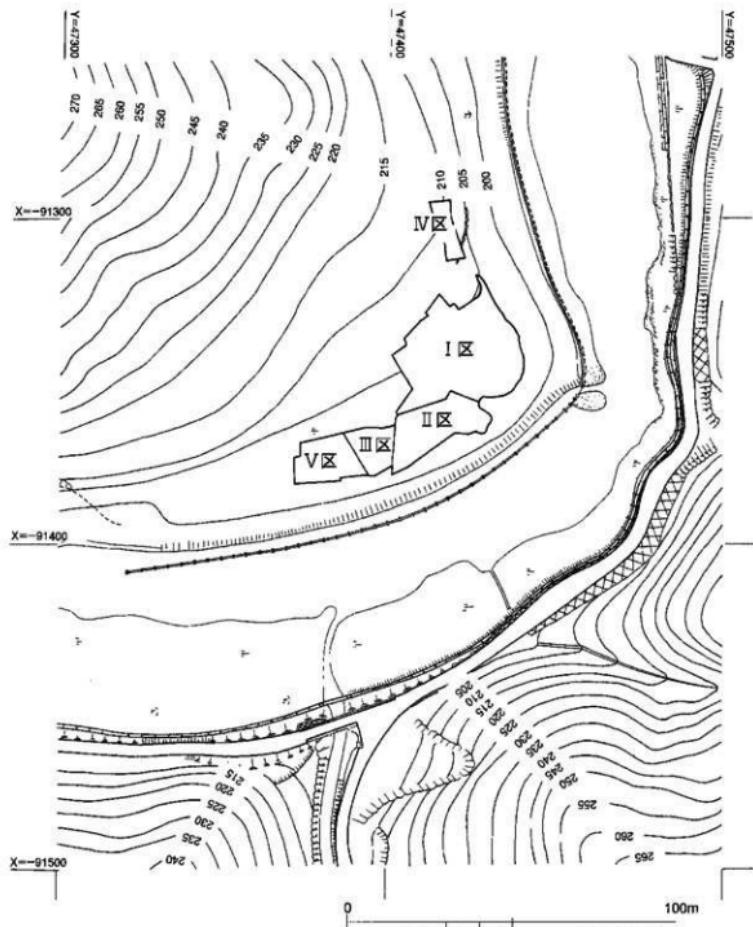
第26図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図14	29
第27図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図15	30
第28図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図16	31
第29図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図17	32
第30図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図18	33
第31図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図19	33
第32図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図20	34
第33図	I 区 1号炉製鉄関連遺物実測図21	35
第34図	V区 1号炉・2号炉製鉄関連遺物構成図	37
第35図	V区 1号炉製鉄関連遺物実測図	38
第36図	V区 2号炉製鉄関連遺物実測図 1	39
第37図	V区 2号炉製鉄関連遺物実測図 2	40
第38図	II区 1号炉製鉄関連遺物構成図	41
第39図	II区 1号炉製鉄関連遺物実測図	41

# 第1章 檜原遺跡の概略

檜原遺跡で検出された造構、製鉄関連以外の遺物については既に報告しているが、ここでは遺跡の立地と、検出された造構のうち主な製鉄関連造構について概略を述べる。

## 1. 遺跡の位置

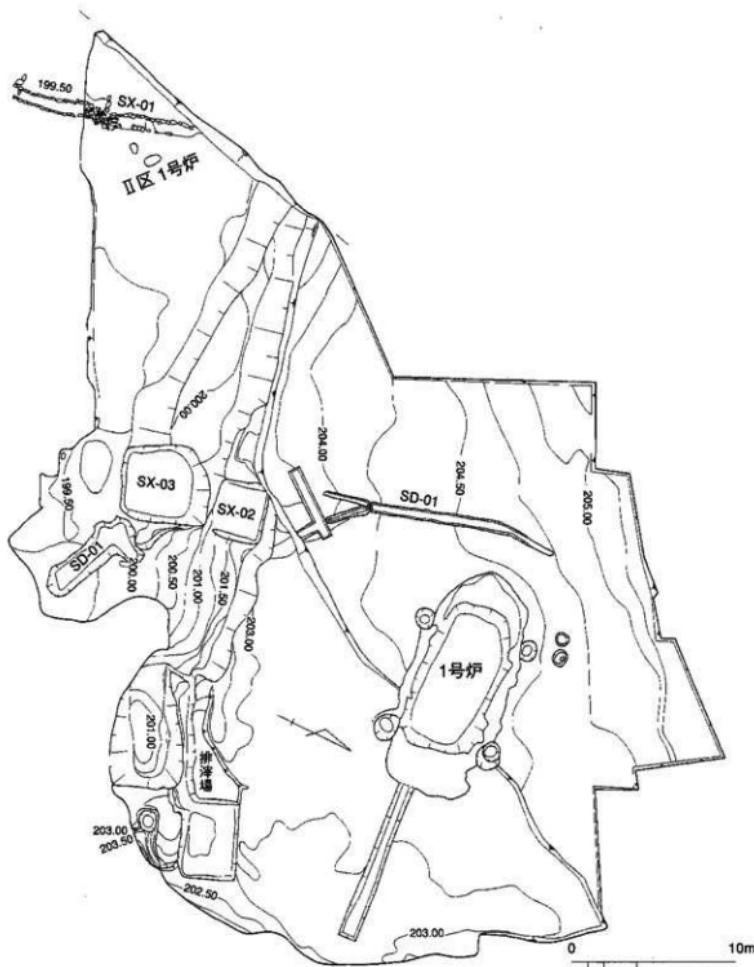
檜原遺跡は、島根県簸川郡佐田町大字上橋波に所在する。島根県の中央付近に位置し、約3600年前まで噴火活動を繰り返した三瓶山（標高1126m）の東麓を北流し、日本海に注ぐ持戸川の中流域



第1図 檜原遺跡調査区配置図 (S=1:500)

に位置する。遺跡はこの川が形成した河岸段丘上に立地し、標高は200m～205m、川面との比高差は5m～10mである。なお今回の調査区北側に存在する川沿いの細長い平坦面（未調査）は、棲原遺跡で製鉄に従事した人々が生活した集落（山内）と見られる。

周辺の各遺跡では、板屋遺跡（飯石郡頓原町）、下山遺跡（同）など縄文時代の遺構・遺物についての貴重な発見が目立つが、弥生時代以降についても数は多くないものの遺構・遺物が検出されている。



第2図 I・II区地形測量図 (S=1:300)

この地域は製鉄関連遺跡が多数存在することが以前から知られていたが、1990年代後半からの発掘調査に伴いその実態が徐々に明らかになってきた。

特に注目されるのは、堅形炉の系譜を引く中世の精錬鍛冶炉の検出である。炉の性格は、近世の大鋳冶場的な役割を果たしたものと考えられており、近世鉛鋳鉄の間接製鋼法的な鉄生産体制の初源がすでにこの時期に存在していたことを示す貴重な資料である。

近世のものでは、17世紀末に成立したとされる高殿鉛や、精錬を行った大鋳冶場が存在する。発掘調査で様相が明らかになった遺跡も多く、大槻鉛跡（飯石郡都原町）では地下構造に出雲地方では類例のない船小舟が検出されるなど、注目される発見もある。また、製鉄関連遺物の分析を含めた調査により、多くの鉛では銑鉄主体の操業行なわれたことが明らかになっている。

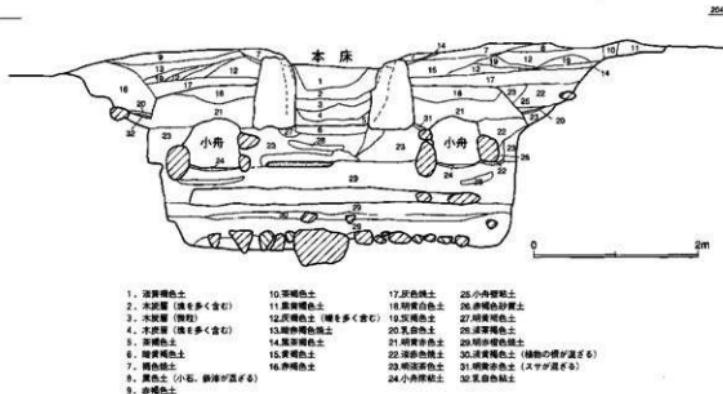
## 2. 主な遺構

### 1) I 区 1号炉（第2・3図）

I 区 1号炉は、標高203m～205mの平坦面上に存在する近世の高殿鉛で、地下構造部分が検出された。遺構の時期は、出土陶磁器から18世紀後半と考えられる。土層は、河岸段丘上に位置するため、地表約-50cmまでは黒ボク、それ以下は砂層となっている。掘り方の規模は、14.6m×6.3mで長軸をほぼ東西方向にとり、中央の9.5m×4.5mの範囲が一段深い二段掘り状の構造をもつ。深さは中央付近で2.6mである。掘り方に接して長径1mを超える平面梢円形の柱穴が4基検出され、内部には柱根も遺存していた。これらは押立柱にあたり、柱の径は30～50cmと推定された。

地下構造は、坊主石、気抜き孔、小舟、本床などを備えるもので、この点では近世の高殿鉛に通有な構造といえる。本床底面の高さは小舟天井の高さとはほぼ等しくなるようにつくられている。

この炉では、本床の下を通り両方の小舟をつなぐように3本のトンネル状施設が検出されているが、このうちの1本から炉内生成物である銑鉄塊が発見された。操業中のある時期に、炉の底部だけでなく本床底面にも亀裂が生じ、炉内生成物が地下構造内へ流れ込み固化したものとみられる。



第3図 I区1号炉横断面図 (S=1:80)

## 2) II区SX-01・SX-02(第2図)

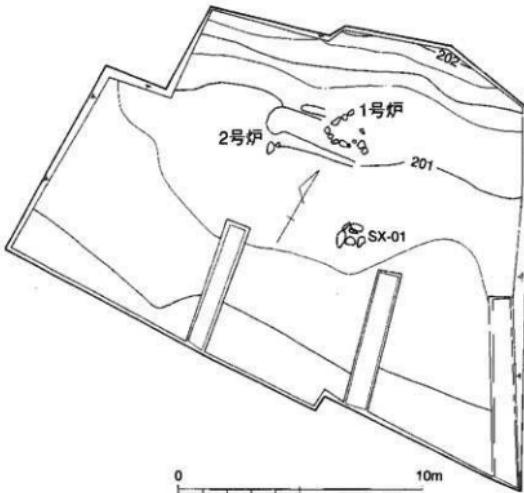
調査区の区分上II区としているが、I区1号炉との距離は約10mと近く、これとの強い関連が考えられる池状遺構である。どちらも基本的な構造は同じで、壁面は大小の礫を積み重ねて構築し、底面は粘土を敷き詰めており、SX-03では壁面の隙間にも粘土が認められる。平面形はいずれもほぼ正方形で、規模はSX-02が内法で3.3m×3.2m、深さは1.1m～0.6m、SX-03が同じく4.5m×4.4m、深さ0.8m～1.0mである。内部には、厚さ20cm～60cmの鉄分堆積層が認められた。鉄塊そのものや、その周辺に再結合した滓が堆積したものと考えられ、この堆積物からも製鉄関連遺物の分析資料を採取した。

また、SX-03には神戸川の方向へ伸びる暗渠状の溝が付属する。長さは5m以上、幅は内法で30～50cmである。両側壁と、SX-03に接する部分の天井にのみ石が使用され、天井の大部 分と床面には石は用いられない。検出時、SX-01との接続部分は粘土で塞がれていたが、溝床面は鉄滓を含む酸化土が堆積しており、SX-01からの排水溝として機能していたことがわかる。

## 3) V区1号炉(第5図)

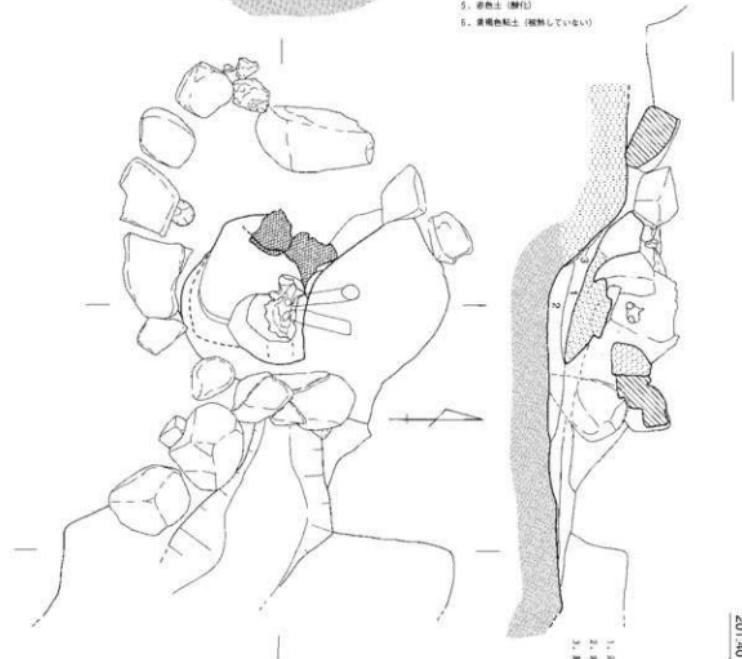
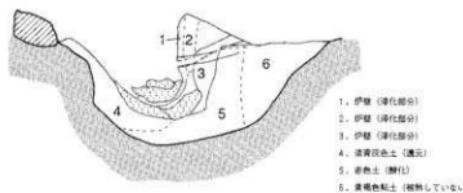
V区の緩斜面北端に位置し、後述する2号炉の地下構造北東側を利用して構築された炉である。形状は堅形炉に類似し、板屋III遺跡検出例などとともに堅形炉の系譜を引くものである。2号炉地下構造を約30cm掘り下げて炉を設け、炉の前方(東側)はトンネル状に加工し排滓孔としている。また炉内には、原位置に炉底塊が遺存していた。

炉の構築は、南側から東側にかけては2号炉の地下構造に加工を施して利用し、北側と排滓孔部分は新たにつくっている。炉の南側から東側にかけて並べられている石と鉄滓は区画のためのものと見られ、1号炉の操業に直接の関係はないと判断される。炉の規模は検出時で長さ・幅とも約40cm、深さは30cm～45cmで、東側(排滓孔側)が深くなり、そのまま排滓場へ向かって低く傾斜

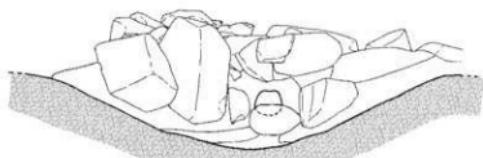


第4図 V区調査後地形測量図(S=1:200)

201.40



201.40



炉壁  
鉄滓

0 1m

第5図 V区1号炉窯測図 (S=1:20)

している。炉の北側壁は垂直に近く立ち上がるが、西側と南側の壁は40°～50°の緩やかな傾斜となっている。また、北側壁の断面では溝化面が3面認められ、炉を補修しながら最低3回の操業が行われたことを示す。なお、1号炉の北西壁は炉壁を再利用してつくられているが、これを除去すると長さ50cm、幅15cm～20cmの溝状となることが確認された。この溝は1号炉の構築当初のものと考えられ、豊形炉の系譜を引くことを考慮すると、操業初期には炉の後方から送風を行っていた可能性も残る。

通風孔は、北側の壁にのみ2孔設けられる。内径3～5cmの楕円形に近い断面で、炉内側に低く傾斜し、約-20°の角度をもつ。また、この2つの通風孔は平行ではなく炉内側が狭くなるよう配置され、開口位置は壁上端から20cm、炉底から25cmである。

炉内に遺存していた炉底塊は、炉壁とともに製鉄関連遺物として採取し、このうちの一部を分析資料とした。

#### 4) V区2号炉（第6図）

1号炉と同じく、V区緩斜面北端に位置する箱形炉である。北東部を1号炉に切られていることから、1号炉に先行して構築されたことは明らかである。北東部を1号炉の構築時に切削されていて正確な規模は不明であるが、平面形は現存長4.5m、幅1.7mの長方形で、小口部分は緩やかな弧を描く。深さは最深部で50cmで、船底状の構造である。

長軸南側には幅20cm～30cm、高さ10cm～20cmの土手状になった部分が認められ、長軸北側の一部でも同じ構造をとることから、横断面形は上に開く「コ」の字形を呈する構造となる。この土手に挟まれた部分には、粉炭とみられる黒色土が10cm～20cmの厚さで堆積し、カーボンベッドに相当すると考えられることから、いわゆる本床状遺構であろう。なお、長軸に平行するような焼土面などは検出できなかったことから、小舟状遺構は備えていなかったのであろう。

本床状遺構の底面には2ヶ所で浅い皿状の落ち込みが認められ、性格は不明だが製鉄炉の構造を知る上で手がかりとなるのではないかと思われる。

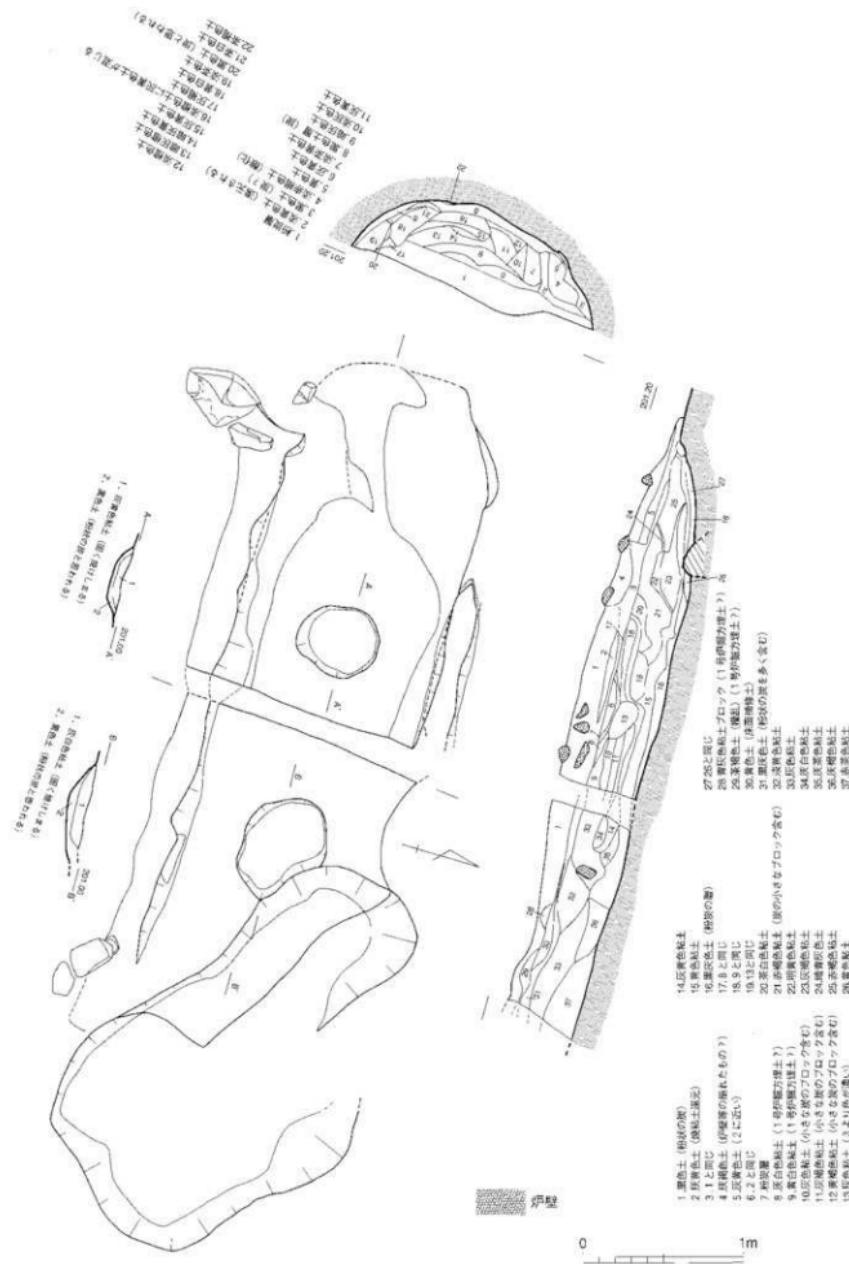
#### 5) II区1号炉（第7図）

II区の西端で検出した、平面楕円形の炉である。規模は外法で長径110cm、短径70cmで、北東側にわずかに張り出した部分をもつが、送風施設などは確認できない。中央付近が70cm×40cm、深さ約10cmの皿状のくぼみをもち、炉底にあたると考えられる。炉底部は、地山を約20cm掘りくぼめて粘土を敷いた簡単な構造となっている。なお、炉内には炉底塊が遺存しており、製鉄関連遺物として採取、分析資料とした。

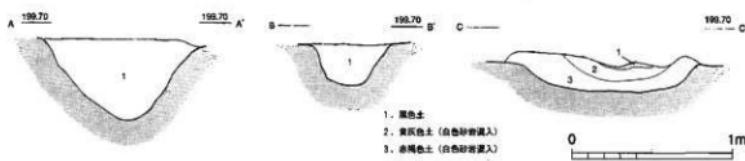
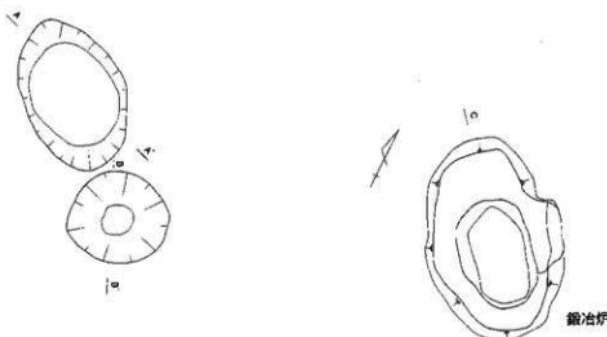
炉の南東約1mには鉄滓が付着した偏平な石が存在し、鉄床石と考えられることから、炉の性格は鐵治炉と想定された。また、炉の西側ではピット2基を検出したが、炉に伴うものかどうかは明確でない。

#### 註

- 建設省斐伊川神戸川総合開発工事事務所・島根県教育委員会「榎原遺跡・谷川遺跡・殿浦川毛宅前跡跡」 1997年
- 建設省斐伊川神戸川総合開発工事事務所・島根県教育委員会「板屋三遺跡」 1998年
- 建設省斐伊川神戸川総合開発工事事務所・島根県教育委員会「下山遺跡」(一) 2000年
- 建設省斐伊川神戸川総合開発工事事務所・島根県教育委員会「大根跡跡」 2001年



第6図 V区2号炉測定図 (1:30)



第7図 II区銀冶炉及び周辺ピット実測図 (S=1:30)

## 第2章 檀原遺跡出土の製鉄関連遺物

檀原遺跡では、I区・II区・V区で製鉄関連遺物が大量に出土し、特にI区南東の排滓場には炉壁、鉄滓などが厚く堆積していた。これらの遺物がもつ情報を得るために、遺物を分類したのち、特徴的なものを選択して、図化などの記録作業を行った。分類作業は模式図の手順で実施したが、さらに代表的なものについては金属学的な分析調査を行った。

製鉄関連遺構は、I区に製鍊炉（高殿鉋）、V区に製鍊炉・精鍊鍛冶炉、II区には鍛冶炉と性格の異なる炉が存在した。I区排滓場の遺物については、全体量の1/2を対象として作業を行った。また、V区で検出された製鍊炉と精鍊鍛冶炉は切り合い関係にあったことから、炉壁、滓など製鍊系と精鍊系の遺物が混在した部分があり、取り上げ時に充分な区別ができるていなかった。また、当時、調査員の製鉄関連遺物についての認識が充分でなく、出土品全てに注意が行き届かなかった点をお断りしておく。

また、模式図の分類以外に、神戸川の河川敷で採取した自然砂鉄があることを付記しておく。（第14図36 分析資料No.3）これは、金属学的調査の資料とするため、遺跡の上流約2kmで採取し、若干の比重選鉱のみを行ったものである。

以下、I区1号炉、V区1・2号炉、II区1号炉の順に製鉄関連遺物の詳細について述べる。

### 1. I区1号炉

炉壁類（第9図・第10図～第13図）

炉壁は1号炉地下構造内と、排滓場から採取したものである。分析資料として中段溶解部に位置する6(DAN-1)と下段(送風孔上)の11(DAN-2)を選んだ。

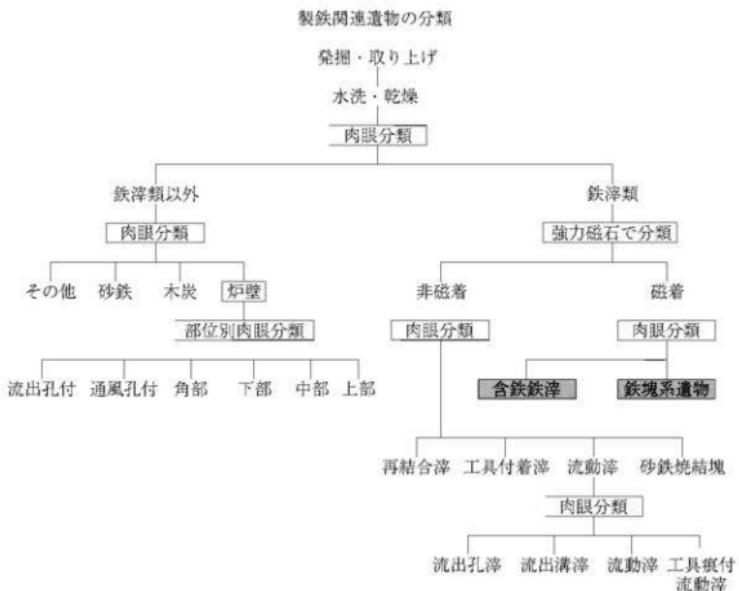
上段 1・2とも内側表面は灰白色で被熱の程度は弱く、滓は付着しない。2は外側に緩いカーブをもつことから炉のコーナー付近に位置していたものと見られる。

中段（被熱部） 3は、一部に砂鉄が焼結し付着する。4は外側に一部生きた面を残す。

中段（溶解部） 5は下面と外側表面に生きた平坦面が残り、炉壁を積み上げる際のブロックの単位を示すものとみられる。6も上面に平坦面をもち、下面も生きた面である可能性がある。上下11cm前後をはかる粘土ブロックの一単位を示すものとみられる。7も上面、下面、左側面の一部が生きていると見られる。

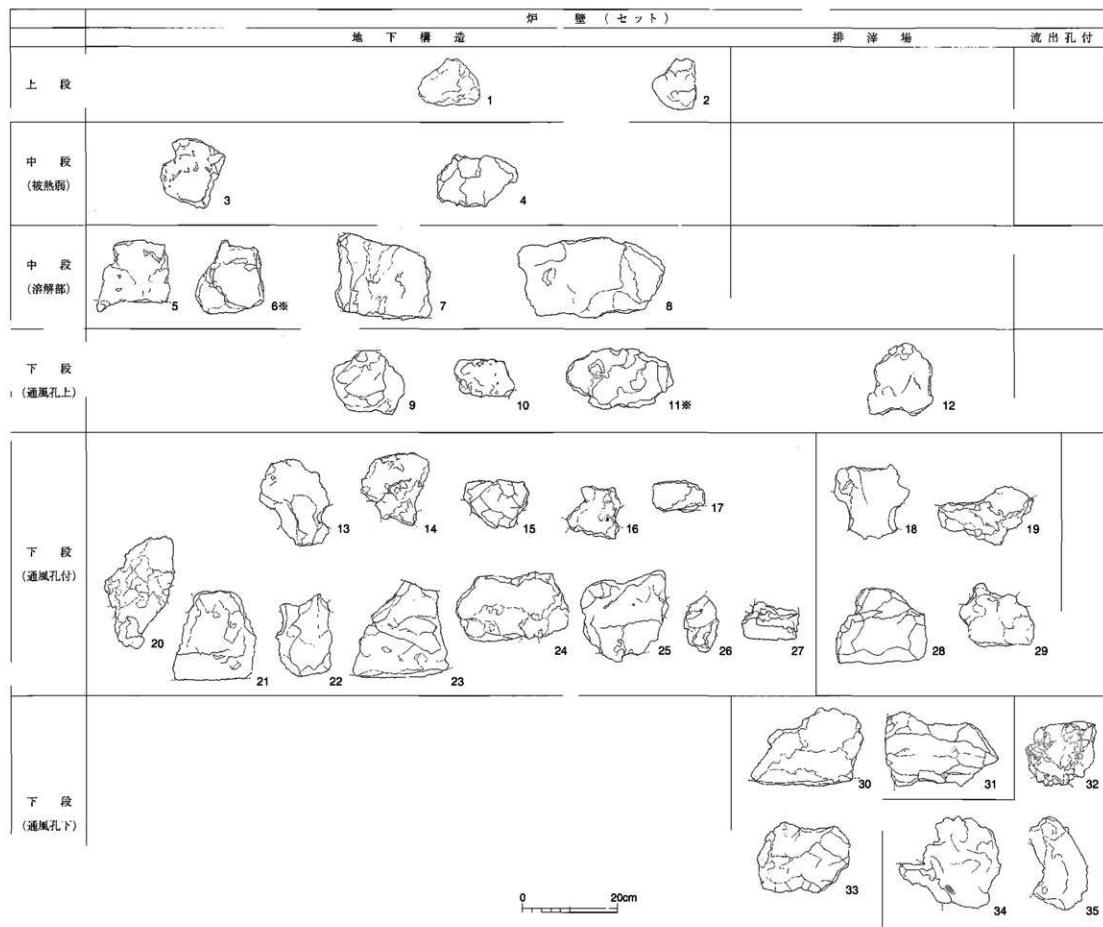
下段（通風孔上） 炉の壁体の中でも下段に位置するものである。いずれも内側表面の溶解が進み、滓化部分も厚く凹凸が激しい。9は上面の一部に生きた面が残る。10の下面右端部付近には生きた面があり、通風孔を設ける際の目印孔ないし、通風孔の上端であろうか。11は、上面右端に平坦に整形された痕跡が残り、粘土ブロックの単位を示すものと考えられる。

下段（通風孔付） 下段に位置し、通風孔をもつ炉壁である。通風孔が2孔認められる資料も多い。また、通風孔付近は最も高温となる部分のため、滓化部分が厚くなる傾向が見て取れる。13～16は通風孔2孔をもつ。通風孔は円形のものが多く、径は約3cmと推定されるが、14の左側の通風孔は方形とみられる。2孔の間隔は約7cm～10cmである。17は長軸に対して平行に近い方向に通風孔が設けられるもので、コーナー近くに位置したものと考えられる。18は2孔の通風孔が認められ、径は3～4cmである。間隔は約7cmを測る。20も通風孔を2孔もつ。内側表面の凹凸はかなり激しく、滓化部分の厚さが3cmを超える部分もある。通風孔の間隔は約9cmである。21は上部左端

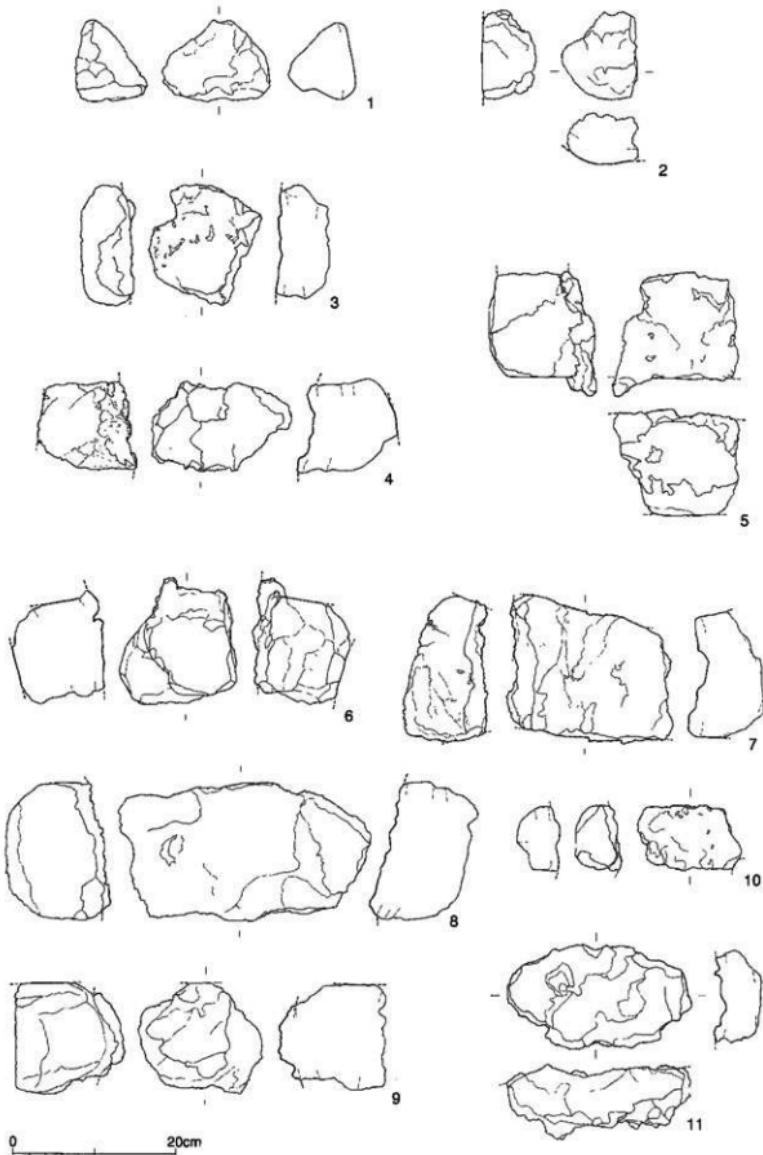


網掛けの遺物については特殊金属探知器による分類を実施

第8図 植原遺跡製鉄関連遺物分類模式図

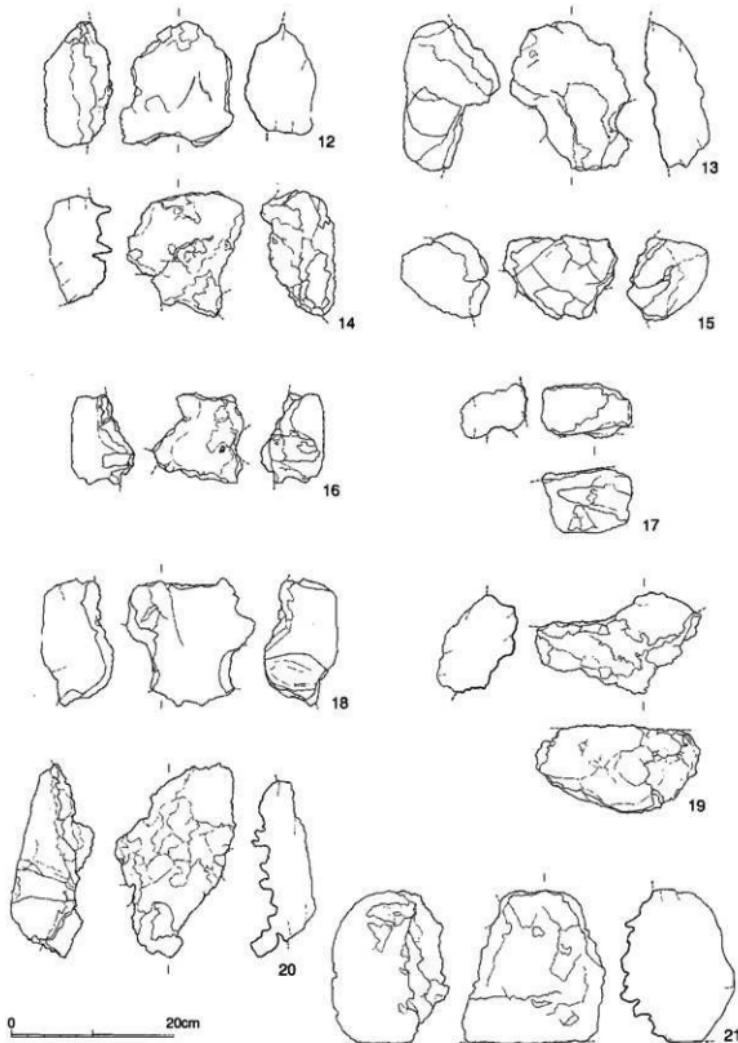


第9図 I区1号炉製鉄窯遺物構成図1 (S=1:8)



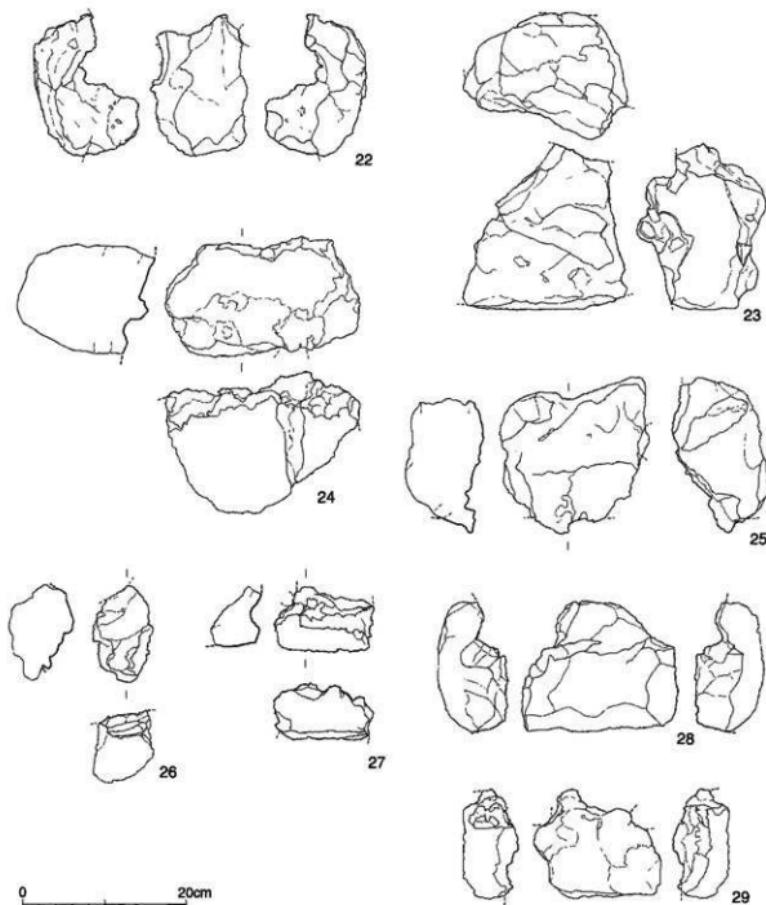
第10図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図1 (S=1:6)

に通風孔をもつ。下端の平坦面は炉壁のブロック単位を示すものと見られるが、そのように考えると通風孔が水平に近い角度に設けられていることになる。22は側面形がC字状を呈し、下端の済化部分が極端に厚い。23は上端右側に、25は右側面に通風孔をもつもので、いずれも下端の平坦面はブロックの単位を示す生きた面と見られる。24は下端にわずかに通風孔が認められる。26は上端に

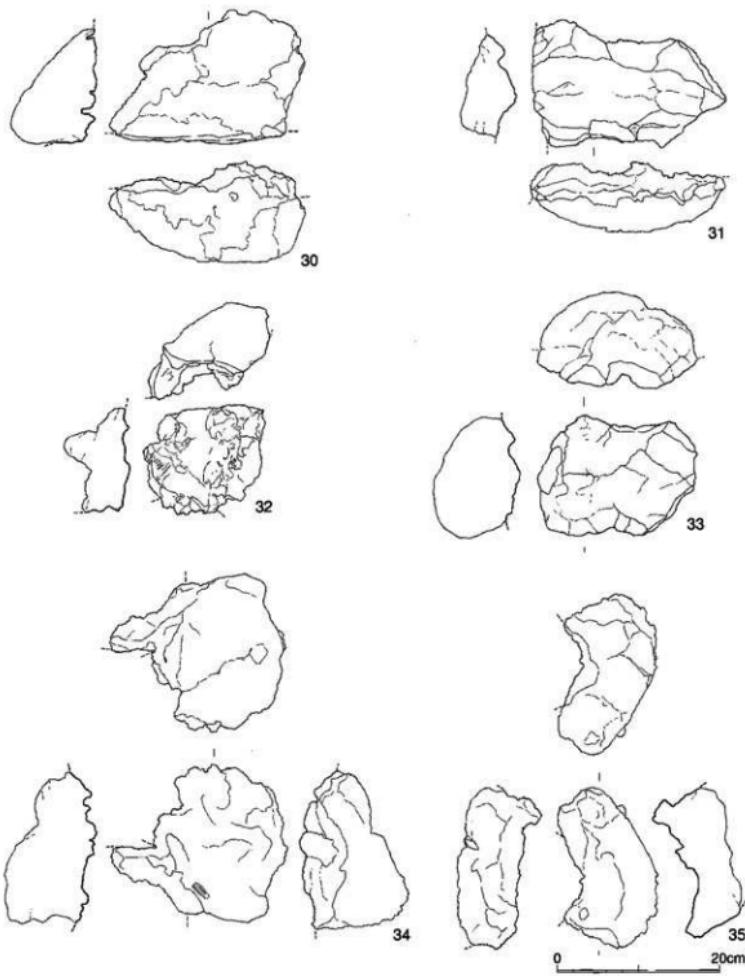


第11図 〔区1号炉製鉄関連遺物実測図2 (S=1:6)

通風孔をもつ資料である。27は、明確な通風孔の痕跡はないが、上端の右端部と左端部のやや上方に通風孔が存在すると考えられる。中央より下側は溶解のため炉壁がかなり薄くなっている。28は通風孔を2孔もつもので、左側の通風孔はごくわずかな痕跡をとどめるのみである。右側のものは通風孔の一部に目印孔の痕跡が残り、滓で半分以上ふさがっている。29は左側面上部に通風孔の痕跡が認められる。また27と同様に、下側では溶解のため炉壁部分はほとんどなく、滓化した部分が厚さ5cmに達している。



第12図 I区1号炉製鐵関連遺物実測図3 (S=1:6)



第13図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図4 (S=1:6)

下段(通風孔下) 30~35は通風孔より下で壁体の最下段にあたる。34のように流出孔の形状をのこすものも存在する。

30は壁体の最下段で、下面の平坦面はブロックの単位を示す生きた面で、接地面にあたる可能性がある。31は内側表面を除き破面である。内側表面の凹凸は著しく、津化部分は厚さは3cmを超える部分もある。32は下端に流出孔が認められる。この炉壁は大きく湾曲しており、左側面にも

壁体が存在するが、これが生きているものとすればコーナー付近に位置していたことも考えられる。

33は、内側表面を除き破面となっている。淬化部分はかなり厚く、5cmを測る部分もある。

34は左側面下部に流出孔をもつ。左側に突出した溝は上面が生きており、流出孔の形態を一定程度反映していると見られる。流出孔の径は、残存部から推定すると6cm～7cmである。35は左側面に流出孔をもつもので、径は約8cmである。なお、下面には溝が回り込んでいるが、一部に破面ではないと見られる面が存在する。この付近は溝のみで外側に壁体が認められないため、これが接地面かどうかを定かではない。

#### 鉄滓類（第18図～第32図）

鉄滓類は、I区1号炉地下構造内、排溝場のほか、II区に属するが1号炉の関連施設と考えられる池状遺構（SX-03）から出土したものである。

砂鉄 36は先述したとおり、神戸川で採取して非磁選のまま比重選鉱のみを行い、分析資料（DAN-3）としたものである。

砂鉄焼結塊 37は分析資料（DAN-4）で、炉壁内側表面に厚さ1cm近くの砂鉄が焼結したものである。炉壁としては中段に位置し、元釜と上釜の境界付近と推定される。下面は炉壁の積み上げ単位を示す平坦面とみられる。

流動溝 40を分析資料（DAN-9）とした。いずれも溝質は緻密で、底面は比較的平坦な形状を呈するものであることから、流出溝はかなり幅広のものが想定される。38・40は流動方向が少なくとも3回変わっているのが観察される。

工具付着溝 I区1号炉に由来する工具付着溝を、その工具痕と溝質から4種類に分類した。なお、分析資料として41（DAN-5）、69（DAN-6）を使用した。

41～58は、比較的薄く、表面が平坦な形状を示すと考えられる工具の付着溝である。工具の形態を完全に示すものではなく、工具の大きさも何種類かあった可能性もあるが、41の工具痕からは大きさが6cm×5cm以上で、四角形の平坦面をもつ工具が想定される。また厚さは、46の断面形などから約5mmと推定され、他の遺物にもこれ以上の厚さを示す工具痕は認められない。

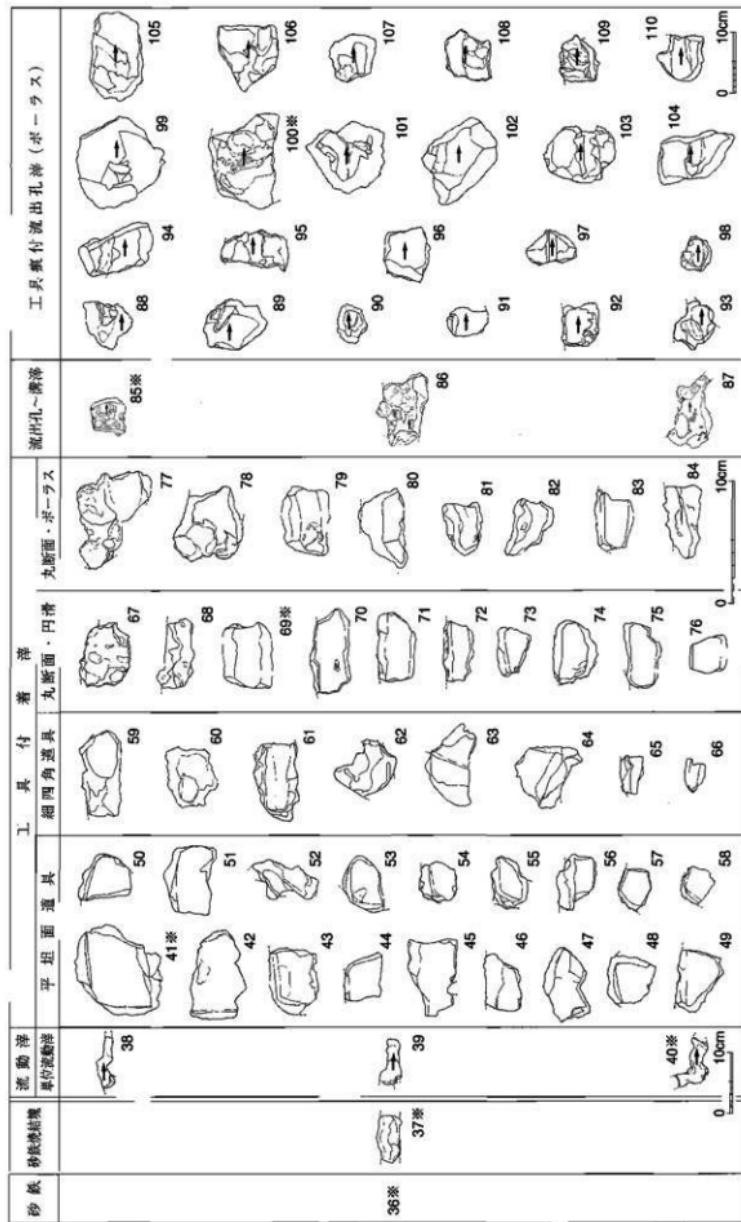
59～66は比較的細長く、横断面形が隅丸方形と考えられる工具の付着溝である。工具に付着した溝が冷えて固まるまでに変形したと見られるものも多いが、61から長さは5cm以上、59、60などから一辺の長さ1cm前後の断面隅丸方形の工具が推定される。

67～76は、比較的細長く、断面が円形とみられる工具の付着溝で、薄手で溝質が比較的緻密なものを見た。工具は、長さが7cm以上、直径は67のみ0.5cmを示すが、その他は1cm～1.5cmのものが想定される。

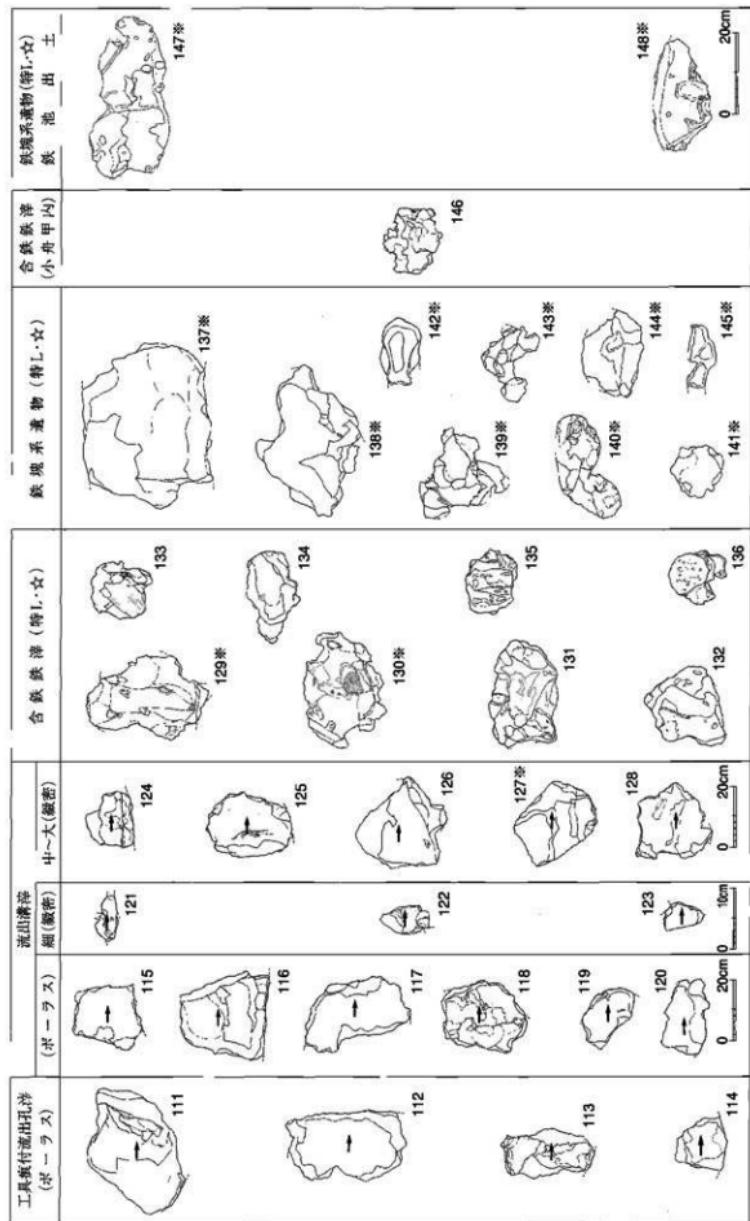
77～84は断面凸形と見られる工具の付着溝のうち、厚手で溝質がガス質となるものである。工具痕の横断面径は薄手で緻密質の工具付着溝とほとんど差がなく、1cm～2cmである。

流出孔～溝溝 85～87は流出孔から流出溝付近の溝で、流出孔や溝の形状を一定程度反映するものである。なお、分析資料として85（DAN-7）を選んだ。

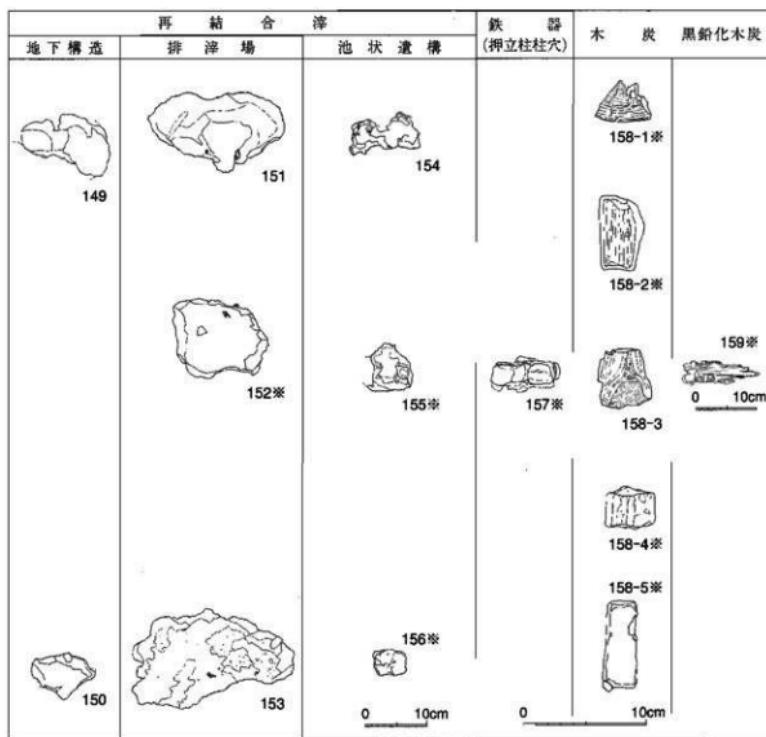
85は、溝質が緻密で気孔は極めて少ない。上面・下面と一方の短軸側は生きた面で、上面には69と同様な断面円形の工具痕が認められる。下面の横断面は緩やかな弧を描き、表面には孔底面の土をかみ込んでいる。この溝の下面が流出孔ないし溝の形状を反映するすれば、その径は10cm前後ということになる。86は長軸両端と側面の一部が破面である。上面には大粒の砂粒や木炭の痕跡



