

金属組織学からみた 日本列島と朝鮮半島の鉄

Irons in Japan and the Korean Peninsula Based on Metallurgy

大澤正己

はじめに

- ① 列島内で出土する弥生鉄製品の実態
- ② 弥生時代から古墳時代へかけての鍛冶
- ③ 韓国の製鉄・鍛冶について

まとめ

[論文要旨]

列島内の縄文時代晩期から弥生時代へかけての初期鉄文化は、中国東北部方面で生産された可能性の高い高温還元間接製鋼法にもとづく可鍛鑄鉄、鑄鉄脱炭鋼、炒鋼の各製品の導入から始まる。また、遺存度の悪い低温還元直接製鋼法の塊錬鉄も希れには発見されるが、点数は少ないのと錆化のためか、その検出度は至って低い。

一方、弥生時代の鍛冶技術は、まだ稚拙であって原始鍛冶とも呼ぶべき状況にある。まず廃鉄器（鑄造鉄斧脱炭品破片）の砥石研磨再生から始まり、次に棒（条材）、板の半製品を原料とした鋳切り、火炙り成形、砥石研磨による鉄器製作である。鍛冶素材の産地は、弥生時代後期前半頃までは中国側、後期中頃以降は、鉄生産の開始された朝鮮半島側に依存した形跡を残す。

本格鍛冶となる羽口使用で、沸し、素延べ、火造りといった工程の開始は古墳時代の前期頃で、鉄鉱石・砂鉄原料の製錬開始は古墳時代中期以降まで待たねばならぬ。朝鮮半島側の製錬の開始は定かでないが、焙焼磁鉄鉱を原料とした石帳里遺跡のA・B区で3～5世紀の操業があり、更に遡るのは確実であろう。これに後続する遺跡として沙村製鉄遺跡が調査された。いずれも円形炉で、列島内の古墳時代後期に属する遺構が広島、岡山の両県でも検出されている。但し、列島内では大口徑羽口（送風管）を伴わないので同系とみなすには議論の分かれる事となろう。列島内の円形炉は、砂鉄と鉄石の2通りの原料使用があり、焙焼技術は受継がれている。

はじめに

東アジアの鉄文化の研究は、古代中国の培った製鉄技術の系譜を抜きにしては語れない。列島内から出土した鉄製品の材質究明に当たっては、化学分析よりも金相学（金属や合金の組織、組成を研究する学問）的調査を優先させると、次の3点の手掛かりが得られる公算が高い。

①製鉄原料（鉱石か、砂鉄かの問題）、②鋼の製造方法（低温還元直接製鋼法か、高温還元間接製鋼法か）の解明、③熱処理技術（焼きなまし、焼きならし、焼き入れ、焼き戻しらと共に脱炭、浸炭、貼鋼技術）の位置づけ。この①②③の成果は産地同定と製造履歴の解明に繋がる。更に鉄中の非金属介在物（鉄鋼中に介在する固形体の非金属性不純物、つまり鉄やマンガン、珪素及び燐などの酸化物、硫化物、珪酸塩などを総称した物質）の調査結果は人間のDNA（細胞の遺伝子）に匹敵して多くの情報が得られる。これまでに弥生時代から古墳時代にかけての鉄製品（金属鉄部分）を約100点近く調査している。その代表的な結果を第1表に示した。列島内の初期鉄器の様相は、過去の発表例〔大澤1999〕がある。

①……………列島内で出土する弥生鉄製品の実態

我が国の鉄文化の開始は、縄文時代晩期末の水稻耕作の時期と重なる。弥生時代は「石から鉄へ」の転換期でもある。初期の使用鉄器は、二条凸帯鑄造鉄斧などの双合范鑄造鉄斧（鉄范製品：比恵51次の調査）の破片を磨製石器の製作と同様の擦切・研磨によって再生している（第3図参照）。この時の鑄造鉄斧破片は、鑄込みままの白鑄鉄（白口鉄）の硬くて脆い材質でなくて、脱炭焼きなまし（退火）処理の可鍛鑄鉄製品であるのに注目して頂きたい。この脱炭焼きなまし品は、ヤスリなどの工具を使用しなくても砥石で加工できる軟質材に変換されたところに特徴をもつ。

鑄造鉄斧（破片を含む）の産地は、中国東北部燕あるいは半島北部の衛氏朝鮮域が想定される。時期は戦国時代から漢代が比定されて、当時の東アジアでの鉄生産の技術展開を示すと、第1図の「東北アジア諸国初期鉄器文化発展模式図」の如くなる。弥生時代の日本には自前の鉄はなくてすべて海外に依存したものである。

〈1〉可鍛鑄鉄

前5世紀頃の開発製品。農具などの白鑄鉄製品を900～950℃の温度で脱炭焼きなましを施す。白鑄鉄の硬くて脆い欠点を改善。長い間日本最古の鉄器に位置づけられた斎藤山遺跡出土鉄斧は、外観は鑄造品、炭素分析値は0.3%の鍛造品にみられた経緯をもつ。鑄造品を脱炭した材質で注目を浴びた可鍛鑄鉄製品の代表である。可鍛鑄鉄は弥生時代の前期から後期までの出土がある。弥生時代後期までの使用例としては、熊本県梅ノ木遺跡、島根県上野Ⅱ遺跡出土品が続く。第6図⑩に上野Ⅱ遺跡出土鉄斧の組織を示す。金属組織は前者がフェライト基地に塊状黒鉛とセメントタイト、後者はフェライト地に球状セメントタイトの析出である。後者の方が、韌性の優れた材質で、品質良品と評価できる。

〈2〉 鑄鉄脱炭鋼

前3世紀頃の開発品。棒・板状范に溶鉄を流し込み、固化した後に脱炭焼きなまし（退火）した半製品。鍛冶原料鉄。福岡県春日市赤井手遺跡、京都府奈良岡遺跡の鉄片の知名度が高い。後者の鑄鉄脱炭鋼組織は、フェライト基地に不完全球状セメンタイトの析出である。

〈3〉 炒鋼

前1世紀頃の開発。鉄鉄を加熱溶融し、空气中で攪拌脱炭して鍛打を加え、夾雑物を絞り出して鋼とする。貼鋼技術（合せ鍛え）の熱処理と組合わせて刀剣等武器への製作応用。組織写真は梅ノ木遺跡出土のノミ状鉄器を示す。非金属介在物が珪酸塩系となり、可鍛鑄鉄や鑄鉄脱炭鋼の硫化鉄（FeS）や硫化マンガン（MnS）の5μ前後のものに比べて大きくなる（第7図参照）。なお、炒鋼素材は、溶解炉で派生する副産物の脱炭鉄塊も含まれよう。韓国隍城洞遺跡の大型送風管や溶解炉周辺出土の粉碎磁鉄鉱は脱酸剤の可能性が高い。

〈4〉 塊煉鉄

前9世紀頃の開発。低温還元直接製鋼法。中国では最古の開発品種であるが、そのような古い鉄器は列島内では存在しない。弥生時代中期以降の製品としては、埼玉県朝霞市向山遺跡の袋状鉄斧（二条凸帯鑄造鉄斧）と同系の非金属介在物（Ti系）の検出により中国を想定。3世紀以降は朝鮮半島側でも製鉄が開始され、塊煉鉄は存在する。例えば長野県木島平村根塚遺跡出土の渦巻文をもつ鉄剣がある。その材質は下記の如くであり、金属組織は第10図に示す。

古代中国では、高温還元間接製鋼法にもとづき〈1〉→〈2〉→〈3〉と材質改善の理由から技術的發展を遂げると共に、〈4〉は並列的に存続したと考えられる。更にこれらの生産技術は〈3〉〈4〉は朝鮮半島へ伝播する。一方列島内には〈4〉のみが導入された形跡を残す。

根塚遺跡出土鉄剣の材質

履供試材	歴製鉄法	鋼種	非金属介在物	造剣方法（C量：組織から推定）	熱処理	加工	用途
渦巻文鉄剣	低温還元直接製鋼法	塊煉鉄	大型 FeO+2FeO・SiO ₂	丸鍛えか？ (0.40~0.05%)	軟化处理 (700℃再加熱)	容易	儀礼剣？
一般鉄剣	高温還元間接製鋼法	炒鋼	小型分散 珪酸塩	丸鍛えか？ (0.70~0.05%)	同上	やや難易	実用剣

（皮金は錆化、心金からの情報）

②……………弥生時代から古墳時代へかけての鍛冶

我が国の鉄器製作の初期段階（弥生前・中期）は、中国東北部で製造された脱炭焼きなましで軟化した鑄造鉄斧の破片を原料として、割りとり、擦切、砥石研磨で小型工具（板状鉄斧、ノミ、ヤリガンナ）に再生する磨製石器製作技法の世襲であった。可鍛鑄鉄製品の再利用である。これが弥生中期末以降は、例えば京都府奈良岡遺跡では、水晶の玉造りと共に、鑄鉄脱炭鋼の棒や板の半製品を鍛冶原料として、鑿切りの成形で、火炙り曲げ加工に、砥石研磨仕上げといった原始的な鍛冶作業が始まる。一方、他遺跡を含めて出土遺物は、鑿、石製敲打具、小型鉄器、砥石に多量の鉄片

(切片)で、羽口や鍛冶滓は少ない。また、鍛冶炉は簡易な造りで高温を保持するものではない。更に、弥生後期頃になると、鍛冶原料鉄が中国産鑄鉄脱炭鋼から半島産塊煉鉄・炒鋼に変わる。金属学的調査では、鉄中の非金属介在物が微小硫化物(FeS, MnS)から大型酸化第一鉄(Wüstite: FeO)やファイヤライト(Fayalite: $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)の違いで両者の移行が推定される。また、根塚遺跡出土の加耶系鉄剣の鉄中非金属介在物の成分組成と鳥根県木次町平田遺跡(弥生時代終末期)出土鉄製品らで共通性(高Ca系)をもつ。

ここで、平田遺跡の鍛冶工房の様子を述べておく。1軒の大型竪穴住居跡(径8.8~9.0m)に4基の焼土面をもち、これに鑿と砥石と工作用大石を備え、棒状切片や板状切片らと共に鉄製品、半製品を放置していた。その数は50点弱である。羽口や鉄滓の出土はなくて、正に原始鍛冶の様相である。弥生の鍛冶は原料鉄を海外に依存した可能性が高い(第8図参照)。

弥生時代の鍛冶原料鉄の規格の目安としては、鑄鉄脱炭鋼であれば李京華の提示した日本(橋口達也)と中国から出土した鉄片からの割出しがある。弥生時代後期以降の塊煉鉄原料となると漠となる。しかし、全然手掛かりが無くはない。例えば板状鉄素材であれば、鳥根県上野Ⅱ遺跡出土品で、厚み4.0mm、板幅6.0cmの短冊状製品が提示できる。鳥取県妻木晩田遺跡松尾頭出土品は厚み8mm、4.0cm幅、熊本県二子塚遺跡出土品は、厚み2.0mm、4.0cm幅などで、4.0~6.0cm幅が流通規格の一つの表れであろう。板状半製品が、いずれも軟鋼(C:0.3%以下)から極軟鋼(C:0.01%)レベルの焼きなまし材で、鑿切り加工主体の原始鍛冶に適合した軟質材質であった。

4世紀代になると福岡県博多遺跡では大型の断面形が蒲鉾形で底に平坦面をもつ羽口と椀形滓、微細遺物の粒状滓・鍛造剥片などが検出されて高温操業の本格鍛冶の徴候がみえて、奈良県纏向遺跡、千葉県沖塚遺跡へと技術は伝播される。

博多第59次出土椀形鍛冶滓の鉱物組成と化学組成を第12図に示す。鍛冶は古墳時代最古級で特異な羽口使用の作業である。羽口装着が未熟なためか習熟期か、羽口先端と鉄滓が付着する状態で出土するが、鉱物相はヴスタイト(FeO)が晶出し、高温沸し鍛接鍛錬鍛冶を表明する。鉄滓成分からみて鍛冶原料鉄は高純度材で随伴微量元素(Ti, V, Mn, S, P)は低値である。銅(Cu)が0.040%からみると鉄素材の始発原料は鉱石系であろう。また、鍛打作業を実証する赤熱鉄素材の表面酸化膜である鍛造剥片も大量に出土する。組織写真は鍛打作業も後半段階に属するタイプである。外層は白色極厚のヘマタイト(Hematite: Fe_2O_3)、中間層はマグネタイト(Magnetite: Fe_3O_4)、内層は非晶質ヴスタイト(Wüstite: FeO)で構成される。

次に沖塚では4世紀代の鍛冶工房が検出された。ここでは第12図下段に示す椀形鍛冶滓の鉱物組成は、鍛冶原料鉄が砂鉄系かチタン磁鉄鉱の可能性をもち、鉱物相はヴスタイト粒内にFe-Ti化合物を析出し、一部に淡茶褐色多角形結晶のウルボスピネル(Ulvöspinel: $2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)を晶出する。また化学組成は二酸化チタン(TiO_2)が1.52%、バナジウム(V)0.080%と高めで銅(Cu)が0.006%と前述博多遺跡出土滓よりも低い。化学組成からも砂鉄かチタン磁鉄鉱系を裏付ける。ここでは鍛冶微細遺物の粒状滓や鍛造剥片も大量に出土しており、鉄滓付着の剥片も顕微鏡組織の上段左側で見受けられる。4世紀代の本格鍛冶を証明する遺物である。

表2には列島内で弥生時代以降の出土鉄関連遺物からチタン(Ti)系鉱物が確認できた試料を示した。中国東北部産が想定できる鑄造鉄斧破片からもチタン(Ti)の含有が検出されて、中国側で

も春秋・戦国期に砂鉄もしくはチタン磁鉄鉱製錬のあったことを示唆している。

博多遺跡や沖塚遺跡は、当時としては卓越した鍛冶技術の導入が確認できたが、一方、山陰地方方面も古墳時代前期頃になると、弥生時代の原始鍛冶の様相は消えて博多遺跡や沖塚とは段差はもつもの本格鍛冶の芽生えが見えてくる。例えば鳥取県の妻木晩田遺跡洞ノ原地区西側丘陵では、古墳初頭期のガラス質小型椀形滓（29 g）が出土する。該品の鉱物組成は暗黒色ガラス質スラグの珪酸塩と局部的にファイヤライト（ $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）を晶出し、赤熱鉄素材の酸化防止にワラ灰や粘土汁使用で派生した滓に分類される。鉄素材の素延べや火造り段階の工程が想定される低温作業派生物である（第13図参照）。

古墳時代前期（4世紀代）の鳥根県古志本郷遺跡になると、170 g程度の羽口先端を噛み込ませた椀形鍛冶滓が出土する。この滓の鉱物組成は、高温沸し鍛接を物語るヴスタイト（ FeO ）を晶出して本格鍛冶を証拠づける。但し羽口装着に習熟不十分な要素は否めない。この古墳時代の4～5世紀代は、時には高杯脚転用羽口や専用羽口が存在し、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椀形鍛冶滓がセット関係で出土して鍛冶工房の実態が鮮明になる。

大分県の萩鶴遺跡（5世紀前半）では、鍛冶工房跡と祭祀遺構から鉄鋌が出土した。無論、椀形鍛冶滓と微細遺物の粒状滓と鍛造剥片も加わり、鍛冶炉と鉄床石も検出される。北九州市所在重留遺跡（5世紀中頃）では粒状滓と鍛造剥片のメッシュ（50 cm）取あげから鍛冶工房内の作業空間が明らかになり、鍛冶炉と鉄床石、冷却用水留めと共に作業者の横手と先手の関係など明らかになった。

表3には、古墳時代前・中期の沸し鍛冶作業が行われた遺跡を、南は鹿児島県橋牟礼川遺跡から、北は宮城県山王遺跡まで37例を列挙した。この表の鍛冶原料鉄は海外に依存した鉱石系が想定される。二酸化チタン（ TiO_2 ）の分析値が1.5%以下である。

6世紀代になると、大阪府の大泉遺跡では畿内最大の鍛冶專業集落とも位置づけられて大量の椀形鍛冶滓を出土する。鉄滓の成分系からみると琵琶湖周辺のスカルン鉱床の磁鉄鉱を原料として鍛冶滓成分に高〔Mn〕〔P〕〔Cu〕系が反映される。表4に滋賀県下出土の鉱石の化学組成を示しておく。琵琶湖周辺から6世紀代の製鉄遺跡の発見が期待できる雰囲気である。

③……………韓国の製鉄・鍛冶について

朝鮮半島の製鉄原料は、磁鉄鉱であって砂鉄の使用は朝鮮時代以降である。製鉄の開始時期は限られた出土遺物からみて、前漢武帝による四郡設置の時期が一つの画期と考える。隍城洞遺跡の原三国時代に属する1-4-11号住居跡から出土した小型球状鉄塊（銑鉄）100余点と鉄塊（低炭素鋼）などが、当時の鍛冶原料鉄の可能性をもつ。半島内での製錬品と想定されて自前の鉄から鉄器製作が予想できる。

この原三国時代には、湊沙里遺跡でみられる廃鉄器転用のリサイクル（下げ作業）鍛冶が想定される。鍛冶原料鉄は、小さく破碎した鑄造鉄斧破片（横断面梯形状単合范鑄型使用・脱炭焼きなまし痕跡なし）や鍛造鉄器破片、鉄塊系遺物などである。共伴遺物として、椀形鍛冶滓や鍛造剥片などが検出されるので、不純物除去と成分調整の精錬鍛冶から、製品製作の鍛錬鍛冶までの工程が考

えられる。これらの鉄素材は、鉄中の非金属介在物に砂鉄特有のチタン (Ti)、バナジウム (V) が含有されないので鉱石系に同定される。

旗安里遺跡

韓国で現在のところ最も古い初期百濟時代 (3世紀) の大規模製鉄工房跡が京畿道華城市で発見と報道 (ハンギョレ, 03. 05. 07) された。畿甸文化財研究院の発表によると出土遺物は大口径送風管、鉱石 (磁鉄鉱), 鉄滓 (流出滓, 椀形滓) 含鉄鉄滓, 鍍破片などである。また炭窯の検出があり, 西側未調査丘陵では大口径送風管と共に製錬滓などの散布があつて, 大型製鉄所跡の可能性もあると関係者らはみている。出土鉄滓のうち, 小型椀形鍛冶滓 (20 g) は鉄器製作時の沸し鍛接最終段階で排出された鍛錬鍛冶滓に分類された。

