益田市上久々茂土居跡遺跡出土
鉄滓・鉄釘の金属学的調査

平成５年３月

育委員会

上久々茂土居跡は益田市久々茂町に位置し，古くから広島県などへの交通の要衝の地であった。同地では一般国道191号建設の予定敷地内にあって，事前発掘調査が島根県教育委員会によって行われた。

遺跡の年代は不明なるも奈良時代の須恵器や中世（14～16世紀）の土師質土器などが出土している。土坑内から出土した鉄滓および鉄器について分析の依頼があったので，その結果と若干の考察を加えたので併せて報告する。

1．資　　料

資料の明細および外観を表1，写真1～4に示す。

表1　資料の明細

番号	名　　称	明　　細	重　量（g）
No. 1	Ⅱ区SK39鉄滓	厚み約80㎜、幅約80㎜、長さ約110㎜の大きさで、やや黒色小さな気泡があって軽い感じのもの	850
No. 2	Ⅱ区SK46鉄滓	厚み約20㎜、幅約55㎜、長さ約80㎜の大きさで、底面側は椀形、上面は小さな凹凸状で、表面はやや赤味。	180
No. 3	Ⅱ区SK46焼土（930922）	表面の骨材が固く焼き締っている。骨材はSiO_2系のようである。厚み約30㎜、幅約60㎜、長さ約60㎜	130
No. 4	Ⅱ区SK49鉄釘	約10㎜φで長さ約55㎜、色は鉄錆び状のもの	17

2．化学組成

各資料から試料を採取したが，特に資料№4鉄釘は図1に示す位置より採取し，化学分析を行った。各資料の化学組成を表2に示す。このうち炭素および硫酸は堀場製作所EMIA-1200型C•S同時定量装置による赤外線吸引法により，その他の元素は島津製作所高周波誘導プラズマ発光分光分析装置（ICPV-1012型）により定量した。

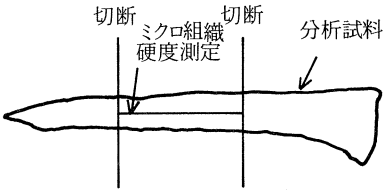


図1　分析試料及びミクロ組織試料採取位置

3．顕微鏡組織

資料の顕微鏡組織を写真５～９に示す。

資料№１，№２鉄滓はファイヤライト，ヴスタイトの結晶が主体である。

資料№４の鉄釘は写真７に示すＣ量の低い部分と写真８に示すＣ量の高い部分が認められる。

また同資料の介在物を写真９に示すが延びは少ないようである。

写真10に鉄釘のＸ線写真を示すが角形釘であった。

表２　各種資料の化学組成（重量　%）

	C	SiO_2	MnO	P	S	Ni	Cr_2O_3	Na	K	CaO
No. 1 Ⅱ区SK39鉄滓	0.13	20.86	0.20	0.12	0.034	0.01	0.03	0.19	0.57	1.30
No. 2 Ⅱ区SK46椀形鉄滓	0.17	16.80	0.05	0.19	0.027	0.01	0.02	0.14	0.11	0.51
No. 3 Ⅱ区SK46焼土	0.17	58.30	0.10	0.089	0.007	0.01	0.02	0.32	3.56	0.10
No. 5 SK49付近の土(白)	1.16	54.25		0.85	0.007			0.66	1.07	0.40
No. 6 SK49付近の土(黒)	1.18	57.83		0.078	0.009			0.63	1.08	0.36

	MgO	V_2O_5	TiO_2	Cu	Al_2O_3	T.Fe	FeO	Fe_2O_3	M.Fe
No. 1 Ⅱ区SK39鉄滓	0.87	0.093	0.66	0.01	6.50	43.11	40.70	16.53	0.35
No. 2 Ⅱ区SK46椀形鉄滓	0.30	0.021	0.06	0.01	3.81	51.86	58.82	28.96	0.64
No. 3 Ⅱ区SK46焼土	0.41	0.026	0.20	0.01	19.31	2.80	1.20	2.67	0.05
No. 5 SK49付近の土(白)	0.91	0.025	0.33		17.81	2.98			
No. 6 SK49付近の土(黒)	0.91	0.025	0.33		17.98	2.96			

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Zr	Ce	Ca
No. 4 鉄　釘	0.20	0.03	<0.01	0.050	0.011	0.007	<0.01	<0.01	<0.01	0.006

	Mg	V	Co	Cu	Al	Ti	Sn	As	T.Fe
No. 4 鉄　釘	0.002	0.005	0.005	<0.01	0.010	0.005	0.002	0.002	77.94

4．構成相の解析

前項で観察した試料を用い，走査型電子顕微鏡（SEM）による微細組織の観察ならびにEDX（エネルギー分散型Ｘ線分析）による局部的な定性分析をまた粉砕試料を用いてＸ線回折を行い構成結晶の同定を行った。