第14図 1区1号探鉄開通遺物群成因図 36~40 S=1:8 41~84 S=1:4 85~110 S=1:8



第15図 I区1号炉製鉄場遺物群図3 (1111~120 S=1:8 121~123 S=1:8 124~128 S=1:16 129~148 S=1:6)

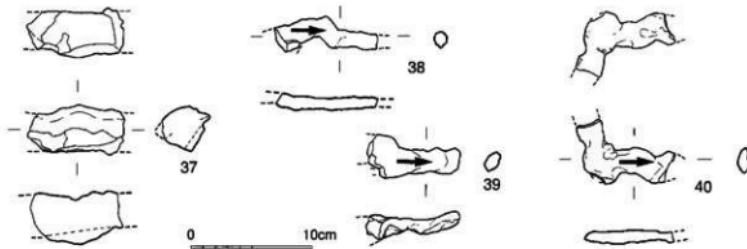


第16回 I区1号炉製鉄関連遺物構成図4 (149~156・159 S=1:8 157~158-5 S=1:4)

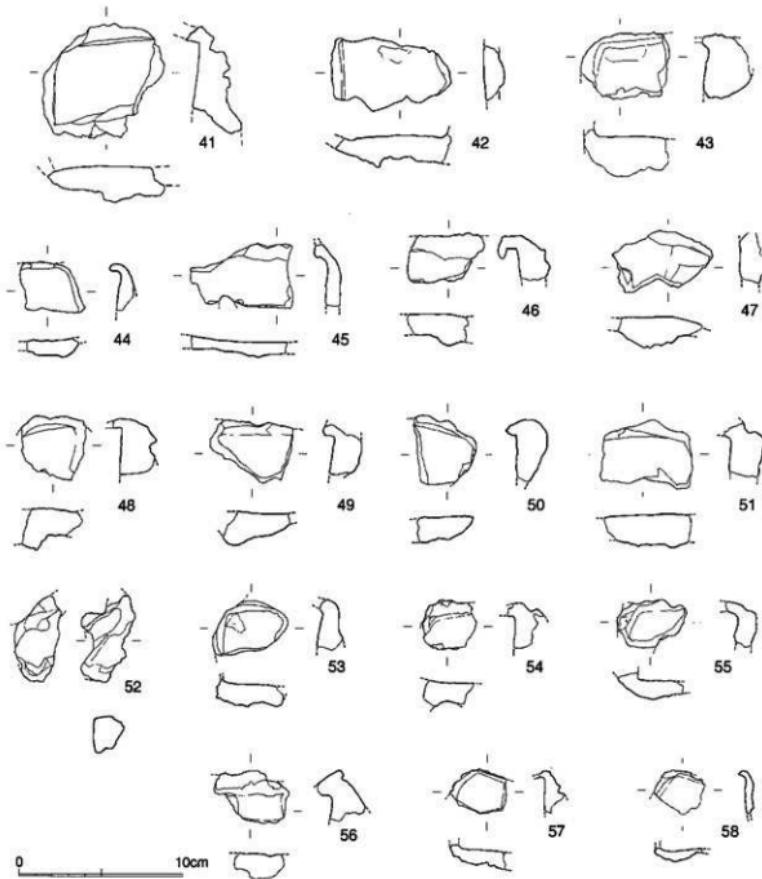
が残る。長軸左側は幅5cm前後であるが、中央付近から幅広となる。下面はやはり緩やかな弧を描き、径を復元すると約5cmである。87は長軸の先端付近が細くなり流動方向を変えていることから、流出孔～滓場でも先端付近とみられる。長軸両端と側面の一部が破面で、量は少ないが上面や側面に砂粒をかみ込んでいる。下面是前二者と異なり平坦となるが、先端付近に位置する滓であることによるものであろう。

工具痕付流出孔滓 88~114は流出孔滓のうち、工具痕を残すものである。滓質はいずれもガス質で、比較的大形のものが多い。工具痕が複数認められるものも存在する。分析資料として100(DAN-8)を選択した。

88~92は断面が隅丸方形の工具痕をもつものである。89などに残る工具痕から、工具の幅は一定でなく先端ほど細くなること、先端付近は方形ではなく丸みを帯びることがわかる。なお、89断面下面から流出孔の大きさを復元すると、径約12cmである。93は、上面に断面が極めて緩やかな弧を描く工具痕をもつものである。工具付着滓の中にも同じものはなく、いずれかの工具痕が、滓が固まる際に変形したものと考えられる。94・95は隅丸方形の工具痕をもつものである。96は流出方

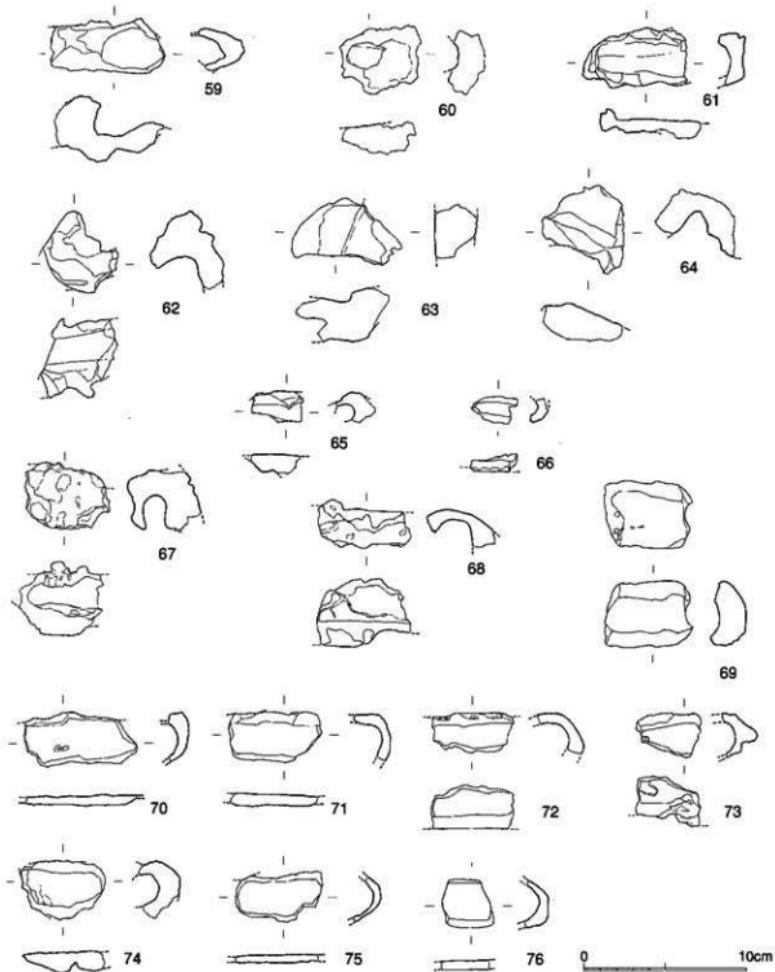


第17図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図5 (S=1:4)



第18図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図6 (S=1:3)

向に対して直角に近い角度の工具痕をもつ。工具は隅丸方形のものと考えられるが、稜が不明確で、円形のものもある可能性も残る。97・98は隅丸方形の工具痕をもつもので、97からは、直径約9cmの流出孔が想定される。99は96と同様に、工具が断面隅丸方形のものか円形のものか判断が難しい。100は隅丸方形の工具を用いた痕跡を残す。101は、工具痕が湾曲しているが、工具痕付着後、津が固まるまでに起きた変形によるものであろう。102～107は隅丸方形の工具痕が認められる。102下面の状況からは、径10cmの流出孔が想定される。108は、かなり大形の工具痕が観察され、



第19図 I区1号炉製鐵関連遺物実測図7 (S=1:3)

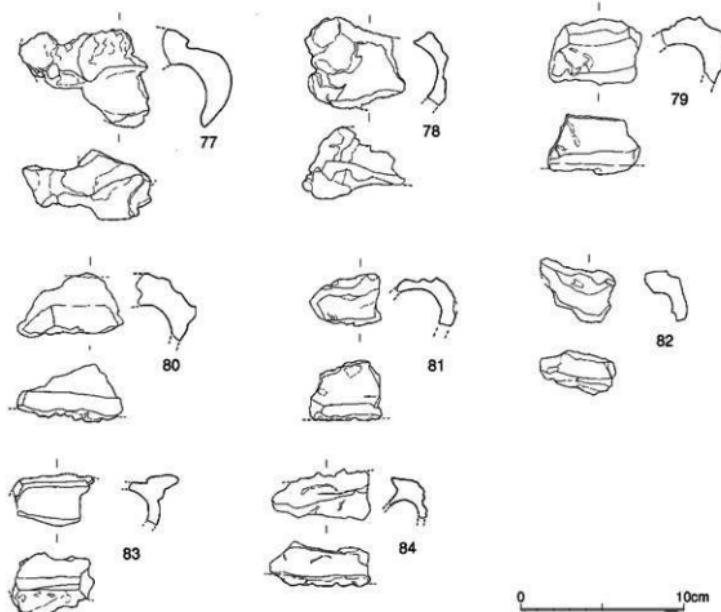
棱線も不明確である。隅丸方形のものとすると工具痕付着後変形したものと考えられる。109は隅丸方形の工具痕を残す。110は、工具痕の断面が比較的大きい弧を描き、稜も不明確なことから丸断面の工具痕の可能性がある。111は長軸が約20cmと大形の溝で、上面やや上側に隅丸方形の工具痕をもつ。112は下面に隅丸方形の工具痕が観察される。右側面には一部生きた面が残る。113は右側面下側に、114は下面に工具痕が認められるが、2点とも工具付着後の変形がひどく、工具の形状は不明である。

流出溝溝（ボーラス） 115～120は流出溝溝のうちガス質で気孔の多いものである。

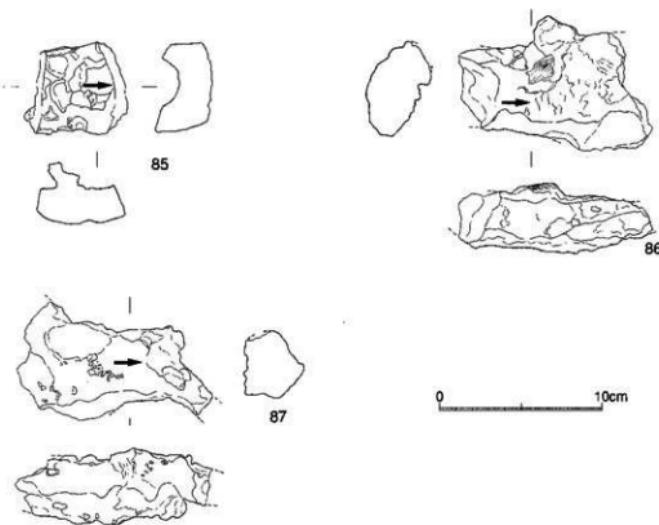
115は両側面が破面で、上面と下面には鋒が付着する。下面の横断面は緩やかな弧を描き、流出溝の形状をあらわしている可能性がある。117は破面が側面1面のみで、流出方向の先端部や上面、下面が生きており、流出溝の形状を良く残すものと考えられる。118は上面に気泡による瘤状の盛り上がりが多く認められる。119・120は流出溝溝の中では大形の資料で、119は長軸が20cm、120は24cmをはかる。119は流出方向先端部に砂粒をかみ込み、木炭痕も認められる。120も流出方向先端部、下面が生きているものである。

流出溝溝（細） 121～123は流出溝溝のうち、小形で溝質は微細な気泡が認められる緻密なものである。

121・122は2つの別の流动溝が合流して固まつたもので、上面と下面は生きてている。123は単独のもので、上面と下面は生きてている。



第20図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図8 (S=1:3)



第21図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図9 (S=1:3)

**流出溝滓（中～大・縦密）** 124～128は流出溝滓の中で中形～大形のもので、滓質は緻密なものである。分析資料として127 (DAN-10) がある。

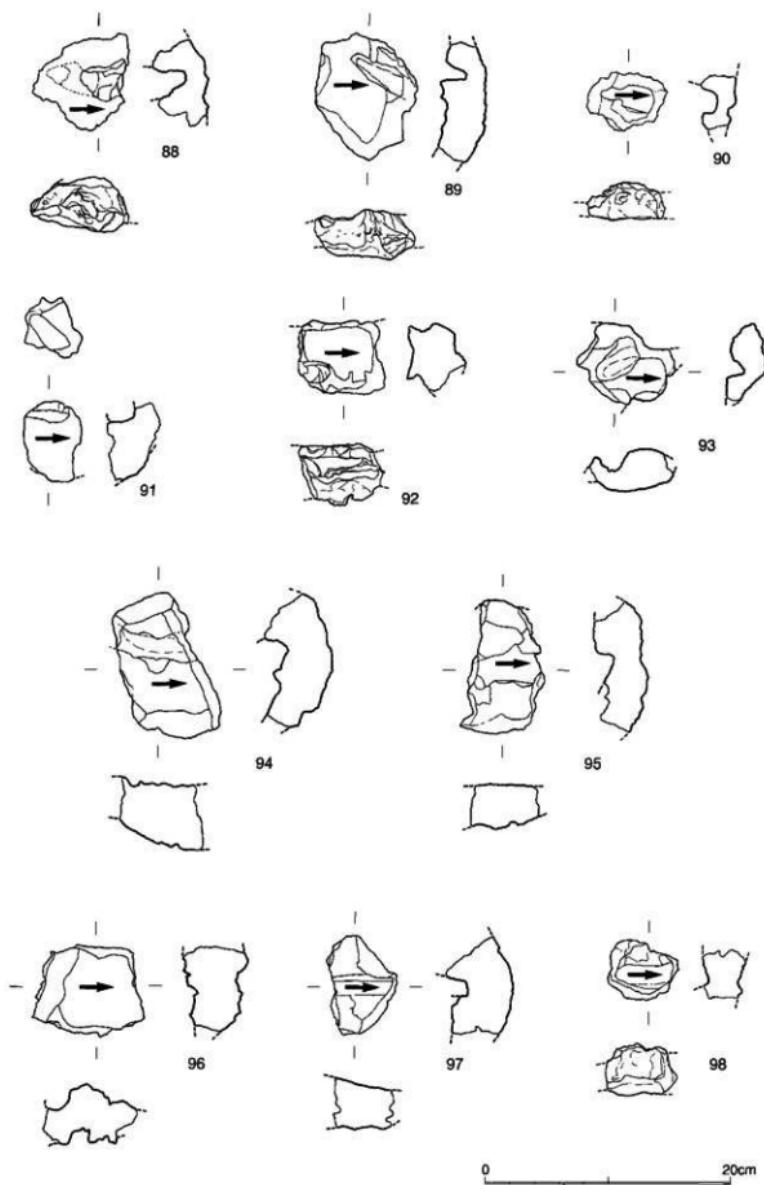
124は下面の一部と側面一面が生きており、平坦に近い底面と直角に近く立ち上がる側面をもつ流出溝が想定される。125は緻密質の小さな滓を多数かみ込んでいる。126は他の滓や砂粒をほとんどかみ込んでいない。127は滓が重層しており、下面～側面の状況から、124と同様な流出溝の形状が推定される。128は大形の滓で、比較的大きな砂粒や小形の滓を多くかみ込んでいる。

**含鉄滓（特L）** 129～135は含鉄滓である。分析資料として129 (DAN-11)、130 (DAN-12) を選んだ。いずれの表面にもごく小さなメタルの破面が数箇所で認められる。

129は上面端部に丸断面の工具痕が残り、流出孔滓である可能性がある。130は、側面にわずかにメタルの破面が認められるほか、大形の木炭痕をもつ。131は細かな凹凸をもつもので、鋲が認められる部分がある。132は上面と下面に砂粒をかみ込み、流出孔滓ないし流出溝滓となる可能性がある。133は木炭痕をもつほか、一部黒鉛化木炭と見られる部分ももつ。134は砂粒やごく小さな滓を多くかみ込むことから、流出孔ないし流出溝付近の滓とみられる。135はほぼ全面生きており、一部に酸化物が付着する。136は小形の滓で、表面に細かな凹凸をもつ。上面には微細な木炭痕があり、下面にはわずかに砂粒が認められる。

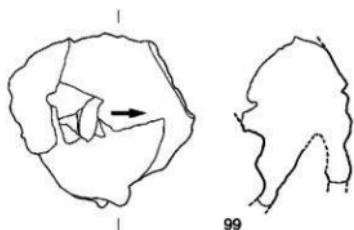
**鉄塊系遺物（特L）** 137～145は鉄塊系遺物で、特Lの反応を示したものである。これらはすべてを分析資料とし、番号は137～145 (DAN-13～DAN-21) である。

137は排滓場から検出されたもので、側面4面は破面である。短軸両側の破面は打撃を加え割られた可能性を示す。138は含滓の鉄塊系遺物で、断面は楕円形を呈す。139は凹凸が激しく、木炭痕が多く存在する。表面の各所にはメタルの破面が認められる。140は破面をもたない完形のもので、全

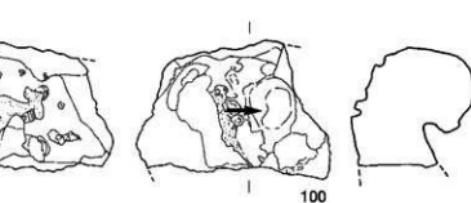
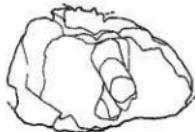


第22図 I区1号炉製鐵関連遺物実測図10 (S=1:4)

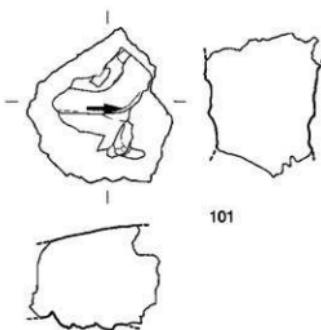
体的に酸化物に覆われ、下面には酸化土砂や木炭粉が認められる。141は含滓の小形のものである。下面は破面の可能性がある。142は小形の塊状を呈するもので、多くの面は粒状の鏽ぶくれに覆われている。一部には木炭粉も認められる。143は両端や下面に突出部を持つ塊状の小さな遺物で、黒鏽や鏽ぶくれに覆われている。各所に木炭痕が認められる。144は断面が浅い皿状を呈する偏平なもので下面はメタルの表面と見られる。上面を中心に酸化土砂が付着し、木炭粉も一部で混在す



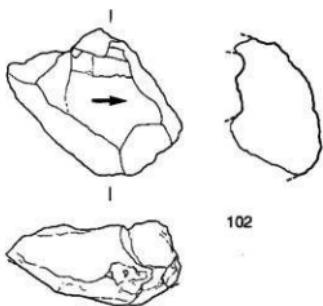
99



100



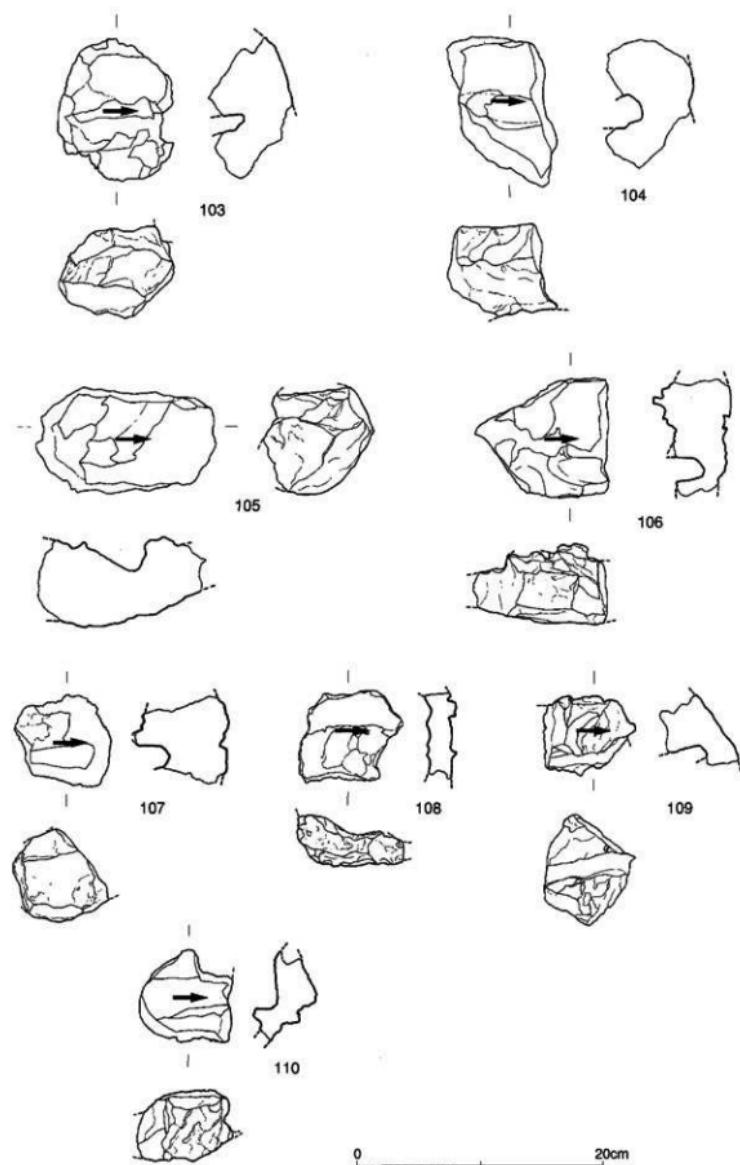
101



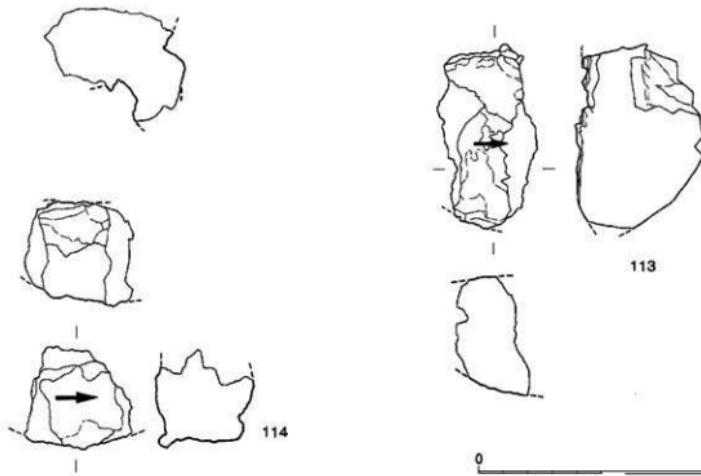
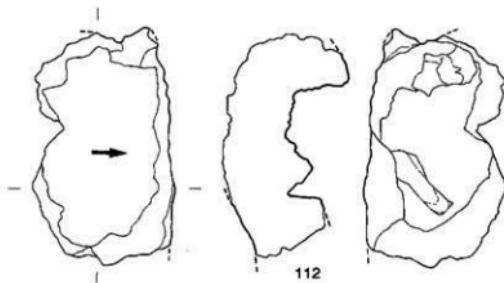
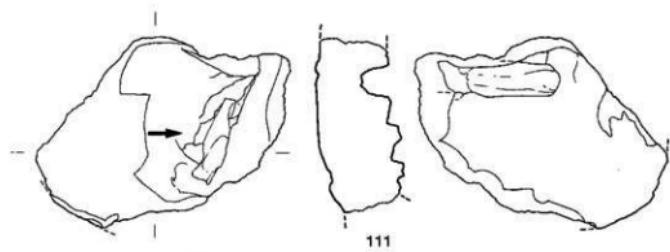
102

0 20cm

第23図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図11 (S=1:4)

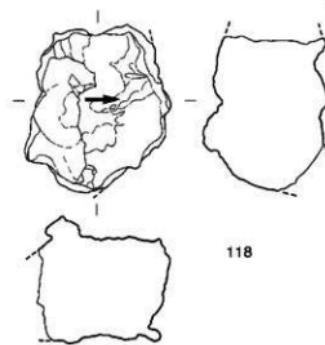
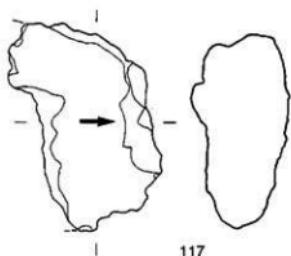
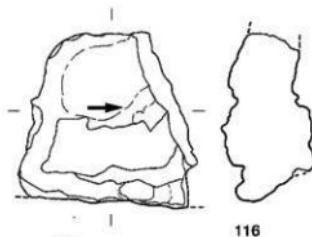
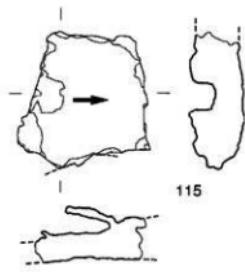


第24図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図12 (S=1:4)

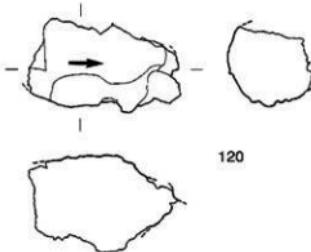
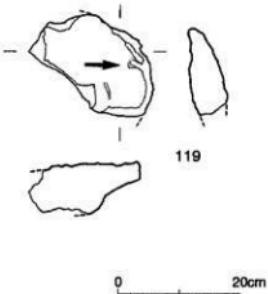


0 20cm

第25図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図13 (S=1:4)

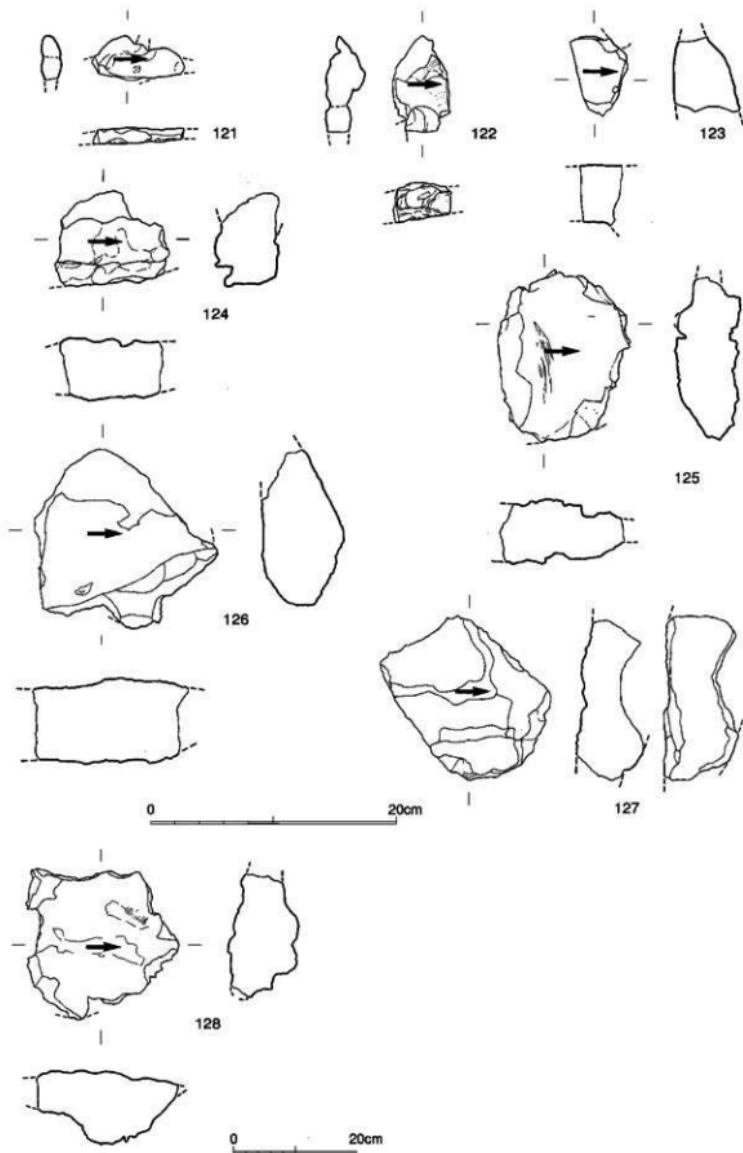


0 20cm



0 20cm

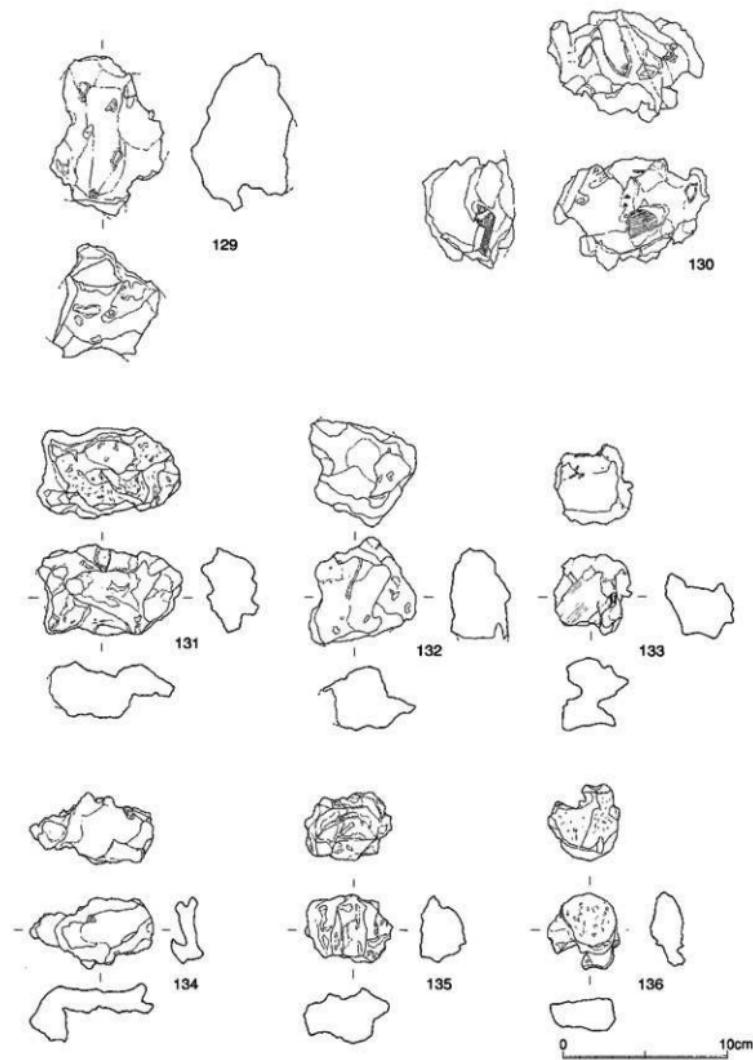
第26図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図14 (115~118 S=1:4 119・120 S=1:8)



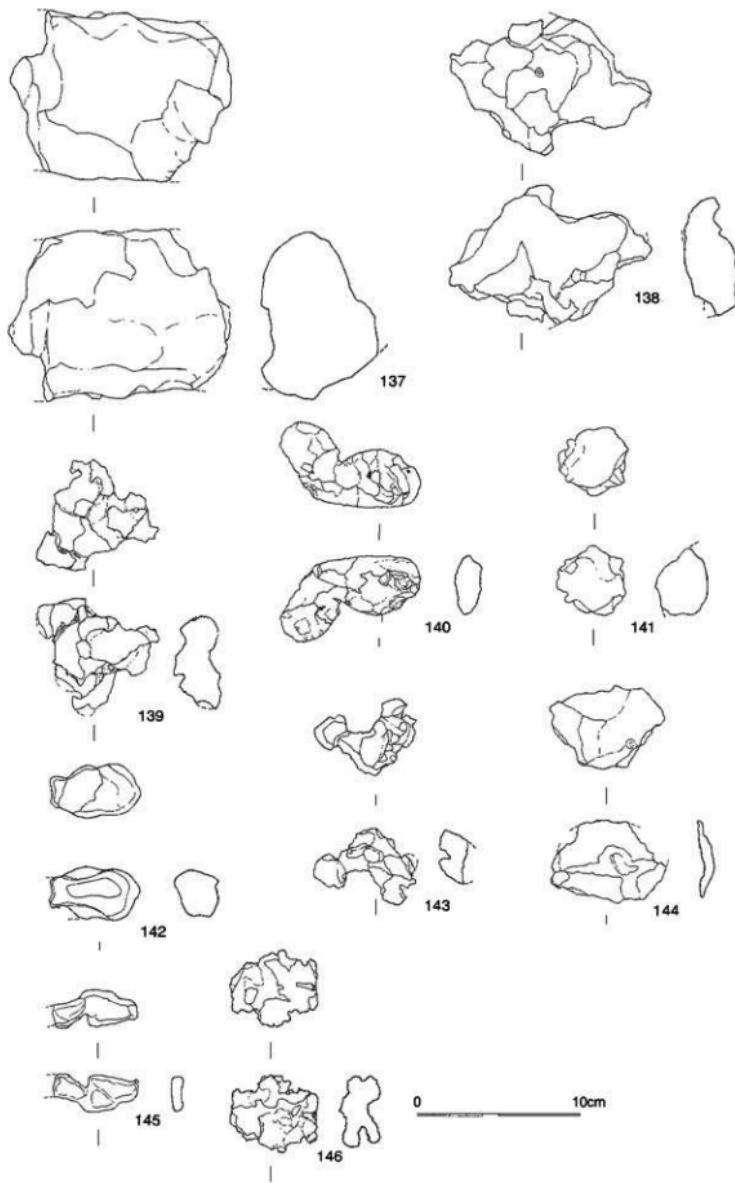
第27図 I区1号炉製鐵関連遺物実測図15 (121~127 S=1:4 128 S=1:8)

る。144は1号炉の本床下位に存在するトンネル状施設内から出土したもので、炉底部、本床床面に生じた亀裂から流出した銑鉄塊（第29図）と一連のものである。

含鉄鉄滓（小舟甲内） 145は小形の塊状を呈し、全体に酸化土砂が付着する。上面には気孔によ



第28図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図16 (S=1:3)



第29図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図17 (S=1:3)

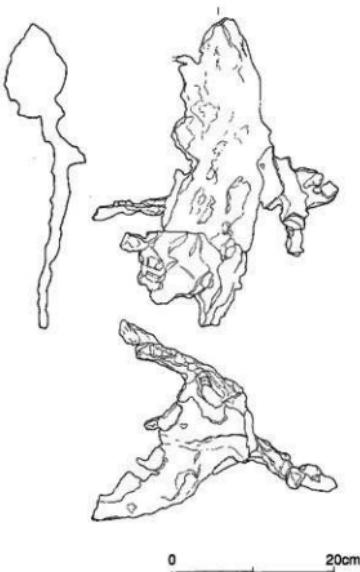
る膨らみが認められ、下面の一部には黒鉛が存在する。

**鉄塊系遺物（鉄池出土）** 147・148はⅡ区の池状造構から出土した鉄塊系遺物で、2点とも分析資料とし、番号は147（DAN-22）、148（DAN-23）である。

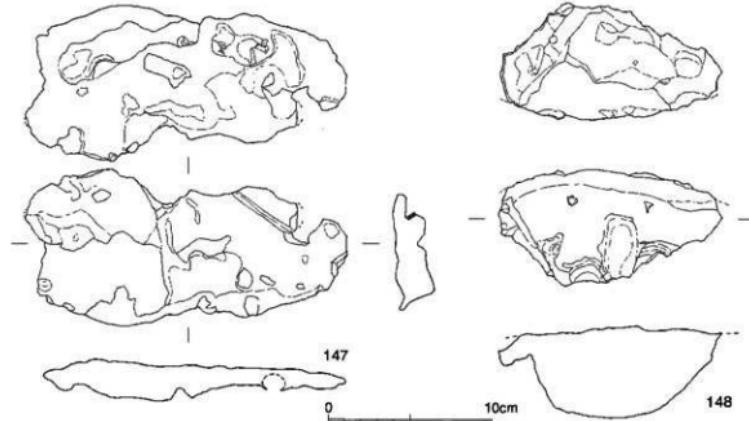
147はほぼ完形の偏平な鉄塊で、木炭痕や細かい滓片を多く含む酸化土砂に覆われる。148は側面から下面にかけてカーブを描き、椀形を呈するとみられる。側面には再結合滓が付着する。

**再結合滓** 149・150が1号炉地下構造内、151～153が排滓場、154～156がⅡ区池状造構出土である。分析資料は152（DAN-26）、155（DAN-24）、156（DAN-25）である。

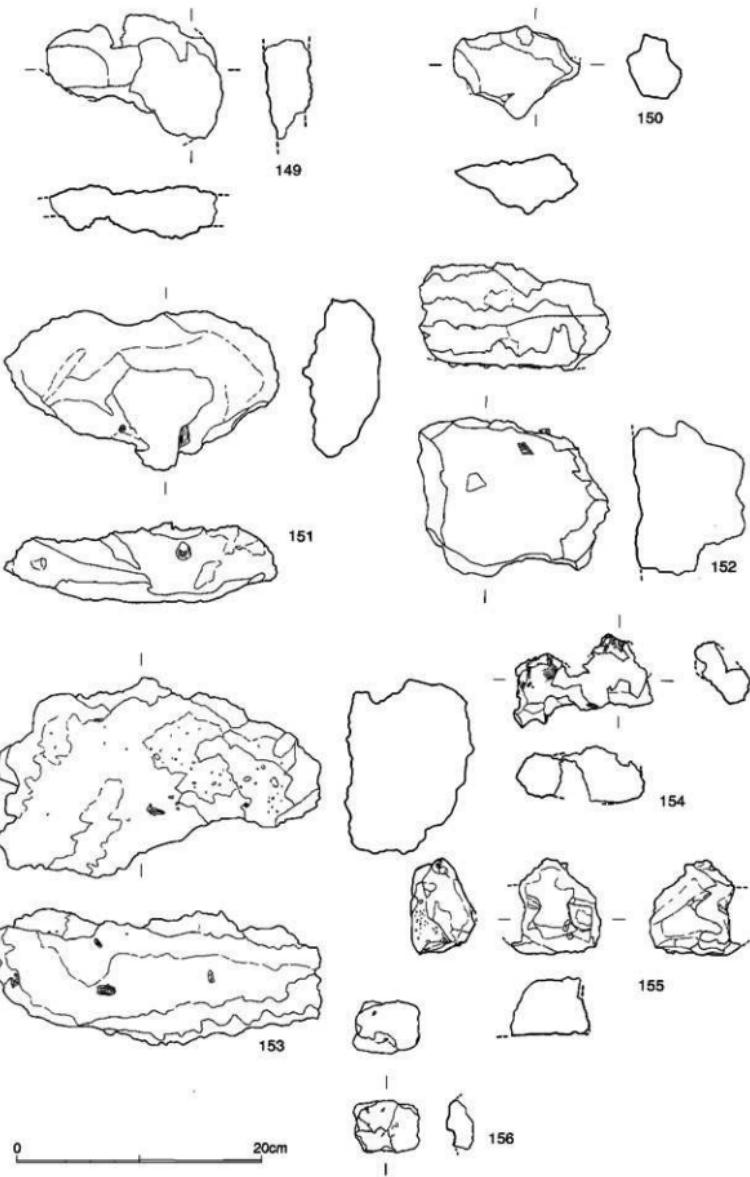
149は上面・下面が生きており、表面には木炭片を多く含む。150は木炭は認められず、全体に锖が付着する。151は上面に滓の小片を多く含み、木炭痕も数箇所に存在する。152は4層からなり、上面は木炭片・砂粒、側面には鉄滓の小片が多量に含まれる。154は2つの滓が結合した形態をとり、上面・下面とも木炭痕が明瞭に残る。155・156は含鉄の再結合滓で、155の上半部は鉄塊系遺物、



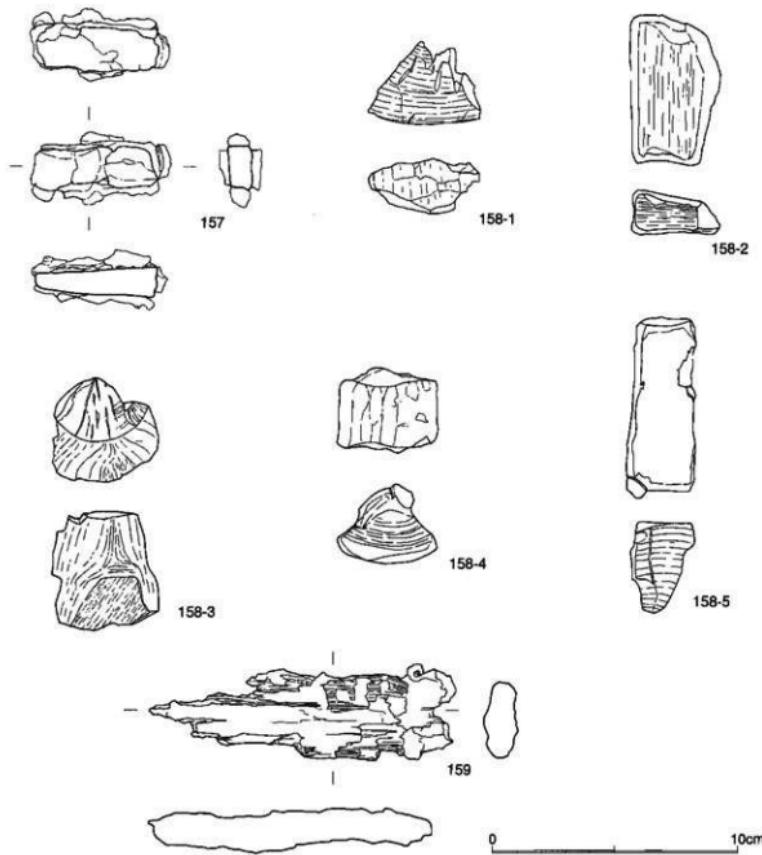
第30図 Ⅰ区1号炉製鐵関連遺物実測図18 (S=1:6)



第31図 Ⅰ区1号炉製鐵関連遺物実測図19 (S=1:3)



第32図 I区1号炉製鐵関連遺物実測図20 (S=1:4)



第33図 I区1号炉製鉄関連遺物実測図21 (S=1:2)

下半部に池底の土砂が結合する。156は薄小片と砂粒が中心で、内部に小さなメタル部分が存在する。  
**鉄器錆化物（クサビ状）** 157は平面長方形の鉄器で、分析資料（DAN-27）とした。クサビ形を呈していたとみられるが、鏽ぶくれにより表面が剥離している。押立柱穴内からの出土品である。木炭 5点を図示した。分析資料は158-1 (DAN29-1)、158-2 (DAN29-2)、158-4 (DAN29-3)、158-5 (DAN29-4) である。

158-1・2・4は、樹種は広葉樹で、炭化がややあまい傾向がある。158-1には菊割れが認められるが、158-2はない。木取りは、158-1・2は年輪の中心から放射状に割るが、158-4は柱目取りである。158-5の樹種は針葉樹と見られ、中心から放射状に割っている。

**黒鉛化木炭** 159は現状で長さ12.6cmのもので、分析資料（DAN-28）とした。素材は広葉樹と考えられるもので、特Lの反応を示す。

## 2. V区1号炉

### 炉壁類（第33図・第34図）

V区1号炉は炉本体がほとんど残存していたため、炉壁は炉の原位置から採取した。分析資料として160（DAN-30）を選択した。

**上半** 160は、通風孔をもつ壁体の上半部である。溶解面3面が確認され、炉壁を補修して再利用していることがわかる。滓化部分は薄く、炉壁が食われた様子も認められない。

**下半** 161は壁体の下半部から炉底にかけての資料である。これは1号炉の西側壁下間にあたり、通風孔の存在する高さだが、この炉では通風孔は北側壁にしか設けられていないため存在しない。滓化面は厚い部分で約1cmで、右側面では滓化面が2面認められる。これは160で滓化面が複数存在することと一致する。

### 炉内残留含鉄炉底塊（特L+L）（第33図・第34図）

162～164は炉内に残留していた炉底塊を採取したものである。分析資料として162（DAN-31）を選んだ。

162は炉底に残留した炉底塊を原位置から採取したもので、下面是炉底の形状をそのままあらわし、一方の壁がほぼ垂直に立ち、反対側の壁は緩やかに立ち上がる事がわかる。直立する壁沿いには木炭や木炭痕が認められる。長軸端部に破面があるが、ここから流出孔へ滓が延びていた。163は下面に炉底の土砂が厚く付着する。上面には黒鉛化木炭と見られる部分や木炭痕が存在し、金属鉄の小さな破面が側面に認められる。164は各所に木炭や木炭痕が認められ、長軸端部や短軸側面の一部に砂粒や土砂が付着することから、流出孔に近い位置に残留した滓とみられる。滓質は比較的緻密であるが、下面では小さな滓が多数結合したような状態を示す。

## 3. V区2号炉

### 炉壁類（第34・36図）

168～170は、V区2号炉東側と西側の炉壁だまりから出土したもので、いずれも通風孔をもつ。分析資料として168（DAN-35）を選んだ。

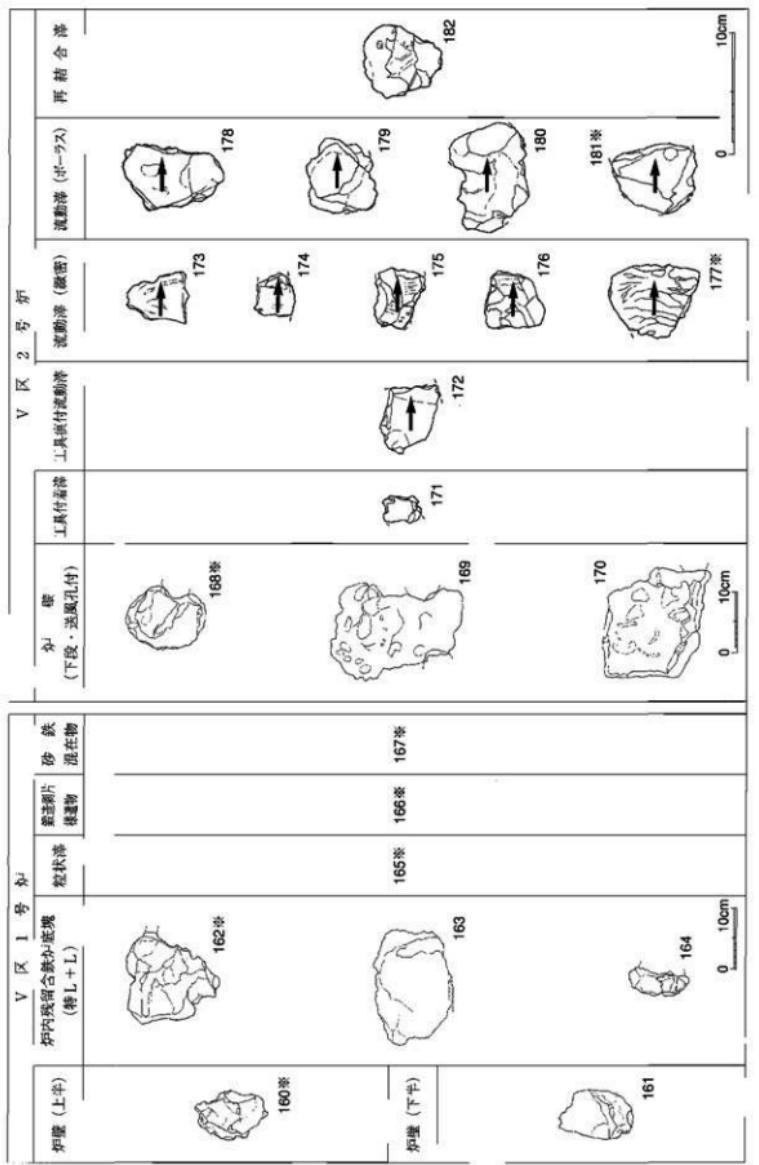
168は側面に通風孔1孔をもつ。上半部の破面にも滓が付着しており、二次的に何らかの部品として再利用された可能性が高い。169は側面に通風孔2孔をもつ。通風孔の間隔は約8cm、径は約4cmと考えられる。この遺物も上面に流動状の滓が付着するが、再利用か剥離面に滓が付着したものかは不明である。170は通風孔1孔をもつ。通風孔の角度から、かなり短軸側に近い位置にあった炉壁と考えられる。炉壁側面の通風孔上約5cmには、孔を設ける際の目印穴とみられる工具痕が認められる。この滓の右側面は滓化部分の上に砂鉄が焼結した状態で付着している。内側表面と滓化の状態が大きく違うが、これについても炉壁の二次利用によるものか、剥離面の被熱が弱い部位に砂鉄が入ったもののどちらかが考えられるが、詳細は不明である。

### 鉄滓類（第34図・第37図）

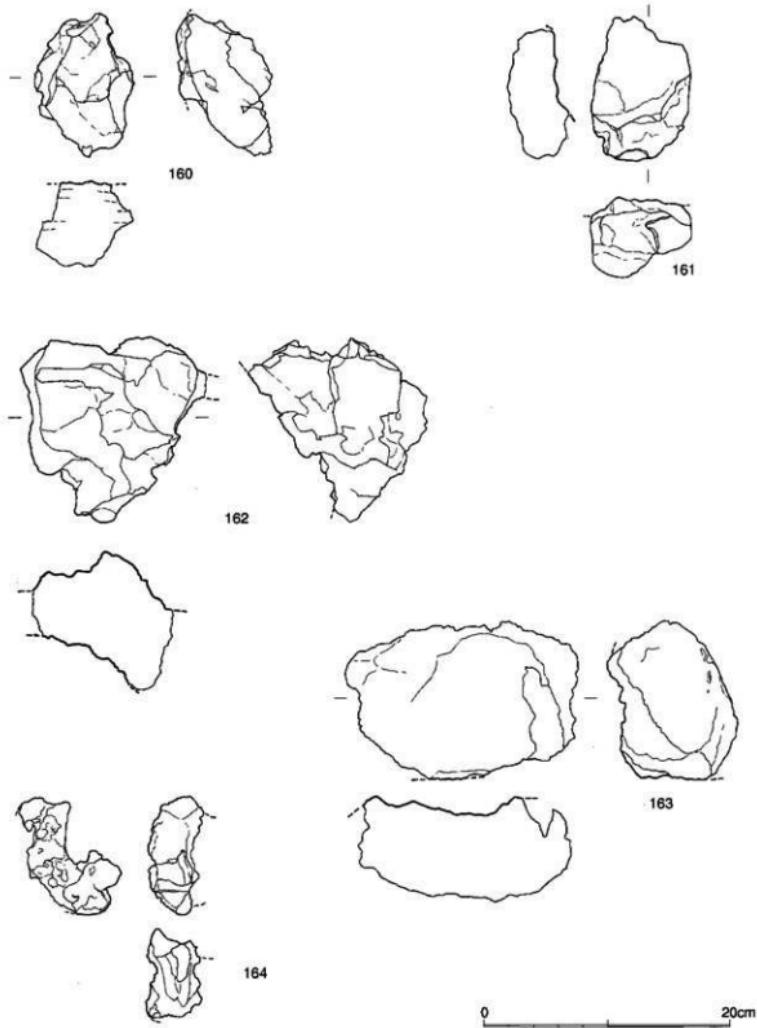
**工具付着滓** 171は全体に酸化土砂が付着し、上面に工具痕が残る。想定される工具は径約2cmの断面円形か、一辺約1cmの隅丸方形断面のものである。

**工具痕付流動滓** 172は流動滓の先端付近と考えられ、下面にはわずかに砂粒をかみ込んでいる。長軸右側端部に長さ3.5cm、幅1.5cmの工具痕をもつが、171の工具痕とは異なり角のしっかりした工具の印象を受ける。

**流動滓（緻密）** 173～177は、流動滓のうち滓質が緻密なものである。分析資料に177（DAN-36）



第34図 V区1号炉・2号炉製陶用土壤地盤成因 (160~170 S=1:8 171~182 S=1:4)



第35図 V区1号炉製鉄関連遺物実測図 (S=1:4)

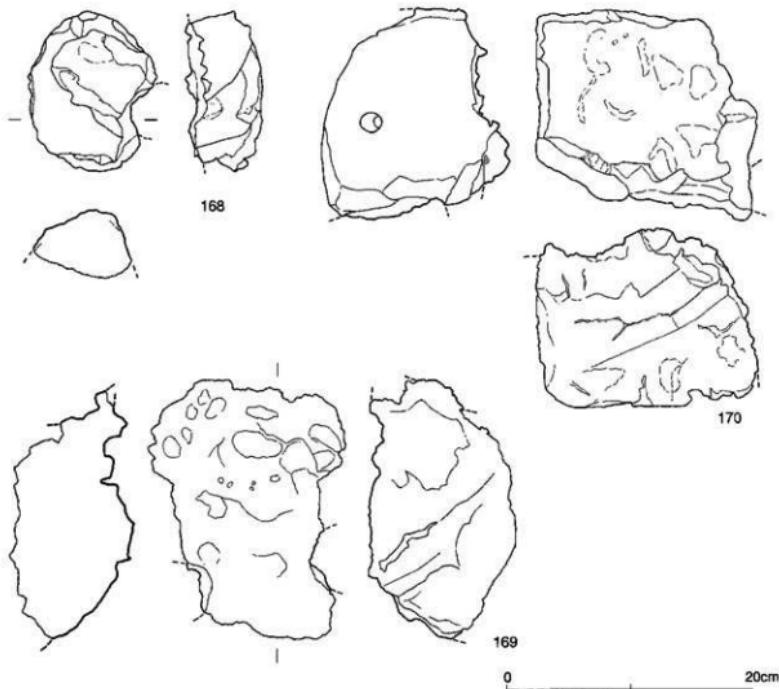
を選んだ。

173は、上・下面が生きている。上面は平坦で小さなしわが目立つ。下面には酸化土砂がわずかに付着する。174は長軸両端が破面となる断面菱形のもので、上面には小さなしわをもち、下面是砂粒をかみ込む。175は流動による凹凸が激しいが、上面のしわ、下面に砂粒をかみこむなどの特徴