第13図に鉱物組成を示す。白色粒状ヴスタイトの晶出である。化学組成は漢沙里遺跡出土椀形鍛冶滓の下げ滓よりマンガン量が高く処女鉄の鍛冶加工が想定される。

旗安里遺跡は現在も調査・整理中の遺跡である。遺跡の全容については後日報告される予定であり, 本稿ではこの程度の紹介に留めおく。

石帳里遺跡

三国時代 (A区: 3~4世紀, B区: 4世紀末~5世紀代) に属する石帳里遺跡出土の製鉄関連遺物を調査した。当遺跡は箱形製鉄炉に砂鉄装入の可能性をもち, 日本の製鉄のルーツとの情報が流された遺跡である。しかし, 製錬は3号, 8号の円形タイプが焙焼磁鉄鉱と製錬滓屑を出土して製鉄炉と認定される。これは6~7世紀代の沙村遺跡の製鉄炉へ繋がるものである。重複するが以下に分析調査の概要を示しておく。

〈1〉製鉄原料は, 砂鉄 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) でなくて磁鉄鉱 (Magnetite: Fe_3O_4) である。緻密な鉱石は, 加熱焙焼 (溶融しない程度, 800°C 前後) により内部に亀裂 (劈開状) を生じて, 破碎すると顆粒状となり, これを製錬炉に投入した可能性をもち。磁鉄鉱の塊と, A-1号炉, A-2, 3号炉, A-8号炉内部及びB区南北トレンチ出土の顆粒状粒子の鉱物組成は, 淡褐色の磁鉄鉱基地に溶離ヘマタイトの縞模様や, ウイドマンステッテン構造 (Widmannstetten structure) などを呈す。また, 磁鉄鉱の酸化した磁赤鉄鉱 (Maghemite: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) も混在する。両者は全く近似した組織であつた (第9図参照)。

両者の化学組成にも差違はなく, 鉄分 (Total Fe) が64~69%と高く富鉄であり, 不純物は少ない。特に二酸化チタン (TiO_2) 0.006~0.30%, バナジウム (V) 0.005~0.044%, 酸化マンガン (MnO) 0.002~0.29%などは低値で, 砂鉄成分は否定される。

〈2〉顆粒状試料は, 清州博物館では沙鉄 (鉄鉱石粉?) と明記した調査依頼であつたが, このQuestion markは除去できた。鉄鉱石は大塊で製錬炉へ入れると還元が遅れ, 砂鉄粒子以下 (0.1mm以下) の粉状であれば通風を悪くして炉況が不良となりやすい。これらの悪条件を克服するために焙焼を施し, 顆粒状粒子の選択により, 安定した製錬が可能となつたと推定される。

〈3〉出土鉄滓 (流出孔滓) の鉱物組成は, 鉱石製錬滓特有のファイヤライト (Fayalite: $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) を晶出し, 化学組成は二酸化チタン (TiO_2) 0.17%, バナジウム (V) 0.001%, 酸化マン

ガン (MnO) 0.04 %と低値である。鉱石製錬滓の組成であり、出土鉱石 (顆粒状) との繋がりには揺るがない。

朝鮮半島での鉄製錬の実績は、3~4世紀代の石帳里で確認されたが日本側では6世紀代に岡山県総社市砂子遺跡において焙焼炉の存在が言及されている。また、焙焼鉱石の製錬操作が押さえられたのは岡山県猿喰池製鉄遺跡 (7世紀初頭) や滋賀県源内峠遺跡の7世紀後半代である。

隍城洞遺跡

三国、新羅時代へかけての鑄造と鍛冶の遺構をもつ遺跡である。達川鉱山産の磁鉄鉱 (高砒素: As) を原料とした銑鉄から梯形鉄斧を鑄込んだ工房が想定される。しかし、当遺跡では、溶解炉を設置した工房内から亜共析鋼 (C: 0.77%以下) の鉄塊や、鉱石粉を出土する。溶解炉内での局部的に生成された脱炭鉄塊 (副産物) や、溶解炉内で積極的に大型送風管からの酸素供給で脱炭雰囲気にし、かつ、鉱石粉の添加で脱炭鉄塊を得て、これを鍛冶炉にまわした可能性も指摘できる。三国時代の炒鋼法は、この溶解炉使用の方法を考慮すべきであろう。

鉱石中の砒素 (As) は、低温還元すると滓には移行しなくて鉄との化合物をつくり、鍛接不良を起こす。この高砒素 (As) 原料の鉱石を抱えた達川鉱山の問題点 (鍛接割れ・公害) は隍城洞遺跡では鑄造品に向けることで対処したとも受け取れる。隍城洞遺跡における鍛冶関連遺物の砒素 (As) の挙動を押さえるのも今後の研究課題であろう。

密陽沙村遺跡

6世紀前半から7世紀前半の製鉄遺跡。4基の円形の製錬炉を検出。筆者は1号炉関連遺物を調査した。製鉄原料は磁鉄鉱。鉱石の焙焼はその痕跡をしっかりと残していた。製錬滓の鉱物組成はファイヤライト (Fayalite: $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) 主体である。送風管の溶融部はマグネタイト (Magnetite: Fe_3O_4) を晶出する。当遺跡の炉床部 (円形) は、日本の広島県 (小丸遺跡: 弥生時代 (3世紀)) を比定する説もあるがこれをとらない、岡山県 (城峪城跡: 砂鉄原料)、島根県 (羽森第3遺跡: 砂鉄) の遺構に近似する。操業年代も古墳時代の後期頃で両者の間で大きくはずれないようである。ただし、国内からは大型送風管の出土がない点と、鉱石・砂鉄原料の選択は、技術伝播において注目すべき問題点であろう。

まとめ

列島内での鉄生産 (製錬) の開始は、古墳時代以降の可能性をもつ。弥生時代の前・中期の鉄製品は、中国色が強かったが、後期以降になると半島産への依存度が高まる。洛東江下流域には、現在のところ年代の遡る製鉄遺跡の発見がなく、「加耶の鉄」の確認はできていない。しかし、半島全体を見わたすと、3~7世紀代の製鉄炉も検出されて、鉄生産の実像も徐々に把握されてきた。一方、加耶を象徴する渦巻き文様や装飾を施した文物の出土が列島内に多く、倭と加耶の交流の深さは周知の通りである。

渦巻き装飾をもつ鉄製品は、長野県根塚遺跡の鉄剣があり、曲り刀子 (北九州市蒲生寺中古墳、

岐阜県大垣市昼飯大塚古墳)などが存在する。この鉄剣らの非金属介在物(高Ca系)は、島根県平田遺跡や同上野Ⅱ遺跡の鍛冶関連遺物と共通性のあることから加耶方面との関係は看過できぬ事象である。ただし、渦巻き文様をもつ点が即、加耶の鉄とは断定できぬまでも、半島産は動かぬだろう。倭に搬入された鉄製品の産地同定は、今後に残された研究課題となる。

しかし、製鉄技術の問題は、磁鉄鉱の焙焼や6~7世紀代の円形製鉄炉など倭と加耶側(半島全体か)との技術の伝播を考えさせる要素も浮き彫りにされてきた。

なお、二条凸帯铸造鉄斧破片の鉄中非金属介在物から砂鉄特有の成分のTi, Vが数例検出されているところから古代中国においても砂鉄製錬の検討は必要と考える。半島側の砂鉄製錬の有無については結論が出てないが、本稿はここで筆を擱く。

最後に現在筆者が金属学的調査結果に基づく古代鉄発展のイメージを表にして掲げておく。

古代製鉄研究の現状：列島内の動向

1	鉄器の出現	縄文時代晩期	鉄器搬入の時代
2	船載铸造鉄器破片再生	弥生時代前期~中期	原料：可鍛鉄 打割→擦切・研磨
3	原始鍛冶	弥生時代中期~後期	原料：棒・板范製鉄脱炭鋼 鑿切・研磨・加熱曲げ加工
4	進展鍛冶	弥生時代後期以降	原料：炒鋼・鑄鉄脱炭鋼・塊煉鉄 沸し：鍛打作業・原始鍛冶一部継続
5	本格鍛冶	古墳時代初頭以降	原料：鉄塊系遺物(塊煉鉄) 鉄器国産化の時代
6	製鉄前夜	古墳時代前・中期	製鉄揺籃期(塊煉鉄)
7	鉄生産の開始	古墳時代中・後期 (西国から)	原料：鉄石・砂鉄 鉄の国産化の時代
8	鉄生産の拡散	奈良時代(東国へ)	鉄の自給化時代
9	鉄生産の多様化	奈良・平安時代	鑄鉄生産本格化(炒鋼法なし)
10	鉄の量産化	古代末・中世	中国地方優位の時代

引用文献

- 東 潮 1999 『古代東アジアの鉄と倭』 溪水社
大澤正己 1999 「環日本海地域の鉄の金相学的調査~弥生の鉄の一様相」『環日本海地域の鉄の文化の展開』(人間・社会・環境との新しい調和を求めて-X) 社会鉄鋼工学部会 1999年度秋季シンポジウム論文集 日本鉄鋼協会学術部門社会鉄鋼工学部会編
村上恭通 1998 『倭人と鉄の考古学』 青木書店
—— 1997 「原三国・三国時代における鉄技術の研究」~日韓技術比較の前提として~『青丘学術論集』(財団法人文化研究振興財団)
李京華・韓汝珍 1993 『東アジアの古代鉄文化』~その起源と伝播~(1993年たたら研究会国際シンポジウム予稿集)所収論文

(鉄関連文献)

- 韓國文化財保護財團 2000 『慶州市 江邊路開設工事 3-A工區 文化遺蹟 試掘調査 報告書』
—— 2001 『慶州 隍城洞 537-2 貨貸아파트 新築敷地 發掘調査 報告書』學術調査報告第109冊
—— 2002 『慶州 隍城洞 遺蹟』學術調査報告 第132冊

-
- 韓國文化財保護財團・蔚山廣域市 2002 『蔚山圈 廣域上水道 [大谷岬] 事業 編入敷地内 2・3 次試掘 1 次
發掘調査 報告書』學術調査報告 第 126 冊
- 畿甸文化財研究院 2003 『華城 發安里 마을 遺蹟・旗安里 製鐵遺蹟 發掘調査』現場説明會資料 14
- 國立金海博物館 2001 『密陽沙村製鐵遺蹟』國立金海博物館學術調査報告第一冊
- 國立慶州博物館 2000 『慶州隍城洞 遺蹟 I・II』國立慶州博物館 學術調査報告 第 12 冊
- 國立光州博物館・韓神大學校博物館 外 1993 『무등산 금곡동 (無等山 金谷洞) 一朝鮮時代鐵製鐵器生産遺蹟』
國立光州博物館學術叢書 第 25 冊
- 國立清州博物館・浦項産業科學研究院 1997 『韓國 古代 鐵生産遺蹟 發掘調査—鎮川石帳里遺蹟—』
- 國立中央博物館 1998 『驪州 淵陽里遺蹟』國立博物館 古蹟調査報告 第 29 冊
- 國立忠州博物館・國立中央科學館 1998 『忠州 完五里 冶鐵遺蹟』調査報告 第 8 冊
- 中央文化財研究院 外 2002 『慶州 外東地區 農村用水開發 事業地區 内 遺蹟 發掘調査 報告書』學術調
査報告 第 13 冊 ※毛火池遺蹟
- 東亞大學校博物館 2000 『梁山勿禁遺蹟』古蹟調査報告書 第三十一冊
- 漢沙里先史遺蹟發掘調査團 1994 『漢沙里』第 5 卷高麗大學校發掘調査團 編

(李南珪先生提供)

(株)九州テクノロジー

(2003 年 6 月 23 日受理, 2003 年 7 月 18 日審査終了)

表1 弥生時代出土鉄製品の金相学的調査結果

(☆:筆者未調査試料、可能性を示唆。)

No.	鋼種	分類	遺跡名	県別	鉄器種類	時期	推定地
1	可鍛鑄鉄製品(1)	鑄造鉄斧痕跡無 (全面研磨)	☆曲り田	福岡	板状鉄斧か?	縄文晩期末	中国東北部か?
2			☆南方(済生会)	岡山	ノミ状鉄器・鉄斧	前期	中国東北部か?
3			鬼虎川	大阪府	ノミ状鉄器・鏃	中期中葉	中国東北部か?
4		鑄造鉄斧原形有 (一部研磨)	☆斎藤山	熊本	鑄造鉄斧	前期	中国東北部か?
5			梅ノ木	熊本	鑄造鉄斧破片8点(再生有)	中期中葉~後期	中国東北部か?
6			神水	熊本	鑄造鉄斧破片3点	中期	中国東北部か?
7			中伏	福岡	鑄造鉄斧破片2点	中期初頭	中国東北部か?
8			貝元	福岡	鑄造鉄斧破片8点(再生有)	中期初頭~後期	中国東北部か?
9			庄原	福岡	鑄造鉄斧破片2点	中期前半	中国東北部か?
10			徳瀬	大分	鑄造鉄斧破片3点	中期前半	中国東北部か?
11			上野Ⅱ	島根	鑄造鉄斧破片	不明(後期?)	中国東北部か?
12		鑄造鉄斧完形品	比恵51次	福岡	二条凸帯鑄造鉄斧	中期後半	中国東北部か?
13			向山	埼玉	二条凸帯鑄造鉄斧	中期	中国東北部か?
14	鑄鉄脱炭鋼製品(2)	鉄片	赤井手	福岡	鉄片・未製品	中期後半~末	中国東北部か?
15			小糸山	熊本	鉄片3点、棒状1点、鏃1点	後期	中国東北部か?
16			奈良岡	京都府	鉄片(切片)多数	中期後半~末	中国東北部か?
17	炒鋼製品(3)	製品・半製品	比恵57次	福岡	板状鉄製品	中期後半~末	大陸産
18			梅ノ木(7点)	熊本	ノミ、板状鉄斧、袋状鉄斧	中期前葉~後期後葉	大陸産
19			津寺一軒屋(6点)	岡山	鉄片	後期	大陸産
20			松山大学構内3次	愛媛	板状鉄製品	中期後半	大陸産
21			名東	徳島	円板状製品、三角形鉄片	中期末	大陸産
22			国竹	島根	板状鉄斧	中期末	朝鮮半島産か?
23			宮内第1	鳥取	鉄剣	後期中葉	大陸産
24	塊煉鉄製品(4)	製品・半製品	西新町	福岡	板状鉄斧	中期後半~末	朝鮮半島か?
25			梅ノ木	熊本	鉄剣の柄?	中期中葉~後期前葉	大陸産
26			矢野	徳島	板状鉄斧	後期	朝鮮半島か?
27			板屋Ⅲ	島根	板状鉄斧	後期末	朝鮮半島か?
28			平田	島根	鉄片、袋状鉄斧	末~古墳初	朝鮮半島か?
29			妻木晩田	鳥取	板状鉄製品	後期	朝鮮半島か?
30			根塚	長野	鉄剣2本	後期	朝鮮半島か?
31			向山	埼玉	袋状鉄斧	中期後半	中国東北部か?
32	上野Ⅱ	島根	板状鉄素材(板・棒)	後期	朝鮮半島か?		

(1)可鍛鑄鉄[Malleable cast iron]:BC5C頃中国開発技術。鑄込み白鑄鉄製品を900~980°Cの温度で焼きなまし脱炭。

(2)鑄鉄脱炭鋼[Iron casting decarbon steel]:BC3C頃中国開発技術。棒・板状范に鉄鉄を流し込み、固化した後に焼きなまし脱炭した半製品。鍛冶原料鉄。

(3)炒鋼[Puddling steel]:BC1C頃中国開発技術。鉄鉄を加熱熔融し、空气中で攪拌脱炭。鍛打製品。溶解炉で派生した副産脱炭鉄塊も含まれる。AD3C以降朝鮮半島産の可能性あり。

