

富山県文化振興財団
埋蔵文化財発掘調査報告第30集

任海宮田遺跡発掘調査報告 I

— 公害防除特別土地改良事業に伴う
埋蔵文化財発掘調査報告VI —

第二分冊

2006年

財団法人 富山県文化振興財団
埋蔵文化財調査事務所

任海宮田遺跡発掘調査報告 I

— 公害防除特別土地改良事業に伴う
埋蔵文化財発掘調査報告VI —

第二分冊

2006年

財団法人 富山県文化振興財団
埋蔵文化財調査事務所

目 次

自然化学分析

- I 任海宮田遺跡出土鉄滓分析調査 1
JFE テクノリサーチ株式会社埋蔵文化財調査研究室
- II 富山市任海宮田遺跡出土漆器の科学分析 36
四柳 嘉章 (漆器文化財科学研究所)

写 真 目 次

- 写真001 任海宮田遺跡航空写真(1964年撮影)
- 写真002 任海宮田遺跡航空写真(1987年撮影)
- 写真003~009 A1地区中世面
- 003-全景
- 004-1. SI11付近ブロック 2. X103Y425付近ブロック
- 005-1. 2. SB01付近ブロック
- 006-1. SB04付近ブロック 2. SB03付近ブロック
- 007-1. SB03・SB05付近ブロック 2. SB07付近ブロック
- 008-1. SD002付近ブロック 2. SD013付近ブロック
- 009-1. SD016付近ブロック 2. SK066・SK113付近ブロック
- 写真010~034 A1地区古代面
- 010-1. 2. 全景
- 011-1. 2. 南側ブロック
- 012-1. 北側ブロック 2. 南側ブロック
- 013-1. SI08・SI09付近ブロック 2. SI11付近ブロック
- 014-1. SI03・SI04付近ブロック 2. SI02付近ブロック
- 015-1. SI10付近ブロック 2. SI08付近ブロック
- 016-1. X95Y425付近ブロック 2. X90Y430付近ブロック
- 017-1. SI09遺物出土状況 2. SI09
- 018-1. 2. SI01・SI02
- 019-1. SI13 2. SI13カマド
- 020-1. SI05・SI06 2. SI05カマド
- 021-1. SI06 2. SI06カマド
- 022-1. SI08遺物出土状況 2. SI08
- 023-1. SI11遺物出土状況 2. SI11カマド
- 024-1. SI11 2. SI11カマド
- 025-1. SI03・SI04遺物出土状況 2. SI03・SI04
- 026-1. SI03遺物出土状況 2. SI03
- 027-1. SI04遺物出土状況 2. SI04
- 028-1. SI04カマド 2. SI02
- 029-1. SI07遺物出土状況 2. SI07
- 030-1. SI07カマド 2. SI12・SI13遺物出土状況
- 031-1. SI12・SI13 2. SI12
- 032-1. SI11 2. SI15

033-1. 2. SI01

034-1. SK239 2. SK221

写真035 A4地区中世面

1. 全景 2. SB08付近ブロック

写真036~041 A4地区古代面

036-1. 2. 全景

037-1. SI16~SI18付近ブロック 2. SI16付近ブロック

038-1. SI19・SI22・SI23 2. SI22

039-1. SI23 2. SI19

040-1. 2. SI21

041-1. SI24付近ブロック 2. SI20付近ブロック

写真042~047 A3地区中世面

042-1. 全景 2. 東側地区ブロック

043-1. 2. SB01・SB07・SB08付近ブロック

044-1. 2. SB07・SB08

045-1. SB04~SB06 2. SB05・SB06

046-1. SB02・SB03付近ブロック 2. SB01・SB09・SB10付近ブロック

047-1. SK40 2. SK40遺物出土状況

写真048~051 A5地区中世面

048-1. 全景 2. 北側地区ブロック

049-1. SK02 2. SK19鉄鍋出土状況

050-1. SE01 2. SE01断ち割り

051-1. 2. SD02

写真052~054 A6地区中世面

052-1. 2. 全景

053-1. 2. 西側ブロック

054-1. SK106 2. SK022

写真055 A7地区中世面

1. 全景 2. 南側ブロック

写真056 A8・A9地区中世面

1. 全景 2. A8地区東側ブロック

写真057~059 A8地区古代面

057-1. SI01遺物出土状況 2. SI01炭化物検出状況

058-1. SI01 2. SI01カマド内遺物出土状況

059-1. SI01 2. SI01カマド

写真060 A10・A11地区中世面

1. A10地区全景 2. A11地区全景

写真061~065 A12地区中世面

061-1. 南側地区全景 2. 中央地区全景

062-1. 北側地区全景 2. 北側地区ブロック

063-1. 中央地区全景 2. SK10付近ブロック

064-1. SI01付近ブロック 2. SI01

065-1. SI01 2. SI01焼土

写真066~068 A13地区中世面

066-1. 全景 2. SB02付近ブロック

067-1. SB01付近ブロック 2. SB01~SB04付近ブロック

068-1. 2. SK12

- 写真069 A14地区中世面
1. 2. 全景
- 写真070 A15地区中世面
1. 全景 2. 北側ブロック
- 写真071 A15地区古代面
1. 南側ブロック 2. 中央部分ブロック
- 写真072・073 A16地区中世面
072-1. 全景 2. SB02～SB04付近ブロック
073-1. SB03・SB04 2. SB02
- 写真074 A17地区中世面
1. 2. 全景
- 写真075 A18地区中世面
1. 全景 2. SK01
- 写真076 任海宮田遺跡 A地区出土遺物
- 写真077～122-1 出土遺物(土器・陶磁器)
- 077～079 A1地区
080 A1～A6・A8地区
081 A8・A9・A12・A16地区
082～099-1 A1地区
099-2～105 A4地区
106-1. 2. A3地区
107～109-1 A5地区
109-2～110-1 A6地区
110-2～111-1 A7地区
111-2～113-1 A8地区
113-2～114 A9地区
115-1. A11地区 2. A12地区
116-1. 2. A12地区
117～118-1 A13地区
118-2. A14地区
119-1. A14・A16地区 2. A15地区
120-1. A16地区
120-2～122-1 A18地区
- 写真122-2 出土遺物(木製品) A5・A13・A16地区
- 写真123～128 出土遺物(金属製品)
- 123 A4・A5・A8・A10・A12・A16・A18地区
124・125 A1地区
126-1. A3地区 2. A4地区
127-1. A4地区 2. A7・A8地区
128-1. A12地区 2. A13・A14・A16地区
- 写真129～134 出土遺物(石製品)
- 129 A3・A5・A7・A12地区
130・131 A5地区
132 A5・A8・A9・A13・A16地区
133 A18地区
134-1. A3・A4・A5・A6地区
134-2. A5・A9・A13・A16地区

I 任海宮田遺跡出土鉄滓分析調査

JFEテクノロジー株式会社
分析・評価事業部
埋蔵文化財調査研究室

1. はじめに

(財)富山県文化振興財団殿は任海宮田遺跡から出土した鉄関連遺物について、学術的な記録と今後の調査のための一環として化学成分分析を含む自然科学的観点での調査を依頼された。調査の観点として、出土鉄滓の化学成分分析、外観観察、マイクロ組織観察およびX線回折に基づき、資料の製造工程上の位置づけおよび始発原料などを中心に調査した。その結果について報告する。

2. 調査項目および試験・観察方法

(1) 調査項目

調査資料の記号、出土遺構・注記および調査項目を表1に示す。

(2) 調査方法

(i) 重量計測、外観観察および金属探知調査

資料重量の計量は0.1gまで測定可能な電子天秤を使用した。各種試験用試料を採取する前に、資料の外観をmm単位まであるスケールを同時に写し込みで撮影した。資料の出土位置や資料の種類等は提供された資料に準拠した。

着磁力調査については、直径30mmのリング状フェライト磁石を使用し、官能検査により「強・稍強・中・稍弱・弱」の5ランクで、個別調査結果を表示した。遺物内の残存金属の有無を金属探知機(MC: metal checker)を用いて調査した。

(ii) 化学成分分析

化学成分分析は鉄鋼に関するJIS分析法に準じて行っている。

- ・全鉄(T.Fe) : 三塩化チタン還元-ニクロム酸カリウム滴定法。
- ・金属鉄(M.Fe) : 臭素メタノール分解-EDTA滴定法。
- ・酸化第一鉄(ウスタイト FeO) : ニクロム酸カリウム滴定法。
- ・酸化第二鉄(ヘマトイト Fe₂O₃) : 計算。・化合物(C.W.) : カールフィッシャー法。
- ・炭素(C) : 燃焼-赤外線吸収法。
- ・ライム(CaO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)、酸化ナトリウム(Na₂O)、イオウ(S)、珪素(Si)、マンガン(Mn)、リン(P)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)、チタン(Ti) : ICP発光分光分析法。
- ・シリカ(SiO₂)、アルミナ(Al₂O₃)、酸化カルシウム(CaO)、酸化マグネシウム(MgO)、二酸化チタン(TiO₂)、酸化リン(P₂O₅)、酸化カリウム(K₂O) : ガラススピード蛍光X線分析法。
但しCaO、MgO、MnOは含有量に応じてICP分析法またはガラススピード蛍光X線分析法を選択。
- ・カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、酸化ナトリウム(Na₂O) : 原子吸光法。

なお、鉄滓中成分は、18成分(全鉄T.Fe、金属鉄M.Fe、ウスタイトFeO、酸化第二鉄Fe₂O₃、

シリカ SiO_2 、アルミナ Al_2O_3 、ライム CaO 、マグネシア MgO 、酸化ナトリウム Na_2O 、酸化カリウム K_2O 、二酸化チタン TiO_2 、酸化マンガン MnO 、酸化リン P_2O_5 、化合水 C.W. 、炭素 C 、バナジウム V 、銅 Cu 、コバルト Co ）を化学分析している。

(iii) 顕微鏡組織写真

資料の一部を切り出し樹脂に埋め込み、細かい研磨剤などで研磨（鏡面仕上げ）する。金属鉄はナイトール（5%硝酸アルコール液）で腐食後に、鉄滓はそのまま研磨面を偏光顕微鏡で観察しながら代表的な断面組織を拡大して写真撮影する。顕微鏡組織および介在物（不純物、非金属鉱物）の存在状態等から製鉄・鍛冶工程の加工状況や材質を判断する。原則として100倍および400倍で撮影を行う。必要に応じて実体顕微鏡（5倍～20倍）による観察も行う。

(iv) X線回折測定

試料を粉砕して板状に成形し、X線を照射すると、試料に含まれている化合物の結晶の種類に応じて、それぞれに固有な反射（回折）された特性X線が検出されることを利用して、試料中の未知の化合物を観察・同定することができる。多くの種類の結晶についての標準データが整備されており、ほとんどの化合物が同定される。

測定装置 理学電気株式会社製 ロータ・フレックス (RINT-1500型)

測定条件

| | |
|------------------|------------------------------|
| ① 使用 X 線 | Co-K α (波長=1.79021 Å) |
| ② K β 線の除去 | グラファイト単結晶モノクロメーター |
| ③ 管電圧・管電流 | 48kV・200mA |
| ④ スキャンング・スピード | 4.0°/min |
| ⑤ サンプリング・インターバル | 0.020° |
| ⑥ D.S.スリット | 1° |
| ⑦ R.S.スリット | 0.3mm |
| ⑧ S.S.スリット | 1° |
| ⑨ 検出器 | シンチレーション・カウンター |

(v) EPMA による観察

電子線プローブマイクロ分析 (Electron Probe Microanalysis) では、化学成分分析に必要な資料量 (10g) がない微量試料中の元素分布・定性分析や複雑な鉱物組織の微小域の組織同定を目的としている。

真空中で試料面 (顕微鏡観察の試料を併用) の直径 1～200 μm 程度の範囲に高速度 (5～30kV) の電子線を照射し、発生する特性 X 線を波長分散型分光器 (WDX) で検出して、定性的な画像および標準試料と 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ことができる。複合化合物の解析に有効であり、試料表面の微小部分 (200 μm 程度以下の範囲) に存在する元素の濃度分布を測定でき、光学顕微鏡による視野 (100～500倍、500 μm) を同時に観察する。

測定装置には島津製作所製 EPMA-1600を用い、測定条件：加速電流15kV、試料電流0.01μAで、電子線像 (SE) と7元素 (Fe, O, Si, Ti, Al, Ca, Mg) のマッピングを画像出力する。

3. 調査結果および考察

分析調査結果を図表にまとめて10頁～13頁に示す。表1に調査資料と調査項目をまとめた。表2は鉄滓資料の化学成分分析結果および表3は鉄滓資料のX線回折結果をそれぞれ示す。

全資料の外観写真を14頁～20頁、鉄滓のマイクロ組織写真を21頁～27頁、X線回折チャートを28頁～31頁およびEPMA観察写真を32頁～34頁にそれぞれ示す。

各資料の調査結果をまとめ、最も確からしい推定結果を最後にまとめる。資料の番号順に述べる。

資料番号1 鉄滓 (砂鉄系精錬渣滓)、着磁力：弱、MC：無

外観：外観写真を14頁に示す。長さ60mm×幅89mm×厚さ25mm、重量209.4g。資料の上方向と見られる面 (写真No1上) は水酸化鉄の黄褐色を呈し、大きく窪んでいる。資料の小さな窪みには砂や泥が付着している。資料の下方向と見られる面 (写真No1下) には木炭の小片をかみ込んだ木炭痕が多数観察される。金属探知 (MC) 反応はなく、着磁は弱から中程度があり、重量感のある鉄滓である。形状、水酸化鉄色、重量感などから鍛冶滓と思われる。付着物等をよく除去し調査試料を採取した。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を21頁に示す。写真の前面には菌玉状のウスタイト、写真の背面にはやや太い短冊状のファイヤライトが観察される。精錬鍛冶滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを28頁に示す。回折鉱物には、ウスタイト (Wustite: FeO)、ファイヤライト (Fayalite: Fe₂SiO₄)、マグネタイト (Magnetite: Fe₃O₄) およびゲーサイト (Goethite: α-FeOOH) が同定された。顕微鏡組織の観察結果と一致している。マグネタイトはウスタイト中に混在していると見られる。ゲーサイト (錆化鉄) は製造過程で金属鉄が生成・存在していたが、既に錆化していることを示す。

EPMA観察：EPMAの2次電子像写真と各元素 (Fe, O, Si, Ti, Al, Ca, Mg) のカラーマッピング結果を32頁に示す。写真の1視野は、横240μm、縦170μmの範囲を観察している。EPMAの2次電子像写真 (SE) は、顕微鏡マイクロ組織写真 (21頁下) を反転した状態で観察される。主要な鉱物と見られるファイヤライトには、構成元素 (Fe, Si, O) とMgが固溶している。ガラス質滓には、Si, Al, Ca, Oが溶解している。ウスタイト (Fe, O) にはTiが固溶している。基本的には顕微鏡組織から判定される構成元素が検出され、ファイヤライトにはマグネシウム (Mg) が、ウスタイトにはチタン (Ti) が固溶元素としてそれぞれ微弱に検出された。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄56.6%に対して、ウスタイトは63.9%、ヘマタイトは9.7%で、Fe₃O₄とFeOの比率は13:87で、シリカ15.4%では、平衡状態図のウスタイトの領域に近いと見られる。(参考(1)鉄滓の平衡状態図を参照)

滓中成分の指標となる造滓成分は21.9%とやや高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは2.3%含まれるので、砂鉄系鉄滓 (TiO₂≧1.0%) と推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、砂鉄系精錬鍛冶滓のグループに属していると見られる。二酸化チタン成分が2.3%とやや高く、造滓成分が22%とやや高いので、製鉄滓としては低いが鍛冶滓としてはやや高いので、精錬鍛冶工程の中期に生成した鉄滓と推察される。

