

復元炉高と出土遺物の組成から推定される 箱型・豎型炉の性格

佐々木 稔*

Analysis of the Products of Ancient and Medieval Low Shaft Furnaces in Japan

Minoru SASAKI

Synopsis : Archaeologists have classified the ancient and medieval shaft furnace into three types, “rectangular box”, “self-standing” and “partly-undergrounded”. Although the shaft wall lost its original shape, they have tried to pick up the brick pieces and reconstruct the wall. The heights of the restored shaft are reported to be ranging from about 50 to 70 cm. The author supposes that such a low shaft furnace could not have been able to smelt iron sand in liquid state.

Under the optical microscope, graphite carbon, ledeburite and primary-crystallized cementite were observed in the inner part of metal-rich relics and identified to be the remaining structure of pig iron before decarbonization. Fair amounts of Cu, P, Ni and/or Co were contained in the excavated pig iron sample. These elements are estimated to originate in the raw magnetite ore. Analytical results of the samples taken from the three types furnace ruins have not shown any distinguishable relationship among the main slag components.

It was considered that most of the ancient and medieval furnaces were operated for steelmaking of pig iron.

Key words: restoration of furnace, height of shaft wall, minor components in pig iron, composition of excavated slag.

1. はじめに

鉄関連炉遺構の生産的な性格については、主として考古学系研究者によって検討されてきた。そして多くの遺構で炉体上部が失われていることから、炉跡の平面形状と下部施設の変化に着目して、生産機能の時代的進歩・向上を説明しようとする状況が今なお続いている。

炉の機能が砂鉄や破碎鉱石を木炭で還元して金属状態の鉄を製造する製錬にあるのか、それとも銑鉄の再溶融・脱炭処理を行って鋼に変える精錬にあるのか、それを明確にしないまま、ほとんどの場合考古学系研究者は独自に判断してきた。金属系研究者はせいぜい協力者にすぎず、出土した鉄塊や鉄滓類の委託調査を行うに止まっていた。近年の発掘調査が行政発掘であったことに原因がある。しかし、これまでの出土遺物の金属学的解析は、非常に多くの件数に上っている。

一方、本会でも近世以前の国内製鉄についての関心が高まり、社会鉄鋼工学部会の関連フォーラムの中で研究活動が行われ、さらに2003年度春季講演大会討論会では「砂鉄製錬の歴史」が取り上げられた。ここで発表された砂鉄の還元基礎実験結果にもとづく永田和宏氏の「たたら製鉄炉ならびに操業における基本的指針」¹⁾は、炉遺構を金属学的立場から解析する上で重要な前提条件になるもので、

遺構の生産技術的性格を解明する条件がそろいつつあると著者は考える。

2. 鉄関連炉の遺構形状と復元炉体

永田氏によれば、長方形箱型炉に砂鉄を装入して溶融銑鉄を生産するのに必要な炉高は、通常の条件下で約120 cmであり¹⁾、最低でも80 cm程度に見積もられると報告している²⁾。また、同氏は「砂鉄を使用する関係上送風はソフトブローで行われ、羽口下から炉床壁にかけては風が十分に回らない死んだ空間 (dead space) 部分が生ずるので、操業時に形成される炉下部の稼働面はすり鉢状になるだろう。すり鉢状構造の深さは、羽口先端レベル下20 cm程度と見込まれる」と発言している。

近世以前の鉄関連炉遺構の主要な形態については、Fig 1に例を示した考古学的な三つの分類、すなわち(a)長方形箱型炉遺構、(b)自立式ならびに半地下式豎型炉遺構、(c)地床式炉(金属学分野での呼称はボール炉)遺構がある。発掘調査報告書の計測図と復元図をもとに、前二者の復元炉高を要約してTable 1に掲げる。半地下式豎型炉については、これまでに炉高の復元例はないようである。古代の炉の炉高は最大70 cm、操業時炉床深さは20 cm前後、中世の“超”長方形箱型炉では不明というのが、従来の調査