は174に似る。176は他に比べ、小さな気泡が目立つ。上面と下面は生きており、下面には小さな滓片を含み、酸化土砂が付着する。177は上・下面と側面の一部が生きてている。上面には比較的大きなしづわが認められる。

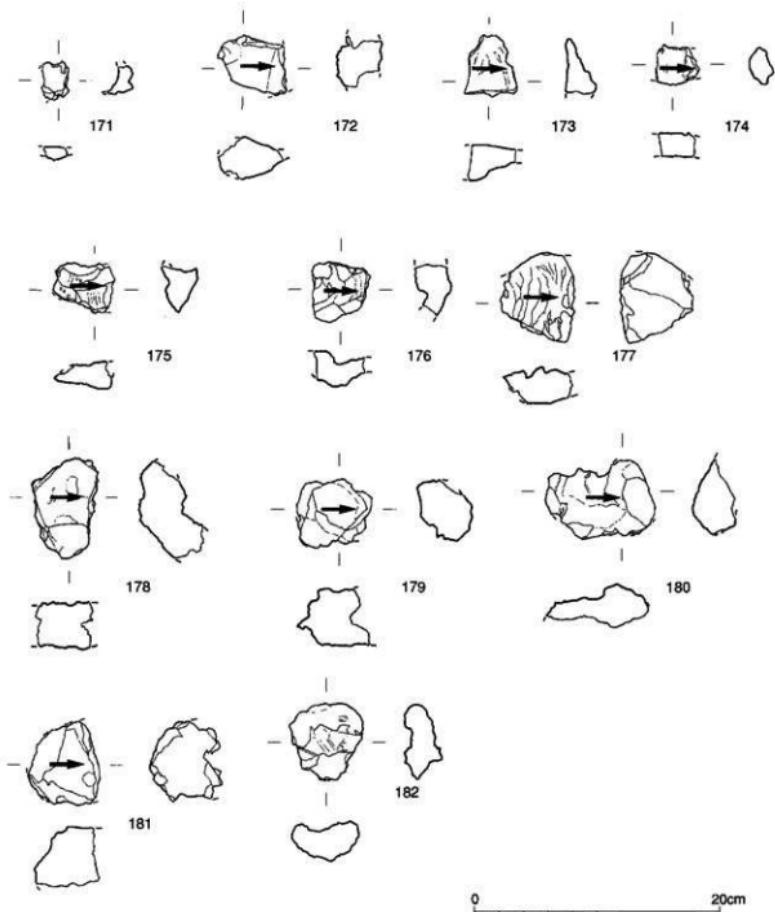
流動滓（ガス質） 178～181は、流動滓のうち滓質がガス質のものである。分析資料として181（DAN-37）を選んだ。

178は上面と下面が生きてている。長軸側面の破面から下面にかけての気孔内に、炉壁とみられる土が詰まっているが二次的に付着したものか。破面は酸化して赤褐色を呈し、全体に酸化土砂が付着する。179は、上面と下面が生きており、上面は砂粒をかみ込んでいるほか、左下には赤褐色の酸化物が付着する。破面の気泡は微細なものがほとんどである。180は全体が赤褐色を呈し、生きているのは上面のみである。上面には砂粒をわずかにかみ込み、破面は179と同様微細な気泡が認められる。181は、上面と側面の一部が生きてている。下面には別の流動滓の先端が取り込まれている。側面を中心に赤褐色の酸化物が付着する。



第36図 V区2号炉製鉄関連遺物実測図1 (S=1:4)

再結合津 182は再結合津で、上面は中央付近に溝状のくぼみを持つが、全体としては平坦で、側面から下面にかけては椀形を呈する。全体に大粒の砂粒が認められるほか、上面には木炭痕も残る。全体に赤褐色の酸化物に覆われている。

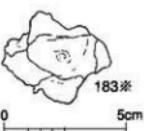


第37図 V区2号炉製鐵関連遺物実測図2 (S=1:4)

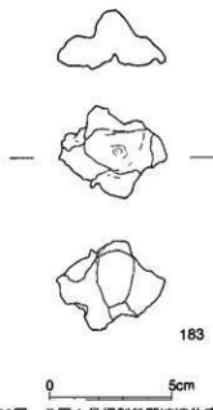
### 3. II区1号炉

#### 鉄滓類

含鉄鉄滓 183は、II区1号炉の炉内から採取した含鉄鉄滓である。この炉に伴う鉄滓類はこれ1点のみで、分析資料(DAN-37)とした。平面形は不整な菱形で、上面は比較的平坦である。断面では下面中央が突出する。

II区1号炉			
含 鉄 鉄 淬	粒 状 淬	鐵造剥片様遺物	砂 鉄 混 在 物
 183※		184※	185※

第38図 II区1号炉製鉄関連遺物構成図 (S=1:2)



第39図 II区1号炉製鉄関連遺物実測図

## 第3章 製鉄関連遺物の考古学的観察

### 1. 調査の手順

製鉄関連遺物については、遺構の機能や工程を的確に把握するため、強力磁石(TAJIMA PUPM)と小型特殊金属探知器による抽出及び肉眼観察による考古学的な遺物の分類を行った。この中から、各遺構の機能や工程を代表すると考えられる資料を、金属学的な分析調査が必要なものとして抽出し、遺物詳細観察表と実測図の作成、写真撮影を行った後に、分析に供している。

資料の抽出、遺物詳細観察表の作成は穴澤義功氏に依頼し、併せて分析資料の切断箇所も指示していただいた。また、金属学的な調査については(株)九州テクノリサーチに依頼し、分析結果について報告書作成時に穴澤氏、大澤正己氏と発掘担当者で協議している。

### 2. 遺物詳細観察表の見方

遺物詳細観察表は、新潟県北沢遺跡<sup>1)</sup>・島根県板屋Ⅲ遺跡<sup>2)</sup>における製鉄関連遺物の検討で採用された形式を基本とし、分析項目などを加えた様式を用いている。主な項目の見方は以下のとおりである。

- (1) 遺物種類 金属学的分析を行う前に、考古学的な観察によって判定した遺物の種類である。
- (2) 法量 資料の現存する最大長、最大幅、最大厚、重量を計測したものである。
- (3) 磁着度 鉄滓分類用の「標準磁石」を用いて、6mmを1単位として資料との反応の程度を数字で表現したもので、数値が大きいほど磁性が強い。<sup>3)</sup>
- (4) 保存度 資料が完形品か破片かを記す。
- (5) 破面数 資料が破片の場合、破面がいくつあるかを記す。
- (6) メタル度 埋蔵文化財専用に整備された小型特殊金属探知器によって判定された金属鉄の残留の程度を示すもので、基準感度は次のとおりである。
  - H (○) : Hは最高感度でごく小さな金属鉄が残留することを示す。
  - M (◎) : Mは標準感度でHの倍以上の金属鉄が残留することを示す。
  - L (●) : Lは低感度でMの倍以上の金属鉄が残留することを示す。
  - 特L (☆) : 特Lはごく低感度でLの倍以上の大好きな金属鉄が残留することを示す。
- (7) 分析どのような分析をどの部分について行うかを○印で示す。
- (8) 所見 外形や破面・断面の状況、木炭痕や気孔の有無、及び付着物やその他の状況について記す。
- (9) 分析部位 資料のどのような部分をどのような目的で、調査・分析するのかを記す。また、観察表下の実測図の網掛け部分は分析に供した資料の採取位置を示す。
- (10) 備考 資料がどのような場所で、どのように生成されたと予想されるかなどについて記している。

註

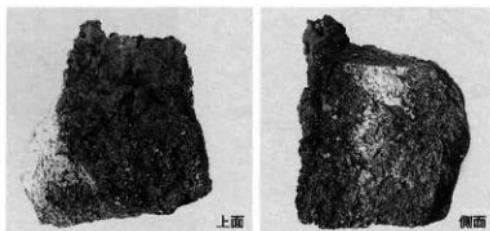
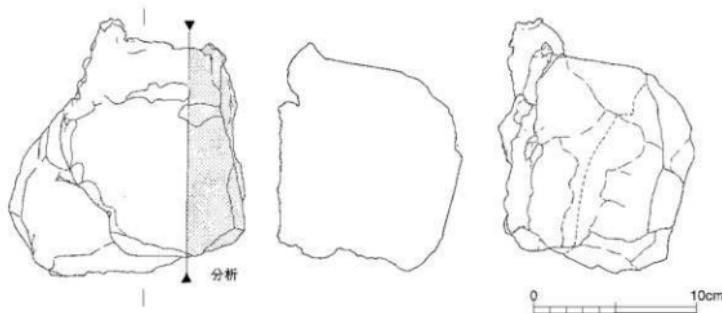
- 1) 新潟県春浦町教育委員会『北沢遺跡群』1992
- 2) 島根県教育委員会『志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書5 板屋Ⅲ遺跡』1998
- 3) 小林信一『製鉄遺跡の発掘調査と整理について』[研究連絡誌] 第32号 (財) 千葉県文化財センター1991



## 横原遺跡製鉄関連遺物詳細観察表

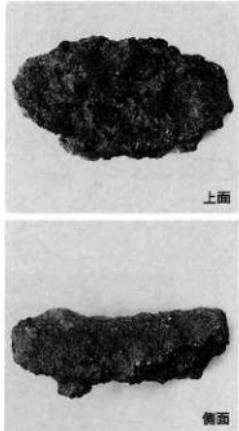
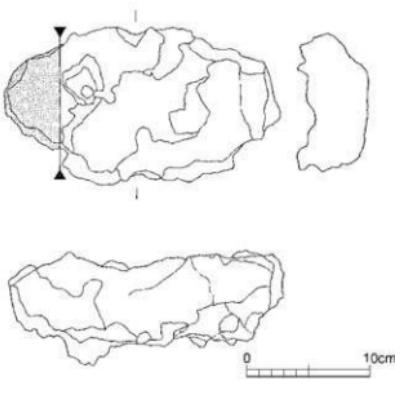
資料番号 1

出土状況	遺跡名	横原遺跡	遺物 No.	6			項目	測定	施土
				出土位置	1区1号炉排洋場D14区①帶	時期: 桦振			
試料記号	検 確: DAN-1	長 広 13.9cm	表: 茶褐色~赤褐色	重存度	破 片		マクロ 検 鏡 硬 度 C M A X 線 回 折 化 学 耐 火 度 カ ロ リ ー 放 射 化 X 線 透 過	○ ○	
	化 学: DAN-1	幅 13.3cm	地: 块黑色~赤褐色	破面数	6				
	放射化: -	厚 さ 11.4cm	崩 崩 度 3	崩 崩 渡	-				
遺物種類 (名 称)	炉 壁	量 量 2000.0 g	崩 崩 度 メタル度	な し	断面裏面	-			
観察所見	平面、不整台形をした厚い炉壁片である。裏面3面は破面、上面は整形された平坦面が生きている。内面はガラス質に溶解し、下部は黒色ガラス質の地に白い石英粒子が目立つ。上半部にかけてはそのガラス質津の表面を、紫紅色の酸化色が被っている。裏面は横方向のナメにより凹凸が整えられているが、部分的にナメ面が二重になっている。被熱の次第は、内側から最大1.3cmほどが黒色ガラス質に溶解し、さらに内側3.5cmほどが黄白色に熱変化し、残る5cm以上が赤褐色に酸化している。胎土には石英や長石粒子のやや入りのものが多量に混在している。上面が完全に水平に切り整えられているのは、元釜にあたる部分の底部であったからかも知れない。また下端部は整形されているというはっきりした状態ではないが、全体に水平気味に切れている。割れたという印象よりも、元の粘土単位の表面である可能性が高い。								
分析部分	長船端部1/3を直線状に切断し、表面のガラス質津と胎土を分析に用いる。残村蓮却。								
備 考	分析資料No.1, 2とも上下11cm前後に区切られた炉壁片である。あるいはこれが粘土単位(たたら積みという)を示すものかも知れない。また現状で約10cmの厚みがあり、ガラス質の溶解面も大きく損傷していないことから、炉壁部位としては通風孔直上ではなく、中段に近いものと見られる。								



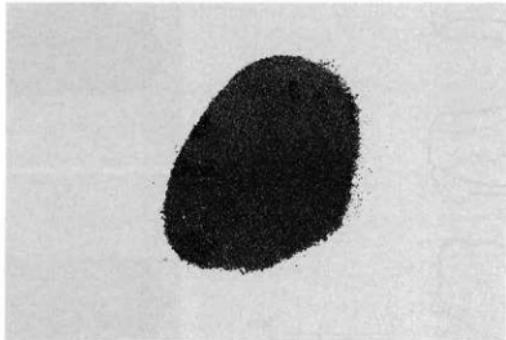
## 資料番号 2

出土状況	遺跡名	植原遺跡	遺物No.	11	項目	測定	地質
	出土位置	I区1号炉本床中央ベルトI層	時期: 模擬	18世紀代: 出土古銭、陶器			
試料記号	検鏡: DAN-2 法 化 学: DAN-2 放射化:	長径 22.0cm 幅 11.5cm 厚さ 7.5cm 重 量 1800.0 g	表: 紫黒色~ 明褐色 地: 黑色~ 明褐色 組 着 度 メタル度	遺存度 3 なし 前 合 深 断面衝撃	マクロ 検鏡 硬度 C.M.A. X線屈折 化學 耐火度 カラリー 放射化 X線透視	○	○
				-			○
				-			
遺物種類 (名 称)	炉 壁	壁					
観察所見	側面と裏面が破損となつた、やや大きな切妻片である。内面は溶接し、起伏が激しい。上面近くにこぶ状に盛り上がりがある部分がある。これはさらに上方から剥離した炉壁表面が衝突したものである。中央付近では表面が剥落して、やや深い凹みとなっている。下端部の破損には、炉壁表面の溶接物が混入している。裏面のガラス化状態は、黑色ガラス質をベースに十分以上が紫紅色の酸化色を呈している。裏面は全面鏡面である。側面からみると、かなり出入りの激しい形態で、窓い作目により溶解したり、脱離してしまったためであろう。上面からみると、全体に外反りの弧状となっている。被熱面は内面1.8cmほどが黒色ガラス化し、残る6.5cmほどが灰白色に熱変化している。胎仔は石英や長石粒子の目立つ粗いもので、かなり大きな石粒も混在している。						
分析部分	長軸端部1/5を直線状に切断し、表面のガラス質と胎土を分析に用いる。残材返却。						
備 考	上面からみると、特に上面の右端はほぼ水平に整形された痕跡が残る。ある一定単位の粘土ブロックを積み上げたことがわかるが、胎土の粗さや内部の滑溜面から見て、極めて早い仕事となっている。						



## 資料番号 3

出土状況 試料記号	遺跡名 出土位置	検原遺跡 角井地区	採取品 (非磁選)	測定 No.	36	項目 マクロ 機械 硬度 C.M.A	津 ○	メタル
	検原：DAN-3 化学：DAN-3 放射化：-	長径 cm 短径 cm 厚さ cm	表：黒色 裏：黒色	濃存深	-	分 X線屈折 化学校 耐火度 カロリー 放射化 X線透視		
遺物種類 (名 称)	砂 鉄 (自然)	量 重 量 20.0 g	屈着度 メタル度	6 なし	前 合 深	-	析	
観察所見	黒色の光沢を持った自然砂鉄である。灰白色の砂鉄がかなり混在している。砂鉄粒子は最大0.9mmから細かいものは0.06mmと幅があり、全体的に粗粒である。粒子は角が残るもの、やや丸みをもじめているものが多い。全体構成は、磁着砂鉄粒子が18.38g (91.9%)、非磁着の砂鉄と黒色からやや黄色みを帯びた砂鉄は1.62g (8.1%)、というものである。混在する砂鉄には半透明のものから灰褐色のものが立ち、粒子は1.4mm前後と砂鉄粒子よりは粗いものが多い。すなわち、このサンプルの構成は、磁着分11.3対非磁着分1の比率からなっていることになる。							
分析部分	必要量を選択し、砂鉄として分析に用いる。残材返却。							
備 考	砂鉄の粒子は全体的に粗かく、完全な黒色といよりもやや黒褐色気味といえる。こうした砂鉄は川砂鉄の特徴である。流水により淘汰・集積されたものではなく自然の土砂に混在しているものが混じり込んでいるためか、比較的粗粒なものが量的には主体となる。灰白色の砂鉄中に半分程度混在する砂鉄粒子は磁着せず、ややくすんだ黒色を呈するが、これはおそらくチタン分の高いものであろう。量比は非磁着のもの1.62g (8.1%) の1/3程度と考えられる。この砂鉄の特質としてはやや河川の上流域の川砂鉄といえよう。							



## 資料番号 4

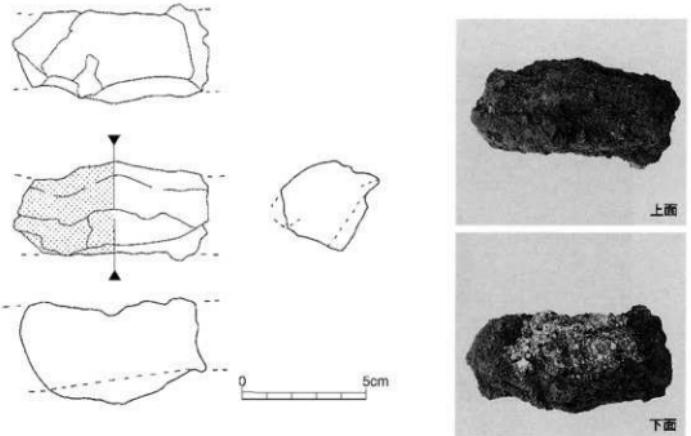
出土状況	遺跡名	復原遺跡		遺物 No.	37		項目	津	始土
	出土位置	I区1号炉跡場?		時期: 根拠	18世紀代: 出土古銭、陶器				
試料記号	検 確: DAN-4	長 桁 7.7cm 法 桁 4.5cm 厚 さ 3.7cm 量 重 量 178.0 g	色 調 表: 黒褐色 底: 黒褐色	遺 存 度 底面數 4	破 片 前 向 深	—	分 析	マ ク ロ ○	
	化 学: DAN-4		底 厚 度 7 メタル度 H (C)	断面直角	○	模 積 ○			
	放射化: —		メタル度 H (C)	断面直角	○	C M A ○			
遺物種類 (名 称)	砂鉄焼結塊 (伊壁付窓)							又縮屈折 化 学 ○	
								肝 大 風 ガロリー 放 射 化 又縮屈	

## 観察所見

平面。不整台形をした伊壁表面付着の砂鉄焼結塊である。長軸の両端は溶の破面、裏面は切削粘土が僅く残っている。下面は伊壁の接合面に乘るような形の压痕である。内側の表面には1cm近い砂鉄焼結部が付着している。焼結状態は僅焼成で、溶着気味の部分が多く、砂鉄粒子が独立している場所はみられない。伊壁表面との間に最大2.5cmの厚みに固着している焼結部向三角形の焼結部分は、溶化が多少進んでいる様子で緻密であるが、完全に溶化していない。這着は赤墨焼結部から溶化気味の部分もそう違うないが、反応する場所が多い。特殊金属性探知機H (C) に反応をするが、これは緻密な溶化部側の内部らしい。裏面に残る切削は製鍊炉の伊壁とほぼ同様な、石英や石などの目立つ硬質土である。

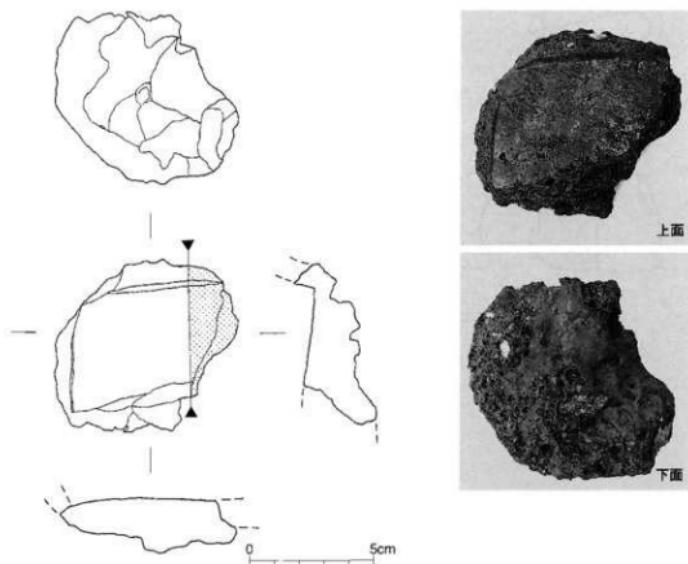
分析部分 長軸端部1/2を直線状に切削し、砂鉄焼結部を中心に分析に用いる。断面概略塗布。残材返却。

備 考 植原遺跡では、遺物群の中に砂鉄焼結部を残す遺物は極めてまれである。もう1点、非分析資料の中にも伊壁・条件の伊壁中段に段があり、この段の上に斜めに分厚く干溝元へ焼成した砂鉄焼結部が見られるものがある。おそらく伊壁内面を同じ条件下で一気に整形・焼成したものでなく、上差(中差)の塊に至りの収縮度が違うため、意図しない段が生まれたためであろう。そのため、投入された砂鉄がこの段に引っかかる事態が生じていたものと推定される。あるいは、これが伊壁片の再利用を示すものかも知れない。



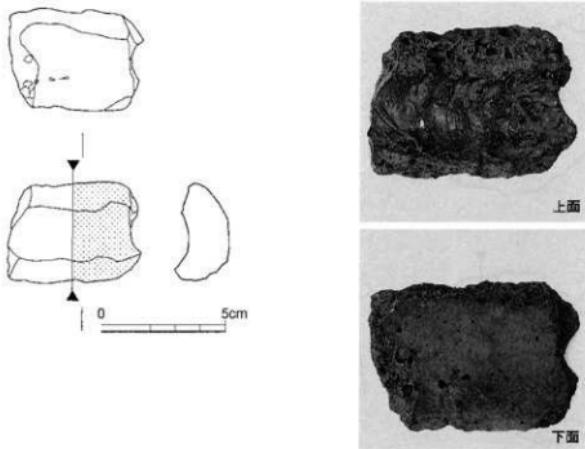
## 資料番号 5

出土状況	遺跡名	遺物名		遺物 No.		項目	測定	メタル
		出土位置	地層	時期: 模擬	18世紀代: 出土古鉄、陶器			
	横 縱: DAN-5 試料記号 放射化:	長 径 7.4cm 短 径 7.2cm	表: 黒褐色 裏: 暗褐色	遺存度 破 片				
	遺物種類 (名 称)	工具付着率 量	厚さ 2.2cm 重 量 99.0 g	耐着度 3	前 后 浸	—		
観察所見								
分析部分	長軸端部1/3を直線状に切断し、漆として分析に用いる。残材返却。							
備考	工具付の残石片には工具付着率と工具付の鉄洋の2種がある。本資料は最大厚みが2.5cmとやや厚いものの、工具付着率と見てよいと考えられる。本資料のような平面的な工具のある事例は数多いが、厚手の資料が多い。強いていえば分析資料No.8のようなガスの多い漆が生じた場合に、揮き出すような操作をしたおりの資料か。							



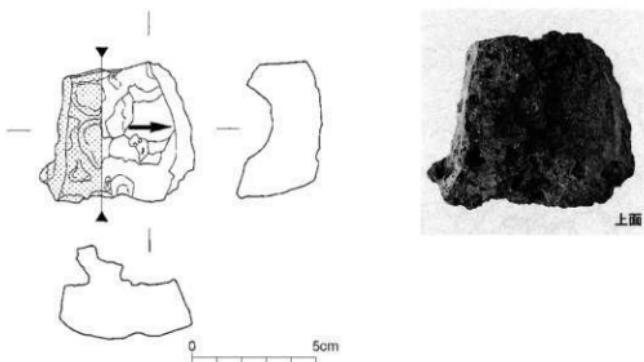
## 資料番号 6

出土状況	遺物名	種類	遺物 No.	項目	測定
出土位置	I区①号炉排跡D1区③層	時期：根據	69		
			18世紀代：出土古鉄、両刃		
試料記号	検 確： DAN-6 化 学： - 放射化： -	長 広 5.5cm 法 色 調 細 徑 4.1cm 厚 さ 2.3cm 量 重 量 50.0 g	表：黒褐色 地：黒褐色 着 度 2 メタル度 なし	遺存度 接面数 4 前 合 深 断面樹脂	マクロ 後 織 硬 度 C M A X線回折 化 学 射 火 度 カロリー 放 射 化 X線透視
遺物種類 (名 称)	工具付着部				
観察所見	平面、不整長方形をした工具付着部である。長軸方向に断面円形の棒状の工具痕が走っている。そのため内面は光沢を持ったガラス質となり、棒状の工具が一方向に動いているためか、細いシワ状の圧痕が残っている。裏面4面は破面で、やや粗い気孔が弧状にならんでいる。外面(生成時の表面か)は内側の断面に応じた緩やかな曲面で、わずかに気孔の一部が顔を出しているほかは平滑な表面である。色調はこの外面のみ紫紅色で、裏面は灰黒色、内側の工具痕は光沢を持つ黒色となっている。				
分析部分	長軸端部1/2を直線状に切りし、薄として分析に用いる。残材返却。				
備 考	本資料が選定されたのは、数多い薄手の工具付着部の中では量的に化学分析に耐え得る資料が少ないということで、表面が平滑な円形断面の工具付着部の中ではやや厚手のものとなった。横断面が円形の、丸棒状の工具に対応する付着部は方形のものに比べて数多く、薄いものはどうぞササガした気孔の多い状態を示し、薄手のものはどうぞ気孔が少なく表面が平滑となる傾向がある。本資料は両者の中间的な様相をもちらながらも、やや厚手で平滑なグループの一角に属し、数の目立つ工具痕にのみ僅く付着した資料よりもその数は少ない				



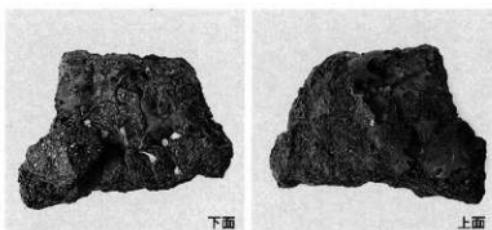
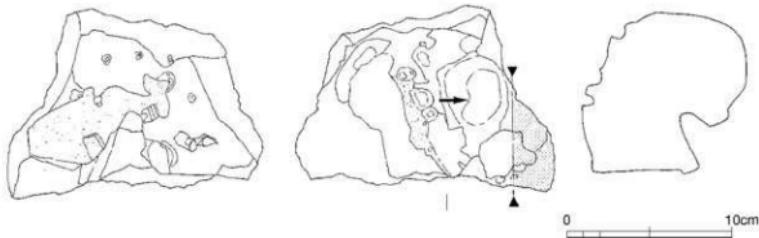
## 資料番号 7

出土状況	遺跡名 横原遺跡	遺物 No.	85	項目	津	メタル
出土位置	II区1号炉排溝場A13区④層	時期: 模擬	18世紀代: 出土古銭、陶器	マクロ		
試料記号	検鏡: DAX-7 法 化 学: DAX-7 放射化: -	長径 6.3cm 幅 縦 5.7cm 厚さ 5.6cm	表: 黒褐色 底: 黑褐色 相着度 3	鏡 硬 CMA X線回折 化 射 カロリー 放 X線透過	鏡 硬 CMA X線回折 化 射 カロリー 放 X線透過	
遺物種類 (名 称)	流出孔溝 (含鉄)	量 重 量 148.0 g	メタル度 M (○) 断面樹脂 断面指標 ○	分析		
観察所見	平面、不整台形をした含鉄の流出孔溝である。長軸筋肉溝と側面1面は破面である。上下面と側面1面は生きている。上面は長軸方向に溝状の凹みを持ち、片側は黒褐色の顆粒状の礫化物が乗っている。この部分を中心に特殊金属探知機M (○) で反応し、含鉄部があることがわかる。下面是長軸方向にゆるやかなU字型で、灰色の卯眼粘土状の付着物が残っている。生きている側面1面は不規則な大ぶりの気孔の川立つ溝部で、横方向の断面別は底面からやや急に立ち上がりしている。資料全体の長軸方向の断面別は浅い皿状、破面の気孔は上半部にはんどなく、下半部に小さなものが存在する。					
分析部分	長軸溝部1/3を直線状に切断し、上半部のメタルと津の混在部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。					
備 考	上面の長軸方向に伸びる断面U字形の溝は、流出孔の下部につまつやや緻密な溝を、円形の横溝をもつ棒状の工具で穴いたおのの痕跡と考えられる。また、長軸側の上面に残る含鉄溝は、こうした工具を差し込んだおりに先端に付いたものが、流出孔溝の途中で落倒しとどまつたものと想定される。なお、本資料の上面に見られる凹みは、分析資料No. 6の断面形にはほぼ一致しているため、流出孔溝に残された工具痕であろうということが想定され、津質もやや似た状況をもつものである。					



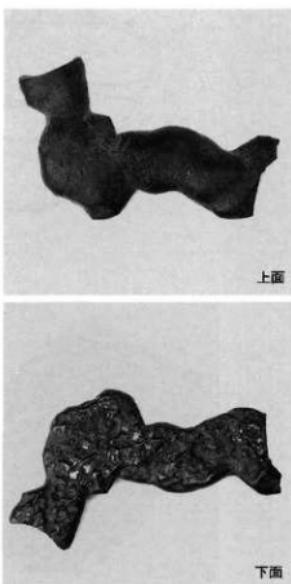
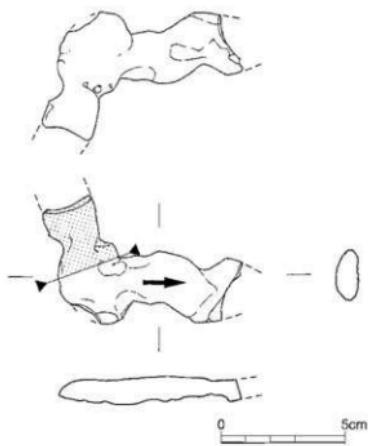
## 資料番号 8

出土状況	遺物名	種類・遺跡	遺物No.	100			項目	測定
				時期	18世紀代	出土古縄・陶器		
試料記号	検 級: DAN-8	長 広 15.5cm 幅 15.5cm 厚 さ 9.9cm	法 色 調 表: 黒褐色 地: 黒褐色 磁 磁 帯 度 3 重 量 1580.0 g	表: 黒褐色	遺 存 度	破 片	マ ク ロ 檢 測 C M A X線回折 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透視	○ ○ ○
	化 学: DAN-8			地: 黒褐色	破 片 数	6		
	放射化:			前 合 深	-	-		
遺物種類 (名 称)	流出津 (工具裏付)	量	メタル 度	な し	断面樹脂	-		
観察所見	平面、不齊形をした分厚い塊状の流出津である。側面2面は穂圓、上下面と側面2面は生きている。側面に残る大きな破面の下半部には、棒状の工具痕が残っている。この工具痕は横断面が先端部でやや丸みを持ち、4cmほど手前は方形気球である。これは、滴丸方形の断面形をもつ工具で溝をついた痕跡と考えられ、先端部のみがやや丸みを持つ歟特の可能性が高い。破面には不規則な気孔が一面に残り、上面や側面の生きている面にも気孔が露出している。下面にはガスのよく抜けた微細な津が不規則に貫入しており、この津の底面には明褐色のか粉が付着している。下面全体は平坦気球で、側面の方は直線気球の、立ち上がり急な面に接している。							
分析部分	長軸端部1/6を直線状に切断し、津として分析に用いる。残材返却。							
備 考	資料各面に残る特色からみると、底が平坦気球で表面がやや急に立ち上がる流出津の中を、ガスが多く残りの強い薄い壁が内部のガス圧によりぶくぶくなら流れているところを、斜め横方向から棒状の工具でつき動かしたことを想定できる。津質からみると、分析資料No.5よりガスの多い分析資料No.11の含鉄鉄津に比較的近く、分析資料No.9や分析資料No.10のような流動性のよい粘滑な津が生成される以前のものと考えられる。本遺跡ではこの種のガスを多量に含んだ、粘質の大形の津が目立ち、工具痕の多さからかなり意図的に津を取り除く必要があった状況をうかがわせる。							



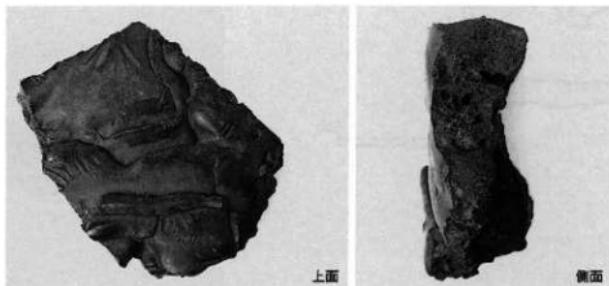
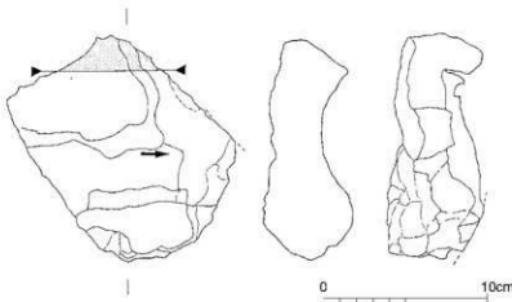
## 資料番号 9

出土状況	遺跡名	種類遺跡	遺物 No.	40			項目	添 メル
	出土位置	I区1号炉排溝場	7区①層	時期: 桧挽	分	18世紀代: 出土古鏡、陶器		
試料記号	検査: DAN-9	長 広 8.1cm	表: 黒褐色	遺 有 度	破 片		マクロ 検 索	○
	化 学: DAN-9	短 広 5.3cm	地: 暗黒色	破 面 数	2		純 度	
	放射化: -	厚 さ 1.3cm	磁 葵 度	2	前 合 沢	-	C M A	
遺物種類 (名 称)	流出溝 (小)	量 直 量 48.0 g	メタル度	な し	断面樹脂		X線回折 化 学	○
観察所見	長軸の両端に破面をもつ、やや不定方向に流れる緻密な流出溝である。上面はきれいな流動块で、くびれた部分にわずかなシワを持っている。下面は灰白色の粘壁粉が付着したり、あるいはその付着粉が点々と残るごつごつした面である。ただし全体的には平坦気味で、そのためか流れ方向が大きめに変っている。被面に気泡は全く認められない。表面の色調はやや暗紅色気味の黒褐色で、地は暗黒色。							
分析部分	長軸端部2/3を直線状に切断し、洋として分析に用いる。残材返却。							
備 考	分析資料No.10と共に流動单位が1条のみであるが、分析資料No.8などを含めて選択部は底面が平坦な粘壁粉の散布する流出溝があったことが想定できる。あるいは断面U字形またはV字形の流出溝に伴うと考えられる底面溝溝は非分析資料の中にも未無で、排溝の各段階で相当の排溝を前提とした流出溝が描かれていたことが想定される。これは熱容量の問題と排溝傾向とともに、生産鉄種に関わるものであろう。							



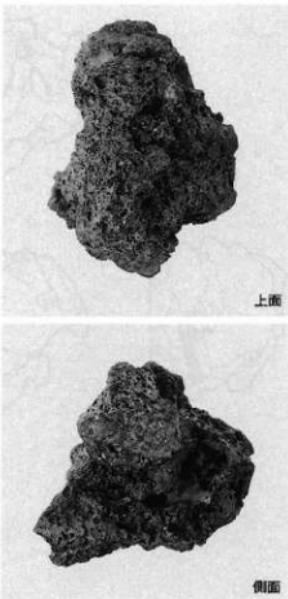
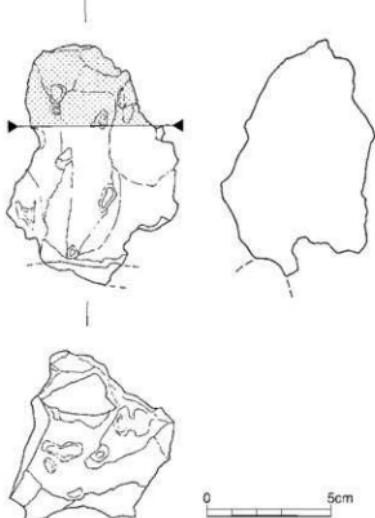
## 資料番号 10

出土地況	遺跡名	櫛原遺跡	遺物 No.	127	項目	津	メタル
出土位置	1区1号炉排溝場E12区①層	時期: 模擬 18世紀代: 出土古鉄、陶器			分		
検 級: DAN-10	長径 11.2cm 法 規 径 13.7cm	色 調 表: 暗黒色 底: 暗黒色	遺 存 度 破 片	6	マクロ 後 縦 横 度 C M A	○	
試料記号 化 学: DAN-10	厚さ 5.5cm 量 重 量 1140.0 g	循 着 度 2	耐 収 浸 —	—	X線回折 化 学	○	
遺物種類 (名 称)	流出漆 (大)	メタル度 なし	耐向树脂	—	射 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過		
観察所見	平面、不整五角形をした人形で緻密な内外流出漆の破片である。側面5面と裏面の8割が破壊である。上面と側面から底面にかけての一跡が残っている。上面にみられる漆は非常に流れのよい緻密なもので、細いところでは0.7cm、太いものは8cm以上の幅をもち、重層している。漆が次々と方向を多少違えながら重なる合い、より低い方に集中するために上面全体が平坦気味になるとともに、個々の流動単位にはわずかにリザが生じている。生きている筋肉から下顎の一跡は、やや緩やかな底面と強く立ち上がり側面をもつ流出漆に現していたことがわかる。側面の底面は上半ほど緻密で、中央部に横方向にふくらんだ大型の気孔が生じ、下半部にはわずかに抜け残ったガスが微細な気孔となって残っている。色調は表面は紫黒色氣味、底面は暗黒色である。						
分析部分	長軸端部1/10を直線状に切断し、浮して分析に用いる。残材返却。						
備 考	底面が平坦気味で角がやや丸みを持ち、比較的急に立ち上がる側面で、本資料の最大幅13.0cmをはるかに越える幅広い流出漆が想定できる。この溝いっぱいに厚さ5.4cmを越える緻密な漆が大きく重層していている。鉄との分離が最もよい印象時の漆であろう。						



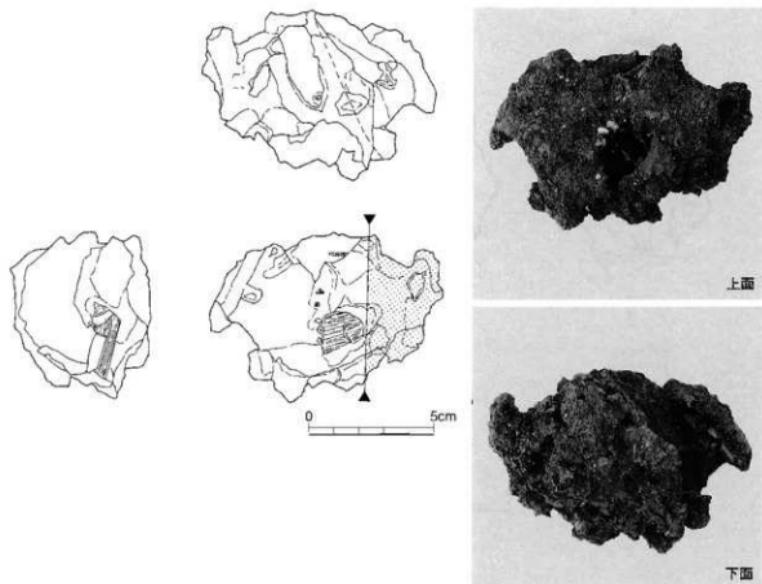
## 資料番号 11

出土状況	遺跡名	權原遺跡		遺物 No.	129		項目	津	メタル
	出土地点	I区1号炉排津塙E14区④層		時期：根拠	18世紀代：出土古鏡、陶器				
試料記号	検 證: DAN-11	長 梓 7.0cm	色 滴	表: 黒褐色	遺 有 度	破 片	分 析	マ ク ロ	○
	化 学: DAN-11	短 梓 9.7cm	地: 黒褐色	破 面 数	6			熱 硬	○
	放射化: -	厚 さ 6.1cm	磁 着 度	7	前 合 金	-		C M A	○
遺物種類 (名 称)	合鐵鉄滓 (工具復付)	量 重 量 340.0 g	メタル度	特 し (女)	断面模様	○	X線回折 化 学	耐 火 度	○
観察所見	平面、不整台形をした下方向に長い合鐵鉄滓である。上面端部に細い丸削面の棒状の工具痕が残り、側面は直線状の二つの破面に被われている。上面の一部と下面は生きている。上面の工具痕の残る部分が最も高く、その横は段低い面となる。側面の一部から下面にかけては、長さ0.8cm以下の後状の鉄滓が連なっている。前面の破面は全体的に中程度の不規則な気孔が密集成している。上半部はピカ黒く、中核部から下半部は茶褐色の筋がやや多い。上面の工具痕は、長さ1.8cm以上の円形断面の棒状工具である。資料表面からはスポンジ状の形が生体見えるが、特殊金属探知機に特し(女)で反応するため、表面の一部に露出している小さな鉄滓がさらに中心部に向かって伸びていることをうかがわせる。								
分析部分	長軸端部1/3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	澤質と気孔の状態からみると、分析資料No.8よりやや緻密なものである。こうした澤の中にはどうの房状の鉄が巻き込まれているもので、細い円形断面の工具痕から見て、流川孔隙の一様の可能性があろう。現に分析資料No.7も小さな鉄滓が澤上面に認められる。また、本資料の底面と工具痕との間が9cm近くあることから考えると、流出孔隙という想定が正しければ、かなり大型の流川孔隙が受けられた操作時もあったことになるであろう。								



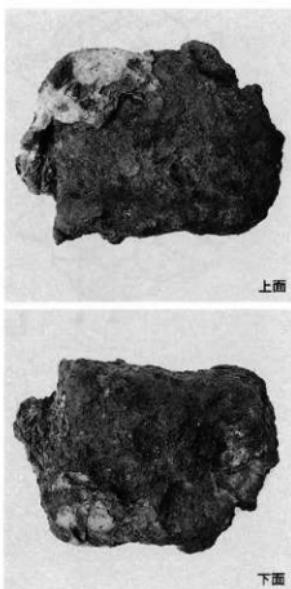
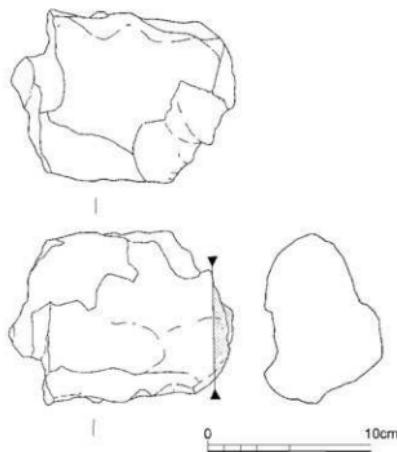
## 資料番号 12

遺物状況 出土地点	遺跡名 出土位置	櫛原遺跡		遺物 No. 130	現 状 分 類	目 標 分 類	薄 メタル
		時期：横施	18世紀代：出土古鏡、陶器				
試料記号	検 確:DAN-12 化 学:DAN-12	長 広 9.5cm 厚 広 7.0cm	表：暗褐色 色 調 地：暗褐色	遺存度 破 片 5		マクロ 鏡 硬 度 C.M.A X線面折 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過	○ ○ ○ ○
遺物種類 (名 称)	合鉄鉄滓 (工具灰付)	厚 さ 5.7cm 重 量 280.0 g	組 合 度 7 メタル 検 特 L(☆)	前 后 深 前向微屈		研 磨	○
観察所見	平面、不整構造円形気孔の、大形の木炭窓が各所にみられる合鉄鉄滓である。全面が暗褐色の酸化物に被われており、凹内の激しい側面にわずかにメタルの被覆と見られる粗面が認められる。側面と中核部に残る木炭窓は、最大で長さ6.2cm、幅3.1cm、厚さ2.4cm以上の広葉樹系の、年輪がはっきり現れない材のものである。上向は緩やかな波状で表面とは考えにくい。色調は表面も地も暗褐色、上面の一部には酸化土砂が付着し、0.4cm大的木炭窓も含まれている。						
分析部分	長軸端部1/3を直線状に切削し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂盛有。残材返却。						
備 考	炉底窓の表面に生成した大形の木炭窓の間に育ちつつある。砂鉄半還元部と軟鉄部さらに洋部に加え、赤熱木炭の表面で直接接元をして被覆した、鐵の酸化物からなっていると考えられる。木炭窓が大きいことは、やや燃焼に不備があるといえる。ただしこうした炉底窓表面の悪化・分離不充分のものであったとしても、さらに炉底窓の中心部付近にかけては、分析資料No.12・19や17の様な不定形な、液滴量が中央のメタルが生成している可能性はある。分析資料No.14にやや近い可能性はあるが、こちらが炉底窓の端部とおそれられるのに對して、本資料は端部上面とは考えにくい。						



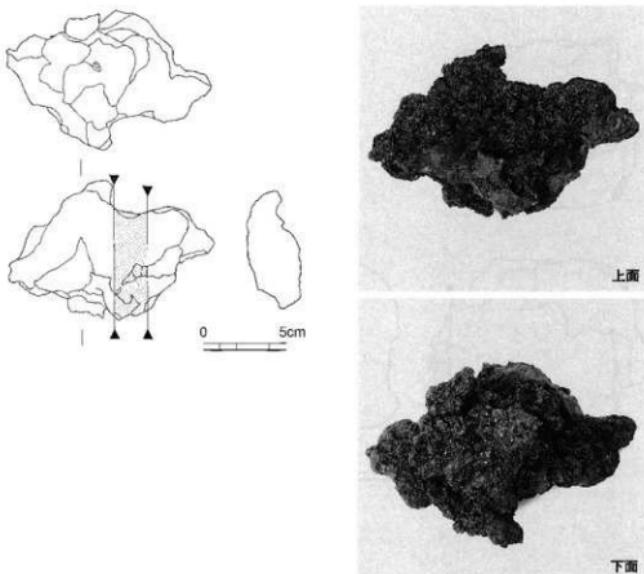
## 資料番号 13

出土地況	遺跡名	櫛原退跡		遺物 No.	137			項目	分	測	メタル
	出土位置	I区1号炉排煙道D11区④層	時期：根拠	18世紀代：南古銭、開拓							
	検 確： DAN-13	氏 族 13.8cm	色 脊	表：茶褐色	遺 有 度	破 片		マ ク ロ	○		
試料記号	化 学： DAN-13	法 類 様 10.2cm	底 面	地：黒褐色	破 困 数	4?		機 械	○		
	放射化：	-	厚 さ 7.0cm	遺 有 度	9	煎 含 游	-	硬 度	○		
遺物種類 (名 称)	鉄塊系遺物 (大鉄塊)	量 量	1660.0 g	メタル度	特 例 (△)	断面樹脂	○	C M A	○		
観察所見	平面上不整円形をした分厚い鉄塊である。樹面4面は破面と推定される。上面の短軸片側はひし状に伸び、短軸の断面はV字状を示す。長軸片側はおいた直線状、この部分は一辺、破面と推定しておくが、場合によれば仰底塊の側面として生えていたかもしれない。(この面のみ特異的な外観を示すため)また、長軸片側から下面にかけては褐色から黄褐色の酸化物が斑状に認めている。この部分は二次的な付着物であろう。上向は緩やかな波状の部分もあるが全体的には平坦気味で、短軸の片側は肩部充満が欠けており、残るもう一方の肩部がひし形状に張り出し、一部に欠けと推定される傷が認められる。この短軸の両面の欠けは、本資料が上方から打撃が加えられて割られたことを示している。上面片側のひし形状の張り出しがこの部分が破けたものであろう。下端部はわずかに残っていないがやや気孔が多い鉄部で、逆を一部に残す可能性がある。この下面は尖った舟底状を呈する。色調は表面が茶褐色、地が黒褐色である。										
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	全体に表面が酸化物に被われたなおかつ二次的な酸化物の混着があることから、はっきり表面状態を確認していく。破面位置を肩部にみられると、直角や斜めの断面が認められ、仰底塊を割り分けた時の一片と推定される。こう考えると上面の平坦部は仰底塊の上面を示し、下端部は仰底塊の下面と見ることができる。したがって、この仰底塊の母体の厚みは9cm前後であり、全体的には鉄鉱主体で、上面の約2cm程度の部分が強く伸びた強い鋼気味であったと思われる。こうした仰底塊からは漆と混在した鉄鉱部はほとんど認められないが、全ての操業がこうした生成物のみであったということは、推測料からははいいく。(本遺跡最大の仰底塊から削り出された鉄塊である。その性質からみて、生産品の代表的なものであった見られるが、何らかの偶然によって排煙場に投棄されたものと見ておきたい。)										



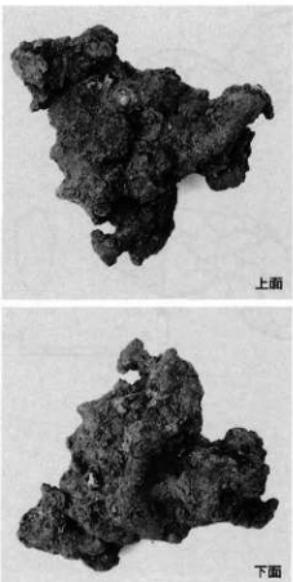
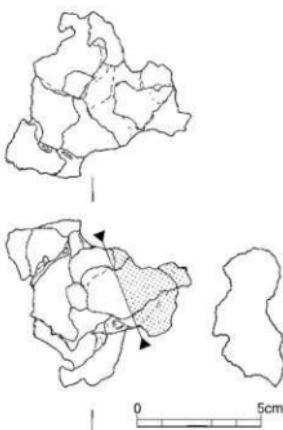
## 資料番号 14

項目	測定	メタル				
遺跡名	埴原遺跡					
出土状況	1区1号炉跡場I7区①層					
出土位置		時紀: 桁脚 分 18世紀代: 出土古錢、陶器				
試料記号	後 總: DAN-14 化 学: DAN-14 放射化:	長 広 12.5cm 法 色 調 延 長 8.5cm 厚 さ 3.3cm 磁 磁 度 量 重 量 380.0 g	表: 銀褐色 底: 銀褐色 透 存 度 底: 銀褐色 吸 収 度 底: 銀褐色 メタル度 表: 銀(合) 透 明 度 底: 銀褐色 吸 収 度 底: 銀褐色	破 片 底: 銀面数 5 — ○	マ ク ロ 検 索 統 一 度 C M A X線屈折 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過	○ ○ ○ ○
遺物種類 (名 称)	鉄塊系遺物 (含毒)					
観察所見	平面、不整な変形を呈する鉄塊系遺物である。長軸方向の断面形は、上下2層に分かれた楔形気味である。明瞭な裏面は、裏面の一部と上面の片側半分である。残る上面の片側半分から側面には、流動気味の黒褐色の漆が被っている。下面は小豆大の鉄化物や漆が接着したような、やや隙間のある集合体となっている。裏面中央の裏面には、灰色の炉壁粘土が直接に付着している。上面の半分は、皮膚に被っていた漆が剥離し、他の不規則で微細な漆と小豆大の鉄やその鉄化物が露出している。部分的に鉄錆の塊結~半還元部と思われる部分がある。色調は全体に暗褐色を呈するが、表面の一部に残る流動状の漆部は黒褐色である。					
分析部分	長軸中央部1/6を直線状に切削し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂塞布。残材返却。					
備 考	砂鉄塊筋塊から内部で小さな球状にメタル化した部分がある還元初期の資料で、メタルと半還元部が混在するものとみる。生成位置としては、炉盤中段下部から送風孔上位の炉壁表面を想定しておきたい。一応、鉄塊系遺物のグループに位置づけているが、含鉄鉱石すべき資料かも知れない。還元段階の比較的早い資料として加えたものである。					



