

# 東日本の古代製鉄技術の展開

## — 箱形炉の導入から豎形炉への変遷 —

笹澤 泰史

(公財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 1. はじめに             | 6. 上野の箱形炉の分類と変遷及びその系譜    |
| 2. 東日本を中心とした箱形炉の研究史 | 7. 豎形炉に残る箱形炉の技術系譜        |
| 3. 豎形炉の系譜に関する研究史    | 8. 東日本の箱形炉から豎形炉への製鉄技術の変遷 |
| 4. 問題の所在とその解決方法     | 9. おわりに                  |
| 5. 上野の箱形炉           |                          |

## — 要 旨 —

本稿では、主に上野で検出された箱形炉に対して考察を加えた。東日本に7世紀後半から一気に大型の箱形炉が検出される状況は、律令政権の支配的構造とからめて評価されており、これまでの研究史を振り返ると、東日本の製鉄技術の源流は近江にあるとの解釈が主流である。しかし、今回の分析では、近江以外の吉備の系譜とみられる製鉄技術の痕跡や上野独自の炉の構造がみられたことから、東日本への製鉄技術の導入には、鉄鉱石を原料とする近江の製鉄技術がそのままたらされたのではなく、砂鉄原料に熟練した吉備の技術者が関与しながら、東日本で新たな製鉄技術の開発があった可能性があるとして解釈した。

一方、箱形炉の技術的な展開については、概ね横置きから縦置きに変遷する炉の設置方向が、両側排滓(炉の小口両端からの排滓)から片側排滓(炉の小口片側からの排滓)への操業形態の変化を表象していることを提示した。

さらに、東日本で8世紀前半から展開する豎形炉の系譜については、高炉で焼成した送風管を使用する朝鮮半島の系譜が認められる一方、前代の箱形炉から引き継がれた構造が確認できることから、東日本の箱形炉の技術者が、朝鮮半島の炉高の高い製鉄炉を模して開発した製鉄炉である可能性が高いことを示した。

今回の分析により、7世紀中頃以降に導入された東日本の製鉄技術は、現地の条件に適した生産性の高い技術が求められ、常に新たな技術が試行されていたことが明らかになった。

### キーワード

対象時代 飛鳥・奈良・平安時代  
対象地域 東日本  
研究対象 製鉄遺跡

## 1. はじめに

古代上野地域における製鉄の初現を示す遺構は、東日本最古級である7世紀中頃の前橋市三ヶ尻西遺跡の箱形炉である。上野では、7世紀中頃から<sup>1</sup>8世紀前半には箱形炉による製鉄が行われ、その後、8世紀中頃から10世紀には竪形炉、10世紀からは西浦北型の小型自立炉へと変遷している<sup>2</sup>〔笹澤2007b〕。一方、日本列島における本格的な製鉄の開始時期には諸説あるが、吉備の6世紀後半の検出されている方形の箱形炉がその初現で、その後、7世紀後半には、列島各地へ大型の箱形炉による製鉄技術が拡散したという見解が研究者間でほぼ共通した認識になっている。

本稿は、東日本の製鉄導入期に設置された箱形炉とその後の竪形炉への展開について検討し、その技術的・歴史的背景に迫るものである。今回の検討では、近年、本格的に調査・報告された太田市西野原遺跡・同峯山遺跡の調査成果を受けて、上野で検出された箱形炉の形態を再検討し、製鉄導入期の箱形炉の変遷を概観する。次に、竪形炉と箱形炉の比較検討を行い、東日本の箱形炉から竪形炉への製鉄技術の変遷をみていきたい。

## 2. 東日本を中心とした箱形炉の研究史

箱形炉の呼称は、光永真一による岡山県キナザコ製鉄遺跡の報告〔光永1980〕が初出で、以降、箱形炉という名称が一般化し、現在に至っている〔上村2006〕。これまでに炉底から炉頂部まで完存した箱形炉の検出例はなく、その構造は、残存する炉底、地下構造、炉壁片などから推測されている。箱形炉の具体的な送風方法は明らかではないが、平面形状は約60～1 m×1～3 m程度の方形状から長方形を呈し、炉体の長軸側の炉壁に複数の送風孔が設置され、「送風方向と排滓方向の軸線が炉内で直交する」ことを特徴としているとされている〔第1図〕。その系譜については、朝鮮半島や中国大陆などで、日本列島の箱形炉の祖型に位置づけられるような遺構が検出されないこともあり、研究者間の意見の一致を見ない<sup>3</sup>。

1987年には、たたら研究会により、シンポジウム「日本古代の鉄生産」が開催され、この時点における箱形炉研究の到達点として、①箱形炉と竪形炉という二つの製鉄技術により古代の製鉄が成り立っており、それぞれ異なる背景、異なる目的によって地域的に分布していること、②日本列島にはまず箱形炉が分布し西日本はそれを発展させていくが、東日本では箱形炉から竪形炉に急速に転化していくこと、③箱形炉は6世紀後半には中国地方に出現しており、6世紀末から7世紀初頭には近畿地方にも分布し、7世紀後半には東北南部へ広がり、関東では現在の千葉県・茨城県に限っては7世紀末に箱形炉が出現したこと等が示された〔たたら研究会1987〕。

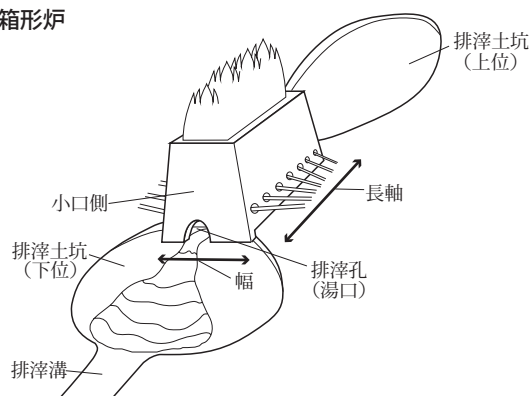
現在までのところ、日本列島で最も古い製鉄遺構は、

6世紀後半の吉備の千引カナクロ谷遺跡の箱形炉である。その平面形状は1辺1 m未満の方形状を呈するものである。一方、その他の地域では、長軸2 m前後の平面形状長方形の大型の箱形炉が主体である。この形状の箱形炉の検出は陸奥南部で突出しており、東日本では、東山道の上野・武蔵・陸奥、北陸道の越前・加賀・能登・越中・越後、東海道の尾張・伊豆・相模・下総・常陸で検出されている。

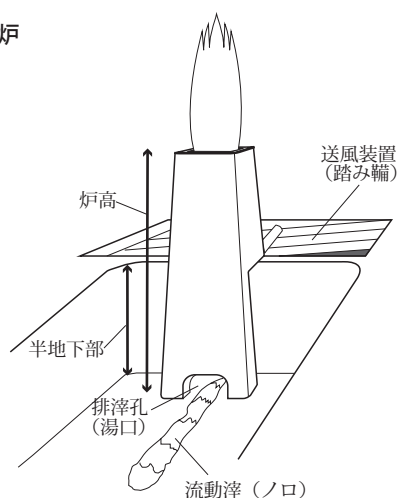
箱形炉の全国的な分類は土佐雅彦と穴澤義功が先鞭をつけており、炉形分類の基礎となっている。

土佐は、日本全国で発掘された製鉄炉およびその痕跡を4分類し、炉床部の平面形状が100×50 cm程度の長方形の焼土部や掘り込みとして確認されているものを長方形箱形炉とした。土佐は「長方形箱形炉が操業ごとに炉を構築し直した可能性がある」こと、「出現の時期が6世紀末から7世紀初頭にまで遡る」ことなどを指摘した。土佐は、長方形箱形炉の分布状況から、「各地の自給をまかなうのみならず、他地域へむけての鉄素材生産をも担っていた製鉄炉」であるとし、さらに半地下式竪形炉の出現により長方形箱形の系譜が途絶える地域があることから、「長方形箱形炉の技術が各地に拡大したものの、

箱形炉



竪形炉



第1図 箱形炉と竪形炉の復元図

技術者の確保や経営主体、労働編成のありかたなどに問題を抱え長方形箱形炉が十分に根をおろさなかった地域がある」ことを指摘した[土佐1981]。

穴澤は、古代製鉄炉を長方形箱形炉と半地下式豎形炉に分類し、長方形箱形炉を大蔵池南型、門田型、野路小野山型、石太郎C型の4つに細分した。穴澤は「長方形箱形炉は、北九州から中国地方を中心に畿内・北陸・南関東まで分布が認められ、古墳時代中期から始まる我が国の鉄生産の一翼を担う製鉄炉である」とし[穴澤1982、1984b]、「東日本の箱形炉は、滋賀県大津市野路小野山遺跡の技術系譜である」とした[穴澤1994]。