したがって、本資料は、①製鉄工程の精錬鍛冶工程で生成した鉄滓で、②砂鉄系精錬鍛冶滓と推定される。

資料番号2 鉄滓（砂鉄系精錬鍛冶滓）、着磁力：弱、MC：無

外観：外観写真を15頁に示す。長さ22mm×幅27mm×厚さ14mm、重量7.8g。鉄滓小片で、写真の割欠面と見られる部分から発泡粗鬆な滓と見られる。表面はごつごつとしており十分に溶けていない。MC反応はなく、着磁も弱い。資料が小さく、最適な試料量に調整して分析試験を行った。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を22頁に示す。写真の前には蕪玉状のウスタイト、写真の背面には太い短冊状のファイヤライトが観察される。精錬鍛冶滓から鍛錬鍛冶滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを28頁に示す。回折鉱物には、ウスタイト (Wustite: FeO)、ファイヤライト (Fayalite: Fe₂SiO₄)、マグネタイト (Magnetite: Fe₃O₄)、金属鉄 (Iron: α-Fe) およびゲーサイト (Goethite: α-FeOOH) が同定された。顕微鏡組織の観察結果と一致している。マグネタイトはウスタイト中に混在していると見られる。ゲーサイトは製造過程で金属鉄が存在していたが、既に錆化していることを示す。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄60.0%に対して、ウスタイトは64.6%、ヘマタイトは13.6%で、Fe₂O₃とFeOの比率は17:83で、シリカ12.7%では、平衡状態図のウスタイトの領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は18.4%とやや高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは1.1%含まれるので、砂鉄系鉄滓 (TiO₂≥1.0%) と推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、砂鉄系精錬鍛冶滓のグループに属していると見られる。二酸化チタン成分が1.1%で、造滓成分が18.4%含まれるので、精錬鍛冶工程の後期に生成した鉄滓と推察される。

したがって、本資料は、①製鉄工程の精錬鍛冶工程で生成した鉄滓で、②砂鉄系精錬鍛冶滓と推定される。

資料番号3 鉄滓（砂鉄系精錬鍛冶滓）、着磁力：微弱、MC：無

外観：外観写真を16頁に示す。長さ39mm×幅52mm×厚さ15mm、重量32.5g。黒色の薄い茶碗の底のような形状をした鉄滓で、表面の凹部には鉄錆と思われる黄褐色粉や土が付着している。下面側には木炭片がかみこんだ木炭痕があり深い窪みとスジ状のしわが多く観察される。着磁は弱くMC反応はない。試料としては比較的均質である。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を23頁に示す。写真の前には樹枝状のマグネタイトまたはウスタイト、四角形状のウルボスピネルまたはマグネタイトおよび僅かに金属鉄が観察され、写真背面の全面には崩れた短冊状のファイヤライトが観察される。やや急速に冷却された組織で、製錬滓から精錬鍛冶滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを29頁に示す。回折鉱物には、ファイヤライト (Fayalite: Fe₂SiO₄)、マグネタイト (Magnetite: Fe₃O₄)、ウスタイト (Wustite: FeO) および金属鉄 (Iron: α-Fe) が同定された。顕微鏡組織の観察結果と一致している。

EPMA 観察：EPMA の2次電子像写真と各元素 (Fe, O, Si, Ti, Al, Ca, Mg) のカラーマッピング結果を33頁に示す。EPMA の2次電子像写真は、顕微鏡ミクロ組織写真 (23頁下) を反転した状態で

観察される。写真の1視野は、横200 μ m、縦140 μ mの範囲を観察している。主要な鉱物と見られるファイヤライトには、構成元素 (Fe, Si, O) が検出されている。写真中央部の多角形状の組織にはウルボスピネルの構成元素 (Fe, Ti, O) が検出され、ガラス質滓には、Si, Mg, Al, Ca, O が溶解している。基本的には顕微鏡組織から判定される構成元素が検出され、ほぼ一致している。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄47.9%に対して、ウスタイトは55.8%、ヘマタイトは6.0%で、 Fe_2O_3 とFeOの比率は10:90で、シリカ22.2%では、平衡状態図のウスタイトとファイヤライトの境界領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は32.6%と高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは3.8%含まれるので、砂鉄系鉄滓 ($\text{TiO}_2 \geq 1.0\%$) と推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、砂鉄系精錬鍛冶滓のグループに属していると考えられる。二酸化チタン成分が3.8%とやや高く、造滓成分が32%と高いので、製錬工程から精錬鍛冶工程の初期に生成した鉄滓と推察される。

したがって、本資料は、①製鉄工程の精錬鍛冶工程で生成した鉄滓で、②砂鉄系精錬鍛冶滓と推定される。

資料番号4 鉄滓 (付着滓)、着磁力：微弱、MC：無

外観：外観写真を17頁に示す。長さ30mm×幅44mm×厚さ0.9mm、重量7.5g。片面は被熱され黒色を帯びて細かく発泡している。反対側面には細かな薄茶色の土 (胎土) が全面に付着している。炉壁材に鉄滓が付着した鉄滓に見える資料である。弱い着磁はあるが、MC反応はない。比較的均質な試料である。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を24頁に示す。写真には結晶組織を示さないガラス質滓 (胎土組織) と一部針状の結晶組織を示している。耐火材と鉄滓が熔融した付着滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートは29頁に示す。回折鉱物には、シリカ (Quartz: SiO_2)、ファイヤライト (Fayalite: Fe_2SiO_4)、ウルボスピネル (Ulvo-spinel: Fe_3TiO_8)、アノーサイト (Anorthite: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)、マグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4)、ウスタイト (Wustite: FeO) および金属鉄 (Iron: $\alpha\text{-Fe}$) が同定された。シリカとアノーサイトは胎土成分で、ファイヤライトとウルボスピネルはチタン含有の酸化鉄成分である。すなわち、二酸化チタンを含む砂鉄と炉壁材が熔融生成した鉄滓 (付着滓) と推察される。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄18.3%に対して、ウスタイトは14.9%、ヘマタイトは9.4%で、 Fe_2O_3 とFeOの比率は39:61で、シリカ52.3%では、平衡状態図のシリカ相の領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は75.1%と高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは1.35%含まれるので、砂鉄系鉄滓 ($\text{TiO}_2 \geq 1.0\%$) と結合していると推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、砂鉄系精錬鍛冶滓のグループに属していると考えられる。二酸化チタン成分が1.35%で、造滓成分が75.1%含まれるので、精錬鍛冶工程で生成した鉄滓と推察される。資料中にはウルボスピネルがX線回折で検出されているので、始発原料の砂鉄にはやや高い二酸化チタン (TiO_2) が含まれていたと推察される。

したがって、本資料は、①精錬鍛冶工程で鉄滓と耐火材が熔融生成した鉄滓で、②付着滓 (ガラス質滓) と推定される。

資料番号5 鉄滓（砂鉄系精錬鉄滓、含着滓）、着磁力：弱、MC：無

外観：外観写真を18頁に示す。長さ103mm×幅125mm×厚さ41mm、重量306.9g。5片に割れた資料を樹脂で接着した椀型鉄滓である。椀曲した下面は水酸化鉄の黄褐色を呈し、上面側は表面溶融しており、やや中央が窪んでいる。割欠面から発泡していることが観察される。上面の半分は黄褐色で、残りの半分は黒色を呈している。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を25頁に示す。写真の前には樹枝状のマグネタイトまたはウスタイトと四角形状のマグネタイトが僅かに観察され、写真背面に崩れた短冊状のファイヤライトとその間隙にガラス質滓が観察される。製錬滓から精錬鉄滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを30頁に示す。回折鉱物には、ファイヤライト (Fayalite: Fe_2SiO_4)、ウスタイト (Wustite: FeO)、シリカ (Quartz: SiO_2) およびゲーサイト (Goethite: $\alpha\text{-FeOOH}$) が同定された。顕微鏡組織の観察結果とほぼ一致している。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄42.3%に対して、ウスタイトは47.9%、ヘマタイトは7.1%で、 Fe_2O_3 と FeO の比率は13:87で、シリカ31.5%では、平衡状態図のファイヤライトの領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は45.6%と高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは0.33%と低いので、砂鉄系鉄滓と判断できない。造滓成分が45.6%含まれるので、精錬鉄滓工程で鉄滓と耐火材とから溶融生成した鉄滓と推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、鉾石系製錬滓のグループに属していると見られるが、資料中の二酸化チタン含有量が低いので、始発原料として砂鉄系とも鉾石系とも判断できない。火点付近で温度の上昇（過熱）により耐火材が鉄滓と溶融生成したものと推察される。

したがって、本資料は、①精錬鉄滓工程で鉄滓と耐火材が溶融生成した鉄滓で、②精錬鉄滓（含着滓）と推定される。

資料番号6 鉄滓（砂鉄系精錬鉄滓）、着磁力：微弱、MC：無

外観：外観写真を19頁に示す。12個資料の1つ。長さ44mm×幅59mm×厚さ28mm、重量108.5g。非常に良く溶けた鉄滓で、外観写真 (No.6ト) の資料下から2cm位はゆっくり凝固し、写真の上側に向けて方向に凝固した痕跡が見られる。炉内で非常にゆっくり凝固したと思える。表面は水酸化鉄の黄褐色の粉が付着しているが、その下は流出滓のような黒色を呈している。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を26頁に示す。写真の前には多角形の穴があいた組織のウルボスピネル、繭玉状や樹枝状のマグネタイトまたはウスタイトおよび僅かに金属鉄が観察され、写真背面の全面に崩れた太い短冊状（幅100 μm ）のファイヤライトが観察される。すなわち、二酸化チタン含有量がやや高い砂鉄系を始発原料とした鉄滓で、製錬滓から精錬鉄滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを30頁に示す。回折鉱物には、ウルボスピネル (Ulvospinel: Fe_2TiO_5)、ファイヤライト (Fayalite: Fe_2SiO_4)、ウスタイト (Wustite: FeO)、金属鉄 (Iron: $\alpha\text{-Fe}$) およびゲーサイト (Goethite: $\alpha\text{-FeOOH}$) が同定された。顕微鏡組織の観察結果と一致している。

EPMA 観察：EPMA の2次電子像写真と各元素 (Fe, O, Si, Ti, Al, Ca, Mg) のカラーマッピング結果を34頁に示す。EPMA の2次電子像写真は、顕微鏡ミクロ組織写真 (26頁下) を反転した状態で観察される。写真の1視野は、横300 μm 、縦210 μm の範囲を観察している。主要な鉱物と見られるフ

ファイヤライトには、構成元素 (Fe, Si, O) と Mg が固溶している。写真右側の多角形状組織にはウルボスピネルの構成元素 (Fe, Ti, O) が検出された。ガラス質滓には、Ca, Si, Al, O が溶解している。ウスタイト (Fe, O) には Ti が僅かに固溶している。基本的には顕微鏡組織から判定される構成元素が検出されが、ファイヤライトにはマグネシウム (Mg) が、ウスタイトにはチタン (Ti) が固溶元素としてそれぞれ微弱に検出された。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄48.9%に対して、ウスタイトは55.4%、ヘマタイトは7.5%で、 Fe_2O_3 とFeOの比率は12:88で、シリカ18.5%では、平衡状態図のウスタイトの領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は28.2%とやや高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは6.4%含まれるので、砂鉄系鉄滓 ($\text{TiO}_2 \geq 1.0\%$) と推察される。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、砂鉄系精錬鍛冶滓のグループに属していると見られる。二酸化チタン成分が6.4%と高く、造滓成分が28%と高いので、製錬工程から精錬鍛冶工程の初期に生成した鉄滓と推察される。

したがって、本資料は、①製鉄工程の精錬鍛冶工程で生成した鉄滓で、②砂鉄系精錬鍛冶滓と推定される。やや二酸化チタン含有量の高い砂鉄を始発原料にしていた可能性が高い。

資料番号7 鉄滓 (付着滓)、着磁力：弱、MC：無

外観：外観写真を20頁に示す。長さ39.5mm×幅46mm×厚さ18.5mm、重量23.2g。部分的に融けたような黄褐色を呈する鉄滓で、MC反応はなく、弱い着磁がある。

顕微鏡組織：鉄滓の組織写真を27頁に示す。写真には筋状の結晶組織 (ファイヤライト) とガラス質滓が混在している。耐火材と鉄滓が熔融し生成した付着滓にみられる組織である。

X線回折：回折チャートを31頁に示す。回折鉱物には、ファイヤライト (Fayalite: Fe_2SiO_4)、シリカ (Quartz: SiO_2)、マグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4)、ウスタイト (Wustite: FeO)、クリストバライト (Cristobalite: SiO_2) およびゲーサイト (Goethite: $\alpha\text{-FeOOH}$) が同定された。クリストバライトは耐火物 (胎土) 成分で、ファイヤライトとマグネタイトは酸化鉄成分である。すなわち、鉄滓と炉壁材が熔融生成した鉄滓と推察される。

化学分析：鉄滓の化学成分分析の結果を表2に示す。全鉄34.0%に対して、ウスタイトは30.4%、ヘマタイトは14.6%で、 Fe_2O_3 とFeOの比率は32:68で、シリカ37.0%では、平衡状態図のクリストバライト相の領域に近いと見られる。

滓中成分の指標となる造滓成分は53.7%と高い。砂鉄原料に含まれていたと考えられる二酸化チタンは0.45%含まれるが、始発原料の判断がやや困難である。砂鉄系の可能性がある。

一方、本資料の製造工程の位置づけとして、図1～3に示す。本資料は、鉱石系製錬滓グループに属していると見られるが、造滓成分が53.7%含まれるので、精錬鍛冶工程で鉄滓と耐火材が熔融生成した鉄滓と推察される。

したがって、本資料は、①精錬鍛冶工程で鉄滓と耐火材が熔融生成した鉄滓で、②付着滓 (ガラス質滓) と推定される。

4. まとめ

本調査は鉄滓7資料である。化学成分分析、顕微鏡ミクロ組織、X線回折およびEPMA観察の結果からまとめる。

- (1) 資料No1～No3および資料No6は、二酸化チタンを含有する砂鉄系のチタン磁鉄鉱を始発原料とした製鉄工程の精錬鍛冶工程において生成した鉄滓と推定される。
- (2) 顕微鏡ミクロ組織観察から、資料No1は精錬鍛冶工程の中期に、資料No2は後期に、資料No3と資料No6は製錬工程の後期から精錬鍛冶工程の初期にかけてそれぞれ生成した鉄滓と推察される。EPMA観察では、鉄滓のファイヤライト (Fayalite) にはマグネシウム (Mg) が、ウスタイト (Wustite) にはチタン (Ti) がそれぞれ固溶し、微弱検出された。
- (3) 資料No4, No5およびNo7は、鉄滓と耐火材 (胎土) が溶融生成した付着滓 (ガラス質滓) と推定される。

5. 参考文献

- 1) 天辰正義：出土鉄滓の化学成分評価による製鉄工程の分類、鉄と鋼, Vol.91 (2005), No1, p47 [日本鉄鋼協会]
天辰・穴澤・平井・藤尾編：「鉄関連遺物の分析評価研究会報告」(2005)
[日本鉄鋼協会 社会鉄鋼工学部会 鉄の歴史フォーラム事務局：寺島慶一]
- 2) 窪山威郎著：『鉄の考古学』(1986) [雄山閣出版]
- 3) たたら研究会編：『日本製鉄史論集たたら研究会創立25周年記念論集』(1994) [たたら研究会]

6. 参考

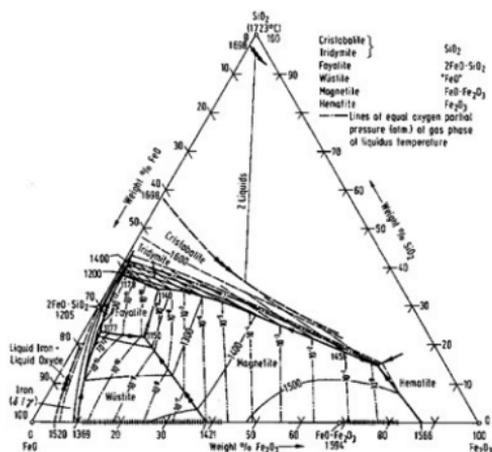
(1) 鉄滓の顕微鏡組織について

鉄滓を構成する化合物結晶には、一般的に表のような鉱物組織がある。酸化鉄 (Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 FeO)、二酸化ケイ素 (シリカ: SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3) および二酸化チタン (TiO_2) を組み合わせた化合物 (固溶体) が多く、これらは鉱物結晶は含有量にも依存するが、X線回折により検出され確認できる。鉄滓中の低融点化合物がガラス相 (非晶質) を形成することがあり、X線回折では検出されない。