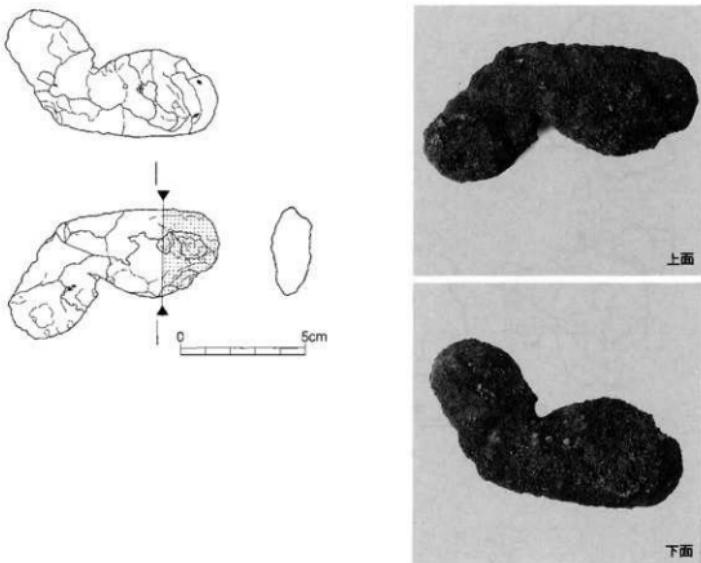
## 資料番号 15

出土状況	遺跡名	種類遺跡	遺物 No.	139			項目	薄	メタル
	出土位置	1区1号炉排溝場	地区層不明	時期: 楠焼	18世紀代: 出土古銭、陶器				
試料記号 化 学: DAN-15 法 放射化:	長 径	7.6cm	表: 暗褐色	遺 存 度	破 片		分 X線回折 分析 射火成 ガロリー 放射化 X線透過	○ ○ ○ ○ ○	
	短 径	6.8cm	色 調	地: 暗褐色	破 面 数	49			
	厚 さ	3.0cm	磁 略 度	8	偏 向 度	—			
遺物種類 (名 称)	鉄塊系遺物	重 量	180.0 g	メタル皮	等 L (☆)	断面樹脂	○		
観察所見	半面、不整三角形をした全体に凸凹の激しい鉄塊系遺物である。全面に見られる凹凸は0.5~1.0cm大で、全てがいやや角張った木炭痕と考えられる。横面は小さなものが認められるが、全てメタルの破面で、薄はほとんど共存しない。いわば木炭小片の隙間に生成したような鉄塊である。端部にわずかに銷ぶれや黒錆のにじみが生じているが、比較的健全である。木炭痕の隙間に部分的に褐色の鉻鐵由来と考えられる鉻鐵片が混在している。資料全体に薄く暗褐色の酸化物が被っているがこれは全て二次的なものである。色調は表面、地とも暗褐色である。								
分析部分	長軸端部1/3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	木炭小片の間に生成した軟鉄からやや炭素量の上がりつつある鉄塊系遺物であろう。生成位置は炉底溝上部を推定されるが、明瞭な位置関係は不明である。分析資料No.196もやや近い性状を持つと考えられる。排溝場出土の鉄塊系遺物の中では比較的数多い種類の遺物である。								



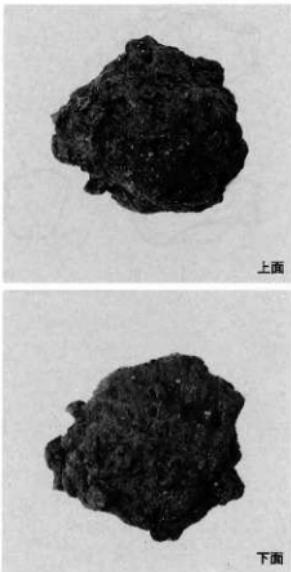
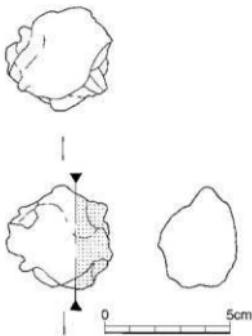
## 資料番号 16

出土状況	遺 誕 名	種原遺跡		遺 物 No.	140		項 目	測 定	メタル
	出土位置	1区1号炉排渣場E14区①層	時期：根據	18世紀代：出土古鏡、陶器					
試料記号 化 学	検 級：DAN-16	長 径 8.6cm	表：暗褐色 濁存度 完 形				分 析	マ ク ロ 後 織 硬 度 C M A X線回折 化 学 耐 火 度	○ ○ ○
	法	短 径 5.2cm	色 滑 地：暗褐色 硬面数 0						
	放射化：—	厚 さ 1.7cm	磁 着 度 8 前 合 侵 —					耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過程	○
遺物種類 (名 称)	鐵塊系遺物	量 重 量 140.0 g	メタル度 特L(火) 断面樹脂						
観察所見	平面形が、「へ」の字形に曲がった丸鋸形状の鉄塊系遺物である。被覆はなく完形品である。上面がやや平ら気味で側面輪郭がわずかに丸みを持つ。裏面には、1~2mm大の木炭粉や焼土粉を含む焼化七砂が貼りついている。表面全体は暗褐色の酸化物に被われている。周部を中心に剥ぶくれの薄い剥離や放射割れが始まっているが、全体的には健全である。								
分析部分	長軸端部1/4を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂塗布。残材返却。								
備 考	これ落ちたような小さな鐵鉄塊である。酸化物により表面状態がはつきりしないが、わずかな凹凸が推定されることから炉床の廃物層にこぼれたか、炉外に流出した鐵鉄が表面強力で端部が丸みを持ったもののどちらかであろう。本遺跡の排渣場には同様なものがかなり多い。おそらく、分析資料No. 13や分析資料No. 23、24のような大形の鐵鉄塊が炉内外で回収されていることで、本資料のようなこぼれ落ちたものまで回収はせず、廃棄されたものであろう。								



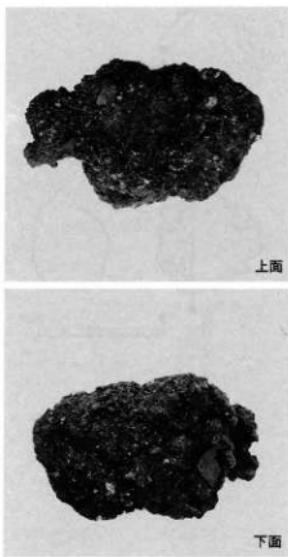
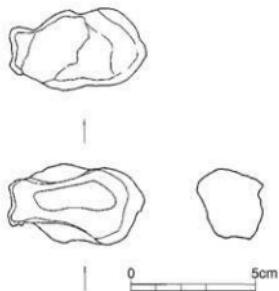
## 資料番号 17

遺跡名	櫛原遺跡		遺物 No.	141		分析	項目	序	メタル	
出土状況	出土位置		I区1号伊排布墓B11区①層		時期: 桁原		18世紀代: 出土古銅、陶器			
試料記号	検 索: DAN-17 法 化 学: DAN-17	具 体 4.8cm 短 さ 4.4cm	色 調 表: 喀褐色 油: 喀褐色	遺 有 度 繼 面 數 6	破 片		マ ク ロ	○		
	放射化: -	厚 さ 3.8cm	組 有 度 8	前 合 連 -			檢 測 度	○		
遺物種類	鐵塊系遺物 (含津)	量 重 量 132.0 g	メタル度 特L(☆)	断面樹脂	○		C M A	○		
観察所見	平面、不整六角形をしたやや小ぶりの鉄塊系遺物である。上面や前面には小さな破面が連続し、下面も破面の可能性がある。鉄と津の現在した資料で、小さな気孔のある表面の津層に鉄がこぶ状に露出したり。貝殻状に鏽ぶくれが生じている。また、一部に黒錆もみられる。津部は喀褐色で、気孔があるが緻密である。色調は全体的に衣面、地とも喀褐色である。下面はやや丸味を持っているがおそらく傾面であろう。側面に1カ所、薄皮状の津層が読み取れる。									
分析部分	長軸端部1/3を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂微布。残材返却。									
備 考	鉄と津の混在した資料である。ほぼ全面破面に近いところからが底盤からはつり取られたものであろう。鉄と津の分離が悪く、津中に鉄の一部が数たうなものかも知れない。鉄側は炭素量の最も高いものとは考えにくい。									



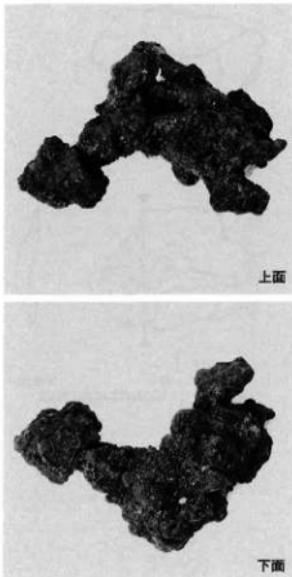
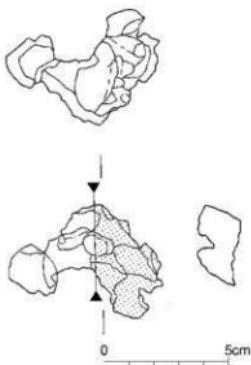
## 資料番号 18

出土状況	遺 諸 名	椎原遺跡	遺 物 No.	142	分	項 目	薄	メタル
	出土位置	I区1号炉排溝第II区3幕	時期：根据	18世紀代：出土古鉄、陶器		マクロ 検	○	
試料記号	模 級：DAN-18	長 径 5.4cm	表：暗褐色	遺 存 度	破 片	硬 度	○	
	化 学：DAN-18	短 径 2.9cm	色 調	地：暗褐色	破 面 数 2?	C M A	○	
放射化	放 射 化：-	厚 さ 3.0cm	留 着 度 7	前 合 浸	-	X線回折 化 学	○	
	量 重 量 82.0 g	メタル 度 特し（分）	断面樹脂			耐 火 度		
遺物種類 (名 称)	鉄塊系遺物					カラリー 放 射 化		
						X線透過程		
観察所見	平面、不整椎円形をした塊状の鐵塊系遺物である。上面中央はやや盛むが全体的には平坦気味であり、下面はV字状に突出している。側面に2か所、破面と類推される部分があるが、大半の面は顆粒状の鋸ぶくれに被われている。上面には茶褐色の酸化土砂が固着し、剥片状の流動層の表皮（分析資料No. など）が丘立って残存している。木炭粉も認められる。資料の主体は滓とメタルで、メタルの集中度は分析資料No. 16よりも進んでいるように見えるが、全体觀とは分析資料No. 14に近い様相をもつ。小豆人の鉄粒の集合体らしい。色調は表面・地ともに暗褐色。							
分析部分	長軸端部1/3を直線状に切断し、メタル部を分析用に用いる。断面樹脂糊布。残材返却。							
備 考	砂鐵燒結部が部分的にメタル化したような外觀を示し、小さな鋸びくが表面に目立つ。分析資料No. 14の一部によく似た部分があり、炉壁に固着して造元しつつある部分か、炉底焼表面の生成物のどちらかであろう。上面に付着する酸化土砂中に、一見、鐵造剝片様の厚さ0.4mm前後の、表面が平滑で紫紅色を呈し、裏面が気孔の横面となっている剥片が目立つ。これはガスの多量に残る流動層と、排渣場で共存したための周辺環境を示すものであろう。							



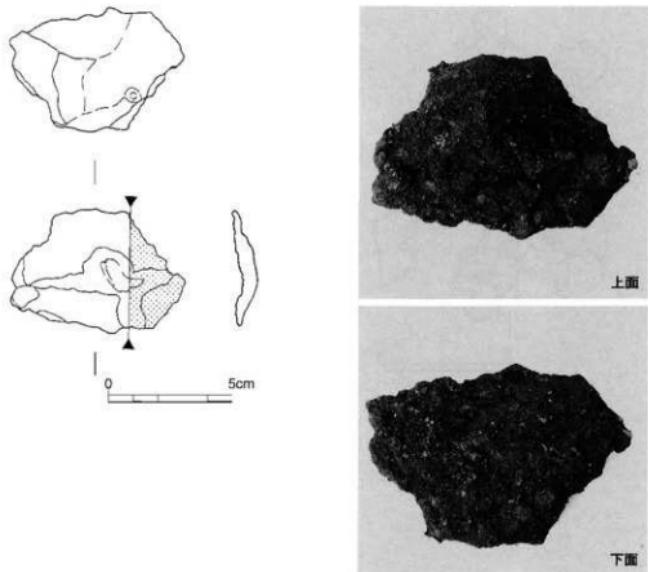
## 資料番号 19

出土状況	遺跡名	櫛原遺跡		遺物 No.	143		分類	項目	測定	メタル
	出土位置	T区1号炉排煙場E15区⑤層		時期: 横掘	18世紀代: 出土古銅、南器			マグロ	○	
試料記号	核 鎌: DAN-19 化 学: DAN-19	長 度	6.7cm 色 調	表: 銅褐色	遺存度	破 片		検 確	○	
		短 径	1.8cm 量	地: 銅褐色	破 面 数	3?		硬 度	○	C M A
	放射化: -	厚 さ	4.7cm 量	磁 著 度	7	前 合 没	-	X線回折 化 学		
遺物種類 (名 称)	鉄塊系遺物	重 量	70.0 g 量	メタル度	特L (△)	断面標明	○	耐火度 カロリー 放 射 化 X線透過程		
観察所見	不整形。塊状の小さな鉄塊系遺物である。両端部や下面に突出部があり、黒錆や鏽ぶくれに被われている。一部の錆ぶくれは欠け落ちて、ふくれの破面が露出している。表面面や側面の各所に0.7cm前後の木炭痕が点在する。破面は上下面と側面に1カ所ずつ確認できるが、その他は酸化物のためはつきりしない。色調は表面・地とも暗褐色。上面肩部に小さな浮部の破面がみられ、微細な気孔が現れている。									
分析部分	長軸端部1/2を直線状に切断し、メタル部を分析に用いる。断面衝撃強度。残材返却。									
備 考	分析資料No.15とやや似かよった個体である。本資料の方が酸化物がやや表面に少ないためか、破面が明瞭である。生成位置は炉底窓の表面付近と考えられる。									



## 資料番号 20

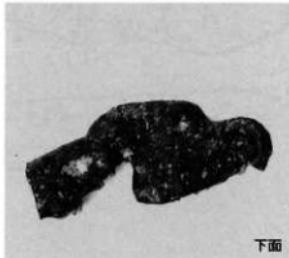
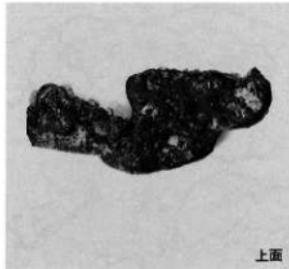
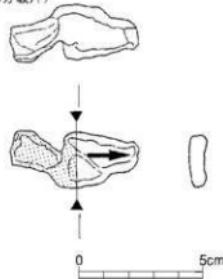
出土状況	遺跡名	櫛原遺跡		遺物 No.	144		項目	測定	メタル
		出土位置	I区1号炉排溝A20区①層		時期：根據	18世紀代：出土古鉄、陶器			
試料記号	検 確:DAN-20 化 学:DAN-20 放射化: -	法	長 横 6.8cm 短 横 5.1cm 厚 さ 1.0cm	色 調 表：暗褐色 地：暗褐色	遺 存 度 較面數 3	破 片	マ ク ロ	○	
				磁 着 度 9	前 合 深	-	機 論	○	
	遺物種類 (名 称)	量	重 量 65.0 g	メタル度 特L(△)	断面樹脂	○	硬 度 C M A X線屈折 化 学 耐 火 度 ガロリー 放射化 X線透過程	○	
観察所見	平面。不整五角形をした、全体に中央が窪むく浅い輪状の断面形を持つ偏平な鉄塊系遺物である。長軸の前面部は鏡面で、鏽ぶくれや黒錆のにじみがわずかに生じている。表面全体は暗褐色の酸化物に被われ、地のはっきりしない。上面はやや凸凹がありそうである。下面は深い舟底状で、大半は鉄表面と判断される。長軸端部片側に微細な気孔を持つ辺部が残っている。上面を中心に茶褐色の酸化土砂が広がり、わずかに木炭粉が混在している。色調は表面、地とも暗褐色。								
分析部分	長軸端部1/3を直薄状に切面し、メタル部を分析に用いる。断面樹脂密布。残材返却。								
備 考	炉床の一部または流出孔に貼りついて、流れたような鉄塊系遺物である。幅が4.2cmと狭いところから流出槽の底で生成した可能性が高いようである。								



## 資料番号 21

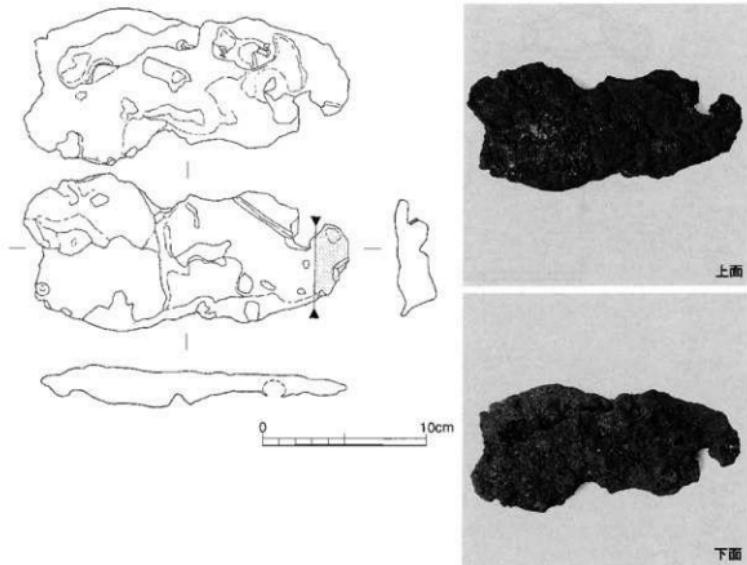
出土状況	遺跡名	権原遺跡	遺物 No.	145		項目	漆	メタル
	出土位置	I区1号伊本床下トンネル状施設	時期: 横掘	18世紀代: 出土古銭、商器				
試料記号	検査: DAN-21	長径 5.2cm	表: 茶褐色	遺存度	ほぼ完形	分類	マクロ	○
	化学: DAN-21	幅 径 2.2cm	地: 白銀色	破面数	0 (2)		標準	○
	放射化: -	厚さ 0.9cm	磁着度	7	前含浸		硬度	○
遺物種類 (名 称)	鐵塊系遺物 (もぐり鉢)	重量 9200.0 g	メタル度	特L (合)	断面樹脂	分析	C M A	X線屈折 化 学
観察所見	本床の下部から貰入し、本床下位のトンネル状施設内に充満した銅鉄の大塊の塊断片である。形状は貰入した割れ目からトンネル状施設の形をそのまま残し、特に粗輪削断面は偏平な枕状を呈し、トンネルの粗輪の断面形がよくわかる。本床のひび割れにそって貰入したためか、大小のひれ目が各所にみられる内の最小の破片を分析資料に選択した。破片の形状はややむがん三角錐のような形で、表面には隕石の母体となった明褐色の土が付着したり、付着度の凹凸がそのまま写されている。長軸の両端部とも被面であるが、先端部の被面は暗褐色に錆び、基部側の新しいメタルの被面は、頼い結晶が見えるほど銀白色に輝いている。表面全体は茶褐色である。							
分析部分	長軸端部1/2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	木床の炭化物層を貰いて、地下構造としてくられた粘土層のひび割れから貰入し、両舟をつなぐ丸太状の断面を持つトンネル状施設に充満した不定形な銅鉄の大塊の先端部の小破片である。非常にゆっくり冷却したために結晶が発達した組織となっている。総重量92kgもの貰入鉱块があるということは、操業時、鉱床に相当量の母体となる鉱块があったことをうかがわせる。一方、こうした事故が起こってしまった原因は地下構造の粘土部分に作業者が誤定していなかったひび割れが生じたことにある。							

(部分破片)



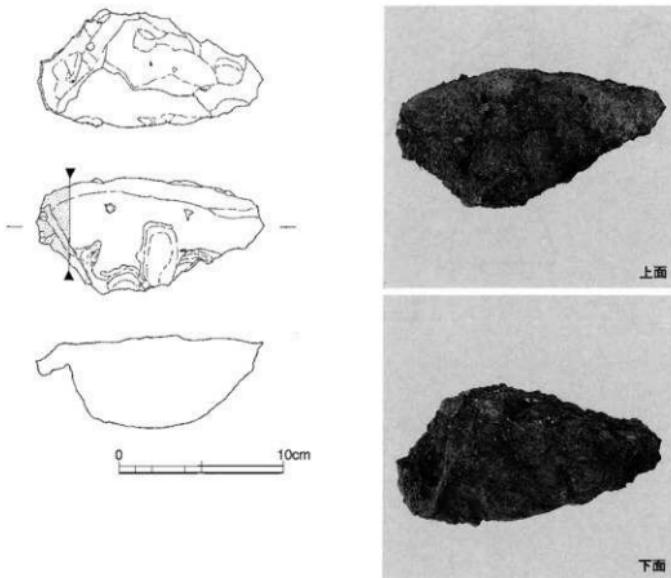
## 資料番号 22

出土状況 試料記号 遺物種類 (名 称)	遺 務 名	桜原遺跡		遺 物 No.	147		分 析 部 分	項 目	津	メタル
	出土位置	II区池状遺構(2号)		時期: 根掘	18世紀代: 出土古鉄、陶器					
	検 確: DAN-22 化 学: DAN-22 放射化: -	法 長 径 19.8cm 幅 径 9.6cm 厚 さ 2.5cm 重 量 643.5 g	色 調 表: 茶褐色 地: 黒褐色	透 存 度 9	目 標 定 形 後 固 数 3	前 合 透 -		マ ク ロ 検 確 鏡 鏡 度 C. M. A X線回折 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線 CT	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	
遺物種類 (名 称)	鐵塊系遺物	量	メタル度 特 L (☆)	断面測定	○					
観察所見	鉛底状の極めて偏平な鉄塊である。長軸端部1カ所と側面2カ所に小さな割れ目があるが、そのほかは自然面である。側面片側から底面は、ひだ状に2層に分かれしており、本資料が重複して形成されたことを物語っている。上下面とも、表面は緩やかな波状、表面の大半は平滑で、わずかに小さな気孔の跡が散在する。表面と裏面の本鉄物片側には、木炭粉や気孔の細かい津波形を多量に含んだ茶褐色の酸化土跡が黙着している。長軸中央方向に、X線CTスキャナーの疑似カラー画像で見ると、気孔の多い断面像が写っている。気孔のサイズは中から大きまちながら、下半部に横方向に長い大形のもののが認められる。この様からは比較的ガスの多い鉄块であることがうかがえる。上面にはわずかに中央部分が先端の方に向かい流れたようなしづわが生じている。色調は表面が茶褐色、地が黒褐色。									
分析部分	長軸端部1/10を直線状に切削し、メタル部を分析に用いる。断面測定指布。残材返却。									
備 考	生成位置がつきりしないが、流出構を流れた鉄块には付着物が少ない。また、二重に重なりながら一部は合体してしまっていることから、炉体の炭化物層の上半部における水平に広がった鉄块を見ておきたい。端部に大きな破面が見られないこともこの可能性をうかがわせる。したがって、上下面に見られる1cm以下の深い凹凸は、木炭粉や炭化物によるもの可能性が高い。									



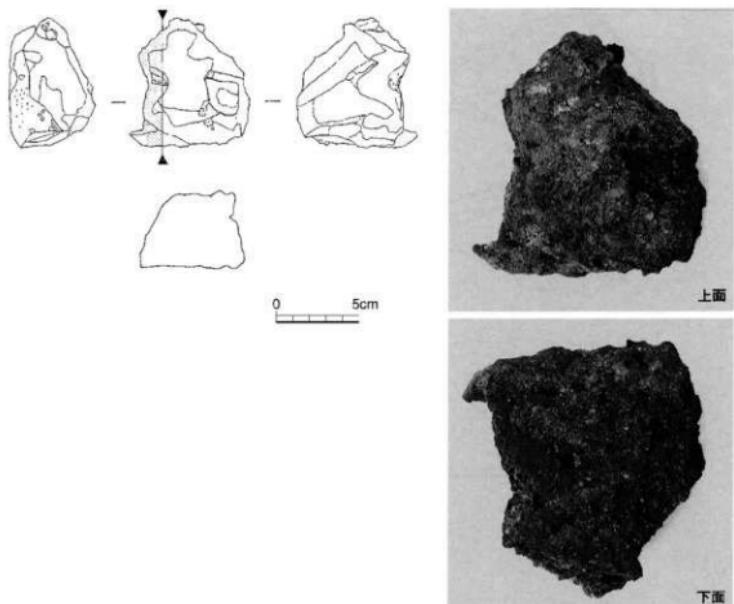
## 資料番号 23

出土状況	遺跡名	埋原遺跡		遺物 No.	148		項目 準	メタル
	出土位置	II区池状溝(2号)		時期: 根拠	18世紀代:出土古鏡、陶器			
試料記号	検 績: DAN-23	長 径	13.6cm	色 調	表:茶褐色	遺 存 度	破 片	マ クロ
	化 学: DAN-23	幅 径	7.2cm		地:黒褐色	破 面 数	6	検 測
	放射化:	厚 さ	6.1cm	組 着 度	9	前 合 浸	—	種 度
遺物種類 (名 称)	鐵塊系遺物	量	メタル度	弱L(☆)	断面樹脂	○	C M A	X線CT
		重 量	1027.0 g				耐 力	○
観察所見								
平面形は、長軸片側が弧状を呈し、残る2辺が直線状の腹面となった分厚い鉄塊系遺物である。円弧状の側面は下部にかけてカーブを描き、深い楕形の一部を示す。上面は全体に平坦で、中央部に3条ほどの1cm幅の流動部が乗っている。弧状の肩部はやや丸みを持っています。側面の底盤状の腹面には分厚く結合部が粗面し上端、下端のみ被面がわずかに露出している。再結合部はわずかに薄や本炭の粉末が見られる他12次的な酸化物となってしまっている。X線CTスキャナーの疑似カラーピクチャードで軸転方向の断面を見ると、全体に密度が高く、微細な気孔が上半部に、下面近くには横方向に発達した大形の気孔があることがわかる。色調は上面中央付近が黒褐色、肩部が酸化物により黄褐色を呈し、弧状の側面や地は黒褐色である。								
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								
X線CT像は分析資料No. 24とやや似た状況である。いずれにしてもガスのよく抜けた鉄鉢で、深い楕形の断面形を持つ部分にたまり、表面張力で肩部が丸みを持った可能性が高い。また上面の継ぎ舌状に乗る部分も致で、これも流動状である。こうした形状は平面が偽円形の、深い穴に留まつた形を描定できる。逆に伊底掘の上端肩部という可能性も指摘できようが、ガスの抜け方や資料全体の外観は、郊外の流しきの湯などにいたたまれた状況の、肩部剥片の可能性が最も高そうである。本体の下面はさらに深いもので現存の厚み(5.5cm前後)は本来の厚みを反映したものではない。なお、こうした資料が池底の底に多量に投入されていることについては別途検討が必要であろう。								



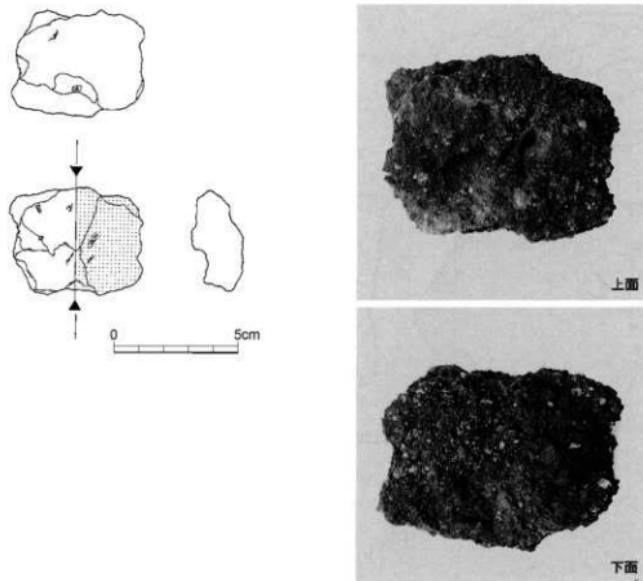
## 資料番号 24

遺跡名	櫛原遺跡		遺物 No.	155		重 目	津	メタル
出土状況	出土位置		II区池状遺構(2号)	時期: 桓撫	18世紀代: 出土古銭、陶器	分		
試料記号	横 縦: DAN-24	長 横	7.9cm	表: 灰褐色	遺 存 度	破 片	マ ク ロ	○
	化 学: DAN-24	短 径	7.3cm	地: 灰褐色	破 面 数	5?	検 測	○
	放射化:	厚 さ	4.7cm	磁 着 度	9	前 合 没	硬 度	○
遺物種類 (名 称)	再結合漆 (含鉄)	盤 重	411.1 g	メタル度	特 し(△)	断面樹脂	C M A	○
観察所見	平面、不整五角形をした再結合漆(上半部はしっかりと貼鉄系の鉄塊系遺物)である。再結合漆とはいっても、下半部はわずかに鐵錆粉や木炭粉を含む底池の土砂である。これを傍證するように、1cm以下の石片が多く含まれている。上半の鉄部は明らかな直線状の破面が5面認められ、1面のみ流動状の鉄の端部が生きている。破面のうち3面は資料No.23の破面と同様、多量の鐵錆粉や木炭粉を含んだ黄褐色の酸化土砂に被われており、1面のみ実際の破面がみられる。この表面には中程度の気孔が比較的多く、端部片側は微細な結晶が生じているくすんだ銀色のメタルが露出している。上面はほぼ平坦で、わずかに縦に向って傾いている。X線CTスキャナによる疑似カラーの画像によれば、微細な気孔のはほとんどない、やや大ぶりの気孔の見られるメタルの断面像が示されている。							
分析部分	長軸端部1/6を直線状に切断し、メタル部を中心に分析に用いる。新苗樹脂塗布。残村返却。							
備 考	本資料は、前面4面と下面が大きな直線状の破面で、割れた(割られた)後に鉄池の底で再結合したものと考えられる。上面は平坦気味で、肩に向かい緩やかに丸みをもつて分析資料No.23とやや近い印象を受ける。X線CTの疑似カラー像は本資料の方がガスがよく抜け、密度が高いことを示している。前者が野外の温だまりに流して固化させた鉄鉢塊とすれば、本資料も同様のものと考えられる。なお上面に小さな方形の傷があるがこれは発掘時につけた新しいものである。							



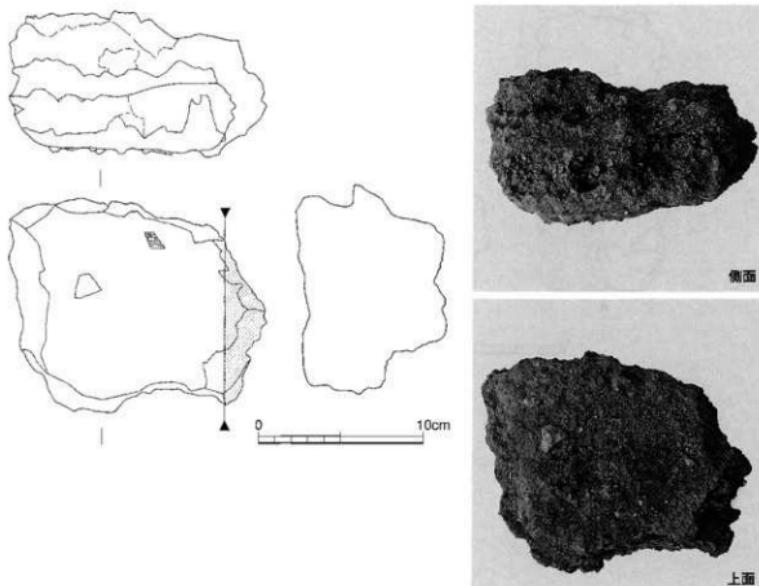
## 資料番号 25

出土状況	遺跡名	権原遺跡	遺物 No.	156	分	項目	測定	メタル
	出土位置	II区池底遺跡(2号)	時期: 極後	18世紀代: 手土古鉄、馬器				
試料記号	検 鑑: DAN-25	長 広 5.1cm	色 調	表: 灰褐色 地: 純褐色	分析	マクロ	○	
	化 学: -	法 短 広 4.0cm	板 面 数	5		鏡 実 C M A	○	
	放射化: -	厚 さ 2.3cm	組 着 度	6		X線回折 化 学		
遺物種類 (名 称)	再結合漆 (含鉄)	量 重 量 65.0 g	メタル度	L (●)		射 火 度 カロリー 放 射 化 X線CT		○
観察所見	鉄板の底に堆積した再結合漆サンプル6片のうちの1点である。平面形は台形を呈し、やや扁平なざらした十摺状である。側面3面と下面是明らかな破面、裏面の長輔片面を中心に黒褐色の焼が広がっている。それ以外の大半は粉末状の鉄粉とちや粗い砂粒の混在した再結合漆で、全体に灰褐色を呈する。X線CTスキャナーの疑似カラー画像で見ると長輔片部側の中核部に1cm大以下のメタルがあり、それ以外は資料全体に1~0.3cm程度の、ごく小さな鉄部と漆が散在していることがわかる。							
分析部分	長輔端部1/2を直線状に切り崩し、メタル部を中心に分析に用いる。断面樹脂嵌布。残材返却。							
備 考	同一の袋に入っていた再結合漆片は、メタルの小さなもののがいずれも認められ、元来は同一個体が割れたものと考えられる。メタルそのものは漆状を呈するものではなく、不定形な小片である。							



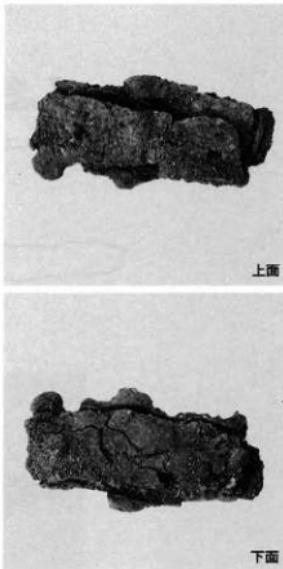
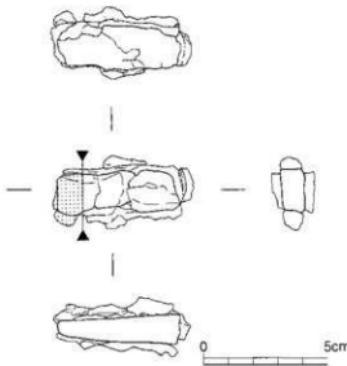
## 資料番号 26

出土状況	遺跡名	桜原遺跡		遺物 No.	152		項目	測定
		出土位置	時期: 桜原		18世紀代: 出土古鏡、陶器	分類		
試料記号	検 索: DAN-26	長 度	17.4 cm	表: 茶褐色	透 存 度	破 片	マクロ	○
	化 学: -	法	短 僅 9.1 cm	色 調	地: 雜褐色	破 面 数	機械強度	○
	放射化: -	量	厚 さ 8.5 cm	磁 磁 度	3	前 合 接	C M A	X線加熱分析学
遺物種類 (名 称)	再結合渾	量	重 量 1910.0 g	メタル度	な し	断面樹脂	耐火度	ガロリー 放射化 X線透過
観察所見	平面、不整台形をした再結合渾の塊である。側面4面は明らかな鏡面、下面では明瞭な鏡面とは断定できない。上面はほぼ平坦で、木炭片や石片が日立つ渋片をほとんど含まない褐色の酸化土砂である。側面から鏡面は2cm以下の大鉄渋片が多量に混じり合った再結合渾で、中層に2枚密度の低いガサガサした部分がある。これは、こうした再結合渾ができる過程で、何度も同じ作業が繰り返されていることを物語っている。特殊金属探査機の反応はなく、メタルは含まれていないと考えられる。混在する渾は気孔が多いものも少ないものも確認できる。側面に見られる2枚の密度の高い部分は次的な水酸化物で、薄いながらもオニキス状となっている。これは水田に関わる灌水によるものかもしれない。色調は表面を中心に暗褐色を呈する。							
分析部分	長軸端部1/6を直線状に切り出し、再結合渾部を分析に用いる。残材返却。							
備 考	鉄池中の再結合渾に比べ、砂粒や石片が少なく、メタルは本資料に限り含まれない。これは本資料が排水部に設けた採集用の小区域の⑤層出土といふこともあり、鉄池中の再結合渾とはかなり違った生因を持つからかも知れない。特に水酸化した層がサンドイッチ状になっているという点に注目すれば、この再結合の主生因がメタルからの鉄イオンによるものではなく、排水場の一部が溝水したためではないかと考えられる。							



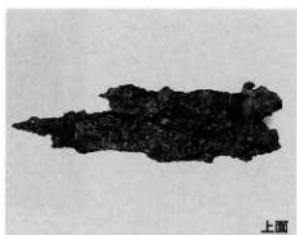
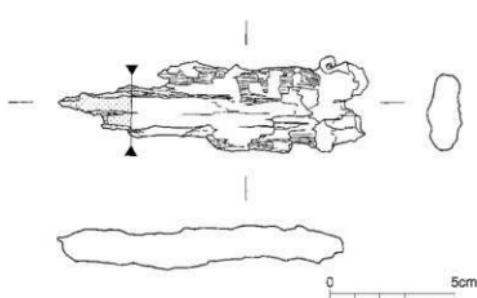
## 資料番号 27

出土状況	遺跡名	機関遺跡		遺物 No.	157		分	項目	溶	メタル
	出土位置	I区1号炉北東押立柱内		時期：根拠	18世紀代：出土古蔵、陶器			マクロ	○	
試料記号	検 號：DAN-27	長 広	5.7cm	表：茶褐色	遺 在 度	完形？	析	後 級	○	
	化 學：—	色 調	3.0cm	地：黒褐色	破 面 数	0?		硬 度	○	
	放射化：—	厚 さ	1.8cm	磁 密 度	5	前 舍 深		CMA	○	
遺物種類 (名 称)	鉄器錆化物 (サビ状)	量	重 量	35.9 g	メタリ 度	移化 (△)	断面側面	X線回折 化 学 耐火度 カロリー		
観察所見	平面、長方形をした鉄器の錆化物である。短軸方向に4面と長軸方向の片側が鍛打され整形されているが、現在は薄板状に表面が酸化物となり遊離してしまっている。長軸の断面形は頭が平らで先端の尖ったくさび状である。特殊金属探知機日(○)にも反応がすでなく、完全に鉄化していると考えられるが、もとのメタルの結晶組織の痕跡だけでも確認できればと考へて分析に加えた資料である。幅1.3cm×1.8cmほどの「口」の字形の断面形を持つ。長さは5.と見られる。色調は表面が茶褐色の皮状の酸化物に覆われ、地は一部に赤錆が生じているものの、全体的には黒褐色である。									
分析部分	長軸端部1/5を直線状に切断し、鉄器の弱化部より、元の組織を推定する。断面側面を用意。残材返却。									
備 考	北東の押立柱内出土という事であり、側面の茶褐色の酸化物が本部に打ち込まれたままであった可能性があるかも知れない。ただし、断定的な表面状態とはいえない。分析指定位置はくさびの先端部分である。									



## 資料番号 28

項目	藻	メタル				
遺 諸 名	擅原遺跡	遺 物 No.	159	項 目	藻	メタル
出土状況	出土位置	II区1号伊掛海岸C12区①層	時期: 棚撲	分	マ ク ロ 検 級 硬 度 C M A	○ ○ ○
試料記号	檢 號: DAN-28 化 学: - 放 射 化: -	長 徑 12.6cm 粗 徑 3.9cm 厚 さ 1.5cm 重 量 85.0 g	表: 茶褐色 地: 黒 色 組 織 度 8 メタル 度 特L (食)	調 度 面 數 4 含 濃 度 特 L (食)	遺 物 存 在 度 破 片 組 合 度 断面樹脂	分析
遺物種類 (名 称)	黒鉛化木炭				財 火 度 カラリー 放 射 化 X線透過	
観察所見	12.6cmと長く偏平な黒鉛化木炭である。長軸の両端が欠けており、一方はぐわずか、他方はかなり大きく欠け落ちている。上面は比較的平滑で、本取りの截割面が残っており、下面は表皮の消失した本部表面が現れている。表面面や下面の各所には黒く光沢のある木炭組織が現れている。その一部はやや銀色を呈し、微細な結晶がわかる。おそらくこの部分は鉄部の被覆であろう。長軸片側面には、わずかに漆が剥落している。素材となった樹種は広葉樹で直径3.5cm以上までのまっすぐな材であったと考えられる。表面や長軸端部の破面には、長軸方向に本来の材の中心から放射状に亀裂が入っている。管路全周様知機の反応は特L (食)であり、かなりの木炭組織が鉄に置換されていることがわかる。色調は表面に付着する酸化物のため茶褐色を呈し、破面を中心に地の黒色の木炭部分が現れている。また暗褐色の黒鉛がじんじんでいる場所もある。					
分析部分	長軸端部1/6を直線的に切断し、黒鉛化木炭として分析に用いる。断面樹脂垂直。残材返却。					
備 考	擅原遺跡で確認された唯一の黒鉛化木炭である。細いまっすぐな広葉樹材が母体となっている。長さ12cm以上と長く燃料として投入されたものが残ったものとは考えにくい。却て部の高麗元空間に「(操業初期)」置かれたものが燃焼せず鉄と置換したものであろう。端部に残る漆の塗れ方向からみて、ほぼ水平に塗かれていたことが推測できる。また、こうした黒鉛化木炭は純鉄が生成されるような加熱条件に伴うことが多く、本例は分析資料No. 13などの生成物に伴う可能性が高い。					



## 資料番号 29

	遺 著 名	種原 遺跡	遺 物 No.	158-1・2・4・5	項 目	溶	メタル
出土状況	出土位置	I区1号炉焼津場L7区①層	時期: 横掘	18世紀代: 出土古鏡、陶器	分		
	検 級: DAN-29	長 径 - cm	表: 黒 色	遺 在 度	破 片	マ ク ロ	
試料記号	化 學: DAN-29	短 径 - cm	地: 黒 色	級 面 数	1 (4)	機 製	○
	放 射 化: -	厚 さ - cm	組 着 度	1	留 合 深 -	C M A	
遺物種類 (名 称)	木 灰 (4点)	量	重 量 49.0 g	メタル度	なし	X線回折 化	
					断面樹脂	耐 火 度	○
						カロリ一 放 射 化	
						X線透過	
観察所見	浜津場から浮標とともに回収された木灰である。樹種は29-1が杉、他は広葉樹である。どの資料も年輪数が確認でき、29-1では30本前後を数える。29-1~3は炭化がやや甘いが、4は炭化が進んでいる。剥割れは1のみに認められる。木取りは29-1、2、4は中央より放射状に割っているが、3は横目取りである。						
	29-1 長さ 4.6cm 幅 3.4cm 厚さ 2.3cm 9.0g	広葉樹の櫻孔材	30年生	炭化は甘い	剥割れあり	木取りはミカン割り	黒炭
	29-2 3.3cm 3.3cm 2.5cm 12.0g	広葉樹の櫻孔材	15~20年生	炭化は甘い	剥割れなし	木取りはミカン割り	黒炭
	29-3 5.2cm 3.6cm 1.6cm 13.0g	広葉樹の櫻孔材	炭化は甘い	剥割れなし		木取りは狂目取り	黒炭
	29-4 7.2cm 3.5cm 2.6cm 15.0g	針葉樹の櫻孔材	15年生?	炭化は甘い	剥割れなし	木取りはミカン割り	黒炭
分析部分	必要な品を選択し、木炭として分析に用いる。残材返却。分析には29-1・2の組み合わせ又は29-3を用い、29-4は保存する。						
備 考	29-1~4のうち、1~3と4の2種の材が特徴できる。いずれもはっきりした年輪が確認できる。はっきりした年輪数がわかるものはない。炭化は4を除いてかなり甘く、たら炭として扱かれている可能性があるが、29-1に剥割れがある点は注意される。木取りは基本的にミカン割主体で木炭としては黒炭に相当する。29-3の剥削面に工具痕が残るなど、小剥けされている可能性がある。29-4が針葉樹である点に留意。						



29-1



29-2



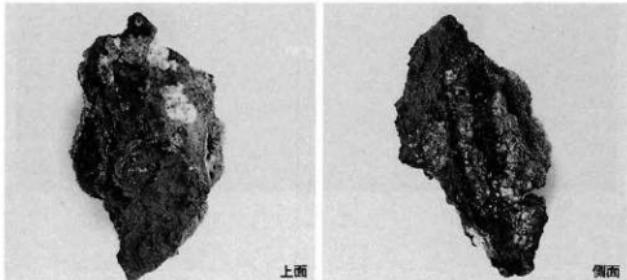
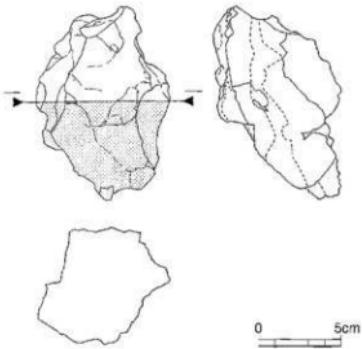
29-3



29-4

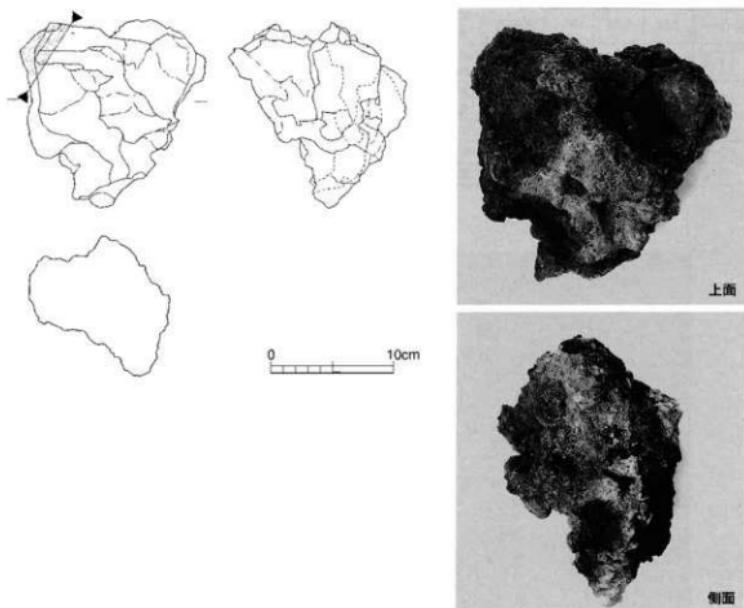
## 資料番号 30

出土状況	遺跡名		遺物 No.	160		項目	測定
	出土位置	V区1号炉遺構原位置(炉内)		時期: 桧柄	AD1350±15: 热殘留組氣		
	焼成度: DAN-30 試料記号 化学: DAN-30 試料記号 放射化: -	長径 14.0cm 短径 7.8cm 厚さ 7.1cm	表面: 黒色 地: 明褐色~黒色	遺存度: 破面数 5 組合度: 3 メタル板: なし	破片 割合: - 断面粗粒	分	マクロ 検鏡 硬度 CMA X線回折 化學 耐火度 カロリー 放射化 X線透過
遺物種類 (名 称)	炉壁 (焼成)	重量 400.0 g					
観察所見	遺構の調査時に、炉壁そのものから得られた遺物である。溶解面が4枚確認できることから操業後、壁を補修して使用していることが確認できる。粘土はやや軟かく剥離しやすい真粘土であろう。一般的のたらねの炉壁に用いられている粘土に比べて石英や長石の粒子が少ない印象を受ける。これはおそらく加熱温度が低いという条件であろうが、本來、高い耐火性を意図したものではない可能性が高い。初期の溶解面は黒色ガラス化し、その上に張りつけた留目、3回目の溶解面は茶褐色に酸化している。内面はいずれの面もわずかな凹凸や小さな点状の垂れがあるが、明瞭な木灰痕といえるものは確認できない。色調は他の粘土部分が明褐色で、1.3cm程の厚みの淡い赤褐色を呈する酸化部を経て、1cm前後の厚みを持つ黒色ガラス質の表面層が操業当初の内面である。スザは混和されていない。						
分析部分	長軸端部1/2を直線状に切断し、表面のガラス質層と粘土を分析に用いる。残材返却。						
備 考	基本的に古代から近世の箱形の製錬炉は、操作ごとに炉壁を解体して内容物(炉底渣など)を取り出すため、炉壁を補修して使用することはないとされている。また耐火度を高めるために多量の石英や、長石の粒子をまじえるのが通例である。本資料(遺構)はそうした事例と異なり、明らかに2回の補修を行い、3回目の操業を行っている。また、粘土も石英質のものが少なめで、耐火度に対する対応が甘いといえよう。これは炉の使い廻しと操業温度が低いということの反映と考えられ、炉壁粘土からの造渣効果をねらっていないからであろう。なお炉壁の部位としては、直立気孔に敵の立つ通風孔側の壁上半部分であろう。						



## 資料番号 31

出土状況	遺 帯 名	種類遺跡	遺 物 No.	162	項 目	序	メタル
	出土位置	V区1号炉遺構	原位置(炉底)	時期: 模範			
試料記号	検 編:DAN-31 化 学:DAN-31	長 級 12.1cm 短 級 16.0cm	表:暗褐色 地:黒褐色	遺 存 度 破 面 数 0? (1)	色 調	測 定 形	
放射化:	-	厚 底 9.4cm	磁 着 度 10	前 向 流 -			
遺物種類 (名 称)	量 炉底塊	重 量 2000.0 g	メタル度 特L(女) 断面標指	○			
観察所見	平面、不整台形をした炉底塊の中核部である。全体的には輪郭といえるが、中央付近にふ状に盛り上がっており、大きな凹みの点をもつたごつごつした印象を受ける。炉底一方の壁が直立し、その前面は繊やかな傾斜面である。その手前の下端部から流出孔が飛び出している。本資料はその底面に完全に遺存していたもので、形状は炉底そのものを忠実に写した輪形である。下面には明褐色の炉底土が一部に残り、直立した盤面では高さ1.5cm、大半は1cm以下の木炭質と木炭そのものに被われている。炉底塊内部にもかなりこじんした木炭質や木炭片が認められる。凹凸が激しく、上下にきれいに分別できる訳ではないが、上半部の方が焦緋や錆ぶくれが激しく、鉄が生成していることがわかる。一方、長軸端部片側の炉底塊底面より、幅2.2cm×長さ2.0cm前後の流出岸の青黒い破面がみえる。これは流出岸の断面でもあり、小さな輪形である。色調は表面、地とも暗褐色である。						
分析部分	長軸端部1/8を直線状に切削し、鋸部とメタル部をそれぞれ分析に用いる。断面標識布。残材追記。						
備 考	平面、不整台形で破片として脱落した部分を加えれば本来は半円形で、長軸端部ド堵から流出岸が伸びる形状である。一般的な鍛冶炉の輪形鍛冶岸のように、岸が液体から固結した状況とは異なり、小ぶりの木炭の層の上に鉄が主体で、岸の現在する形のものが乗っている。上下方向に分厚く、特に中央部には幅3cm程の塊状の部分が遺存している。こうした形状は素材となった岸を含む小鉄塊を加熱し、炉内には鉄をとどめ、炉外には流出孔を通じて岸を排出する一連の操作の結果みたい。						

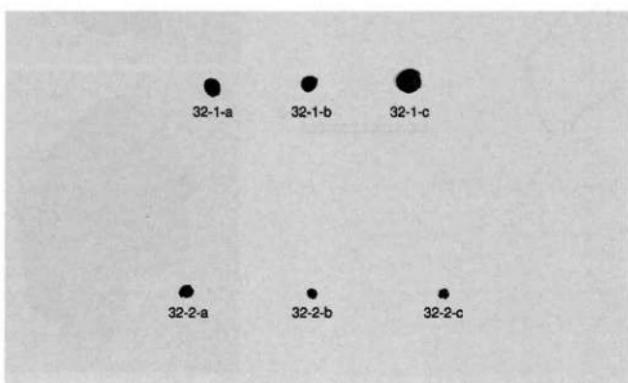


## 資料番号 32

遺跡名		櫻原遺跡		遺物 No.		165		項目	津	メタル
出土状況		V区1号炉東側 掘削部		時期: 桁挽		AD1350±15: 烟灰留痕				
試料記号	検 級: DAN-32	長 軸 - cm 法	短 軸 - cm	色 調 表: -	遺 存 度 地: -	研 磨 度 地: -	前 合 渡 地: -	分析	マ ク ロ ○	
	化 学: -			色 調 地: -		研 磨 度 地: -			機 調 ○	
	放射化: -	厚 さ - cm 量	重 量 - g	メタル度 な し		断面樹脂 な し			C M A	
遺物種類 (名 称)	粒状津 (6点)								X線回折 化 学	
観察所見	大、中、小の計6点の粒状津サンプルである。分離したおりのふるいの目のサイズ順に大きい方より32-1-a・b・cの3点、32-2-a・b・cの3点の合計6点である。このうち、32-1-a・b・cの3点は疑似粒状津と考えられる。個別の詳細は別表参照。									
分析部分	必要品を選択し、粒状津として分析に用いる。残材追加。									

## 分析資料No.32 粒状津(単位mm)

枝番号	長 軸	短 軸	厚 さ	色 調	形 状 及 び 表 面		研 磨	気 孔
					形 状	表 面		
32-1-a	7.40	5.80	-	暗灰色	不整な球状で、平坦面を3面もつ。平坦面には溝状の凹みがある。やや光沢あり。		弱	あり
-1-b	5.80	5.40	-	暗褐色	不整な球状で平坦面を1面もつ。長軸端部の一方に突出部あり。酸化土砂付着。		弱	なし
-1-c	9.60	7.70	-	暗褐色	不整な卵状で、平坦面を4面もつ。平坦面には溝状の凹みがある。やや光沢あり。酸化土砂付着。		強	なし
-2-a	3.00	-	-	暗褐色	不整な球状でごく小さな突起が3カ所ある。酸化土砂付着。		弱	あり
-2-b	2.30	-	-	暗灰色	球状。小さな突起が2カ所ある。		弱	なし
-2-c	2.20	-	-	暗灰色	球状。鉄滓片(?)がほぼ全面に付着。表面が露出している部分には光沢あり。		強	なし