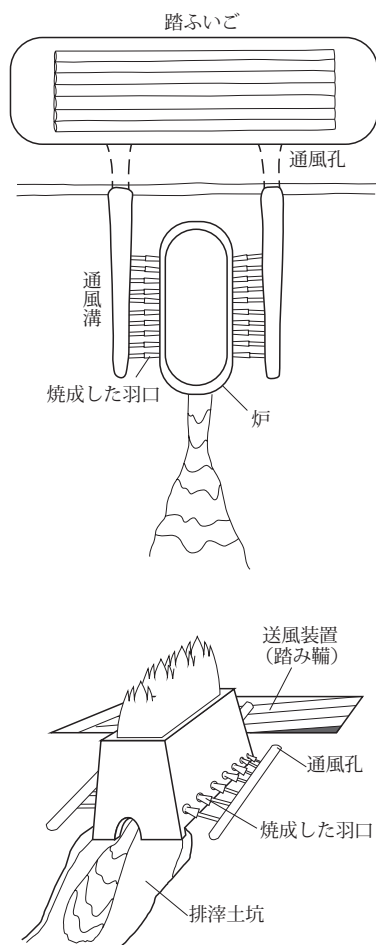
寺島文隆、安田稔は、福島県浜通り地方で発見された武井地区製鉄遺跡群・大坪地区製鉄遺跡群・金沢地区製鉄遺跡群の7世紀後半から9世紀後半の製鉄炉を3期に分けて整理した[寺島1989、安田1996]。寺島らによれば、「7世紀後半の箱形炉は長軸を等高線に平行、8世紀第1から第3四半期は等高線に直交するように設置する」という(寺島らは前者を「横置き」、後者を「縦置き」とした)。それ以後、寺島らの等高線に対する箱形炉の設

置方向を視点にした分類は、多くの研究者に援用されるようになる(以下、本稿でも箱形炉の設置方向を「横置き」・「縦置き」と呼称する)。さらに、寺島らは「8世紀第4四半期から9世紀以降には、他地域には見られない炉の小口の一方に踏み鞆が付設する箱形炉が登場する」ことを示した<sup>v</sup>[第2図]。

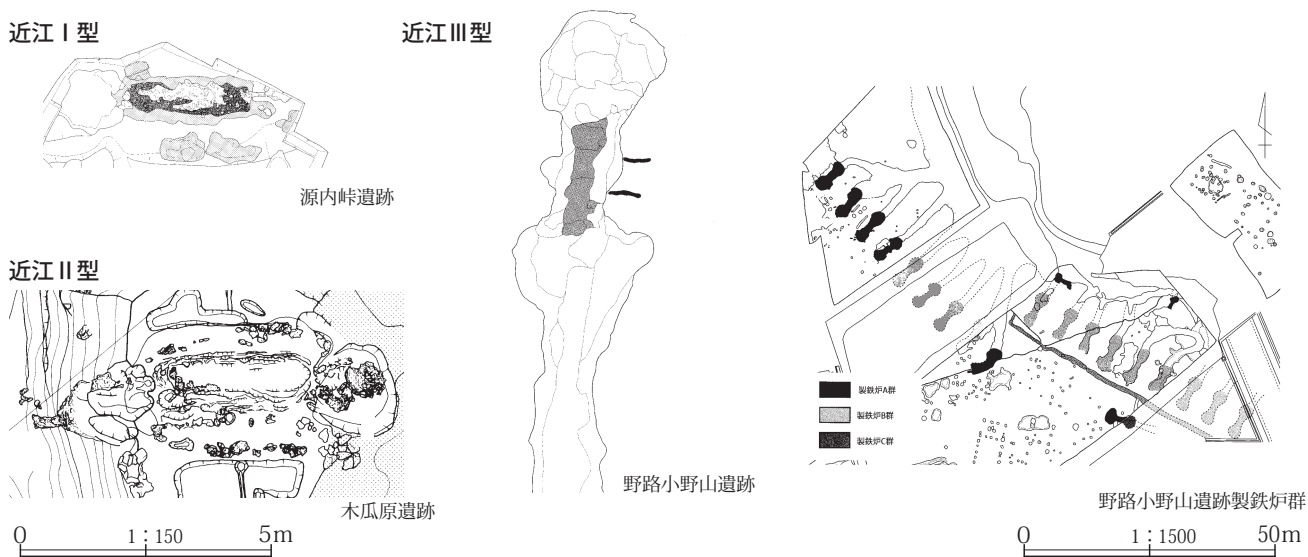
一方、能登谷(2005)は、寺島らの変遷案をもとに、陸奥南部における製鉄炉の変遷をⅠ～Ⅴ期の5段階に分けて整理した。能登谷は陸奥南部の製鉄技術について「7世紀後半は、西日本の影響」、「8世紀前半は、関東の影響」を受けているとした[能登谷2005]。能登谷は前者の系譜の根拠として、近江の製鉄炉の形態との類似性や吉備の横口付きの炭窯の検出、後者の根拠として常陸や武蔵の土器の出土をあげている。

大道和人は、6世紀後半から10世紀頃までの近畿周辺の播磨・丹後・近江の箱鉄炉を「等高線に対する設置方向」と「炉の規模」でA～D類に4分類し、その動向を整理した[大道2002]。大道の分類は、等高線に対する炉の設置方向と炉の長軸規模(「2m以上」と「1m前後」)の組み合わせによるもので、横置きで長軸2m以上をA類、横置きで長軸1m前後をB類、縦置きで長軸2m以上をC類、縦置きで長軸1m前後をD類とした。大道はA類を「畿内地域に多く見られる箱形炉の型式」ととし、「出雲・吉備など古墳時代から箱形炉が認められる地域に普遍的に存在せず、各地域では7世紀後半から8世紀前半という製鉄技術が広がる時期にのみ分布が認められる」ことから、「近江の瀬田丘陵地域の製鉄技術が各地へ移転した」と評価した[大道2007]。B類については、播磨と近江の一部に見られ、美作に分布の中心があることから、「B類は美作の影響がある箱形炉」としている。C類については、丹後の一部と近江に分布し、代表的な野路小野山遺跡、平津池ノ下遺跡で数基が並んで検出されていることから、「短期間で複数基の箱形炉を用いた製鉄操業が行われていた」とし、この型式が、「技術的な変遷の上で出現したのか短期間操業を目的に出現したのか」が課題であるとした。D類については丹後の1遺跡のみで他に類例がないことから「遺跡内での製鉄炉変遷の一現象である」とみている。

大道は、その後、炉の設置方向に排滓溝の有無を分類基準に追加して、近江の製鉄炉を1～3型に再分類した。すなわち、近江1型(源内峠型)はA類で排滓溝のないもの、近江2型(木瓜原型)はA類で排滓溝のあるもの、近江3型(野路小野山型)はC類の箱形炉である[大道2014][第3図]。さらに、大道は、東日本各地に広がった箱形炉の操業について「長続きせず、原料や燃料、また生産する鉄質に大きな影響を受けながら短期間のうちに製鉄炉を導入・改良・開発していく」とした[大道2000]。



第2図 陸奥の踏み鞆付き箱形炉  
(上図は飯村(2005)をトレース、下図は復元図)

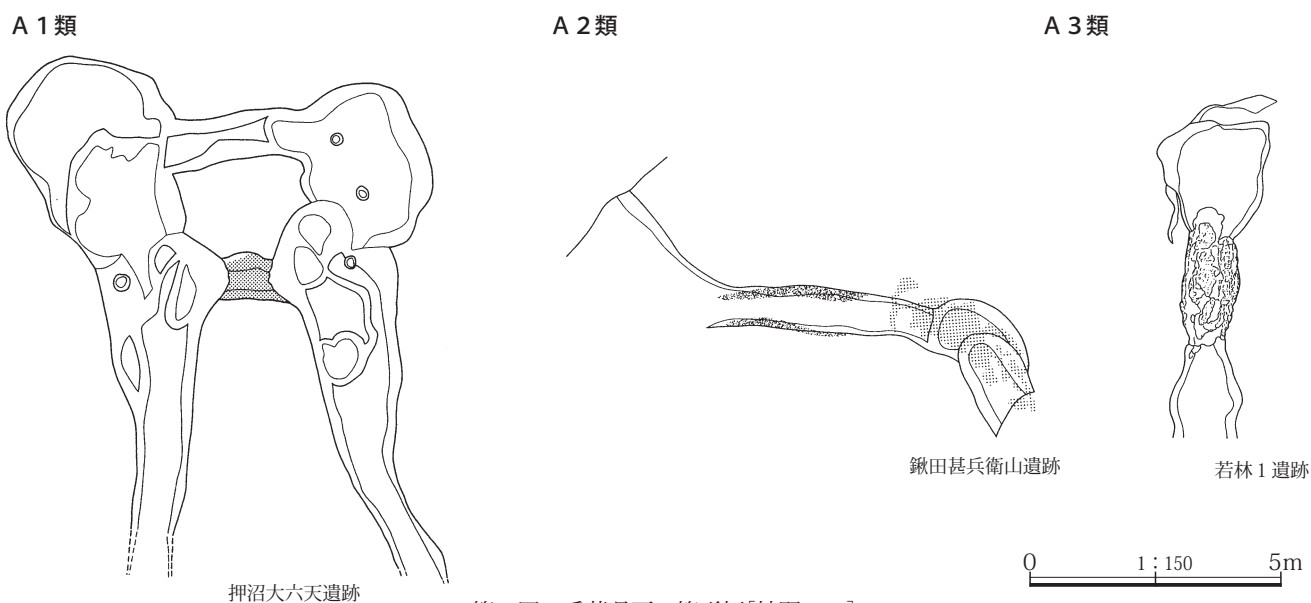


第3図 近江の箱形炉[大道2014]