結果を写真11～15に示す。またこれらの結果を総括し，各資料の構成相を示すと表３のようになる。

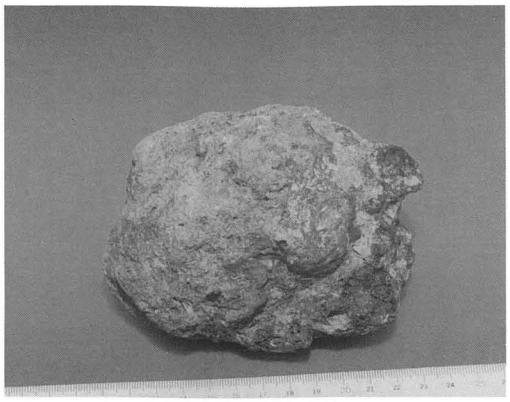


写真１　資料No．１　Ⅱ区SK39鉄滓の外観

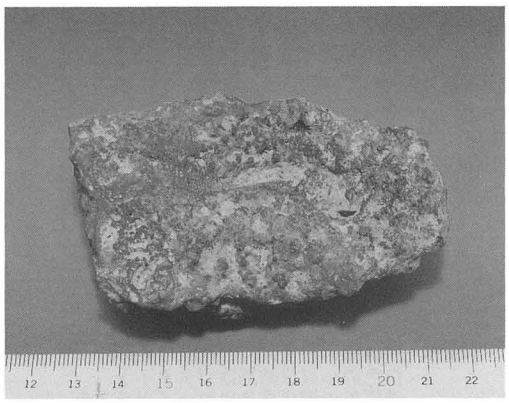


写真２　資料No．２　Ⅱ区SK46鉄滓の外観

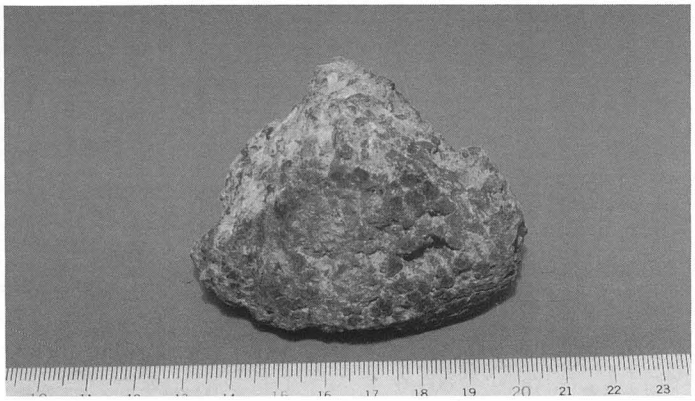


写真３　資料No．３　Ⅱ区SK46焼土の外観

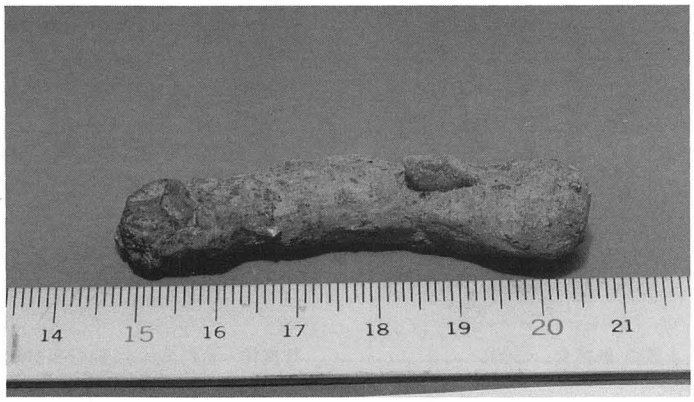


写真４　資料No．４　Ⅱ区SK49鉄釘の外観

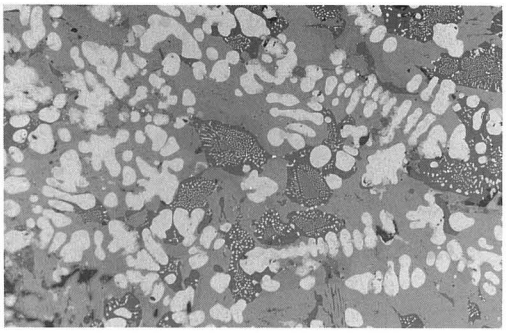


写真５　資料No．１　Ⅱ区SK39鉄滓（×100）
白色の小豆状結晶はヴスタイト
淡灰色の板状結晶はファイヤライト

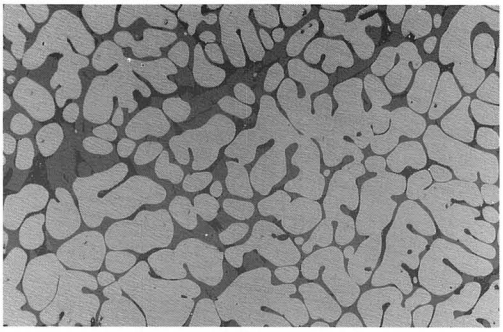


写真６　資料No．２　Ⅱ区SK46鉄滓（×100）
白色結晶はヴスタイト
淡灰色の板状結晶はファイヤライト

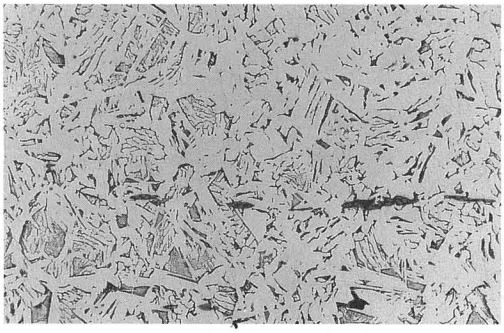


写真７　資料No．４　Ⅱ区SK49鉄釘（×100）
白色結晶はファイヤライト　５％ピクリン酸アルコール腐食
小さな黒色部はバーライト
延びた黒色の綿状物は介在物

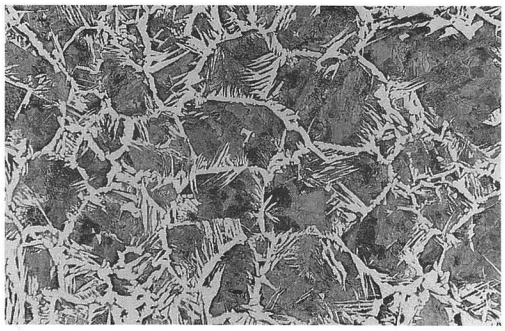


写真８　資料No．４　Ⅱ区SK49鉄釘（×100）
白色の網状結晶はフェライト　５％ピクリン酸アルコール腐食
黒色部はバーライト

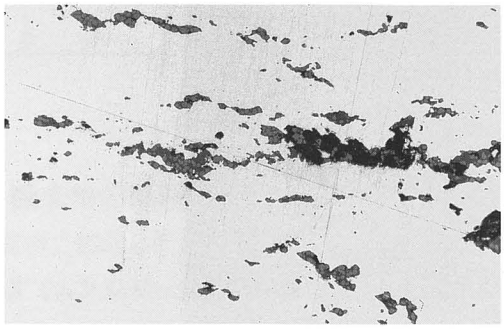


写真９　資料No．４鉄釘 無腐食（×100）
延びた黒色物は介在物

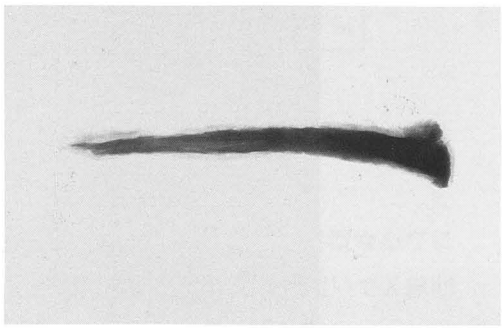


写真10　資料No．４　Ⅱ区SK49鉄釘
Ｘ線写真角形釘であった

表３　資料のＸ線回折による相解析

番号	資料名	ファイヤライト Fe_2SiO_4	ヴスタイト FeO	マグネタイト Fe_3O_4	ゲーサイト FeO(OH)	基地（ガラス質）
No. 1	Ⅱ区SK39鉄滓	◎	◎	◎	○	Si-K-Al-Fe
No. 2	Ⅱ区SK46鉄滓	◎	◎			Si-Fe-K-Al-Ca-P-Na

注　◎：多い、○：あり、△：少ない

5．考　　察

大沢正巳氏[(1)]が調査された古墳出土鉄滓の化学組成，構成相に本鉄滓との比較を表４に示す。

表４により，資料が製錬滓か鍛冶滓か，あるいは使用原料が砂鉄か鉱石（岩鉄）かについて考察してみる。

(1)　資料№１について