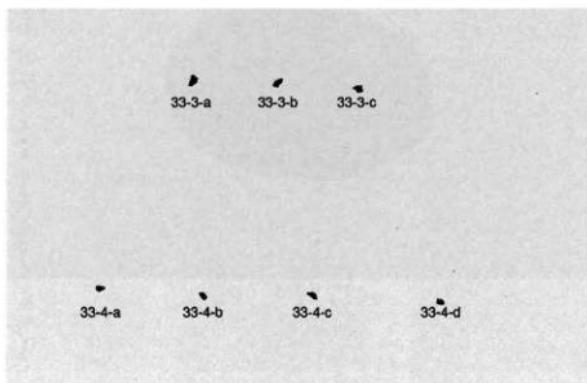


## 資料番号 33

出土状況	遺跡名	櫛原遺跡		遺物No.	166		項目	津	メタル
	出土位置	V区1号炉裏側 排渣部		時刻: 根據	AD1350±15: 热残留磁気				
試料記号	検鏡: DAN-33 法 化 学: - 放射化: -	長 度 - cm	色 調	表: -	通 存 度	-	分析	マクロ 検鏡 建 度 C M A X線加熱 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過	
		短 度 - cm		地: -	硬 軟 数	-			
		厚 度 - cm	磁 着 度	-	前 后 深	-			
遺物種類 (名 称)	鍛造剥片様遺物 (7点)	量	重 量 - g	メタル度	な し	断面衝撃			
検査所見	炉の排渣部東側より回収された土砂より本焼の上、分離されたサンプルである。いずれも表裏に平坦面が羽状とはいって微細な凹凸が生じているため鍛造剥片といよりも溶の表面や割れ目より剥離した遺物のように見られるため、鍛造剥片様遺物としておく。なお、サンプル分類のおりのふるい目のサイズ軸に大きい方より33-3-a・b・cの3点と、33-4-a・b・c・dの合計7点である。詳細は別表参照。								
分析部分	必要な品を選択し、鍛造剥片様遺物として分析に用いる。残材返却。								
備 考	V区1号には、粒状の津は確実に伴うが、鍛造剥片が確実に伴うかどうかはつきりしない。従って鍛造剥片の有無、性状や移鉄の被熱状態により遺構の性格の判定に大きな影響を持つ。少ないサンプルであるが、しつかく検討が必要であろう。なお、非分類のサンプル中にも小さなしづわがあり、少々そり返したりしている中厚手の同種のサンプルが多数見られるため、分析サンプルの判定次第では全体の評価にも影響しよう。								

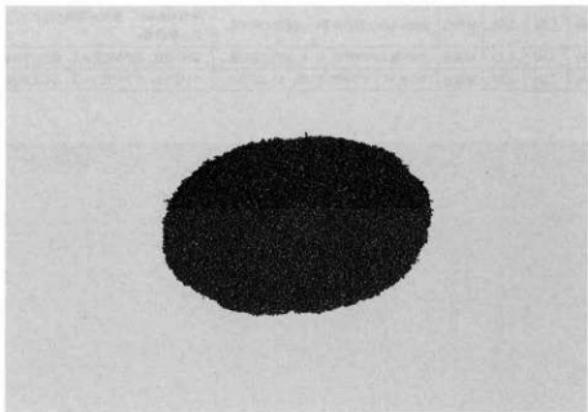
分析資料No.33 鍛造剥片(単位mm)

株番号	長 軸	短 軸	厚 度	色 調	表	裏	結着	氣孔
33-3-a	3.20	1.90	0.40	暗褐色	平坦であるが、小さなしづわや凹みがある。	平滑であるが、ザラザラして光沢はない。	弱	なし
-3-b	3.20	1.20	0.80	暗灰色	縦や横かい凹みが多く凹凸が激しい。	中央に棱がある。一部に赤錆が認められる。	弱	なし
3-c	2.50	1.60	0.30	暗褐色	平滑であるがザラザラしている。酸化土砂付着。	平滑であるが突起部をもつ。光沢はない。	強	なし
-4-a	1.90	1.20	0.40	暗褐色	平坦であるが細かなしづわ、突起をもつ。酸化土砂付着。	平滑で、長軸端部の一方に破面をもつ。光沢あり。	弱	なし
-4-b	1.80	1.30	0.50	暗褐色	縦かくしづわ、凹凸が多い。酸化土砂付着。	平坦であるが、帯状の隆起部をもつ。酸化土砂付着。	弱	なし
-4-c	2.70	1.00	0.40	暗褐色	平坦であるがザラザラしている。酸化土砂付着。	縦かく破面、幾つか多見られる。酸化土砂付着。	なし	
-4-d	1.80	1.30	0.30	暗灰色	やや波うち、ザラザラしている。少し光沢あり。	やや波うち、ザラザラしている。少し光沢あり。	強	なし



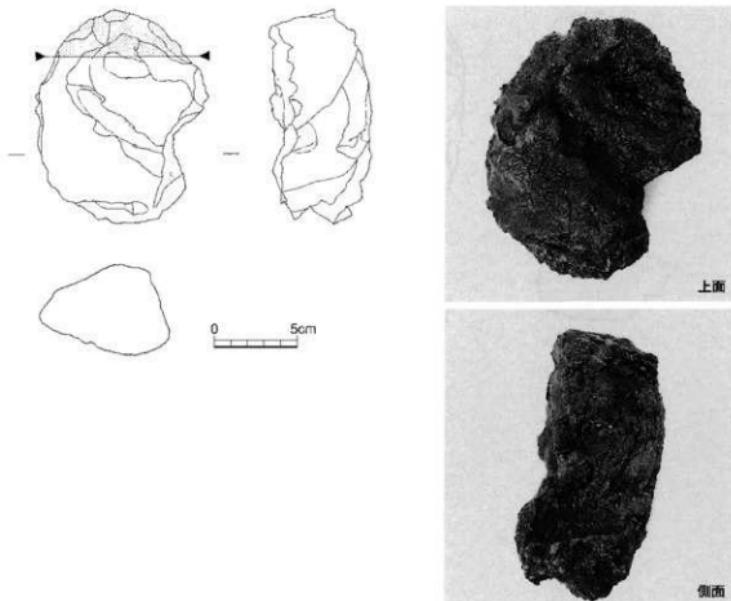
## 資料番号 34

出土状況	遺跡名	猪原遺跡		遺物 No.		167	項目	漆	メタル
		出土位置	VII区1号炉東側 排滓部	時期: 横施	AD1350±15: 熱殘留磁気				
試料記号	横 機: DAN-34	長 度 - cm	表: -	遺存 深	-		分 析	マ ク ロ ○	
	化 学: -	短 長 - cm	色 調	地: 明褐色	破 面 数	-		模 瓶 ○	
	放 射 化: -	厚 さ - cm	磁 極 度	5	前 合 使	-		C M A X線衍折化 学	
遺物種類 (名 称)	砂鉄混在物	量 重 量 金 量	メタル 度 な し	断面樹脂	-		研 磨 度	X 線透射	財 火 度
観察所見	炉の東側で採取した排滓部から採取した砂鉄混在物で、砂鉄のかずの小片、鎔化鉄粒、鍛造剥片標遺物など諸多な遺物から構成されている。								
分析部分	必要品を選択し、砂鉄と鍛造剥片標遺物の混在物として分析に用いる。残材選却。								



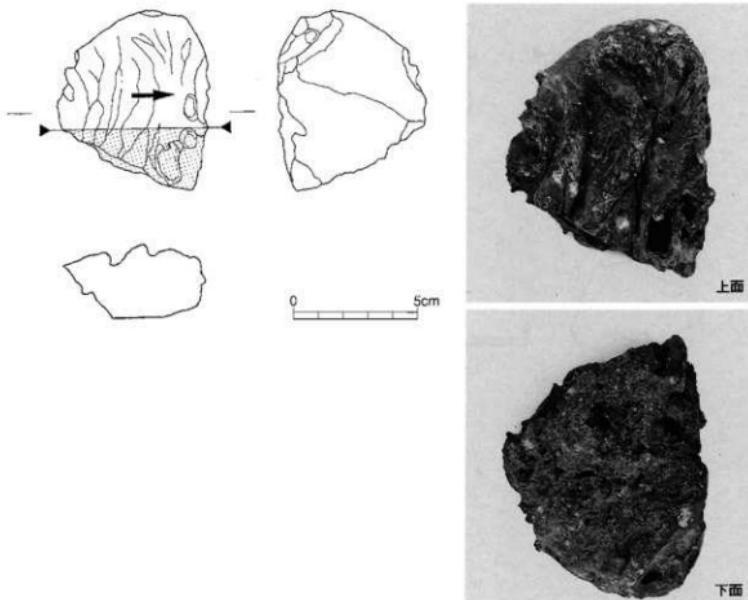
## 資料番号 35

出土状況	遺跡名	査定遺跡	遺物 No.	168	分	現日	浮	胎土							
	出土位置	V区2号炉加厚部(排渣場)	時期: 框格	AD1340±25: 热残留ガス		マクロ	後	地							
試料記号	検 證: DAN-35 化 学: DAN-35 放射化: -	長 径 13.1cm 短 径 10.4cm 厚 さ 5.7cm	色 調 表: 黒褐色～赤褐色 地: 斑褐色～赤褐色	透 明 度 4	存 在 度 前 合 深 (バインダー) 3 (7)	破 片 破 面 数	C M A								
	遺物種類 (名 称)	炉 壁 (送風孔付) 量 重 量 660.0 g	メタル板	な し	新面樹脂	-	X線屈折 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透視								
	観察所見	側面に通風孔をもつて腰片である。内面は溶解したガラス質、裏面と下面は酸化皮。上半部の側面は流動状の隙に薄く覆われており、炉壁片としては特異なものである。通風孔部は下辺が丸く面がやや直線状で、下辺はすぼまるものと推定される。穿孔方向は炉壁面に対し、わずかに角度をもっている。穿孔角度はマイナス20度と推定される。胎土は灰白色の石や石英、長石等を含みや軟質といえる。色調は穿孔部と上方内部は赤褐色、外側に向かい火褐色を呈する。本資料で特異なのは上半部の破面に流動状の窓が完全に付着していることである。これは溶けた炉壁のひび割れにしみ込んだものではなく、完全に液に被われていることになる。これは炉壁が二次的に何らかの部品として転用された結果であろうと考えられる。内面を中心としたガラス質窓は、やや突起があった黒褐色で、あとから加えられた樹脂(バインダー)による影響を除けば分析資料No. 36, 37にやや近い状況である。													
分析部分	長軸端部1/4を直線状に切断し、表面のガラス質と胎土を分析に用いる。残材返却。表面がバインダー処理されていることに注意。														
備 考	炉壁全体の被熱が弱く、中世の鎧形の部品としても不思議な遺物である。それに加えて破面上にかかる浮や赤褐色の被熱部の広がりなど、一般的な鉄片とは違う特徴を持つ。中世の鎧形の流出孔の開口や、特殊な單体的一部分(圓みを含めて)転用された可能性があろう。出土位置からいえば前素の可能性がより高そうである。分析サンプルはバインダー使用されている。														



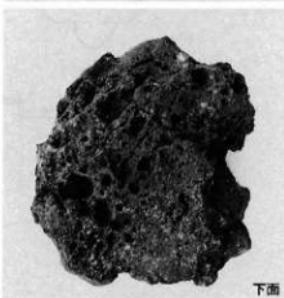
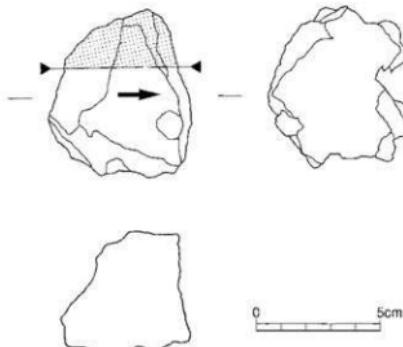
## 資料番号 36

出土状況	遺跡名	検査遺跡		遺物 No.	177			項目	漆	メタル	
	出土位置	V区2号炉地下構造上部		時期: 桧尾	AD1340±25: 烟灰留痕気						
試料記号 化 学: DAN-36 放射化: -	検 究: DAN-36 法	長 径 7.5cm 短 径 5.9cm	色 調 表: 黒褐色 地: 黒褐色	遺 存 度 破 面 敷 5	破 片			分 新	マ ク ロ 機 械 破 壊 度 C M A X線屈折 化 学	○	
		厚 さ 2.6cm	粗 糙 度 4	前 合 渡 -					射 火 度 カロリー	○	
	遺物種類 (名 称) 流出漆	量 重 量 149.0 g	メタル度 なし	断面樹脂	-				放射化 X線透過		
観察所見		平面、不整三角形をした流出漆の破片である。背面3面は破面、上下面と側面の一部のみ生きている。上面には大きなひだ状のしわがあり立つ。側面から裏面には赤褐色の付着土跡が残る。破面の気孔は少なく、斜め方向に大ぶりなものが認められる。これは気孔が漆の流動により詰がんだことを示すものであろう。色調は下面の付着物を除いてやや紫がかった黒褐色で、一見銅系統の漆のようにも見える。									
分析部分		長軸端部1/3を直線状に切断し、漆として分析に用いる。残材蒸却。									
備 考		流出漆表面のしわのよりもやや特殊であり、漆表面や下面の色も青黒い一般的な鉛系の流動渾らしない。これは成分系を多少反映したものであろうか。残されている資料が20点余と少ないため、全体の構成はどうであったのかは不明である。水性のこと。									



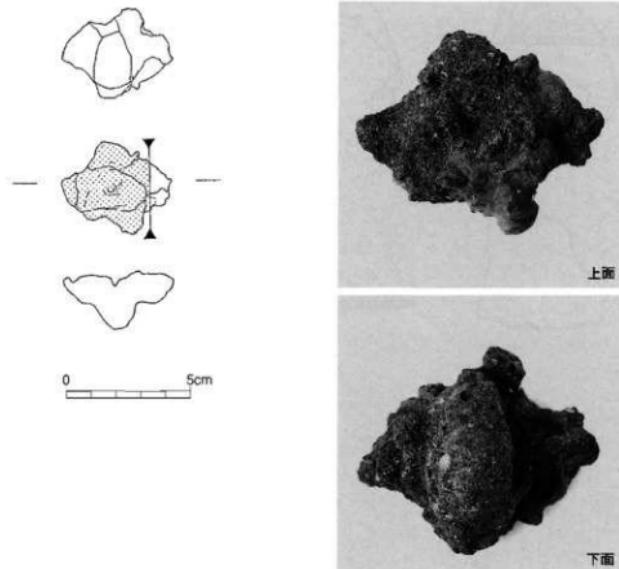
## 資料番号 37

遺跡名	椎原遺跡		遺物 No.	181		項目	津	メタル
出土状況	出土位置		V区2号炉内	時期: 根拠	AD1340±25: 热焼鉄磁気			
	検鏡: DAN-37 試料記号 放射化:		長径 6.5cm 幅 5.7cm 厚さ 5.9cm	色調 地: 黒褐色	保存度 破面数 5	破片	マクロ 後 研 度 CMA X線面分析 化 学 耐 火 度 カロリー 放射化 X線透過程	
遺物種類 (名 称)	量	流出津	重量 205.0 g	比重	5	前 合 深	一	分析
観察所見	半向、不整合形をした気孔の多い流出津の破片である。両面2面と下面は底面、上面の一部と側面一面は生きている。ガスが多量に含まれていたためか上半の津は気孔がやや大ぶりで、横方向に伸びたものが多い。これは津が流れながらも上に向かいあくれていることを示すものである。下半はやや緻密で気孔も少なく、下面には幅1cmほどのガスの完全に抜けた沈殿津の先端が取り込まれている。これは以前に流出した津を巻き込んだものであろう。側面にある底痕は凹凸が左右方向にあり、粗い右の露出したような流出津に流れ出たことをうかがわせる。色調は側面を中心にして褐色の酸化物が多く、地はやや紫がかかった黒褐色である。							
分析部分	長軸端部1/3を直線状に切断し、津として分析に用いる。残渣退却。							
備考	ガスの量は分析資料No. 36より本資料の方が多いが、底の地色は青黒いものではなく、No. 36と良く似ている。鐵系の津としてはやや異質に見えるが、表面に付着する酸化物や焼土による二次汚染のためかも知れない。							



## 資料番号 38

遺跡名	柵原遺跡		遺物 No.	183			項目	津	メタル
出土状況	出土位置		II区1号坑内			時期：根拠	不明		
	検 號：DAN-38		長 條 4.3cm	表：	—	遺 存 度	破片？		
試料記号	化 学：	—	色 調						
	法		鉄 3.7cm	地：	—	破 片 数	1		
	放射化：	—							
遺物理類 (名 称)	含鉄鉄滓	量	厚 さ 3.2cm	磁 着 度	6	前 合 深	—		
				H (○)		断面樹脂	○		
観察所見	平面、不整な菱形をした含鉄鉄滓である。上面から鋸面は凹凸があり、下面中央には鋸びて跡状に突出した含鉄部分がある。全体にやや流動気味である。気孔の割れ目が表面となっている。裏面の突出部は茶褐色で酸化土砂を厚く付着させている。上面を中心に津化している部分は気孔がやや少なく、紫紅色の酸化色が多い。這是荒褐色である。								
分析部分	長辺端部4／5を直線状に切削し、滓を中心的に分析に用いる。断面樹脂面。残材返却。								
備 考	破面がごくわずかで含鉄部が下間に残り、上面は凹凸のある滓となっている点からみて、精練鍛冶技術に炉内で一體とならず離したままに留まつた製錬系の含鉄滓、あるいは精錬系の含鉄滓であろう。本遺構からは定形の純形鍛冶滓は回収されておらず、数少ない含鉄の伴資料である。								

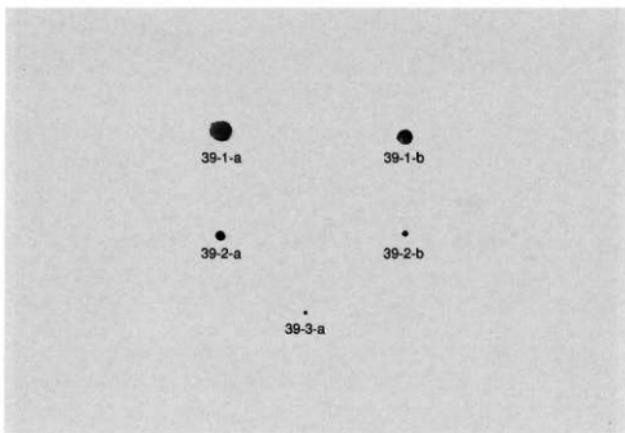


## 資料番号 39

出土状況	遺跡名	櫻原遺跡		遺物 No.	184		項目	漆	メタル
	出土位置	II区1号炉内		時期：初期	不明			マグロ 焼	○
試料記号	検 銀： DAN-39	長 梱	- cm	表： -	裏存度	-	硬度	○	
	化 学： -	法	色	調	地： -	破面数	C.M.A		
	放射化： -	短 梱	- cm	地： -			X線回折 化 学		
遺物種類 (名 称)	粒状滓	厚 さ	- cm	磁着度	-	前含浸	耐火度		
	(5点)	量	- g	メタル度	なし	断面樹脂	カロリー		
観察所見 大、中、小の計5点の粒状滓サンプルである。分離したおりのふるいの目的のサイズ類に大きい方より39-1-a・bの2点、39-2-a・bの2点、39-3-aの合計5点である。このうち、39-1-a・bの2点は疑似粒状滓と考えられる。個別の詳細は別表参照。									
分析部分 必要品を選択し、粒状滓として分析に用いる。残材選択。									
備 考 II区1号炉は、V区2号炉の中世のたら又は、I区1号炉の近世企業たらに伴う鍛冶かの可能性が大である。									

## 分析資料No.39 粒状滓(単位mm)

枚番号	長軸	短軸	厚さ	色 滂	形 状 及 び 表 面	磁着	気孔
39-1-a	7.90	7.10	-	暗褐色	不整な球状で、平坦面を1箇もつ。平坦面には溝状の凹みがある。酸化土砂付着。	弱	あり
-1-b	5.50	-	-	暗褐色	不整な球状で平面面を1箇もつ。長軸端部の一方に突出部、他に62か所の突起をもつ。酸化土砂付着。	強	あり
-2-a	3.20	-	-	暗褐色	球状で、平坦面を2箇もつ。小さな突起が2カ所ある。酸化土砂付着。	弱	なし
-2-b	2.10	-	-	暗褐色	球状。小さな突起が1カ所ある。酸化土砂付着。	強	なし
-3-a	1.30	-	-	暗灰色	球状。小さな粒状の突起を2カ所もつ。酸化土砂付着。	弱	なし

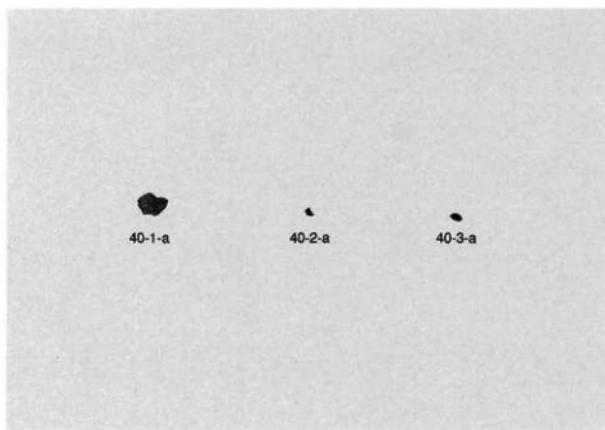


## 資料番号 40

出土状況	遺 誓 名	植草遺跡		遺 物 №.	185		分	項 目	詳	メタル
	出土位置	新区1号炉内		時期：根據	不 明			マ ク ロ	○	
試料記号	検 証： DAN-40 化 学： - 放射化： -	長 径 - cm 法 短 径 - cm 厚 さ - cm	色 調 地： -	表： - 被 面 級 晶 着 度 メタル度	遺 存 度 破 面 數 前 含 濃 な し	- -		接 繫 度 C M A X線同析 化 学 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透通		
	遺物種類 (名 称)	鋳造剥片無鉛物 (3点)	量 重 量 - g				折			
	観察所見	ごくわずかに採取された炉内の「」より鋳造剥片として分離されたサンプルである。通有の鋳造剥片に比べ同遺構層と同様、紫紅色の強い剥片である。このうち40-1-aと40-3-aは大きさはちがひもの、よく似た表面状態を示す。40-2-aはやや表面に酸化物が付着しているような形状で鉄器表面破片の可能性があるかもしれない。詳細は別表参照。								
分析部分	必要品を選択し、鋳造剥片として分析に用いる。残材返却。									

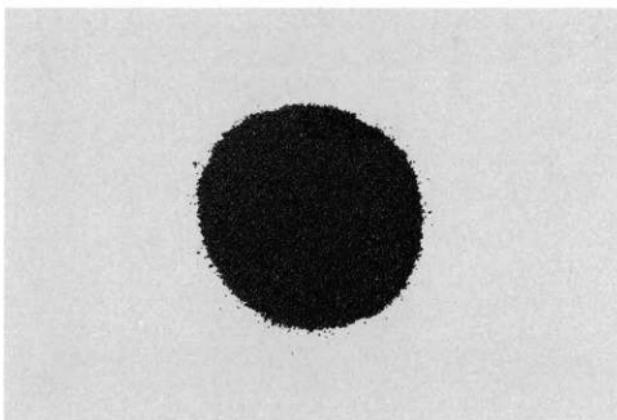
## 分析資料No.40 鋳造剥片(単位mm)

枝番号	長 軸	短 軸	厚 さ	色 調	表	裏	組 帯	気 孔
					平 基	平 基		
40-1-a	7.10	5.50	0.40	暗灰色	平坦であるがザザグしており、細かい突起をもつ。酸化土跡付着。	平滑で、小さな破面をもつ。酸化土跡付着。	弱	なし
-2-a	2.00	1.30	0.50	暗褐色	細かいしわがあり、中央付近に突起をもつ。酸化土跡付着。	平滑であるが、瘤状の隆起部をもつ。酸化土跡付着。	弱	あり
-3-a	3.20	1.80	0.20	暗褐色	半球であるが細かい粒状の突起が無数にある。酸化土砂 (?) 付着。	平滑で破面が少くみられる。	弱	なし



## 資料番号 41

出土状況	遺物名	植原遺跡		遺物 No.	186		分	項目 津		メタル
		出土位置	III区1号炉内		時期: 桁梁	不明				
試料記号	検 識: DAN-41 化 學: - 放 射 化: -	長 径 - cm 短 径 - cm 厚 さ - cm	cm 色 調 磁 磁 度	表: - 地: 茶褐色	遺 布 度 吸 面 数	- -	析	マ ク ロ 檢 識 硬 度 C M A X線回折 化 學 耐 火 度 カロリー 放 射 化 X線透過		
遺物種類 (名 称)	砂鉄混在物	量 重 量 20.3 g	メタル度 な し	断面標記	-					
観察所見	分析資料No. 40と同様、III区1号炉内の土砂より砂鉄混在物として分離されたサンプルである。砂鉄のはく離化鉄粒、漆の小片や鐵造片様遺物が混在する。									
分析部分	必要量を選択し、砂鉄と鐵造片の混在物として分析に用いる。残材返却。									





## 第4章 自然科学的分析

### 第1節 植原鉢跡の焼土の地磁気年代

時枝克安（島根大学総合理工学部） 伊藤晴明

#### 1. 地磁気年代法の仕組

地磁気は一定ではなく不規則に変動している。この地磁気変動には周期の短いものから長いものまで様々な成分が含まれているが、それらのなかでも、10年以上経過してはじめて顕著になるような溝緩な変動を地磁気永年変化と称している。地磁気年代測定法で時計の機能をはたすのはこの地磁気永年変化であり、過去の地磁気の方向の時間的变化を示す曲線に年代を目盛って、地磁気の方向から逆に年代を読みとろうとする。しかし、例えば、ある焼土が何時焼けたかを知ろうとするとき、焼土が焼けたときの地磁気の方向がどこ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。実は、焼けた時の地磁気の方向は焼土の熱残留磁気として記録されている。地磁気年代を求める手順を述べると、まず、焼土の定位試料を採取し、それらの熱残留磁気を測定して、焼土が最終加熱されたときの地磁気の方向を求める。そして、標準となる地磁気永年変化曲線上にこの方向に近い点をもとめて年代目盛りを読みとることになる。

地磁気中で粘土が焼けると、粘土に含まれる磁性鉱物（磁鐵鉱、赤鐵鉱等）が担い手となって、焼土は熱残留磁気を帯びる。この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、しかも非常に安定であり、磁性鉱物のキュリー温度（磁鐵鉱で578°C、赤鐵鉱で675°C）以上に再加熱されないかぎり数万年以上年代が経過しても変化しない。もし、焼土がキュリー温度以上に再加熱された場合は、それまで保持していた残留磁気が消滅し、新たに再加熱時の地磁気の方向を向いた熱残留磁気が獲得される。つまり、焼土は最終焼成時の地磁気を熱残留磁気として正確に記憶する。それゆえ、あらかじめ、年代既知の焼土の熱残留磁気を測定して、地磁気の方向の時間的变化をグラフにしておけば、このグラフを時計として、年代未知の焼土がいつ焼けたかを逆に推定できる。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焼成時の針の位置を記憶していることになる。日本では、広岡によって西南日本の過去2000年間の地磁気永年変化曲線がかなり詳しく測定されているので、この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。地磁気年代測定法の詳細については中島による解説が参考になる。

#### 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、その場所での標準曲線の形が西南日本のものからかなり相違していることが問題となる。厳密に言えば、ある焼土の地磁気年代を求めるには、焼土の熱残留磁気をその場所の標準曲線と比較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。

第二に指摘すべきことは、「地磁気年代は、地磁気変動という物理現象から推定されるので土器編年に左右されない」と思われるがちであるが、これは誤解であり、両者は密接な関係で結ばれてい るという事実である。すなわち、少數の年代定点をのぞくと、標準曲線上の年代目盛りのほとんど

は考古学の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がないが、年代定点から遠くなるほど地磁気年代は土器編年の影響をより強く受けることになり、もし、土器編年に改訂があれば、地磁気年代もそれに伴って訂正しなければならない。年代定点が増加すると、地磁気年代と土器編年の相互依存は解消するが、現状ではやむをえない。しかし、地磁気を媒介とする地磁気年代測定法は、無遺物の場合でも有効である点、また、遠隔地の土器編年を地磁気変動を通じて対比できる点で独自の性格をもつ。

### 3. 遺構と試料

檜原鉢跡（島根県簸川郡佐田町）のたたら跡（I区）、箱形炉（V区）、2基の鍛冶炉跡（II区、V区）から地磁気年代を推定するための定方位試料を採取した。たたら跡（I区）はほぼ東西に沿って構築され、石組をもつ本床とその両側の小舟からなり、18世紀前半～後半の肥前系陶器が出土している。定方位試料は、南北小舟を覆う厚い焼土の東端断面から各々10個ずつ計20個を採取した。箱形炉（V区）では、北側の側壁下部と地下構造の床面に焼土が残存しており、北側壁から6個、床面から14個、計20個の定方位試料を採取した。鍛冶炉跡（V区）は箱形炉に近接して存在し、周縁の焼土は厚さ10cm～20cmにわたって固く焼き締まっている。定方位試料は周縁部から18個を採取した。鍛冶炉跡（II区）は橢円形をしており、定方位試料は周縁部の比較的焼成度のよい所から10個を採取している。遺構と焼土の特徴および採取試料数を表1にまとめる。

表1 遺構の特徴と採取試料数

遺構	遺構と焼土の特徴（試料数）	試料数
たたら跡（I区）	石組本床、南小舟（10）、北小舟（10）、18C〔土器〕	20
箱形炉跡（V区）	地下構造の床面（14）、北側壁（6）	20
鍛冶炉跡（V区）	箱形炉に近接、周縁部（18）	18
鍛冶炉跡（II区）	橢円形、焼けのよい周縁部	10

### 4. 測定結果

試料の残留磁気の方向をスピナー磁力計で測定した。測定結果を図1～4に示す。鍛冶炉跡（II区）については、残留磁気が大きく乱れており、地磁気年代を推定できないが、それ以外の遺構については、図の円内に選択した集中度が良好なデータから地磁気年代を推定する。たたら跡では、北壁小舟の断面のデータを省略すると南側小舟のデータがよく揃っている（図1）。V区の箱形炉では鋭いデータの集中は見られないが、比較的密に集合したグループを選択できる（図2）。V区の鍛冶炉では測定結果が伏角の深い群と浅い群に分かれるが（図3）、前者が炉の北側と南側の2ヶ所の結果を含むのに対して、後者は炉の南側一ヶ所の狭い範囲の結果である。このことから、後者は元々、前者と同じ方向に揃っていたが、一様な攪乱のために残留磁気の方向が揃ったまま伏角が浅くなったものと判断できる。それゆえ、後者は省略し、伏角の深い群の中からさらに集中度のよいデータを選択する。II区の鍛冶炉のデータ（図4）には揃うものが見あらない。

円内のデータの平均伏角（Im）、平均偏角（Dm）、Fisherの信頼度係数（k）、95%誤差角（θ<sub>95</sub>）、利用試料数/採取試料数（n/N）を次ページの表にまとめる。なお、kの値が大きく、θ<sub>95</sub>の値が小さいほど、残留磁気の方向がよく揃っていることを意味している。

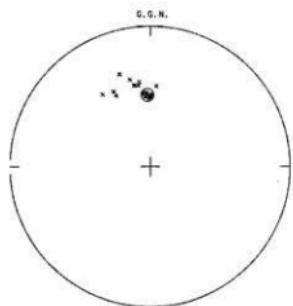


図1 植原が跡のたたら（I区）の残留磁気の方向

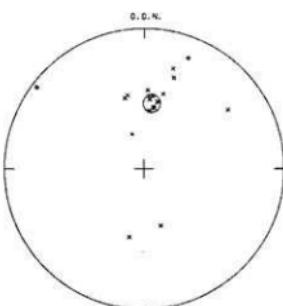


図2 植原炉跡の箱形炉（V区）の残留磁気の方向

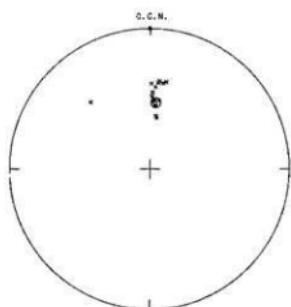


図3 植原炉跡の鋳冶炉（V区）の残留磁気の方向

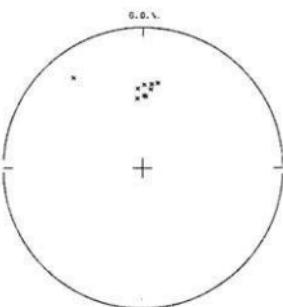


図4 植原炉跡の鋳冶炉（II区）の残留磁気の方向

#### 各焼土の残留磁気の平均方向と誤差の目安

遺構	Im (度)	Dm (度)	k	$\theta_{95}$ (度)	n/N
たたら跡（I区）	47.75	-2.17	1387	1.30	10/20
箱形炉跡（V区）	50.62	7.97	438	2.65	8/20
鋳冶炉跡（V区）	50.47	4.88	1477	1.74	6/18
鋳冶炉跡（II区）	データの分散により有意の平均なし				0/10

Im : 平均伏角

Dm : 平均偏角

k : Fisherの信頼度係数

$\theta_{95}$  : 95%誤差角

N : 利用試料数／採取試料数

## 5. 地磁気年代

図5は広岡による西南日本の過去2000年間の地磁気水年変化曲線上に、選択した残留磁気の平均方向 (+印) と誤差の範囲(点線の梢円)を記入したものである。地磁気年代を求めるには、残留磁気の平均方向から近い点を水年変化曲線上に求めて、その点の年代を読みとればよい。年代誤差も点線の梢円から同様にして推定できる。標準曲線が狭い範囲で重なり合っているため、各遺構について複数の地磁気年代値が可能になるが、考古学的推定年代値からかけはなれた値を省略している。すなわち、たたらでは西暦年代で～80、～450、～1800の3種が可能であるが、前2者は操業年代の考古学的推定値(18C)とかけ離れているので省略する。他の2遺構の残留磁気の平均方向は、標準曲線の2つの屈曲部(A.D.100～400、A.D.1100～1400の各部分)の内側にあるので、4種の西暦年代(100～150、350～400、1150～1200、1300～1350)が可能となるが、前2者は考古学的に考えられないので省略する。上記の方法で求めた地磁気年代候補値を次表に示す。最初に記した年代値は、残留磁気の方向に最も近い点の値であり、第一候補値となる。

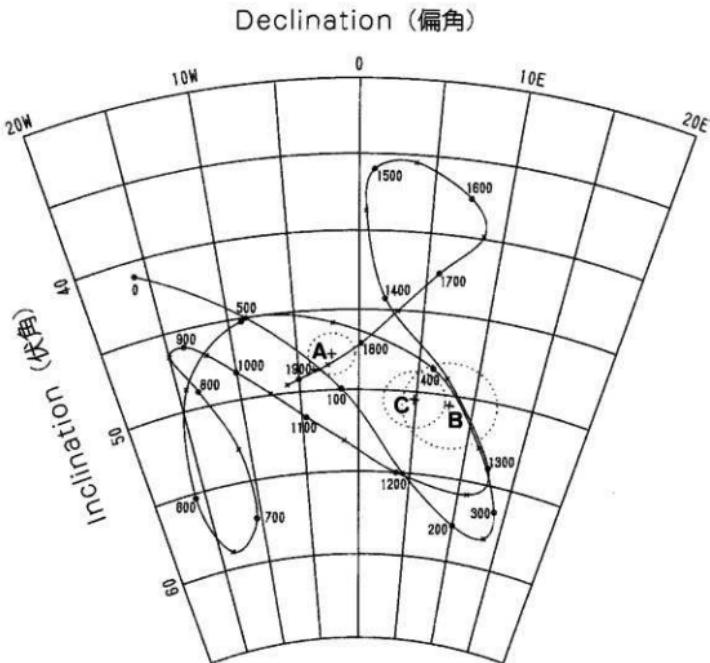


図5 檻厚炉跡の焼土の残留磁気の平均方向(+印)と誤差の範囲(点線の梢円)、および、西南日本の過去2000年間の地磁気水年変化曲線  
A: たたら(I区) B: 箱形炉(V区) C: 錫冶炉(V区)

櫛原炉跡の焼土の地磁気年代候補値

遺構	地磁気年代候補値
たたら跡（I 区）	A.D.1840±30
箱形炉跡（V 区）	A.D.1340±25 or A.D.1200±30
鍛冶炉跡（V 区）	A.D.1350±15 or A.D.1180±25
鍛冶炉跡（II 区）	データの分散により年代推定不能

地磁気年代候補値のうち、たたらの年代（A.D.1840±30）は考古学的年代とほぼ整合するので問題はない。箱形炉と鍛冶炉（V 区）では標準曲線の屈曲部分（A.D.1100—1400）の両サイドに対応する 2 つの年代候補地（～1200、～1350）のどちらを選ぶかが問題となるが、残念ながらどちらの遺構からも遺物が出土していないので、土器年代を参照することができない。それゆえ、地磁気年代法の原理により標準曲線に最も近い第一候補値を選ぶことにする。

櫛原炉跡の焼土の地磁気年代

遺構	地磁気年代
たたら跡（I 区）	A.D.1840±30
箱形炉跡（V 区）	A.D.1340±25
鍛冶炉跡（V 区）	A.D.1350±15
鍛冶炉跡（II 区）	データの分散により年代推定不能

最後に試料採取時にお世話になった島根県教育委員会の宮本正保氏をはじめとする皆様に厚く感謝します。

註

1) 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

2) 中島正志、夏原信義 「考古地磁気年代推定法」考古学ライブライ一 9 ニューサイエンス社

3) 註 1) と同じ

# 檀原遺跡出土製鉄・鍛冶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

檀原遺跡は、姫川郡佐田町大字上橋波に所在する。志津見ダム建設の一環で調査された中世から近世の製鉄関連遺跡である。調査区はI～V区にまで分かれる。そのうちのI・V・II区を代表させて製鉄関連遺物を選び出し、時期差と鉄生産の実態を把握する目的から金属学的調査を行った。I区は近世（18C代）たたら1号炉遺構、V区は中世（14C中頃）で、堅型炉に類似した形態とする1号炉と箱形炉地下構造をもつ2号炉、II区は時期不明の鍛冶関連遺構である。

## 2. 調査方法

### 2-1 供試材

Table. 1 に示す。遺物計41点の調査を行なった。

#### 2-1 調査項目

##### (1) 肉眼観察

発掘担当者側で作成した遺物観察表をもとに、筆者側の調査結果を加味して、加筆、省略している。

##### (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、投影器の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、エメリーストーン研磨紙の#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 $3\mu$ と $1\mu$ で仕上げて光学顕微鏡観察を行った。なお、金属鉄は5%ナイタル（硝酸アルコール液）で、腐食(Etching)している。

##### (4) ピッカース断面硬度

鉄滓の鉱物組成と、金属鉄の組織同定を目的として、ピ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 $136^\circ$ 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) CMA(Computer Aided X-Ray Micro Analyzer)調査

EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)にコンピューターを内蔵させた新鋭分析機器である。旧式装置は別名X線マイクロアナライザーとも呼ばれる。分析の原理は、真空中で試料面(顕微鏡試料併用)に電子線を照射し、発生する特性X線を分光後に画像化し、定性

的な結果を得る。更に標準試料とX線強度との対比から元素定量値をコンピューター処理してデータ解析を行う方法である。化学分析を行えない微量試料や鉱物組織の微小域の組織同定が可能である。

#### (6) 化学組成分析

供試材の分析は次の方法で実施した。

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

炭素 (C)、硫黄 (S) : 燃焼容量法、燃焼赤外吸収法

二酸化硅素 ( $\text{SiO}_2$ )、酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、酸化カルシウム ( $\text{CaO}$ )、酸化マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、酸化カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ )、酸化ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ )、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ )、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ )、酸化クロム ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、五酸化磷 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、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、灰分の磷 (P)、螢光X線分析法、発熱量、カロリー計。

### 3. 調査結果

#### (1) I 区 1 号炉出土遺物

##### DAN-1 炉壁

① 肉眼観察 : 不整台形状の厚手の炉壁片である。側面3面は破面。上面は水平に整えられた粘土単位の成形痕跡を残す。外面は被熱により黒色ガラス質化し、表面は紫紅色を呈する。胎土は大粒の石英・長石粒子が多数混和されている。

② 顕微鏡組織 : Photo. 1 ①～⑤に示す。①～③は炉壁内面の溶融ガラス質部分である。④は半還元砂鉄粒子である。粒子外周に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) の核から成長過程の結晶が散在する。⑤はガラス質滓中の微小析出物を示す。⑥は比較的発達したウルボスピネル結晶が暗黒色ガラス質滓中に晶出する個所である。⑦は被熱胎土部分で、粘土鉱物 (セリサイト) は熱影響を受けて非晶質化が進むが混和された石英粒子は残存する。

③ ピッカース断面硬度 : Photo. 1 ⑥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 696 Hv であった。ウルボスピネル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) に同定される。<sup>(iii)</sup>

④ 化学組成分析 : Table. 2 に示す。強熱減量 (Igloss) 2.95%と低めで、熱影響を受け結晶構造水がやや飛散した状態での分析である。鉄分 ( $\text{Fe}_{2}\text{O}_3$ ) 1.80%と低く、軟化性に優れる。酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) は 17.16%とやや低め傾向にあるが耐火性に悪影響を及ぼす程ではない。滓と鉄の分離を促す自媒剤となる塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) が 0.43%と低値で若干気がかりであるが耐火性には有利に働くであろう。

⑥耐火度：胎土をゼーゲルコーンという三角錐の試験片に作り、1分間当たり $10^{\circ}\text{C}$ の速度で温度上昇させ、変化が起ると $4^{\circ}\text{C}$ 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 $1525^{\circ}\text{C}$ であった。一般粘土であるにもかかわらず高い耐火性を示した。

#### DAN-2 炉壁

- ① 肉眼観察：内面は黒色ガラス質に溶融する。内面表面は半分以上紫紅色の酸化色を呈する。側面と裏面が破面。胎土は石英・長石を多量に混和し、かなり大きな石粒を含む。
- ② 顕微鏡組織：Photo. 1⑥～⑧に内面のガラス質部分を示す。⑥は微小析出物のある暗黒色ガラス質。⑦⑧はガラス質中の混入砂鉄痕跡を示す。
- ③ 化学組成分析：Table. 2 に示す。強熱減量 (Igloss) 1.12%と低く、熱影響を受けて結晶構造水がかなり飛散した状態。鉄分 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 1.65%、酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) は15.60%、塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) が0.42%と前述DAN-1の炉壁に近似した組成である。
- ④ 耐火度： $1445^{\circ}\text{C}$ と、DAN-1と比較して低い値を示したが、耐火性には優れた粘土である。

#### DAN-3 砂鉄

- ① 肉眼観察：黒色光沢質の砂鉄粒子である。各粒子は細粒が多く粒形は丸味を帯びる。灰白色の砂粒がかなり混在する。
- ② マクロ組織：Photo. 3⑧⑨に示す。丸みを帯びた砂鉄粒子が多いが角張った形状も混在する。粒径には $0.1\sim 0.7\text{mm}$ 程のばらつきがあり、 $0.2\sim 0.3\text{mm}$ 程の粒子が多い。また白色の磁鉄鉱粒子が主体で、格子組織を持つチタン鉄鉱粒子も僅かに存在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo. 2①～③に示す。白色の磁鉄鉱 (Magnetite :  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{FeO}$ ) 粒子主体で、格子組織を持つチタン鉄鉱 (Ilmenite :  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) は僅かにある。砂鉄粒子内に包裹鉱物はあまりみられない。
- ④ 化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 59.01%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 1.25%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 13.60%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 67.47%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 10.826%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 2.32%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 5.75%、バナジウム (V) 0.19%、また酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) は0.59%、銅 (Cu) 0.005%であった。比較的鉄分の含有率が高い。低チタン (Ti) 含有塩基性砂鉄に分類される。

#### DAN-4 砂鉄焼結塊（炉壁付着）

- ① 肉眼観察：平面不整合形の炉壁表面に焼結砂鉄が固着する。砂鉄焼結部は最大厚み $2.5\text{cm}$ 程で、砂鉄粒子は溶着気味である。磁着は強くなく、特殊金属探知器H (○) に反応する個所がある。炉壁は石英粒子の目立つ硬質土である。
- ② マクロ組織：Photo. 3⑩に示す。右側灰黒色が溶融ガラス化した炉壁表層面である。その左側の淡灰色底部側が砂鉄焼結である。炉壁面に接する個所は、還元反応が進んで金属鉄が晶出し、これが銹化しているので砂鉄粒子の痕跡は見難くなる。しかし、更に左側へ進むと、砂鉄径 $0.1\sim 0.4\text{mm}$ 程の縁取り輪郭が観察される。

③ 顕微鏡組織：Photo. 2 ④～⑧に示す。④は中央に砂鉄粒の格子組織をもつチタン鉄鉱から金属鉄が抜け出した後の残骸粒子を示す。骨格をなす化合物はイルミナイトやウルボスピニルの核であり、黒点は金属鉄粒の銹化・剥落した跡である。左上隅には3粒程の半還元砂鉄粒子があり、白色金属鉄粒が遺存する。一方右側にはMag-ilmeniteの溶離組織の痕跡を留めた粒子がある。更に⑤⑥の中央は、再度金属鉄粒の晶出状況を拡大提示した。⑦⑧は旧砂鉄粒子の形態を留めたところの焼結状態を示す。各粒子間は溶着し、組織の一部を拡大すると格子組織が明瞭に表われる。

④ CMA調査：砂鉄粒子の格子組織残存部をPhoto.47のSE（2次電子像）に示す。この個所の高速定性分析結果がFig. 1である。（Fig. 1～29は紙面の都合で割愛）A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、チタン(Ti)、ガラス質成分(Si+Al+Ca+Mg)、硫黄(S)、酸素(O)、B-Rankで検出された元素はカリウム(K)であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.47に示す。SE中の縞状の明色部分は鉄(Fe)、チタン(Ti)、酸素(O)に白色輝点が集中し、チタン鉄鉱(Ilmenite: FeO·TiO<sub>2</sub>)の格子組織と同定される。それに隣り合う縞状の暗色部分は鉄(Fe)、珪素(Si)、マグネシウム(Mg)、酸素(O)に白色輝点が集中することから、ファイヤライト・マグネシア (Fayalite,magnesian: (Fe,Mg):SiO<sub>4</sub>)である。また鉄(Fe)、酸素(O)に白色輝点が集中する銹化鉄粒痕跡を残す。この部分では塩素(Cl)にも白色輝点が集中し、銹化に伴う汚染と判断される。他に僅かにガラス質成分(Si+Al+Ca+Mg)に白色輝点が集中する個所が認められる。

次に半還元砂鉄には、粒子周縁からウルボスピニルが成長し、更にヴスタイトが晶出する個所を調査した。Photo.48のSE（2次電子像）に示す鉱物相の高速定性分析結果がFig.2である。A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、チタン(Ti)、ガラス質成分(Si+Al+Ca+Mg+Na)、酸素(O)、B-Rankで検出された元素はカリウム(K)であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.48に示す。SEの周囲に多数晶出する淡茶褐色多角形結晶は鉄(Fe)、チタン(Ti)、酸素(O)に白色輝点が集中し、ウルボスピニル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO<sub>2</sub>)と同定される。また白色粒状結晶は鉄(Fe)、酸素(O)に白色輝点が集中するためヴスタイト(Wüstite: FeO)と判る。ヴスタイト粒内にも微細なウルボスピニルが析出する。なおチタン(Ti)にも薄く白色輝点が重なる。また視野中央右寄りに不整台形状に発達した淡灰色不定形結晶は鉄(Fe)、珪素(Si)、マグネシウム(Mg)、酸素(O)に白色輝点が集中するのは、ファイヤライト・マグネシア (Fayalite,magnesian: (Fe,Mg):SiO<sub>4</sub>)である。

⑤ 化学組成分析：Table. 2に示す。やや滓化が進んだ状態の塩基性砂鉄の焼結塊である。全鉄分(Total Fe) 48.83%に対して、金属鉄(Metallic Fe) 0.47%、酸化第1鉄(FeO) 33.31%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 32.12%の割合であった。ガラス質成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 17.168%で、このうち塩基性成分(CaO+MgO) 3.22%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)は多くて11.69%、バナジウム(V) 0.22%、酸化マンガン(MnO)も0.71%と高値である。また銅(Cu)は0.003%であった。前述したDAN-3自然堆積砂鉄とはチタン分に差異がある。たら投入砂鉄の産地は別であろうか。

#### DAN-5 工具付着滓

① 肉眼観察：平面不整台形をした工具付着滓である。上面に6×4.5cm程の板状の工具痕が残存

する。側面5面の内2面は破面。破面には細かい気孔が密集する。下面は僅かに流動気味の個所や、細かい気孔が露出する個所がある。

② 顕微鏡組織：Photo. 3 ①～⑤に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色微小片状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。塩基性砂鉄を原料とする製錬津の晶癖である。また④⑤中央の白色粒は微細な金属鉄粒である。

③ 化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分低く、脈石成分（Ti、V、Mn）及びガラス質成分の高い成分系である。全鉄分（Total Fe）28.39%に対して、金属鉄（Metallic Fe）0.57%、酸化第1鉄（FeO）27.57%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）9.14%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）は43.305%と高く、このうち塩基性成分（CaO+MgO）5.54%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）15.22%、バナジウム（V）0.33%と高値で、また酸化マンガン（MnO）も1.15%と高い。銅（Cu）は0.003%であった。塩基性砂鉄を原料とする製錬津に分類される。

#### DAN-6 工具付着津

① 肉眼観察：平面は不整長方形形状の工具付着津である。長軸方向に断面円形の棒状の工具痕を残す。側面4面は破面で、やや粗い気孔が弧状にならんでいる。外表面は紫紅色ではば平滑、緩やかな曲面を呈する。

② 顕微鏡組織：Photo. 3 ⑥～⑧に示す。鉱物組成は淡茶褐色樹枝状結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）が基地の黒色ガラス質津中に晶出する。砂鉄系製錬津の晶癖である。また⑦⑧にみられるようにウルボスピネルは未発達の樹枝状結晶を呈し、炉外に排出された際急速に冷却したと推定される。

#### DAN-7 流出孔津（含鉄）

① 肉眼観察：上下面と側面1面は生きているが、長軸側両端と側面1面が破面。断面形は浅い皿状を呈する。上面には長軸方向に断面U字形で溝状の工具痕が残る。また端部に含鉄部が存在する。下面には一面炉壁粘土状の付着物がある。

② 顕微鏡組織：Photo. 4 ①～⑤に示す。①は津部の鉱物相を示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）、及び微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。砂鉄製錬津の晶癖である。また②は金属鉄部分を5%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。層状のパーライト素地にセメンタイト、片状黒鉛の析出するねずみ鉄組織であった。

③ ピッカース断面硬度：Photo. 4 ③～⑤に硬度測定の圧痕を示す。③④は金属鉄部分の調査である。③は素地のパーライト部分で硬度値は230Hv、④は片状黒鉛が析出する個所で硬度値は109Hvであった。それぞれ組織に見合った値といえる。また⑤は津部の淡茶褐色多角形結晶で、硬度値は645Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に同定される。

④ CMA調査：Photo. 49のSE（2次電子像）に示す鉄部の非金属介在物の高速定量分析結果がFig. 3 である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、磷（P）、硫黄（S）、酸素（O）であった。こ

の高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.49に示す。SEに13の番号をつけた個所は鉄(Fe)、酸素(O)に白色輝点が集中し、定量分析値は80.7%FeO-4.0%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>であった。錆化鉄と推定される。また塩素(Cl)にも白色輝点が集中するが、錆化に伴う汚染の可能性が高い。14の番号をつけた黄褐色微小異物は鉄(Fe)、硫黄(S)に白色輝点が集中し、定量分析値は86.1%FeO-36.1%Sであった。硫化鉄(FeS)に同定される。また15のをつけた個所は鉄(Fe)、燐(P)、炭素(C)に白色輝点が集中し、定量分析値は127.9%FeO-11.6%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>であった。このためFe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P三元系共晶のステタイト(Steedite)に同定される。さらに片状の黒色部分では炭素(C)に白色輝点が強く集中する。黒鉛と同定される。

更にもう1視野津部鉱物相の調査を行った。Photo.50のSE(2次電子像)に示す鉱物相の高速定性分析結果がFig.4であった。A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、チタン(Ti)、バナジウム(V)、ガラス質成分(Si+Al+Ca+Mg+K+Na)、燐(P)、酸素(O)、B-Rankで検出された元素はマンガン(Mn)であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値がPhoto.50である。SEに10の番号をつけた淡茶褐色多角形結晶は鉄(Fe)、チタン(Ti)、酸素(O)に白色輝点が集中し、定量分析値は59.6%FeO-35.2%TiO<sub>2</sub>であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO<sub>2</sub>)に同定される。11の番号をつけた白色片状結晶は鉄(Fe)、チタン(Ti)、酸素(O)に白色輝点が集中し、定量分析値は54.0%FeO-42.7%TiO<sub>2</sub>であった。イルミナイト(Ilmenite:FeO·TiO<sub>2</sub>)に同定される。また12の番号をつけた個所の定量分析値は45.0%SiO<sub>2</sub>-8.5%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5.5%CaO-4.5%MgO-31.3%FeO-3.3%TiO<sub>2</sub>であった。微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト(Fayalite:2FeO·SiO<sub>2</sub>)と素地の珪酸塩の混合組成である。