表 A1 鉄滓の顕微鏡鉱物組織とその観察状況

| 鉱物組織名 (和) | 鉱物名 (英) | 化学式 | 偏光顕微鏡観察状況 |
|------------|----------------|--|-----------------|
| ヘマタイト | Hematite | $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ | 赤褐色～赤紫色 |
| マग्ネマイト | Maghemite | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ | 赤紫色～黒紫色 |
| マグネタイト | Magnetite | Fe_3O_4 | 白青色、四角または多角盤状 |
| ウスタイト | Wustite | FeO | 灰白色、繭玉状または樹枝状 |
| ファイヤライト | Fayalite | $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ | 薄い青灰色、短冊状の長い結晶 |
| ウルボスピネル | Ulvospinel | $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ | 白色、四角～角形板状結晶 |
| イルメナイト | Ilmenite | $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ | 白色、針状・棒状の長い結晶 |
| シュードブルッカイト | Pseudobrookite | $\text{FeO} \cdot 2\text{TiO}_2$ | 白色、針状の結晶 |
| ハーシナイト | Hercynite | $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ | ウスタイト中に析出、ごま粒状。 |
| ゲーサイト | Goethite | $\alpha\text{-FeOOH}$ | 白～黄色、リング状が多い。 |
| 金属鉄 | Metallic iron | $\alpha\text{-Fe}$ | 白色で光沢がある。 |

(2) 鉄滓の平衡状態図



FeO-Fe₂O₃-SiO₂系状態図 (by Osborn and Muan) : Slag Atlas
〔ドイツ鉄鋼協会〕(1981) 〔Verlag Stahlisen〕Düsseldorf, Fig. 106, p. 76

7. 図表・写真

・調査資料と調査項目

表1 調査資料と調査項目（任海宮田遺跡出土資料）

| 資料 No | 資料種別 出土地点 出土遺構 | 重量 g | 着 磁 力 | M C 反 応 | 外 観 写 真 | 化 学 成 分 | 組 織 写 真 | X 線 回 折 | E P M A |
|----------|-------------------------------------|---------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 鉄滓 X104Y427 A1-SI09 | 209.4 | 弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2 | 鉄滓 A1-SI02 (-) | 7.8 | 弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | | |
| 3 | 鉄滓 X88Y410 A4-SD23 | 32.5 | 微弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 4 | 鉄滓 X78Y406 (上層) A4-SD164 | 7.5 | 微弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 5 | 鉄滓 X78Y409 A4-SD164 (上層他9) | 306.9 | 弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 6 | 鉄滓 X79Y408 (下層) A4-SD164 | 108.5 | 微弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7 | 鉄滓 A4-SI24 (-) | 23.2 | 弱 | 無 | ○ | ○ | ○ | ○ | |

註(1) 資料番号、出土遺構、資料種別は提供の記載資料による。

(2) ○は、観察・測定調査の実施項目を示す。

(3) MC反応とは、メタルチェッカー（金属探知機）による残存金属の有無を示す。

・鉄滓資料の化学成分分析

表2 鉄滓の化学成分分析結果 (%)

| 資料No | T. Fe | M. Fe | FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | 比率 (%) | |
|------|-------|-------|------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|--------------------------------|------|
| | | | | | | | | | | | Fe ₂ O ₃ | FeO |
| 1 | 56.6 | 0.17 | 63.9 | 9.66 | 15.4 | 3.47 | 1.24 | 1.05 | 0.20 | 0.55 | 13.1 | 86.9 |
| 2 | 60.0 | 0.28 | 64.6 | 13.6 | 12.7 | 3.61 | 0.96 | 0.52 | 0.19 | 0.38 | 17.4 | 82.6 |
| 3 | 47.9 | 0.30 | 55.8 | 6.04 | 22.2 | 5.29 | 2.30 | 1.27 | 0.41 | 1.15 | 9.8 | 90.2 |
| 4 | 18.3 | 0.16 | 14.9 | 9.38 | 52.3 | 12.2 | 3.28 | 1.49 | 2.28 | 3.53 | 38.6 | 61.4 |
| 5 | 42.3 | 0.10 | 47.9 | 7.10 | 31.5 | 6.79 | 2.93 | 0.88 | 1.24 | 2.27 | 12.9 | 87.1 |
| 6 | 48.9 | 0.56 | 55.4 | 7.54 | 18.5 | 4.74 | 2.19 | 1.50 | 0.31 | 0.93 | 12.0 | 88.0 |
| 7 | 34.0 | 0.17 | 30.4 | 14.6 | 37.0 | 9.61 | 2.82 | 1.05 | 0.92 | 2.32 | 32.4 | 67.6 |

| 資料No | TiO ₂ | MnO | P ₂ O ₅ | Co | C.W. | C | V | Cu | TiO ₂ /T.Fe | MnO/TiO ₂ | 造滓成分 % |
|------|------------------|------|-------------------------------|-------|------|------|-------|-------|------------------------|----------------------|--------|
| 1 | 2.30 | 0.15 | 0.422 | 0.007 | 0.77 | 0.02 | 0.051 | 0.003 | 0.041 | 0.065 | 21.9 |
| 2 | 1.14 | 0.08 | 0.430 | 0.002 | 1.00 | 0.10 | 0.036 | 0.001 | 0.019 | 0.070 | 18.4 |
| 3 | 3.81 | 0.23 | 0.509 | 0.005 | 0.63 | 0.04 | 0.110 | 0.002 | 0.080 | 0.060 | 32.6 |
| 4 | 1.35 | 0.15 | 0.396 | 0.005 | 0.89 | 0.07 | 0.053 | 0.002 | 0.074 | 0.111 | 75.1 |
| 5 | 0.33 | 0.09 | 0.326 | 0.008 | 0.50 | 0.01 | 0.006 | 0.004 | 0.008 | 0.273 | 45.6 |
| 6 | 6.44 | 0.37 | 0.589 | 0.010 | 0.48 | 0.01 | 0.130 | 0.003 | 0.132 | 0.057 | 28.2 |
| 7 | 0.45 | 0.07 | 0.247 | 0.004 | 1.55 | 0.17 | 0.008 | 0.006 | 0.013 | 0.156 | 53.7 |

C.W.=化合水、造滓成分=SiO₂+Al₂O₃+CaO+MgO+Na₂O+K₂O

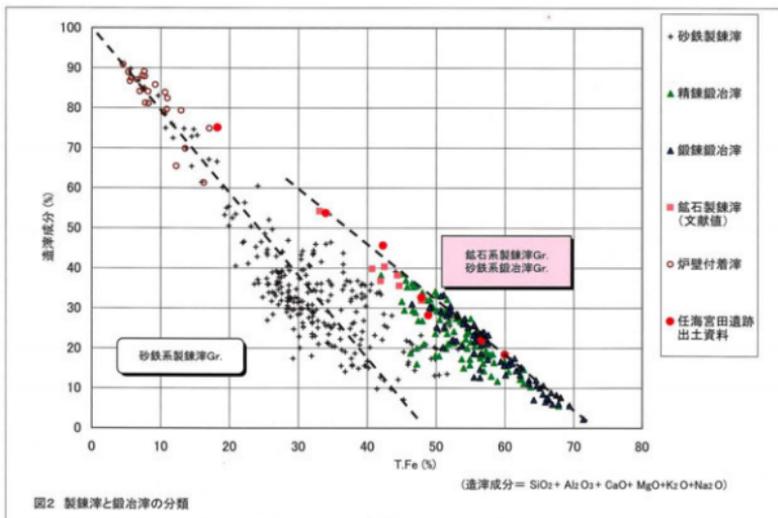
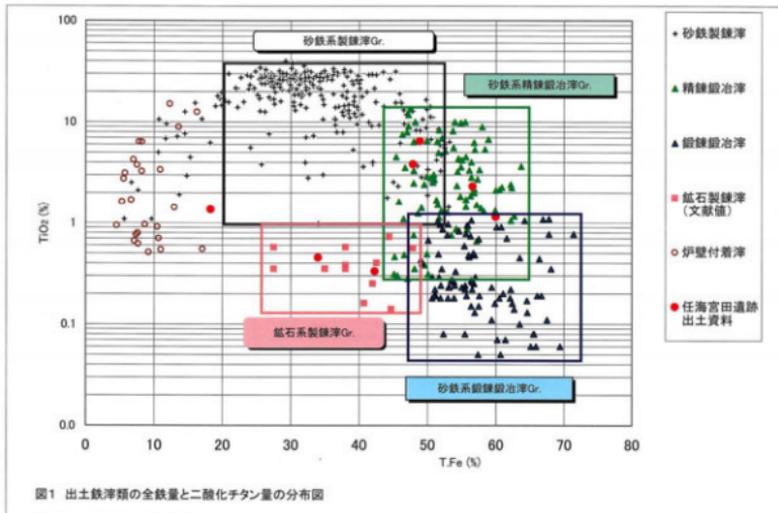
・X線回折

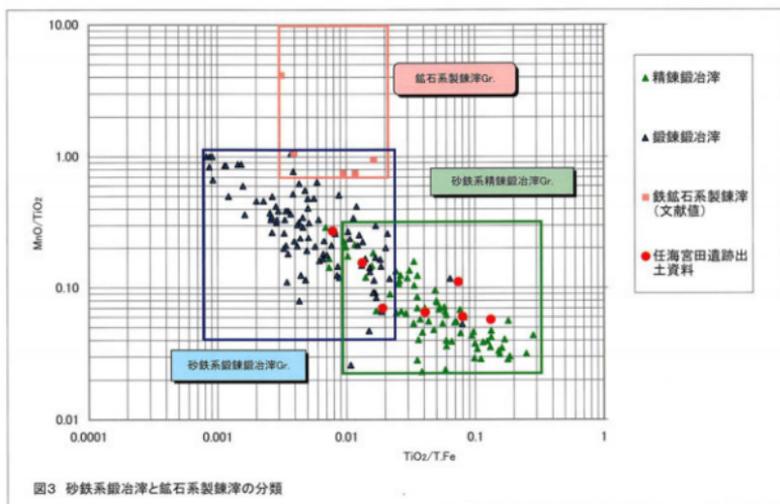
表3 鉄滓のX線回折鉱物と製造工程の分類

| 資料No | 資料の種類別 | X線回折鉱物 | 製造工程の分類 |
|------|--------|-----------------------|--------------|
| 1 | 鉄滓 | W, F, M, Go | 砂鉄系精錬鉄滓 (中期) |
| 2 | 鉄滓 | W, F, M, Fe, Go | 砂鉄系精錬鉄滓 (後期) |
| 3 | 鉄滓 | F, M, W, Fe | 砂鉄系精錬鉄滓 (初期) |
| 4 | 鉄滓 | Q, F, U, An, M, W, Fe | 付着滓 |
| 5 | 鉄滓 | F, W, Q, Go | 精錬鉄滓 (含付着滓) |
| 6 | 鉄滓 | U, F, W, Fe, Go | 砂鉄系精錬鉄滓 (初期) |
| 7 | 鉄滓 | F, Q, M, W, Cb, Go | 付着滓 |

鉱物記号: W (ウスタイト: Wustite-FeO), M (マグネタイト: Magnetite-Fe₃O₄),
 F (ファイヤライト: Fayalite-Fe₂SiO₄), U (ウルボスピネル: Ulvospinel-2FeO·TiO₂),
 Go (ゲーサイト: Goethite-αFeOOH), Fe (鉄: Iron-αFe), Q (シリカ: Quartz-SiO₂),
 An (アノーサイト: Anorthite-CaAl₂Si₂O₈), Cb (クリストバライト: Cristobalite-SiO₂)

・製造工程上の鉄滓分類





・外觀写真



写真 任海宮田遺跡 資料No.1
不明滓の外観



写真 任海宮田遺跡 資料No2
不明滓の外観

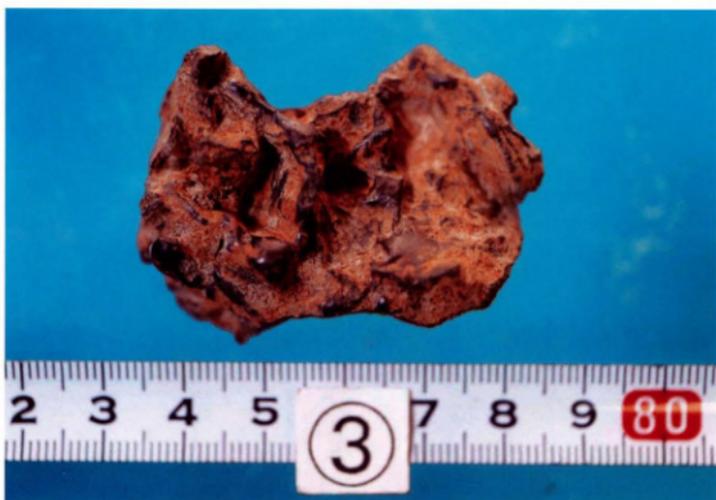


写真 任海宮田遺跡 資料No3
鉄滓の外観



写真 任海宮田遺跡 資料No.4
鉄滓の外観



写真 任海宮田遺跡 資料No.5
鉄滓の外観



写真 任海宮田遺跡 資料No6
鉄滓の外観

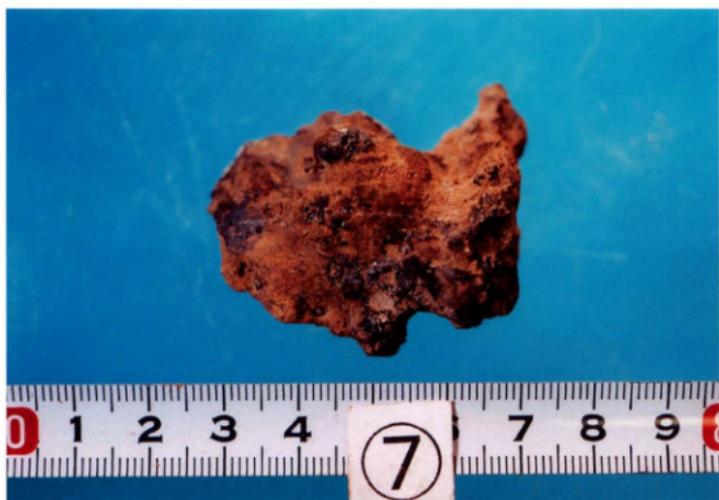
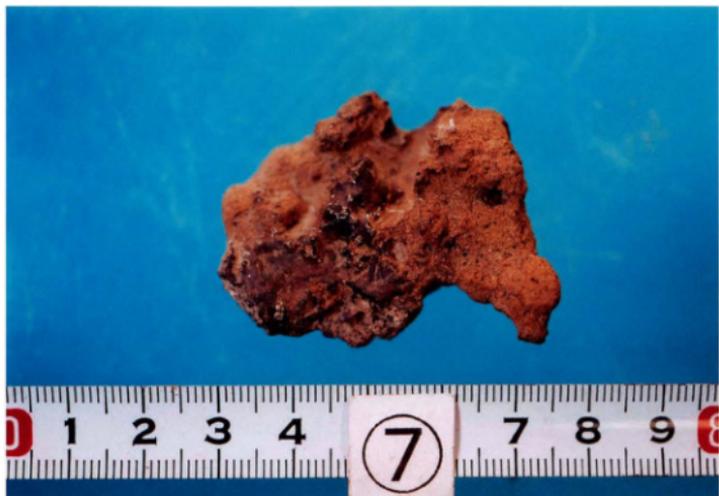
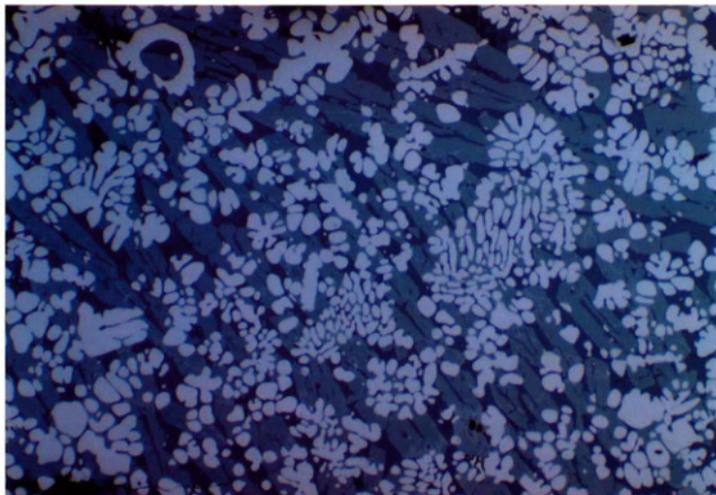
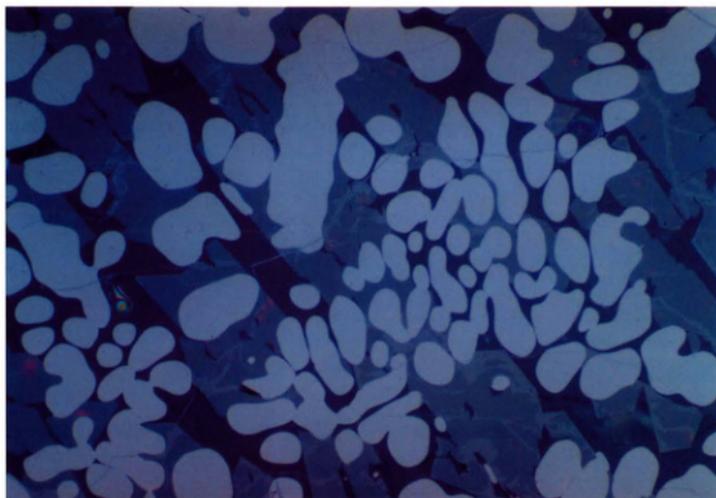