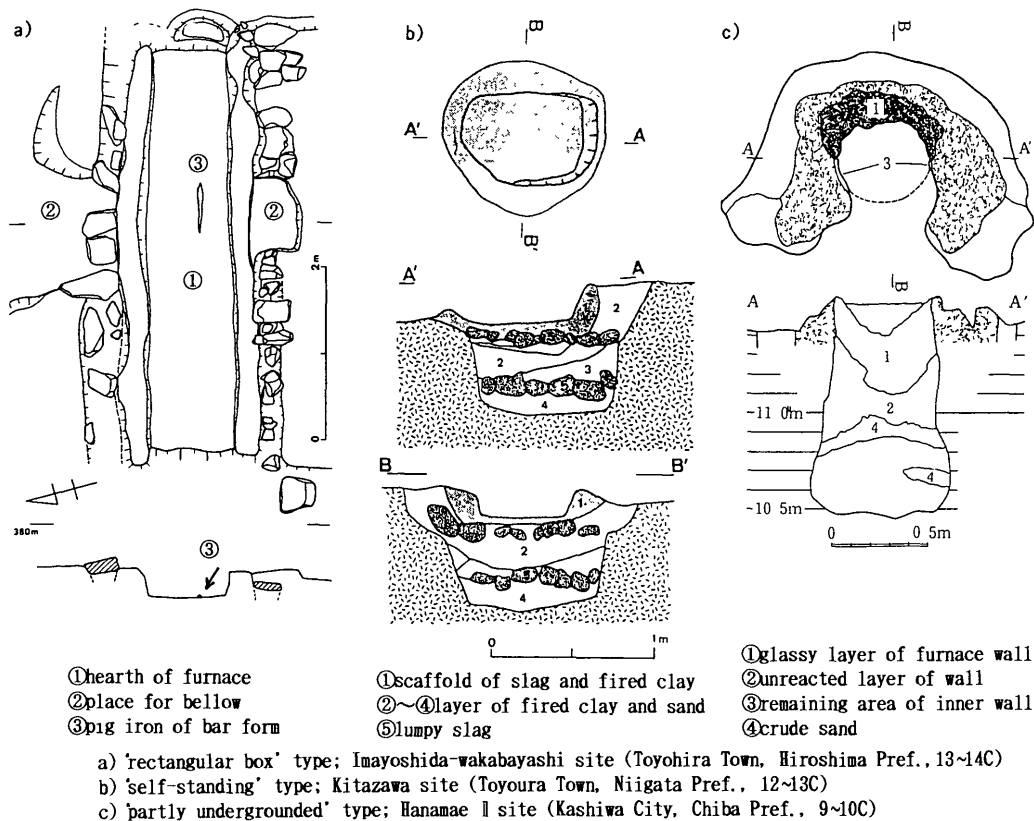


Fig. 1 Three types of the ruins of ancient and medieval low shaft furnaces.

Table 1. Restorated wall height of ancient and medieval shaft furnaces.

'rectangular box' type ruins ; 8C 50cm for Hachikuma 60cm for Kinazako 65cm for Iwabu-Tenno 60cm for Mukaida G No.1 62cm for Nagatoro No.3 68cm for Ofunazako-A No.15 (the length of broken-down shaft wall) 'self-standing' type ruins , 12~13C approximately 70cm for Kitazawa 'partly undergrounded' type ruins ; not reported
--

結果である。

炉体の復元は、20年ほど前の八熊遺跡（福岡県志摩町，8世紀代）の発掘調査で始まり，炉壁片の接合結果に先例を加えて短辺：50cm弱，長辺：100~160cm，高さ：50cmと推定された。Fig 3に引用した復元モデルが報告書に掲載されている。羽口を炉の両壁面に各4本装着した構図である。同時期の調査で，キナザコ遺跡（岡山県加茂町，8世紀後半）は70×90×60(cm)，石生天皇遺跡（岡山県和気町，8世紀代）では復元炉高が65cm，向田G遺跡（福島県新地町，8世紀代）1号炉は同じく60cm，長瀬遺跡（福島県原町市，8世紀末）23号炉は約62cmと報告されている。大船迫A遺跡（福島県原町市，8世紀末）では，15号炉の炉壁が倒壊したまま元の状態を良く保ち，最大長は68cm（炉高に相当）であったという³⁾。

操業中の炉床形状を推測できるものとして，鉄滓が炉底面上にそのまま残った取香和田戸遺跡（千葉県成田市，8世紀前半~9世紀前半）の例がある⁴⁾。炉遺構の一つ（7号B炉）をFig 4に示した。報告書には「鉄滓は両端が丸みを帯びた厚い板状」をなし，寸法は「長さ約2.4m，幅0.5~0.6m，厚さ0.15~0.25m」である。炉の下部施設は「隅丸長方形で長さ約3.1m，幅0.8~0.9m，深さ0.5~0.6m」に掘り込み，「木炭や焼土粒を混ぜた砂質粘土を両側壁にそって貼り」と記述している。これに較べると板状鉄滓の平面寸法はかなり小さく，かつ炉底は上に凹型の状態になっていたことが分かる。なお，遺構図からは，箱型炉の南西方向の炉壁を壊して炉内熔融滓の一部を傾斜面に沿って流下させた状況が窺われる。

炉下部の形状については，真鍋成史氏が操業中炉床の大きさの推測を試みている。生成した“炉底塊”の平面図を炉床計測図に重ね合わせて，形状を評価しようというものである⁵⁾。同氏は，炉底塊は鉄滓主体の融着物であり，考古学的分類の炉底滓に相当すると述べている。Fig. 5には計測図の1例を引用した。この結果は炉底の内法が従来考えられていたよりもかなり小さく，炉の深さも20cmくらいと見込まれる。

実際の発掘調査においても，「還元化した青白色の硬い床」を炉底と肉眼的に判定しており，この床の上に炉底塊を重ね合わせたときに形成される凹状底面が，上述の「すり鉢状構造」に相当すると思われる。竪型炉遺構の炉下部

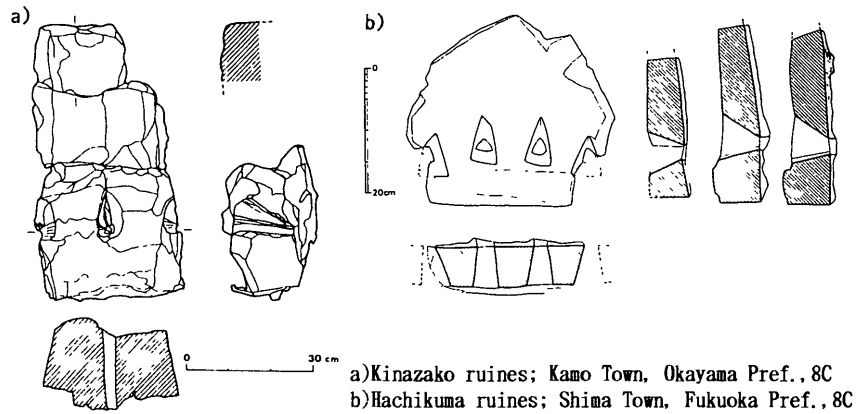


Fig. 2. Restoration of the "rectangular box" type furnace by joining the pieces of wall bricks.