⑤ 化学組成分析:Table.2に示す。津部の分析を行った。前述したDAN-5工具痕付着津と大差ない成分である。全鉄分(Total Fe)29.65%に対して、金属鉄(Metallic Fe)0.25%、酸化第1鉄(FeO)30.15%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)8.53%の割合であった。ガラス質成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)44.082%で、このうちに塩基性成分(CaO+MgO)6.24%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)15.06%、バナジウム(V)0.26%と高く、また酸化マンガン(MnO)も1.15%と高値であった。銅(Cu)は0.003%である。鉄分低く、脈石成分及びガラス質分の多い、砂鉄製鍊津の成分系である。

#### DAN-8 流出津(工具痕付)

① 肉眼観察:上下面と側面2面が生きており、側面2面は破面。破面下半部に丸棒状の工具痕が残る。また不規則な気孔が一面に発生する。津の底面には明褐色の炉壁粉が付着する。

② 顕微鏡組織:Photo.4⑥~⑧に示す。⑥は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル(Ulvöspinel:2FeO·TiO<sub>2</sub>)、微細な白色針状結晶イルミナイト(Ilmenite:FeO·TiO<sub>2</sub>)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト(Fayalite:2FeO·SiO<sub>2</sub>)が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。砂鉄製鍊津の晶癖である。また中央の白色部は金属鉄粒である。⑦⑧は微小金属鉄粒を5%ナイタルで腐食して現れた組織を示す。⑦は全面パーライトの共析組織、⑧はフェライト基地にセメンタイトが析出する過共析組織である。

③ CMA調査:Photo.51のSE(2次電子像)に示す鉱物相の高速定性分析結果がFig.5である。A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、チタン(Ti)、ガラス質成分(Si+Al+Ca+Mg+K+Na)、

酸素 (O)、B-Rankで検出された元素はマンガン (Mn) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.51に示す。SE上側の白色部は鉄 (Fe) にのみ強く白色輝点が集中し、金属鉄である。また、SE左側の淡茶褐色多角形結晶及び微細な樹枝状結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、ウルボスピネル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) とイルミナイト (Ilmenite :  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) が推測される。また素地部分ではガラス質成分 ( $\text{Si} + \text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ) に白色輝点が集中する。珪酸塩が同定される。

④ 化学組成分析：Table. 2 に示す。該品も脈石成分が高く製錬滓の成分系である。全鉄分 (Total Fe) 34.81%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.56%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 38.34%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 6.36%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 35.578%で、このうちに塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 4.70%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 16.75%、バナジウム (V) 0.56%と高く、また酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) も1.47%と高値であった。銅 (Cu) は0.003%である。

#### DAN-9 流出滓

① 肉眼観察：一条のやや不定方向に流れる流動滓である。長軸両端は破面。破面には気孔は全く認められない。上面はきれいな流動状で、下面にはきれいな炉壁粉が付着する。

② 顕微鏡組織：Photo. 5 ①～⑤に示す。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 :  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ )、淡褐色片状結晶シュードブルーカイト (Pseudobrookite :  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ ) が晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。また滓中に微細な金属鉄粒が散在する。②～⑤は微小金属鉄粒を5%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。③④は後述する⑤の金属鉄粒の硬度値からみて、白色部はセメンタイトと推測される。

③ ピッカース断面硬度：Photo.5④⑤に微小金属鉄粒の硬度測定の圧痕を示す。④はパーライト素地に針状セメンタイトが析出する鉄粒で硬度値は343Hv、⑤の鉄粒の硬度値は436Hvであった。組織に見合った値である。

④ 化学組成分析：Table. 2 に示す。前述してきた製錬滓DAN-4、5、7、8よりも脈石成分が高めの滓である。全鉄分 (Total Fe) 26.65%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.46%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 31.59%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 2.34%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 42.664%で、このうちに塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 6.00%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 20.55%、バナジウム (V) 0.43%と高く、また酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) も1.50%と高値であった。銅 (Cu) は0.004%である。鉄分低く、脈石成分及びガラス質分の高い成分系で、塩基性砂鉄を原料とする製錬滓に分類される。

#### DAN-10 流出滓

① 肉眼観察：大型で緻密な炉外流出滓で、側面5面と裏面の8割が破面である。滓は非常に流れのよい緻密質である。側面の破面は上半部ほど緻密で、中央部に横方向にふくらんだ大型の気孔が発生する。

② 顕微鏡組織：Photo. 5 ⑥～⑧に示す。鉱物組成は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ )、白色針状結晶イルミナイト (Ilmenite :  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) が基地の暗黒色ガラ

ス質滓中に晶出する。砂鉄製鍊滓の晶癖である。

③ ピッカース断面硬度：Photo. 5 ⑥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432Hvとウルボスピニルとしては非常に軟質の値を示したが、測定時の亀裂の影響などによる異常値の可能性が高い。

④ CMA調査：Photo.52のSE（2次電子像）に示す鉱物相の高速定性分析結果がFig. 6である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はマンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.52に示している。SEに6・8の番号をつけた淡茶褐色多角形結晶はともに鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に白色輝点が集中し、定量分析値は6の個所が58.0% FeO-35.3% TiO<sub>2</sub>、8の個所が59.0% FeO-34.9% TiO<sub>2</sub>と近似する値を示した。どちらもウルボスピニル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に同定される。7の素地部分はガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）に白色輝点が集中し、定量分析値は52.1% SiO<sub>2</sub>-11.3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-6.6% CaO-2.1% MgO-1.7% K<sub>2</sub>O-19.1% FeO-2.3% TiO<sub>2</sub>であった。さらに9の番号をつけた個所の定量分析値は46.1% SiO<sub>2</sub>-7.3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2.5% CaO-5.2% MgO-1.7% K<sub>2</sub>O-33.2% FeO-1.7% TiO<sub>2</sub>であった。微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）及び基地の暗黒色ガラス質（珪酸塩）の混合組成の可能性が高い。

⑤ 化学組成分析：Table. 2 に示す。前述したDAN-5、7に近似した成分系である。全鉄分（Total Fe）30.90%、ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）40.953%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）6.16%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）15.90%、バナジウム（V）0.37%と高く、また酸化マンガン（MnO）も1.16%と高値であった。銅（Cu）は0.004%である。鉄分低く、脈石成分及びガラス質分の高い成分系で、塩基性砂鉄を原料とする製鍊滓に分類される。

#### DAN-11 含鉄鉄滓

① 肉眼観察：上下方向に長い含鉄鉄滓である。上面の一部と下面は生きており、側面は直線状の破面。上面端部に細い丸棒状の工具痕が残る。側面の破面は不規則な気孔が密集しており、側面から下面にかけて小さな鉄粒が連なっている。

② マクロ組織：Photo.38③に示す。中小の気孔の多い、不定形の鉄部を遺存する。写真上側の滓と接する部分では比較的炭素含有量の低い亜共析組織で、下側に進むに従い共析～過共析組織となる。

③ 顕微鏡組織：Photo. 6 に示す。①は滓部で、淡茶褐色多角形結晶ウルボスピニル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質に晶出する。砂鉄製鍊滓の晶癖である。また滓中に微細な金属鉄粒が散在する。②～⑧は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織を示す。②写真左側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部分で、右側へ進むと共析組織～フェライトを析出する亜共析組織部分となる。③④は②の拡大である。

④ ピッカース断面硬度：Photo. 6 ⑤～⑧に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑤は初析セメンタイト部分で硬度値は366Hv、⑥は共析組織部分で硬度値は242Hv、⑦はフェライト地にパーライト

が析出する個所で硬度値は130Hv、⑨はやや粗大化したフェライト粒で、硬度値は85.7Hvであった。それぞれ組織に見合った値である。

⑤ CMA調査：Photo.53のSE（2次電子像）に示す鉄中の巻き込みスラグ部分の鉱物相の高速定性分析結果がFig. 7である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、磷（P）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はマンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値をPhoto.53に示す。SEに3の番号をつけた未発達の淡茶褐色多角形結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に白色輝点が集中し、定量分析値は57.9% FeO-33.0% TiO<sub>2</sub>であった。ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に同定される。また、4の暗黒色素地部分の定量分析値は42.7% SiO<sub>2</sub>-11.4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-6.5% CaO-1.9% K<sub>2</sub>O-1.4% Na<sub>2</sub>O-22.2% FeO-9.7% TiO<sub>2</sub>であった。珪酸塩に鉄分やチタンを固溶する。5の番号を付けた淡灰色結晶の定量分析値は41.5% SiO<sub>2</sub>-7.0% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3.3% CaO-5.1% MgO-1.3% K<sub>2</sub>O-35.6% FeO-1.2% TiO<sub>2</sub>であった。ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）と珪酸塩の混合組成の可能性が高い。

さらにPhoto.54のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig. 7である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、ガラス質成分（Si+Al+Mg）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はカルシウム（Ca）、カリウム（K）、マンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値をPhoto.54に示す。SEに1の番号をつけた個所はガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K）、酸素（O）に白色輝点が集中し、定量分析値は52.7% SiO<sub>2</sub>-15.6% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-7.2% CaO-1.3% MgO-2.0% K<sub>2</sub>O-1.1% Na<sub>2</sub>O-8.9% FeO-3.7% TiO<sub>2</sub>であった。非晶質珪酸塩系に同定される。2の番号をつけた格子組織を持つ結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に強く輝点が集中し、バナジウム（V）、アルミニウム（Al）、マグネシウム（Mg）にも薄く輝点がある。定量分析値は44.8% FeO-39.4% TiO<sub>2</sub>-6.7% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>組成を得た。イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）系にバナジウムを固溶する化合物である。

⑥ 化学組成分析：Table. 2に示す。含鉄系なので鉄分が多くガラス分は少ない。全鉄分（Total Fe）47.50%に対して、金属鉄（Metallic Fe）14.60%、酸化第1鉄（FeO）26.64%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）17.43%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）は25.60%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）3.61%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）11.26%、バナジウム（V）0.28%、また酸化マンガン（MnO）は0.76%、銅（Cu）0.004%であった。塩基性砂鉄を原料とした含鉄製練滓の成分系である。

## DAN-12 含鉄鉄滓

① 肉眼観察：大型の木炭痕が各所に認められる含鉄鉄滓である。全体が暗褐色の酸化物に覆われている。側面に含鉄部を残す。上面は緩やかな波状で生きている可能性が高い。

② マクロ組織：Photo.39①に示す。未凝集の微細な金属鉄粒が滓中に大量に点在する。鉄粒が錆化して剥落した痕跡と共に0.1~1mm径の気泡が散在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.7に示す。①中央は砂鉄粒子の形状を留め、還元反応が進行して微細な金属鉄粒が多数晶出する。また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<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）が晶出する。②は滓

中にウルボスピネルと微細な銹化鉄粒が散在する。③は津中に散在する未凝集微小金属鉄粒を示す。④～⑦は散在する微小金属鉄粒を5%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。未凝集鉄粒はすべてフェライトであった。製錬系の含鉄鉄滓である。

④ ピッカース断面硬度：Photo. 7 ⑧⑨に硬度測定の圧痕を示す。⑧はフェライト部分で硬度値は128Hvであった。フェライト単独組織としては硬質である。⑨は淡茶褐色多角形結晶で、硬度値は653Hvであった。ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に同定される。

⑤ CMA調査：Photo.55のSE（2次電子像）に示す微小金属鉄粒及び津部鉱物相の高速定性分析結果がFig.9である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+Na）、磷（P）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はカリウム（K）、マンガン（Mn）、アンチモン（Sb）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.55に示す。SE中に点在する白色粒は鉄（Fe）にのみ強く輝点が集中し、金属鉄に同定される。また淡茶褐色多角形結晶及び微小樹枝状結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に白色輝点が集中し、ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に推定される。素地部分はガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）に白色輝点が集中し、珪酸塩系と推定される。

⑥ 化学組成分析：Table. 2に示す。酸化物定量分析である。散在する金属鉄粒を反映して、全鉄分（Total Fe）47.02%に対して、金属鉄（Metallic Fe）5.94%、酸化第1鉄（FeO）20.75%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）35.67%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）21.892%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）2.62%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）9.22%、バナジウム（V）0.20%、また酸化マンガン（MnO）0.62%、銅（Cu）は0.004%であった。脈石成分が多くて塩基性砂鉄を原料とした製錬系含鉄鉄滓の成分系である。

#### DAN-13 鉄塊系遺物（大鉄塊）

① 肉眼観察：平面不整台形の分厚い鉄塊である。側面4面は破面と推定される。全体に表面が銹化物で覆われたためはっきり表面状態を確認しにくいが、肩部に打撃痕がみられることから、炉底塊を割り分けたものと推定される。1660gを測る。

② マクロ組織：Photo.39②に示す。細かい不定形の気孔が多数散在する鉄塊である。比較的炭素量の低い鉄塊が急冷され、全面ペイナイトで（Bainite：フェライト地に分散した炭化物で構成された組織）組織になっている。

③ 顕微鏡組織：Photo. 8・9に示す。Photo. 8 ①は鉄中非金属介在物である。ガラス質の素地中にFe-Ti系の結晶が晶出する。②～⑤は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織である。平行な板状のフェライトと炭化物の混合物である上部ペイナイトとフェライト粒内に炭化物が微細に析出した下部ペイナイトが混在する組織を呈する。Photo. 9 ①は鉄中非金属介在物で、Photo. 8 ①と同様にガラス質の素地中にFe-Ti系の結晶が晶出する。②は津部で淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の黒色ガラス質津中に晶出する。砂鉄製練滓の晶癖である。また、③～⑨は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織で、Photo. 8と同様ペイナイトである。ペイナイト組織を析出した当鉄塊は、製錬終了後に炉外へ引き出され、自然放置で300～400℃に冷えたところを水中で冷却された可能性が想定される。

④ ピッカース断面硬度：Photo.8③～⑤に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。③の個所の硬度値は116Hv、④の個所の硬度値は142Hv、⑤の個所の硬度値は208Hvであった。④の組織に対して⑤の値が合致しそうに考えられる。再調査が必要。

⑤ CMA調査：Photo.56のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定量分析結果がFig.10である。A-Rankで検出された元素は鉄(Fe)、チタン(Ti)、バナジウム(V)、アルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)、酸素(O)、窒素(N)、B-Rankで検出された元素はマンガン(Mn)であった。この高速定量分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.56に示す。SEに4の番号をつけた非金属介在物はチタン(Ti)、酸素(O)に強く白色輝点が集中し、定量分析値は56.4%FeO-30.7%TiO<sub>2</sub>-9.1%V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であった。ウルボスピネル(Ulvöspinel: 2FeO·TiO<sub>2</sub>)に同定される。バナジウム(V)の固溶が特徴的である。

⑥ 化学組成分析：Table.2に示す。酸化物定量であり鉄分高く、そのため脈石成分やガラス質分が低めの成分系となる。全鉄分(Total Fe) 52.04%に対して、金属鉄(Metallic Fe) 11.83%、酸化第1鉄(FeO) 15.15%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 40.65%の割合であった。ガラス質成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 23.725%で、このうちに塩基性成分(CaO+MgO) 1.15%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>) 2.73%、バナジウム(V) 0.23%と低めで、酸化マンガン(MnO)も0.14%とやや低値であった。銅(Cu)は0.004%である。塩基性砂鉄を原料とした製錬系鉄塊系遺物に分類される。

#### DAN-14 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：上下2層に分かれた椀形気味の鉄塊系遺物である。側面の一部と上面の片側半分が破面で、他は流動気味の黒褐色の漆が覆う。破面では小さな含鉄部が露出しており、部分的に砂鉄焼結～半還元部と考えられる部分がある。

② マクロ組織：Photo.39③に示す。鉄部は中央彎曲した帯状に高炭素域の過共析組織が存在し、その左右を斑鈑鉄組織がサンドイッチ状に挟む。

③ 顕微鏡組織：Photo.10に示す。①は表層に固着する滓部で、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<sub>2</sub>)、白色片状結晶イルミナイト(Ilmenite: FeO·TiO<sub>2</sub>)が晶出する。白色部は金属鉄で片状黒鉛の析出がある。②～⑥は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織である。②は白色部はセメンタイト、蜂の巣状の部分はセメンタイトとオーステナイトの共晶であるレデブライト、黒色部はオーステナイトから変化したパーライト、更に片状黒鉛の析出があつて斑鈑鉄に分類される。③～⑥は②の拡大である。凝固冷却速度はあまり速くはなかったと想定される。

④ ピッカース断面硬度：Photo.10⑦⑧に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はレデブライト部分で硬度値は774Hv、⑧は黒鉛部分で硬度値は64.1Hvであった。組織に対応した値である。

⑤ 化学組成分析：Table.2に示す。金属鉄は検鏡用に使ったので分析は表皮スラグ主体となり、脈石成分は高い結果となった。全鉄分(Total Fe) 44.71%に対して、金属鉄(Metallic Fe) 9.18%、酸化第1鉄(FeO) 37.40%、酸化第2鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 9.24%の割合であった。ガラス質成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) 23.257%で、このうちに塩基性成分(CaO+MgO) 3.87%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>) 17.72%、バナジウム(V) 0.99%と高く、酸化マンガン

(MnO) も 0.91% と高値であった。銅 (Cu) は 0.004% である。組織は高炭素含有であるが炭素量 (C) は 0.26% と軟鋼クラスの値となった。塩基性砂鉄を原料とした製錬系鉄塊系遺物に分類される。

#### DAN-15 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：木炭痕による凹凸の激しい鉄塊系遺物である。滓部を殆んど残さない。端部に僅かに鏽れや黒鉛の滲みが生じているが、あまり銹化は進んでいない。

② マクロ組織：Photo.40①に示す。中小の不定形の気孔が多数散在するが、織まりのある鉄塊である。表層部が針状セメンタイトが析出する過共析組織で、中心は全面パーライトの共析組織である。局部的に片状黒鉛を析出するねずみ鉄組織が観察される。

③ 顕微鏡組織：Photo.11に示す。①②は鉄中非金属介在物である。①はCMA調査の項で鉱物相を詳述するが、珪酸塩の素地中にルチル (Rutile : TiO<sub>2</sub>) 系の結晶が晶出する。②多数散在する黄褐色微小異物は硫化鉄 (FeS) で、周囲に不定形の Fe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P 三元系共晶のステダイト (Steedite) が存在する。また片状黒鉛が析出する。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はパーライト素地に板状セメンタイト及び片状黒鉛が析出するねずみ鉄組織、④⑥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、⑤は全面パーライトの共析組織部分である。

④ ピッカース断面硬度：Photo.11⑦～⑨に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はねずみ鉄部分で硬度値は 144Hv、⑧は過共析組織部分で硬度値は 232Hv、⑨は共析組織部分で硬度値は 225Hv であった。それぞれが組織に見合った値である。

⑤ CMA調査：Photo.57のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が Fig.11 である。A-Rank で検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na)、酸素 (O)、窒素 (N)、炭素 (C)、B-Rank で検出された元素はジルコニウム (Zr) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性 X 線像及び定量分析値を Photo.57 に示す。SE に 2 の番号をつけた素地部分はガラス質成分 (Si+Al+Ca+Mg+K+Na)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、定量分析値は 43.9% SiO<sub>2</sub>-22.3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-14.1% CaO-4.6% MgO-2.7% K<sub>2</sub>O-1.4% Na<sub>2</sub>O-5.5% TiO<sub>2</sub>-1.1% FeO であった。非晶質珪酸塩系に同定される。また 3 の番号をつけた片状結晶はチタン (Ti) に強く白色輝点が集中し、定量分析値は 89.9% TiO<sub>2</sub>-7.7% MgO-3.1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2.2% FeO-1.3% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> であった。ルチル (Rutile : TiO<sub>2</sub>) 系の結晶に同定される。高温生成物である。また Photo.58 の SE（2 次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果が Fig.12 である。A-Rank で検出された元素は鉄 (Fe)、磷 (P)、硫黄 (S)、酸素 (O)、炭素 (C) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性 X 線像及び定量分析値を Photo.58 に示す。SE に 1 の番号をつけた個所の定量分析値は 109.7% FeO-13.7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-6.3% S であった。硫化鉄 (FeS) 及び Fe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P 三元系共晶のステダイト (Steedite) の混合組成の可能性が高い。また片状の黒色部は炭素 (C) に強く白色輝点が集中し、黒鉛に同定される。

⑥ 化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄分主体の成分系であり、炭素 (C) 量は 1.62% と過共析鋼レベルである。全鉄分 (Total Fe) 79.73% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 55.53%、酸化第 1 鉄 (FeO) 7.25%、酸化第 2 鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 26.54% の割合である。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) は 4.266% と低く、このうち塩基性成分 (CaO+MgO) を 0.40% 含む。砂鉄特

有成分の二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 0.74%、バナジウム (V) 0.03%も低く、酸化マンガン (MnO) も 0.05%と低値であった。また銅 (Cu) は 0.007%である。酸化物定量分析であるが、鉄塊としての成分傾向は充分に表されている。

#### DAN-16 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：「へ」の字状に曲がった平面形を呈する、流動気味で完形の鉄塊系遺物である。上面がやや平坦気味で、側面側がやや丸みを持つ。下面には木炭粉や焼土粉を含む酸化土砂が付着する。全体に金属鉄の遺存は良好である。

② マクロ組織：Photo.40②に示す。全面亜共晶組成の白鑄鉄である。0.3~6 mm径の気孔が散在するがまとまりのよい鉄塊である。

③ 顕微鏡組織：Photo.12に示す。①中央の黄褐色微小異物は硫化鉄 (FeS) であった。②表層に僅かに固着する津部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。白色部は金属鉄部分である。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。全面亜共晶組成 (C : 4.23% 以下) の白鑄鉄であった。

④ ピッカース断面硬度：Photo.12⑧⑨に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧はパーライト部分で硬度値は 226 Hv、⑨はレデブライト部分で硬度値は 741 Hv であった。組織に対応した値である。

⑤ 化学組成分析：Table. 2 に示す。全鉄分 (Total Fe) 54.62% に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 10.30%、酸化第1鉄 (FeO) 13.85%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 47.98% の割合であった。ガラス質成分 ( $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$ ) 16.91% で、このうち塩基性成分 (CaO + MgO) 0.63% を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 0.61%、バナジウム (V) 0.01% と低く、酸化マンガン (MnO) も 0.05% と低値であった。銅 (Cu) は 0.002% である。鍛鉄組織であり、炭素 (C) 量は 2.52% を含有し、脈石成分も少ない成分であった。

#### DAN-17 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：やや小振り (132g) の鉄塊系遺物である。上面や側面には小さな破面が連続し、下面も破面の可能性がある。津と鉄が混在しており、津部は黒褐色で気孔はあるが緻密である。

② マクロ組織：Photo.40③に示す。金属組織は亜共析～過共析組織の偏析をもつが、まとまりのある鉄塊である。中小の気孔が散在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.13に示す。①は表層に固着する津部で、発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル (Ulvöspinel :  $2FeO \cdot TiO_2$ ) 及び、白色針状結晶イルミナイト (Ilmenite :  $FeO \cdot TiO_2$ )、微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite :  $2FeO \cdot SiO_2$ ) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。塩基性砂鉄を原料とする製錬津の晶癖である。②③はいずれも球状の鉄中非金属介在物で、珪酸塩系の素地中に Fe-Ti 系の結晶が晶出する。④~⑨は金属鉄を 5% ナイタルで腐食して現れた組織で、パーライト素地にセメントタイトが析出する過共析組織を示す。なお⑥では表層に一部蜂の巣状のレデブライトが生成しつつあり、白鑄鉄なりかけの組織である。

④ ピッカース断面硬度：Photo.13⑦~⑨に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦⑨はセメン

タイト部分で、⑦の硬度値は298Hv、⑨の硬度値は589Hvであった。また、⑧はパーライト部分で硬度値は234Hvである。⑦は被測定面が小さくて誤差を生じているが、他の2点は組織に対応する。

⑤ CMA調査：Photo.59のSE（2次電子像）に示す津部鉱物相の高速定性分析結果がFig.13である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、磷（P）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はマンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.59に示す。SE中の結晶はいずれも鉄（Fe）、チタン（Ti）に強く白色輝点が集中する。またバナジウム（V）にも弱く白色輝点が重なる。Fe-Ti系結晶のウルボスピネルやイルミナイトと推定される。また素地部分ではガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）に白色輝点が集中する。珪酸塩系に同定される。

Photo.60のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig.14である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はカリウム（K）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値がPhoto.60である。この球状介在物では色調の異なる2相をもち、チタン（Ti）は明色部に白色輝点が強く集中し、チタン（Ti）の固溶度が高い。なお、SEに示す7.5μmエリアでの定量分析値は39.8% SiO<sub>2</sub>-9.2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-4.5% CaO-4.0% MgO-1.3% K<sub>2</sub>O-21.2% TiO<sub>2</sub>-17.1% FeOであった。珪酸塩とFe-Ti化合物の混合組成であろう。

さらにPhoto.61のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果も前述介在物に近似した組成であった。

⑥ 化学組成分析：Table.2に示す。鉄分が多い割には脈石成分も高い分析結果である。全鉄分（Total Fe）74.43%に対して、金属鉄（Metallic Fe）47.53%と高く、酸化第1鉄（FeO）22.54%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）13.41%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）は6.556%と低く、このうち塩基性成分（CaO+MgO）を0.95%含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）5.97%、バナジウム（V）0.57%と高めで、酸化マンガン（MnO）0.21%であった。銅（Cu）は0.007%である。なお、金属組織に対応して炭素（C）量は1.70%である。

#### DAN-18 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：平面不整橢円状で82gの鉄塊系遺物である。上面中央はやや窪むが全体的には平坦気味。下面はV字状に突出する。表面は顆粒状の鉛膨れに覆われる。津と鉄が混在しており、小型の鉄粒の集合体と考えられる。酸化土砂中に剥片様の流動津の表層破片の混入が顕著である。

② マクロ組織：Photo.41①に示す。上面に津部が、下面側に彎曲した浅い皿状の鉄部を残す。組織は共析→白鉄組織の偏析がみられ、下面偏程高炭素域である。鉄部には不定形で中小の気孔が散在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.14に示す。①は上側の津部で、素地の暗黒色ガラス質津中に淡褐色片状結晶シュードブルーカイト（Pseudobrookite: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·TiO<sub>2</sub>）が晶出する。塩基性砂鉄を原料とする製錬津の晶癖である。②中央の微小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は亜共晶組成白鉄組織、④⑤は過共析組織、⑥は共析組織と炭素含有量はバラツキをもつ。

④ ピッカース断面硬度：Photo.14⑦～⑨に金属鉄組織の硬度測定のHv痕を示す。⑦は白鉄組織

のレデブライドで硬度値は763Hvである。⑧は過共析組織の板状セメンタイトが折出する個所で硬度値は910Hv、⑨は全面バーライトの共析組織で、硬度値は257Hv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。前述したDAN-17に近似した成分系である。全鉄分（Total Fe）68.96%に対して、金属鉄（Metallic Fe）37.32%、酸化第1鉄（FeO）10.12%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）33.99%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）8.498%と低く、このうち塩基性成分（CaO+MgO）は0.91%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）5.40%、バナジウム（V）0.16%と高めで、酸化マンガン（MnO）も0.16%、銅（Cu）は0.004%であった。炭素（C）量は1.59%で検鏡結果に準じた値である。

#### DAN-19 鉄塊系遺物

① 内眼観察：不定形の小さな鉄塊系遺物（70g）である。両端部や下面に突出部があり、黒錆や錆膨れに覆われる。上下面や側面に小さな木炭痕が点在する。

② マクロ組織：Photo.41②に示す。表層に薄く脱炭層が存在するが、ほぼ白鉄組織の鉄塊である。また白鉄組織にも含有炭素量の違いにより、オーステナイトから変化したバーライトの面積率に多寡をもつ。中小のやや不定形の気孔が散在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.15に示す。①は散在する複数の微小黄褐色異物の硫化鉄（FeS）で、その周囲にはFe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P二元系共晶のステタイト（Steadite）が存在する。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。②～④は表層が脱炭されて、バーライト組織となった個所である。⑥⑦は内部の亜共晶組成白鉄組織を示す。

④ ピッカース断面硬度：Photo.⑧⑨に白鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧はレデブライドで硬度値は729Hv、⑨はバーライトで硬度値は243Hvであった。組織に対応した値である。

⑤ 化学組成分析：Table. 2 に示す。鉄滓側のガラス分の多いところを分析試料としている。全鉄分（Total Fe）40.13%に対して、金属鉄（Metallic Fe）18.53%、酸化第1鉄（FeO）10.86%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）18.81%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）40.56%で、このうち塩基性成分（CaO+MgO）0.80%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）0.85%、バナジウム（V）0.02%、また酸化マンガン（MnO）0.05%、銅（Cu）は0.001%であった。隕石成分の低い結果である。また、金属鉄の高炭素系組織に対して炭素（C）量は0.91%留まりであった。

#### DAN-20 鉄塊系遺物

① 内眼観察：上面中央が窪んだごく浅い椀状の鉄塊系遺物である。長軸両端は破面。表面全体が暗褐色の酸化物に覆われて地がはっきりしない。長軸端部片側に微細な気孔を発する溝がある。

② マクロ組織：Photo.41③に示す。中心にほぼ全面バーライト組織を呈する鉄部が確認される。外周の澤部では発達したウルボスピネル結晶の晶山が顯著である。

③ 顕微鏡組織：Photo.16に示す。①②は澤部で、①は発達した淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）結晶が晶出する。②も素地の暗黒色ガラス質澤中に淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）及び白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·

$TiO_2$ ）をもつ。塩基性砂鉄を原料とする製鍊滓の晶癖である。③は不整円形状の鉄中非金属介在物で、珪酸塩の素地中にFe-Ti系結晶が晶出する。④～⑥は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。全面共析組織で、セメンタイトが不完全球状化している。750℃前後の温度から徐冷されたのであろう。

④ ピッカース断面硬度：Photo.16⑧⑨に硬度測定の圧痕を示す。⑧は鉄部で、硬度値は211Hvであった。組織にみあった値といえる。⑨は滓部の淡茶褐色多角形結晶で、硬度値は461Hvであった。ウルボスピネルとしては軟質の値となったが、測定時の亀裂の影響などによる誤差であろう。

⑤ 化学組成分析：Table.2に示す。鋳鉄と表皮スラグ主体の総成分系である。全鉄分（Total Fe）63.28%に対して、金属鉄（Metallic Fe）21.53%、酸化第1鉄（ $FeO$ ）14.29%、酸化第2鉄（ $Fe_2O_3$ ）が多くて43.81%の割合であった。ガラス質成分（ $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$ ）は逆に少なく5.65%、このうち塩基性成分（ $CaO + MgO$ ）は0.70%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン（ $TiO_2$ ）5.77%、バナジウム（V）0.55%と高めで、酸化マンガン（ $MnO$ ）も0.24%、銅（Cu）は0.007%であった。砂鉄製鍊滓の成分系が表われている。

#### DAN-21 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：本床の下部から貰入し、本床下位のトンネル内に充満した銑鉄の大塊の端部破片である。この大塊はトンネル施設の形状を残し、特に短軸断面は偏平な枕状を呈する。また流入した割れ目の形状を示すものが鱗状の端部が各所に認められる。供試材はそのうち最小の破片を選択している。供試材表面には明褐色の土が付着する。長軸両端は破面。

② マクロ組織：Photo.42①に示す。気孔が僅かで緻密な、全面過共晶組成白鋳鉄組織の鉄塊である。

③ 顕微鏡組織：Photo.17に示す。①は鉄中非金属介在物の硫化鉄（ $FeS$ ）で、後のCMA調査の項で詳述する。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。蜂の巣状のレデブライトと板状セメンタイトで構成される過共晶組成（C：4.23%以上）の白鋳鉄組織を呈する。局部的に片状黒鉛の析出がある。吸炭が充分に進んだ銑鉄である。

④ ピッカース断面硬度：Photo.17⑧⑨に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧は黒鉛の析出個所で硬度値は164Hv、⑨はレデブライト部分で硬度値は675Hvであった。組織に見合った値である。

⑤ CMA調査：Photo.62のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig.16である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、磷（P）、硫黄（S）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.62に示す。SEに3の番号をつけた黄褐色微小異物は鉄（Fe）、硫黄（S）に強く白色輝点が集中し、定量分析値は85.4%  $FeO - 35.1\% S - 1.6\% TiO_2$  であった。硫化鉄（ $FeS$ ）に同定される。なお僅かにチタン（Ti）の固溶がある。また、硫化鉄の周囲には磷（P）に強く白色輝点が集中し、 $Fe - Fe_3C - Fe_3P$ 三元系共晶のステタイト（Steadite）が存在する。

⑥ 化学組成分析：Table.2に示す。鉄分が多いが酸化物定量である。全鉄分（Total Fe）92.73%に対して、金属鉄（Metallic Fe）85.69%、酸化第1鉄（ $FeO$ ）7.25%、酸化第2鉄（ $Fe_2O_3$ ）2.01%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0.74%と僅かで、この

うち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) は0.08%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.16%、バナジウム (V) 0.02%と低く、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) も0.02%と低値であった。銅 (Cu) は0.004%であった。さらに炭素 (C) は3.73%と金属組織には不足するが鉄としての傾向は呈している。

## DAN-22 鉄塊系造物

- ① 肉眼観察：ほぼ完形に近い偏平な鉄塊である。二重に重なって形成された痕跡がみられる。上下面とも表面は平滑で緩やかな波状、僅かに小さな気孔が散在する。
- ② マクロ組織：Photo.42②に示す。表面に薄く脱炭層がみられるが、ほぼ亜共晶組成白鉄組織の鉄塊である。偏平な鉄塊で、中小の気孔がやや密に点在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.18に示す。①は鉄中非金属介在物の硫化鉄 ( $\text{FeS}$ ) である。CMA調査の項で詳述する。②～⑥は金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織である。②は表層が薄く脱炭されて、パーライト素地に針状セメントタイトが析出する過共析組織となる。内部は亜共晶組成白鉄であった。なお③は表層部、④は内部のそれぞれ拡大である。⑤も亜共晶組成白鉄組織を示す。⑥は表面に二次的に固着する製錬滓片及び鍛造剥片様遺物である。製錬滓片には淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル ( $\text{Ulvöspinel} : 2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ )、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト ( $\text{Fayalite} : 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が晶出する。また剥片様の小片が複数みられる。内層ヴァスティトが粒状晶出するものや、非晶質のものが存在する。付着鍛造剥片である。
- ④ ピッカース断面硬度：Photo.18⑦⑧に白鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はレデブライト部で硬度値は662Hv、⑧はパーライト部分で硬度値は274Hvであった。組織に対応した値である。
- ⑤ CMA調査：Photo.63のSE（2次電子像）に示す付着滓片の鉱物相の高速定性分析結果がFig.17である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 ( $\text{Si} + \text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ )、燐 (P)、酸素 (O)、窒素 (N)、B-Rankで検出された元素はマンガン (Mn) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.63に示す。SE中の淡茶褐色多角形結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、酸素 (O) に白色輝点が集中し、Fe-Ti系結晶である。ウルボスピネル ( $\text{Ulvöspinel} : 2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) と同定される。また微細な淡灰色木ずれ状結晶は鉄 (Fe)、珪素 (Si) に白色輝点が集中し、ファイヤライト ( $\text{Fayalite} : 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) である。またPhoto.64のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig.18である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、燐 (P)、硫黄 (S) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像及び定量分析値をPhoto.64に示している。SEに2の番号をつけた微小黄褐色異物は鉄 (Fe) と硫黄 (S) に白色輝点が集中し、定量分析値は87.5% FeO-33.8% Sであった。硫化鉄 ( $\text{FeS}$ ) に同定される。また、その周囲では燐 (P) に白色輝点が集中する個所がある。ステタイト (Steadite) に同定される。
- ⑥ 化学組成分析：Table.2に示す。金属鉄の多い個所での調査結果である。全鉄分 (Total Fe) 86.85%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 77.57%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 5.89%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 6.72%の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 4.12%で、このうちに塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 0.14%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.22%、バナジウム (V) 0.01%、また酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) 0.02%、銅 (Cu) は0.004%であった。脈石成分は低めである。さらに炭素 (C) は3.31%と金属組織にはほぼ対応する値を示した。

## DAN-23 鉄塊系遺物

① 肉眼観察：深い楕形の断面形を持つ分厚い鉄塊系遺物である。長軸片側が弧状を呈し、残る2辺が直線状の破面である。上面は平坦気味で、中央に流動部が認められる。弧状の肩部はやや丸みを持つ。

② マクロ組織：Photo.42③に鉄部を中心に示す。表層僅かに脱炭箇所がみられるが、ほぼ白鉄組織の鉄塊である。気泡も少ない。

③ 顕微鏡組織：Photo.19・20に示す。Photo.19①は滓部で、基地の暗黒色ガラス質滓中に淡褐色片状結晶シードブルーカイト（Pseudobrookite :  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ ）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite :  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）が晶出する。②は鉄中非金属介在物の硫化鉄（FeS）である。後のCMA調査の項で詳述する。Photo.19③～⑨・20は金属鉄を5%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。③は内部、④⑤は表層部分である。いずれも亜共晶組成白鉄組織であるが、表層部分では素地は麻の葉状のマルテンサイトに微細バーライトを析出する。一部バーライト変態を生じた時点から、急冷されたものと推定される。これに対して内部では基地は層状のバーライトと呈しており、表層と内部では冷却速度に差異が生じている。なお鉄塊表層は薄く脱炭されている。またPhoto.20においても同様に表層で急冷組織が確認できる。炉外へ取り出された鉄塊は水中冷却の急冷を受けた形跡を残す。

④ ピッカース断面硬度：Photo.19⑥～⑨に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑥はバーライト部分で硬度値は394Hv、⑦はマルテンサイト中の微細バーライト部分で硬度値は528Hv、⑧はマルテンサイト部分で硬度値は854Hv、⑨はセメントタイト部分で硬度値は974Hvであった。それぞれが組織に対応した値である。

⑤ CMA調査：Photo.65のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig.19である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、磷（P）、硫黄（S）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値がPhoto.65である。SEに1の番号をつけた黄褐色微小異物は鉄（Fe）、硫黄（S）に白色輝点が集中し、定量分析値は88.1%FeO-36.5%Sであった。硫化鉄（FeS）に同定される。

またPhoto.66のSE（2次電子像）に示す滓部鉱物相の高速定性分析結果がFig.20である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ジルコニウム（Zr）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はマンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像がPhoto.66である。SE中央の球状の晶出物は、鉄（Fe）にのみ強く白色輝点が集中し金属鉄粒（Metallic Fe）である。淡褐色片状結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）に強く白色輝点が集中し、Fe-Ti系結晶であり、シードブルーカイト（Pseudobrookite :  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ ）の可能性が高い。また、微細な淡灰色木ずれ状結晶は鉄（Fe）、珪素（Si）に白色輝点が集中する。ファイヤライト（Fayalite :  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）に同定される。

⑥ 化学組成分析：Table.2に示す。全鉄分（Total Fe）57.30%に対して、金属鉄（Metallic Fe）23.27%、酸化第1鉄（FeO）8.26%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）39.48%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）20.679%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）1.18%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）2.20%、バナジウム（V）0.05%、また酸化マンガン

(MnO) 0.22%、銅 (Cu) 0.005%であった。表皮スラグの脈石の残留が成分に影響している。

#### DAN-24 再結合滓（合鉄）

① 肉眼観察：上半部は鉄塊で、下半部は僅かに鉄滓分や木炭粉を含む鉄池底の土砂と推定される。上半の鉄部の5面は明らかな直線状の破面で、1面のみ流動状の鉄の端部が生きている。

② マクロ組織：Photo.43①に鉄部を中心に示す。白鋳鉄組織の鉄塊である。写真左側の表層部が脱炭して過共析域となる。

③ 顕微鏡組織：Photo.21に示す。①は鉄中非金属介在物で硫化鉄 (FeS) である。後のCMA調査の項で詳述する。②～⑤は金属鉄を 5 % ナイタルで腐食して現れた組織を示す。②鉄塊表層部は脱炭されて、パーライト素地に針状セメントタイトが析出する過共析組織を呈する。内部は亜共晶組成白鋳鉄組織であった。③は②表層部の拡大である。

④ ピッカース断面硬度：Photo.21④⑤に金属鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。④はパーライト部分で硬度値は220Hv、⑤はレデブライト部分で硬度値は682Hvであった。組織に対応した値である。

⑤ CMA調査：Photo.67のSE（2次電子像）に示す鉄中非金属介在物の高速定性分析結果がFig.21である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、磷 (P)、硫黄 (S) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値をPhoto.67に示す。SE中の黄褐色微小異物は鉄 (Fe)、硫黄 (S) に白色輝点が集中し、5の番号をつけた個所の定量分析値は88.8% FeO-36.0% Sであった。硫化鉄 (FeS) に同定される。またその周囲には磷 (P) に白色輝点が集中する個所がありステ黛イト (Steadite) の存在が想定される。

⑥ 化学組成分析：Table. 2に示す。酸化物定量である。鉄錆と酸化土砂の混合物が鉄鉄と共に分析されている。全鉄分 (Total Fe) 34.13%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 21.40%、酸化第1鉄 (FeO) 7.39%、酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 9.99%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) は多くて52.36%で、このうちに塩基性成分 (CaO+MgO) 2.98%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) 2.28%、バナジウム (V) 0.05%で、酸化マンガン (MnO) は0.26%、銅 (Cu) 0.002%であった。製鍊滓の脈石成分が検出されている。

#### DAN-25 再結合滓

① 肉眼観察：池状造構（鉄池）の底に堆積形成された再結合滓である。粉末状の鉄滓粉と粗い砂粒が混在し、灰褐色を呈する。側面3面と下面は明らかな破面。裏面の長軸片側に黒褐色の銷が発生する。

② マクロ組織：Photo.43②に鉄部を中心に示す。表層僅かに脱炭層をもつが、ほぼ白鋳鉄組織の鉄塊である。また周囲の酸化土砂には製鍊滓の小破片、木炭粉などが多数混入する。

③ 顕微鏡組織：Photo.22に示す。①は製鍊滓片で、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<sub>3</sub>)、白色針状結晶イルミナイト (Ilmenite : FeO·TiO<sub>3</sub>)、淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) が晶出する。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。亜共晶組成白鋳鉄であった。

④ ピッカース断面硬度：Photo.22⑦⑧に白鋳鉄組織の硬度測定の圧痕を示す。⑦はパーライト

部分で硬度値が236Hv、⑧はレデブライ特部分で硬度値は636Hvであった。組織に対応した値である。

#### DAN-26 再結合滓

① 肉眼観察：平面不整合形をした再結合滓である。側面4面は明瞭な破面である。上面はほぼ平坦で、木炭片や石片が目立つが滓片をほとんど含まない褐色の酸化土砂である。側面から下面にかけては2cm以下の鉄滓片が大量に混じっている。側面に2層薄い水酸化物が認められる。また、特殊金属探知器の反応はなく含鉄試料は含まれてない。

② マクロ組織：Photo.43③に示す。製錬滓片や砂鉄粒子、鍛造剥片様遺物や木炭粉が鉄化鉄を介して結合している。

③ 顕微鏡組織：Photo.23に示す。製錬遺物と鍛冶遺物が混在する。①は粉炭の木炭組織、及び右上方に白色の砂鉄磁鉄鉱粒子（Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>・FeO）がある。②は砂鉄粒子のチタン鉄鉱（Ilmenite : FeO・TiO<sub>2</sub>）である。③～⑥は製錬滓の小破片を示す。③は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO・TiO<sub>2</sub>）、及び微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO・SiO<sub>2</sub>）結晶が晶出する。④は白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO・TiO<sub>2</sub>）、微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO・SiO<sub>2</sub>）が晶出する。⑤白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO・TiO<sub>2</sub>）、淡褐色片状結晶シュードブルーカイト（Pseudobrookite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiO<sub>2</sub>）がガラス質の素地中に晶出する。また鉄化した微小金属鉄粒の痕跡を残す。⑥は未発達の淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO・TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO・SiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO・TiO<sub>2</sub>）、微細な淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO・SiO<sub>2</sub>）が晶出する。⑦～⑨は鍛造剥片を示す。⑦は鉄酸化膜の3層構造が明瞭である。内層ガストタイトは非晶質で、鍛打工程の後半段階の派生物である。⑧⑨は外層ヘマタイトが不明瞭で、中間層マグネタイトは自然腐食を受けた白色で明瞭である。さらに裏面側にもマグネタイト層がごく薄く認められ、派生後に再加熱を受けた可能性がある。これも内層ガストタイトは非晶質である。

#### DAN-27 鉄器鉄化物（楔状）

① 肉眼観察：平面長方形状の鉄器の鉄化物である。長軸の断面形は頭が平らで先端の尖った楔状である。特殊金属探知器で反応がなく、完全に鉄化している。

② マクロ組織：Photo.44①に示す。断面長方形状で繰り返し折り曲げ鍛接の痕跡の残る鍛造品である。観察面では金属鉄は認められず、完全に鉄化している。

③ 顕微鏡組織：Photo.24①～③に示す。鉄器表面の局部に白色粒状結晶ガストタイト（Wüstite : FeO）が晶出する個所である。捲込みスラグであろうか。②③は鉄化鉄で、フェライト基地に少量パーライトが析出する亜共析組織が残存する。心金部分の極軟鋼であろう。皮金は硬鋼の充当があるやも知れぬ。鉄化で不明瞭となった。

④ CMA調査：Photo.68のSE（2次電子像）に示す滓部鉱物相の高速定性分析結果がFig.23である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、ガラス質成分（Si+Al+Mg+K+Na）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.68に示す。SE中の白色粒状結晶は

鉄(Fe)、酸素(O)に強く白色輝点が集中し、チタン(Ti)にも輝点が弱く重なる。鉱物相はウースタイト(Wüstite: FeO)で粒内にチタン(Ti)を固溶する。砂鉄原料の鉄器である。

#### DAN-28 黒鉛化木炭

① 肉眼観察：長く平坦な広葉樹材の黒鉛化木炭である。上面は比較的平坦で木取りの裁割面が残存し、下面是表皮の消失した木部表面を残す。長軸片側端部には僅かに滓が固着する。特殊金属探知器の特L(☆)で反応があり、かなりの木炭纖維が鉄に置換されている。

② マクロ組織：Photo.44②に示す。表層に沿って木炭纖維が遺存して、内部の一部にも木部が散在するが大部分は密に金属鉄が置換する。ねずみ鉄であった。

③ 顕微鏡組織：Photo.25に示す。①の写真左側が木部で木炭纖維を残す。白色部は金属鉄で片状黒鉛が析出する。②～⑨は金属鉄を5%ナイトで腐食して現れた組織である。素地部分は麻の葉状のマルテンサイトで、結節状の微細バーライトが共存する。また白色部はセメンタイトである。片状黒鉛を析出していることから高温時の冷却速度は遅く、バーライト変態を起こしかけた温度領域から急冷された熱履歴である。

④ ピッカース断面硬度：Photo.44⑧⑨に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。⑧は微細バーライト部分で硬度値は544Hv、⑨はマルテンサイト部分で727Hvであった。組織に見合った値である。

#### DAN-29 木炭

① 肉眼観察：木取りは中心より放射状に割っており、炭化は甘い。

②性状調査：Table.3に示す。送付試料の内DAN-29-1・2を分析に用いた。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%台であるものが、56.08%と低値であった。また灰分も2%以下が正常であるところが<sup>(12)</sup>5.08%と高いため、発熱量も5,880cal/gと低い値を示した。なお揮発分は38.84%とこれも多い。鉄製錬で有害元素となる硫黄(T.S.)は0.02%、灰中磷(P)は0.09%と共に低値であった。汚染されていない炭であれば7,000cal/g以上の発熱量をもつ黒炭であろう。

#### 小結

I区1号炉は18世紀代の近世たらである。製鉄原料は、出土鉄滓(DAN-5~10: 製錬滓)の化学組成(15.1~20.6%TiO<sub>2</sub>、0.26~0.56%V、1.15~1.50%MnO)からみて塩基性砂鉄が想定される。この場合角井採取砂鉄(5.8%TiO<sub>2</sub>、0.19%V、0.59%MnO)よりも炉壁付着の砂鉄焼結塊(DAN-4: 11.7%TiO<sub>2</sub>、0.22%V、0.71%MnO)が、より対応づけが強い。また、出土製錬滓の鉱物組成には、ウルボスピニル、イルミナイト、シュードブルーカイトなどの高温生成物<sup>(13)</sup>の晶出があり、安定した高温操業が推定される。

これを裏付けるのが含鉄鉄滓や鉄塊系遺物の炭素含有量である。一部にフェライトや亜共析鋼(C: 0.77%以下)の低炭素鋼があるものの、その大半は、共析鋼・過共析鋼(C: 0.77%以上)から亜共晶組成(4.23%C以下)の白鉄鉄以上の高炭素鋼の存在である。これからは銑鉄生産志向ともみれぬこともない。ただし、ここで注意しておきたいのは池状遺構2号(3.3×3.2mの正方形、深さ0.6~1.1m)が鉄池だとすると鉄押し法の作業場設定となる。池状遺構2号の底には鉄分が堆

積し、更には出土鉄塊系遺物には急冷組織のマルテンサイトをもつもの（DAN-23）も検出されて遺構が機能していた可能性を認めざるを得なかろう。また、排滓場出土の黒鉛化木炭中のねずみ鉄（DAN-28）にもマルテンサイトを呈し、同じく排滓場出土の大鉄塊（DAN-13）は炉から引き出されて徐冷（池状遺構への移動時間の経過）を受け、その後に水中冷却により生じたと推定されるベイナイト組織を表わすものまで確認された。

これらの鉄塊系遺物の熟履歴を検討してゆくと、当たら場合は高炭素系鋼が多いものの鍛押し法ではなくて鍛押し法の可能性が高いと言わざるを得ない。鍛押し法には通常鉄池は用いない。

## （2）V区1号炉出土遺物

### DAN-30 炉壁（鍛冶）

① 肉眼観察：ガラス質の溶融面が3面確認され、壁の補修・再利用が推定される炉壁片である。胎土は練りの甘い真砂土で、石英や長石粒の混和が少ない。

② 顕微鏡組織：Photo.24④～⑧に示す。④は被熱胎土部分で、粘土鉱物は熱影響を受けて非晶質化している。⑤⑥は内面溶融ガラス質津中のウルボスピネル（Ulvöspinel :  $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ）である。⑦は胎土中の混入半還元砂鉄粒子を示す。⑧はガラス質津中のマグнетタイト（Magnetite :  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）の可能性をもつ。前者は樹枝状に、後者は分散した結晶である。

③ CMA調査：Photo.69のSE（2次電子像）に示す混入砂鉄粒子の高速定性分析結果がFig.23である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、ガラス質成分（Si+Al+Mg+K+Na）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値をPhoto.69に示す。SEに3の番号をつけた素地部分の定量分析値は70.6%  $\text{SiO}_2$ -16.1%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -3.1%  $\text{K}_2\text{O}$ -3.6% FeOであった。非晶質硅酸塩系に同定される。4の番号をつけた個所の定量分析値は73.2% FeO-15.6%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -3.9% MgOであった。マグネットタイト（Magnetite :  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）にアルミニウム（Al）を固溶する。

Photo.70のSE（2次電子像）に示す津部樹枝状鉱物相の高速定性分析結果がFig.24である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、燐（P）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.70に示している。SE中の淡茶褐色樹枝状結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）に白色輝点が集中し、ウルボスピネル（Ulvöspinel :  $2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ）に推定される。

④ 化学組成分析：Table.2に示す。強熱減量（Igloss）は1.37%と低く、熱影響を受けて結晶構造水の多くが飛散した状態での分析となった。鉄分（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）は1.42%と低く軟化性に優れる。酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）は14.41%と低く耐火性に不安感を抱されるが、自媒剤となる塩基性成分（ $\text{CaO}+\text{MgO}$ ）が0.33%と低いため耐火性には有利に働く。なお、炉壁中に砂鉄の混入があったが二酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）は0.23%と少ない成分であった。

⑤ 耐火度：1420℃であった。鍛冶炉材としての性状は充分に備えている。

### DAN-31 炉底塊（含鉄）

① 肉眼観察：平面不整台形をした炉底塊の中核部である。破片として脱落した部分を加えれば、本来は半円状で長軸端部下端から流出津が伸びる形状を呈する。上半部は比較的黒錆や鏽膨れが激しく、鉄が生成している。その下は1cm以下の木炭や木炭痕の顯著な層となっている。流出津部

分の断面形は小さな楕形を呈する。

② マクロ組織：Photo.44③に示す。金属鉄はパーライト基地に白色析出物をもつ高炭素鋼である。中小の気孔がやや密にみられるが、まとまりのある鉄部の存在である。

③ 跳微鏡組織：Photo.26①～⑤に金属鉄を5%ナイタルで腐食して現れた組織を示す。

組織は浸炭組織の一種である。すなわち、パーライト基地に白色板状フェライトが発達し、その周囲に淡灰色セメンタイトが不定形状に現われている。炉内の一部で鉄と木炭が反応し、高温で発生したCOガスが鉄表面に侵入・拡散によって生じた組織と想定される。製錬炉内のが内生成物の可能性大。

④ ピッカース断面硬度：Photo.26③～⑤に金属組織の硬度測定の圧痕を示す。③はパーライト部分で硬度値は190Hv、④はフェライトで硬度値は105Hv、⑤はセメンタイトで硬度値は631Hvであった。異常組織を裏付ける硬度値である。