鉄分が43.11％とやや高く，造滓成分29.53と多いが，構成組織をみると，ヴスタイト＋ファイヤライトが主であることとTiO_2が0.66％と低いことから，製錬滓ではなく，鍛冶滓と判断される。また鍛錬鍛冶滓にしては鉄分低く，造滓成分多いことから鍛錬鍛冶滓ではなく精錬鍛冶滓と判断される。

表４　資料の化学組成および構成相の比較

名称		化学組成（重量％）				構成相
		造成成分	TiO_2	V	T.Fe	
製錬滓（砂鉄）	福岡地方	16.8 ～39.8	1.1 ～ 8.2	0.006 ～ 0.576	37.5 ～57.6	W＋F，W+M+F，M＋F
〃	岡山地方	17.1 ～25.9	5.03 ～19.8	0.02 ～ 0.18	32.1 ～41.8	M＋F，U＋I＋F
鉱石系製錬滓		44.5 ～54.9	0.35 ～ 0.57	0.007 ～ 0.010	27.5 ～38.0	F＋(W/M)微量
精錬鍛冶滓（砂鉄系）	福岡地方	21.0 ～33.5	0.22 ～ 0.9	0.009 ～ 0.010	49.1 ～55.6	W＋F
〃	岡山地方	21.4	5.6	0.12	51.7	W+M+F
鍛錬鍛冶滓（砂鉄系）	福岡地方	10.1 ～12.6	0.1 ～ 0.7	0.013 ～ 0.288	62.2 ～64.0	W＋F
〃	岡山地方	7.52	0.06 ～ 0.19	0.06	50.1 ～64.0	W＋F
No. 1　Ⅱ区 SK39 鉄滓	益田市	29.53	0.66	0.052	43.11	W＋F＋M＋G
No. 2　Ⅱ区 SK46椀形滓	〃	21.42	0.06	0.0118	51.86	W＋F

注：造滓成分（$SiO_2+Al_2O_3+CaO+MgO$）
W：Wustite，F：Fayalite，M：Magnetite，U：Ulvospinel，
I：Ilumenite，G：Goethite

(2) 資料№2について

鉄分51.86%と高く，造滓成分21.42はやや多いが，構成組織はヴスタイト＋ファイヤライトが主であり，写真6および写真13のSEM像にヴスタイト量が極めて多いこと。また表5鳥上作刀鍛錬場の鍛錬鍛冶滓の造滓成分量をみると鍛錬方法によっては鍛錬鍛冶滓でも高いことが認められることから資料№2は精錬鍛冶滓ではなく鍛錬鍛冶滓の可能性が大きいと推定される。

表5　鳥上作刀鍛錬場鉄滓の化学組成と鉱物組織のまとめ

組成＼種類		玉へし滓	4回鍛錬滓	8回鍛錬滓	12回鍛錬滓	造り鍛え鍛錬滓
化学組成	全鉄分（T.Fe）	60.14	62.08	59.65	57.41	60.34
	造滓成分	18.57	18.80	21.07	22.21	24.10
	二酸化チタン（TiO_2）	0.20	0.20	0.20	0.20	0.28
	バナジウム（V）	0.034	0.022	0.016	0.0080	0.008
主な鉱物組成		W＋F＋αFe	W＋F＋M＋αFe	W＋F＋M＋αFe	W＋F＋αFe	W＋F＋αFe