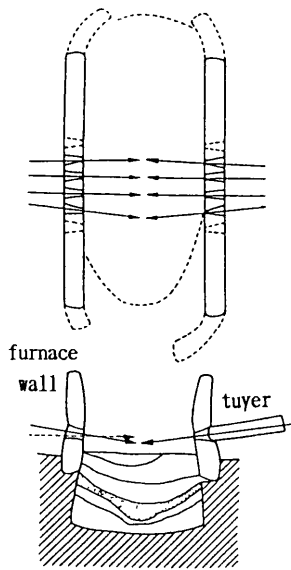


Fig. 3 Restored structure model of "rectangular box" type furnace (Hachikuma ruins).

計測図としては、前掲の Fig 1(b), (c)に北沢遺跡（新潟県豊浦町, 12~13世紀）、花前II遺跡（千葉県柏市, 9世紀中頃~10世紀後葉）の例を挙げておいた。

3. 箱型・豎型炉遺構の形状変化に関する考古学的見解

長方形箱型炉遺構について、考古学系研究者は炉の底部稼働面や下部施設の構造を全体的に検討し、近世以降に操業された断面長方形の箱型炉と同様の炉体上部を想定する。炉の性格については砂鉄製錬炉と考え、時代によって遺構の形態が変化することに着目し、その中に炉の構造・機能の進化を見いだそうとしている。有力な説は、つぎの3段階に考えるものである⁶⁾。

(a) 出現初期の小型炉；「石生天皇型」の呼称がある。最近では「千引かなくろ谷型」が提案されている。大蔵池南遺跡（岡山県久米町, 6世紀後半頃）を最古とする。奈

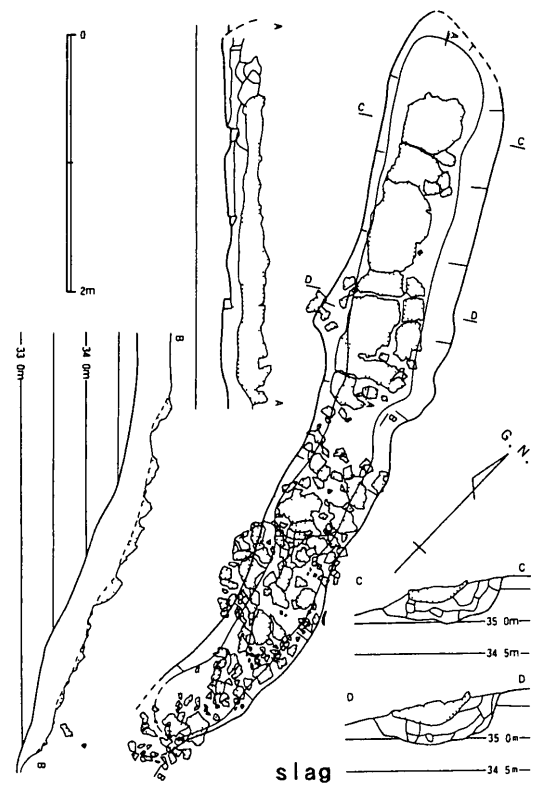


Fig. 4. Remaining slag on the hearth bottom of "rectangular box" type furnace (Tokkowadato ruins; Narita City, Chiba Pref., 8~9C).

良時代末からは、炉の短辺の側に1もしくは2基の踏みふいごの設置跡が見られる（大船迫A遺跡ほか）³⁾。

(b) 平安後期に始まる炉の大型化；「大矢型」（広島県豊平町, 11~12世紀）を初例とする。両側面にふいご座を1基ずつ設置し、防湿のために規模の大きい地下施設を構築。

(c) 中世における一層の大型化；「石神型」（広島県東広島市）を代表とする。同型は中国山地に分布。

つぎに、豎型炉遺構については二つの形式分類があって、一つは自立式豎型炉と呼ばれるものである。北沢遺跡の場合は、発掘担当者によれば残存する炉壁の傾斜の状況から

推定した炉高は約70cmになるという⁷⁾。報告書には、炉の裏側にふいご座を設置、背面から羽口1本を挿入して、銑鉄の精錬を行ったとする考察が述べられている⁸⁾。ほかに炉下部断面が楕円形で、羽口2本の装着が推定されるような寺中遺跡の例（静岡県伊東市，12～13世紀）もある⁹⁾。

半地下式竪型炉は、台地の傾斜面を筒形に掘り込んだ炉をいう（Fig. 1(c) 参照）。しかし、炉下部の防湿構造まで掘り上げてしまい、炉底を数10cm深く報告した例も見られる。