⑤ 化学組成分析：Table.2に示す。錆化鉄を主体とした分析である。全鉄分（Total Fe）62.80%に対して、金属鉄（Metallic Fe）11.37%、酸化第1鉄（FeO）13.57%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）58.45%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）は4.974%と低く、このうち塩基性成分（CaO+MgO）は0.28%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）0.46%、バナジウム（V）0.04%と低値で、酸化マンガン（MnO）も0.04%と低減した値である。銅（Cu）は0.002%であった。含鉄試料のため鉄分高く、相対的に脈石成分（Ti、V、Mn）がより低減した値を示した。

#### DAN-32 粒状滓<sup>[34]</sup>

##### DAN-32-1a 5.8～7.4mm径

① 肉眼観察：色調はやや光沢のある暗灰色。不整な卵状で平坦面を3個所に存在する。平坦面には溝状の窪みがみられる。

② マクロ組織：Photo.45①に示す。中央部は大きく空洞化し、少量の錆化鉄を残す。断面卵状を形成する周縁部は白色粒状鉱物相である。

③ 跳微鏡組織：Photo.26⑥～⑧に示す。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·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。なおヴスタイト粒内には微小析出物が点在する。粒状滓とみてよからう。ただし、空洞部の錆化鉄の存在が気がかりである。

##### DAN-32-1b 5.4～5.8mm径

① 肉眼観察：色調は暗褐色。不整な球状で平坦面を1面もつ。長軸端部に1個所突出部を発生する。表面に酸化土砂が付着する。

② マクロ組織：Photo.45②に示す。断面は白色粒状鉱物相で埋まり、その間に0.1～1.1mm大の気孔が多数散在する。

③ 跳微鏡組織：Photo.27①～③に示す。鉱物相は白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite：FeO）、粒内には微小析出物が点在。淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite：2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。また表層側に錆化鉄粒の痕跡があり、鍛打作業の極く初期段階の派

生物の可能性をもつ。

#### DAN-32-1c 7.7~9.6mm径

- ① 肉眼観察：色調はやや光沢のある暗褐色。不整な卵状で平坦面を4個所に残し、溝状の窪みがみられる。表面に酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.45③に示す。ガラス質で、長径1~2mm程の大きな気孔が多数存在する。また微細な金属鉄粒が多数散在している。赤熱鉄素材の酸化防止に塗布した粘土汁からの溶融物であろう。
- ③ 視微鏡組織：Photo.27④~⑥に示す。ガラス質中に微小金属鉄粒が散在する。⑥~⑧は金属鉄粒を5%ナイトルで腐食して現れた組織である、フェライト基地に網目状セメントタイトと蜂の巣状のレデブライトが析出する。銑鉄の下げ脱炭時の派生物であろうか。
- ④ ピッカース断面硬度：Photo.27⑦に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は215Hvであった。

#### DAN-32-2a 3.0mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。不整な球状で小さな突起が3個所みられる。表面に酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.28①に示す。中央部は大きく空洞化する。球状を形成する鉱物相は肉薄で白色鉱物相は少ない。
- ③ 視微鏡組織：Photo.28②~④に示す。白色樹枝状結晶マグネタイト（Magnetite： $Fe_3O_4$ ）、及び淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite： $2FeO \cdot SiO_2$ ）が基地の暗黒色ガラス質中に晶出する。また微小金属鉄粒が散在する。表層に金属鉄を残存させるのは、これも鍛打作業の初期段階での派生物である。また、粘土汁多用の影響もあってファイヤライトの多い鉱物相となった。

#### DAN-32-2b 2.3mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗灰色。球状を呈するが表面に小さな突起が2個所みられる。
- ② マクロ組織：Photo.28⑤に示す。球状を形成する鉱物相は明度を欠き中央はやや大きな空洞がみられ、その周囲にも中小の気孔が散在する。
- ③ 視微鏡組織：Photo.28⑥に示す。鉱物相は淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite： $2FeO \cdot SiO_2$ ）が主体で極く微量の白色樹枝状結晶マグネタイト（Magnetite： $Fe_3O_4$ ）で構成される。該品も粘土汁多用の派生物である。

#### DAN-32-2c 2.2mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗灰色で、歪な球状を呈する。錆化鉄特有の凹凸が顕著で、錆化鉄粒の可能性がある。
- ② マクロ組織：Photo.28⑦に示す。錆化鉄粒である。表層僅かに滓の固着があるが、大部分は錆化鉄のもつ層状酸化鉄組織が観察される。
- ③ 視微鏡組織：Photo.28⑧~⑩に示す。鉄部は完全に錆化しているが、パーライト基地に片状黒鉛が析出するねずみ錆鉄組織痕跡が残存する。また表層に固着する滓部は、基地の暗黒色ガラス

質津中に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·SiO<sub>2</sub>) が晶出する。球状錫化鉄と鉱物相をもつ小粒は別物である。

DAN-33 錫造剥片 (a)

DAN-33-3a 3.2×1.9×0.4mm

① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は平坦であるが小さな皺や窪みがあり、裏面は平滑で光沢がない。送付試料は2片に割れているため、それぞれ①②の番号をつけて調査を行った。

DAN-33-3a①

①マクロ組織：Photo.29①に示す。白色鉱物相を晶出した厚手でやや彎曲気味の剥片である。径0.1~0.2mm程の気孔が散在する。

② 顕微鏡組織：Photo.29②~④に示す。鉱物組成は暗黒色ガラス質津中に局部凝聚と小粒樹枝状の白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) が晶出する。外層ヘマタイトと中間層マグネタイトは不明瞭で内層のみが明瞭な剥片である。これも鍛打作業の前半段階の派生物の可能性をもつ。

DAN-33-3a②

① マクロ組織：Photo.29⑤に示す。DAN-33-3a①に連なる剥片の薄手側である。内面側に白色鉱物相の凝集部をもつ。

② 顕微鏡組織：Photo.29⑥に示す。暗黒色ガラス質津中に白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) が晶出する。赤熱鉄素材の酸化防止で粘土汁の多用からガラス質の多い鉱物相である。どちらも鉄酸化膜の層構造が確認されなかった。

DAN-33-3b 3.2×1.2×0.8mm

① 肉眼観察：色調は暗灰色。表面は凹凸が著しい。裏面は中央に稜が走り一部に赤鏽を発生する。

② マクロ組織：Photo.29⑦に示す。厚手で、表裏面の凹凸に伴う厚み変動がみられる。また径0.1~0.2mm程の気孔が散在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.29⑧に示す。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·SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。なおヴスタイト粒内には針状の微小析出物がある。鉄酸化膜の層構造がなく鍛冶津の皮の可能性が高い。

DAN-33-3c 2.5×1.6×0.3mm

① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は平坦で、酸化土砂が付着している。裏面は突起部を持ち光沢はない。

② マクロ組織：Photo.29⑨に示す。断面は厚みに変動があり、ガラス質が多くて白色鉱物相の析出が少ない。

③ 顕微鏡組織：Photo.29⑩に示す。素地の暗黒色ガラス質津中に白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) が晶出する。鉄酸化膜の3層構造は認められず、赤熱鉄素材の酸化防止で粘土汁を多用した溶融剥片の可能性をもつ。鍛打作業の初期段階の派生物であろう。

#### DAN-33-4a 1.9×1.2×0.4mm

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は細かな皺、突起を持ち酸化土砂が付着している。裏面は平滑で光沢がある。
- ② マクロ組織：Photo.30①に示す。断面は白色鉱物相の析出は弱く厚手で、厚み変動をもつ。また径0.1~0.2mm程の気孔が散在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.30②に示す。鍛造剥片特有の3層構造はもたず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·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。ヴスタイトの粒径が小さいところから、粘土汁多用で派生した剥片の可能性が高い。

#### DAN-33-4b 1.8×1.3×0.5mm

- ① 肉眼観察：前述のDAN-33-4aに類似した外觀で色調は暗褐色。表面は細かい皺、凹凸が多い。裏面は平坦で酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.30③に示す。断面には気泡は殆んど無くて片側が端部に向かい急に厚みを減じる。鉱物相は規則性をもつ。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.30④⑤に示す。鉱物相は白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite : FeO）、ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。なおヴスタイト粒内にはFe-Ti系の微小析出物が多数点在する。鉄酸化膜の3層構造が確認されず、チタン濃度の高い精錬鍛冶津に準じた鉱物相の検出となつた。鍛造剥片としての被膜構造としては外層・中間層の区別がつかず問題である。

#### DAN-33-4c 2.7×1.0×0.4mm

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は平坦で酸化土砂が付着する。裏面は細かい破面、棱が多数見られる。また酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.30⑦に示す。中央が厚く両端に向かい厚みを減じる剥片である。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.30⑥⑧に示す。鉱物組成は白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite : FeO）で粒内には微小析出物をもち、これと淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。
- ④ CMA調査：Photo.71のSE（2次電子像）に示す鉱物相の高速定性分析結果がFig.25である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、マンガン（Mn）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像と定量分析値をPhoto.71に示す。SE中の白色粒状結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）に強く白色輝点が集中し、粒内微小析出物にはチタン（Ti）、アルミニウム（Al）に白色輝点が重なる。さらに1の番号をつけた白色粒状結晶内の15μmエリアでの定量分析値は97.3%FeO-1.2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1.1%TiO<sub>2</sub>であった。白色粒状結晶はヴスタイト（Wüstite : FeO）で、粒内微小析出物はウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、ヘーシナイト（Hercynite : FeO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）の混合組成に同定される。2の番号をつけた淡灰色木ずれ状結晶は鉄（Fe）、珪素（Si）に白色輝点が集中し、定量分析値は

58.4%FeO-29.4%SiO<sub>2</sub>であった。ファイヤライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) に同定される。該品は3層構造をもたず大粒ヴスタイトが端正に晶出し、剥片厚みに均一性が無いところから鍛造剥片は否定されて鉄滓の皮に分類される。

#### DAN-33-4d 1.8×1.3×0.3mm

- ① 肉眼観察：色調は暗灰色。表面共やや波うち、少し光沢が認められる。
- ② マクロ組織：Photo.30⑨に示す。片側が端部に向かいやた厚みを減じる。亀裂に起因した剥落であろう。まだ断面には大きな亀裂を残す。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.30⑩に示す。酸化膜の層構造は不明瞭である。微かに粒状結晶の痕跡がみられるが非晶質化したヴスタイト (Wüstite : FeO) と推定される。鍛造剥片であれば、鍛打工程の後半段階の派生物の可能性をもつ。

#### DAN-34 砂鉄混在物

- ① 肉眼観察：砂鉄粒子や滓の小破片、錆化鉄粒や剥片様遺物など雑多な微細遺物で構成された試料である。
- ② マクロ組織：Photo.46①に示す。熱影響のみられない磁鉄鉱粒子 (Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>·FeO)、粒状の微細な錆化鉄や金属鉄粒、白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) を晶出する鍛冶滓の小破片、鍛造剥片様遺物などが混在する。鍛冶作業からの微細派生物で占められる。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.31-32に示す。Photo.31①中央とその左側の角張った白色粒は磁鉄鉱粒子 (Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>·FeO) で被熱痕跡はなく生砂鉄である。②③は格子組織をもつチタン鉄鉱 (Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>) を示す。また周囲には中小の錆化鉄粒が散在する。④⑤は球状遺物でガラス質の素地中に白色樹枝状結晶マグネタイト (Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) が晶出する。⑥⑦は錆化鉄であろうか。周囲にも複数の錆化鉄粒が散在する。⑧⑨鍛造剥片である。外層ヘマタイトは極く僅かに残留し、中間層マグネタイトは健全で内層ヴスタイトは凝聚しつつある。裏面側は再加熱によりヘマタイト層が隙間をぬって発生する。鍛打工程の中間もしくは後半段階での派生物の可能性をもつ。さらにPhoto.32の①～③には生砂鉄と滓の小片を示す。滓破片は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピニル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>)、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·SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。精練鍛冶滓の晶癖である。④上側に剥片様の微細遺物を示す。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ニル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>)、淡灰色木ずれ状結晶ファイヤライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) の晶出がある。粘土汁多用で初期鍛打の鍛造剥片の可能性が高い。⑤は片状黒鉛を析出する金属鉄粒である。⑥～⑨は金属鉄粒を5%ナイトルで腐食して現れた組織を示す。⑥⑦は蝶の巣状のレデブライトが認められる白鉄であった。また⑧はフェライト基地に少量バーライトが析出する亜共析組織、⑨はフェライト組織からなる金属鉄粒である。微細な粒状遺物は、粒状滓と鉄粒 (Metalと錆化物) が多く混在する。
- ④ 化学組成分析：Table. 2に示す。錆化鉄と自然堆積砂鉄混在の成分である。全鉄分 (Total Fe) 58.62%に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 2.86%、酸化第1鉄 (FeO) 27.14%、錆化鉄含みで酸化第2鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) が多くて49.56%の割合であった。ガラス質成分 (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+

$\text{Na}_2\text{O}$ ) は13.00%で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) は1.11%である。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 1.78%、バナジウム (V) 0.09%で、また酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) 0.19%、銅 (Cu) は0.005%であった。脈石成分 (Ti, V, Mn) は少ない。

## 小結

V区1号炉遺構は中世に属し、板屋III遺跡でみられた堅形炉の系譜をひく鍛冶炉の可能性が提示されている。<sup>(36)</sup> 炉壁 (DAN-30) は溶融ガラス中にウルボスピネルを晶出し、まだ脈石成分の多い荒鉄 (製錬生成鉄で、表皮スラグや捲込みスラグ、更には炉壁粘土など不純物を含む原料鉄：鉄塊系遺物) の不純物除去を目的とした精錬鍛冶に用いた可能性を強く感じる。なお、胎土成分は低鉄分で (1.42%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )・低塩基性成分 (0.33%  $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) であり、耐火性は1,420°Cを確保する性状であった。在地粘土で近世たたらの炉壁 (DAN-2) に近似する。

更に炉底の原位置で採取された含鉄炉底塊 (DAN-31) は、浸炭過程で見受けられるバーライト基地の粒界にフェライトとセメンタイトがネットワーク状に析出する異常組織と称する過共析鋼であった。化学組成は鈍化鉄 (58.5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 主体で脈石成分 (0.45%  $\text{TiO}_2$ , 0.04% V, 0.04%  $\text{MnO}$ ) の低い結果である (メタル部分検鏡優先)。通常は製錬過程で多く観察される組織であろうが、鍛冶炉においても生じうる組織かもしれない。しかし一方、視点を変えれば製錬系鉄塊を不純物除去のために鍛冶炉に投入後、何らかの理由からあまり熱影響を受けずそのままの組織で遺存した可能性も考えられる。

次に当調査の廃滓部東側から鍛打作業で派生する粒状滓や鍛造剥片、更には高熱作業で突起鉄が溶出して表面張力の関係から球状化した鉄粒など微細遺物が採取されている。これらは鍛打初期段階で多く発生する形態である。荒鉄の精錬から粗鉄の初期鍛打までの作業が想定できる調査区であった。

## (3) V区2号炉出土遺物

### DAN-35 炉壁 (送風孔付)

① 肉眼観察：側面に通風孔の痕跡が残る炉壁片である。内面は熱影響を受けて黒色ガラス質化し、裏面と下面は破面である。通風孔は下辺が丸く側面が直線状、上下は窄まるものと推定され、穿孔方向は炉壁面に対し僅かに角度を持つ。胎土は灰白色の石や石英、長石を含みやや軟質である。内面に流動状の滓が固着することから、二次的に転用された可能性が考えられる。

② 頸微鏡組織：Photo.33①～③に示す。①は熱影響を強く受けて粘土鉱物のセリサイトは完全に非晶質化するが、混和された石英等の砂粒は熱影響を受けつつも粒状の痕跡を留めている。また微小析出物が認められる。②③炉壁内面表層の溶融ガラス質部分を示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル ( $\text{Ulvöspinel} : 2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) の晶出がある。

③ CMA調査：Photo.72のSE (2次電子像) に示す滓部鉱物相の高速定性分析結果がFig.26である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 ( $\text{Si} + \text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$ )、酸素 (O) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.72に示す。SE中の淡茶褐色多角形結晶には鉄 (Fe)、チタン (Ti)、酸素 (O) に白色輝点が集中するため、ウルボスピネル ( $\text{Ulvöspinel} : 2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) が同定される。

またPhoto.73のSE（2次電子像）に示すガラス質滓中の微小析出物の高速定性分析結果がFig.27である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、燐（P）、酸素（O）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.73に示す。SE中の微小結晶はやはり鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に白色輝点が集中するため、ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に分類される。

④ 化学組成分析：Table. 2に示す。強熱減量（Igloss）5.29%で熱影響は大きくなく、結晶構造水の飛散も程度の状態での分析となった。鉄分（FeO）2.20%と低めで軟化性に優れるが、酸化アルミニウム（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）13.43%と低く耐火性が心配される。しかし塩基性成分（CaO+MgO）が0.21%と低く、耐火性を補強する。

⑤ 耐火度：1445°Cであった。製鉄炉炉壁としては特別問題を起す性状ではない。

#### DAN-36 流出滓

① 肉眼観察：上下面と側面の一部が生きており、他の側面3面は破面である。滓の色調はやや紫がかった黒褐色。上面には大きな菱状の皺が目立つ。破面の気孔は少なく、斜め方向に大ぶりのものが発生する。

② 顕微鏡組織：Photo.33④に示す。鉱物組成は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。また微細な金属鉄粒が点在する。砂鉄製鍊滓の晶癖である。

③ CMA調査：Photo.74のSE（2次電子像）に示す滓部鉱物相の高速定性分析結果がFig28である。A-Rankで検出された元素は鉄（Fe）、チタン（Ti）、ガラス質成分（Si+Al+Ca+Mg+K+Na）、燐（P）、酸素（O）、B-Rankで検出された元素はマンガン（Mn）であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.28に示す。SE中の淡茶褐色多角形結晶は鉄（Fe）、チタン（Ti）、酸素（O）に白色輝点が集中するので、ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）に同定できる。また淡灰色木ずれ状結晶は鉄（Fe）、珪素（Si）に白色輝点が集中し、ファイアライト（Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>）と推定される。

④ 化学組成分析：Table. 2に示す。鉄分低く、脈石成分の高い砂鉄製鍊滓の成分系である。全鉄分（Total Fe）36.18%に対して、金属鉄（Metallic Fe）1.33%、酸化第1鉄（FeO）39.49%、酸化第2鉄（Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）5.95%の割合であった。ガラス質成分（SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O）34.908%で、このうちに塩基性成分（CaO+MgO）3.69%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）14.42%、バナジウム（V）0.34%と高値で、酸化マンガン（MnO）も1.65%と高い。銅（Cu）0.005%であった。

#### DAN-37 流出滓

① 肉眼観察：上面の一部と側面1面が生きており、他の側面2面と下面是破面。地の色調はDAN-36とよく似たやや紫がかった黒褐色である。上面側には横方向に伸びた大ぶりの気孔が多い。下面側は気孔が少なくやや緻密である。

② 顕微鏡組織：Photo.33⑤～⑦に示す。鉱物組成は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル（Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>）、白色針状結晶イルミナイト（Ilmenite : FeO·TiO<sub>2</sub>）、淡灰色木ずれ状結晶

ファイアライト (Fayalite :  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) が基地の暗黒色ガラス質滓中に晶出する。砂鉄製錬滓の晶癖である。なおウルボスピニル結晶にはチタン鉄鉱 (Ilmenite :  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) 粒子由来の格子組織を残存される。⑥⑦は滓中に晶出する微小金属鉄粒を 5 % ナイタルで腐食して現れた組織を示す。フェライト素地にセメンタイトが析出している。高炭素含有鉄粒である。

③ CMA調査: Photo.75のSE (2次電子像) に示す滓部鉱物相の高速定性分析結果がFig.29である。A-Rankで検出された元素は鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ガラス質成分 ( $\text{Si} + \text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$ )、磷 (P)、窒素 (N)、酸素 (O) であった。この高速定性分析結果を視覚化した面分析の特性X線像をPhoto.75に示す。SE中の淡茶褐色多角形結晶及び白色針状結晶は鉄 (Fe)、チタン (Ti) に白色輝点が集中し、Fe-Ti系結晶である。ウルボスピニルとイルミナイトが同定される。なお窒素 (N) にも白色輝点がみられる。また微細な淡灰色木ずれ状結晶は鉄 (Fe)、珪素 (Si) 白色輝点重なり、ファイアライト (Fayalite :  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) と推定される。素地部分ではガラス質成分 ( $\text{Si} + \text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$ ) に白色輝点が集中する。

④ 化学組成分析: Table. 2 に示す。前述したDAN-36に準じた成分系である。全鉄分 (Total Fe) 29.75 % に対して、金属鉄 (Metallic Fe) 0.52%、酸化第1鉄 ( $\text{FeO}$ ) 23.40%、酸化第2鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 15.79% の割合であった。ガラス質成分 ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 39.587% で、このうち塩基性成分 ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 5.56% を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 17.34%、パナジウム (V) 0.49% と高値で、酸化マンガン ( $\text{MnO}$ ) も 1.74% と高い。銅 (Cu) は 0.005% であった。鉄分低く脈石成分が高い砂鉄製錬滓の成分系である。

## 小結

V区2号炉は箱形炉の地下構造で、小舟状遺構をもたない中世タイプである。V区1号炉に先行して構築された製鉄炉の可能性をもつ。当遺構からの出土鉄滓 (DAN-36, 37) は、鉱物組成にウルボスピニル、イルミナイトを晶出し、化学組成は  $30 \sim 36\% \text{ Total Fe}$ 、 $14.4 \sim 17.3\% \text{ TiO}_2$ 、 $0.34 \sim 0.49\% \text{ V}$ 、 $1.65 \sim 1.74\% \text{ MnO}$ などの組成をもち、塩基性砂鉄原料の製錬滓に分類される。前述したI区1号炉の近世たたら排出滓の成分系に準じたもので、原料砂鉄が在地賦存と想定される。小舟遺構をもたなくとも、小規模生産であれば高温操業が実証される鉱物組成であった。また、炉壁粘土の性状もV区1号炉、I区1号炉に近似する。

## (4) II区1号炉出土遺物

### DAN-38 含鉄鉄滓

① 肉眼観察: 破面は僅かで、全体にやや流動気味の含鉄鉄滓である。下面中央に錫びて球状に突出した鉄部が残存する。

② マクロ組織: Photo.46②に示す。間隙の多い滓中に、錫化鉄を残す。滓は層別れの痕跡が明瞭に読みとれる。

③ 顕微鏡組織: Photo.34①～⑤に示す。①～③表層に錫化鉄粒子が付着する。二次的な付着であろう。また滓部は3層の重なりをもつ。外層は淡茶褐色多角形結晶ウルボスピニル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ )、淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト (Fayalite :  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) の晶出がある。また④⑤の中間層では淡茶褐色多角形結晶ウルボスピニル (Ulvöspinel :  $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ )、白色粒状結晶ヴスター

イト (Wüstite : FeO)、淡灰色木ずれ状結晶ファイアライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。なおヴスタイト粒内には微小析出物がある。該品は製錬系鉄塊の不純物除去や成分調整の精錬鍛冶工程での排出津の晶癖である。荒鉄の不純物除去で排出された精錬鍛冶津である。

#### DAN-39 粒状津

##### DAN-39-1a 7.1~7.9mm径 粒状津様遺物

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。不整な球状で平坦面を1面もつ。平坦面には溝状の窪みがある。表面には酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.45④に示す。断面は全体に灰白色の鉱物相で埋まり、その中に径0.2~2.0mm大の気孔が散在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.34⑥~⑧に示す。淡茶褐色多角形結晶ウルボスピネル (Ulvöspinel : 2FeO·TiO<sub>2</sub>)、白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。鍛冶津の球状化した遺物の可能性が大きい。

##### DAN-39-1b 5.5mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。不整な球状で平坦面を1面もつ。長軸端部の一方に突出部、他にも2個所の突起を持つ。表面には酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.45⑤に示す。ガラス質溶融物で周縁部を形成し、中央に不定形の大きな気孔がみられ、その周囲にも中小の気孔が散在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.35①に示す。鉱物組成はごく微細な白色粒状結晶ヴスタイト (Wüstite : FeO) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。赤熱鉄素材に酸化防止に粘土汁を塗布して溶融ガラス化した粒状津であろう。

##### DAN-39-2a 3.2mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。球状で平坦面を2面もつ。小さな突起が2個所に発生。表面には酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.35②に示す。断面は灰白色鉱物相で埋まり0.1mm径前後の細かい気孔が散在する。
- ③ 顕微鏡組織：Photo.35③に示す。ごく微細な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アライト (Fayalite : 2FeO·SiO<sub>2</sub>) が基地の暗黒色ガラス質津中に晶出する。またごく微細な金属鉄粒が晶出する。これもDAN-39-1bに準じた粒状津に分類されよう。

##### DAN-39-2b 2.1mm径

- ① 肉眼観察：色調は暗褐色。球状で小さな粒状の突起を1個所もつ。表面には酸化土砂が付着する。
- ② マクロ組織：Photo.35④に示す。きれいな球状の錆化鉄粒である。侵食が激しく内部の半分

以上の面積が消滅する。

③ 顕微鏡組織：Photo.35⑥～⑦に示す。金属鉄の遺存はなく、パーライトの痕跡も定かでない。また、片状黒鉛らしき析出物ともとれる模様もあるが、これも断定が下せる程の根拠もない。

#### DAN-39-3a 1.2mm径

① 肉眼観察：色調は暗灰色。端正な球状で小さな粒状の突起を2個所もつ。表面には酸化土砂が付着する。

② マクロ組織：Photo.35⑧に示す。きれいな球状で内部が大きく空洞化する錆化鉄粒である。

③ 顕微鏡組織：Photo.35⑨に示す。金属鉄は遺存しないが、微かにパーライト組織の痕跡らしき模様を残す。

#### DAN-40 錫造剥片様遺物

##### DAN-40-a 7.1×5.5×0.4mm

① 肉眼観察：色調は暗灰色。表面は細かい突起を持ち、裏面は平滑である。表裏面共酸化土砂が付着する。

② マクロ組織：Photo.36①に示す。断面の結晶は分布に間隙をもち、両端で厚みに差が生じている。亀裂からの剥落かも知れない。

③ 顕微鏡組織：Photo.36②～④に示す。鉄酸化膜の3層構造は認められない。白色粒状結晶はヴスタイト（Wüstite: FeO）が結晶粒界を残しつつ凝集気味に晶出する。鉄滓の皮であろうか。

④ ピッカース断面硬度：Photo.2④に硬度測定の圧痕を示す。硬度値は350Hvと軟質傾向を呈した。風化のため正常な値を出していない。錫造剥片としての要素はきわめて低い。

##### DAN-40-2a 2.0×1.3×0.5mm

① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は細かい皺があり、中央付近に突起を持つ。裏面は帯状の隆起部がみられる。表裏面共酸化土砂が付着する。

② マクロ組織：Photo.36⑤に示す。白色鉱物相をもつ断面面積は少なく、酸化膜薄片の形態に乏しい。

③ 顕微鏡組織：Photo.36⑥に示す。鉄酸化膜の層構造は不明瞭で、白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite: FeO）が凝集気味に晶出する。結晶粒が小さいが錫造滓の剥片の可能性が強い。

##### DAN-40-3a 3.2×1.8×0.2mm

① 肉眼観察：色調は暗褐色。表面は細かい粒状の突起が多数見られ、裏面は平滑である。

② マクロ組織：Photo.36⑦に示す。断面の鉱物相は健全である。平坦気味で、裏面側の凹凸が顯著である。

③ 顕微鏡組織：Photo.36⑧～⑩に示す。鉄酸化膜の層構造は外層ヘマタイトが不明瞭ながら中間層マグネタイトが存在し、ヴスタイト（Wüstite: FeO）が凝聚し、3層分離型を備える。

④ ピッカース断面硬度：Photo.36⑩に硬度測定の圧痕を示す。測定値の記載モレであるが圧痕の大きさは450Hv前後でヴスタイトの硬度を表わす。該品は錫造剥片に分類されよう。

## DAN-41 砂鉄混在物

① 肉眼観察：砂鉄粒子や錆化鉄粒、滓片や鍛造剥片様遺物が混在する。前述したDAN-34砂鉄混在物よりも砂鉄の量が多い。

② マクロ組織：Photo.46③に示す。砂鉄粒子は白色の磁鉄鉱粒子が主体であるが、格子組織を持つチタン鉄鉱も認められる。やや角張った形状のものが多い。また、リング状で中核部の抜けた錆化鉄粒が多数みられる。さらに微細な滓片や、剥片様遺物が点在する。

③ 顕微鏡組織：Photo.37に示す。①白色粒は磁鉄鉱粒子（Magnetite： $Fe_3O_4 \cdot FeO$ ）である。他に白色粒状結晶ヴスタイト（Wüstite： $FeO$ ）が晶出する鍛冶滓片や錆化鉄の小片が存在する。②③写真左側に格子組織を持つチタン鉄鉱（Ilmenite： $FeO \cdot TiO_2$ ）を示す。④⑤は鍛造剥片で、鉄酸化膜の3層構造が確認できる。外層へマタイト、中間層マグネットは肥厚が著しい。内層ヴスタイトは僅かに粒状結晶の痕跡を残す。⑥～⑨は微小金属鉄粒を5%ナイタルで腐食して現れた組織を示す。⑥⑦は蜂の巣状のレアブライトが析出した白錆鉄組織である。⑧はフェライト基地にセメントタイトの析出がある。⑨はフェライト組織であった。炭素量の異なる微小鉄粒が多数存在する。

④ 化学組成分析：Table. 2に示す。錆化鉄と砂鉄含みの成分系であり、前述したDAN-34砂鉄混在物に近似した成分となる。全鉄分（Total Fe）53.85%に対して、金属鉄（Metallic Fe）1.78%、酸化第1鉄（ $FeO$ ）14.86%、酸化第2鉄（ $Fe_2O_3$ ）57.97%の割合であった。多数含まれる微細な錆化鉄粒や金属鉄粒を反映する値である。ガラス質成分（ $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MgO + K_2O + Na_2O$ ）は13.017%で、このうちに塩基性成分（ $CaO + MgO$ ）1.66%を含む。砂鉄特有成分の二酸化チタン（ $TiO_2$ ）3.24%、バナジウム（V）0.13%、また酸化マンガン（ $MnO$ ）は0.32%、銅（Cu）は0.008%であった。低マンガン傾向は錆化鉄の影響であろう。

## 小結

II区1号炉は、70×40cm、深さ10cmの皿状窪みの遺構で、還元色の被熱痕跡があり、鍛冶炉と推定される。炉の南側約1mには鉄滓の付着した鉄床石（50×20~30cm：長方形）相当品も検出された。この炉内から出土した含鉄鉄滓（DAN-38）は、流動気味の肌をもち、鉱物組成は粒内に $Fe-Ti$ 化合物をもつヴスタイトとウルボスピニエルを晶出し、荒鉄の不純物除去で排出された精錬鍛冶滓の晶癖であった。近世たらの操業であれば、左下滓もしくは本場滓と呼称すべきかも知れない。なお、大鍛冶場とみると2基の鍛冶炉（左下・本場）の構築を考えられるが、ここでは1基のみの存在だった。

一方、当調査区内でも鍛打作業で派生する微細遺物の粒状滓や鍛造剥片と共に、高熱作業発生の球状化鍛冶滓や鉄粒（錆化）が検出された。荒鉄の成分調整の鍛冶から粗鉄程度の鍛打加工作業の活動が想定される。

#### 4.まとめ

榎原遺跡は、中世から近世へかけての製鉄遺跡である。ここから製鉄炉・鍛冶炉が5基と、排滓場、池状造構などの附帯設備の検出もあった。それら関連造構からの出土遺物41点の調査結果のまとめをTable.4に示す。

V区2号炉は中世に比定され、箱形炉の地下構造で小舟造構を伴わぬ製鉄炉である。これに対してI区1号炉は近世たたらで、本床面が小舟面よりもかなり高い構築の「山陰型一出雲流」の造構である。<sup>(27)(28)</sup>この両製鉄炉では赤目系の塩基性砂鉄を原料とした製錬操業であった。出土鉄滓の鉱物組成はウルボスピニル・イルミナイトは両者共通、後者はシードブルーカイトが加わり、より高温化工程が窺われる熱履歴であった。一定水準での鉄生産が汲みとれる。ここで注目されるのはI区1号炉から生成された含鉄・鉄塊系遺物（一部の介在物にルチル ( $TiO_2$ ) 析出：高温生成物）の炭素含有量である。多くの鉄塊は銑鉄系で銑押し法が想定できそうな遺物構成である。しかし、II区の造構には鉄池とおぼしき池状造構が存在する。これは機能していくて水鋼的な急冷された鉄塊（DAN-13：ペイナイト組織、DAN-23、28：マルテンサイト組織）が確認された。通常銑押し法には鉄池は必要としない。

これらの状況を勘案すると、当遺跡では錫押し法たら場であって銑鉄が多いのは副産物の放置であろうか。

山陽側は銑鉄生産を中心、山陰側の出雲地方は錫生産中心とみる従来の考え方、更には高橋一郎が提唱する出雲地方は銑鉄生産が主力なる説があつて、<sup>(29)</sup>これらの回答に迫られている今日である。現時点では指針の出る発言は難しい。志津見ダム関連製鉄・鍛冶の既刊報告書<sup>(30)</sup>や現在準備中の報告書をもとに再検討を進める所存である。

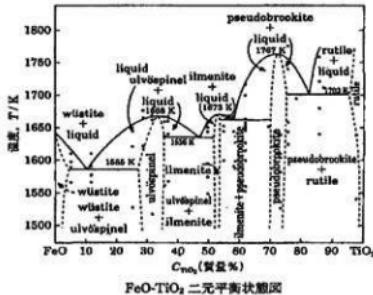
（注）

1) 日刊工業新聞社『焼結鉄組織写真および識別法』1968 錫鉄鉱は530~600 Hv、ヴァタイトは450~500 Hv、マグネットイットは500~600 Hv、ファイヤライトは600~700 Hvの範囲が提示されている。ウルボスピニルは硬度検査範囲の明記はないが、マグネットイットにチタン (Ti) を固溶するので、600 Hv以上であればウルボスピニルと同定している。

2) 大澤正己「大山遺跡を中心とした埼玉県下の製鉄関係遺物分析調査」「大山」埼玉県立がんセンター埋蔵文化財発掘調査報告（埼玉県遺跡発掘調査報告第23集）埼玉県教育委員会1978

3) J.B.Macchesney and A.Murua : American Mineralogist, 46 (1961), 572

〔イルミナイト (Ilmenite :  $FeO \cdot TiO_2$ ) の晶出は  $Fe-TiO_2$  元半衡状態図から高溫化操業が推定される。〕



- 4) 粒状滓は鍛冶作業において凹凸を持つ鉄素材が鍛冶炉の中で赤熱状態に加熱されて、突起部が溶け落ちて酸化され、表面張力の関係から球状化したり、赤熱鉄塊に酸化防止を目的に塗布された粘土汁が酸化膜と反応して、これが鍛打の折に飛散して球状化した微細な遺物である。
- 5) 鍛造剝片とは鉄素材を大気中で加熱、鍛打したとき、表面酸化膜が剥離、飛散したものを指す。俗に鉄肌（金肌）やスケールとも呼ばれる。鍛冶工程の進行により、色調は黒褐色から青味を帯びた銀色（光沢を発する）へと変化する。粒状滓の後続生産物で、鍛打作業の実証と、鍛冶の段階を示す上で重要な遺物となる。<sup>1010</sup>
- 鍛造剝片の酸化膜相は、外層は微厚のヘマタイト（Hematite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、中间層マグネサイト（Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>）、大部分は内層ヴァサイト（Wüstite : FeO）の3層から構成される。このうちのヘマタイト相は1450°Cを越えると存在しなく、ヴァサイト相は570°C以上で生成されるのはFe-O系平衡状態図から説明される。<sup>1011</sup>
- 鍛造剝片を王水（塩酸3% : 硝酸1%）で腐食すると、外層ヘマタイト（Hematite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）は腐食しても侵されず、中间層マグネサイト（Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>）は黒変する。内層のヴァサイト（Wüstite : FeO）は黒変する。
- 鍛打作業前半段階では内層ヴァサイト（Wüstite : FeO）が粒状化を呈し、鍛打仕上げ時になると非晶質化する。鍛打作業工程のどの段階が行われていたか推定する手がかりともなる。
- 6) 宮本正保「種原遺跡」「種原遺跡・谷川遺跡・般浦山毛宅前伊跡」（志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書4）鳥根県教育委員会1997.3
- 7) 河瀬正利「中国地方における砂鉄製錬法の成立と展開～炉床構造を中心として～」『瀬戸内海地域史研究』第3輯1991.8
- 8) 宮本正保 前掲書6
- 9) 高橋一郎「奥出雲の近世企業たら発達小史—産業考古学の侧面から—」『日本の産業遺産—産業考古学的研究』玉川大学出版部1986
- 10) 志津見ダム建設予定地内の製鉄・鍛冶関連遺跡の調査では、現在以下の既刊報告書がある。
- ①大澤正己「板屋Ⅲ遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書5「板屋Ⅲ遺跡」建設省中国地方建設局 鳥根県教育委員会1998
- ②大澤正己「中原遺跡出土十代鍛冶関連遺物の金属学的調査」志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書6「中原遺跡」建設省中国地方建設局 鳥根県教育委員会1999
- ③大澤正己・鈴木瑞穂「下山遺跡製鉄関連遺物の金属学的調査」志津見ダム建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書7「下山遺跡（1）」建設省中国地方建設局 鳥根県教育委員会2000
- 11) 大澤正己「房総風土記の丘実験試料と発掘試料」「千葉県立房総風土記の丘年報15」（平成3年度）千葉県房総風土記の丘1992
- 12) 森岡ら「鉄鋼腐食科学」「鉄鋼工学講座」11朝倉書店1975

Table 1 供試材の属性と調査項目(その1)

件号	遺物名	遺構名	出土位置	遺物名称	計測値		磁強度	メタル検出	アクリル樹脂(ガラス)	PVC	化粧板	耐火材	カーリー	備考
					大きさ(mm)	重さ(g)								
DAN-1	棺原	I区1号柱	排水場 D14区①層	好望	—	—	18c代	139×133×114	20000	3 なし	—	—	—	—
DAN-2	棺原	I区1号柱	木床 中央×4柱間	好望	—	—	18c代	220×115×75	18000.0	3 なし	—	—	—	—
DAN-3	棺原	I区1号柱	井井採用 排溝場?	移動(包装物類)	—	—	18c代	—	200.0	6 なし	—	—	—	—
DAN-4	棺原	I区1号柱	排溝場 C11区③層	J.真付窓枠	18c代	77×48×37	178.0	7 H(○)	○	○	—	—	—	—
DAN-5	棺原	I区1号柱	排溝場 D14区④層	J.真付窓枠	18c代	74×72×22	99.0	3 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-6	棺原	I区1号柱	排溝場 A13区④層	漆出漆(含鉛)	18c代	55×41×23	50.0	2 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-7	棺原	I区1号柱	排溝場 流川沿(工具要件)	漆出漆(含鉛)	18c代	63.5×75×56	148.0	3 M(○)	○	○	—	—	—	—
DAN-8	棺原	I区1号柱	排溝場その他の排水場	流川沿(工具要件)	18c代	85×153×13	—	—	—	—	—	—	—	—
DAN-9	棺原	I区1号柱	排水場 J7区①層	漆出漆(小)	18c代	85×153×13	—	—	—	—	—	—	—	—
DAN-10	棺原	I区1号柱	排水場 E12区①層	漆出漆(大)	18c代	112×137×55	1140.0	2 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-11	棺原	I区1号柱	排水場 E14区④層	合金鉄鋸	18c代	70×97×61	340.0	7 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-12	棺原	I区1号柱	排水場 J7区①層	合金鉄鋸	18c代	95×70×67	280.0	7 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-13	棺原	I区1号柱	排水場 D11区④層	鉄錐系遺物(大差異)	18c代	138×410×270	1660.0	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-14	棺原	I区1号柱	排水場 J7区①層	鉄錐系遺物(含鉛)	18c代	125×85×33	380.0	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-15	棺原	I区1号柱	排水場その他の排水場	鉄錐系遺物	18c代	76×68×30	180.0	8 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-16	棺原	I区1号柱	排水場 E14区①層	鉄錐系遺物	18c代	86×52×17	140.0	8 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-17	棺原	I区1号柱	排水場 H11区①層	鉄錐系遺物(含鉛)	18c代	48×44×38	—	—	—	—	—	—	—	—
DAN-18	棺原	I区1号柱	排水場 J7区③層	鉄錐系遺物	18c代	54×29×30	82.0	7 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-19	棺原	I区1号柱	排水場 E15区④層	鉄錐系遺物	18c代	67×18×47	70.0	7 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-20	棺原	I区1号柱	排水場 A20区①層	鉄錐系遺物	18c代	68×51×10	65.0	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-21	棺原	I区1号柱	木床下 上二木枕状施設	鉄錐系遺物(鉛)	18c代	5×22×9	92000.0	7 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-22	棺原	I区1号柱	池袋遺跡2号	鉄錐系遺物	18c代	198×96×25	643.5	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-23	棺原	I区1号柱	池袋遺跡2号	鉄錐系遺物	18c代	136×72×61	1027.0	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-24	棺原	I区1号柱	池袋遺跡2号	鉄錐系合体(含鉛)	18c代	79×73×47	411.1	9 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-25	棺原	I区1号柱	池袋遺跡2号	鉄錐系合体	18c代	5×140×23	65.8	6 L(●)	○	○	—	—	—	—
DAN-26	棺原	I区1号柱	排水場 B1区②層	丹絞合縫(含鉛)	18c代	174×91×65	1910.0	3 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-27	棺原	I区1号柱	1号柱 北東壁柱内	鉄錐系合縫物(クサビ)	18c代	57×30×18	35.0	5 △	○	○	—	—	—	—
DAN-28	棺原	I区1号柱	排水場 C12区①層	黒絞合縫物	18c代	126×39×15	85.0	8 鋼(△)	○	○	—	—	—	—
DAN-29-1	棺原	I区1号柱	排水場 L7区①層	木床(黒床)	18c代	46×34×23	9.0	1 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-29-2	棺原	I区1号柱	排水場 K15区①層	木床(黒床)	18c代	33×33×25	12.0	1 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-29-3	棺原	I区1号柱	排水場 K15区④層	木床(黒床)	18c代	52×36×16	13.0	1 なし	—	—	—	—	—	—
DAN-29-4	棺原	I区1号柱	排水場 13区④層	木床(黒床)	18c代	72×35×26	15.0	1 なし	—	—	—	—	—	—

Table.1 供試材の履歴と調査項目(その2)

行 号	遺物名	遺物名	出土位置 (件)	遺物名称		推定年代	大きさ (mm)	計 測 値	重 量 (g)	寸 幅	メタルラ ジ	アクリ ル樹脂	聚 丙 烯	聚 氯 乙 稀	聚 氯 丙 稀	聚 氯 乙 稀 丙 稀	備 考
				柱頭	火炎塊(含灰)												
DAN-30	柱頭 V区1号炉 内	柱頭 (件)	14e中頸	149×78×71	—	4000.0	3 4000.0	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—
DAN-31	柱頭 V区1号炉 内	柱頭 (件)	14e中頸	121×160×94	—	2000.0	10 2000.0	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-32	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	14e中頸	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—
DAN-33	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	14e中頸	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—
DAN-34	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	14e中頸	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-35	柱頭 V区2号炉 内	柱頭 (泡沫・黒漆塗)	14e中頸 (泡沫・黒漆塗)	131×104×57	—	19.8	5 19.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
DAN-36	柱頭 V区2号炉 内	柱頭	14e中頸	73×55×28	—	660.0	4 660.0	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—
DAN-37	柱頭 V区2号炉 内	柱頭	14e中頸	65×57×59	—	149.0	4 149.0	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-38	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	不明	43×37×32	—	205.0	5 205.0	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-39	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	不明	—	—	34.2	6 34.2	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-40	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	不明	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
DAN-41	柱頭 V区1号炉 内	柱頭	不明	—	—	20.3	4 20.3	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—

Table 2 供試材の化学組成(その1)

試料番号	通名	種別	全金属	鉄含有量	純度	銅含有量	純度	錫含有量	純度	鉛含有量	純度	鉻含有量	純度	錫含有量	純度	銅含有量	純度	鉄含有量	純度	鉱物分	T(%)	Total Fe
DAN-1 鋼鉄 鉄鉱	1.77 0.12	0.50	1.80	69.87	17.16	0.09	0.34	4.52	0.72	0.04	0.48	0.04	0.01	0.02	22.95	0.01	0.02	14.15	96.224	62.453	0.206	
DAN-2 鋼鉄 鉄鉱	1.51 0.13	0.53	1.65	74.74	15.50	0.09	0.33	4.76	0.74	0.06	0.52	0.07	0.01	0.02	21.12	<0.01	0.02	14.45	92.562	62.289	0.271	
DAN-3 鋼鉄 鉄鉱(日本製鉄)	0.01 0.47	1.25 33.31	13.60 32.12	67.47 10.34	5.06 3.15	3.15 3.21	1.04 1.23	0.080 0.159	0.226 0.539	0.575 0.71	0.12 0.155	0.11 0.155	0.059 0.119	0.19 0.22	0.13 0.19	0.02	0.13	—	10.826	0.222	0.097	
DAN-4 鋼鉄 鉄鉱(日本製鉄)	48.83 0.47	0.47	33.31	22.12	10.34	3.15	1.23	1.99	0.302	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.168	0.605	0.239	
DAN-5 鋼鉄 鉄鉱	28.39 0.57	0.57	27.57	9.14	28.23	7.75	3.31	2.23	1.19	0.395	1.15	15.22	0.08	0.02	0.22	0.32	0.33	0.03	—	43.315	1.525	0.536
DAN-6 鋼鉄 鉄鉱(赤鉄)	29.65 0.25	0.25	30.15	8.53	28.93	7.06	3.72	2.52	1.18	0.672	1.15	15.06	0.04	0.01	0.22	0.06	0.26	0.03	—	44.082	1.487	0.508
DAN-7 鋼鉄 鉄鉱(工具鋼)	34.81 0.56	0.56	38.34	6.36	23.69	5.67	2.88	1.82	1.08	0.438	1.47	16.75	0.05	0.01	0.20	0.04	0.56	0.03	—	35.578	1.022	0.481
DAN-8 鋼鉄 鉄鉱	26.65 0.46	0.46	31.59	2.34	27.08	7.62	3.21	2.79	1.43	0.334	1.50	20.55	0.06	0.01	0.11	0.03	0.43	0.034	—	42.664	1.601	0.771
DAN-9 鋼鉄 鉄鉱(火打)	30.99 0.60	0.60	28.86	11.29	26.68	6.88	3.49	2.67	1.19	0.643	1.16	15.90	0.05	0.01	0.22	0.04	0.37	0.034	—	40.863	1.325	0.515
DAN-10 鋼鉄 鉄鉱(金)	47.50 0.50	0.50	26.64	17.43	16.50	4.26	2.03	1.58	0.858	0.375	0.76	11.26	0.03	0.07	0.18	0.37	0.28	0.034	—	25.60	0.539	0.237
DAN-11 鋼鉄 鉄鉱(金)	47.02 0.594	0.594	20.75	35.67	14.36	3.94	1.36	1.26	0.712	0.260	0.62	9.22	0.02	0.08	0.19	0.70	0.20	0.034	—	21.882	0.466	0.196
DAN-12 鋼鉄 鉄鉱(大黒)	32.04 1.83	1.83	15.15	40.65	17.09	4.41	0.63	0.52	0.822	0.253	0.14	2.73	0.04	0.09	0.97	0.23	0.034	—	23.725	0.436	0.052	
DAN-13 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石合計)	44.71 9.18	9.18	37.40	9.24	14.14	4.29	1.90	1.97	0.617	0.340	0.91	12.22	0.07	0.01	0.18	0.26	0.09	0.034	—	23.257	0.520	0.266
DAN-14 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石合計)	68.96 37.32	37.32	10.12	33.99	5.37	1.72	0.43	0.48	0.382	0.116	0.16	5.40	0.02	0.06	0.20	1.59	0.16	0.034	—	8.498	0.123	0.078
DAN-15 鋼鉄 鉄鉱(金)	79.73 55.53	55.53	7.25	26.54	2.78	0.84	0.27	0.13	0.156	0.060	0.05	0.74	0.01	0.04	0.13	1.62	0.03	0.037	—	4.256	0.054	0.009
DAN-16 鋼鉄 鉄鉱(金)	54.62 16.30	16.30	13.85	47.98	12.10	3.18	0.41	0.22	0.766	0.234	0.05	0.61	0.04	0.05	0.18	2.52	0.01	0.032	—	16.91	0.310	0.011
DAN-17 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	74.43 47.53	47.53	22.54	13.41	3.78	1.53	0.40	0.55	0.202	0.094	0.21	5.97	0.06	0.04	0.12	1.70	0.57	0.037	—	6.556	0.088	0.080
DAN-18 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	68.96 37.32	37.32	10.12	33.99	5.37	1.72	0.43	0.48	0.382	0.116	0.16	5.40	0.02	0.06	0.20	1.59	0.16	0.034	—	8.498	0.123	0.078
DAN-19 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	40.13 18.53	18.53	10.66	18.81	28.96	8.52	2.85	0.52	1.22	0.06	0.05	0.85	0.07	0.04	0.12	0.91	0.02	0.031	—	40.56	0.121	0.021
DAN-20 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	63.28 21.53	21.53	14.29	43.81	3.58	1.33	0.26	0.44	0.166	0.074	0.24	5.77	0.03	0.05	0.15	0.84	0.55	0.037	—	5.65	0.089	0.091
DAN-21 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	92.73 85.69	85.69	7.25	2.01	0.40	0.21	0.05	0.03	0.022	0.025	0.02	0.16	0.03	0.02	0.33	3.73	0.02	0.034	—	0.74	0.008	0.002
DAN-22 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	86.85 77.57	77.57	5.89	6.72	2.97	0.53	0.09	0.05	0.120	0.061	0.02	0.22	0.01	0.04	0.24	3.31	0.01	0.034	—	4.121	0.697	0.003
DAN-23 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	57.39 23.27	23.27	8.25	39.48	14.32	4.21	0.76	0.42	0.655	0.214	0.22	2.20	0.01	0.04	0.28	3.61	0.05	0.034	—	20.679	0.361	0.038
DAN-24 鋼鉄 鉄鉱(金鉱石)	34.13 21.40	21.40	7.39	9.99	36.34	10.26	2.03	0.95	1.23	0.45	0.26	2.28	0.02	0.03	0.21	2.37	0.05	0.034	—	52.26	1.534	0.067

Table 2 供試材の化学組成(その1)

試験番号	通称名	種別	全鐵分 (Total Fe)	鐵過量 (FeO)	酸化鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		酸化アルミニウム (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		酸化マグネシウム (MgO)		酸化カルシウム (CaO)		酸化マanganese (MnO)		酸化チタン (TiO <sub>2</sub> )		酸化錳 (MnO <sub>2</sub> )		酸化チタン (TiO <sub>2</sub> )		酸化錳 (MnO <sub>2</sub> )				
					合鐵分 (Total Fe)	過量 (FeO)	酸化アルミニウム (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	酸化マグネシウム (MgO)	酸化カルシウム (CaO)	酸化マanganese (MnO)	酸化チタン (TiO <sub>2</sub> )	酸化錳 (MnO <sub>2</sub> )													
DAN-30	櫻原 手漉き	櫻原	0.10	0.56	1.42	75.28	14.41	0.07	0.26	5.40	0.576	5.40	0.01	0.23	0.05	0.01	0.04	#1.37	<0.01	0.002	14.20	55.856	69.997	0.168	
DAN-31	櫻原 手漉き(含灰)	櫻原	62.80	11.37	13.57	58.45	3.03	0.93	0.20	0.68	0.655	0.079	0.04	0.46	0.01	0.08	0.05	2.72	0.04	0.02	—	4.974	0.079	0.007	
DAN-34	櫻原 砂漠地在物	櫻原	56.62	2.86	27.14	49.56	8.34	2.95	0.61	0.50	0.522	0.078	0.19	1.78	0.04	0.62	0.15	1.52	0.09	0.05	13.90	0.222	0.320	—	
DAN-35	櫻原 半島埋没風化物	櫻原	6.13	0.43	2.30	70.42	13.43	0.10	6.11	4.69	0.280	6.01	0.14	0.08	0.02	0.04	#5.29	<0.01	0.002	14.45	89.030	44.515	0.070		
DAN-36	櫻原 泥所産	櫻原	36.18	1.73	39.49	5.94	23.87	5.94	1.39	1.17	6.238	1.65	14.42	0.02	0.01	0.17	0.06	0.34	0.05	—	34.908	0.965	0.399	—	
DAN-37	櫻原 泥所産	櫻原	28.75	0.32	23.49	15.79	25.16	7.34	3.42	2.14	1.33	0.197	1.74	17.34	0.05	0.01	0.20	0.06	0.49	0.05	—	39.587	1.321	0.382	—
DAN-41	櫻原 砂漠地在物	櫻原	53.85	1.78	14.86	57.93	7.79	2.96	0.89	0.77	0.430	0.177	0.32	3.24	0.02	0.04	0.08	0.13	0.80	0.08	—	13.017	0.242	0.069	—