(4)塊煉鉄[Sponge iron]:BC9C頃中国開発技術。低温還元直接製鋼法。AD3C以降朝鮮半島産の可能性あり。

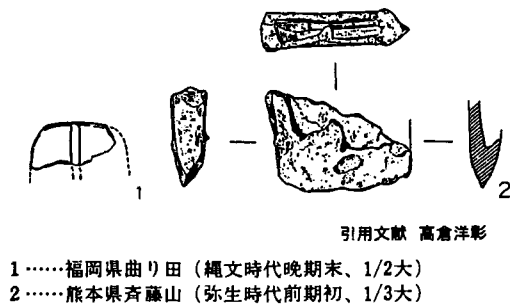
表1 に関する文献

- 1—(イ) 橋口達也編 1984 『石崎曲り田遺跡Ⅱ』(今宿バイパス関係文化財調査報告9) 福岡県教育委員会
(16号住宅跡の床面近くで出土した鉄器で、出土の状況からして混入したものは考えられず、夜白期のものであることはほぼ確実といえる。形状からすると幅4cm弱の板状鉄斧の頭の部分であろうと考えられる。厚さは4mmを測る。)
- (ロ) 佐々木 稔 1991 「金属学から見た古代の鉄」『日本古代の鉄生産』たたら研究会編 六興出版。曲り田遺跡出土の鉄斧の断片は鋼の組織が残っていて、介在物は見つからない。鑄造品ではなくて鍛造品と判断されている。
- (ハ) 大澤は曲り田遺跡鉄斧は、厚みが4mmと可鍛鑄鉄製品の一般的厚みを有し全面研磨された鑄造鉄斧脱炭品(可鍛鑄鉄製品)を想定している。楚の鍛造鉄器搬入の可能性は低く、燕の鑄造品と見るべきでなかろうか。鑄造品は介在物少なく、脱炭焼きなましがあれば、鋼の組織(Ferriteか)が現れる。この見解は、1998年10月9日に九州歴史資料館横太宰府事務所2階において橋口達也氏に述べた。貝元遺跡出土品の分析試料受け取りに赴いた折りである。中間研志・秦憲二・姫野健太郎(朝倉町教委)諸氏ら立会する。
- (ニ) 川越哲志 2000 「弥生鑄造鉄器論評論」『製鉄史論文集』たたら研究会編。
当稿にも鑄造鉄器脱炭の可能性が指摘されて、再調査が望まれると記してある。
- (ホ) 2003.5.31産経新聞(九州版)に橋口達也氏より曲り田遺跡出土「鉄斧は鑄造の鉄器です。それを脱炭したのも。炭素を追い出して分析すれば鍛造とされるが、実際は鑄造だ」との発言があった。2003.5.20に発表された国立歴史民俗博物館の放射性炭素(C14)年代測定法にもとづく“弥生時代が500年早くなる”との説と相俟って鉄の世界も興味深い事態の展開となってきた。曲り田遺跡の鉄片(鉄斧)が弥生中期に取まれば、中国製可鍛鑄鉄製品としての位置づけも問題がなくなるが……。曲り田鉄片をC14測定にかけても脱炭されて年代の出る炭素量は残っていない。
2002.7.20開催の九州考古学会と嶺南考古学会合同大会の折に韓国の李南珪先生から曲り田遺跡出土鉄片は、縄文晩期ではなくてもう少し新しくなる可能性があるのではないかとこの意味あいのコメントがあった。少々気になる発言である。以下に李南珪先生のコメント内容を記す。(私信2003.7.17による)
さて、2002年大会で曲り田遺跡の鉄片がより新しいものではないかという疑問を提示しましたが、2001年に北京で開かれたアジア史学会でも同じ意見を発表したことがあります。
以前に報告書を見た覚えによりますと、鉄片は16号住居址の床面からやや上の方で出土したものであり、その上には弥生時代中期の居住址が重なっていましたので、その時期に属する可能性があるのではないかと考えています。そのほかに、それほど古い鉄器はもちろんのこと、紀元前3世紀のものも南韓地域ではまだ出土していないことも私の疑問視する根拠です。
とにかく、その鉄器についてはより慎重に取り扱う必要があると思っています。
2. 湊 哲夫 1997 「製鉄の起源をさぐる」津山郷土博物館
3. 大澤正己 1982 「鉄鍬とノミ状鉄器の冶金学的調査」『鬼鹿川遺跡出土の金属関係遺物』(第7次調査報告2) 東大阪市文化財協会
- 4—(イ) 乙益重隆 1966 「熊本県齊藤山遺跡」『日本農耕文化の生成』日本考古学協会所収
—(ロ) 明治大学工学部教授河口寅之輔の化学分析値0.3%で鍛鑄品として発表されている。同上報告書掲載。
—(ハ) 佐々木 稔 1—(ロ) 同掲書。推定炭素量0.1~0.2%で心金に軟鋼使用が提示されている。
5. 大澤正己・鈴木瑞穂 2001 「梅ノ木遺跡出土弥生鉄製品の金属学的調査」『梅ノ木遺跡Ⅱ』(熊本県文化財調査報告第199集) 熊本県教育委員会
6. 現在報告書準備中
7. 大澤正己 1992 「中伏遺跡出土二条凸帯斧の金属学的調査」『中伏遺跡1』(北九州市埋蔵文化財調査報告書第120集) 財北九州市教育文化事業団・埋蔵文化財調査室
8. 大澤正己・鈴木瑞穂 1999 「貝元遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『貝元遺跡Ⅱ』下巻 福岡県教育委員会
9. 大澤正己 1997 「庄原遺跡出土手工業関連遺物の調査報告」『庄原遺跡Ⅰ』福岡県添田町教育委員会
10. 現在報告書準備中
11. 大澤正己 2001 「上野Ⅱ遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『上野遺跡Ⅱ』～弥生後期集落及び鍛冶関連遺跡の調査～(中国横断自動車道建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書10) 日本道路公団中国支社松江工事事務所・鳥根県教育委員会 2001.12
12. 大澤正己 1996 「比恵遺跡第51次調査出土の二条凸帯鑄造鉄斧の金属学的調査」『比恵遺跡群21～第51次調査の報告～』(福岡市埋蔵文化財調査報告書第452集) 福岡市教育委員会
13. 大澤正己・塚本敏夫 「向山遺跡出土鉄製品の金属学的調査」～二条凸帯鑄造鉄斧・鍛造袋状鉄斧～『埼玉県朝霞市教育委員会記者発表資料』朝霞市教育委員会(1997.4.26新聞記事)
14. 大澤正己 1995 「春日市の鉄の歴史」『春日市史』上巻
15. 報告書準備中
16. 大澤正己 1997 「奈具岡遺跡出土鉄製品・鉄片(切片)の金属学的調査」『京都府遺跡調査概報第76冊』～奈具岡遺跡～(財京都府埋蔵文化財調査研究センター)
17. 大澤正己 1997 「比恵遺跡第57次調査出土鉄製品の金属学的調査」『比恵遺跡群24』(福岡市埋蔵文化財調査報告書第530集) 福岡市教育委員会
18. 大澤正己前掲書 5
19. 大澤正己 1999 「津寺三本木・津寺一軒家遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『津寺三本木遺跡・津寺一軒家遺跡』(岡山県埋蔵文化財発掘調査報告142) 岡山県古代吉備文化財センター
鍬2点・鉄片4点の計6点の炒鋼製品の出土がある。
20. 大澤正己 2001 「松山大学構内遺跡第3次出土弥生鉄器の金属学的調査」『松山市埋蔵文化財調査年報12』松山市教育委員会・松山市埋蔵文化センター
21. 大澤正己 1995 「名東遺跡出土弥生時代製鉄品の金属学的調査」『名東遺跡』～建設省名東町宿舍建設に伴う発掘調査～(徳島県埋蔵文化財センター調査報告書第14集) 徳島県教育委員会・財徳島県埋蔵文化財センター・建設省四国 地方建設局
22. 大澤正己 2000 「鳥根県国竹遺跡出土板状鉄斧の金属学的調査」『鳥根県考古学会誌』第17集
23. 大澤正己 1996 「宮内第1・第5遺跡出土鉄剣、鉄刀の金属学的調査」『宮内第1遺跡、宮内第4遺跡、宮内第5遺跡、宮内第2・

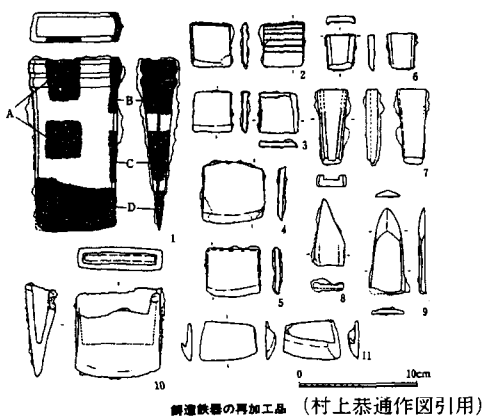
- 63～65号墳』(鳥取県教育文化財団調査報告書48)鳥取県教育文化財団
- 24 大澤正己 1997 「西新町遺跡第8・9次調査出土の鉄滓・鉄製品の金属学的調査」『西新町遺跡6』(福岡市埋蔵文化財調査報告書第505集)福岡市教育委員会
- 25 大澤正己前掲書5
- 26 大澤正己・鈴木瑞穂 2001 「矢野遺跡出土鉄製品・砂鉄等の金属学的調査」『矢野遺跡(I)～徳島南環状道路建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書～』(徳島県埋蔵文化財センター調査報告書第33集)徳島県教育委員会・(財)徳島県埋蔵文化財センター・建設省四国地方建設局
- 27 大澤正己 2001 「島根県板屋Ⅲ遺跡出土板状鉄斧の金属学的調査」『島根考古学会誌』第18集
- 28 大澤正己・鈴木瑞穂 2000 「平田遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『平田遺跡 第Ⅲ調査区』(斐伊川広域一般河川改修工事予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書)島根県木次土木建築事務所・島根県木次町教育委員会 2003.3
- 29 大澤正己・鈴木瑞穂 2000 「妻木晩田遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『妻木晩田遺跡発掘調査Ⅳ』～洞ノ原松尾城地区～大山スイス村リポート発掘事業に伴う発掘調査報告書Ⅳ・大山町埋蔵文化財調査報告書第17集)大山町教育委員会・大山スイス村埋蔵文化財発掘調査団 2000
- 30- (イ) 大澤正己・影山英明 「根塚遺跡出土弥生時代終末期鉄剣の金属学的調査」『根塚遺跡と伽耶』～渦巻文装飾鉄剣と刻書文字をめぐって～(2000年記念フォーラム)長野県木島平村教育委員会へ提出原稿,2000.6.18提出,2001年に報告書刊行予定
- (ロ) 木島平村教育委員会 2001 『根塚遺跡と伽耶』2000年記念国際フォーラム 2001.3
- 31 大澤正己・塚本敏夫前掲書13
- 32 大澤正己11

国別		BC																AD							
		900	800	700	600	500	400	300	200	100	1	100	200	300	400	500	600	700	800						
中国	生産・製品	-----																塊煉鉄製錬：低温還元							
		鑄鉄脱炭鋼 ----- 可鍛鑄鉄 ----- 鉄鉄(生鉄) -----																鉄鉄(生鉄)製錬：高温還元 炒鋼 -----							
朝鮮半島	生産	隄城洞遺跡1-ター11号鍛冶工房の鉄塊 四郡設置時期頃から製錬の可能性あり (原三国時代)																塊煉鉄製錬							
	製品搬入	隄城洞、石帳里遺跡で可能性 可鍛鑄鉄(可能性) 戦国時代末頃 鉄鉄(生鉄) ----- (鑄鉄脱炭鋼未検出→今後の研究課題)																鉄鉄 炒鋼 鉄鉄製錬							
日本	生産	低温還元 -----																塊煉鉄 ----- (豎形炉出現)							
	製品搬入	中国産：弥生時代前期～後期 朝鮮半島産：弥生時代後期～古墳時代																鑄鉄脱炭鋼 ----- (塊煉鉄、板状鉄斧、鉄鋌) 可鍛鑄鉄 ----- (朝鮮半島産梯形鑄造鉄斧) 炒鋼 ----- (半製品、刀剣類)							

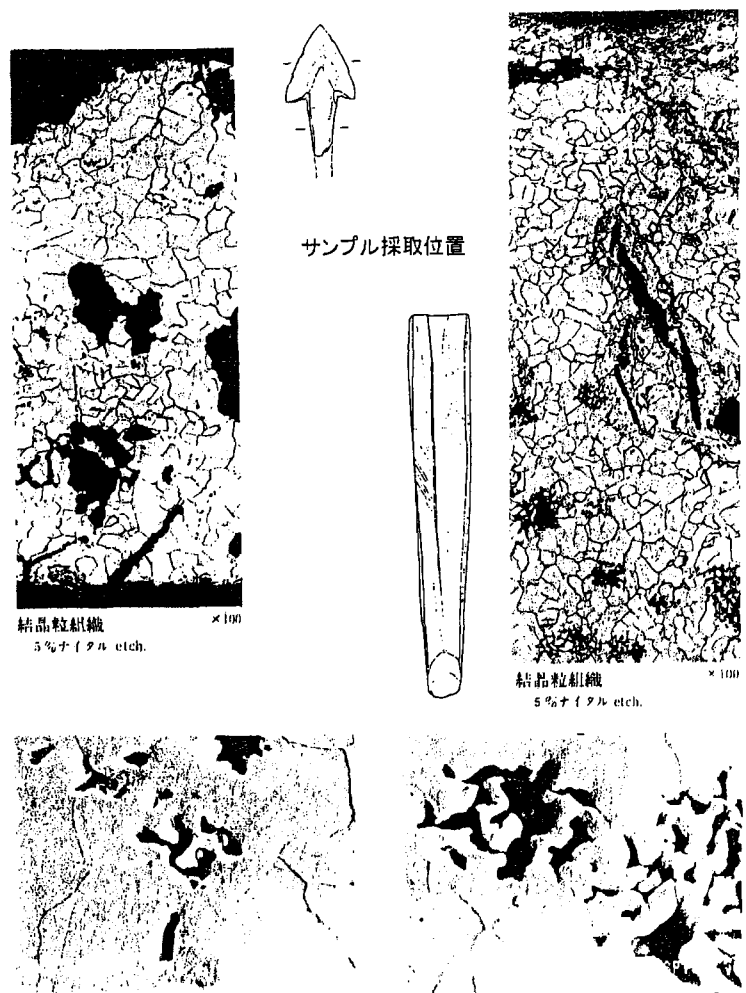
第1図 東北アジア諸国初期鉄器文化発展模式図



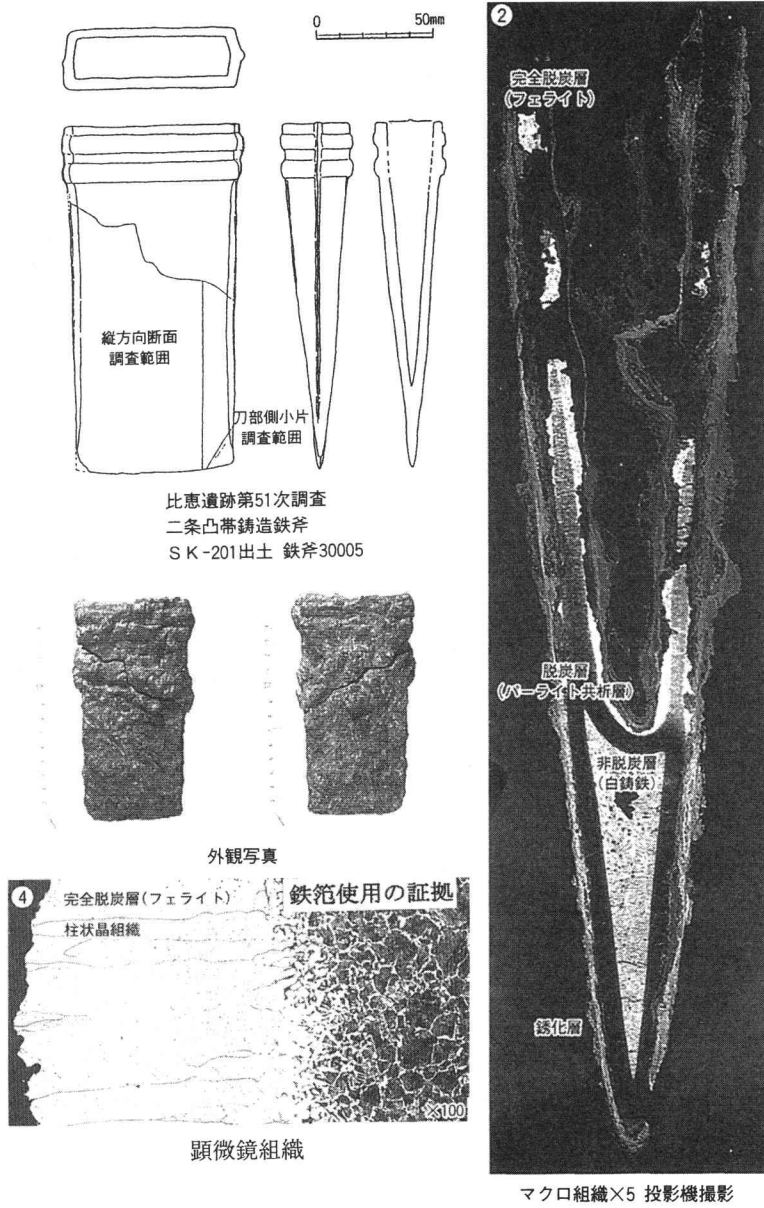
第2図 最初期の鉄器



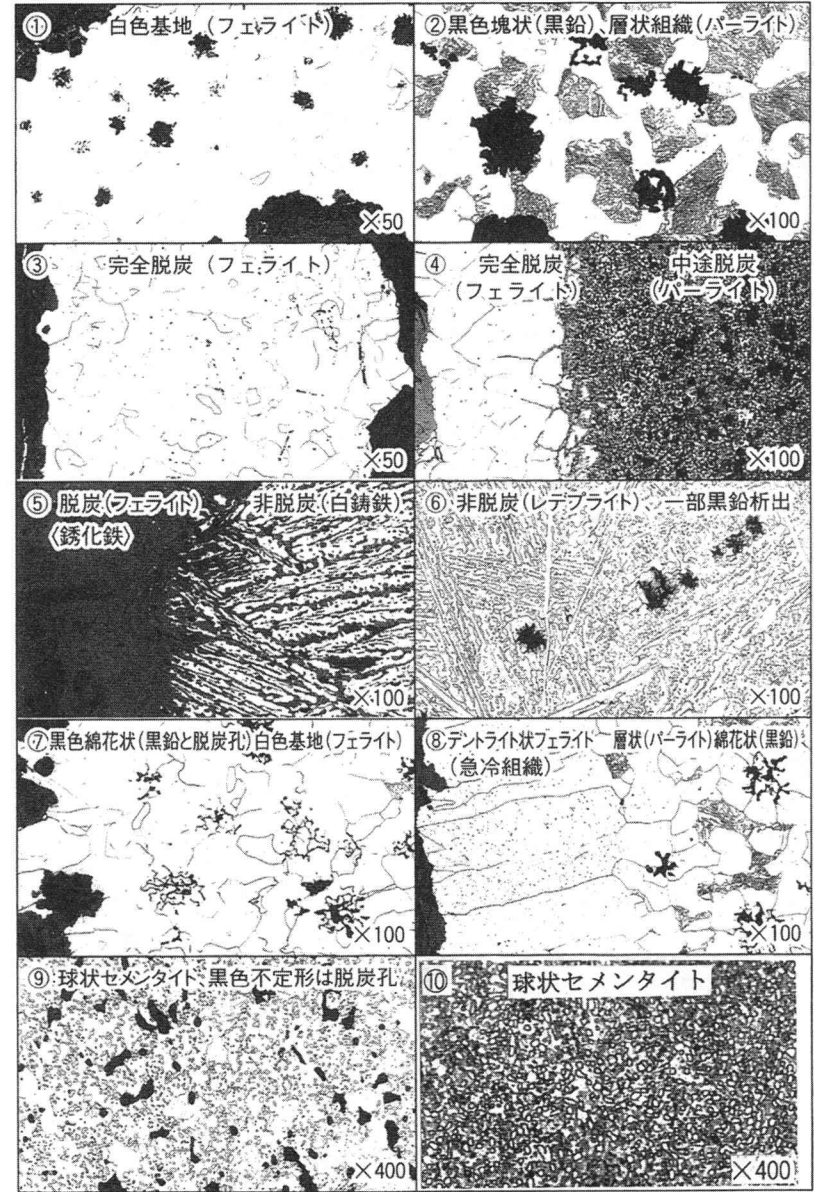
第3図 日本出土の鑄造鉄斧例



第4図 鬼虎川遺跡出土鉄鋌と鉄鑿状鉄器の顕微鏡写真と脱炭孔
可鍛鑄鉄 (Malleable cast iron)

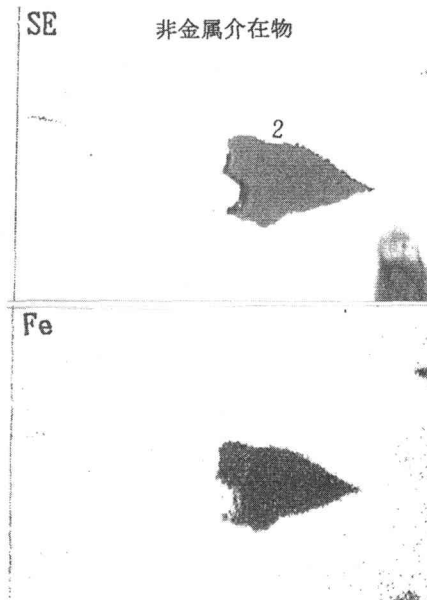
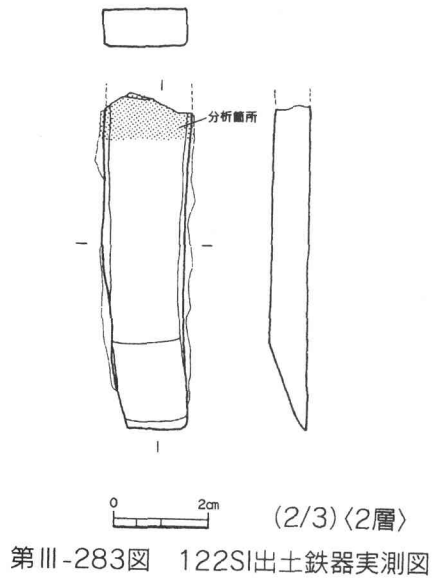