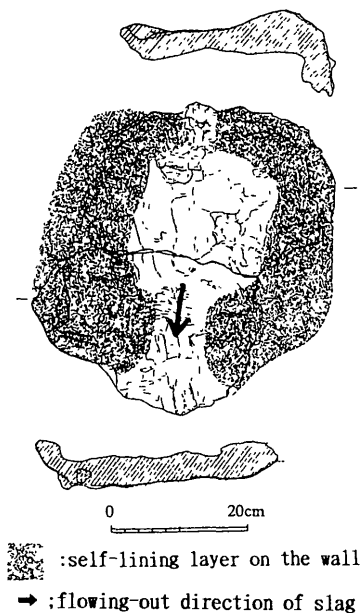


Fig. 5. Scaffold on the hearth bottom of "rectangular box" type furnace (Imasaya-yama ruins, Mizuho Town, Shimane Pref., 8C)

東日本で数多く検出される半地下式竪型炉が製錬・精錬のいずれなのか、考古学と金属学のそれぞれの分野で評価が一致せず、文献史学研究者が生産遺跡の分布を扱う場合に、発掘調査報告書を学術資料として活用することができないといわれる。炉の性格を技術的に正しく評価することは、緊急の課題になっている。次章で述べる、炉内下部における装入物の状態をよく残した“大鉄塊”の解析結果を見直すことは、きわめて重要である。

4. 炉遺構近傍で出土した大鉄塊の組成

半地下式竪型炉遺構の近傍で出土の大鉄塊の一つは、10世紀後半の猿貝北遺跡（埼玉県川口市）で発掘された。何らかの理由で竪型炉の操業を中止し、炉から取り出して廃棄したものと思われる。

鉄塊A断面のマクロ組織の模式図と接写写真を、Fig. 6に示した。小塊状の銑鉄主体の層が3段に重なっており、層状に装入・充填されたことが明らかである。ミクロ組織の観察結果では、塊状銑鉄の内部で黒鉛化炭素の析出が認められた。これは銑鉄が熔融状態から緩やかに冷却されたことを示す。また、層間にスラグが生成し、スラグに接する銑鉄塊の表面層は鋼に変わっているのが見られた。スラグ側には短冊状結晶のチタン化合物が認められた。化学分析は実施されていない。

かつて著者を含む金属系研究者3名は、この鉄塊を「製錬途中の失敗作」と報告した経緯がある¹⁰⁾。銑鉄塊の周囲から鋼に変わっていることに着目するならば、砂鉄の還元で生成した金属鉄の浸炭が進んで塊状化したとは考え難い。先年の誤りは、ここで「精錬途中…」と訂正しておく

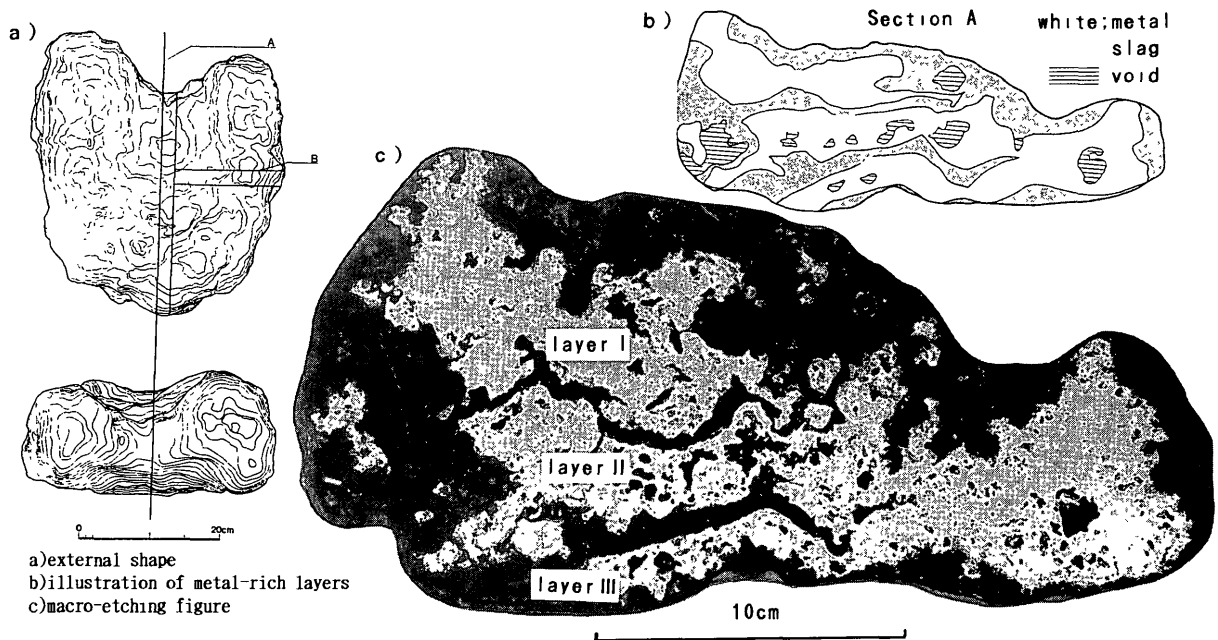


Fig. 6. Macrostructure of cross-sectional plain of the large metal-rich lump (Sarugai-kita ruins; Kawaguchi City, Saitama Pref., 10C).