写真 任海宮田遺跡 資料No.7
鉄滓の外観

・顕微鏡ミクロ組織

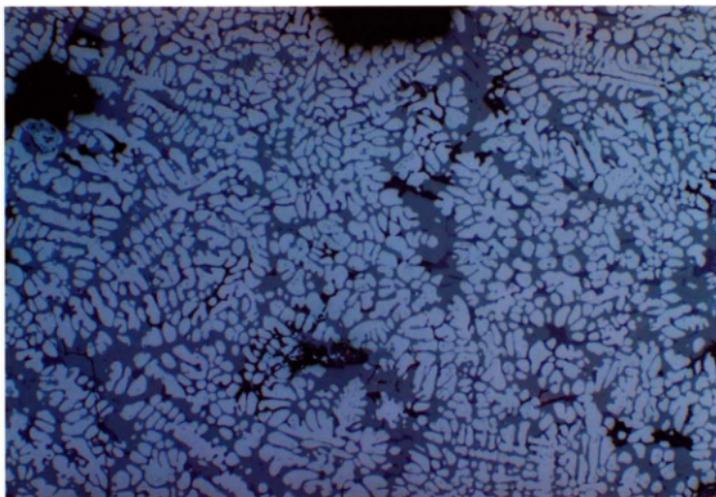


×100 1 cm : 100 μ m

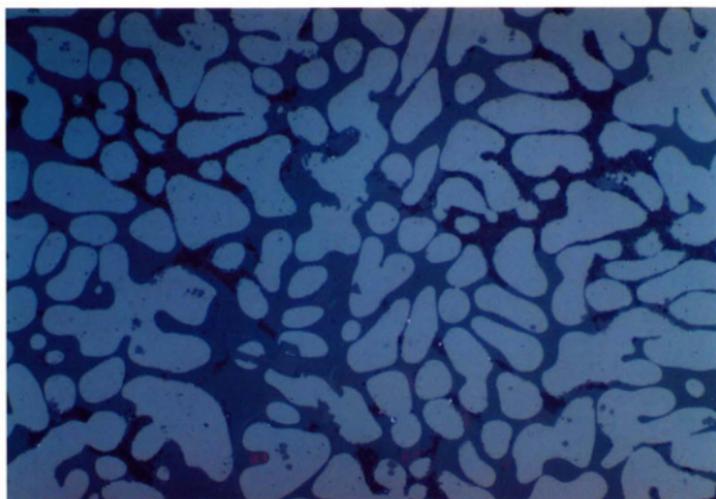


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No.1
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織

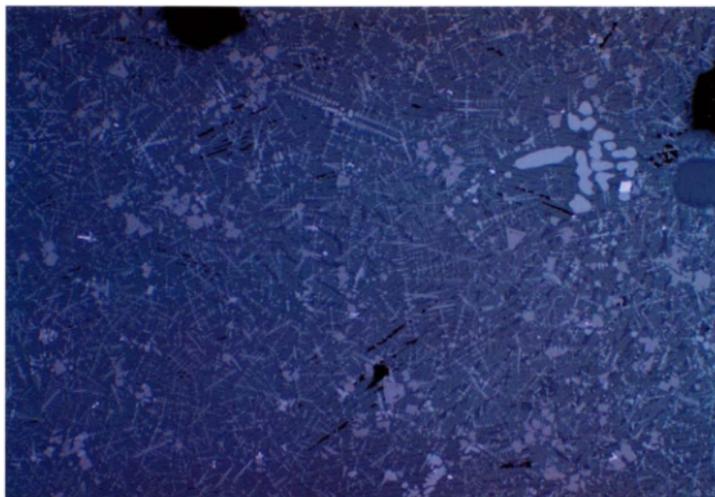


×100 1 cm : 100 μ m

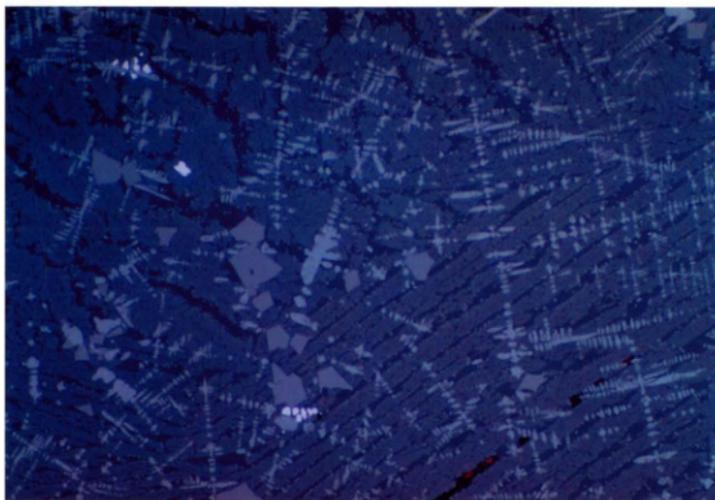


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No.2
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織

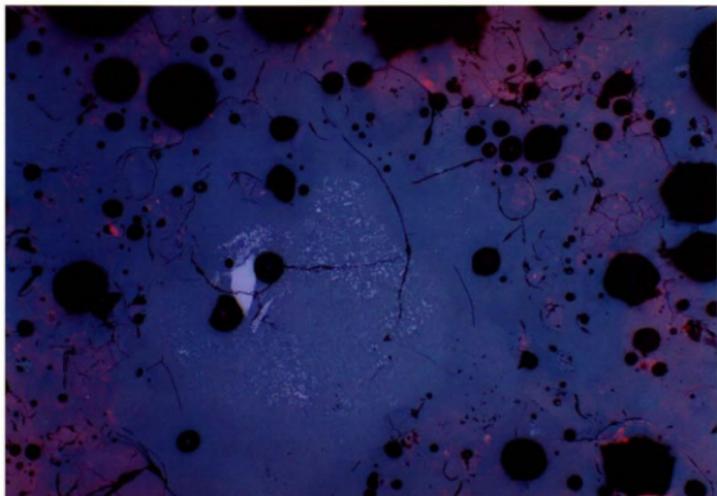


×100 1 cm : 100 μ m

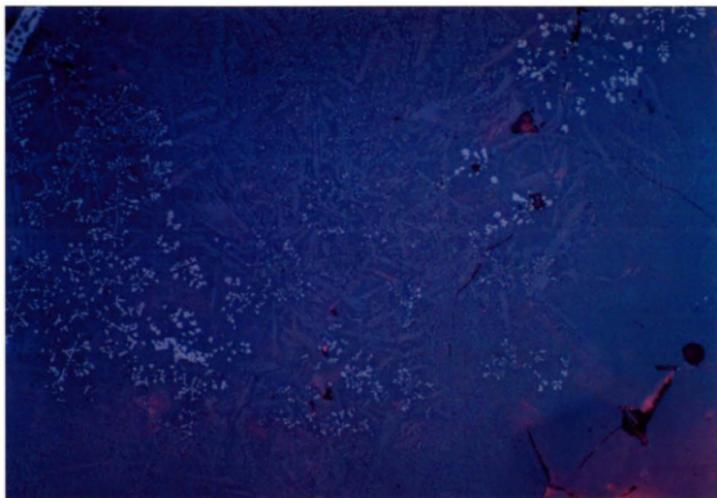


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No 3
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織

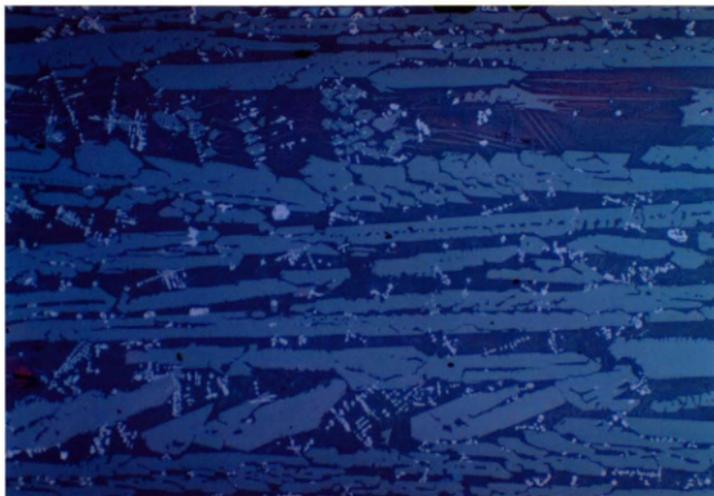


×100 1 cm : 100 μ m

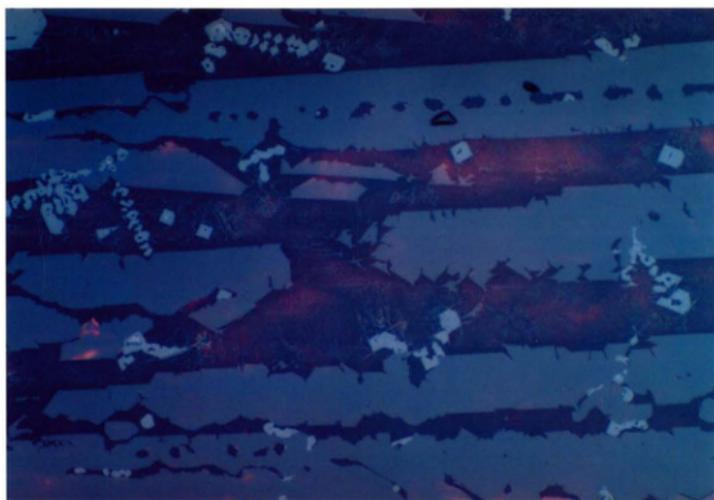


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No.4
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織