注：造滓成分（SiO_2＋Al_2O_3＋CaO＋MgO）

(3) 使用原料は砂鉄か鉱石か

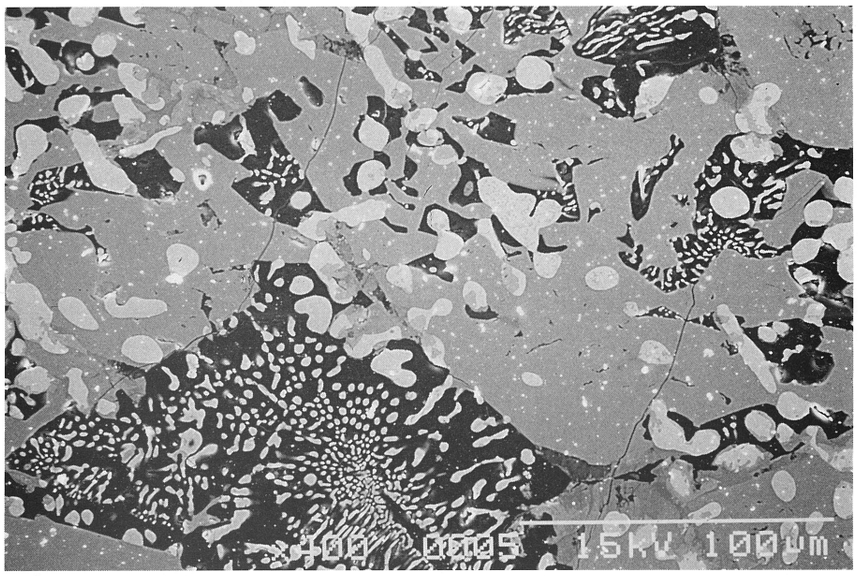
使用原料を区別する指標となるものはTi，V量[(2)]である。表4より砂鉄を原料とした精錬鍛冶滓〔TiO_2〕／〔Fe〕の比を求めると，0.01～0.11であるのに対し，本資料を№1は0.0153と高く，また，砂鉄系精錬鍛冶における〔V〕／〔Fe〕の値を求めると，福岡で0.0012，岡山で0.0023となる。一方本資料№1は0.00121と高い。また，資料№1のEDX分析ではTiO_2量3.12%が検出されていることから資料№1の原料は砂鉄系と判断される。

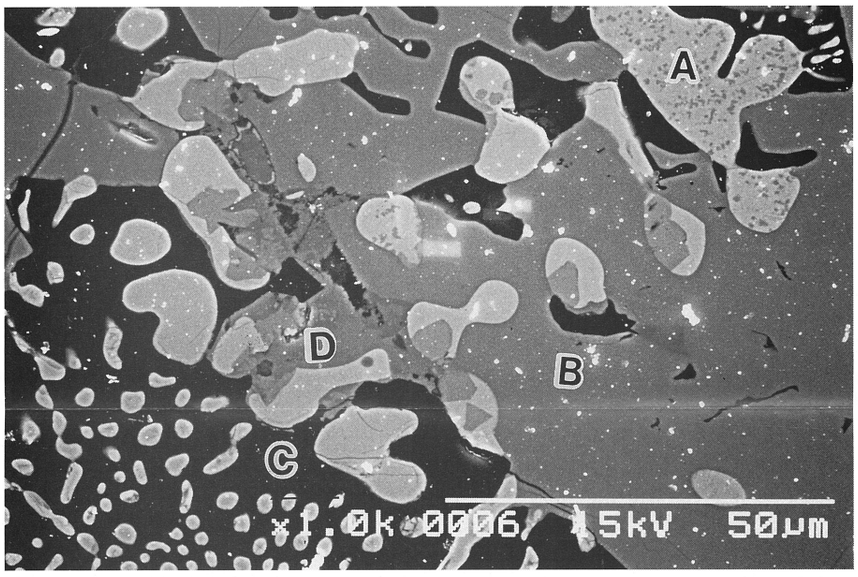
また同じように鍛錬鍛冶滓の〔TiO_2〕／〔Fe〕比を求めると，0.00233～0.00475であり，資料№2は0.00116と低く，〔V〕／〔Fe〕比では0.00116～0.00207に対し資料№2は0.00023と低い，またEDX分析では全くTiO_2化合物が検出されていないことから資料№2の原料は鉱石系と判断される。