たい。

もう一つの大鉄塊は、8世紀末の真木山B遺跡（新潟県豊浦町）の半地下式堅型炉遺構前方の傾斜地において、鉄滓・木炭・焼土の堆積層の中から出土した¹¹⁾。重量が10kgと20kgの2個の大鉄塊のうち、前者が分析調査されたものである。切り出した試片の断面のマクロ・ミクロ組織を観察した大澤正己氏は、報告書の中で「半溶融鉄粒が集積して形成された鉄塊の様相を呈している」、「初析セメントイトが生成した過共析鋼」と述べている。

化学分析値をTable 2のNo. 1に引用した。炭素量は1.55%で、上述の結果との間に矛盾はない。この鉄塊の違う個所から採取した試料2点が、別の機関において分析された。同じ表のNo. 2, 3に結果を示す。炭素量は1.39, 2.73%で、No. 1とは大きな差がある。Cu, P, Coも3点の試料で違っており、鉄塊には化学成分の著しい偏析がある。Cu; 0.106, P; 0.118, Co; 0.042(%)と高い含有量を示す理由については、後の章で考察したい。なお、Siは0.001以下、0.05, 0.02(%)と低値を示し、混在する鉄滓は極めて少ないことが分かる。

二つの大鉄塊には過共析鋼組成の部分もあり、鋼として利用できない材料ではない。それが鉄滓類の捨場にあったのは、当時破碎する手段がないために廃棄されたのであろう。

5. 長方形箱型炉遺構出土遺物の化学成分間の関係

三つの遺跡の例につき、遺物中のTiとCoの分配の問題を取り上げて検討してみたい。

前述の大船迫A遺跡は7世紀後半から9世紀まで生産が続いたことで知られており、50基を越す鉄関連炉の遺構が見つまっている³⁾。中でも長方形箱型炉跡とされる15号炉遺構は、上部炉体が倒壊した状態で発掘され、Table 1に引用したように最大壁高さが68cmと測られた。これは操業時の炉高に相当するので、金属学的にはきわめて重要な意味をもつ。

この炉高で砂鉄を原料に溶融銑鉄を製造することは不可能であるが、仮に実現されたものとし、同遺跡内出土の砂鉄・鉄塊系遺物（次章で説明）・鉄滓中の形態別Co量を算出してみる。平井昭司氏の中性子放射化学分析法による測定データ¹²⁾のTiとCoにつき、鉄対比を求めて棒グラフに表したのがFig. 7(a)である。鉄塊中のTiは非常に少ないから、Ti分の全量が鉄滓側に残るとして遺物形態別にCo量を算出すると、Table 3 No. 1のようになる。原料砂鉄1,000g当りの砂鉄態Co 0.074g（分析値に相当）に対して鉄滓・鉄塊態Coの合計は0.079gとなり、見かけ上はバランスする。しかし、これは鉄収量81g（収率21.9%）を容認してのこ

Table 2. Chemical composition of the large lumpy relics of rich metallic iron (Excavated from Makiyama-B ruins*).

No.	Reported by	Chemical component (mass%)								Micro-structure
		C	Cu	P	Ni	Co	Ti	Si	S	
1	Masami Osawa	1.55	0.106	0.038	0.025	0.042	0.025	<0.001	0.013	p-Cm**
2	Pacific Ocean Metal Co.	1.39	0.004	0.02	0.05	—	0.05	0.05	0.009	—
3	ibid.	2.73	0.02	0.118	0.05	—	0.002	0.02	0.016	—

* Toyoura Town, Niigata Pref.. The former half of 9C.
** p-Cm ; primary-crystalized cementite.

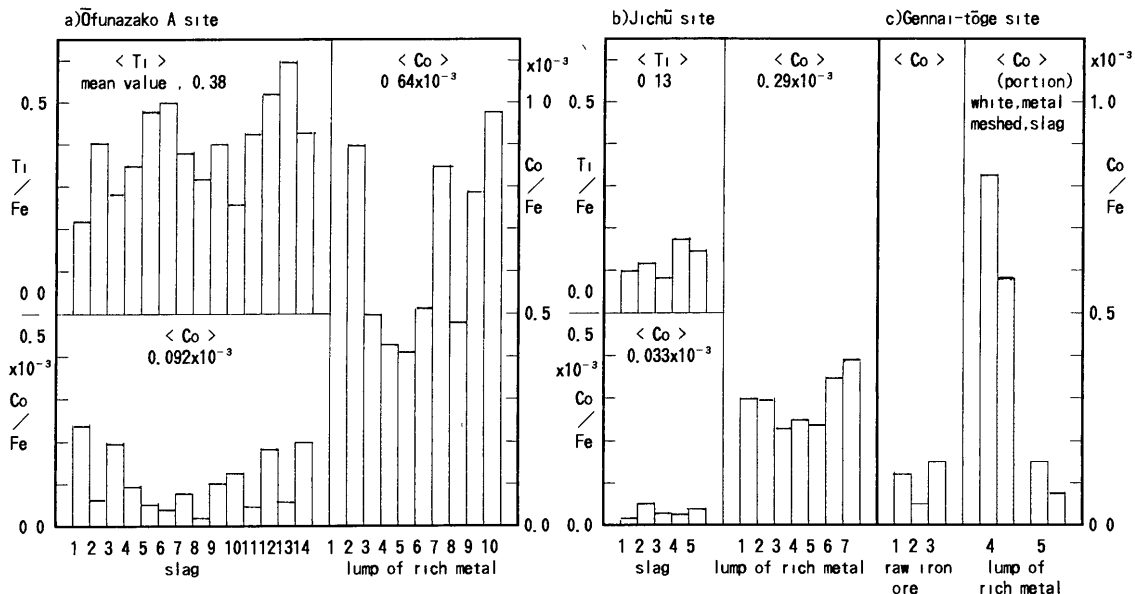


Fig. 7. Distributions of titanium and cobalt in the materials taken from the ruined furnaces.