第5図 二条凸帯鑄造斧のマクロ組織と実測図



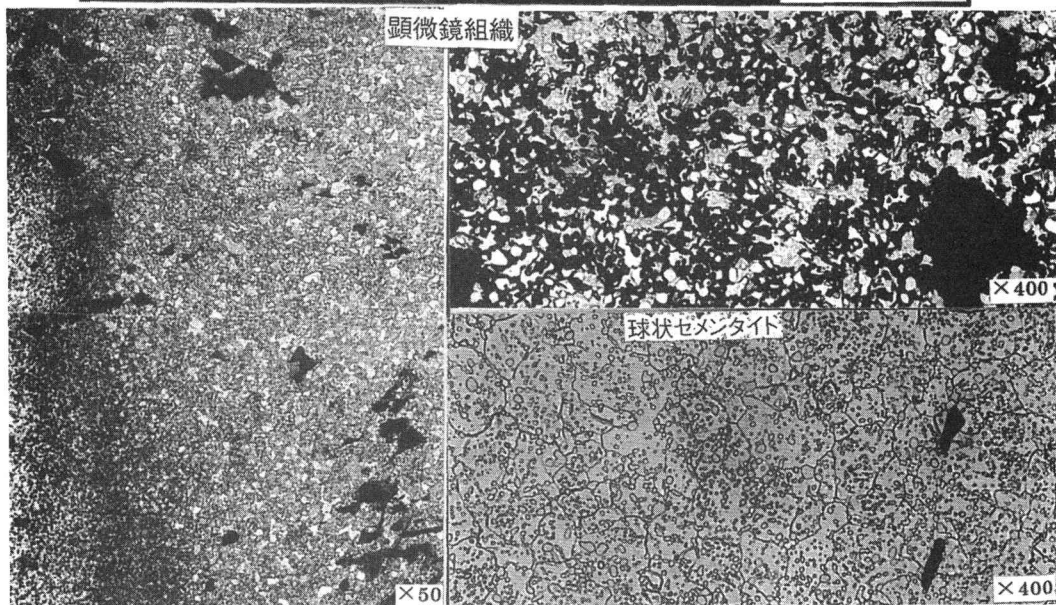
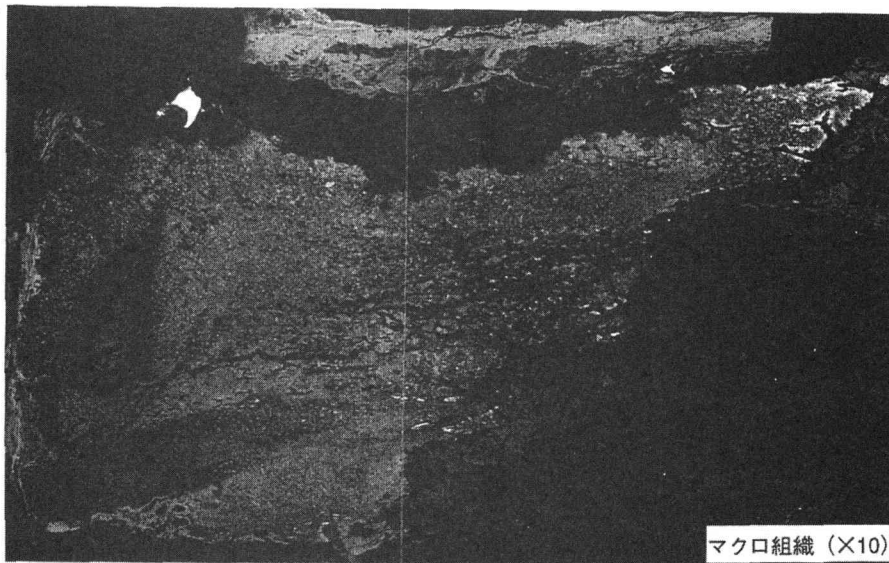
第6図 可鍛鑄鉄(黒心可鍛鑄鉄中心に)の顕微鏡組織

①~⑧貝元遺跡 ⑨向山遺跡 ⑩上野II遺跡

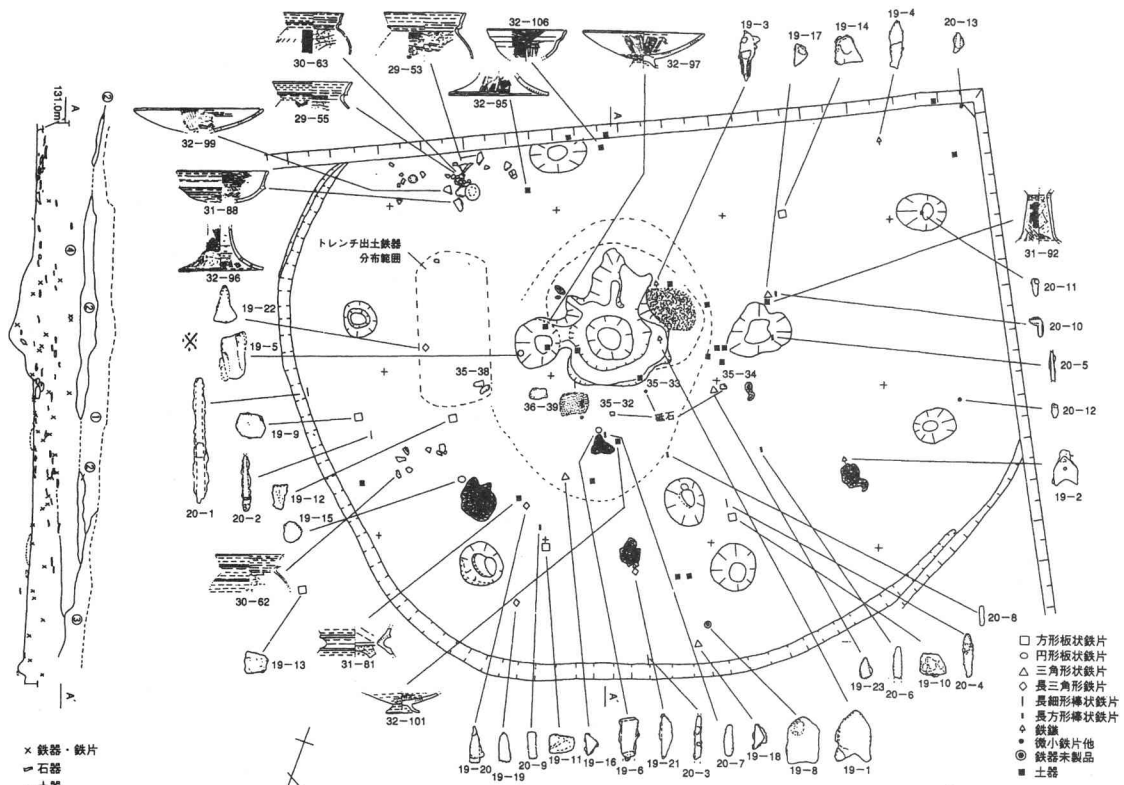


定量分析値

Element	2
Na2O	0.205
MgO	0.982
Al2O3	14.026
SiO2	73.728
P2O5	0.071
S	0.011
K2O	2.785
CaO	4.894
TiO2	1.180
MnO	0.333
FeO	2.162
ZrO2	-
V2O3	0.024
Cr2O3	-
Total	100.401



第7図 炒鋼製品 (ノミ状鉄器) の調査結果 (梅ノ木遺跡)



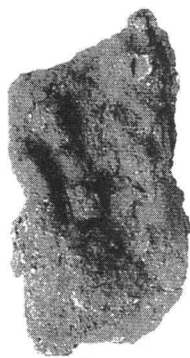
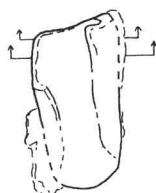
18図 3区竪穴建物跡遺物出土状況 (遺物の縮小率は任意)

Table.2 出土遺物の調査結果のまとめ

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	顕微鏡組織	所見
HRT-1	平田遺跡	3B-13区-ス	方形板状鉄片	弥生時代末~古墳時代初	錆化鉄、微細粒フェライト痕跡、介在物G+W	極低炭素鋼、介在物継ぎ線上の派生物
HRT-2	平田遺跡	3B-13区-ア	方形板状鉄片	弥生時代末~古墳時代初	錆化鉄、微細粒フェライト痕跡、介在物剥落	極低炭素鋼
HRT-3	平田遺跡	3B-13区-ウ	鉄斧	弥生時代末~古墳時代初	金属鉄、介在物珪酸塩、塊状フェライトと微細粒セメントタイト	共析鋼(0.7% C)の高温焼戻、最速工具鋼
HRT-4	平田遺跡	3B-13区	鉄鉄片	古代以降のもの	錆化鉄白錆鉄痕跡、表面グスタイト晶出、粒状滓と鍛造剥片付着	下げ炭素の関連遺物
HRT-5	平田遺跡	3B-13区-フ	方形板状鉄片	弥生時代末~古墳時代初	金属鉄介在物W、IG、表層マルテンサイトの焼戻組織、フェライト	亜共析鋼(0.05% C)の焼入、焼戻組織(600~650°C)
HRT-6	平田遺跡	3B-13区-ネ	方形板状鉄片	弥生時代末~古墳時代初	錆化鉄、不明瞭であるがフェライト基地か	極低炭素鋼
HRT-7	平田遺跡	3B-13区-ト	方形板状鉄片	弥生時代末~古墳時代初	金属鉄、介在物グスタイト、フェライト基地に塊状セメントタイト	極低炭素鋼

G:ガラス質スラグ、W:Wüstite(FeO)、IG:Iron gehlenite(2CaO(Fe・Al₂O₃)O₃-SiO₂)

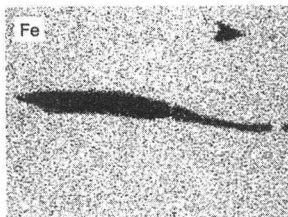
※ 鉄斧



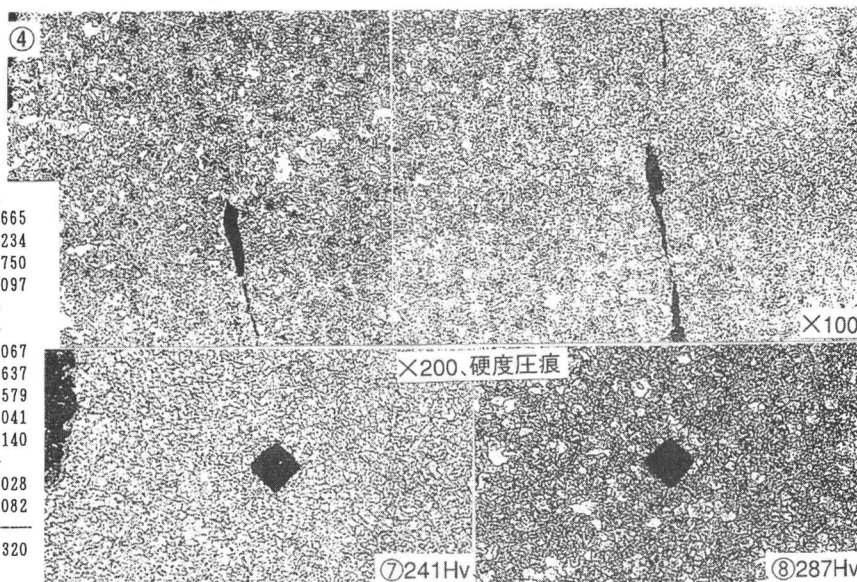
Comp



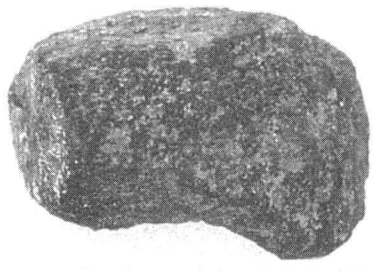
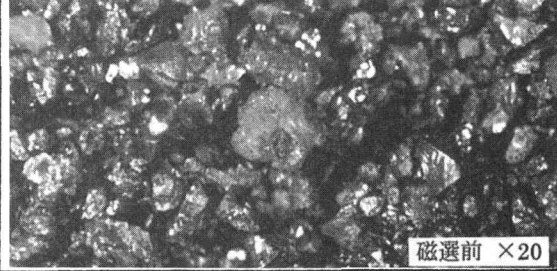
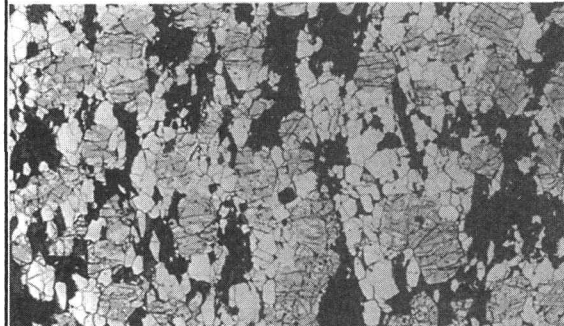

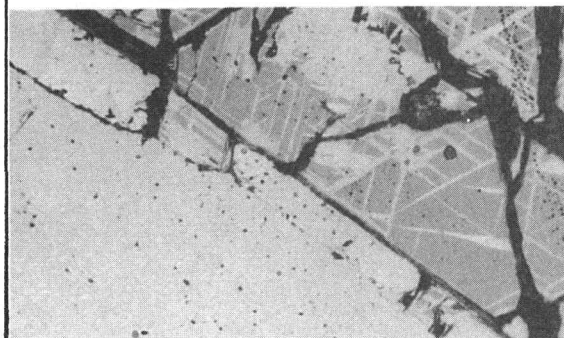
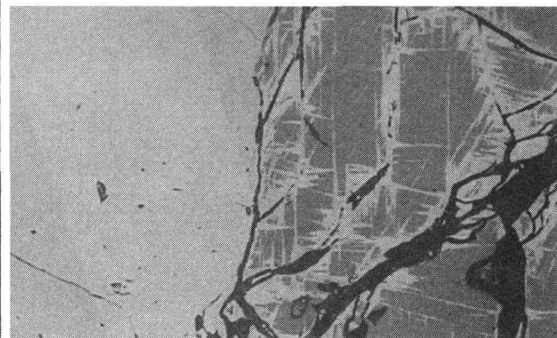
Element	1
Na2O	0.665
MgO	2.234
Al2O3	7.750
SiO2	71.097
P2O5	-
S	-
(珪酸塩)	-
K2O	3.067
CaO	13.637
TiO2	0.579
MnO	0.041
FeO	3.140
ZrO2	-
V2O5	0.028
Cr2O3	0.082
Total	102.320



鉄中非金属介在物の特性X線像と定量分析値





第8図 平田遺跡出土遺物と金属学的調査結果

	鉄鉱石 (磁鉄鉱) サンプル2	A-1号炉 磁鉄鉱粉 サンプル3
外観		 磁選前 ×20
マクロ組織 ×20		
ミクロ組織 ×400		

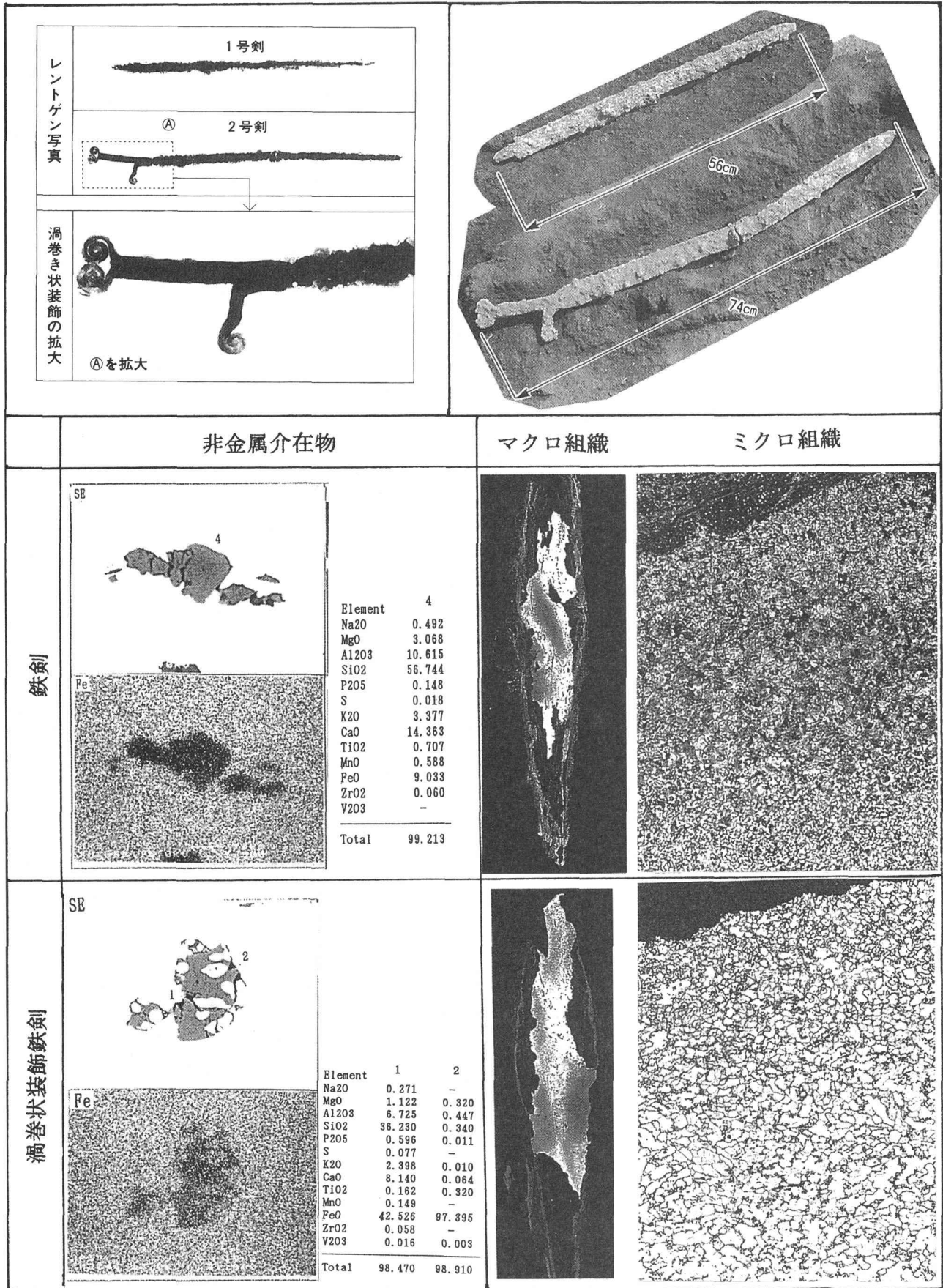
焙焼により多くの亀裂を生じている。 ^{ヘキカイ} 劈開状亀裂が多い

焙焼鉄鉱石

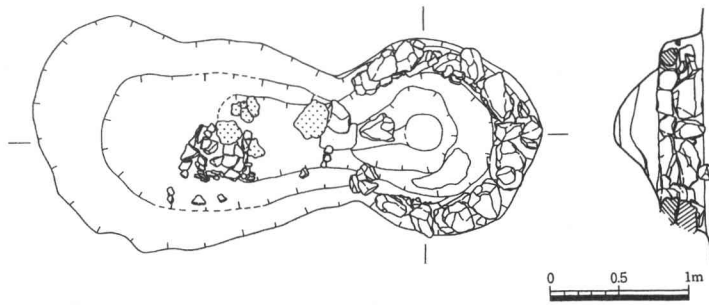
淡褐色：磁鉄鉱 (Magnetite) 白色：磁赤鉄鉱 (Maghemite: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)