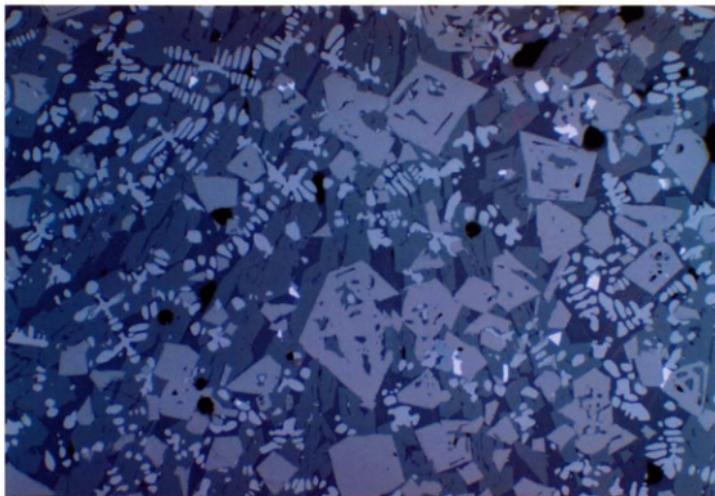


×100 1 cm : 100 μ m

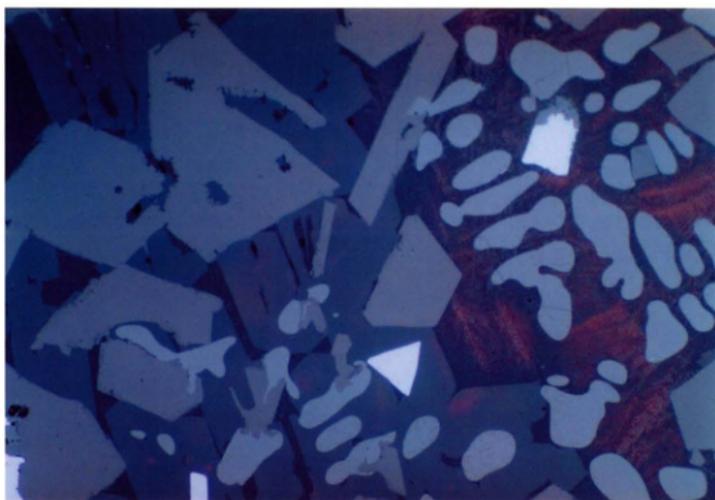


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No.5
鉄滓の顕微鏡マイクロ組織

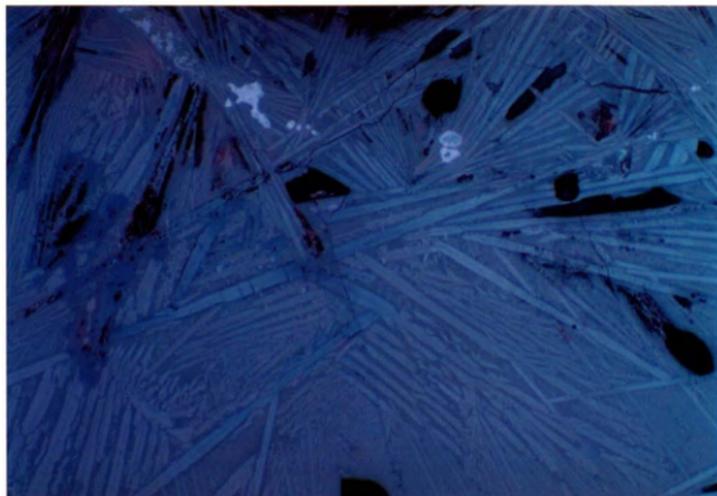


×100 1 cm : 100 μ m

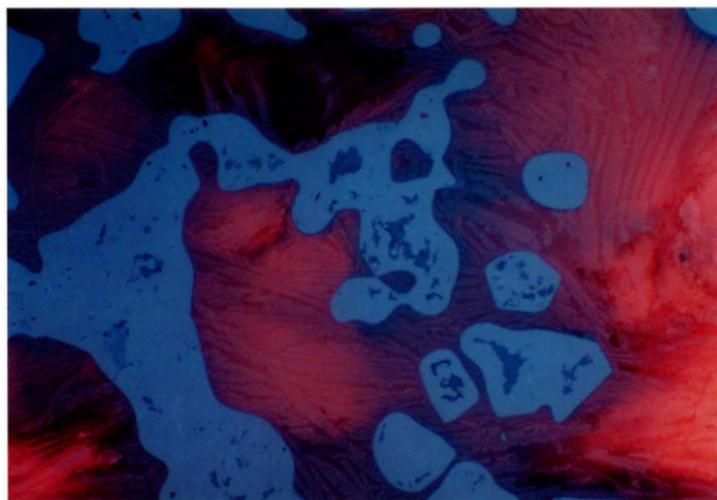


×400 1 cm : 25 μ m

写真 任海宮田遺跡 資料No.6
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織



×100 1 cm : 100 μ m

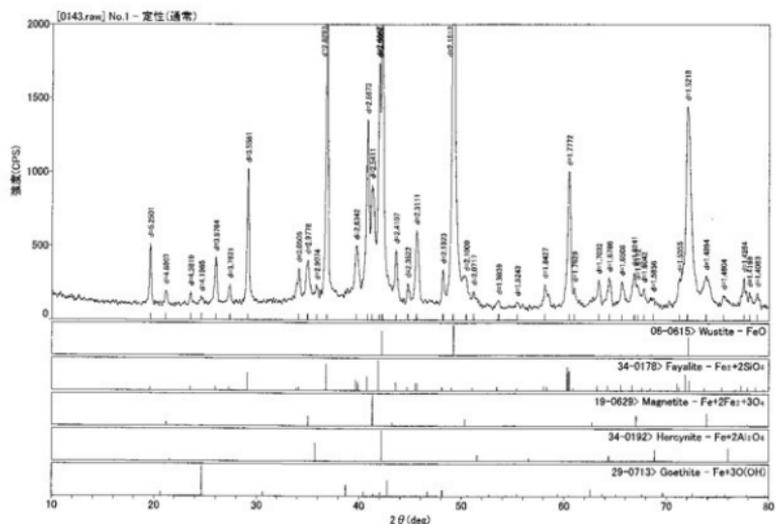


×400 1 cm : 25 μ m

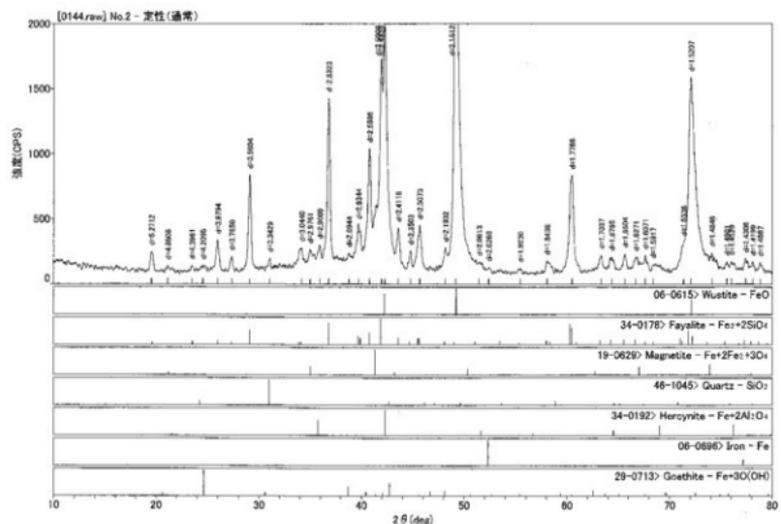
写真 任海宮田遺跡 資料No.7
鉄滓の顕微鏡ミクロ組織

・ X線回折

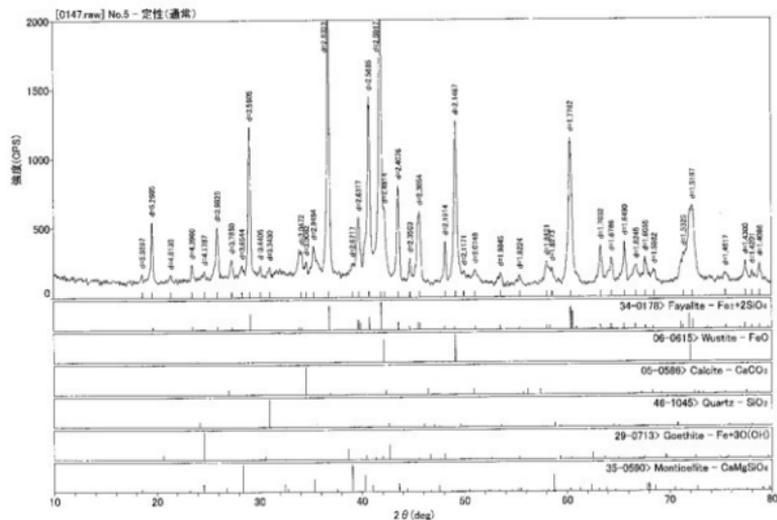
任海宮田遺跡資料No.1



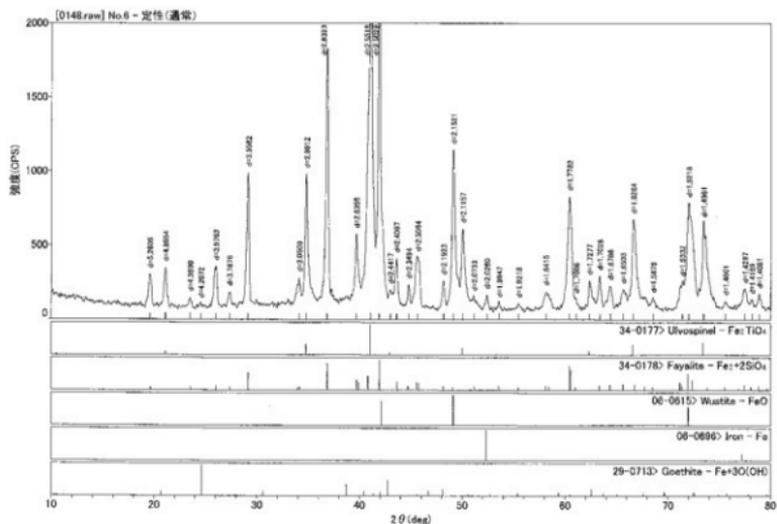
任海宮田遺跡資料No.2



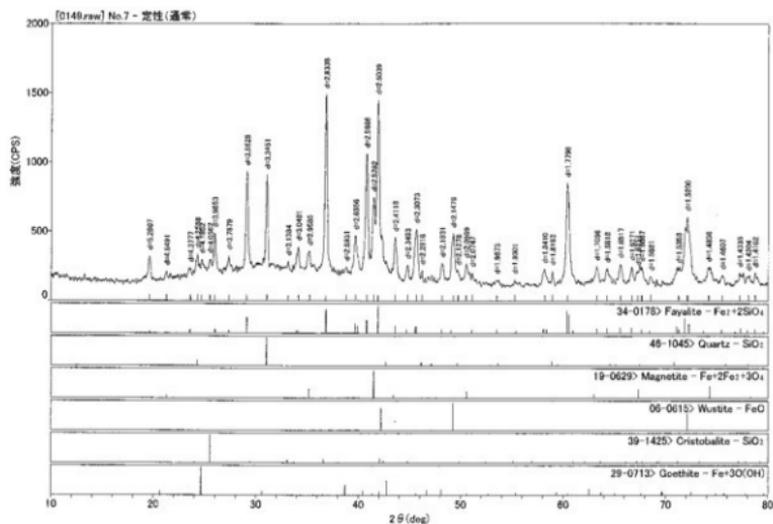
任海宮田遺跡資料No.5



任海宮田遺跡資料No.6



任海宮田遺跡資料No.7



・ EPMA 観察（任海宮田遺跡 資料No 1）

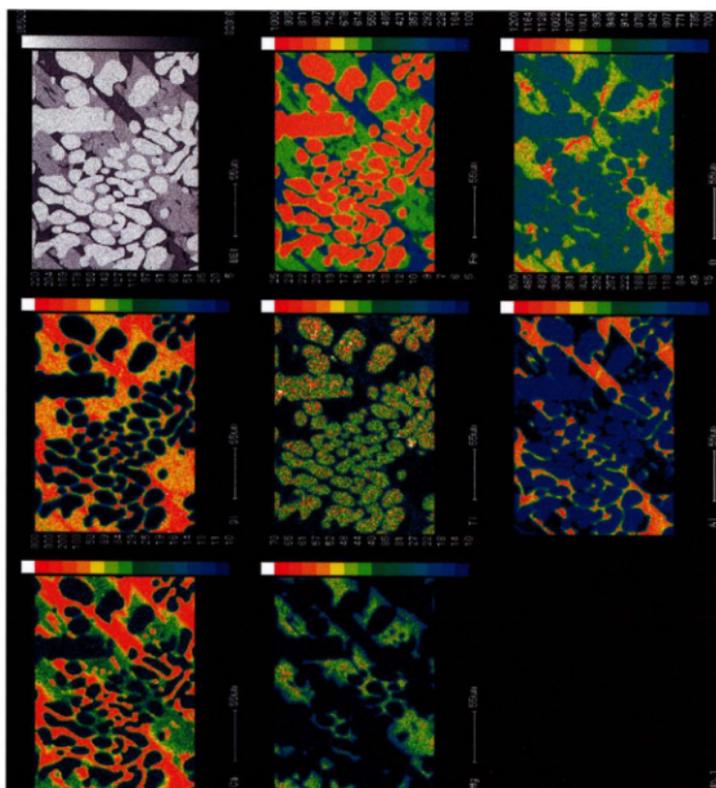


写真 任海宮田遺跡 資料No.1
鉄滓の EPMA 像

・ EPMA 観察（任海宮田遺跡 資料No.3）

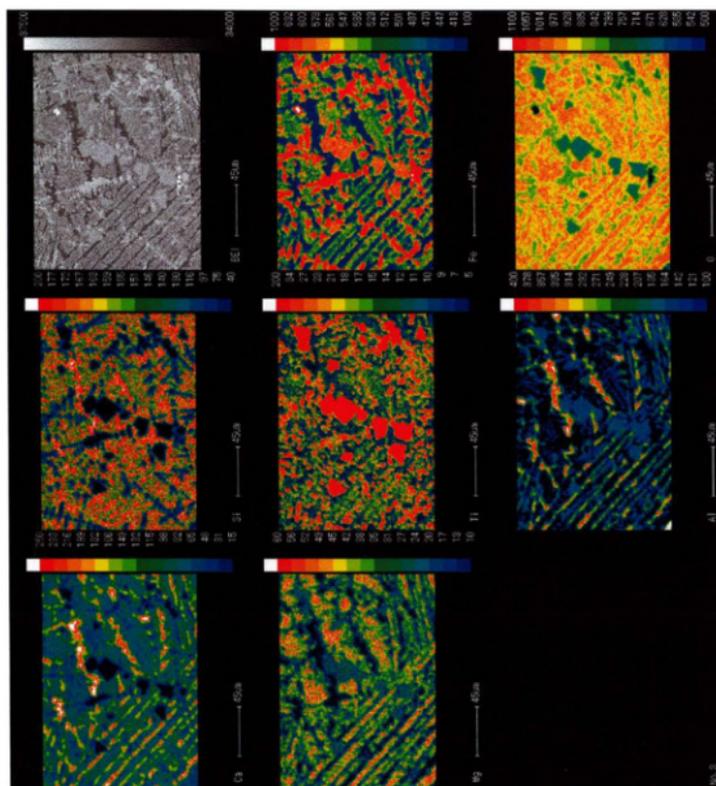


写真 任海宮田遺跡 資料No.3
鉄滓の EPMA 像

・ EPMA 観察 (任海宮田遺跡 資料No.6)

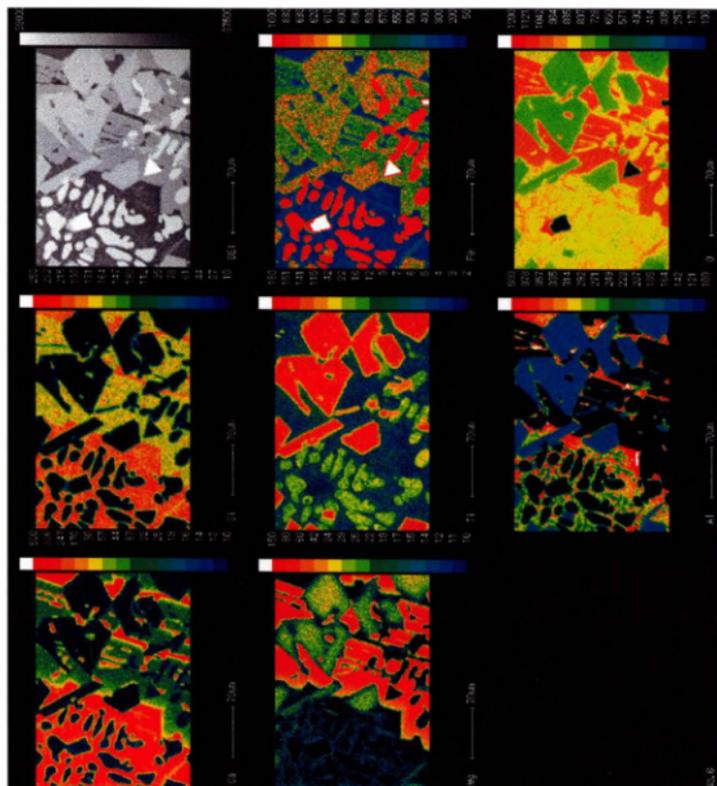
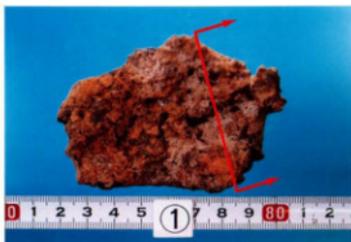


写真 任海宮田遺跡 資料No.6
鉄滓の EPMA 像

任海宮田遺跡（富山）調査試料：分析試料（切断）採取位置



試験：化学分析、ミクロ、XRD、EPMA



試験：化学分析、ミクロ、XRD



試験：化学分析、ミクロ、XRD、EPMA



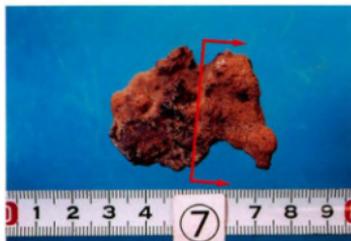
試験：化学分析、ミクロ、XRD



試験：化学分析、ミクロ、XRD



試験：化学分析、ミクロ、XRD、EPMA



試験：化学分析、ミクロ、XRD

II 富山市任海宮田遺跡出土漆器の科学分析

漆器文化財科学研究所 四柳 嘉章

I. 分析の方法

漆器は階層や価格に応じた各種の製品が生産され、その品質が考古学的には所有階層復元の手がかりとなる。この品質差を材料や技術的側面から評価する場合、肉眼による表面観察では使用や廃棄後の劣化を含めた表面の塗りや加飾部分でしか判断できず、それも専門的な経験に左右される。しかし漆器本来の耐久・堅牢性は塗装工程にあり、この塗膜の下に隠された情報は、塗膜（構造）分析によって引き出される。

塗膜分析は漆器の内外面数箇所から数mmの塗膜片を採取し実体顕微鏡で観察した後、ポリエステル系樹脂に包埋後その断面を研磨のうえプレパラートに接着し、さらに研磨を加えて（#100~3000）金属・偏光顕微鏡で観察する方法である。サンプルである手板試料と比較検討しながら塗装工程や下地材料の同定を行うが、これによって表面観察ではわからない時代的地域的な特色や製品の品質が把握できるので、遺跡における所有階層の推定や製品の流通問題にも迫ることができる。塗料及び下地膠着剤の分析は、フーリエ変換赤外分光法（FT-IR）を、赤色顔料や蒔絵材料の分析にはエネルギー分散型蛍光X線分析をおこなった¹⁾。

なお、本稿で用いる用語については基本的には漆工用語に従うこととし、意味が曖昧で誤解をまねくものについては、以下のように規定して使用する。

①赤色漆

赤色の主な顔料である朱（ HgS ）やベンガラ（ Fe_2O_3 ）が未同定の場合には「赤色漆（未同定）」と最初に断って使用し、同定済みは「赤色（朱）漆」「朱漆」「ベンガラ漆」などと表記する。よく使われる「赤漆（あかうり）」は「赤漆（せきしつ）」（木地を蘇芳で染め透漆を施したもの）との混同をさけるために用いない。内外面とも赤色漆の場合は、未同定は「総赤色（未同定）漆」、同定済みの場合は「総赤色（朱）漆」、あるいは慣例による「総（惣）朱」「皆朱」「朱漆器」などを用いる。