Table 3 Distribution of cobalt in the excavated materials from ruins.

No.	Ruins (type of furnace)	Mean analytical value of iron sand (ppm)	per 1,000g of iron sand	
			Cobalt(g) in excavated materials*	Yield of metal(g)
1	Ofunazako-A (rectangular box)	Fe 370,000	iron sand 0.074	81 (21.9%)
		Ti 110,000	slag and metal	
		Co 74	(calculated) 0.079	
2	Jichu (self-standing)	Fe 580,000	iron sand 0.150	134 (23.1%)
		Ti 58,000	slag and metal	
		Co 150	(calculated) 0.050	

* All of Ti in iron sand is assumed to transfer into slag.

とであり、このような低収率での製錬操業はあり得ない。

寺中遺跡の場合は、砂鉄態 Co の 0.15 g に対して、鉄滓・鉄塊系遺物態は 0.05 g に過ぎない (Table 3 No. 2)。砂鉄以外の Co 含有鉄源を多く添加したことが想定される。

磁鉄鉱を原料に製鉄したと報告されている源内峠遺跡 (滋賀県大津市, 7 世紀中頃)¹³⁾ は、分析試料数が少なく、TiO₂ のような滓化成分も含まないので算出はできないが、おそらく鉄塊系遺物中の金属部・滓部の Co を鉄鉱石由来とすることは不可能であろう。ここでも他の Co 含有鉄源の大量使用が推測される。

こうして、砂鉄製錬を実施の条件にすると、出土遺物への Co の分配は合理的に説明できない。Ni の分析値がそろっている場合も、同様の検討結果になるはずである。真木山 B 遺跡出土大鉄塊の内部で著しい成分偏析が認められた事実を合わせ考えるならば、銑鉄や過共析鋼の組織を内部に残す鉄塊系遺物を製錬産物 (鋸^{けら}様材料) とする判定方法は、見直すべきではなかろうか。

6. 遺構出土遺物の分類と組成の特徴

今日、遺物の分類研究は主として考古学の分野に移り、発掘現場で実施される分類項目は非常に多くなった¹⁴⁾。これにはさらに、金属学系研究者による独自の分類 (含鉄鉄滓など) も加わる。金属学的根拠が不十分なまま行われているので、一般の研究者が分類名称から鉄滓の性状を理解するのは不可能ではないかと思われる。

「塊状滓」は破面をもつ塊状の鉄滓で、形態は特定できない。「流状滓」は外表面の一方が滑らかな塊状鉄滓である。「炉底残留滓」は発掘時に炉の底部に残っていた鉄滓で、前述のように炉底塊に相当するとされ、炉床付着物とでもいえる鉄滓主体の融着物である。「椀形滓」はお供え餅を逆さに置いたような形状を示し、地床炉跡の底に残った状態で出土することもある。流状滓、粒状滓、鍛造剝片は、椀形滓と一緒に古代・中世の鍛冶工房跡ならびに近世の大鍛冶場跡から検出される¹⁵⁾ ので、これら 4 種の遺物の成因は共通すると考えられる。

「鉄塊系遺物」は表面が少量の粘土を含む鉄錆で覆われ、内部は鉄質に富んだ遺物である。元の材料は多種にわたり、

銑鉄、鑄鉄、鋼の製品・半製品等、肉眼で判別することは難しい。さらに、鉄滓が噛み込んだ遺物を鋼精錬の途中産物とみるか、それとも製錬産物と考えるかで金属系研究者の見解は対立しており、解決が急がれる課題の一つになっている。

鉄塊系遺物中の化学成分で重要なものは、Cu, P, Ni, Co, Cr である。これらの含有量レベルによって、遺構近傍で出土した鉄塊系遺物や鋼の製品・半製品の始発原料鉄鉱石が、砂鉄と鉄鉱石 (磁鉄鉱) のいずれかを議論することができる。著者は Cu と P の含有量がそれぞれ 0.1% 以上、Ni と Co は 0.0 数% 以上を、磁鉄鉱と推定する目安にしている。もちろん、これ以下の場合も磁鉄鉱の可能性を否定することはできない。同一鉱山であっても、鉄鉱石の採掘箇所により少量成分品位が違うからである。Cr については分析例が少なく、目安はまだつけられない。

出土遺物の中には、未処理の状態で塊状・板状銑鉄が見つかることがある。鉄塊系遺物を含めて、調査例を Table 4 に引用した。試料は時代順に並べてある。目安とする含有量レベルを越えている試料 No. 1, 2, 4~6, 8, 9 のほか、5 章の Co のように鉄対比をとって磁鉄鉱と推定できるものがある。これに鑄鉄製品を加えて全体的に検討するならば、同様の例はさらに増えてくるであろう。古代・中世の製鉄原料鉄鉱石の問題は、今後も系統的に追求することが必要である。