Table 3 木炭の性状

試験番号	通称名	種別	粒度	灰分	揮発分	F.C	T.S	灰中P	発熱量(2700°C)	灰分	揮発分	F.C	T.S	灰中P	発熱量(2700°C)	灰分	揮発分	F.C	T.S	灰中P	発熱量(2700°C)
DAN-29	西原産	木炭	14.88	5.08	38.84	56.08	0.02	0.09	5580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 4 出土遺物の調査結果のまとめ(その1)

行 号	遺物名	出土位置	遺 物 名 称	鑑定年代	頭 頭 漢 脊 鰓	頭 頭 漢 脊 鰓	調 査 日	調 査 日	所 在	
DAN-1	櫛原 鉢端 D14①層 灰塗	18代	ガラス質滑石中に生長形放散紋U品乱模無施上 ガラス質滑石中に施上模無施下微小片川物	1.77 1.54	0.43 0.42	0.48 0.32	<0.01 <0.01	0.04 0.06	耐火度1550°C、高耐火性 耐火度1450°C、DAN-12施上模無施下	
DAN-2	櫛原 灰F 灰灰D1層 灰塗	18代	微細纖維状(砂利) 砂狀(自然砂利)	1.65 —	0.42 —	0.32 —	<0.01 —	0.02 —	耐火度1450°C、高耐火性 耐火度1450°C、DAN-12施上模無施下	
DAN-3	櫛原 角半球數 鉢端	18代	角半球數 鉢端	—	—	—	—	—	—	
DAN-4	櫛原 鉢端 鉢端?	18代	角半球數 鉢端	—	—	—	—	—	—	
DAN-5	櫛原 灰F 鉢端	18代	U+1寸+、施上 U+1寸+、施上	48.83	28.39	5.54	0.33	0.71 1.15 13.35	10.826 0.005 0.003	
DAN-6	櫛原 鉢端 D15①層 灰塗	18代	砂粒子鉢端 U+1寸+、施上	—	—	—	—	—	粗粒砂、原科・培養性セラミック 粗粒砂、原科・培養性セラミック 粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-7	櫛原 鉢端 A13④層 灰塗	18代	薄部U+1寸+P、施上 薄部U+1寸+P、施上	29.95	8.53	6.24	0.26	—	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-8	櫛原 鉢端 その他の 施上層 D17⑦層	18代	施上層(7万枚付)、施上 U+1寸+P、施上	34.81	6.56	4.70	16.75	0.56	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-9	櫛原 鉢端 J7①層 流出層(小)	18代	U+1寸+P、施上 1-Ps、施上	26.55	2.34	6.00	20.55	0.43	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-10	櫛原 鉢端 E12⑥層 流出層(大)	18代	U+1寸+ U+1寸+ —	30.90	11.25	6.16	15.90	0.37	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-11	櫛原 鉢端 E14⑥層 合體	18代	津部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	47.95	17.43	3.61	11.26	0.28	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-12	櫛原 鉢端 E17①層 合體	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	47.92	35.67	2.62	9.22	0.20	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-13	櫛原 鉢端 D11⑩層 鉢端	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	52.04	40.65	1.15	2.73	0.23	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-14	櫛原 鉢端 J7①層 鉢端	18代	鉢端 鉢端	44.71	9.24	3.87	17.72	0.59	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-15	櫛原 鉢端 E14⑥層 鉢端	18代	合體 合體	79.73	26.54	0.40	0.74	0.03	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-16	櫛原 鉢端 E17①層 鉢端	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	54.62	47.98	0.63	0.61	0.01	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-17	櫛原 鉢端 E18⑥層 鉢端	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	74.43	13.41	0.95	0.97	0.57	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-18	櫛原 鉢端 J7①層 鉢端	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	68.96	33.99	0.91	5.40	0.16	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-19	櫛原 鉢端 E15⑩層 鉢端	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	40.13	18.81	0.80	0.65	0.02	0.05 40.560 0.001	粗粒砂、原科・培養性セラミック
DAN-20	櫛原 鉢端 A20⑩層 鉢端	18代	薄部U+1寸+P、施上 U+1寸+P、施上	63.28	43.81	0.70	5.77	0.55	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-21	櫛原 鉢端 J7④層 鉢端	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	92.73	2.01	0.08	0.16	0.02	0.02 7.70 0.000	粗粒砂、原科・培養性セラミック
DAN-22	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	86.85	6.72	0.14	0.22	0.01	0.02 4.121 0.000	粗粒砂、原科・培養性セラミック
DAN-23	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	57.30	39.48	1.18	2.20	0.05	0.22 20.679 0.000	粗粒砂、原科・培養性セラミック
DAN-24	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	34.13	9.99	2.98	2.28	0.05	0.26 53.360 0.002	粗粒砂、原科・培養性セラミック
DAN-25	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	合体 U+5.5寸+P、施上 U+5.5寸+P、施上	—	—	—	—	—	—	
DAN-26	櫛原 鉢端 D17②層 鉢端	18代	砂粒子 砂粒子	—	—	—	—	—	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-27	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	洋瓶 W、灰灰 洋瓶 W、灰灰	—	—	—	—	—	粗粒砂、原科・培養性セラミック	
DAN-28	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	木製 木製	—	—	—	—	—	木製 木製	
DAN-29	櫛原 灰灰2号 灰灰	18代	木製 木製	—	—	—	—	—	5580m/3.7km(P) 5580m/3.7km(S)注記	

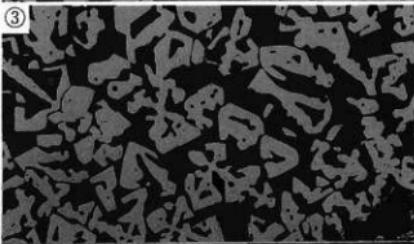
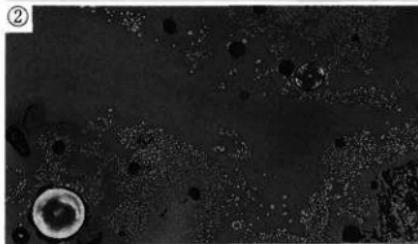
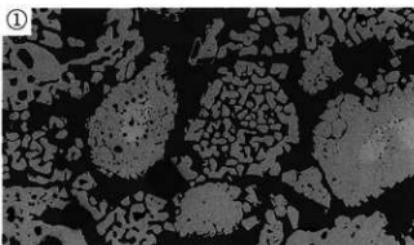
Table.4 出土遺物の調査結果のまとめ(その2)

符 号	通鑑名	出土位置	遺 物 名 称	測定条件	新 磁 流 液 鉄				一 潤 一 生 一 塵 一 日				所 所 馬	
					Total Fe	FeO <sub>x</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	V	SiO <sub>2</sub>	Cu			
DAN-30	櫛原	新井田(25号) 加鐵	ガラス質浮遊物(1層削出)、鉱物質等、被熱帶等。	14e中層	1.37	1.42	<0.01	0.01	0.58%	0.002	耐火度1420°C			
DAN-31	櫛原	新井田(25号) 鉱物質(合計)	新井田(25号)の異常帶、ハラト、フユイ、セミドウタツ	14e中層	62.80	58.45	0.28	0.45	0.04	4.97%	耐熱性が強めか被熱帶等			
DAN-32	櫛原	泡立石系灰岩	W+T-M+F、ガラス質浮遊物(微小金屬熱液鉱石)、鉄化鉄鉱	14e中層	-	-	-	-	-	-	被熱帶周囲の微生物(粘土)多用			
DAN-33	櫛原	硫酸銅鉱脈	硫酸銅片、硫酸銅	14e中層	-	-	-	-	-	-	被行初期微生物(多く)			
DAN-34	櫛原	硫酸銅鉱脈	硫酸銅片、硫酸銅	14e中層	58.82	49.56	1.11	1.78	0.69	0.19-13.00%	被治癒後微生物主体			
DAN-35	櫛原	硫酸銅(沈存等)	ガラス質浮遊物(1層削出)、鉱物質等	14e中層	2.00	2.20	0.21	0.14	<0.01	0.01	耐火度1450°C、DAN-25同様の耐火性			
DAN-36	櫛原	地表-新井田上層	ガラス質浮遊物	14e中層	14.14+F、細小金属鉱物等	-	-	36.18	5.94	3.69	0.34	耐熱性、無機・有機性鉱物		
DAN-37	櫛原	沖積	流出等	14e中層	U+1+F、微小金属鉱物等在(濃共生組織)	29.75	15.79	5.56	17.34	0.49	1.74	耐熱性、無機・有機性鉱物		
DAN-38	櫛原	沖積	含鉱物質出	不 明	海流-U+W+F(W+H内にFe-Tin出物等)	-	-	-	-	-	-	精選鉱石等		
DAN-39	櫛原	沖積	鉱物質	不 明	U+W-F、W+G(酸化鉄鉱)	-	-	-	-	-	-	被行初期微生物主体化鉄鉱等		
DAN-40	櫛原	沖積	電法片状鉱物	不 明	W+F、W(酸化鉄鉱)等(被熱帶等)	-	-	-	-	-	-	被行初期微生物主体化鉄鉱等		
DAN-41	櫛原	沖積	鉱物質	不 明	硫酸銅片(鉄鉱等)、硫酸銅片、硫酸銅	53.85	57.93	1.66	3.24	0.13	0.32-13.017	0.008	被行-被治癒後微生物混在	
					Pt,Pseudobrookite(FeO-TiO <sub>2</sub> )	F-Fayalite(2FeO-TiO <sub>2</sub> )	Ps,T-Pseudobrookite(FeO-SiO <sub>2</sub> )	W-Wüstite(FeO)	M-Magnetite(FeO)	G-Gafara(FeO)				

(1) DAN-1

炉壁

- ①×100 溶融ガラス質中の半還元  
砂鉄及びウルボスピニル
- ②×100 溶融ガラス中の微小析出物
- ③×100 ウルボスピニル
- ④×100 熟成粘土：粘土鉱物  
非晶質化、石英粒子残存
- ⑤×200 硬度圧痕：698hv  
ウルボスピニル



(2) DAN-2

炉壁

- ⑥×100 内面溶融ガラス  
中の微小析出物
- ⑦×100 ⑥×400  
溶融ガラス中の  
混入砂鉄痕跡

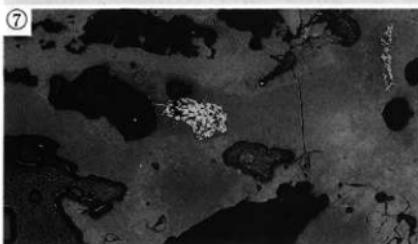


Photo.1 炉壁の顯微鏡組織

(3) DAN-3

砂鉄

- ①×100 白色粒：磁鐵鉱  
粒子 (Magnetite: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + FeO)  
格子組織：チタン鉄鉱  
粒子 (Ilmenite: FeO · TiO<sub>2</sub>)  
②×100 ③×400  
同上



①

②



(4) DAN-4

砂鉄焼結塊

- ④×100 被熱砂鉄粒子  
微細錐化鉄鉱及び痕跡  
ウルボスピニル・ファイアライト  
⑤×100 ⑥×400  
砂鉄粒子痕跡  
微細金属鉱粒子及び痕跡  
ウルボスピニル・ファイアライト  
⑦×100 ⑧×400  
チタン鉄鉱  
格子組織残存



④

⑤



⑤

⑥

⑦

⑧

Photo.2 砂鉄・砂鉄焼結塊の顯微鏡組織

(5) DAN-5

工具付着済



①×100 ウルボスピニル・

イルミナイト・

ファイセライト

②×100 ③×400

同上

④×100 ⑤×400

中央：金属鉄粒晶出

ウルボスピニル・

イルミナイト

①

③

⑤

⑥

(6) DAN-6

工具付着済



⑥×100 ウルボスピニル・

イルミナイト・

微小金属鉄粒

⑦×100 ⑧×400

ウルボスピニル・

イルミナイト

未発達結晶

⑧

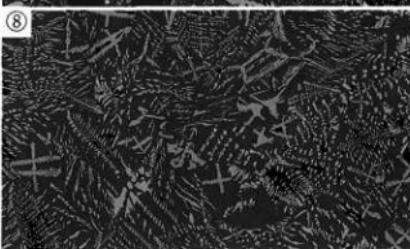
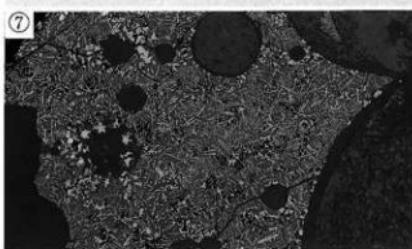


Photo.3 工具付着済の顯微鏡組織

(7) DAN-7

流出孔渦

- ①×100 ウルボスピネル・イルミナイト
- ②～④ 鋼部：ナイタルetch
- ⑤×400 パーライト・セメンタイト・片状黒鉛：ねずみ跡鉄
- ⑥～⑧×200 硬度測定：③230HV  
④109HV  
⑤645HV



①



②



③



④



⑤



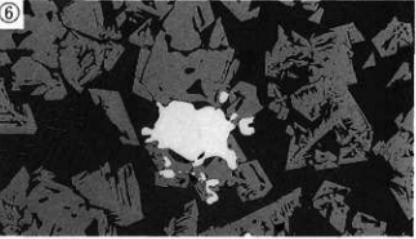
(8) DAN-8

工具痕付流出渦

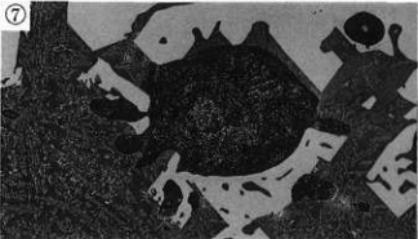
- ①×100 中央：微小金属鉄粒、  
ウルボスピネル、  
ファイバライト
- ②～④ナイタルetch
- ⑤×400 中央：微小金属鉄粒、  
パーライト
- ⑥～⑧×200 中央：微小金属鉄粒、  
フェライト・セメンタイト



⑥



⑦



⑧

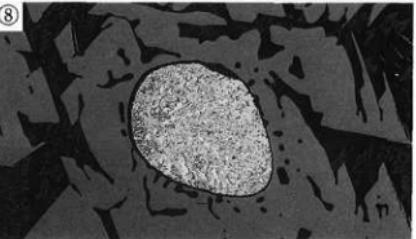


Photo.4 流出孔渦・工具痕付流出渦の顕微鏡組織

(9) DAN-9

流出滓

- ①×100 中央：微小金属鉄粒  
イルミナイト・  
シュードブルーカイト
- ②～⑤ ナイタルetch
- ②×400 微小金属鉄粒：  
セメンタイト
- ③×400 同上
- ④⑤×200 硬度圧痕：④433Hv  
⑤436Hv

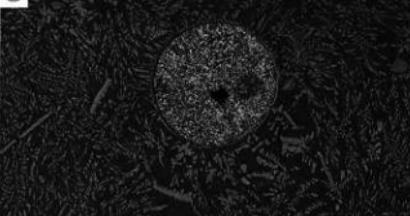


①

②



③



④



⑤



(10) DAN-10

流出滓

- ⑥×100 ウルボスピニル・  
イルミナイト・  
ファイヤライト
- ⑦×100 同上
- ⑧×200 硬度圧痕：432Hv



⑥

⑦



Photo.5 流出滓の顕微鏡組織

(11) DAN-11

含鉄鉄滓

①×100 微細金属鉱粒数在

②～③ ナイタルetch

②×50 透共析・亜共析組織

③×400 ②の左側拡大

④×400 ②の右側拡大

⑤～⑧×200

硬度圧度：⑤366Hv

⑥242Hv

⑦130Hv

⑧65.7Hv

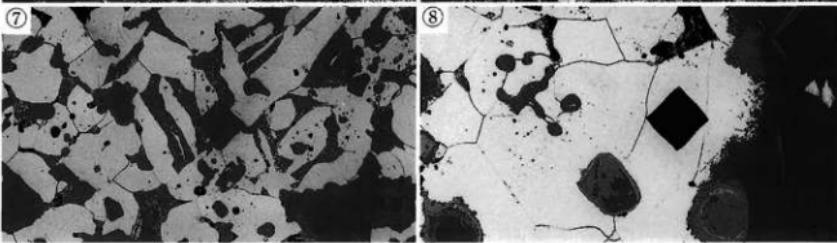
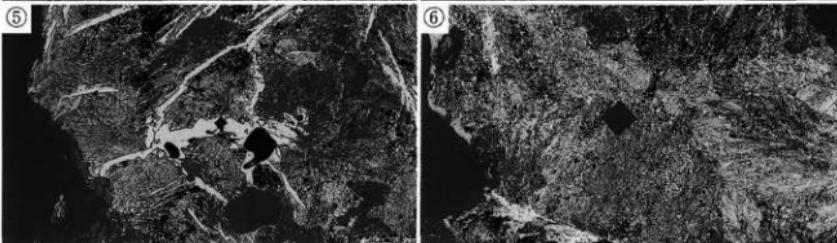
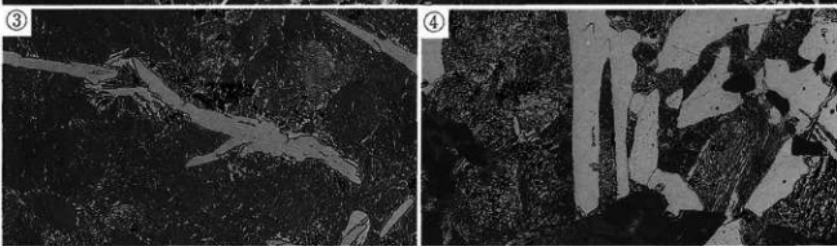
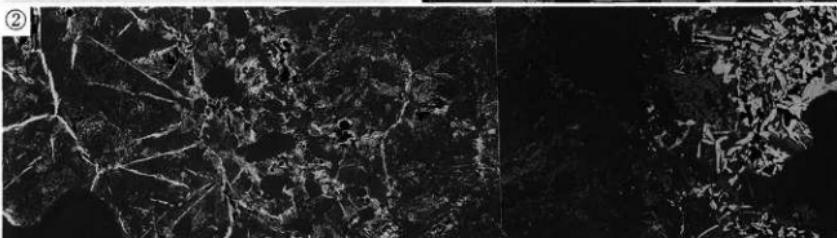
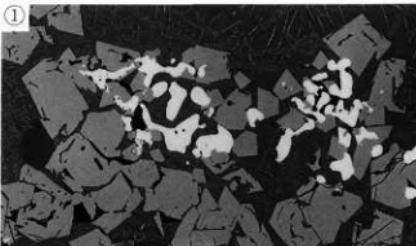


Photo.6 含鉄鉄滓の顯微鏡組織

(12) DAN-12

含鉄鉻滓

①×100 錫鉻鉄粒子、微細金屬鉄粒

晶出、ウルボスピネル・

イルミナイト・ファイヤライト

②×100 鎳化鉄粉散在

③×400 金屬鉄粉散在

④～⑨ ナイタルエッチ

④×100 ⑤×400

金属鉄：フーライト

⑥×100 ⑦×400 同上

⑧×200 硬度 ⑨128HV ⑩653HV

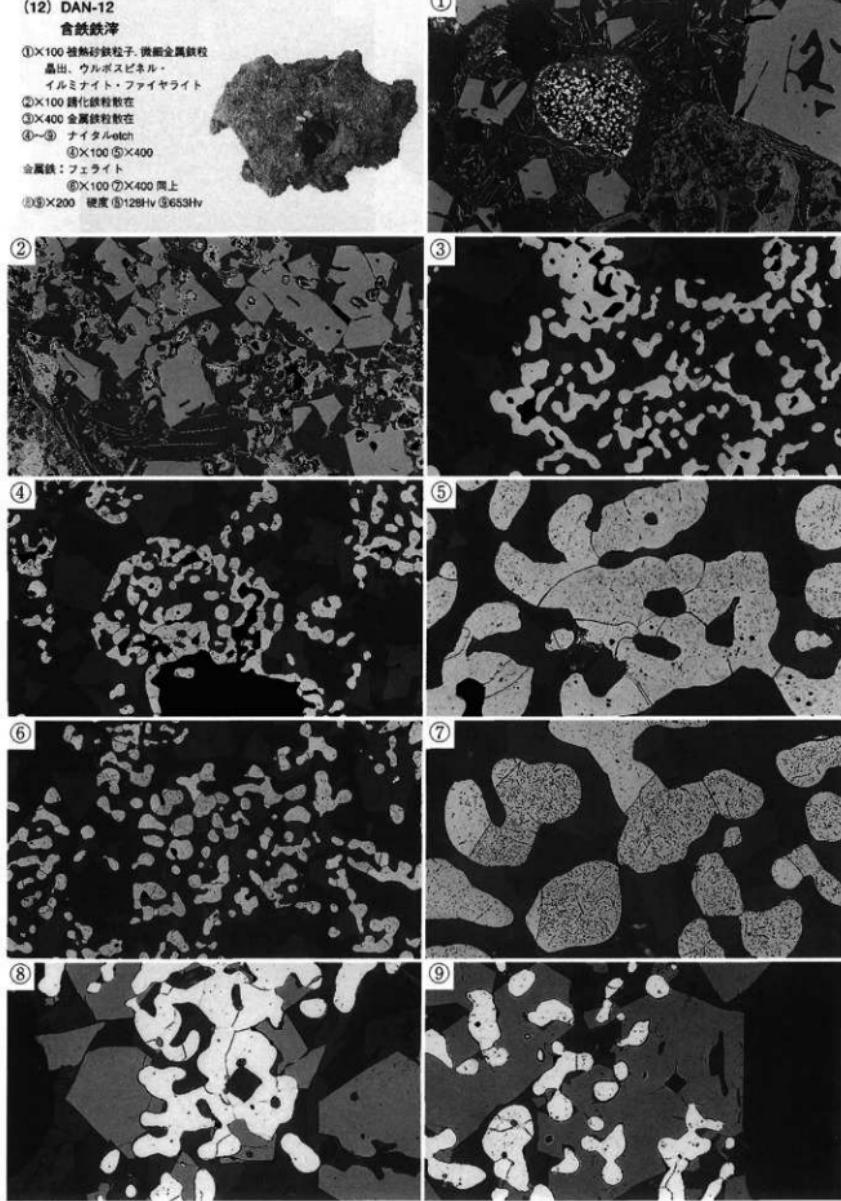


Photo.7 含鉄鉻滓の顕微鏡組織

(13) DAN-13

鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中非金属介在物
- ②~⑤ ナイタルエッチ
- ②×100 ベイナイト
- ③~⑤ 硬度圧痕: ③116Hv  
④142Hv  
⑤208Hv

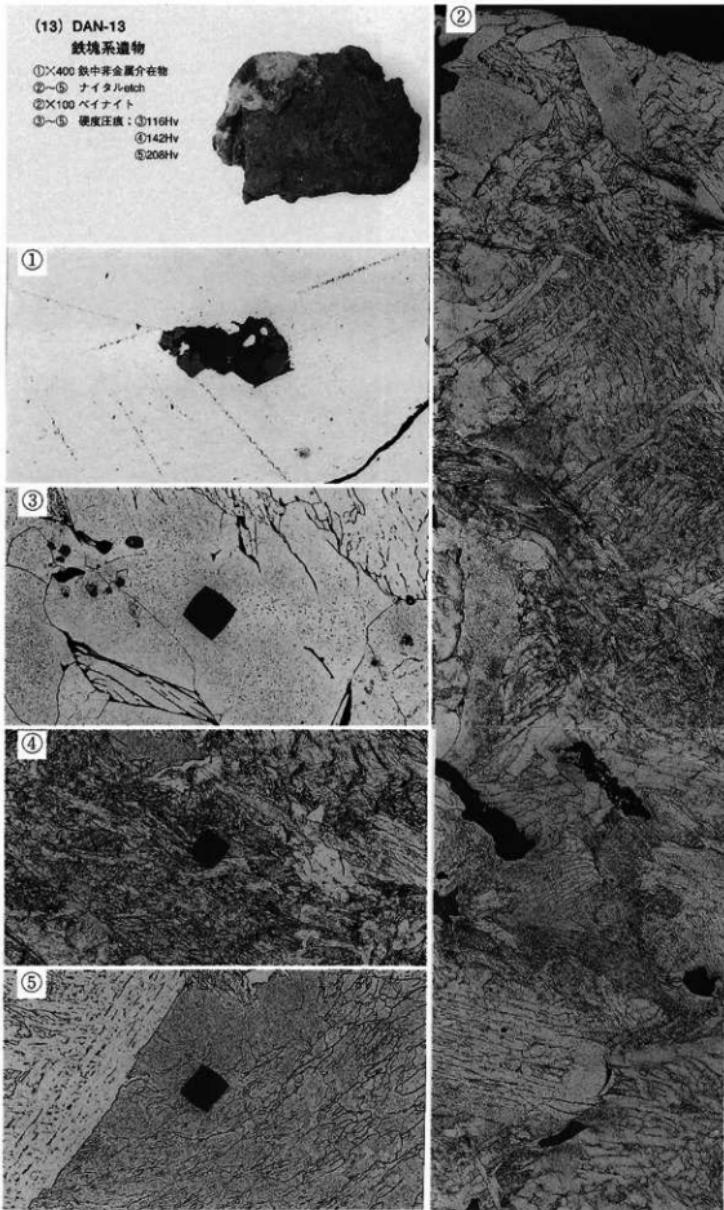


Photo.8 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(13') DAN-13 ②

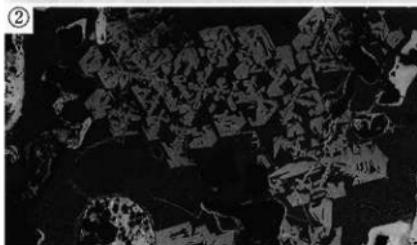
鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中更生鐵介在物
- ②×100 ウルボスピニル・  
フライヤライト
- ③-④ ナイタルetch
- ⑤-⑥×400 ベイナイト
- ⑦×100 ⑧×400 上部ベイナイト
- ⑨×100 ⑩×400 ベイナイト

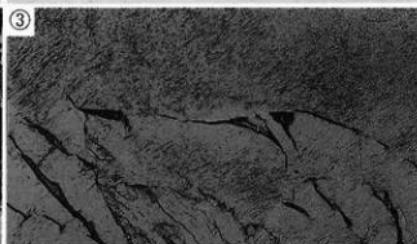
①



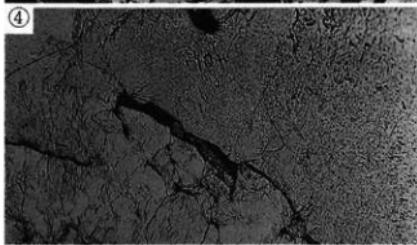
②



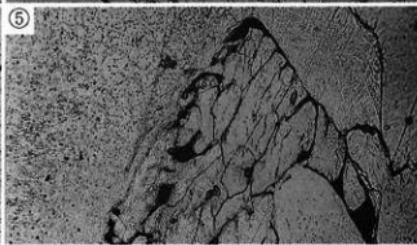
③



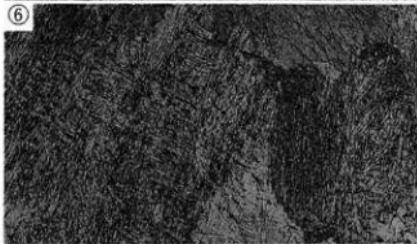
④



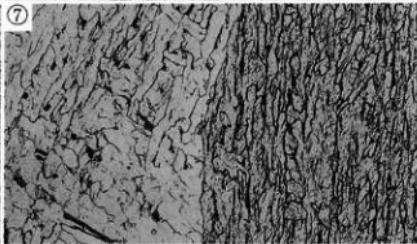
⑤



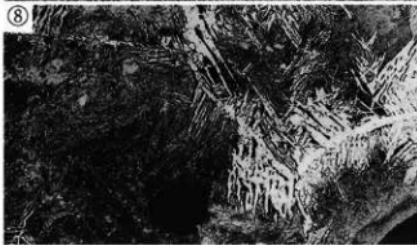
⑥



⑦



⑧



⑨



Photo.9 鉄塊系遺物の顯微鏡組織

(14) DAN-14

鉄塊系遺物

- ①×100 深部：ウルボスピニエル・  
イルミナイト  
鉄酸：黒船析出  
②～⑤ ナイタルetch  
②×50 ③④×100 ⑤⑥×400  
斑跡鉄  
⑦⑧×200  
硬度圧痕：⑦774Hv  
⑧64.1Hv

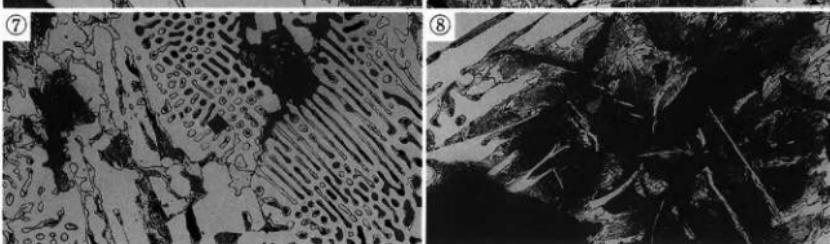
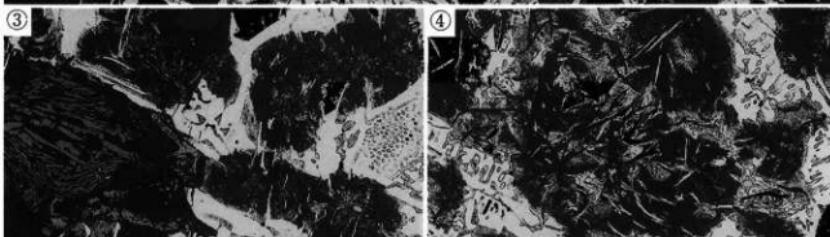
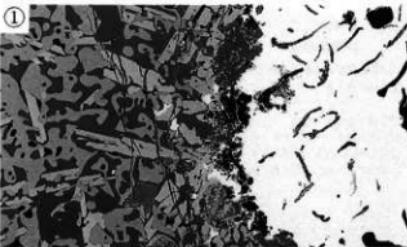
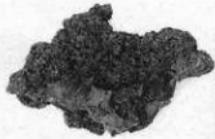


Photo.10 鉄塊系遺物の顯微鏡組織

(15) DAN-15

鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中非金属介在物
- ②×400 介在物及び黒鉛
- ③～⑤ ナイタルetch
- ⑥×400
- ⑦ねずみ鉛鉄 ④過共析組織
- ⑤共析組織 ⑥過共析域
- ⑦～⑨×200 硬度圧痕：
- ⑦144HV
- ⑧232HV
- ⑨225HV

①



①



②



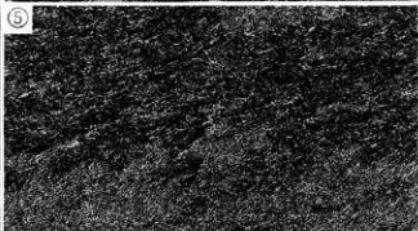
③



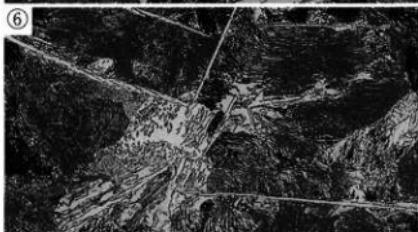
④



⑤



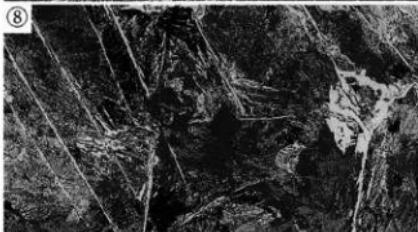
⑥



⑦



⑧



⑨

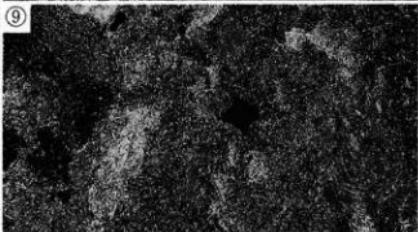


Photo.11 鉄塊系遺物の顯微鏡組織

(16) DAN-16

鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中非金属介在物
- ②×100 表面津部：カルボスピニル・  
イルミナイト及び  
金具鉄no etch
- ③×100 重共晶組成白鍛鉄
- ④×50 ⑤×100 ⑥×400  
同上
- ⑦×200 硬度圧痕：⑧226Hv  
⑨741Hv

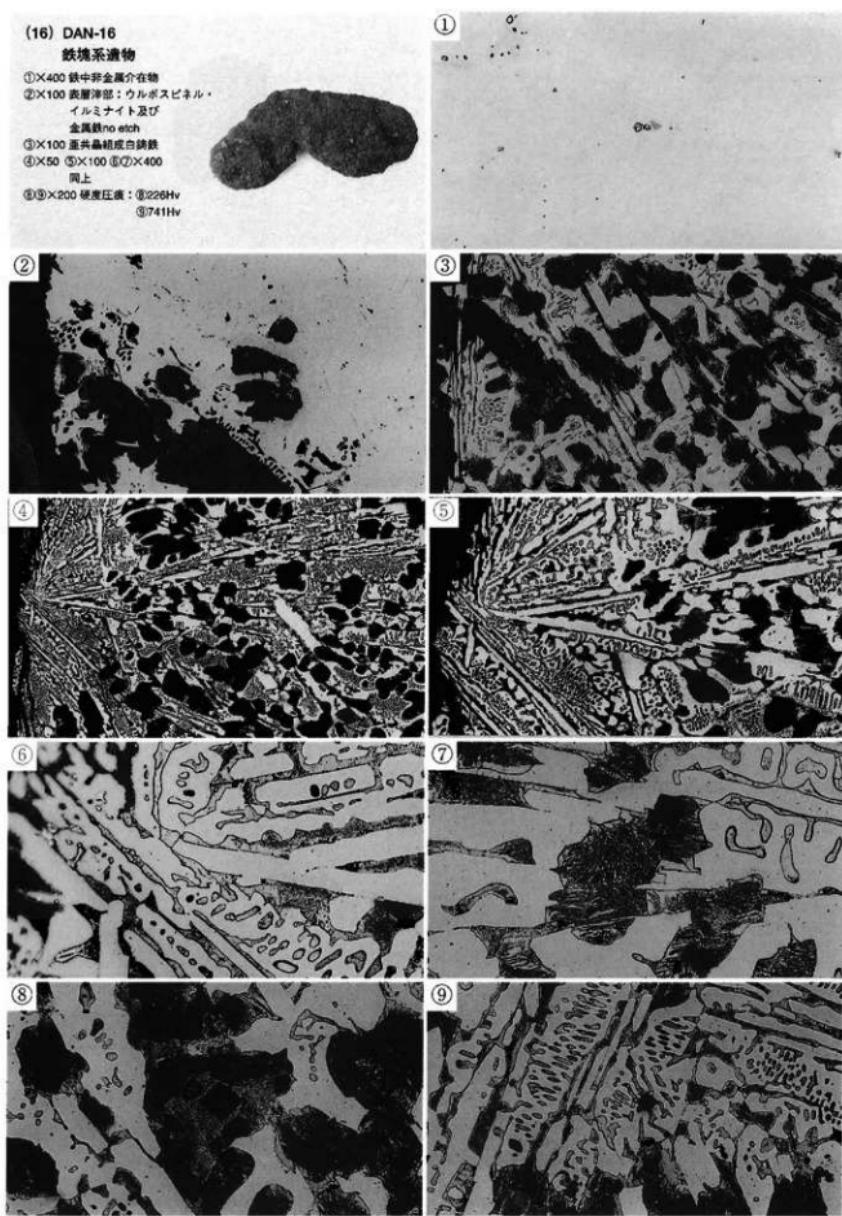


Photo.12 鉄塊系遺物の顯微鏡組織

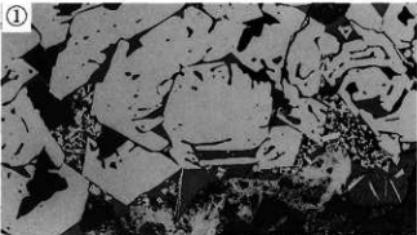
(17) DAN-17

鉄塊系遺物

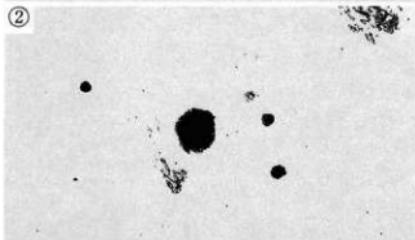
- ①×100 洋部：ウルボスピニル、  
イルミナイト、  
ファイナライト  
②×400 鉄中非金属介在物  
④～⑤ ナイタル・etch  
④×100 ⑤×400  
過共析組織  
⑥×100 表層：白鉄鉱なりかけ  
⑦～⑨×200 硬度圧痕：  
⑦298HV@234HV ⑧650HV



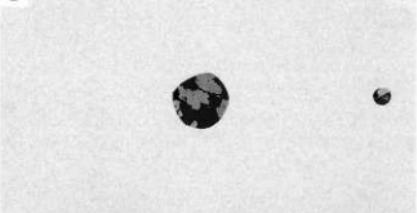
①



②



③



④



⑤



⑥



⑦



⑧



⑨



Photo.13 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(18) DAN-18

鉄塊系遺物

- ①×100 深部：シュードブルーカイト
- ②×400 鉄中非金属介在物
- ③～⑤ ナイタル-etch
- ⑥×100 ⑦×400 退共析組織
- ⑧×100 共析組織
- ⑨～⑩×200 硬度圧痕：

⑦763HV@910hv ⑨257HV

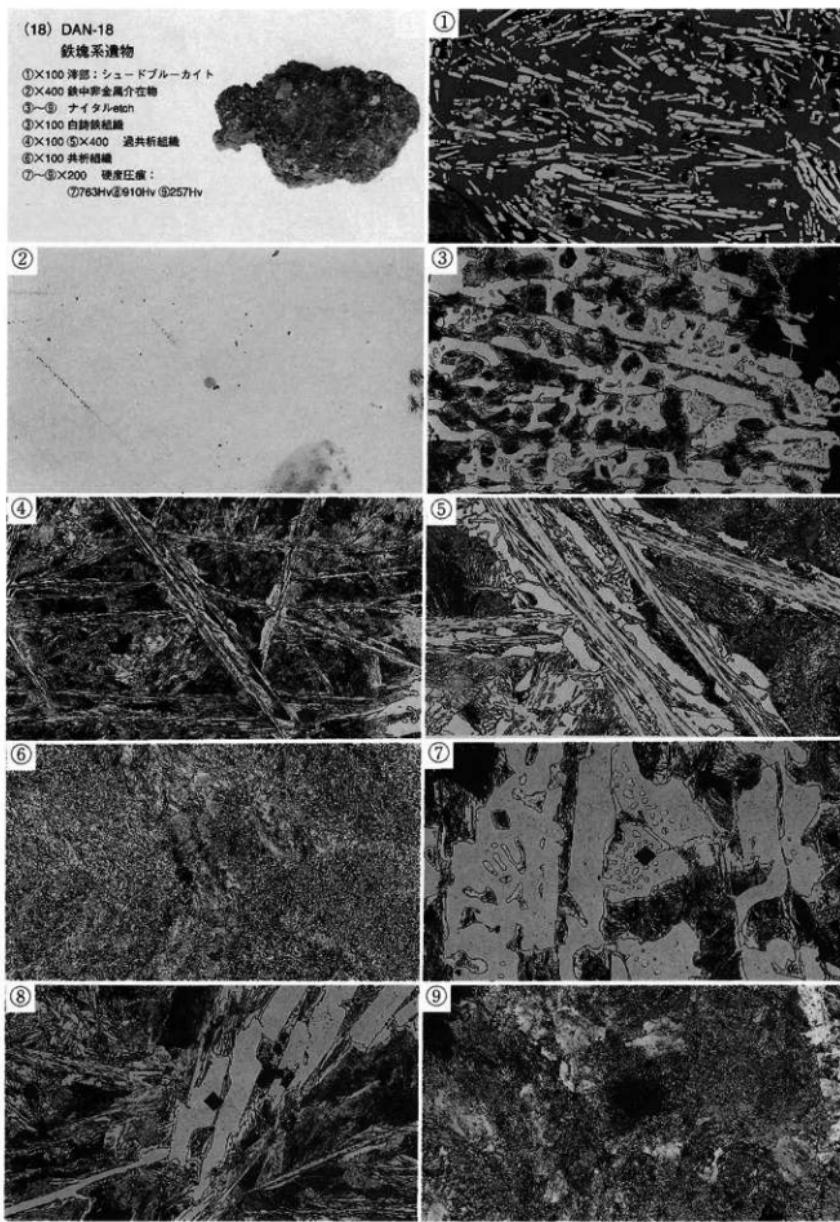


Photo.14 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(19) DAN-19

鉄塊系遺物

①×400 鉄中非金属介在物

②～③ ナイタルetch

②×100 ③×400

共析脱炭：共析組織

内側白鉄鉄

④×100 ⑤×400 同上

⑥×100 ⑦×400 白鉄鉄組織

⑧×200 硬度圧痕：

⑨729Hv

⑩243Hv

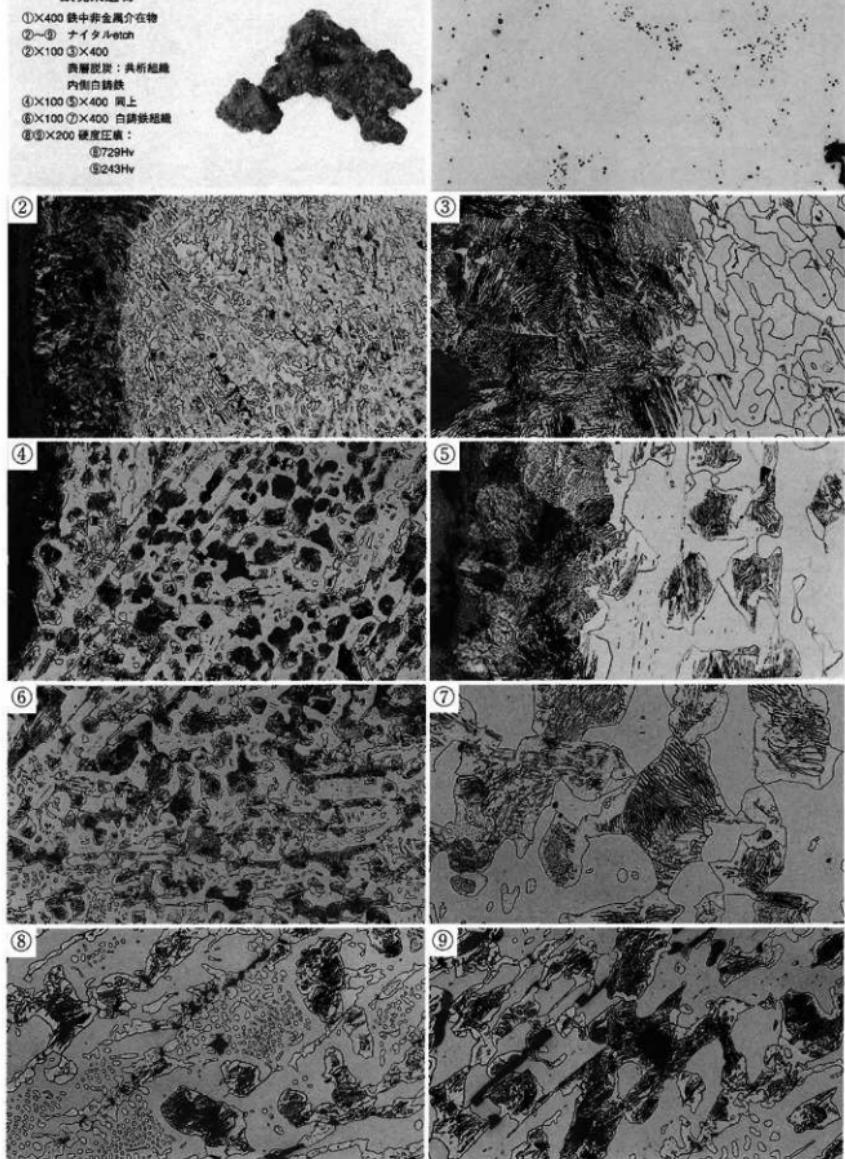


Photo.15 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

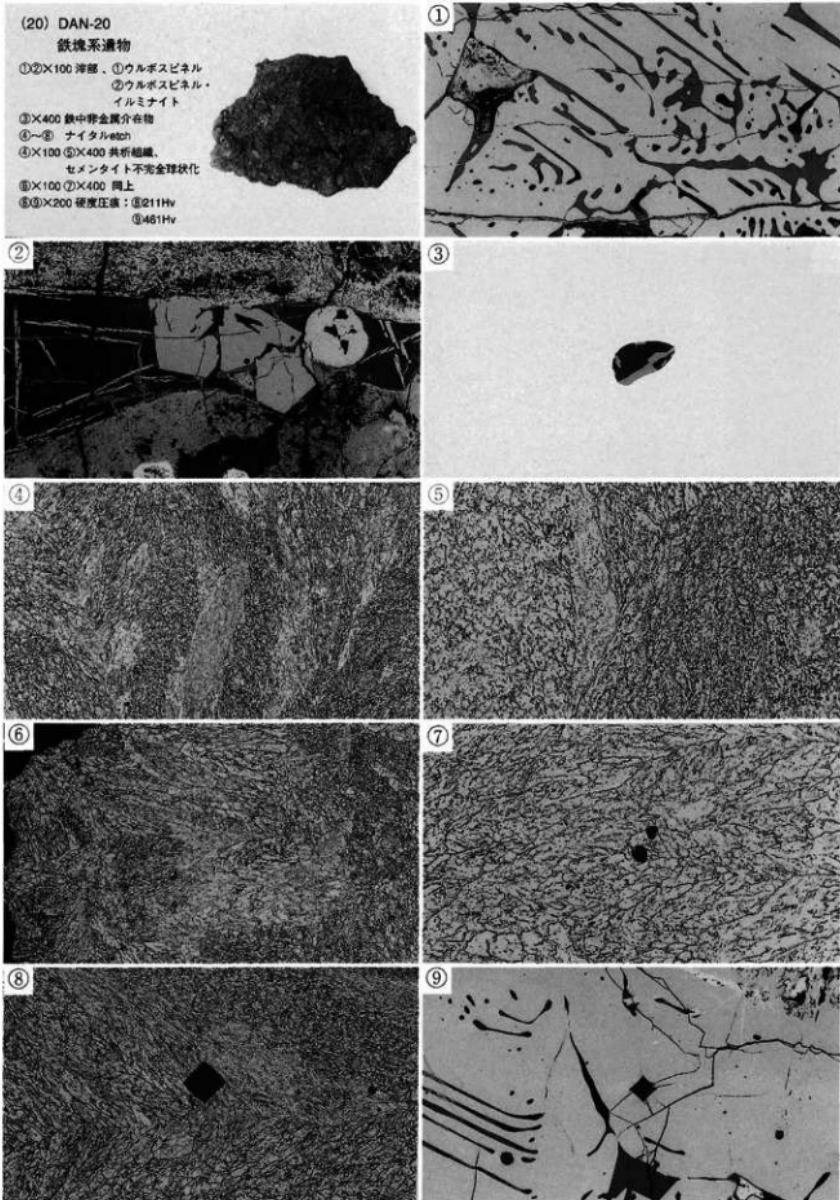


Photo.16 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(21) DAN-21

鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中非金属介在物
- ②～③ ナイタルpitch
- ④×100 ⑤×400 過共晶組成白鉄鉄
- ⑥×100 ⑦×400 同上
- ⑧×100 ⑨×400 黒鉄析出層所
- ⑩×200 硬度圧痕：
- ⑪164Hv
- ⑫675Hv

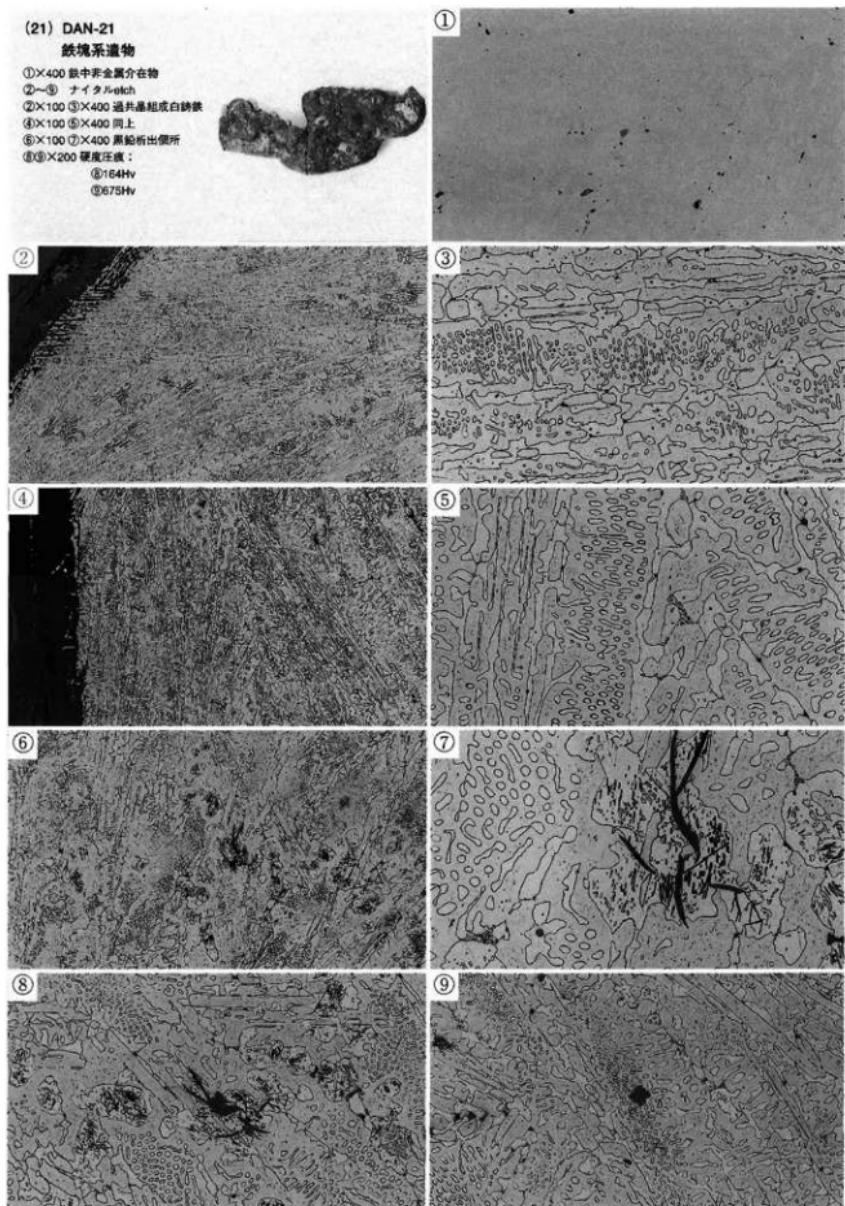


Photo.17 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(22) DAN-22

鉄塊系遺物

- ①×400 鉄中非全焉介在物
- ②～③ ナイタルetch
- ②×100 表層脱炭、内側：白鍛鉄
- ③④×400 ②の拡大
- ⑤×400 葦共晶組織白鍛鉄
- ⑥×200 付着薄片 鋼造剣？
- ⑦⑧×200 硬度圧痕：
  - ⑦662Hv
  - ⑧274Hv

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

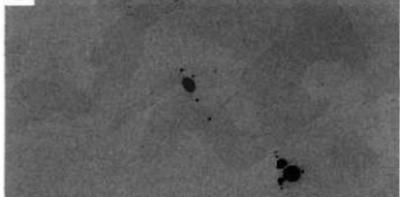
Photo.18 鉄塊系遺物の顕微鏡組織

(23) DAN-23

鉄塊系遺物

- ①×100 深部：シードブルーカイト
- ②×400 鉄中赤金義介在物
- ③～⑤ ナイタルエチ
- ⑥×100 蒜共晶組織白鉄鉄
- ④×100 ⑤×400 表面酸化、  
内側：白鉄鉄、  
急冷：マルテンサイト・  
パラライト混在
- ⑥～⑨×200 硬度圧痕：⑥594Hv ⑦528Hv  
⑦854Hv ⑨974Hv

②



①



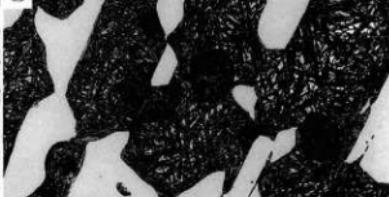
③



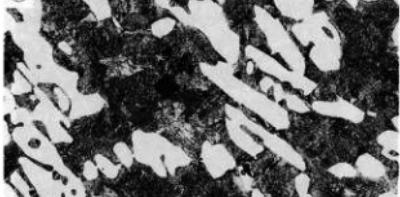
④



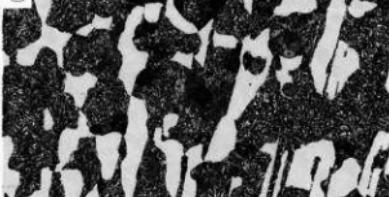
⑤



⑥



⑦



⑧



⑨

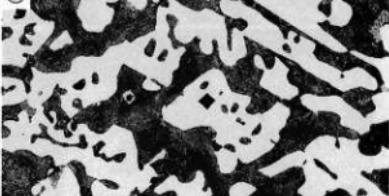


Photo.19 鉄塊系遺物の顕微鏡組織