②黒色漆と黒色系漆

黒色の顔料である炭素粒子（油煙・松煙）や鉄系化合物粒子などを含むものを「黒色漆」、まぎらわしいが黒色顔料を含まないものを「黒色系漆」として区別する。なぜならば「黒色系漆」においては、黒色顔料を含まずとも漆自体の表面が茶黒色に変質し、さらに下地色を反射して肉眼では黒に見えるからである。近年の筆者の調査では古代以来こうした方法が一般的と考えられるので、技術や材料科学の上からも両者の区別が必要となっている。未同定の場合は、はじめに「黒色漆（未同定）」とことわる。内外面とも黒色漆の場合は「総黒色漆」、同じく黒色系は「総黒色系漆」（いわゆる「総黒」は両者を含んだもの）、内面赤色外面黒色は「内赤外黒色漆」、同じく「内赤外黒色系漆」とする。赤色顔料が同定されている場合は「内朱外黒色漆」あるいは「内赤（ベンガラ）外黒色漆」などと呼称する。

③下地の分類—漆下地と漆下地

一般の粗い鉱物粒子を用いたものは「地の粉漆下地」、珪藻土使用は「珪藻土漆下地」、より細かい砥の粉類似は「サビ漆下地」、膠使用は「地の粉またはサビ膠下地」、炭粉は漆を用いたものは「炭粉漆下地」、柿渋を用いたものは「炭粉漆下地」とする。

II. 分析結果

塗膜分析を行った漆製品は2点で、1点につき内外面各2点の試料を作成し平均値を算出した。したがって必ずしも図版のスケールとは一致しない。赤色漆の色調表現はマンセル値によるもので、「4R 4/11」とあるものは、4Rは色相で、4/11は明度/彩度である。下地の炭粉粒子は下記のように3分類する。

細粒…破砕工程が中粒炭粉より細かく炭粉粒子は均一で、針葉樹などの木口組織を全くとどめないもの。

中粒…炭粉粒子は1~2 μm ×5~10 μm 程度の針状粒子と長径5 μm 前後の多角形粒子などからなり、針葉樹などの木口組織は一部にしか認められないもの。

粗粒…破砕工程が粗く針葉樹などの木口組織を各所にとどめるもの。炭粉粒子は不均一で各種形状のものを含み、長径30 μm 前後の針状ないし棒状粒子を含むことが多い。

以下、木胎(木地)から順に番号(①~)を付けて説明する。

塗膜分析

◇No1(資料番号002、A13区・SK13、図面145) 蓋

器形・表面観察

総黒色系の蓋で、ツマミと口縁部を欠いている。やや厚手の木地で、塗膜は光沢がある。蓋内面にベンガラ漆による「シ」の銘がある。広葉樹のヨコ木取り(柾目)。

塗膜分析

内面①炭粉漆下地層。層厚24~100 μm 。炭粉粒子は中粒。欠損部分から上層の漆液がしみこんでいる。②漆層。層厚37 μm 前後。

外面①炭粉漆下地層。層厚24~73 μm 。炭粉粒子は中粒。②漆層。層厚20 μm 前後。表層10 μm 前後が変質。

◇No2(資料番号004、A16区・SK12、図面145) 椀(内面赤色)

器形・表面観察

内湾ぎみにゆるやかに立ち上がる内面赤色外面黒色系椀の薄片。内面の赤色は赤錆色で、マンセル値は9R 3.5/8.5。木地はやや厚手で、塗膜の光沢はあまりない。広葉樹のヨコ木取り(柾目)。

塗膜分析

内面①炭粉漆下地層。層厚44~74 μm 。表層4 μm 前後が分離。炭粉粒子は中粒。②赤色(ベンガラ)漆層。層厚24~32 μm 。ベンガラ粒子は長径0.5 μm 以下の微粒子。

外面①炭粉漆下地層。層厚17~42 μm 。部分的に2層となっている。炭粉粒子は中粒。②漆層。層厚49 μm 前後。表層10 μm が変質。

赤外分光分析(図1・2)

分光学(Spectroscopy)は「光と物質との相互作用によって生じる光の強度やエネルギー変化を調べる学問」と定義され、固有の振動をしている分子に波長を連続的に変化させて赤外線照射してゆくと、分子の固有振動と同じ周波数の赤外線が吸収され、分子構造に応じたスペクトルが得られる。このスペクトルから分子構造を解析する方法を赤外線吸収スペクトル法(Infrared Absorption Spectroscopy)という²⁾。

漆塗膜や膠着剤の分析にはフーリエ変換赤外分光法(FT-IR)を用いる。赤外光は近赤外(波長14000

～4000 cm^{-1} 、波長700nm～2.5 μm ）、普通赤外（波数4000～400 cm^{-1} 、波長2.5～25 μm ）、遠赤外（波数400～10 cm^{-1} 、波長25 μm ～1mm）に分けられるが、ここでは普通赤外光を用いる。波数は1cm当たりの波の数で、振動数を光速で割ったものであり、波長の逆数である。

FT-IRは普通赤外の場合は波数4000～400 cm^{-1} の光を2つの光束に分割し、1つは固定し（固定鏡）、他方の光路長は可動ミラー（可動鏡）を用いて変化させる。つまり干渉計から位相の異なる光が出るわけで、2つの光束間の距離が変化すると干渉の結果、加え合わさった部分と差し引かれた部分の系列が生ずることによって強度の変化が起こる。すなわち干渉図形が得られる。フーリエ変換という数学的操作を行うと、干渉図形は時間領域から振動数領域のスペクトル点の1つに変換される。ピストンの長さを連続的に変化させ、ミラーBの位置を調節し、光束Bの光路を変化させる。この変化した各点において、つぎつぎとフーリエ変換を行うと完全な赤外線吸収スペクトルが得られる⁹⁾。このようにして得られたスペクトルをあらかじめ得られている基準のスペクトルと比較することによって、塗液（膠着剤）の同定ができる。試料は2mgを採取しKBr（臭化カリウム）100mgをメノウ鉢で磨り潰して、これを錠剤成形器で加圧成形したものを用いた（錠剤法）。測定条件は分解能4 cm^{-1} 、積算回数16、アポダイゼーション関数Cosine。図1・2はその赤外線吸収スペクトル（ノーマライズ）で、縦軸は吸光度（Abs）、横軸は波数（カイザー）である（測定機器は日本分光製FT-IR420）。

図1は上塗りの赤色漆・黒色系漆塗膜の赤外線吸収スペクトルで、精製漆塗膜の基準データ（①）、岩手県浄法寺産、1992年作製）を重ねたものである。赤色漆はNo2桶の2箇所のデータ（③④）、黒色系漆はNo1蓋の外面である。No1は基準データと比較すると、単独の吸収である1465 cm^{-1} （活性メチレン基）、1375 cm^{-1} がつながってブロードなものとなっていることを除けば、2925 cm^{-1} （炭化水素の非対称伸縮振動）、2850 cm^{-1} （炭化水素の対称伸縮振動）、1720～1710 cm^{-1} （カルボニル基）、1650～1630 cm^{-1} （糖タンパク）、1280 cm^{-1} （フェノール性）、1070～1030 cm^{-1} （ゴム質）の一致からみて漆の同定要素を満たしている。

図2（ノーマライズ）はNo1（②）・2（③）のド地と基準データの炭粉漆下地（④）と松煙（①）の吸収を重ねた。No1・2のデータは松煙粒子の吸収とほぼ一致していることがわかる。出土漆器では柿漆は炭粉と混ぜた場合、漆とちがってそれ自体の吸収が劣化のため大変弱く、指紋領域（1500～650 cm^{-1} ）においては松煙の吸収が顕著に現れ、柿漆単体時のようなシャープな吸収がみられることはあまりない。鎖鎖がほとんどないために2925 cm^{-1} 、2850 cm^{-1} の吸収は弱い。したがって漆や膠の吸収を示さないものは、顕微鏡観察と総合判断して柿漆とみて大過ないと考えている。

蛍光 X 線分析（図3）

蛍光 X 線分析は試料に X 線を当てると、元素特有の X 線（特性 X 線ないし固有 X 線）が発生（放出）する。この波長と強度を測定することによって元素の定性や定量分析を行う方法である。

分析対象：No2 内面の赤色顔料

使用機器：PANalytical/PW4025、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置。

使用管球：Rh ターゲット 9W。

検出器：高分解能電子冷却 Si 半導体検出器。

測定条件：30kV、20 μA 、フィルター Kapton、100sec。

測定室雰囲気：大気。測定部径は1mm。サンプルカップに入れて測定。

測定結果：重元素である Fe のピークが強く出ており（Fe には漆からのものも含まれる）、赤色顔料

図1 赤外線吸収スペクトル（上塗漆塗膜）

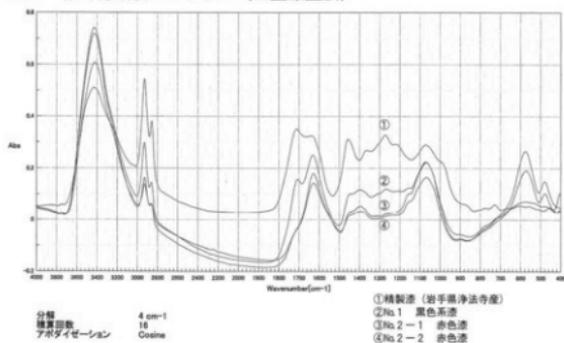


図2 赤外線吸収スペクトル（下地）

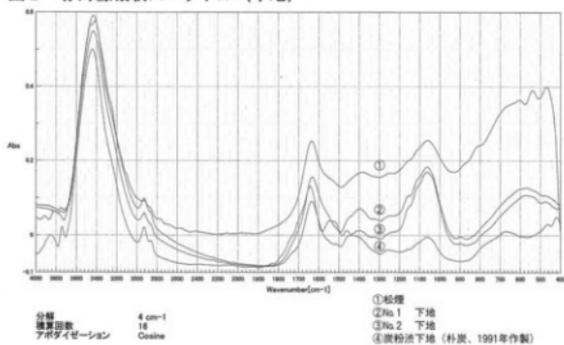
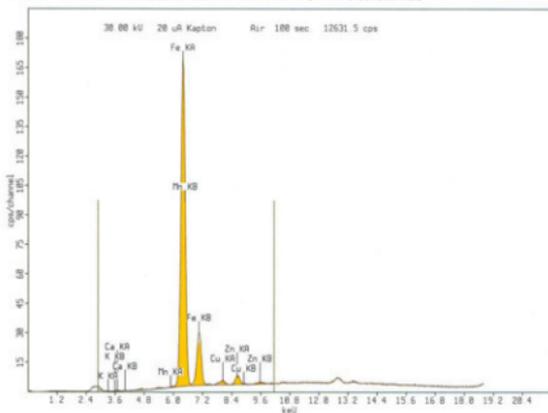


図3 蛍光X線定性分析スペクトル（No.2内面赤色）



はベンガラ (Fe_2O_3) と判断される。

Ⅲ. おわりに

以上は神通川東岸に位置する富山市任海宮田遺跡 A13・16区出土漆器の分析結果である。任海宮田遺跡および周辺遺跡では古代集落の展開が顕著だが、中・近世においても同様の展開をみせている。対岸の富山県婦中町には、中名Ⅴ遺跡、中名Ⅵ遺跡、砂子田遺跡、道場Ⅰ遺跡、道場Ⅱ遺跡、持田Ⅰ遺跡、持田Ⅱ遺跡などをはじめ、多数の中・近世村落が点在し、近世的な村落形成を探るうえで極めて重要である。

今回の漆器は2点なので特徴を抽出し比較検討できる状況にないが、No 1 は浜下地だが上塗漆塗膜に光沢があり、器形からみて明治以降の可能性がある。No 2 は小片であるため時期決定は困難で、中世後半から近世にかけて、同様の浜下地漆器が存在する。内面の赤色漆の顔料はベンガラであることから普及型漆器である。

註

- 1) 四柳嘉章「考古資料の修復と文化財科学—福井県家久遺跡・磯柳墓出土漆器の事例から」『國學院大學博物館学紀要』第27号 國學院大學博物館学研究室、2003
- 2) 尾崎幸洋『分光学への招待』産業図書、1997
- 3) 山田富貴子「赤外線吸収スペクトル法」『機器分析のてびき』化学同人、1988
- 4) SILVERSTEIN・WEBSTER、荒木峻・益子洋一郎は訳『有機化合物のスペクトルによる同定法—MS、IR、NMRの併用 第6版』東京化学同人、1999

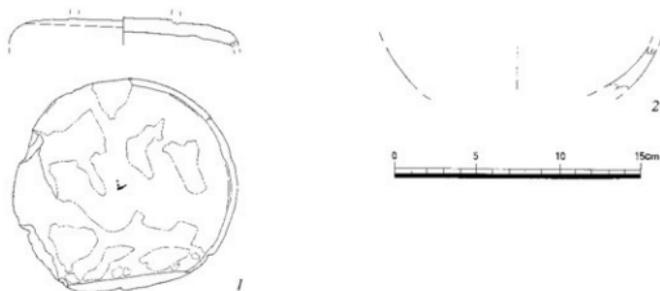
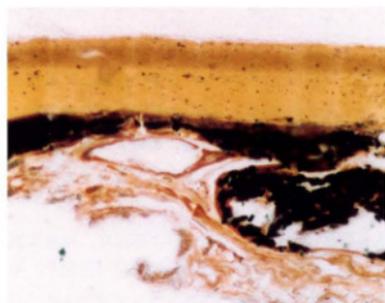
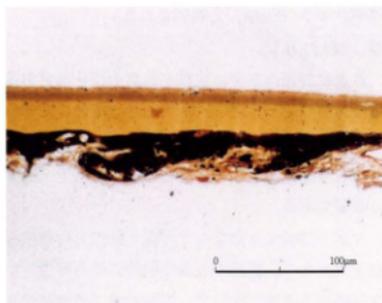