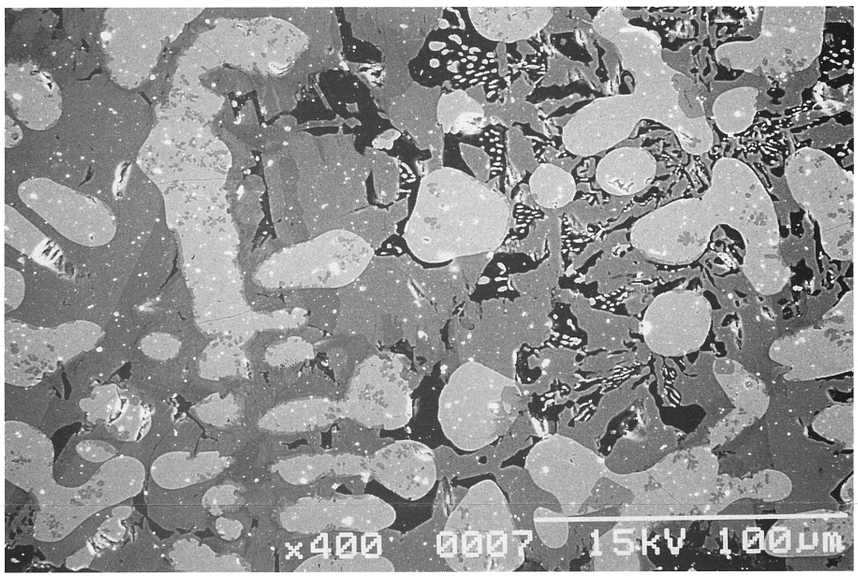
(4) 資料№3焼土について

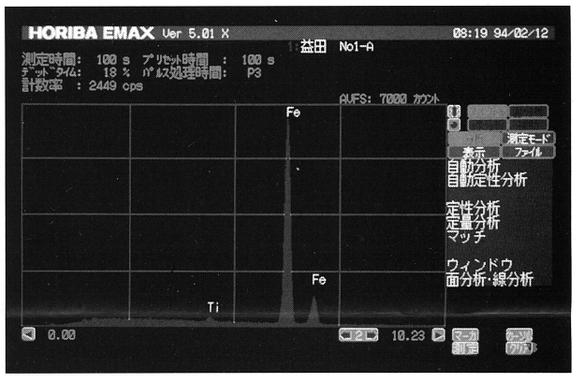
炉壁と思われている資料の化学組成と従来調査[(3)]した釜土の組成比較を表6に示す。

組成的にみると，本資料焼土は近代たたらの釜土よりSiO_2は低く，Al_2O_3量がやや多めであることから，製錬用の炉壁ではなく鍛冶炉用炉壁と推定される。また付近の土と同一程度の組成であることから，手近な土を用いて火床が造られたものと推定される。

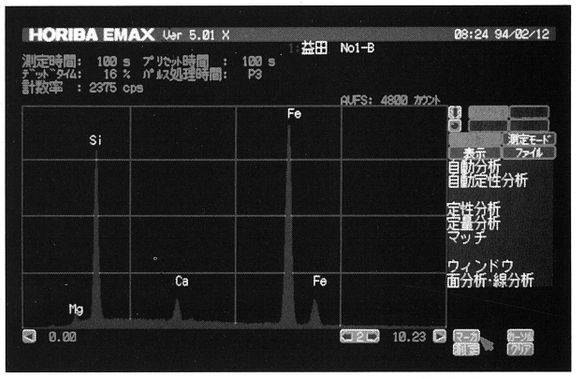




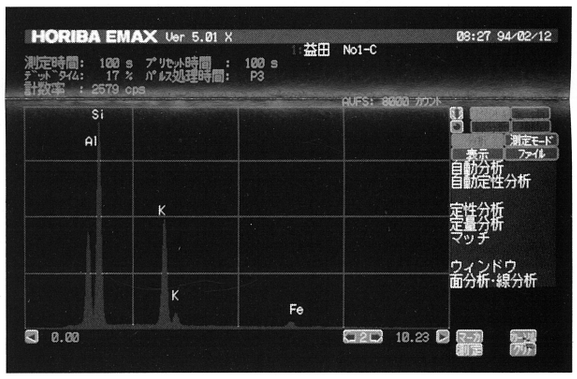




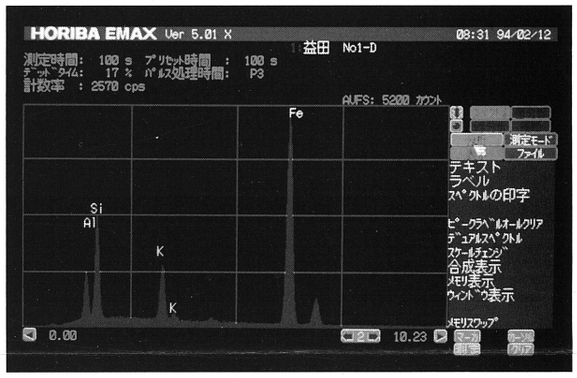
A部　ヴスタイト　　EDX分析結果（重量　%）
Ti：1.87%（TiO_2：3.12%）
Fe：75.31%
O：22.82%