	A-1号炉 磁鉄鉱粉中の混在製錬滓 サンプル3	流出孔滓 サンプル14
ミクロ組織 ×400 Fayalite ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)		

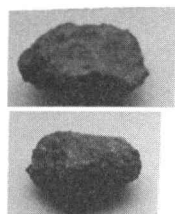
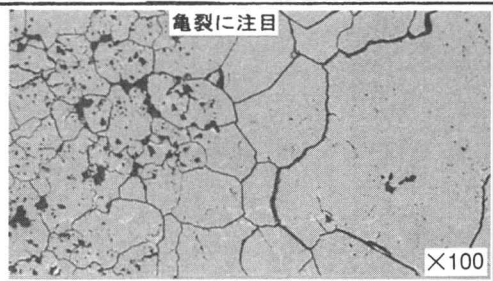
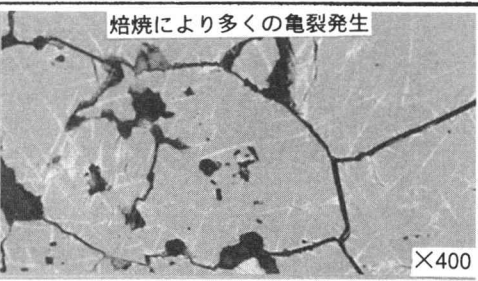
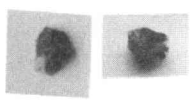
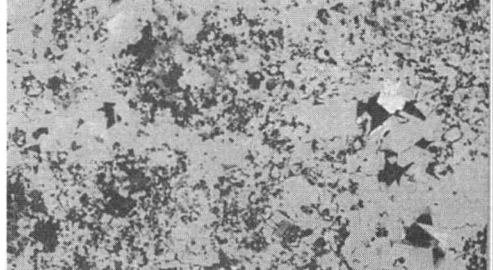
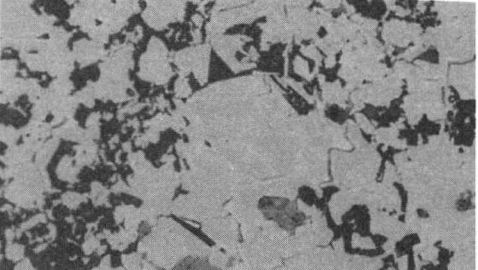
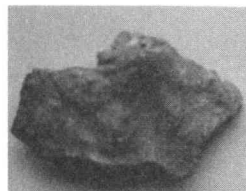
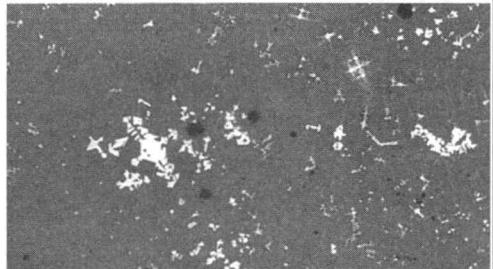
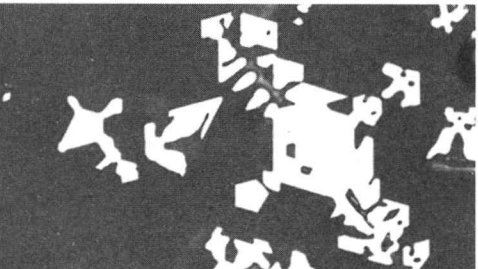

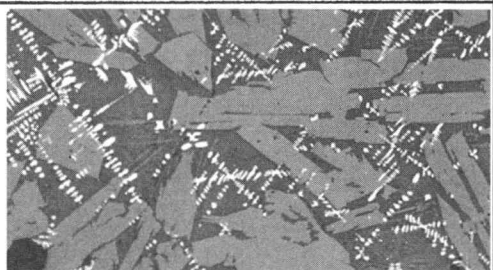
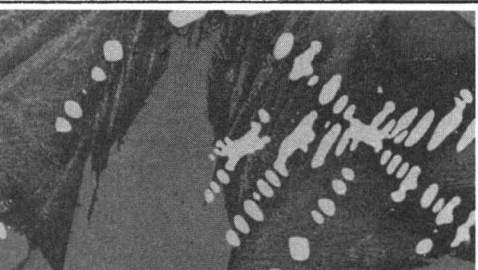
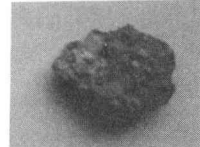
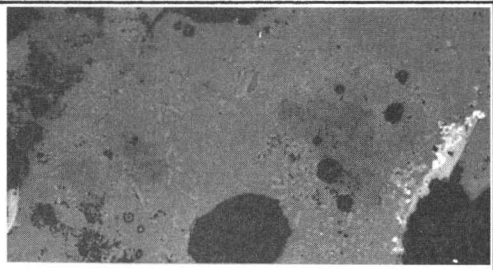
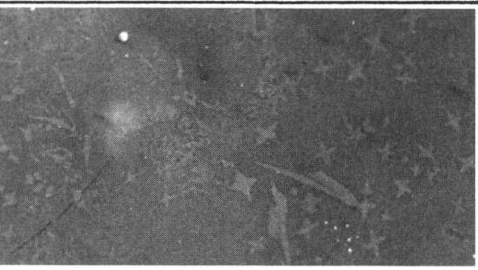
第9図 石帳里遺跡出土鉄鉱石の顕微鏡組織



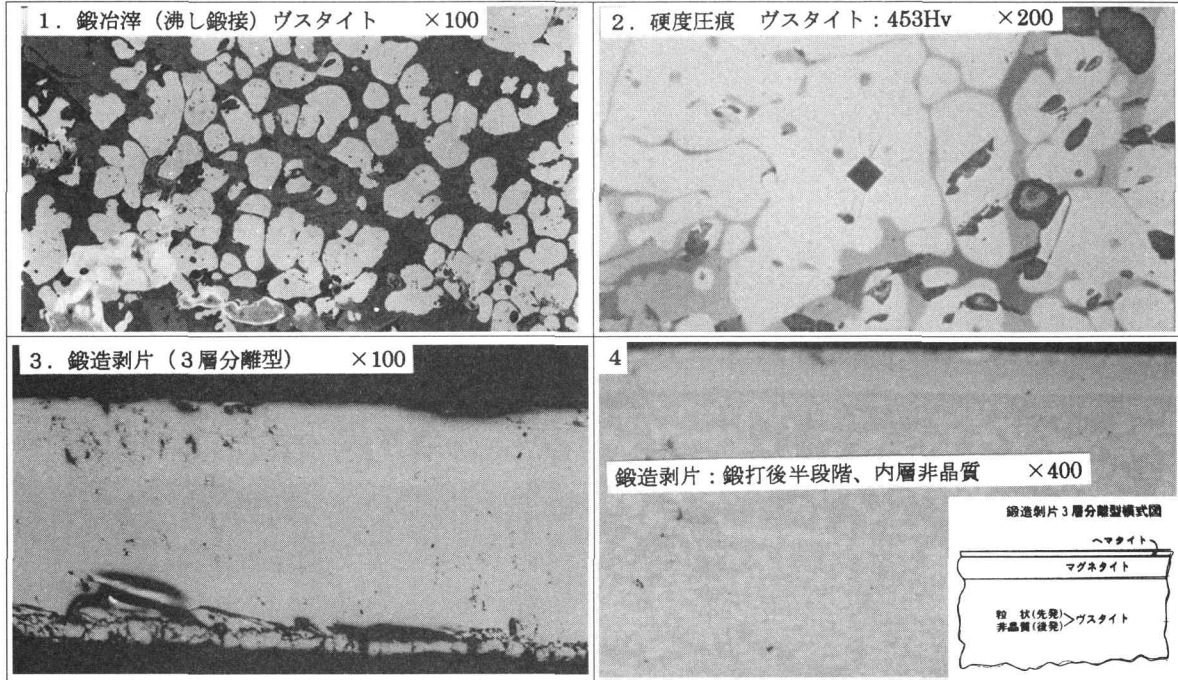
第10図 炒鋼・塊煉鉄製品（鉄剣）の調査結果（根塚遺跡）



密陽 沙村製鉄遺跡 1号 製鍊炉跡

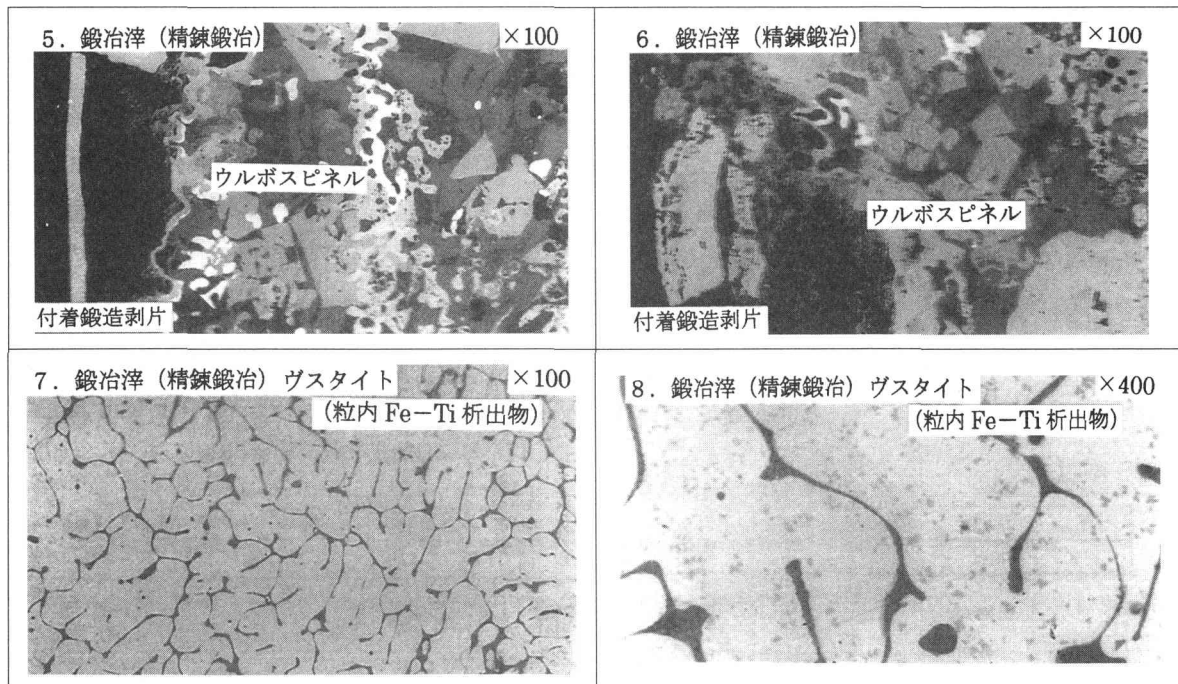
<p>1 焙焼鉄鉱石</p> 	<p>亀裂に注目</p>  <p>×100</p>	<p>焙焼により多くの亀裂発生</p>  <p>×400</p>
<p>3 鉄鉱石 (磁鉄鉱) 周辺鉱山</p> 		
<p>6A : 送風管</p> 		
<p>6B : 流動滓</p> 		
<p>6C : ガラス質滓</p> 		

第 11 図 沙村遺跡出土遺物の顕微鏡組織



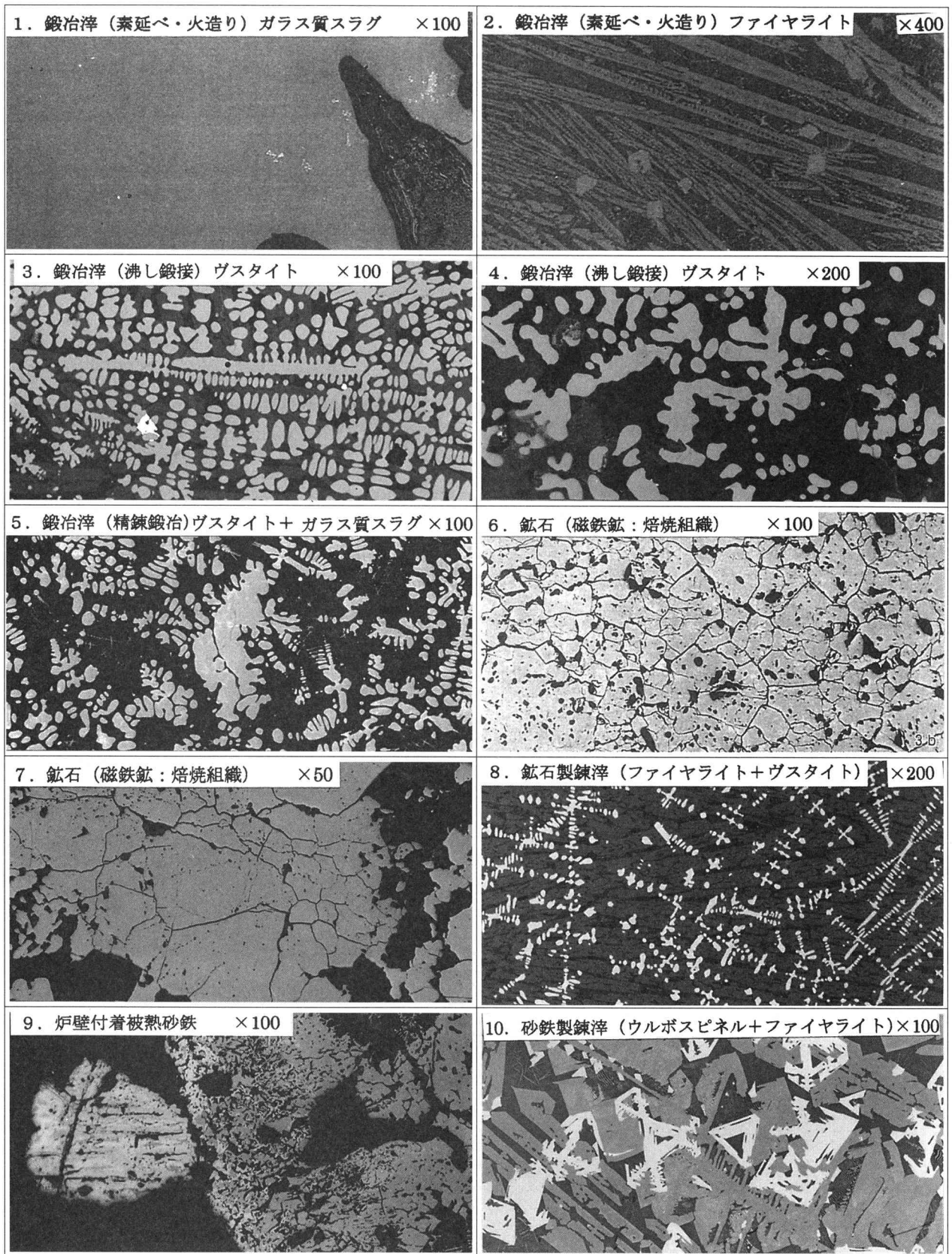
全鉄分	金属鉄	酸化第1鉄	酸化第2鉄	二酸化珪素	酸化アルミニウム	酸化カルシウム	酸化マグネシウム	酸化カリウム	酸化ナトリウム	酸化マンガン	二酸化チタン	酸化クロム	硫黄	五酸化燐	炭素	バナジウム	銅	遺毒成分	TiO ₂	
(Total Fe)	(Metallic Fe)	(FeO)	(Fe ₂ O ₃)	(SiO ₂)	(Al ₂ O ₃)	(CaO)	(MgO)	(K ₂ O)	(Na ₂ O)	(MnO)	(TiO ₂)	(Cr ₂ O ₃)	(S)	(P ₂ O ₅)	(C)	(V)	(Cu)	遺毒成分	Total Fe	Total Fe
59.3	-	59.1	19.39	14.10	3.39	1.09	0.44	0.55	0.36	0.04	0.13	0.01	0.047	0.25	0.16	0.003	0.040	19.93	0.336	0.0022

第12図 その1：博多遺跡（鍛冶滓：59次，鍛造剥片：65次）
出土鍛冶関連遺物の顕微鏡組織と化学分析値



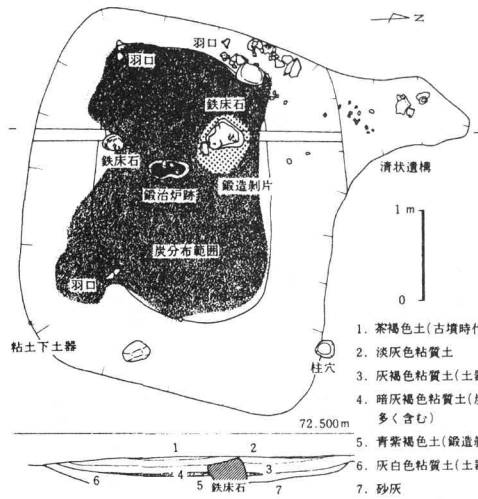
全鉄分	金属鉄	酸化第1鉄	酸化第2鉄	二酸化珪素	酸化アルミニウム	酸化カルシウム	酸化マグネシウム	酸化カリウム	酸化ナトリウム	酸化マンガン	二酸化チタン	酸化クロム	硫黄	五酸化燐	炭素	バナジウム	銅	遺毒成分	TiO ₂	
(Total Fe)	(Metallic Fe)	(FeO)	(Fe ₂ O ₃)	(SiO ₂)	(Al ₂ O ₃)	(CaO)	(MgO)	(K ₂ O)	(Na ₂ O)	(MnO)	(TiO ₂)	(Cr ₂ O ₃)	(S)	(P ₂ O ₅)	(C)	(V)	(Cu)	遺毒成分	Total Fe	Total Fe
61.21	0.73	54.26	26.17	8.54	3.01	1.25	0.86	0.277	0.110	0.10	1.52	0.046	0.054	0.112	0.05	0.080	0.006	14.047	0.2294	0.0248