中世後期の“超”長方形箱型炉ともいえる前掲 Fig. 1(a) の今吉田若林遺跡 (広島県豊平町, 13~14 世紀) の炉底からは、“棒状銑鉄”が検出された¹⁶⁾。他の出土例を合わせて、Fig. 8 に計測図を示す。表面には小さな凹凸が多く、「荒れた」状態にあり、変化途中の遺物のように思われる。金属学的な調査は行われていないが、もしも溶解途中の銑鉄と確認された場合、これらの長方形箱型炉では定形的な原料銑鉄を使用し、鋼を製造した可能性が出てくる。今後の研究に期待したい。

製錬滓と精錬滓の判別については、金属学系研究者の間でも長年問題にされてきた。ここでは取香和田戸遺跡⁵⁾出土の鉄滓を例に挙げて、著者の見方を説明したい。この遺跡の丘陵斜面には数基の製錬炉 (呼称は報告書による) がある。その中の No. 19 炉とほぼ同時期に、約 50 m 離れた

丘の上の鍛冶工房に地床式（床面を半球状に掘り窪めて炉床を構築）の炉が設置されている。Table 5で双方の鉄滓の分析値を比較すると、砂鉄が持ち込むTiO₂分と炉壁材の溶解に由来するAl₂O₃分の含有量にかなりの差が見られるものの、CaOとMgOの対TiO₂比は小さなバラツキの範囲に収まっている。これは鉄滓の生成過程が基本的に同じであり、鋼の精錬を行ったと仮定すれば矛盾は生じない。

それでは処理能力が大きく違う二つの炉で、鋼を精錬した目的はどこにあったのだろうか。斜面に構築された長方形箱型炉で低炭素鋼を大量に生産し、工房内の鍛冶炉では

利器の刃部に用いる刃金鋼（焼きが入る近世の刃）を小規模に造ったのではではないか、というのが著者の推測である。こうした精錬操業の分化は、中世に入りますますます顕著になる。

鋼の半製品としては、古墳時代の出土遺物中に両端部が撥形に開いた板状のものが見つかる。これは中国や日本の文献にしたがって鉄鋌と呼ばれる。また、中世日本の荘園史料には、年貢の一種として「鋌」を数量単位とする半製品の記述がある。平均炭素量が低く、断面が矩形の楔状遺物がそれに相当するという見方もあって、鉄鋌状鉄製品の呼称が使われている¹⁷⁾。

7. おわりに

古代・中世の箱型・豎型炉遺構の考古学的調査にもとづく復元炉高はせいぜい70cm程度にすぎず、砂鉄を原料にして熔融鉄鉄を製造することは不可能である。たとえ製錬が行われたとしても、生産物は銑・鋼・鉄滓が入り交じった鋳様の材料になると思われる。しかし、実際の出土遺物中にそれに相当するものは見いだされなかった。銑鉄や過共析鋼の組織を残す鉄塊系遺物があり、精錬途中の生成物であると著者は判定した。

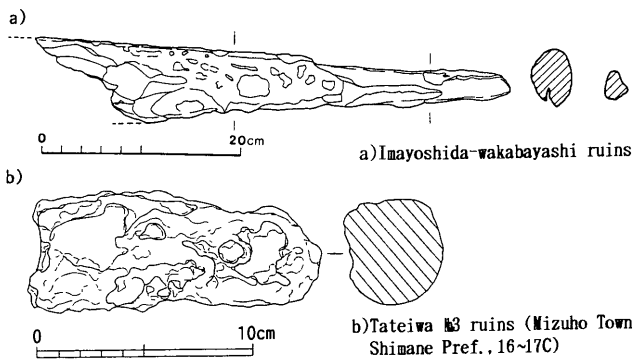


Fig. 8. Bar-form pig iron excavated near the ruined furnace.

Table 4. Chemical compositions of excavated raw pig iron and lump of rich metallic iron

No.	Relics	Site and period*	Chemical component (mass%)							Micro-structure**
			T. Fe	C	Cu	P	Ni	Co	Ti	
1	pig iron	Toneri site, 7~8C, plate	86.5	—	0.370	0.88	0.024	0.013	0.03	p-Cm + L
2		Oginohara site, 8CE~9CF, plate	81.83	—	0.035	0.26	0.018	0.056	—	G + L
3		Ochikawa site, 9CF, plate	metal	4.54	0.06	<0.01	0.01	—	<0.01	—
4		Tama NT-m390 site, 10CL, plate	91.30	4.16	0.031	0.195	0.022	0.045	Tr	p-Cm + L
5		ibid., lumpy	89.60	3.76	0.082	0.234	—	—	Tr	G + L
6	lump of rich metal-lic iron	Nishiura-kita site, 10CL~11C	metal	0.75	0.020	0.202	0.026	0.035	0.059	Pr + Fr
7		ibid.	metal	1.20	0.008	0.078	0.009	0.024	0.45	Ce + Fr
8	metal-lic iron	Nishinoyato site, 11C	68.33	—	0.014	0.27	0.005	0.015	0.014	(p-Cm + L)
9		Kitazawa site, 12~13C	metal	2.82	0.006	0.226	0.016	0.021	0.006	G
10		ibid.	metal	1.28	0.013	0.006	—	—	0.002	p-Cm
11		ibid.	metal	0.814	0.013	0.015	—	—	0.006	p-Cm

* No. 1; Adachi-ku, Tokyo, No. 2; Ichihara City, Chiba Pref., No. 3; Hino City, Tokyo, No. 4, 5; Tama City, Tokyo, No. 6, 7; Okabe Town, Saitama Pref., No. 8; Yokohama City, Kanagawa Pref., No. 9~11; Toyoura Town, Niigata Pref., CF, Cl and CE; the former half, the later half and the end of the century, respectively.