B部　ファイヤライト



C部　基　　地



D　　部

写真11　資料No．1のSEM像とEDX分析

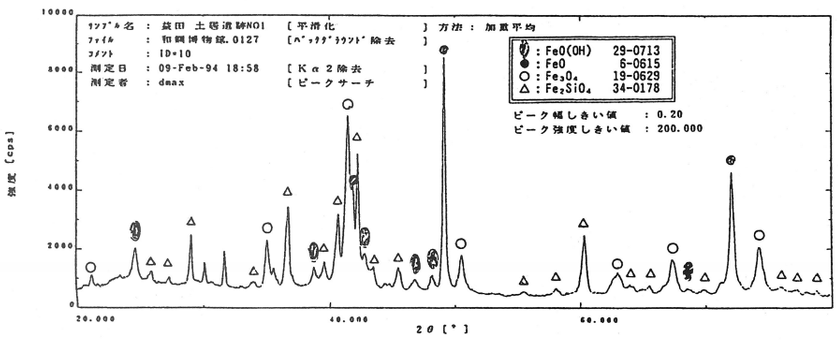
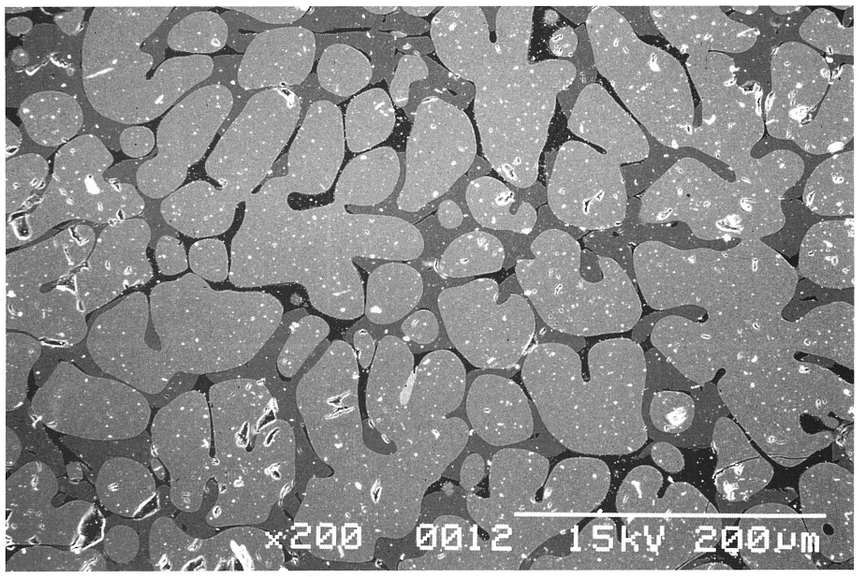
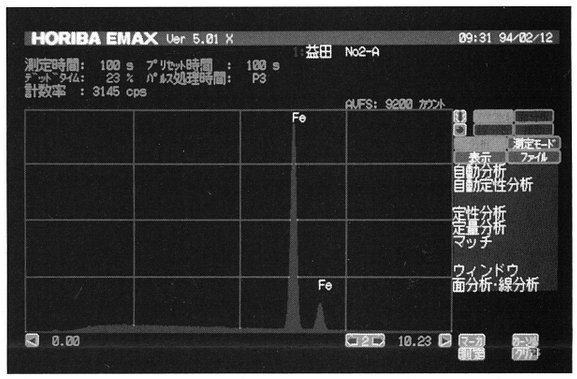
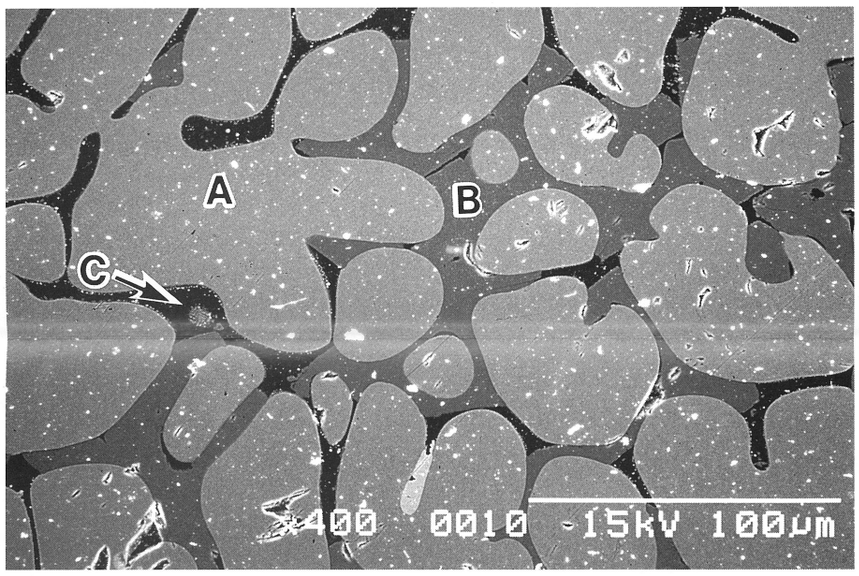