第12図 その2：沖塚遺跡出土精錬鍛冶滓の顕微鏡組織と化学分析値



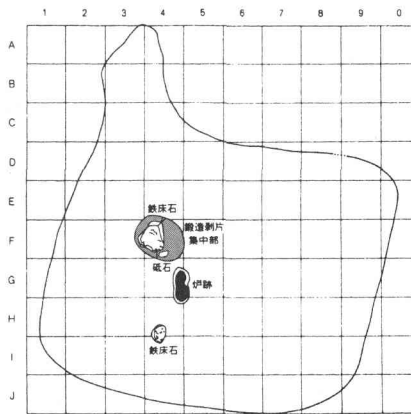
第13図 製鉄・鍛冶関連遺物の顕微鏡組織

1. 妻木晩田遺跡：鳥取県， 2. 左同， 3. 古志本郷遺跡：鳥根県， 4. 旗安里遺跡：韓国（京畿道），
 5. 大県遺跡：大阪府， 6. 葛籠尾崎湖底遺跡：滋賀県， 7. 猿喰池製鉄遺跡：岡山県， 8. 左同，
 9. 城峪城跡：岡山県， 10. 左同



1. 茶褐色土(古墳時代の埋土)
2. 淡灰色粘質土
3. 灰褐色粘質土(土器・鉄滓多く含む)
4. 暗灰褐色粘質土(炭・焼土・土器・鉄滓多く含む)
5. 青紫褐色土(鍛造剥片集中度)
6. 灰白色粘質土(土器・炭等あまり含まない)
7. 砂灰

図4 鍛冶工房跡実測図

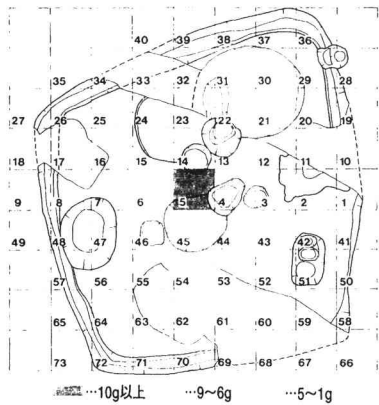


第5表 竪穴(鍛冶)遺構出土鍛造剥片計測表

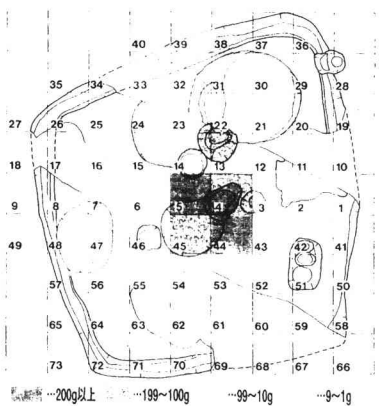
<p>(7)OGI-7① 鍛冶工房跡(鍛冶炉) 粒状滓 ウスタイト凝集晶出 マクロ断面写真×1</p>	<p>×1.5</p>	<p>×50</p>
<p>鍛造剥片 OGI-19 鍛冶工房跡</p>	<p>×100</p>	<p>×200 硬度圧痕 449Hv荷重100g</p>
<p>鍛冶工房跡 鍛錬鍛冶滓 ①×100 ウスタイト+錆化鉄 外観写真 1/1.4</p>		<p>×100 鍛冶滓(沸し鍛接)</p>
<p>鍛冶工房跡 (B-3区出土) ガラス質滓 外観写真×1.0</p>		<p>×400 鍛冶滓(素延べ・火造り)ガラス質スラグ</p>

試料番号	遺跡名	出土位置	種別	推定年代	元素																Z元素			注		
					全鉄分 Total Fe	金属鉄 Metallic Fe	酸化第1鉄 FeO	酸化第2鉄 Fe ₂ O ₃	酸化錫 SnO ₂	酸化チタン TiO ₂	酸化カルシウム CaO	酸化マグネシウム MgO	酸化カリウム K ₂ O	酸化ナトリウム Na ₂ O	酸化マンガン MnO	酸化チタン TiO ₂	酸化クロム Cr ₂ O ₃	硫黄 S	五酸化リン P ₂ O ₅	炭素 C	バナジウム V	銅 Cu	造滓成分 造滓成分		Total Fe	Total Fe
OGI-4	萩 朝	鍛冶工房跡	鍛錬鍛冶滓	S C前~ 中	61.28	0.10	31.89	52.83	5.76	1.82	0.14	0.21	0.078	0.064	0.03	0.06	0.01	0.07	0.110	0.12	0.002	0.012	8.072	0.132	0.001	①
6	"	"	(ガラス質滓)	"	8.13	0.17	2.60	8.49	56.1	18.7	3.05	2.40	2.63	1.84	0.26	1.35	0.02	0.01	0.433	0.07	0.022	0.002	84.720	10.421	0.166	-

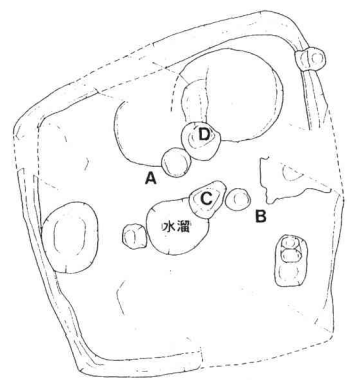
第14図 萩鶴遺跡鍛冶工房作業空間と出土遺物の関係(古墳前期)



第130図 鍛冶工房跡出土粒状滓分布図 (1/60)



第131図 鍛冶工房跡出土鍛造剥片分布図 (1/60)



A…横座 B…先手 C…鉄床 D…鍛治口
第133図 鍛冶工房跡作業配置想定図 (1/60)

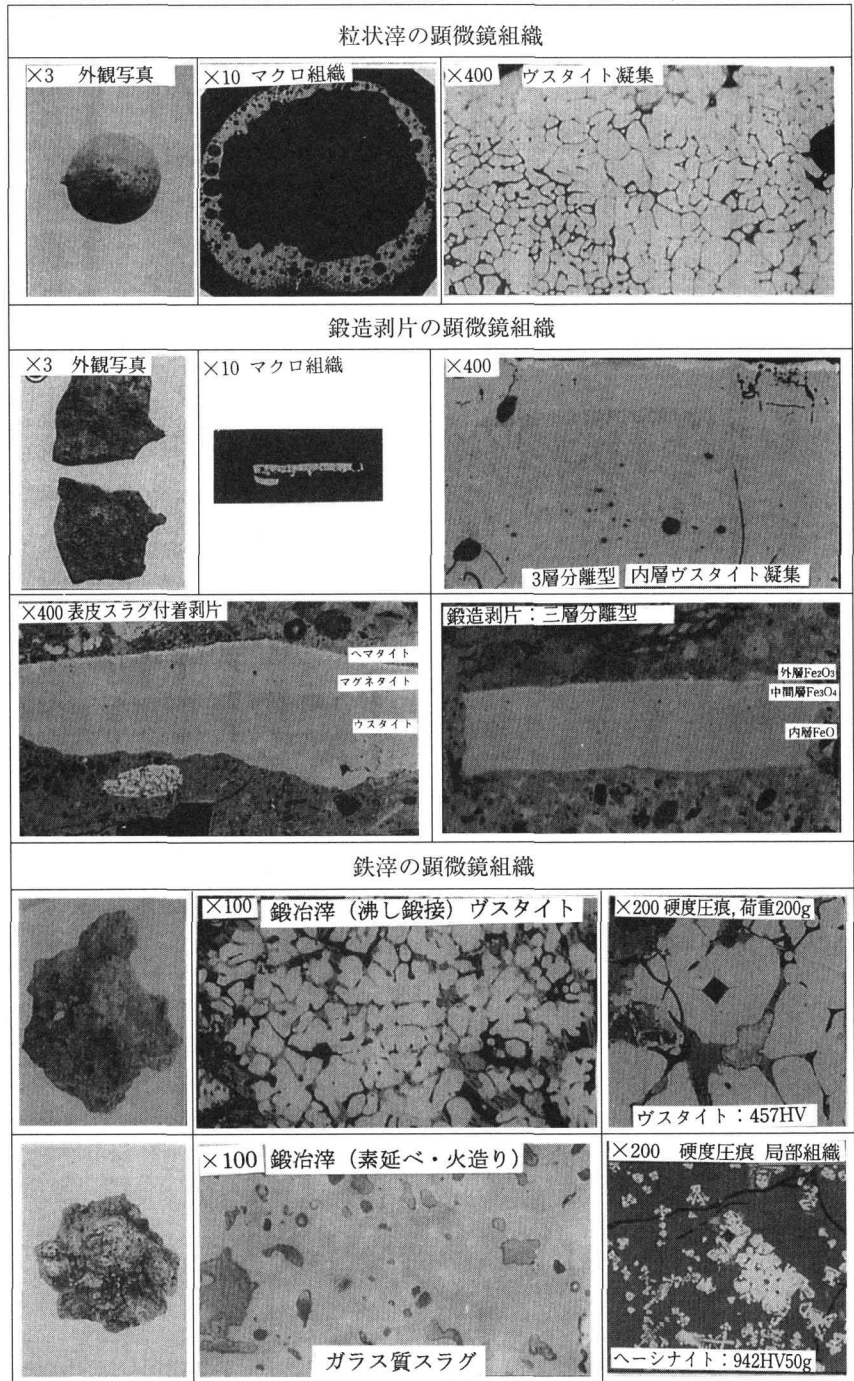


Table.2 供試材の化学組織

試料番号	遺跡名	出土位置	種別	年代推定	全鉄分	金属鉄	酸化第1鉄	酸化第2鉄	酸化珪素	酸化アルミニウム	酸化カルシウム	酸化マグネシウム	酸化カリウム	酸化ナトリウム	酸化マンガン	酸化チタン	酸化クロム	硫黄	五酸化燐	炭素	バナジウム	銅	造滓成分		注	
					(Total Fe)	(Metallic Fe)	(FeO)	(Fe ₂ O ₃)	(SiO ₂)	(Al ₂ O ₃)	(CaO)	(MgO)	(K ₂ O)	(Na ₂ O)	(MnO)	(TiO ₂)	(Cr ₂ O ₃)	(S)	(P ₂ O ₅)	(C)	(V)	(Cu)	造滓成分	Total Fe		Total Fe
ST-1	重留遺跡	No.47	梘形鍛冶滓	5世紀中頃	49.89	0.2	50.85	14.53	19.45	9.26	1.71	0.69	0.59	0.16	0.15	0.41	0.12	0.03	0.5	0.07	<0.01	0.018	31.86	0.639	0.008	
ST-4	重留遺跡	No.4	ガラス質梘形鍛冶滓	5世紀中頃	24.57	0.22	18.32	14.46	34.93	18.15	2.66	1.52	2.23	0.61	0.3	0.81	0.07	0.11	0.84	0.13	0.01	0.005	60.1	2.446	0.033	

第15図 重留遺跡鍛冶工房作業空間と出土遺物の関係 (古墳中期)

表2 弥生時代以降チタン系鉱物含有遺物一覧表

No	遺跡	遺構	府県	遺物	推定年代	TiO ₂ 介在物組成
1	梅ノ木	142-SI	熊本	鋤先(鋤先)	弥生中期後半 ～後期中葉	非金属介在物 24.8%TiO ₂ -24.4%FeO-47%MnO-24.3%S-1.3%V ₂ O ₃
2	梅ノ木	216-SI	熊本	鑄造鉄斧片	弥生中期中葉～後葉	非金属介在物 2.9%TiO ₂ -81.7%FeO-28.1%MnO-17.6%S
3	梅ノ木	攪乱排水路	熊本	鑄造鉄斧片 転用バ状鉄器	不明	非金属介在物 2.4%TiO ₂ -64.7%FeO-14.9MnO-35.6%S
4	梅ノ木	169-SI	熊本	鑄造鉄斧片	弥生中期後葉 ～後期前葉	非金属介在物 3.7%TiO ₂ -64.7%FeO-38.3%MnO-20.2%S
5	梅ノ木	101-SI	熊本	鑿状鉄器	弥生中期後葉 ～後期後葉	非金属介在物 2.7%TiO ₂ -8.6%V ₂ O ₃ -93.8%FeO-24.3%S
6	貝元(KAI-2)	土89底面	福岡	鑄造鉄斧片	弥生中期初葉	非金属介在物 1.7%TiO ₂ -51.1%FeO-43.4%MnO-26.9%S
7	貝元(KAI-6)	住62	福岡	鑄造鉄斧片	弥生後期前葉	非金属介在物 29.5%TiO ₂ -78.4%FeO-11.1%MnO-6.3%S
8	貝元(KAI-8)	土4No.5	福岡	鑄造鉄斧片	弥生時代	非金属介在物 1.6%TiO ₂ -93.5%FeO-28.7%MnO-11.8%S
9	小糸山	59.60住居跡	熊本	鉄片 (鑄鉄脱炭鋼)	弥生後期	非金属介在物 1.5%TiO ₂ -54.6%FeO-44.8%MnO-23.8%S
10	小糸山	59.60住居跡	熊本	鉄片 (鑄鉄脱炭鋼)	弥生後期	非金属介在物 2.9%TiO ₂ -64.0%FeO-39.1%MnO-23.1%S
11	小糸山	59.60住居跡	熊本	鉄片 (鑄鉄脱炭鋼)	弥生後期	非金属介在物 4.2%TiO ₂ -71.5%FeO-35.6%MnO-17.3%S
12	向山	住居跡 (6号)	埼玉	二条凸帯 鑄造鉄斧	弥生後期	非金属介在物 22.4%TiO ₂ -1.3%V ₂ O ₃ -0.1%ZrO ₂
13	向山	住居跡 (13号)	埼玉	鍛造袋状鉄斧	弥生後期	非金属介在物 22.7%TiO ₂ -1.4%V ₂ O ₃ -0.08%ZrO ₂
14	奈具岡	住居跡 (SHO1)	京都	鉄片(切片)	弥生中期末	硫化マンガンの周縁部Ti、V 特性X線像検出
15	一本桜南	住居跡	千葉	朱塗り壺入り 砂鉄(520g)	4C後半	4.83%TiO ₂
16	伊佐山墳墓	古墳	兵庫	被葬者枕元供献 砂鉄(500g)	4C末	9.7%TiO ₂
17	沖塚	鍛冶工房跡	千葉	棒状鉄片	4C初	非金属介在物 6.5%、62.0%TiO ₂
18	湯谷悪谷	住居跡	島根	鉄滓(製錬滓 ・精錬鍛冶滓)	4C初	製錬滓 9.4%TiO ₂ 精錬鍛冶滓 2.4%TiO ₂
19	左坂C-15号墳	古墳	京都	鉄滓 (精錬鍛冶滓)	5C後半	3.9%TiO ₂
20	押入西1号墳	古墳	岡山	鉄滓 (精錬鍛冶滓)	5C中頃	1.3%TiO ₂
21	郡津渋り	ピット	大阪	枚鉄 (板状鉄製品)	5C後半～6C前半 奈良・平安時代の可能性	非金属介在物 8.1%TiO ₂
22	御蔵山中	住居跡	埼玉	鉄鏃	5C中頃	非金属介在物 27.2%、6.3%TiO ₂
23	潤崎	祭祀土坑	福岡	鉄滓(製錬滓 ・精錬鍛冶滓)	5C後半	製錬滓 20.4%TiO ₂ 精錬鍛冶滓 5.7%TiO ₂
24	夏崎	古墳	佐賀	ねずみ鑄鉄	5C末～6C前半	非金属介在物 3.0%TiO ₂ -0.22%V ₂ O ₃ -0.06%ZrO ₂
25	河边上原	古墳	岡山	梯形鑄造鉄斧	6C後半	非金属介在物 1.0%Ti-67%Fe-31%S
26	大坂城跡	10、11層	大阪	円盤状鉄製品	6C後半～7C初頭	非金属介在物 7.0%TiO ₂ -1.9%V ₂ O ₃ -66.2%FeO-39.8%S-12.7%MnO
27	居徳	L5-22	高知	砂鉄(鉢入)	古墳時代前期	TiO ₂ :30.38%(磁選なし)
28	矢野	SB2044	徳島	砂鉄(壺入)	古墳時代前期初頭	TiO ₂ :28.6%(磁選なし) TiO ₂ :12.8%(磁選)
29	妻木晩田	包含層	鳥取	小型ガラス質滓 (碗形)	弥生時代後期 ～古墳時代前期初頭	鉄粒中非金属介在物 2点分析 57%TiO ₂ -27%Al ₂ O ₃ -10%FeO、41%FeO-34%TiO ₂

表2の注

- 1～5. 大澤正己・鈴木瑞穂 2001 「梅ノ木遺跡出土弥生鉄製品の金属学的調査」『梅ノ木遺跡Ⅱ』（熊本県文化財調査報告第199集）熊本県教育委員会
- 6～8. 大澤正己・鈴木瑞穂 1999 「貝元遺跡出土鉄製品の金属学的調査」『貝元遺跡Ⅱ』下巻 福岡県教育委員会
- 9～11. 大澤正己「小糸山出土鉄製品の金属学的調査」熊本県教育委員会報告書準備中
- 12, 13. 大澤正己・塚本敏夫「向山遺跡出土鉄製品の金属学的調査」～二条凸帯鑄造鉄斧・鍛造袋状鉄斧～『埼玉県朝霞市教育委員会記者発表資料』朝霞市教育委員会（1997. 4. 26 新聞記事）
14. 大澤正己 1997 「奈具岡遺跡出土鉄製品・鉄片（切片）の金属学的調査」『京都府遺跡調査概報第76冊』～奈具岡遺跡～（助京都府埋蔵文化財調査研究センター）
15. 郷堀英司・大澤正己 1989 「一本桜南遺跡出土の砂鉄について」『研究連絡誌第25号』（助千葉県文化財センター）
16. 大澤正己 1990 「列島における鉄生産の始源をめぐって」～鉄滓の分析を中心に～特定研究『日本人の技術と生活に関する歴史的研究』（在来技術の伝統と継承）研究会資料 国立歴史民俗博物館
17. 大澤正己 1994 「古墳時代初頭・沖塚遺跡鍛冶工房出土の遺物の金属学的調査」『八千代市 沖塚・上の台遺跡他』（助千葉県文化財センター）
18. 大澤正己「湯谷悪谷遺跡出土鉄滓の金属学的調査」島根県石見町教育委員会への提出原稿報告書準備中 1994. 3. 24
19. 増田孝彦 1991 「丹後の鉄生産」『京都府埋蔵文化財論集第2集』（助京都府埋蔵文化財調査研究センター）鉄滓分析結果は未発表 後日報告予定
20. 大澤正己 1987 「古代鉄生産」～金属学的見地からのアプローチ『日本古代の鉄生産』1987年度たたら研究会
21. 大澤正己 1991 「交野市森遺跡とその周辺遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『森遺跡Ⅲ』（交野市埋蔵文化財調査報告1990—Ⅰ）交野市教育委員会
この鉄製品は奈良・平安時代のものの可能性ありと発言する人もいる。
22. 大澤正己 1989 「御蔵山中遺跡出土鉄滓と鉄器の金属学的調査」『御蔵山中遺跡』（大宮市遺跡調査会報告第26集）
23. 大澤正己 1986 「潤崎遺跡祭祀土壙出土鉄滓の金属学的調査」『潤崎遺跡』（北九州市埋蔵文化財調査報告書第49集）財団法人北九州市教育文化事業団埋蔵文化財調査室
24. 大澤正己「夏崎古墳出土鉄製品の金属学的調査」『夏崎遺跡』伊万里市教育委員会報告書準備中
25. 大澤正己 1994 「河辺上原古墳群より出土した鉄滓と鉄器の金属学的調査」『河辺上原遺跡』（津山市埋蔵文化財発掘調査報告第54集）津山市
26. 大澤正己・鈴木瑞穂 2002 「大坂城跡出土鍛冶・鑄造関連遺物の金属学的調査」『大坂城跡発掘調査報告書Ⅰ』～（助大阪府庁舎・周辺整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書～（助大阪府文化財センター調査報告書第78集）〈自然科学・考察編〉（助大阪府文化財センター）
27. 大澤正己・鈴木瑞穂 2003 「居徳遺跡出土鉢入砂鉄の金属学的調査」『居徳遺跡群Ⅳ』〈四国自動車道（伊野～須崎間）の建設工事事業に伴う発掘調査報告〉（助高知県文化財団埋蔵文化財センター）
28. 大澤正己・鈴木瑞穂 2003 「矢野遺跡出土鉄製品・砂鉄等の金属学的調査」『矢野遺跡Ⅰ』～徳島県南環状道路建設に伴う埋蔵文化財センター調査報告書第33集）徳島県教育委員会・（助徳島県埋蔵文化財センター・建設省四国地方建設局
29. 大澤正己 2003 「妻木晩田遺跡出土鉄片・鉄滓の金属学的調査」濱田竜彦編『史跡妻木晩田遺跡 第4次発掘調査報告書～洞ノ原地区西側丘陵の発掘調査～』鳥取県教育委員会 2003. 3