千葉県下の28遺跡の製鉄炉を分類した神野信は、箱形炉をA1～A3類の3つに分類して整理した。神野の分類は「横置き」(A1類・A2類)と「縦置き」(A3類)の分類を基本とするが、尾根に設置された「横置き」で排水溝を伴うものをA2類、伴わないものをA1類として、横置きを細分した。神野はそれぞれの系譜についても言及し、A1類が7世紀後半の滋賀県大津市源内峠遺跡や8世紀前半の同木瓜原遺跡などの琵琶湖沿岸地域の製鉄炉群[大道2001b]、A2類が7世紀の丹後半島の製鉄炉群[増田1996・1997]、A3類が7世紀前半の北部九州地方の系譜である可能性があった[神野2005] [図4]。

上村武は、中国地方の箱形炉の地下構造の形態をⅠ～Ⅳ型に大別して検討した。この中で地下構造の長軸比が

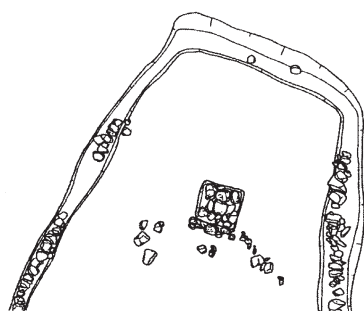
2対1に収まるⅠ型が、現在の岡山県に偏在し、長軸規模が2対1～6体1の細長いⅣ型が、出雲を中心に美作・備中・安芸・伯耆・出雲・岩見の広い範囲で検出されていることを示した。上村は、「Ⅰ型が、古墳時代後期から終末期を中心に古代まで見られる箱形炉で、奥坂遺跡群などのように大規模で集中的」とし、「Ⅳ型が、7世紀後半以降に東北部から北部九州まで確認されている箱形炉と同系譜で、中世を中心として古代から近世初頭にまで見られる」とした[第5図]。上村は、「7世紀後半以降に製鉄技術が全国に拡散するものの、それ以降も、鉄が徴税対象とされているのは中国地方であることから、中央からの視点では鉄生産の中心は中国地方にあった」と指摘した[上村2000]。



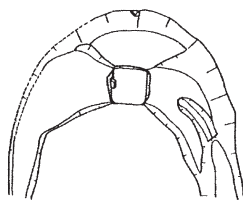
第4図 千葉県下の箱形炉[神野2005]



# I 型

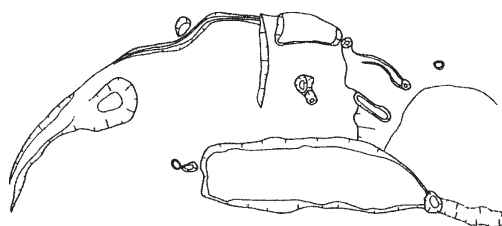


千引かなくろ谷遺跡 2 号炉



沖田奥遺跡 2 号炉

# IV 型



今佐屋山遺跡 II 区炉

0 1 : 150 5m

第 5 図 中国地方の小型箱形炉 (I 型) と大型箱形炉 (IV 型) [上村 2000]

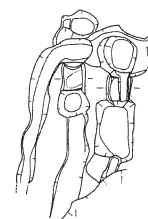
吉備地域では、花田勝広が箱形炉を平面形状で A～D の 4 つに大別し、それぞれを地下構造と残留滓の状況で細分した。花田は炉の地下構造の形態から防湿施設有無を想定して A～D を細分類し、「炉の地下構造の差異が全て生産能力や操業方法の違いとは言えない」としつつも、「鉄鉱石・砂鉄の原料差あるいは、製鉄技術者の技術系譜や集団総括首長の勢力エリアを示すと考えたい」とした [花田 2002]。地下構造と鉄鉱石・砂鉄原料の関係については、穴澤が「古墳時代後期の地下構造のしっかりとした鉄鉱石系から、地下構造をやや略す砂鉄系と変遷する」 [穴澤 1994] とした一方、光永真一は「(吉備の) 炉の下部構造の退化傾向は、移入した技術(の簡略化)を示すもの」とした [光永 1992、第 5 図の I 型の左図から右図への変遷]。

真鍋成史は、7 世紀後半以降の箱形炉の炉底に残留した滓を 3 分類し、①鋳塊が生成、②流れ鉄が生成、③操業中のトラブルで小鉄塊が生成した痕跡であるとした。真鍋は、炉底に残留した滓に、中国地方の小型の箱形炉と同様の操業の痕跡が見られるとし、7 世紀後半以降に各地へ広がった大型の箱形炉は、古墳時代に成立した中国地方の箱形炉の技術系譜であるとした [真鍋 2007]。

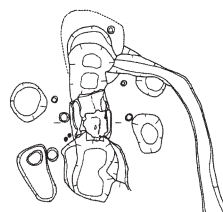
筑紫の 8 世紀後半を主体とする元岡・桑原遺跡群を検討した菅波正人は、炉床の形態・規模・下部構造から I～III 類に分類し、切り合い関係から製鉄炉が縦置きから横置きに変遷することを示した [菅波 2006]。元岡・桑原遺跡の箱形炉は、初期段階から長軸 1 m 未満の規模のもので、幅は 40cm から 60cm へと大きく変遷する。これに対し村上恭通は、筑紫の元岡・桑原遺跡群の箱形炉は古墳時代後期の箱形炉とは構造が異なるとし、やや大型の箱形炉として筑紫に導入された箱形炉が必要最小限に小型化したと解釈した [村上 2007] [第 6 図]。

村上は、これまでの箱形炉研究を総括し、「この時期から地方で必要となった鉄は、近畿地方(琵琶湖周辺)や中国地方で生産された鉄を再分配するのではなく、条件が揃って可能であれば輸送の必要のない現地生産を促