図4 分析漆器実測図



No. 1 内面 ×520



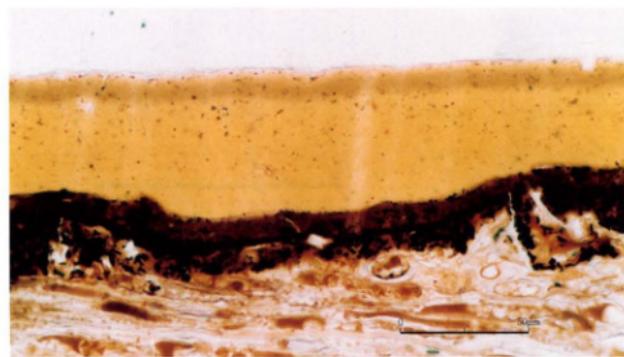
No. 1 内面 ×260



No. 2 内面 ×260



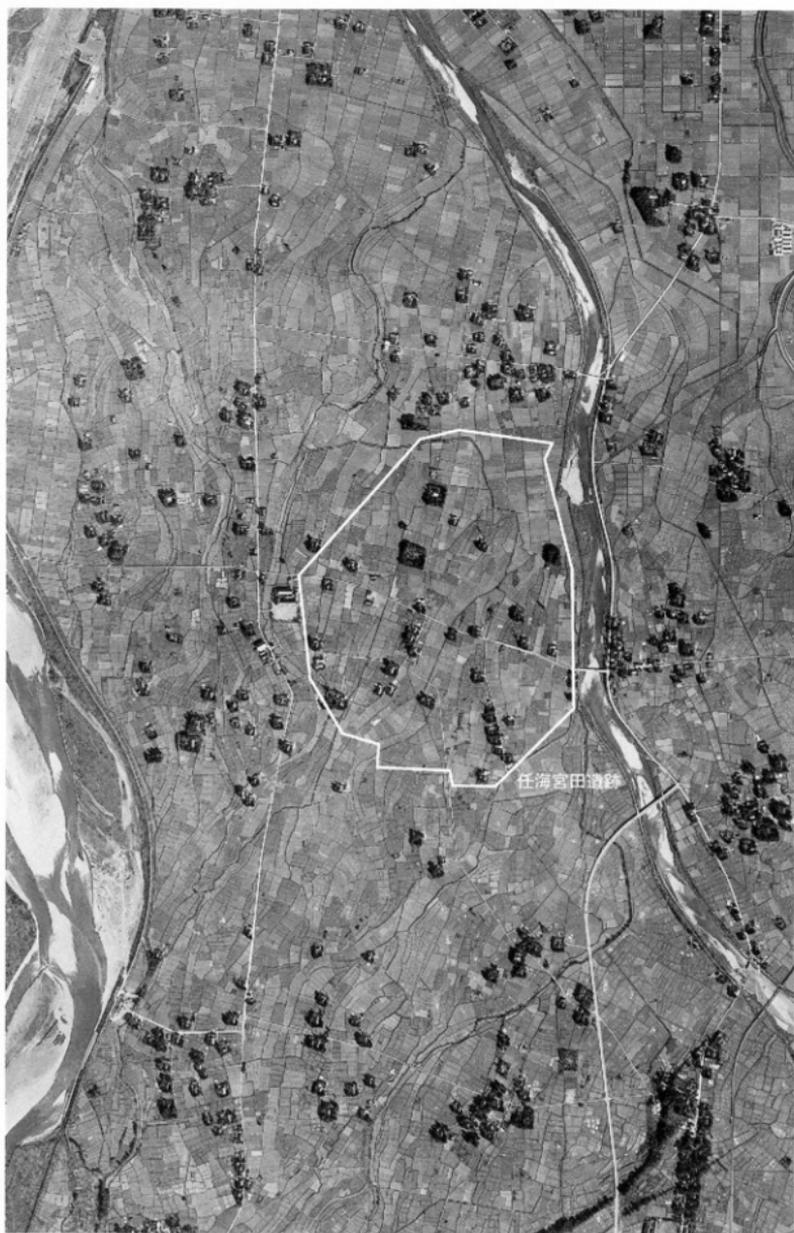
No. 2 内面 反射光×260



No. 2 外面 ×520

漆層
炭粉渋下地層
木胎

写 真



任海宮田遺跡航空写真（1964年撮影）



任海宮田遺跡航空写真（1987年撮影）



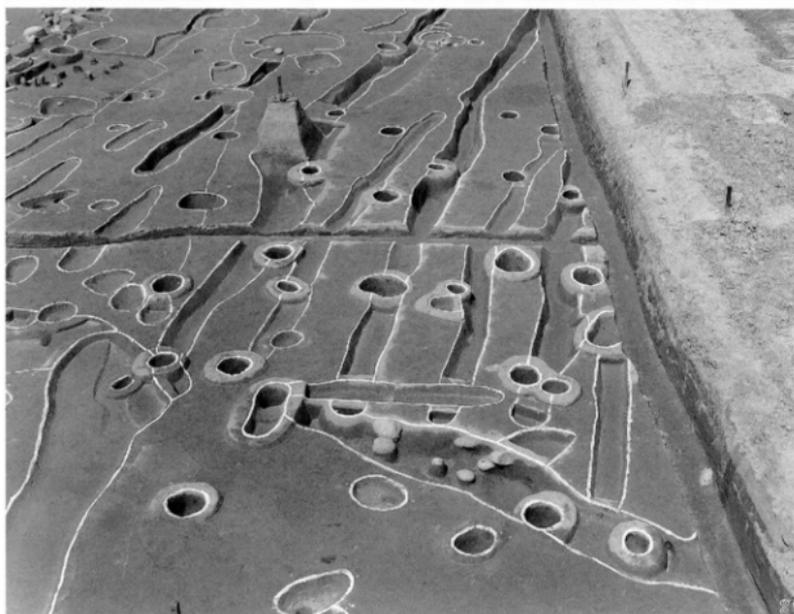
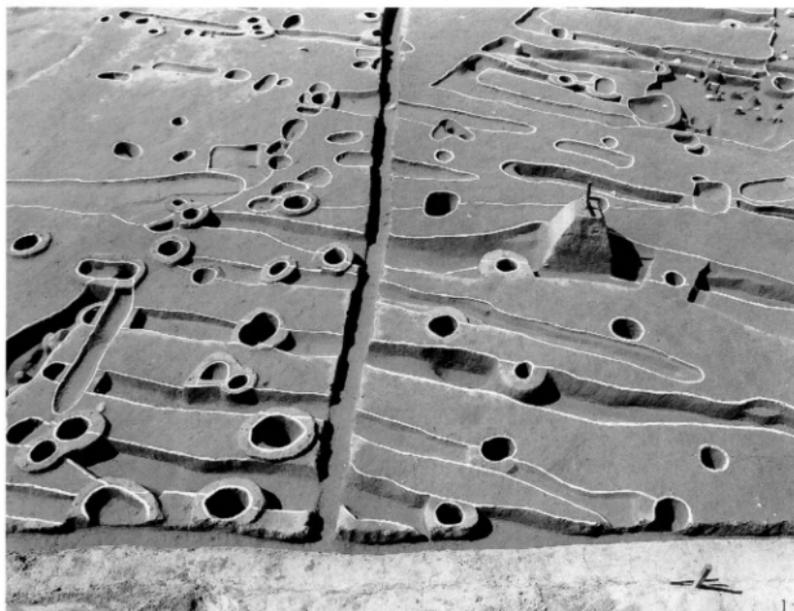
任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. 全景 (南から) 2. 全景 (東から)



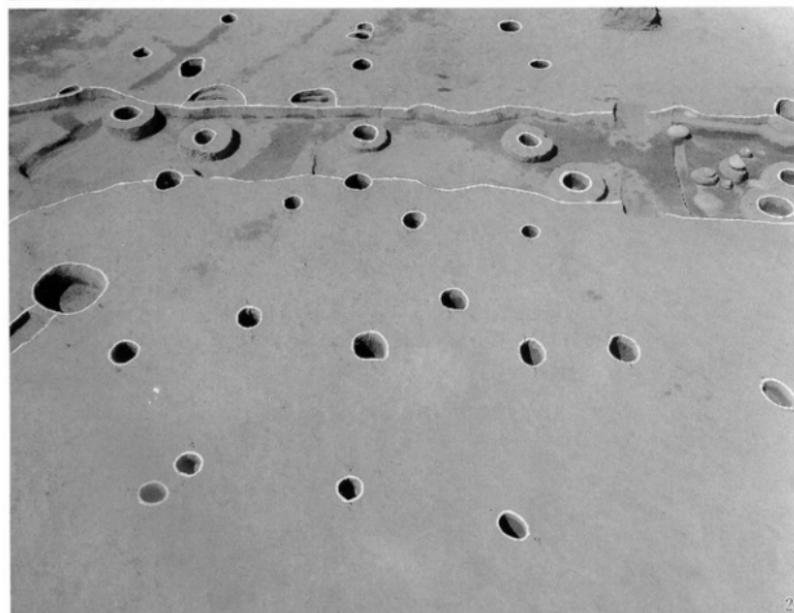
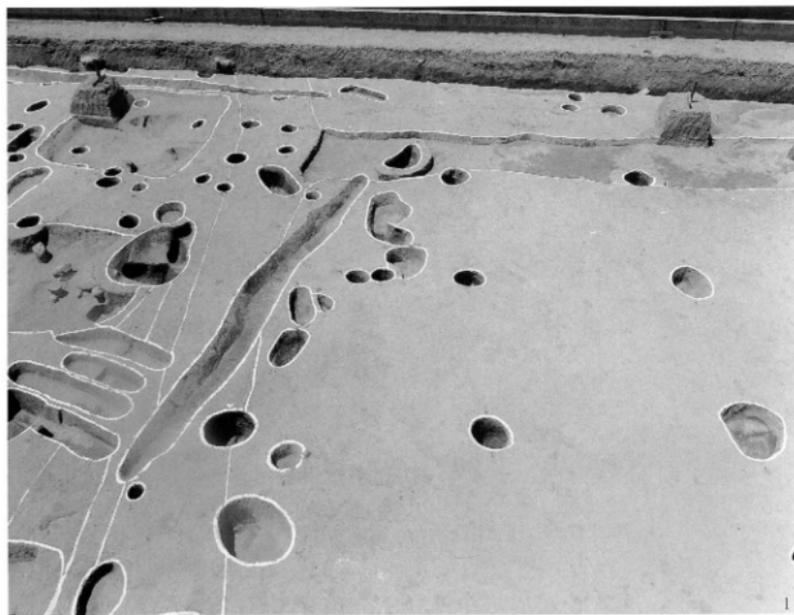
任海宮田遺跡 A 1 地区中世面

1. S111付近ブロック（北東から） 2. X103Y425付近ブロック（東から）



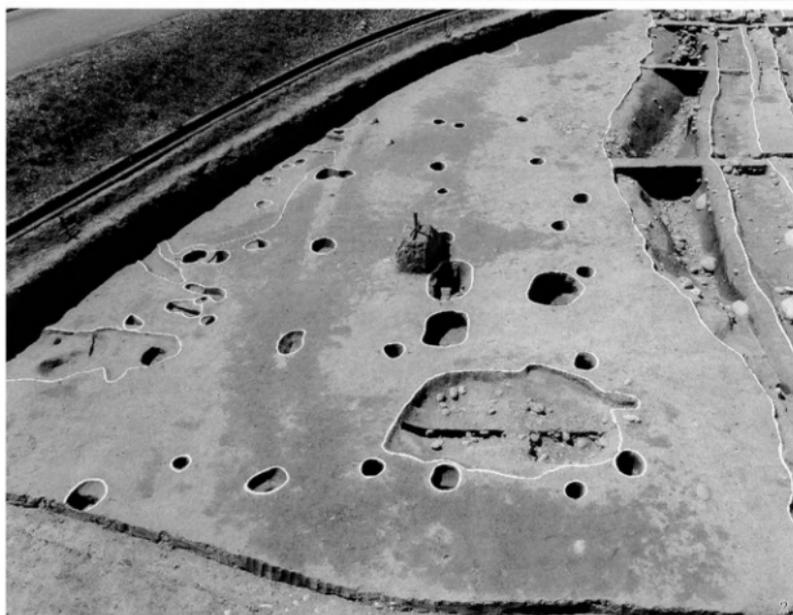
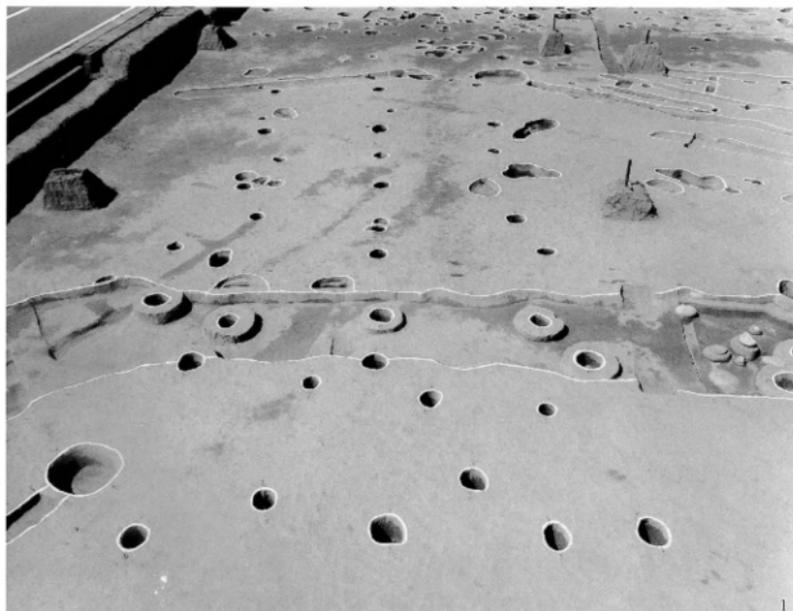
任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. SB01付近ブロック (北から) 2. SB01付近ブロック (東から)



任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. SB04付近ブロック (東から) 2. SB03付近ブロック (南から)



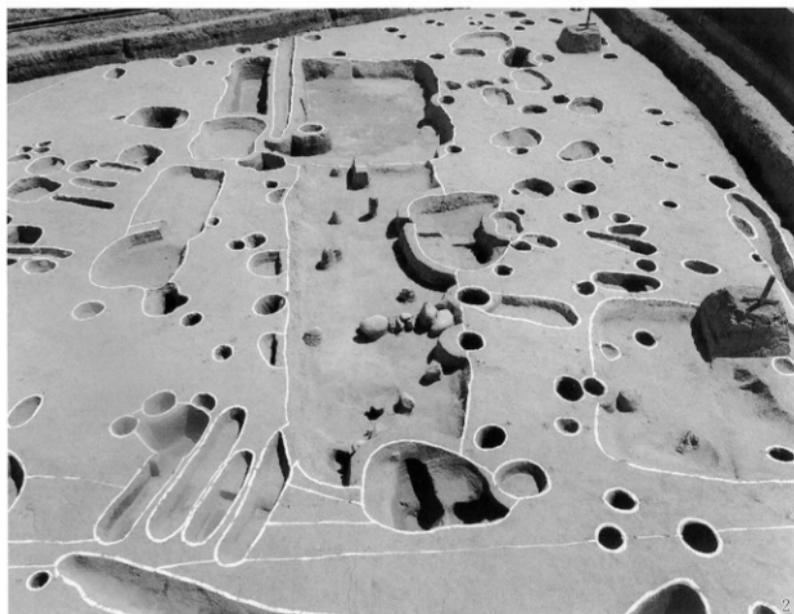
任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. SB03・05付近ブロック（南東から） 2. SB07付近ブロック（北から）



任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. SD002付近ブロック (東から) 2. SD013付近ブロック (東から)



任海宮田遺跡 A1 地区中世面

1. SD016付近ブロック (北から) 2. SK066・113付近ブロック (北から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. 全景 (南から) 2. 全景 (東から)



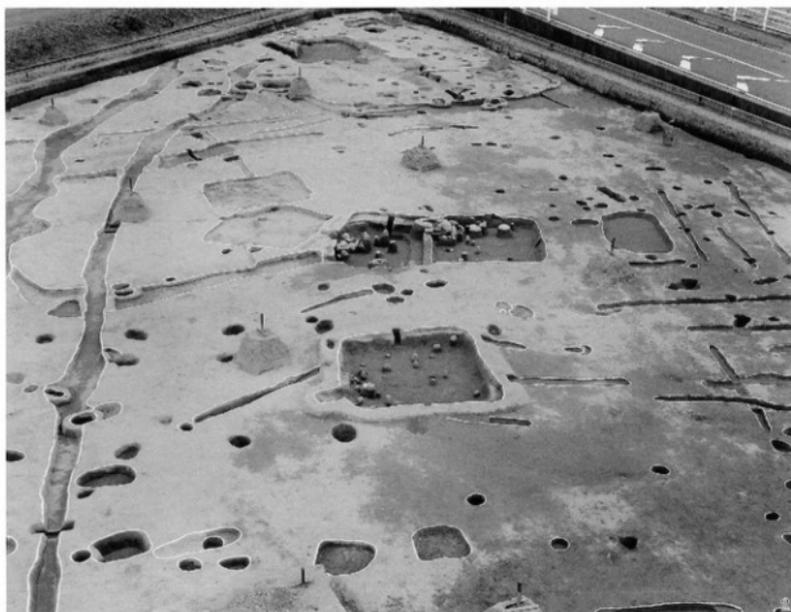
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. 南側ブロック (北から) 2. 南側ブロック (北東から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. 北側ブロック (南から) 2. 南側ブロック (北から)