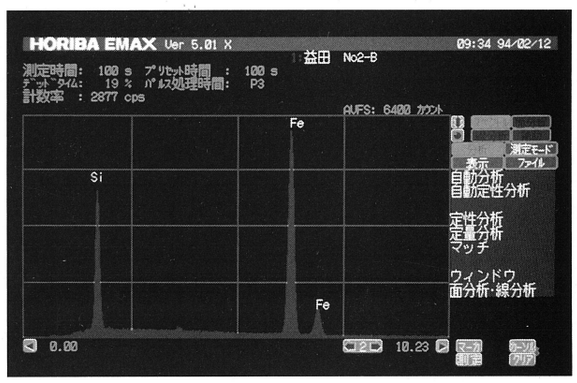
写真12　資料No．1のX線回折像



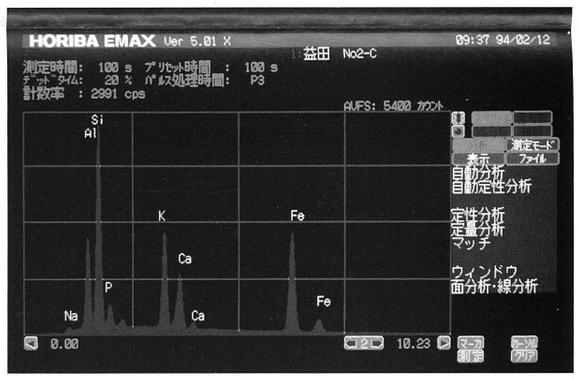


A部　ヴスタイト





B部　ファイヤライト



C部　基　　地

写真13　資料No. 2のSEM像とEDX分析

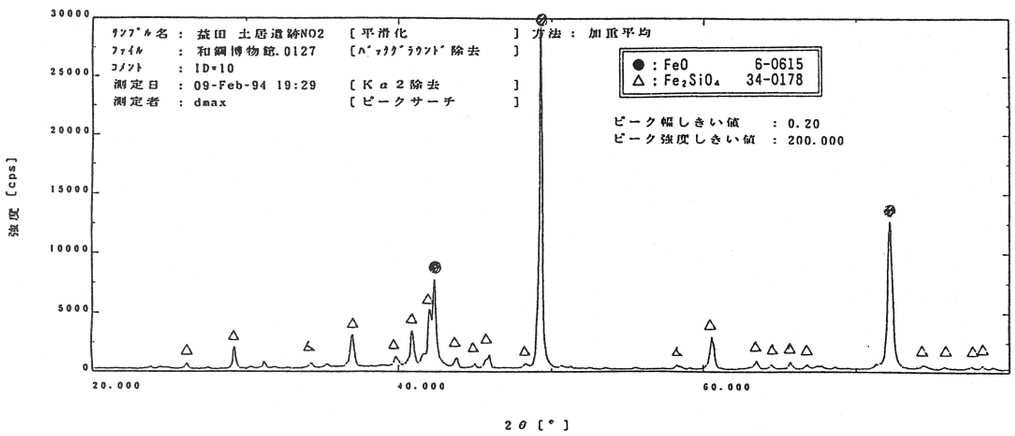
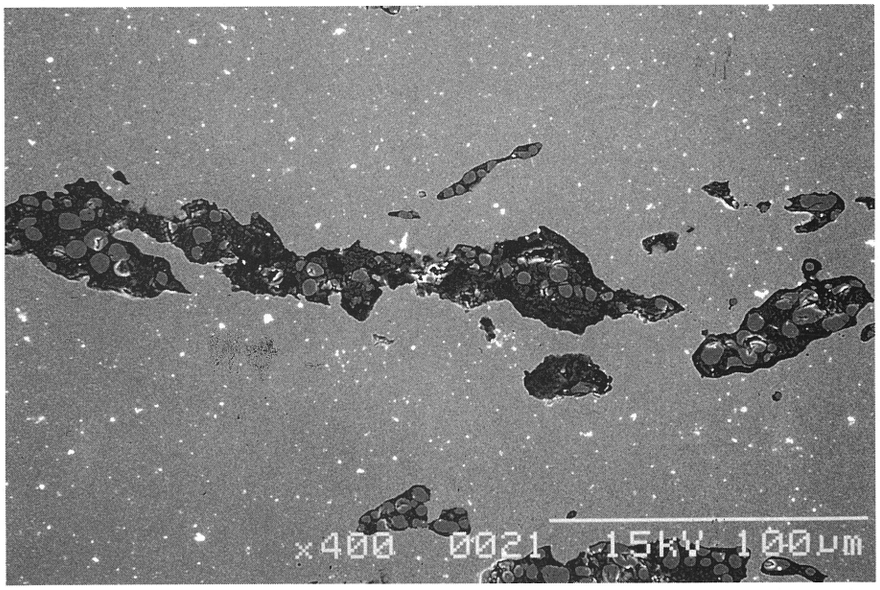
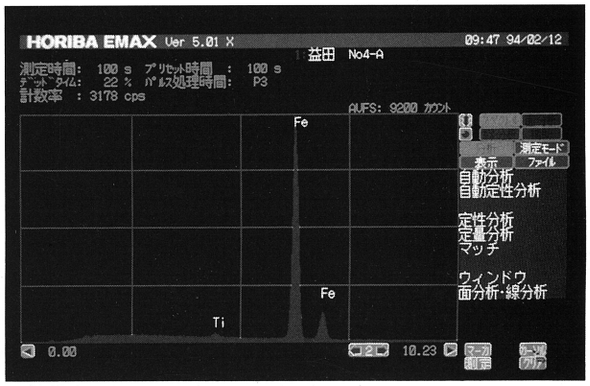
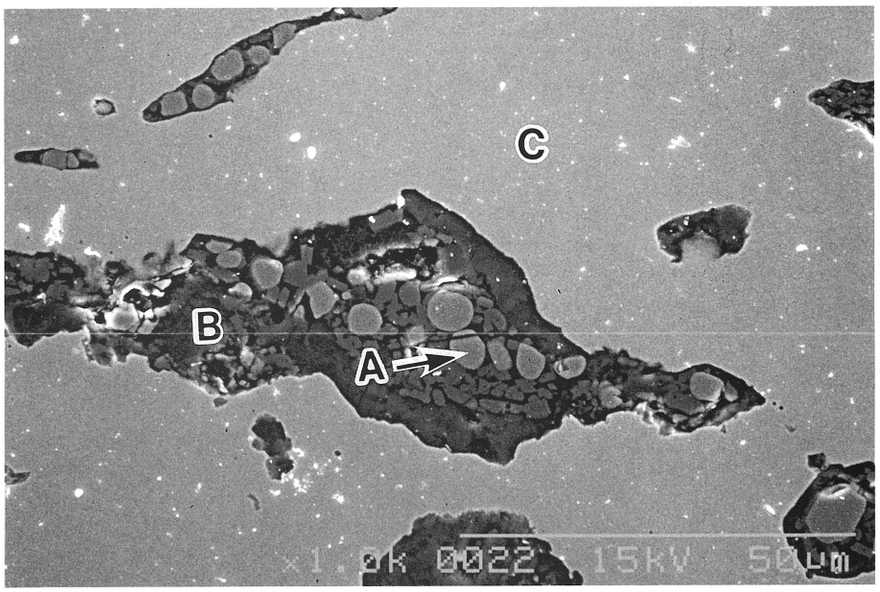