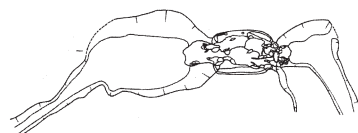
# I 類



# II 類



# III 類

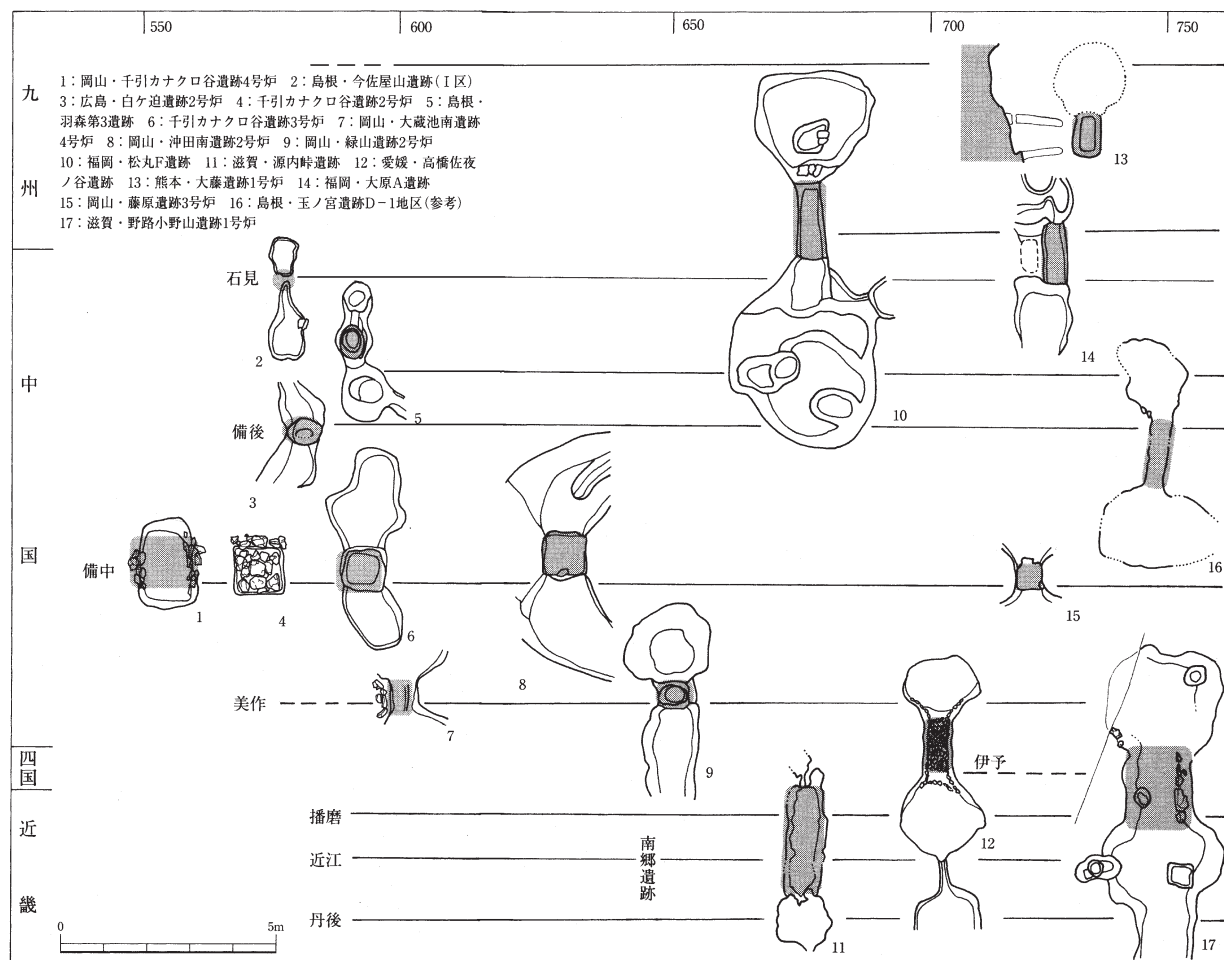


0 1 : 150 5m

第 6 図 筑紫元岡・桑原遺跡群の製鉄炉の変遷 [菅波 2006]

した」とし、この時に広まった鉄アレイ型の大型の箱形炉を「国家標準型製鉄炉」と呼称した [村上 2006]。さらに、村上は「中国山地で古墳時代後期から見られる箱形炉が畿内周辺で改良・大型化され、列島各地へ広がった」と考え、中国山地で 7 世紀後半以降も小型の製鉄炉が使用され続けている点については、「古墳時代後期からの伝統的な鉄生産が継続的に行われていた」とした [村上 2007] [第 7 図]。

近江の箱形炉の系譜については、村上が古墳時代後期の中国山地の箱形炉に求める一方、大道は「吉備と近江の製鉄炉の構造を比較すると技術交流の様相をみてとる



第7図 西日本における古墳時代～古代の製鉄炉の変遷 [村上2007]

ことができない」[大道 2014] とし、中国山地の箱形炉とは異なる技術系譜を求めている<sup>v</sup>。

### 3. 豎形炉の系譜に関する研究史

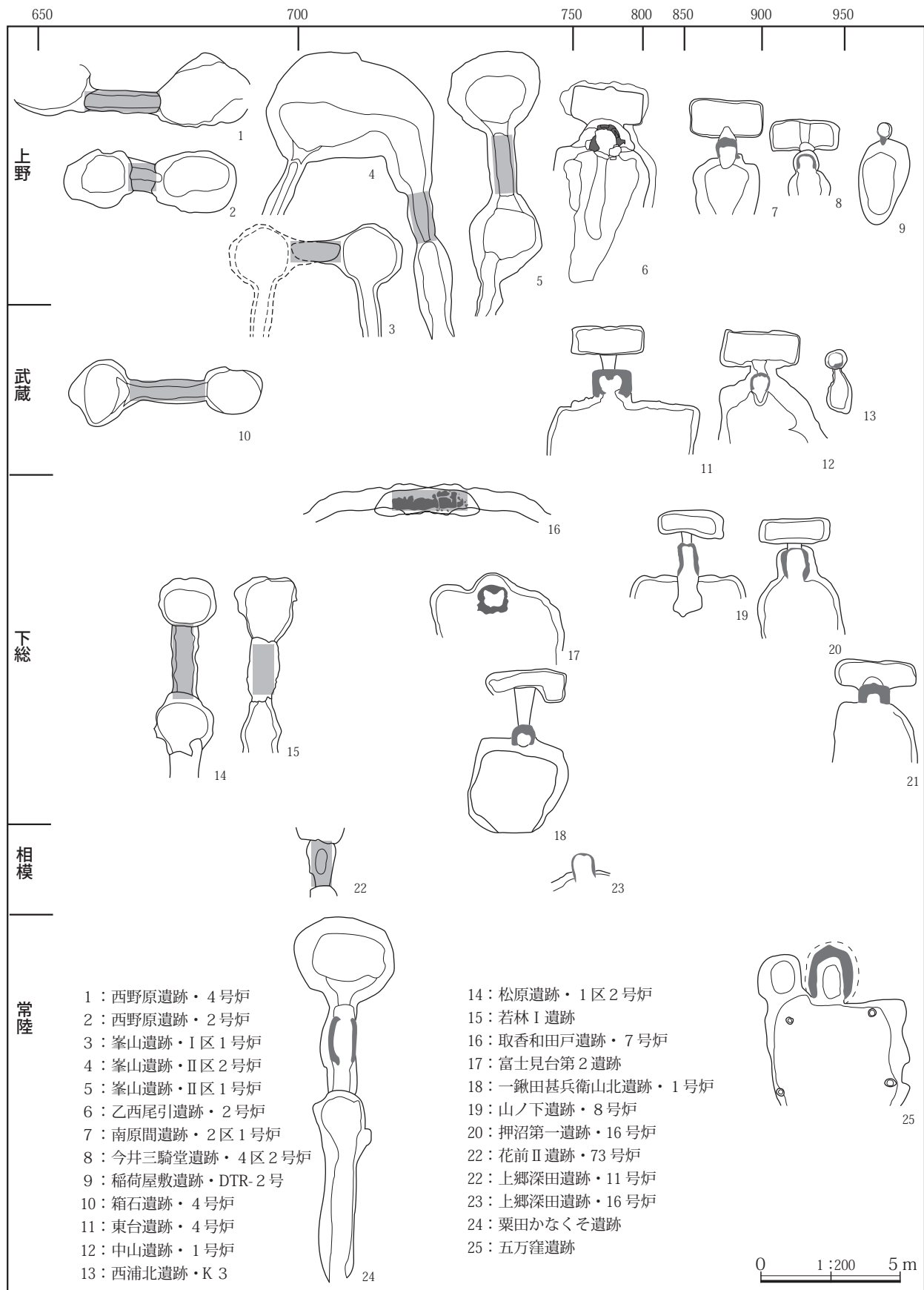
上野では、豎形炉出現以降、箱形炉が見られなくなることが明らかになっており[笹澤2007b]、土佐(1981)らが指摘してきてきた「豎形炉の出現により箱形炉の系譜が途絶える地域」であるといえる。ここで、関東地方における古代以前の製鉄炉の変遷をまとめると、第8図のようになり、上野のような変遷が関東地方に共通した炉形変遷であることがわかる。前述したとおり、陸奥南部では、豎形炉の出現以降、豎形炉に見られる踏み鞆(送風機)が付設する独自の形態の箱形炉が出現しており[寺島1989、安田1996、能登谷2005、飯村2005]、東日本の箱形炉の展開には、豎形炉の出現が大きく関わっていると考えられる。

高橋一夫は、長方形箱形炉が西日本、豎形炉が東日本で検出されることから、それぞれを「西の炉」・「東の炉」とした。豎形炉の構造が、箱形炉と大きく異なることから、高橋は豎形炉を「間接的に箱形炉の影響を受けながら、東国独自で発生した炉と考えたい」とした[高

橋 1983]。

村上英之助は、豎形炉の構造を「日本独自のものではなく、原始的なシャフト炉に系譜がある」としている。さらにその源流について、「8世紀の中国の製鉄が原始的なシャフト炉の段階にあったはずはなく、豎形炉を検出した陸奥南部の新地町向田A遺跡や下総の花前II遺跡で獣面獣脚鋳型が出土することなどから、(豎形炉の系譜は)渤海に代表される東北アジアの可能性が考えられる」とした[村上英1990]。村上(英)の獣面獣脚の出土に着眼した指摘は、東日本への製鉄技術の伝播が、韓半島や西日本ルート以外にもある可能性を示唆した。