表3 古墳時代前期・中期の鉱石系精錬・鍛錬鍛冶滓出土例

遺跡名	所在地	推定年代	羽口出土状況	鍛冶炉検出	鉱物組成	化学組成 (%)					注
						Total Fe	CaO	TiO ₂	Cu	V	
橋牟礼川	鹿児島県指宿市	5C中葉		有	Wustite Fayalite	55.7	3.47	0.24	0.013	0.010	1
博多59次	福岡市祇園	4C初	有	〃	〃	59.5	1.09	0.13	0.040	0.003	2
松木	福岡県那珂川町	4C中頃			〃	48.8	3.95	0.11	0.004	0.001	3
松木A	〃	5C前半			〃	45.9	3.99	0.15	0.016	0.001	〃
野坂一町間	福岡県宗像市	5C中頃			〃	43.7	1.85	0.30	0.010	0.005	4
勝浦井ノ口	福岡県津屋崎町	4C後半			〃	50.34~ 54.09	1.29~ 1.39	0.31~ 0.38	0.010~ 0.020	0.01	5
重留	福岡県北九州市	5C中頃	専用羽口	有	〃	49.9~ 55.0	1.24~ 1.92	0.32~ 0.41	0.010~ 0.025	<0.01	6
荻鶴	大分県日田市	5C前半~中	高杯脚 専用羽口	〃	〃	61.28	0.14	0.06	0.012	0.002	7
窪木薬師	岡山県総社市	5C前半			〃	45.10	1.99	0.36	0.012	0.012	8
小戸	兵庫県西川	4C後半	有		〃	41.3~ 54.3	0.7~ 1.37	0.15~ 0.24	0.016~ 0.079	0.003~ 0.006	9
雨流	兵庫県三原郡 三原町	5C中葉	〃	有	〃	39.4~ 67.0	0.9~ 2.14	0.14~ 0.18	0.039~ 0.19	0.001~ 0.004	10
大泉	大阪府柏原市	5C末~7C初	〃	有	〃	53~66	0.32~ 1.53	0.083~ 0.27	0.003~ 0.007	0.001~ 0.007	11
大和田今池	大阪府松原市	5C前半	〃		〃	47	1.14	0.84	0.005	0.040	12
土師27-1	大阪府堺市	5C後半	〃		〃	27.8~ 42.7	1.9~ 3.8	0.18~ 0.37	0.012~ 0.020	0.005~ 0.012	〃
陵南北	〃	〃	〃	有	〃	46~55	0.59~ 2.0	0.23~ 2.1	0.019~ 0.043	0.001~ 0.005	13
森	大阪府交野市	5C後	有	〃	〃	43.0~ 56.6	1.8~ 3.34	0.14~ 0.25	0.001~ 0.016	0.002~ 0.003	14
田屋	和歌山県	5C後半	〃		〃	33.6~ 53.1	1.19~ 3.61	0.24~ 1.09	0.030~ 0.24	0.004~ 0.020	15
長瀬高浜	鳥取県羽合町	4C末~5C初			〃	57.7	4.44	0.14	0.008	0.001	16
吉田奥	愛知県瀬戸市	5C末	有	有	〃	34.0~ 59.4	1.01~ 5.56	0.12~ 0.51	0.027~ 0.20	0.002~ 0.010	17
行人塚	埼玉県大里郡 江南町	5C初~中	高杯脚 転用羽口	〃	〃	44.0~ 62.0	2.8~ 5.7	0.23~ 0.51	0.006~ 0.010	0.005~ 0.013	18
御蔵山中	埼玉県大宮市	5C中葉	〃	〃	〃	34.0~ 62.0	2.7~ 8.8	0.54~ 1.29	0.080~ 0.063	0.011~ 0.026	19
御蔵台	〃	〃			〃	49.0~ 57.0	3.70~ 6.0	0.40~ 0.59	0.010~ 0.026	0.013~ 0.044	〃
中山	千葉県四街道市	5C前半	高杯脚 転用羽口	有	〃	49.0~ 63.0	0.42~ 2.1	0.020~ 0.58	0.005~ 0.065	0.006~ 0.036	20
折返A	福島県いわき市				〃	43.23	3.05	0.40	0.010	0.01	21
西裏	栃木県小山市	5C末	高杯脚 転用羽口	有	W+F+H	42.5~ 46.0	3.3~ 7.02	0.51~ 0.52	0.010~ 0.025	0.01	22
新郭	栃木県壬生町	5C中葉	高杯脚 専用羽口	〃	W+F	38.28~ 51.33	0.73~ 1.77	0.44~ 0.68	0.010~ 0.020	0.01~ 0.020	23
永作	福島県郡山市	5C後半			〃	39.0~ 53.0	1.4~ 2.4	0.24~ 0.44	0.013~ 0.030	0.004~ 0.010	24
南山田	福島県郡山市	5C	専用羽口	〃	〃	54.09~ 61.71	0.71~ 1.88	0.20~ 1.44	0.008~ 0.010	0.01	25
辰巳城	福島県石川郡 玉川村	〃	有	〃	〃	55.7	1.32	0.35	0.007		26
南小泉	宮城県仙台市	5C中頃			〃	56.5	1.98	0.12	0.002	0.002	27
山王	宮城県多賀城市	5C	高杯脚 専用羽口	有	〃	34.8~ 51.5	1.62~ 5.85	0.15~ 0.31	0.025~ 0.045	0.01	28
八幡脇	茨城県土浦市	4C末~5C初	専用羽口	有	〃	64.01	1.65	0.22	0.001	0.006	29
畑沢	千葉県木更津市	5C中葉			W+F+H	33.08	4.84	0.69	0.016	0.021	30
女威	大阪府茨木市	5C初~6C前			W+F+H	61.9~ 67.7	0.17~ 0.30	0.17~ 0.24	0.004~ 0.009	0.006~ 0.010	31
下城	大分県佐伯市	表探;不明			W+F	54.74	1.40	0.78	0.004	0.02	32
古志本郷	島根県出雲市	4C代	専用羽口		W+F	50.09~ 60.85	1.97~ 2.74	0.08~ 0.29	<0.01	<0.01~ 0.01	33
柳	島根県安来市	弥生時代終末期		有	F	39.32	2.51	0.45	0.002	0.01	34

H: Hercynite, FeO·Al₂O₃

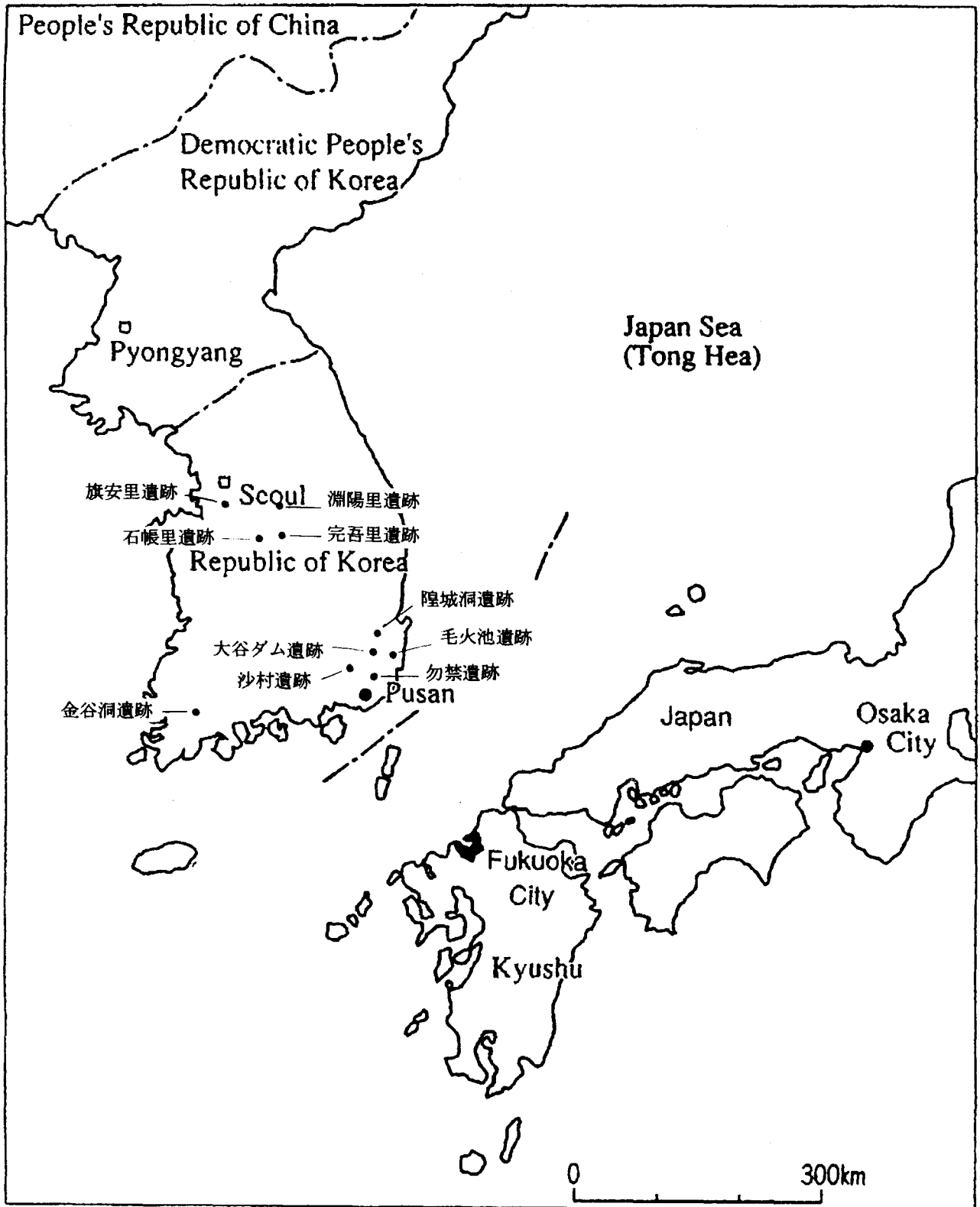
表3の注

1. 指宿市教育委員会発掘調査，報告書準備中
2. 大澤正己 1993 「鉄滓からみた古代の鉄生産」『特別考古学講座一鉄と考古学（第2回）』福岡市埋蔵文化財センター 1993. 10. 16
3. 大澤正己 1984 「松木遺跡出土鉄滓の金属学的調査」『松木遺跡』（那珂川町文化財調査報告書第11集）那珂川町教育委員会
4. 原 俊一他 1985 「埋蔵文化財発掘調査報告書1984年度」（宗像市文化財調査報告書第9集）宗像市教育委員会
大澤正己 1995 「春日市の鉄の歴史」『春日市史上巻』 1995. 3. 31
5. 大澤正己 1998 「勝浦井ノ口遺跡出土鉄滓の金属学的調査」『勝浦北部丘陵遺跡群一勝浦井ノ口遺跡』（津屋崎町文化財調査報告書第13集）津屋崎町教育委員会
6. 大澤正己 2002 「重留遺跡鍛冶工房跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『重留遺跡第4地点』（北九州市埋蔵文化財調査報告書第303集）（北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室 2002. 3
7. 大澤正己 1995 「荻鶴遺跡鍛冶関連遺物の金属学的調査」『荻鶴遺跡』（大分県日田市埋蔵文化財調査報告書第9集）日田市教育委員会
8. 大澤正己 1993 「窪木薬師遺跡出土鉄関連遺物の金属学的調査」『窪木薬師遺跡』（岡山県埋蔵文化財発掘調査報告86）岡山県教育委員会
9. 兵庫県川西市教育委員会，報告書準備中
10. 大澤正己 1990 「雨流遺跡出土椀形鉄滓と鍛造剥片の金属学的調査」『雨流遺跡』（兵庫県文化財調査報告書第76集）兵庫県教育委員会
11. 大澤正己 1981 「大泉遺跡及び周辺遺跡出土鉄滓・鉄剣の金属学的調査」『大泉・大泉南遺跡一下水道管渠埋設工事に伴う一』大阪府柏原市教育委員会
12. 大澤正己 1981 「大阪府所在土師遺跡27-1街区，大和川・今池・高師浜遺跡出土鉄滓の調査」『大和川・今池遺跡Ⅲ』大和川・今池遺跡調査会
13. 大澤正己 1976 「新日本製鉄研修センター内出土鉄滓・鉄製品の科学的分析調査」『土師遺跡発掘調査報告書その1』堺市教育委員会
14. 交野市教育委員会 1989・1990 「森遺跡Ⅰ・Ⅱ」
大澤正己 1991 「交野市森遺跡とその周辺遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『森遺跡Ⅲ』交野市教育委員会
15. 大澤正己 1991 「田屋遺跡出土鉄滓の金属学的調査」『田屋遺跡』（一般国道24号線と歌山バイパス建設に伴う発掘調査）（財団法人埋蔵文化財センター
16. 鳥取県教育委員会提供試料，未発表
17. 大澤正己 1992 「吉田奥遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『上之山』～愛知県瀬戸市吉田，吉田奥遺跡群・広久手古窯跡発掘調査報告書～瀬戸市教育委員会
18. 大澤正己 1988 「本田・東台Ⅰ・Ⅱ遺跡出土鉄滓の金属学的調査」『本田東台・上前原』（江南町文化財調査報告書第8集）埼玉県大里郡江南町教育委員会
19. 大澤正己 1989 「御蔵山中遺跡出土鉄滓と鉄器の金属学的調査」『御蔵山中遺跡』大宮市遺跡調査会
20. 大澤正己 1987 「中山遺跡鍛冶工房跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『中山遺跡・水流遺跡・東原遺跡』（財団法人印旛郡市文化財センター発掘調査報告書第11集）印旛郡市文化財センター
21. 財団法人いわき市教育文化事業団，報告書準備中
22. 大澤正己 1996 「西裏遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『西裏遺跡』（栃木県埋蔵文化財調査報告書第180集）栃木県教育委員会・財団法人栃木県文化振興事業団
23. 大澤正己 1998 「新郭遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『新郭古墳群・新郭遺跡・下り遺跡』（栃木県埋蔵文化財調査報告第214集）栃木県教育委員会・栃木県教育文化振興事業団
24. 福島県郡山市教育委員会調査，福島県文化センター寺島文隆氏経由入手試料，未発表
25. 大澤正己 1998 「南山田遺跡出土鍛冶関連遺物・鉄製品の金属学的調査」（財団法人埋蔵文化財発掘調査事業団への提出資料 1998. 7. 10
26. 大澤正己 1991 「辰巳城遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『母畑地区遺跡発掘調査報告書31』福島県教育委員会・財団法人福島県文化センター 1991. 3
27. 大澤正己 1990 「南小泉遺跡祭祀土壙出土鉄滓の金属学的調査」『南小泉遺跡第16～18次発掘調査報告書2』（仙台市文化財発掘調査報告書第140集）仙台市教育委員会
28. 大澤正己 1997 「山王遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『山王遺跡Ⅰ』（多賀城市文化財調査報告書第45集）多賀城市教育委員会・建設省東北地方建設局 1997. 3
29. 大澤正己・鈴木瑞穂「田村・沖宿遺跡群（八幡脇・尻替遺跡）出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『八幡脇遺跡』（田村・沖宿地区区画整理事業に伴う埋蔵文化財調査報告書）土浦市教育委員会，編集：土浦市遺跡調査会 準備中
30. 予定原稿「畑沢遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」白井久美子氏依頼
31. 大澤正己・鈴木瑞穂 2000 「安威遺跡出土鍛冶滓の金属学的調査」『安威遺跡』（大阪府埋蔵文化財報告1999. 6）大阪府教育委員会 2000. 3
32. 大澤正己「下城遺跡採取鉄滓の金属学的調査」『下城遺跡群の研究』別府大学考古学研究室編集 提出原稿・刊行未定
33. 大澤正己 2003 「古志本郷遺跡出土鍛冶関連遺物の金属学的調査」『古志本郷遺跡Ⅵ』斐伊川放水建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書ⅩⅦ 島根県教育委員会 2003. 3
34. 大澤正己 1998 「柳遺跡出土椀形鍛冶滓の金属学的調査」『塩津丘陵遺跡群』～塩津山遺跡・竹ヶ崎遺跡・附 亀ノ尾古墳～一般国道9号（安来道路）建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書 西地区Ⅸ 建設省松江国道工事事務所 島根県教育委員会 1998. 3