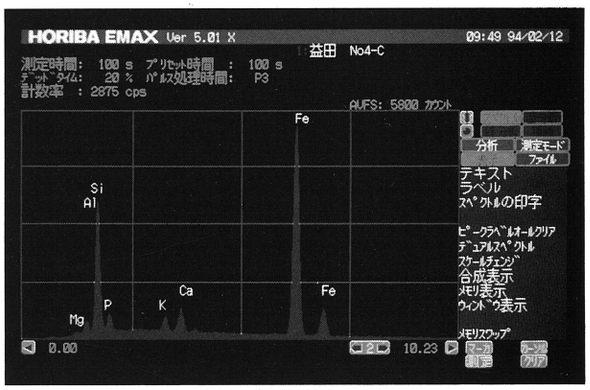
写真14　資料No. 2のX線回折像



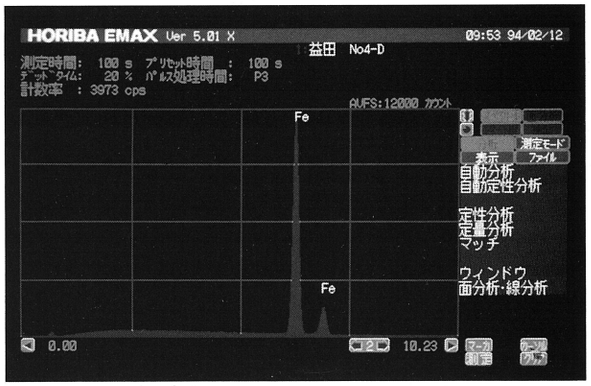


A部　ヴスタイト　　EDX分析結果（重量　%）
Ti：0.74%（TiO_2：1.23%）
Fe：76.78%
O：22.49%





B部　ファイヤライト



C部　金 属 部

写真15　資料No．4のSEM像とEDX分析

表６　各種釜土の化学組成の比較　（重量　％）

	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	T.Fe
No.３ Ⅱ区SK46焼土	58.30	19.31	0.20	0.10	0.41	2.80
No.６ SK49付近の土(黒)	57.83	17.98	0.33	0.36	0.91	2.96
砺波炉元釜土(4)	65.59	18.63	—	0.23	Tr	3.37
石見国価谷炉元 釜　　土　(4)	67.16	14.91	—	0.03	Tr	1.91
靖国たたら釜土(5)	68.54	13.12	—	0.25	0.26	3.10
日本鉄鋼協会 復元たたら釜土(6)	64.44	13.60	—	0.20	0.38	2.83
鳥上作刀鍛錬場 火床羽口取付粘土(7)	54.28	19.10	0.89	1.17	1.33	4.62
庄原市則清遺跡 鍛冶炉壁(8)	55.30	19.13	0.14	1.00	0.95	7.07

注　(4)　俵　　国一　：古来の砂鉄精錬法，丸善　1933
　　(5)　小塚　寿吉　：日本古来の砂鉄精錬法“たたら”について　鉄と鋼第52年第12号
　　(6)　日本鉄鋼協会：たたら製鉄の復元とその鈩について　昭和46年２月27日
　　(7)　和鋼記念館　：鳥上作刀鍛錬場鍛冶滓の調査　昭和63年６月30日
　　(8)　和鋼記念館　：庄原市則清遺跡出土鉄滓の調査　平成５年１月13日

(5)　資料№４鉄釘について

本資料鉄釘はＣ量0.20％と低いが，顕微鏡組織写真７，８をみるとＣ量の異なる組織が認められ均一ではない。またフェライト・パーライト組織であることとピッカース硬度が表７に示す如く142～192と低く焼入処理は行われていなかったものと判断する。写真９の介在物の延びが少ないことから鍛造比は少なかったものと推定される。

本資料の原料は砂鉄か鉱石かを判断する指標となる元素はTiおよびＶである。Ti，Ｖを多く含む砂鉄を原料とする鉄には平均でTi：0.02％，Ｖ：0.01％を含んでいるが，Ti量は製錬条件により異なり0.001～0.08％の間にばらつく[(3)]，本資料の場合，写真15に示す介在物のEDX分析の結果TiO_2量1.23％が検出された。砂鉄製錬の証となるウルボスピネルは検出されなかったが，TiO_2がかなり多く検出されたことによって，砂鉄系原料による可能性が強いものと推定される。

表７　硬度測定（Hv　300gf）

1	2	3
142	156	192

6．結　　言

益田市上久々茂土居跡遺跡出土鉄滓および鉄釘について化学組成ならびに組織の調査を行った。結果を要約すると次の通りである。

(1) 資料№1鉄滓は砂鉄系原料を用いた鍛錬鍛冶滓と推定される。

(2) 資料№2鉄滓は鉱石系原料を用いた鍛錬鍛冶滓と推定される。

(3) 資料№3焼土は鍛冶炉用炉壁と推定される。

(4) 資料№4鉄釘は砂鉄を原料とした鉄素材が用いられたものと推定される。

以上の調査は島根県教育委員会の依頼により，調査は日立金属株式会社冶金研究所で実施し，日立金属テクノクス清永取締役に御指導を賜った。

参考文献

(1) 大沢正己：古代出土鉄滓からみた古代製鉄，日本製鉄史論集119P（たたら研究会1984）

(2) 和綱記念館：大成遺跡出土鉄滓及び鉄器の調査　昭和63年6月15日

(3) 和綱記念館：庄原市則清遺跡出土鉄滓の調査　　平成5年1月13日

（和鋼博物館　佐藤　豊）

小冊子は，島根県教育委員会が上久々土居跡出土の鉄滓や鉄釘などを，平成5年11月に和鋼博物館へ分析依頼した結果報告である。

この分析については和鋼博物館副館長・佐藤　豊氏にお願いした。

なお，同遺跡の調査報告書は，別途刊行されている。