山中章は、長岡京の金属器生産をまとめ、遺構としての炉はないが、出土した遺物や炭窯の検出などから、「(長岡京内で)箱形炉と豎形炉による製鉄が行われた」とした。山中は都城の溶解炉と考える遺構が、豎形炉の本来の系譜であるとし、桓武朝の東北への軍事的な制圧などを契機に東日本へ豎形炉と铸造用溶解炉が導入されたと論じた[山中1993]。山中の指摘は、東日本での豎形炉の初現が8世紀前半である点で再検討の必要があるかもしれないが、都城の溶解炉を豎形炉の系譜とした新たな視点を示した。



第8図 関東地方の製鉄炉の変遷

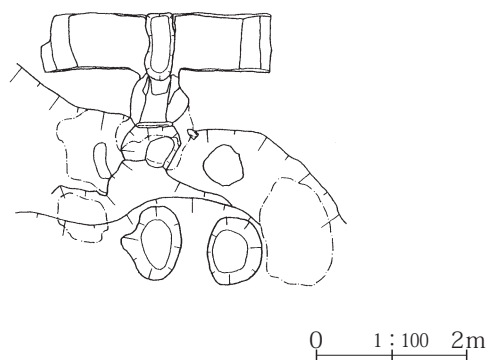
穴澤は、「日本列島には箱形炉と豎形炉の大きく2種類に分かれる製鉄技術があり、いずれの技術も大陸の本格的な製鉄炉との断絶があり、(日本列島の製鉄技術は)朝鮮半島南部の精錬鍛冶炉の一種を転用した可能性がある」とした[穴澤1994]。さらに豎形炉については「朝鮮半島の調査例に(豎形炉と)極めて類似したものが確認され、律令国家により、直接的な技術導入が図られた可能性が高い」とした[穴澤2003]。大道和人は、これに対して、「穴澤の意見は、穴澤の精力的な鉄研究の中から導き出された結論であると考えられ、大いに評価できると考えられるが、各論を根拠付ける遺跡や遺構・遺物の具体的事例が示されておらず、第三者が穴澤の論考の検証をすることができないのは問題である」とした[大道2006]。

松井和幸は、豎形炉を関東及びその周辺で開発された可能性が高い製鉄炉であるとし、その根拠に砂鉄原料をあげた。松井によると、「踏み鞆や土製羽口を装着する豎形炉の構造は、東日本の高チタン砂鉄を還元するのに適した炉形である」という。そして、「列島外に起源がなければ、西日本に分布する円筒形炉が豎形炉の可能性はある」とし、現在までのところ、具体的な資料による検証は難しいが、「豎形炉は(豎形炉に前出する)西日本の円形炉に、踏み鞆の構造が伴って変形した炉形の可能性はある」と推察した[松井2001]。

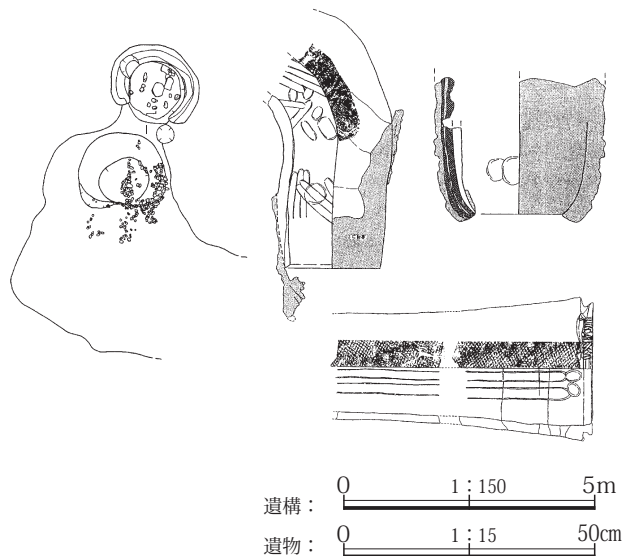
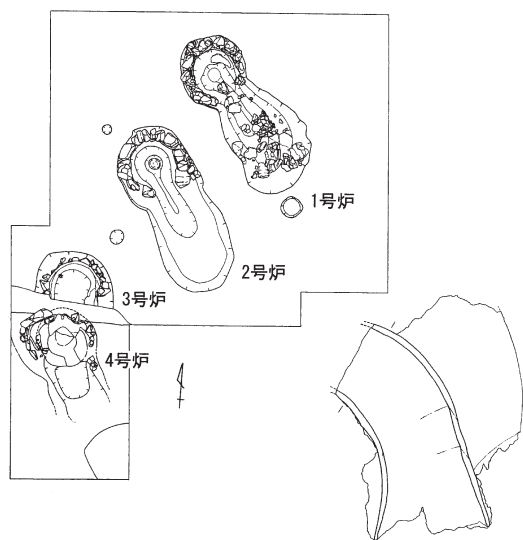
大道は、韓国で検出されている三国時代の製鉄炉が「①踏み鞆の遺構が検出されていない、②自立炉の構造が認められる、③湾曲した大口径羽口がある」といった豎形炉と異なる特徴を有する[第9図]ことを根拠に、豎形炉は三国時代の製鉄炉と直接的な系譜関係を迫ることができないとし、その系譜を都城周辺の金属溶解炉に求めた。大道は、近江の鍛冶屋敷遺跡の溶解炉と豎形炉の構造を比較し、「(鍛冶屋敷遺跡の溶解炉は)踏み鞆を使用

する送風方法が同じで、直線的な大口径羽口を使用する点で技術的な類似点があり、豎形炉の源流であると考えられる」とした[第10図、大道2006]。現在までのところ、豎形炉の成立期が8世紀前半に対して、検出されている溶解炉が8世紀中頃であり、「時間的接点に課題がある」[神野2003]と指摘されたが<sup>iv</sup>、大道は、古代の土器研究(1997)の「東日本における7世紀から8世紀の土器の年代観に再検討の余地がある」とした指摘から、東日本の豎形炉の時期を再検討する必要があるかもしれないとした[大道2006]。大道の指摘は、豎形炉と溶解炉の構造の類似性から説得力があるが、出現時期の問題と祖型とする溶解炉の源流を何におくかという点で、検討の余地があるかもしれない。

ここまで豎形炉の系譜についての論考をあげてきたが、豎形炉初現以前にその系譜とみられる構造の遺構が検出されていないことから、決定的な論が示されたとは言い難く、その系譜について、研究者間の意見の一致を見ない。



第10図 鍛冶屋敷遺跡の金属溶解炉



第9図 韓国三国時代の製鉄炉(左:沙村製鉄遺跡[孫明助ほか2001],右:石帳里鉄生産遺跡[李榮勲ほか2004])



#### 4. 問題の所在とその解決方法

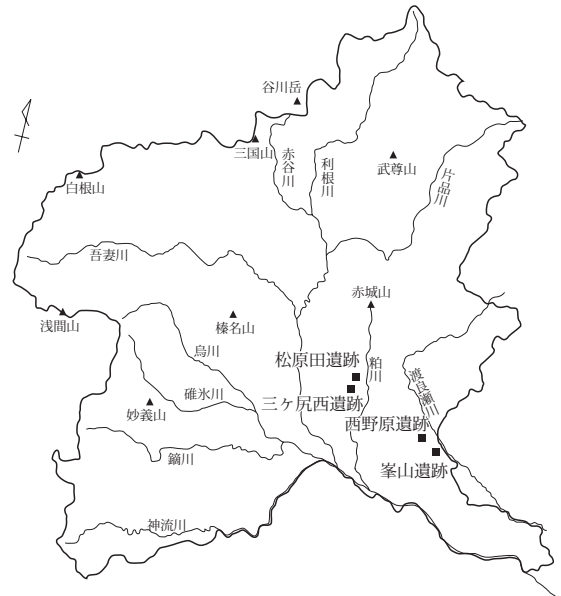
これまで見てきたとおり、能登谷が陸奥南部の箱形炉の系譜を近江の他に吉備や関東、神野が房総の箱形炉の系譜を近江の他に丹後や北部九州などにも求める以外、東日本の箱形炉の源流は近江にあるという意見が研究者間のほぼ共通した認識になっている。その重要な根拠の一つが、大道の「(横置き的大型箱形炉が)畿内地域に多く見られる型式であり、出雲・吉備など古墳時代から箱形炉が認められる地域には普遍的に存在せず、各地域では7世紀後半から8世紀前半という製鉄技術が広がる時期にのみ分布が認められる」という指摘である。しかしながら、近江では鉄鉱石、東日本では砂鉄を製鉄原料に使用しており、これまでの研究では使用する原料の違いから生じる操業技術の差を配慮した技術系譜の議論が十分であったとは言い難い。鉄鉱石と砂鉄は同じ磁鉄鉱ではあるが、操業で使用する際の粒径は大きく異なり<sup>vii</sup>、近江の製鉄技術をそのまま東日本に導入したのでは、操業を順調に行うことが難しかったと推察される。鉄鉱石と砂鉄のいずれも製鉄原料として扱っていた吉備でも、箱形炉の構造と使用原料との関係を言及することが難しい中で、その関係を紐解くことは困難であるかもしれないが、遺構や遺物には操業内容を表象する痕跡が少なからず残存している可能性があり、検討する余地がある。