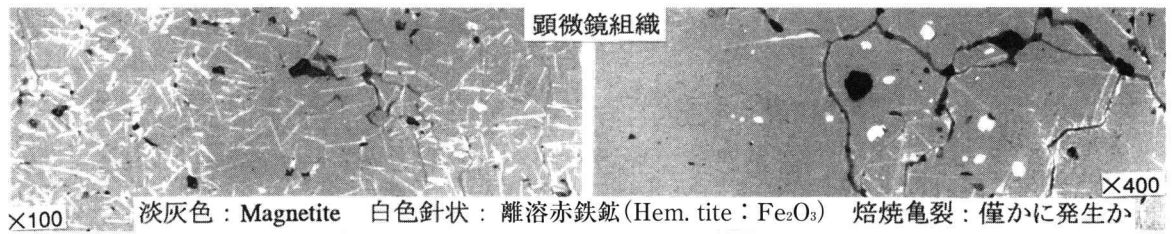
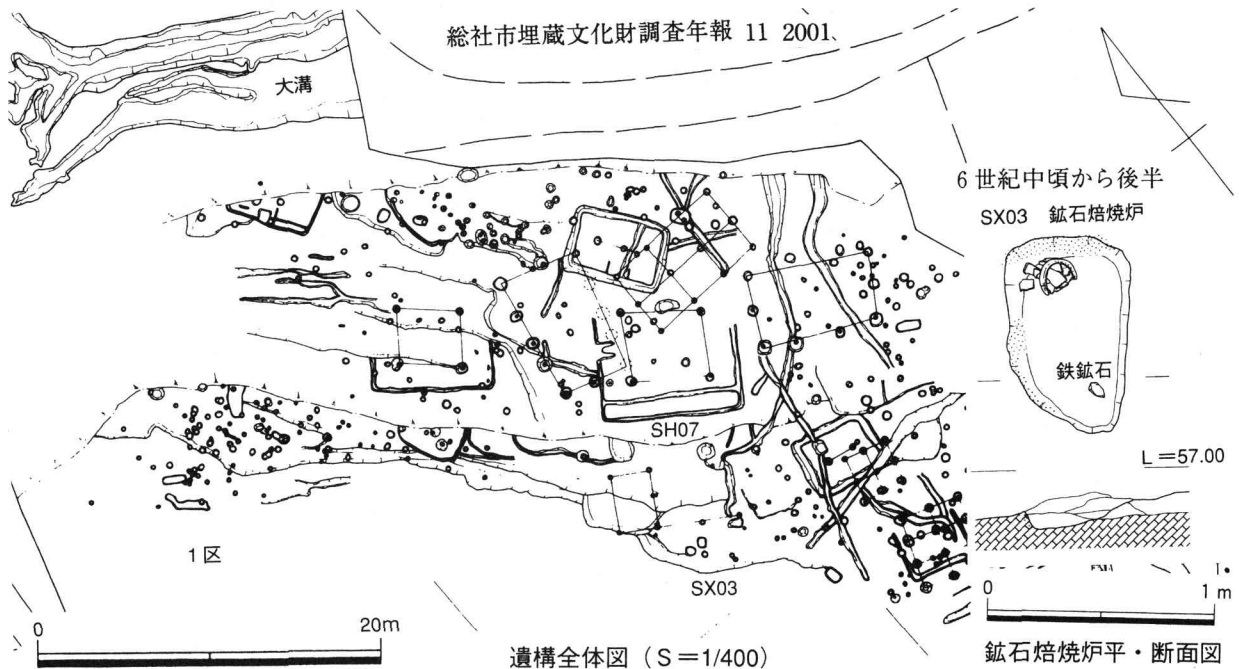
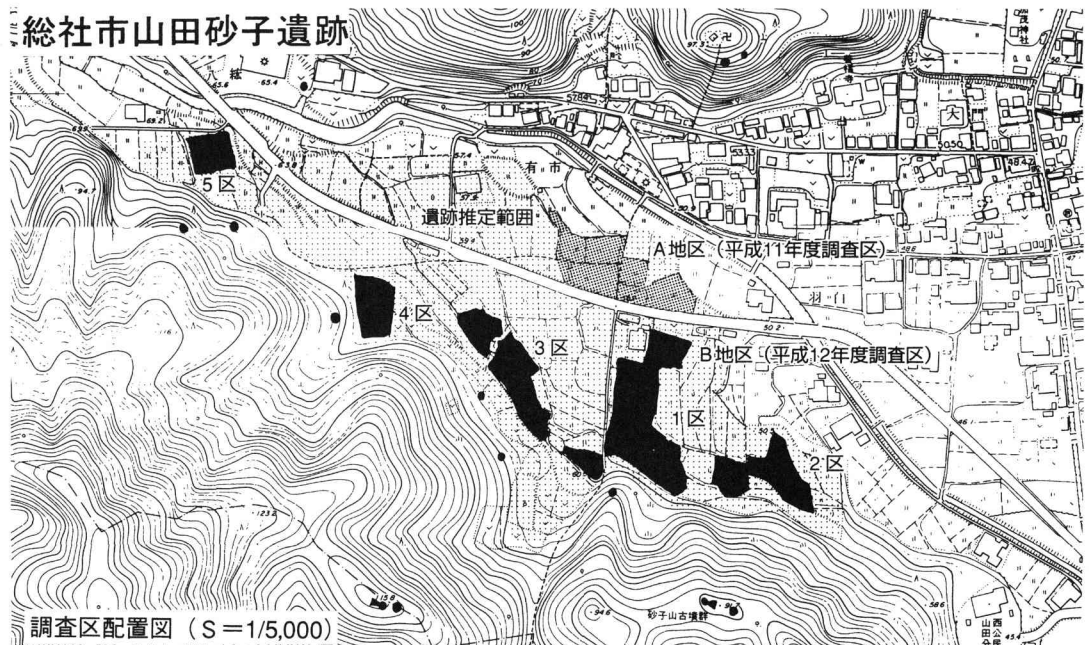
表4 滋賀県下出土鉄鉱石の化学組成

符号	遺跡名	出土位置	遺物名称	推定年代	Σ*																	造滓成分		注			
					全鉄分 (Total Fe)	金属鉄 (Metallic Fe)	酸化第1鉄 (FeO)	酸化第2鉄 (Fe ₂ O ₃)	二酸化珪素 (SiO ₂)	酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化カルシウム (CaO)	酸化マグネシウム (MgO)	酸化カリウム (K ₂ O)	酸化ナトリウム (Na ₂ O)	酸化マンガン (MnO)	二酸化チタン (TiO ₂)	酸化クロム (Cr ₂ O ₃)	硫黄 (S)	五酸化燐 (P ₂ O ₅)	炭素 (C)	バナジウム (V)	銅 (Cu)	砒素 (As)		Total Fe	TiO ₂	
TDR-1	葛籠尾崎遺跡	58-043 14DE-600~900	磁鉄鉱	不明	26.76	0.13	6.75	30.57	32.15	4.69	19.49	1.89	0.09	0.05	0.55	0.14	0.12	<0.01	0.13	0.09	<0.01	0.17	0.004	58.36	2.181	0.005	①
TDR-2	葛籠尾崎遺跡	58-043	磁鉄鉱	不明	70.14	0.13	28.44	68.49	2.04	0.14	0.04	0.08	0.01	0.02	0.09	0.16	0.12	<0.01	0.02	0.03	<0.01	0.01	<0.001	2.33	0.033	0.002	①
TDR-3	葛籠尾崎遺跡	58-043	磁鉄鉱	不明	61.61	0.12	23.19	62.14	7.05	1.43	5.09	0.17	0.02	0.02	0.20	0.19	0.08	<0.01	0.04	0.07	<0.01	0.03	<0.001	13.78	0.224	0.003	①
TDR-4	葛籠尾崎遺跡	58-043	磁鉄鉱	不明	59.35	0.03	22.14	60.21	8.34	2.06	5.62	0.18	0.05	0.01	0.24	0.18	0.03	<0.01	0.05	0.04	<0.01	0.01	0.001	16.28	0.274	0.003	①
TDR-5	葛籠尾崎遺跡	58-048 13-D-E-1000	磁鉄鉱	不明	35.58	0.02	8.46	41.42	25.35	1.66	21.69	0.12	0.03	0.02	0.60	0.04	0.03	<0.01	0.03	0.04	<0.01	0.01	<0.001	48.89	1.374	0.001	①
TDR-6	マキノ鉱道前斜面	表探	磁鉄鉱	—	51.55	0.04	17.78	53.89	15.74	2.40	0.38	1.79	1.46	0.06	1.59	0.25	0.01	0.01	0.07	0.05	<0.01	0.01	0.005	21.83	0.423	0.005	①
Z-91	野路小野山遺跡	SD-2	鉱石	8世紀中葉	69.93		26.15	70.60	0.25	1.06	Teace	0.32			0.18	0.68	0.31	0.010	0.046	0.28	0.02	0.03		1.63	0.023	0.010	②
KNO-9	野路小野山遺跡	SD-2	鉱石(磁鉄鉱)	8世紀中葉	62.5		26.9	58.6	1.60	1.41	0.15	0.33			0.24	0.26	0.01	0.009	0.015	0.01	0.005	0.005		3.49	0.056	0.004	②
KNO-10	野路小野山遺跡	SD-2	鉱石(磁鉄鉱)	8世紀中葉	61.5		27.5	57.3	1.80	1.27	0.14	0.30			0.23	0.25	0.01	0.013	0.019	0.04	0.005	0.003		3.51	0.057	0.004	②
BOK-1	木瓜原遺跡	SR-01・2次調査 Aトレ・最下層 (炭層)	鉄鉱石	8世紀前葉	68.16	0.06	29.96	64.07	4.41	0.21	0.13	0.05	0.025	0.055	0.27	0.01	0.01	0.01	0.03	0.41	0.00	0.001		4.88	0.072	0.000	③
BOK-2	木瓜原遺跡	SR-01・1次調査 炭層溜まり	鉄鉱石	8世紀前葉	68.51	0.07	24.41	70.73	1.70	1.50	0.14	0.32	0.020	0.030	0.22	0.29	0.01	0.01	0.04	0.07	0.00	0.001		3.71	0.054	0.004	③
BOK-3	木瓜原遺跡	SR-01・2次調査 Aトレ・第7層	鉄鉱石	8世紀前葉	34.57	0.04	14.61	33.13	19.98	6.61	12.20	3.63	0.350	0.915	0.17	0.19	0.01	0.00	5.57	0.10	0.00	0.003		43.685	1.264	0.005	③
GNT-1	源内峠遺跡	Aトレンチ(5C-3)木炭層	鉄鉱石	7C後半	62.50	0.08	14.99	72.59	10.58	0.53	0.33	0.06	0.040	0.053	0.07	0.04	0.04	<0.01	0.02	0.08	<0.01	<0.001	0.003	11.593	0.185	0.001	④
GNT-2	源内峠遺跡	Aトレンチ(5C-3)木炭層	鉄鉱石	7C後半	61.28	0.16	23.04	61.78	7.62	0.73	3.83	1.86	0.027	0.048	0.21	0.12	0.02	<0.01	0.23	0.05	<0.01	0.001	0.001	14.115	0.230	0.002	④
GNT-3	源内峠遺跡	Aトレンチ(5C-3)木炭層	鉄鉱石	7C後半	50.94	0.18	19.13	51.32	9.55	3.42	8.12	1.71	0.18	0.47	0.15	0.15	<0.01	0.01	4.26	0.03	0.01	0.002	0.000	23.45	0.460	0.003	④
GNT-18	源内峠遺跡	Aトレンチ(4C-11)木炭層	鉄鉱石	7C後半	48.56	0.38	15.66	51.48	25.81	0.73	1.22	0.77	0.044	0.051	0.48	0.05	0.03	<0.01	0.11	0.06	<0.01	0.002	0.000	28.63	0.589	0.001	④
GNT-21	源内峠遺跡	Aトレンチ(4C-13)木炭層	鉄石焼結塊	7C後半	58.08	0.22	33.55	45.44	9.870	2.81	3.71	0.83	0.29	0.12	0.20	0.17	0.01	<0.01	2.39	0.05	<0.01	0.005	0.003	17.63	0.304	0.003	④
KDR-1	キドラ遺跡	斜面地区	磁鉄鉱	奈良時代	52.84	0.29	24.50	47.91	17.340	0.65	0.24	0.62	0.37	0.04	3.93	0.04	0.01	0.08	0.05	0.08	0.003	0.002	—	19.26	0.365	<0.001	⑤
KDR-2	キドラ遺跡	斜面地区	磁鉄鉱	奈良時代	55.42	0.19	15.80	61.41	12.740	0.60	1.78	2.17	0.22	0.09	2.54	0.02	0.01	0.03	0.03	0.04	0.002	0.005	—	17.60	0.318	<0.001	⑤
KDR-3	キドラ遺跡	斜面地区	磁鉄鉱	奈良時代	36.21	0.18	6.66	44.11	29.240	0.91	13.00	0.30	0.09	0.52	1.71	0.03	0.02	0.01	0.05	0.04	0.003	0.002	—	44.06	1.217	<0.001	⑤

注) ①大澤正己「葛籠尾崎遺跡(湖底)出土鉄鉱石の金属学的調査」『湖北遺跡群』(琵琶湖発掘事業関連埋蔵文化財発掘調査報告書7)滋賀県教育委員会、(財)滋賀県埋蔵文化財保護協会 2002.3
 ②大澤正己「野路小野山遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『野路小野山遺跡発掘調査報告書』(国道1号京滋バイパス関連遺跡発掘調査報告書 第4冊)滋賀県教育委員会 草津市教育委員会 (財)滋賀県文化財保護協会 1990
 ③大澤正己「木瓜原遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『木瓜原遺跡』(立命館大学びわこ・くさつキャンパス造成工事関連埋蔵文化財発掘調査報告書)滋賀県教育委員会 (財)滋賀県文化財保護協会 1996
 ④大澤正己・鈴木瑞穂「源内峠遺跡出土製鉄関連遺物の金属学的調査」『源内峠遺跡』(びわこ文化公園整備事業に伴う発掘調査報告書)滋賀県教育委員会 (財)滋賀県文化財保護協会 2001.3
 ⑤彦根市教育委員会「キドラ遺跡発掘調査現地説明会試料」平成8年11月30日 左記関連鉄鉱石、大道和人員經由入手、大澤正己分析



第16図 韓国古代製鉄・鍛冶・鑄造報告書刊行・準備遺跡



淡灰色：Magnetite 白色針状：離溶赤鉄鉱 (Hem. tite: Fe_2O_3) 焙焼亀裂：僅かに発生か

化学組成 (%)

T.Fe	M.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	S	P ₂ O ₅	C	V	Cu
67.73	0.03	20.26	73.77	3.09	0.16	0.03	0.04	0.01	0.02	0.46	0.01	0.05	0.02	0.03	0.06	0.01	0.023

脈石成分少なく高純度磁鉄鉱である。

分析試料は焙焼炉出土品ではない

第17図 砂子遺跡検出焙焼炉と鉄鉱石頭微鏡組織

金屬組織學에서 본 日本列島와 韓半島의 鐵

大澤正己

일본열도내의 縄文(繩文)시대 말기부터 야요이(彌生)시대에 걸쳐서의 초기철기문화는, 중국동북 지방에서 생산된 가능성이 높은 고온환원간접제강법(高溫還元間接製鋼法)에 기초한 가단주철(可鍛鑄鐵), 주철탈탄강(鑄鐵脫炭鋼), 초강(炒鋼) 등 각 제품의 도입에서 시작된다. 또, 유존도(遺存度)가 나쁜 저온환원직접제강법(低溫還元直接製鋼法)의 괴련철(塊鍊鐵)도 드물게 발견되지만, 그 수는 적고 녹슬은 탓에 그 검출도(檢出度)는 극히 낮다.

한편, 야요이시대의 단야기술(鍛冶技術)은 아직 서툴러서 원시단야(原始鍛冶)라고 부를 상황이다. 우선 廢鐵器(鑄造鐵斧脫炭品破片)의 지식연마재생(砥石研磨再生)에서 시작하여, 다음은 棒(條材), 판의 반제품을 원료로한 鑿切, 火炙成形, 砥石研磨에 의한 철기제작이다. 鍛冶素材의 產地는 야요이시대 후기전반무렵까지는 중국측, 후기중반 무렵이후는 철생산이 시작된 한반도쪽에 의존한 形跡을 남기고 있다.

본격적 鍛冶가 되는 것은 羽口를 사용하여 끓이고 펴고, 火造라고 하는 공정의 시작은 고분시대의 전기무렵으로, 철광석, 사철원료의 製鍊시작은 고분시대 중기이후까지 내려와야 한다. 한반도측의 제련기술의 시작은 확실하지는 않으나, 焙燒磁鐵鑛을 원료로 한 石帳里遺跡의 A·B구에서 3~5세기의 작업이 있었던 것으로 보아, 더 올라가는 것이 확실하다. 이것의 뒤에 이어지는 유적으로써 沙村製鐵遺跡이 발굴되었다. 모두가 圓形爐이며, 일본열도내의 고분시대 후기에 속하는 유구(遺構)가 히로시마, 오카야마의 양현에서도 발견되고 있다. 단, 일본열도내에서는 大口徑羽口(송풍관)을 수반하고 있지 않기 때문에 같은 계통으로 보기에는 의론이 나누어지기도 한다. 일본열도내의 圓形爐는 砂鐵과 鑛石의 2가지 원료를 사용하고 있고, 焙燒技術은 받아들여지고 있다.

Irons in Japan and the Korean Peninsula Based on Metallurgy

OSAWA, Masami

In Japan the early iron culture from the final phase of the Jomon period to the Yayoi period began at the introduction of iron products of malleable cast iron, iron casting decarbonized steel, and paddling steel with the method of high-temperature reduction which was most likely be adopted in the northeast region of China. Moreover, sponge iron with the method of low-temperature reduction has seldom been found because of hardly been survived; a few specimens and corroded condition cause that they have been found in a very small percentage.

On the other hand, the technology of forge of the Yayoi period is still confined in the undeveloped stage and also in the environment which is called a primitive forge. Firstly, the used iron wares (fragments of the decarbonized-casting iron axes) were reused by polishing them with whetstone, and secondly, as the half-finished goods of a stick and a board as raw materials were proceeded to produce iron wares by cutting, taking fabrication of heat, and at the end polishing with whetstone. Raw materials for forge depend on China until the middle of the Late Yayoi period, but after the middle of the Late Yayoi period there is evidence that they depend on the Korean Peninsula where iron production already started.

Adopting the funnel which serves as a full-scale forge; pounding, shaping, and refining, these procedures began around the first half of the Kofun period, and the beginning of refinement of iron ore and iron sand should wait until the middle of Kofun period. It is not certain when the refinement adopted in the Korean Peninsula began, however, there are some evidences that heated magnetites as raw materials were used in the A and B areas of Sökjang-ri Site in the 3th through 5th century, and it is sure that the date will be much earlier. As the successive site, Sachon Iron Mill Site has been excavated; the remains of furnace are round in plan, and this type has been discovered in Hiroshima and Okayama prefectures, which is belonging to the Late Kofun period. However, any large funnels in diameter have not been unearthed in Japan, therefore, there are some arguments whether or not two specimens are similar in type. As to the round furnace in Japan, iron sand and iron ore were adopted simultaneously for raw materials, and adopting the heating method have been inherited.