** G; graphite, L, ledeburite, Cm; cementite, P; pearlite, Fr, ferrite, () ; estimated structure before rusted.

Table 5 Compositions of the slag samples taken from the ruins of box and concave type furnaces (Tokkowadato site*)

No.	Type of furnace *		Chemical component (mass%)								CaO/TiO ₂	MgO/TiO ₂
			T. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂		
16	box	No.19	28.6	19.3	19.2	37.9	8.89	0.78	2.69	7.35	0.11	0.37
17		"	30.0	32.2	6.9	26.7	6.82	5.03	4.30	12.8	0.39	0.34
18		"	27.1	29.4	5.8	32.0	7.90	4.80	4.04	10.2	0.47	0.40
19		"	45.8	12.1	51.1	8.43	2.78	0.40	3.32	14.4	0.03	0.23
14		No.7A	26.9	29.9	4.8	29.6	8.07	5.33	3.08	12.8	0.42	0.24
15	No.7B	31.5	37.2	3.4	25.0	6.93	5.42	3.24	12.8	0.42	0.25	
21	con-cave	No.6	51.1	38.2	30.3	12.9	5.19	1.78	1.28	4.95	0.36	0.26
22		"	53.8	43.8	27.8	12.2	4.31	1.91	1.28	5.30	0.36	0.24
23		"	45.2	16.7	38.4	17.4	4.58	4.58	2.57	7.58	0.60	0.34

* No.19 and No.6; 8CF, No.7A and No.7B; 2/4 period of 9C.

一方、廃棄状態で出土した大鉄塊の2例はいずれも銑鉄と過共析鋼が主体で、豎型炉での操業に失敗した炉内容物と推定された。構成する塊状銑鉄の内部には黒鉛化炭素が析出しており、熔融過程を経たことを示す。この銑鉄は、精錬の目的で豎型炉に装入されたことが明らかである。

考古学系研究者が製鉄炉跡と考える遺構から出土した遺物についてCoの分配を検討した結果でも、製錬の実施は証明されなかった。ここではCoを含有する銑鉄を装入した鋼の精錬を想定せざるを得ない。

近世以前の箱型・豎型炉の多くは、銑鉄を処理し鋼を製造した可能性が高い。

(本稿は日本鉄鋼協会の第145回春季講演大会討論会「砂鉄製錬の歴史」ならびに社会鉄鋼工学会「鉄の歴史フォーラム」研究会で発表した3編の報告を論文にまとめたものである。)

文 献

- 1) 永田和宏：たたら製鉄炉および操業における基本的方針，「日本鉄鋼協会第145回春季講演大会講演論文集第1分冊」，(2003)，234
- 2) 永田和宏：たたら炉の炉高と反応機構，日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学会・鉄の歴史フォーラム「前近代製鉄実験研究会論文集」，(2004)，13
- 3) 吉田秀亨：“まほろん”の箱型炉復元，日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学会・鉄の歴史フォーラム「前近代製鉄実験研究会論文集」，(2002)，62
- 4) 成田市取香田遺跡の調査「研究紀要-7」，千葉県文化財センター，(1982)，74
- 5) 真鍋成史：古墳時代の鉄製錬・鍛冶再現実験「日本鉱業史研究」44，日本鉱業史研究会，(2002)，46
- 6) 古瀬清秀：長方形箱型炉の成立と変遷，佐々木稔編「鉄と銅の生産の歴史」，雄山閣，東京，(2002)，46
- 7) 川上貞雄氏の私信による。
- 8) 新潟県豊浦町教育委員会「北沢遺跡群」，(1992)
- 9) 長谷川渉：静岡県伊東市寺中遺跡調査報告事例，日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学会・鉄の歴史フォーラム「前近代製鉄実験研究会論文集」，(2002)，11
- 10) 佐々木稔，村田朋美，伊藤 薫：埼玉県出土の鉄滓と鉄塊(2)「研究紀要」，埼玉県埋蔵文化財調査事業団，(1983)，107
- 11) 新潟県豊浦町教育委員会「真木山製鉄遺跡」，(1981)
- 12) 平井昭司：原町市金沢地区製鉄遺跡群から出土の製鉄関連遺物の中性子放射化分析，福島県教育委員会「原町火力発電所関連遺跡調査報告V」，(1995)，1305
- 13) 平井昭司：源内峠遺跡群から出土の鉄鉱石および鉄塊系遺物の中性子放射化分析，滋賀県教育委員会「源内峠遺跡」，(2001)，351
- 14) 穴澤義功：鉄関連遺物の整理と分析資料の準備，日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学会・鉄の歴史フォーラム「前近代製鉄実験研究会論文集」，(2003)，11
- 15) 島根県教育委員会「殿淵山遺跡・獅子谷遺跡」，(2002)
- 16) 広島県豊平町教育委員会「今吉田若林遺跡発掘調査報告書」，1995
- 17) 赤沼英男：中世後期における原料鉄の流通とその利用，佐々木稔編「鉄と銅の生産の歴史」，雄山閣，東京，(2002)，97