さらに、竪形炉の系譜については諸説あるが、決定的な論は提示されていない。これまでの論考は、箱形炉と竪形炉の形態があまりにも異なることから、外来技術の伝播を前提に、竪形炉と同形態あるいは類似した炉の提示を試みようとしたものがほとんどであった。しかしながら、竪形炉には、前代の箱形炉からの連続する製鉄技術やそれを表象している構造が出土した遺構や遺物に残存しており、箱形炉から竪形炉への連続性を在来技術、変化を外来技術の模倣による在来技術の変化として捉えれば、新たな論の展開が期待できるかもしれない。これまで、上野では箱形炉の資料が少なかったこともあり、箱形炉と竪形炉の具体的な資料の比較・検討をする機会ほとんどなかったが、これらを比較することによって、竪形炉の系譜を再検討する余地がある。

#### 5. 上野の箱形炉

##### (1) 概要

上野における製鉄技術導入期の製鉄炉の炉形は箱形炉で、7世紀後半から8世紀前半代に限られている。現在までのところ、その数も、前橋市三ヶ尻西遺跡、同松原田遺跡、太田市西野原遺跡・同峯山遺跡の4遺跡10基のみで[第11図]、8世紀中頃以降は約50遺跡検出されている竪形炉が主体である。以下に箱形炉を検出した遺跡の概要を示す。



第11図 上野の箱形炉検出遺跡位置図[笹澤2007b]

①前橋市三ヶ尻西遺跡 三ヶ尻西遺跡は赤城南麓に位置し、横置き箱形炉が2基検出されている<sup>viii</sup>。地下構造は、2基とも断面が船底形の浅い形状で、棒状の木炭を炉床下に敷いている。鍛冶工房を含む12軒の竪穴住居の出土土器から、箱形炉は7世紀中頃に比定され、東日本最古級である〔穴澤1994、小島1997、赤熊2007〕。

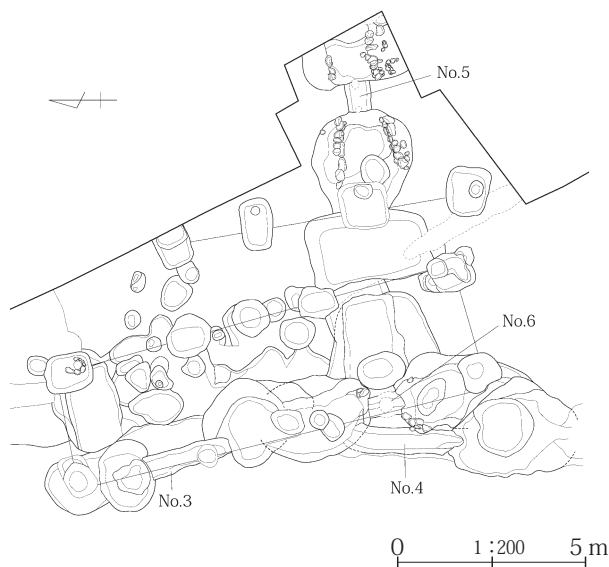


第12図 三ヶ尻西遺跡の箱形炉[小島1997、今村編2008]

②前橋市松原田遺跡 松原田遺跡は前述した三ヶ尻西遺跡北2kmに位置する。縦置き箱形炉1基が検出されている。遺跡の西に接する東原遺跡では地下式の登り窯が、焚き口から放射状に8基並んで検出されている〔小島1997〕。箱形炉の幅は0.8m、長さ1.6mを測る。炉の両端に設置された排滓土坑は直径3m程の不整形円で、谷側の排滓土坑には幅約0.5mの排滓溝が設置されている。現在までのところ、箱形炉の時期を確定できる資料は報告されていない〔小島1985〕。

③太田市西野原遺跡 八王子丘陵西の藪塚扇状地上に位置する。長軸2m未満の横置き箱形炉2基と、長軸1m未満の平面形状ほぼ方形の箱形炉2基が検出されている[第13図]。前者と後者は重複しており、長軸2m未満の箱形炉の方が古い。箱形炉は、鍛冶工房や竪穴住居群の出土土器から7世紀後半に比定されている。箱形炉周辺では、製鉄から鉄器製作一連の工程が行われていたことが明らかになった<sup>※</sup>[谷藤・笹澤2007]。

自然化学分析[大澤2010]では、「生成した鉄は製錬滓との分離が不十分な軟鉄から鋼の割合が高かったのではないか」という考察と同時に、「鉄塊系遺物に下げ脱炭の可能性を示す組織、椀形鍛冶滓にねずみ鑄鉄が付着する資料、亜共晶組成白鑄鉄組織局部に残す棒状鉄製品といった3点の鑄鉄の存在が本遺跡の鍛冶作業に反映されていて決して無視できない」との見解がなされ、箱形炉での鑄鉄生成及び鍛冶工房での脱炭工程の可能性も示された。



第13図 西野原遺跡の箱形炉群[谷藤他2010]

④太田市峯山遺跡 金山丘陵北端に位置する。3基の箱形炉が検出されている。長軸規模が不明な横置き箱形炉1基と長軸2m未満の縦置き箱形炉2基が検出されている。

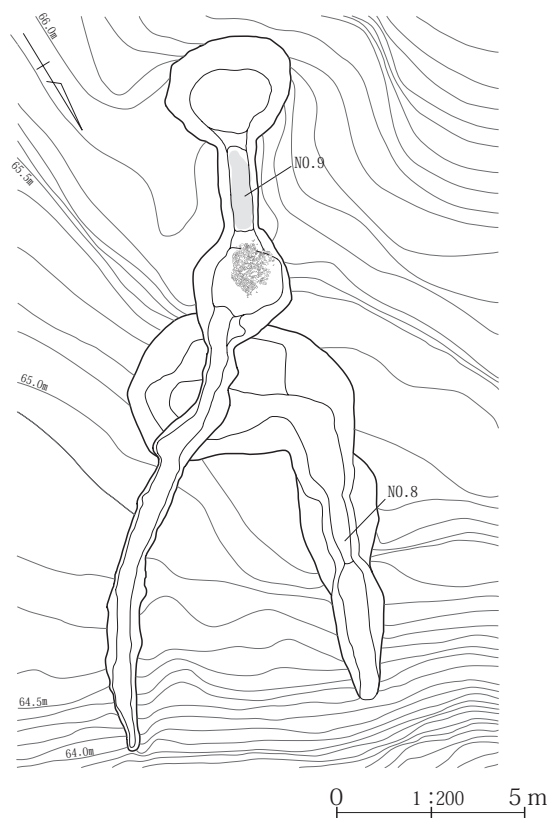
横置き箱形炉は炉の一部と片側の排滓土坑が削平され、完全な構造は明らかではないが、上位の溝は炉を巡るように、下位の溝は谷へ直線状に伸びており、上位が防湿用、下位が排滓用の溝であると考えられる[第17図No. 7]。地下構造は、船底形の浅い掘り込みである。排滓土坑からは後述する残存状況が良好な大型の炉壁片が出土している[第16図]。

一方、縦置き箱形炉2基は重複しており、等高線に対して下位から上位へ製鉄炉を作り替えていることがわかる[第14図]。下位の古い縦置き箱形炉(No. 8)は特

殊な形状で、上下両方の排滓土坑に排滓溝が設置されている。上位の排滓土坑は不正円形で巨大、下位は炉の幅とほとんど変わらない形状である。新しい上位の縦置き箱形炉(No. 9)は、所謂鉄アレイ形で、上位の排滓土坑には排滓溝がなく、下位の排滓土坑に排滓溝が設置されている。地下構造は、古い炉が礫を敷いた丁寧な作り、新しい炉が船底形の浅い掘り込みである。

出土した鉄塊系遺物の自然化学分析によると、「局部的には鑄鉄組織が確認されるものの、共析組織(炭素0.77%レベル)から過共析組織(炭素0.77%をやや超える)主体の鋼が複数確認されており、鋼が生成しやすい炉内環境であった可能性が高い」とのことである[大澤2010b]。3基とも操業終了時に排滓土坑に流し出されたと見られる流動滓がそのままの状態出土している。

峯山遺跡では、箱形炉に伴う鍛冶工房が検出されており、製鉄から鉄器生産の一連の工程が遺跡内で行われていたと考えられる<sup>※</sup>。箱形炉は、鍛冶工房の共伴土器から8世紀前半に比定される。