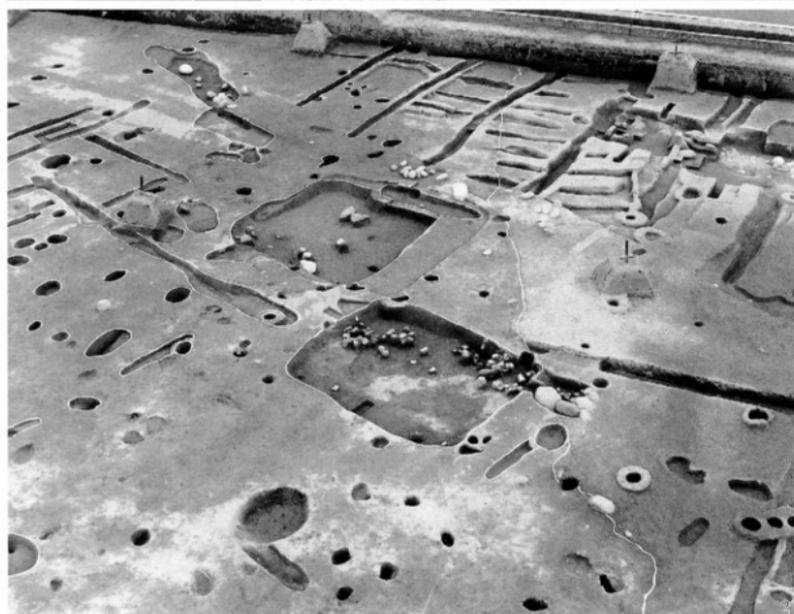
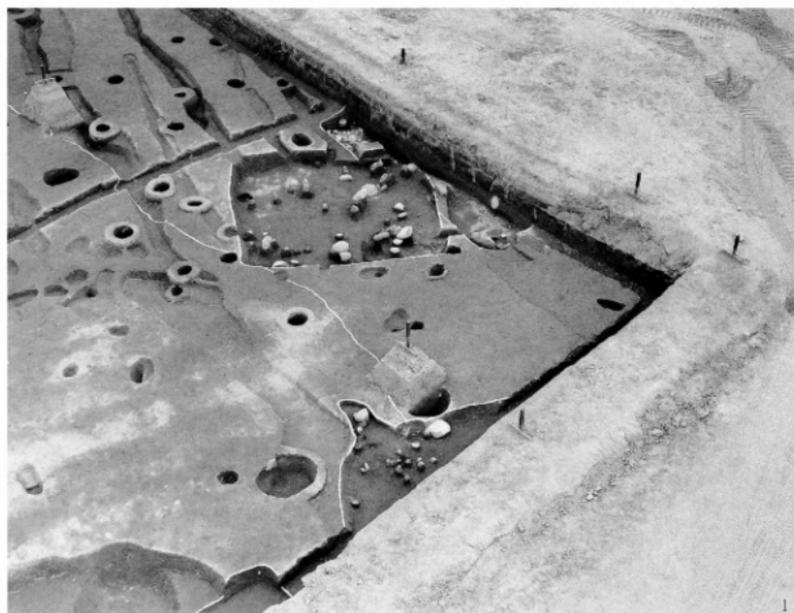
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI08・09付近ブロック（北東から） 2. SI11付近ブロック（北西から）



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI03・04付近ブロック（北から） 2. SI02付近ブロック（北から）



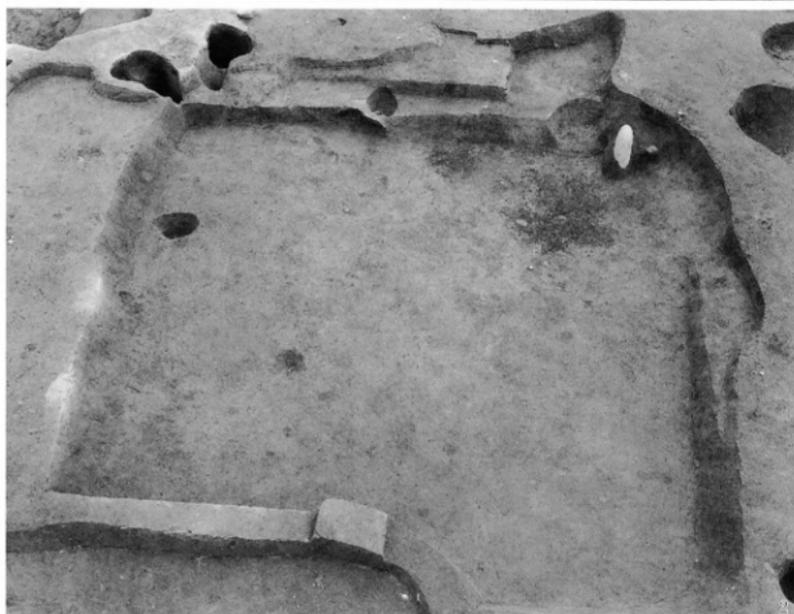
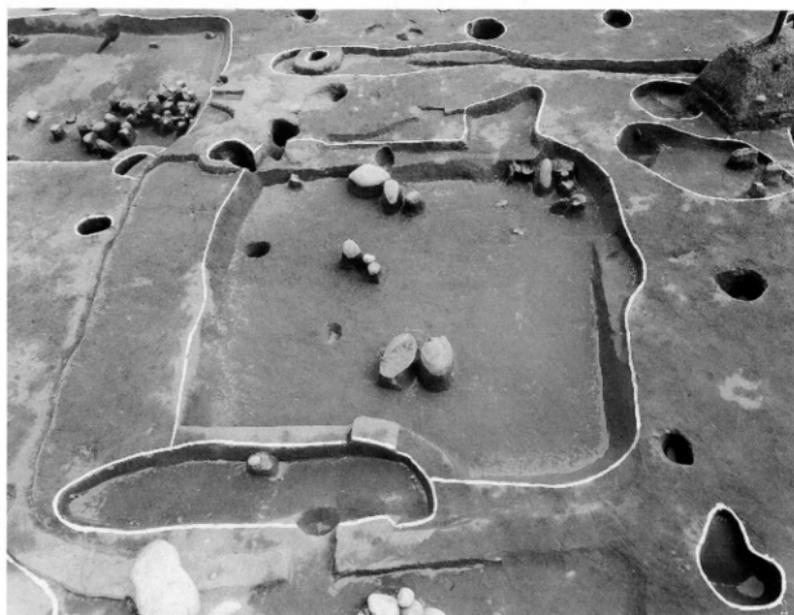
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S110付近ブロック (南東から) 2. S108付近ブロック (東から)



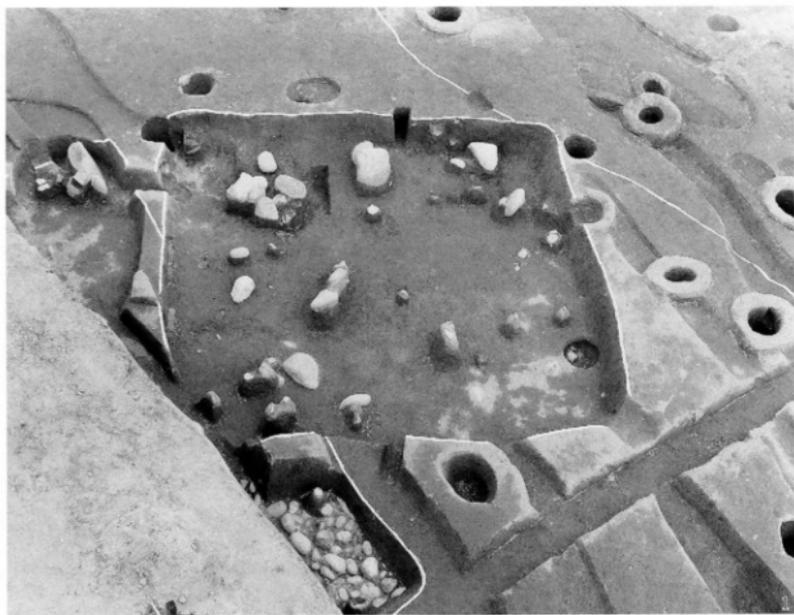
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. X95Y425付近ブロック (北から) 2. X90Y430付近ブロック (北から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S109遺物出土状況 (西から) 2. S109 (西から)



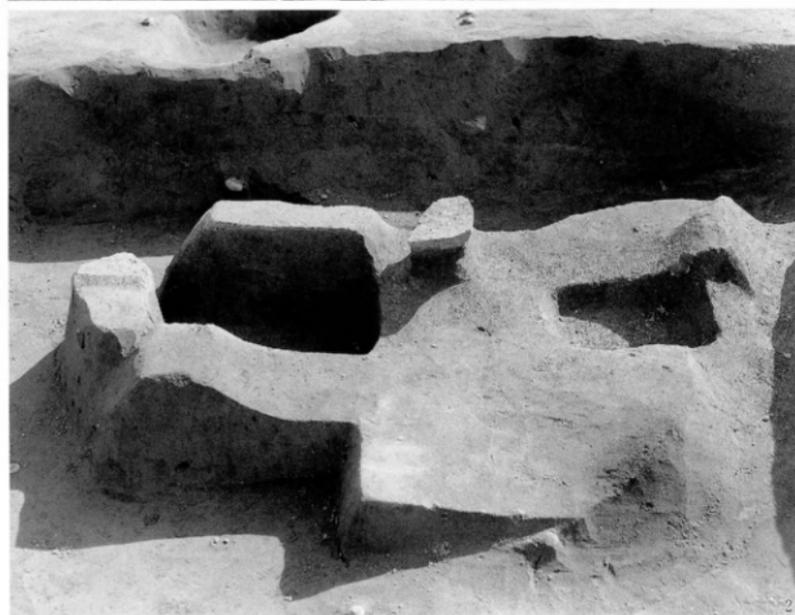
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S101・02 (北西から) 2. S101・02 (南西から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SII3 (南から) 2. SII3カマド (西から)



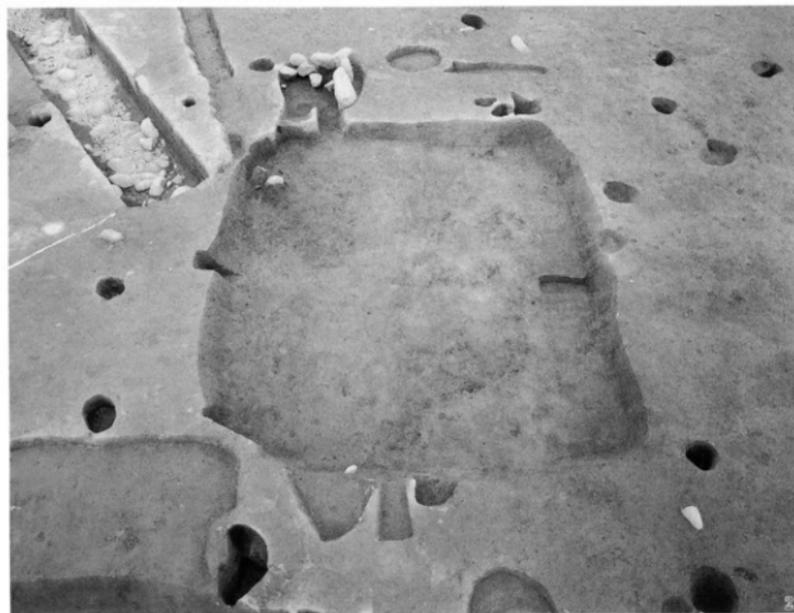
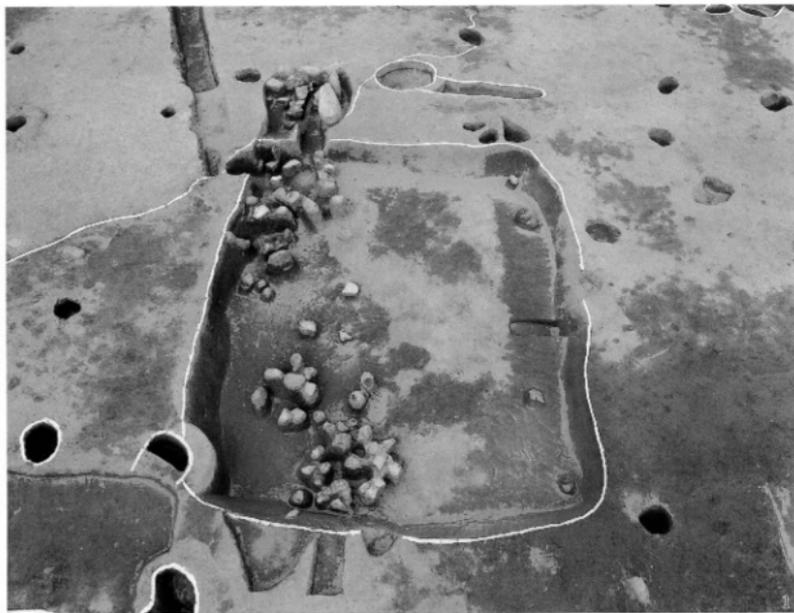
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S105・06 (北から) 2. S105カマド (北から)



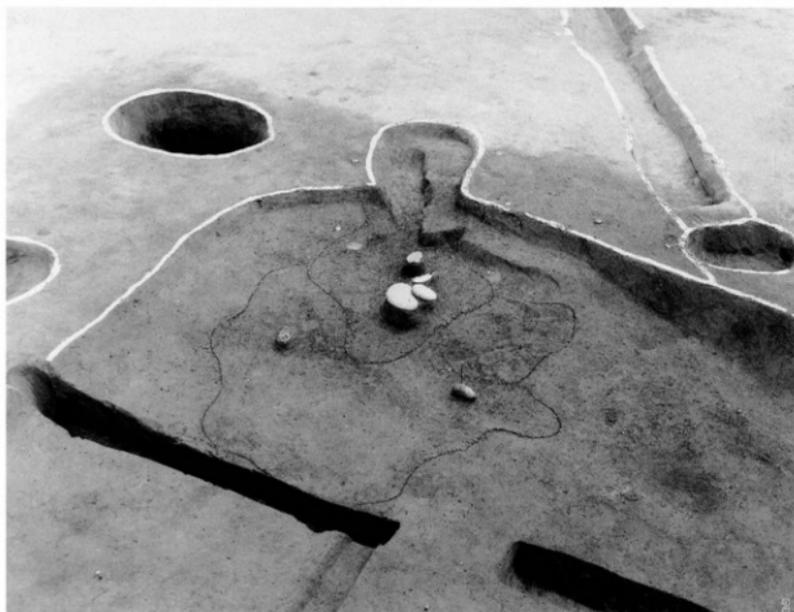
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI06 (北から) 2. SI06カマド (北から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S108遺物出土状況 (南から) 2. S108 (南から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. S111遺物出土状況 (西から) 2. S111カマド (西から)



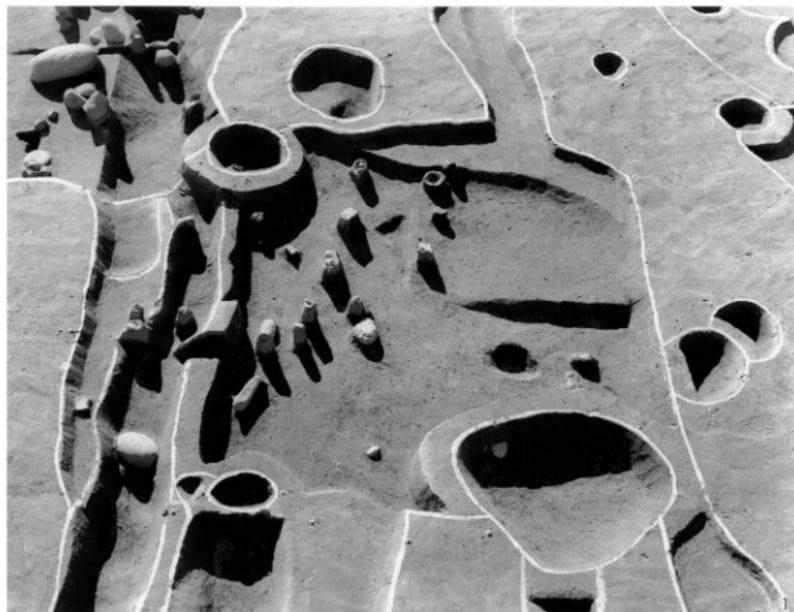
任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI11 (西から) 2. SI11カマド (西から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI03・04遺物出土状況(南から) 2. SI03・04(南から)



任海宮田遺跡 A1 地区古代面

1. SI03遺物出土状況 (東から) 2. SI03 (東から)