第14図 峯山遺跡 縦置き箱形炉の重複

## (2)立地

赤城山南麓や八王子丘陵・金山丘陵などでは、現在でも、森林資源が豊富な地域から箱形炉が検出されており、製鉄に必要な木炭を確保しやすい地域に箱形炉が設置されていることがわかる。さらに、箱形炉が検出されている

周辺の小河川では現在でも容易に砂鉄が採取でき、原料砂鉄も容易に採取できる環境であったと推測される。

三ヶ尻西遺跡・西野原遺跡・峯山遺跡などで見られるように、製鉄炉とセットで鍛冶工房や竪穴住居が設けられており、製鉄から鍛冶まで行う技術者の集落が拠点的に設置された様相が確認できる〔笹澤2007b〕<sup>xi</sup>。

### (3) 製鉄原料

①砂鉄 前述したとおり、古代上野における製鉄原料は砂鉄である。鉄鉱石を使用したと考えられる製鉄炉は検出されていない。日本列島を概観すると、現在までのところ、古代において製鉄原料として鉄鉱石を使用しているのは愛知県小牧市狩山戸遺跡以西の地域であり、東日本は砂鉄を原料としている<sup>xii</sup>。

上野では現在でも、赤城山麓や榛名山麓を開析する河川では、多くの砂鉄が採取でき、吾妻川・砂居川、鮎川などで砂鉄の自然科学分析が行われている〔大澤1975、大澤・鈴木2007〕。県内で分析された採取砂鉄は、二酸化チタンが4.0～8.99%であり、陸奥南部の太平洋沿岸地域の22%以上、房総地域の12～18%、武蔵北部の10%前後と比べると、やや低めの値を示している。冶金学の分野では、8%を境に高チタン系の砂鉄は銑鉄生産に向くといった研究成果も示されており〔久保ほか2010〕、この研究成果を援用すれば、上野を除いて東日本は原料の面で銑鉄生産に向く地域が多いといえるかもしれない。陸奥南部、房総地域、武蔵国では、竪形炉に鑄型が伴う遺跡が多く知られているが、現在までのところ、上野では、竪形炉に鑄型の出土が伴う調査例はなく、竪形炉に銑鉄生産が直接結びつく資料は検出されていない<sup>xiii</sup>。

②木炭 これまで、上野で検出された箱形炉に伴う木炭の樹種同定を行ったのは、西野原遺跡と峯山遺跡で、前者がクヌギ、クリ、エゴノキ、後者が、ハンノキ、クヌギである。確実に箱形炉に伴う炭窯は検出されていない

が、炭窯は地下式の竈窯が主体で、横口付きの炭窯は、唯一、高崎市下室田中里見遺跡で検出されている。下里見遺跡周辺では箱形炉の炉底塊が出土している〔笹澤2010a、谷藤・笹澤2010〕。

③炉材 峯山遺跡では、箱形炉を構築する際に粘土を取り出した土坑が検出された。炉材は、所謂ローム土層が主体である。短く切ったスサを多量に加えており、脆弱な胎土にスサを混入することで補強して、炉を構築したと考えられる〔笹澤2010a〕。肉眼観察では、箱形炉と竪形炉で、ほとんど炉材に変化がない。上野で検出される炉壁の耐火度は、箱形炉、竪形炉とも低く、1,100～1,200℃である<sup>xiv</sup>。

### (4) 鉄滓

上野の箱形炉の出土鉄滓を全量分類している遺跡では、流動滓が約8割から9割を占めている〔笹澤2010a、笹澤・谷藤2010〕。遺物として出土している流動滓は両遺跡合わせて、40トン以上あり、そのほとんどは、滓質が密で断面は光沢のある灰褐色を呈している。西野原遺跡・峯山遺跡の整理作業では、国選定保存技術(玉鋼製造(たたら吹き))保持者である木原明氏(村下)に、たたら操業の際に排出される滓と、出土した遺物の比較検討を行っていただいた。木原明村下は、「出土したノロ(流動滓)を見ると、鉄と滓の分離が良好で、操業が順調であったことがわかる。」とコメントされている〔笹澤2010a〕。

## 6. 上野の箱形炉の分類と変遷及びその系譜

### (1) 構造の整理

検出された上野の箱形炉の構造を整理すると以下の通りになる〔表1〕。

①規模 箱形炉の規模は長軸2m未満のものと、長軸1m未満のものがある。前者が主体で、後者は西野原遺

表1 群馬県 箱形炉一覧

遺跡名	所在地	No.	長軸規模	設置方向	地下構造	排滓構造	分類	時期	特徴
三ヶ尻西	前橋市	1	2m未満	横置き	タイプ1	タイプ1	A1	7世紀中	鍛冶工房を含む12軒の竪穴住居と併存。製鉄から製品製作まで一貫した工程。出土鉄製品：無茎鎌など。
		2	2m未満	横置き	タイプ1	タイプ1	A1	7世紀中	
西野原	太田市	3	2m未満	横置き	タイプ1	タイプ1	A1	7世紀後	長軸2m未満(No.3、4)から1m未満(No.5、6)へ変遷。鍛冶工房を含む7世紀後半の集落あり。製鉄炉の周辺には砂鉄が集中した溝・小割場・鍛冶工房あり。鍛冶工房からは基部に粘土塊が付着した特徴的な羽口が出土。製鉄から製品製作まで一貫した工程。出土鉄製品：鉄鎌先、有茎鎌など。
		4	2m未満	横置き	タイプ1	タイプ1	A1	7世紀後	
		5	1m未満	横置き	タイプ3	タイプ1	B	7世紀後	
		6	1m未満	—	タイプ3	タイプ1	B	7世紀後	
峯山	太田市	7	—	横置き	タイプ3	タイプ2	A2	8世紀前	No.8、9が重複し、No.8が古い。No.8の上位の排滓土坑は巨大で排滓溝を伴う。下位の排滓土坑は溝状。No.9は両端に円形の排滓土坑。下位の排滓土坑のみに排滓溝を設置。8世紀前半の鍛冶工房と併存。製鉄から製品製作まで一貫した工程。出土鉄製品：ほとんどなし。
		8	2m未満	縦置き	タイプ2	タイプ3	C1	8世紀前	
		9	2m未満	縦置き	タイプ3	タイプ4	C2	8世紀前	
松原田	前橋市	10	2m未満	縦置き	—	タイプ4	C2	不明	三ヶ尻西遺跡に隣接。砂鉄埋納土坑検出。



跡で2基(No. 5・6)検出されている。西野原遺跡では、前者と後者が重複しており、前者が古い。

②設置方向 箱形炉の設置方向は、横置きと縦置きとがある。7世紀中頃の三ヶ尻西遺跡、7世紀後半の西野原遺跡は横置き、8世紀前半の峯山遺跡には横置きと縦置きがあり、時期不明の松原田遺跡は縦置きとなる。横置きは7世紀中頃から8世紀前半、縦置きは8世紀前半と、横置きが縦置きに先行している。

③炉床 西野原遺跡・峯山遺跡では、炉床が破壊されて検出されており、操業後に炉底から生成物を取りだしていた事がわかる(第15図の地下構造上位の覆土はその痕跡)。ただし、出銑主体の銑押しのような操業であっても、最終的に炉底に生成鉄が残存すれば、炉底を破壊して生成物を取りだすので、炉底の検出状況から、生成された鉄質を推察することは難しい。

④地下構造 地下構造については、3分類が可能である[第15図]。

**地下構造タイプ1** この構造は、断面が船底形の浅い掘り込みで長軸方向に長い棒状の木炭を敷くタイプである。上野における製鉄導入期である三ヶ尻西遺跡や西野原遺跡で共通している点で重要である。現在までのところ、棒状の木炭を長軸方向にそのまま敷く構造が、近江や吉備などの製鉄先進地域にないことから、上野独自の地下構造の特徴であると捉えることができる。

**地下構造タイプ2** この構造は、深い掘り込みで、底に礫を敷くタイプである。8世紀前半の峯山遺跡でみら

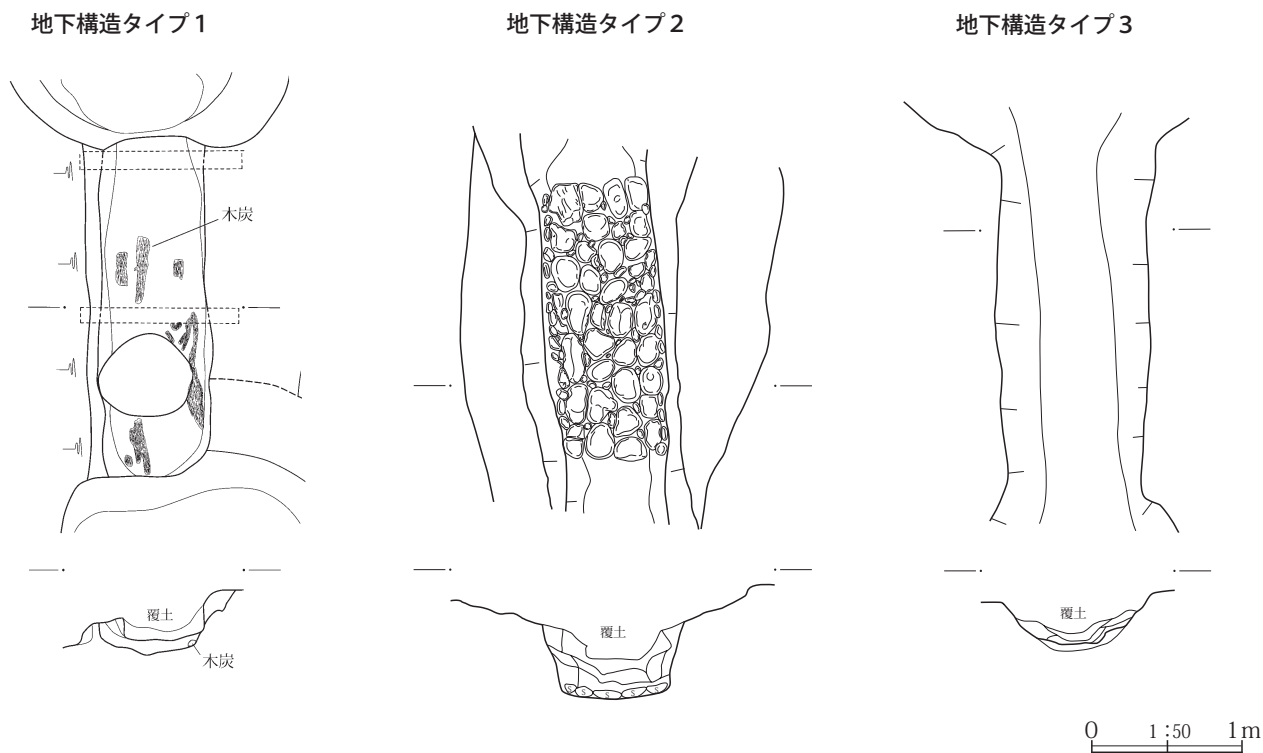
れ、掘り込みは深さ80cmを測る。底部に礫を敷く構造は、近江の源内峠遺跡、野路小野山遺跡、平津池ノ下遺跡、尾張の西山遺跡、狩山戸遺跡、陸奥の向田E遺跡、伊予の高橋佐夜ノ谷Ⅱ遺跡など各地で確認できる。

**地下構造タイプ3** この構造は、断面が船底形の浅い掘り込みのタイプである。上野の箱形炉では、7世紀後半から8世紀前半まで幅広い時期で見られる。地下構造タイプ1の構造から、木炭を除いた構造であることから、地下構造タイプの1の簡略形であると捉えることができる。峯山遺跡では、地下構造タイプ2と地下構造タイプ3が重複しており、地下構造タイプ2の方が古い。

⑤排滓構造 排滓構造は、炉の設置方向に関連しており、炉の設置方向と排滓土坑の組み合わせで、3つに大別できる。すなわち、横置きで両端に同規模の不整円形の排滓土坑、縦置きで上位が大型の不整円形で下位が溝状の排滓土坑、縦置きで上位がやや大きめの不正円形で下位がやや小さめの不整円形の排滓土坑の構造である。これに排滓溝の有無を加えると、以下の4タイプの排滓構造に分類できる。

**排滓構造タイプ1** この構造は、横置きで左右対称の不正円形の排滓土坑があり、排滓溝がないタイプである。7世紀中頃から後半の上野における製鉄導入期に見られる。7世紀後半に比定される[第17図 No. 3～6]。

**排滓構造タイプ2** この構造は、横置きで左右対称の不正円形の排滓土坑があり、排滓溝を設置するタイプである。峯山遺跡では、約半分の遺構が壊されており、全



第15図 上野の箱形炉の地下構造の分類



ての構造が明らかにされなかったが、炉の両端に排滓土坑と排滓溝が設置されていた可能性が高い。8世紀前半に比定される[第17図 No. 7]。

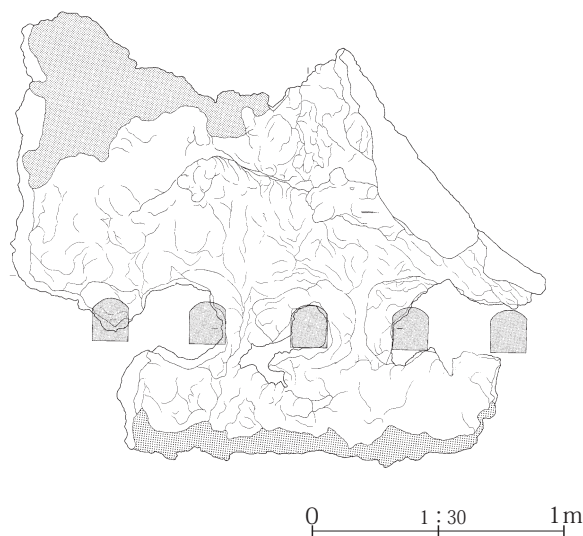
**排滓構造タイプ3** この構造は、縦置きで上位が大型の不整円形、下位が溝状の排滓土坑で、両端の排滓土坑に排滓溝を設置するタイプである。このような構造は、8世紀後半を主体とする筑紫の元岡・桑原遺跡群で見られるが(第6図のⅠ類とⅡ類)、炉の規模も異なり、上位の排滓土坑に排滓溝を設置する構造だけで、系譜の同一性を主張するのは無理があるかもしれない。すなわち、このタイプの上位の排滓土坑に設置された排滓溝は、小口谷側一方への排滓(以下、このような小口下位一方への排滓を片側排滓とし、小口両端からの排滓を両側排滓と記述する)を狙った縦置きの箱形炉を設置したものの、上位の排滓土坑でも滓を谷部に排出する必要が生じたためにやむなく設置された排滓溝であると理解できる。このタイプは、後述する排滓構造タイプ4と重複しており、タイプ3が古い。8世紀前半(前)に比定される[第17図 No. 8]。

**排滓構造タイプ4** この構造は、縦置きで、上下位に不整円形の排滓土坑があり、下位の排滓土坑に排滓溝を設置するタイプである。このタイプは、野路小野山遺跡に代表される近江など、東日本で典型的に見られる縦置きの排滓構造である。下位の排滓土坑のみに排滓溝が設置されていることから、片側排滓を表象していると推察される。8世紀前半(後)に比定される[第17図 No. 9]。

⑥**送風構造** 峯山遺跡で出土した大型の炉壁片は、炉底から送風孔までの高さや送風孔間の距離が明らかで、箱形炉の送風構造を考察する上で重要である[第16図]。具体的には、峯山遺跡の送風孔の芯々間の間隔は11cmであるが、近江の源内峠遺跡出土炉壁の送風孔の芯々間の距離は、20～25cm程である。送風装置の能力にも左右されるので、一義的な関係とは言えないが、上野の狭い送風孔の間隔は、炉内の送風量を増し、木炭の燃焼スピードを速くする工夫であると理解できるかもしれない。砂鉄は鉄鉱石原料に比べ粒径が小さく<sup>xv</sup>、炉底まで届く時間が短くても溶解・還元され易い。上野で出土する炉壁の耐火度は1,200℃以下と、近江の約1,450℃に比べて200℃以上も低く<sup>xvi</sup>、短時間の操業時間にしか耐えられないものであったと推定される。

近世たたらに「一土(炉材の粘土)、二風(送風)、三村下(操業者)」という言葉があるように、製鉄では炉に使用する土が、順調な操業を行うために最も重要な要素の一つである。製鉄技術の先進地から東日本へ、送風システム(送風機)と技術者は移植できても、数トンにもなる土を搬入することは困難で、現地で採取する必要があったことであろう。操業で耐火度の高い炉材の方が有利であることは明らかであるが、上野では9世紀後半の豎形

炉でも耐火度の低い炉材が使用され続けているところを見ると、製鉄炉に適した耐火度の高い炉材の発見が困難であったのかもしれない。



第16図 箱形炉の大型炉壁片(峯山遺跡) [笹澤2010a]

## (2)分類

以上の構造の整理から、上野で検出された箱形炉を、炉の設置方向と規模で、A～C類に大別する。すなわち、A類が横置きで長軸2m未満、B類が横置きで長軸1m未満、C類が縦置きで長軸2m未満である。次に、それらを地下構造と排滓構造で細分すると以下の通りになる[表1、第17図]。

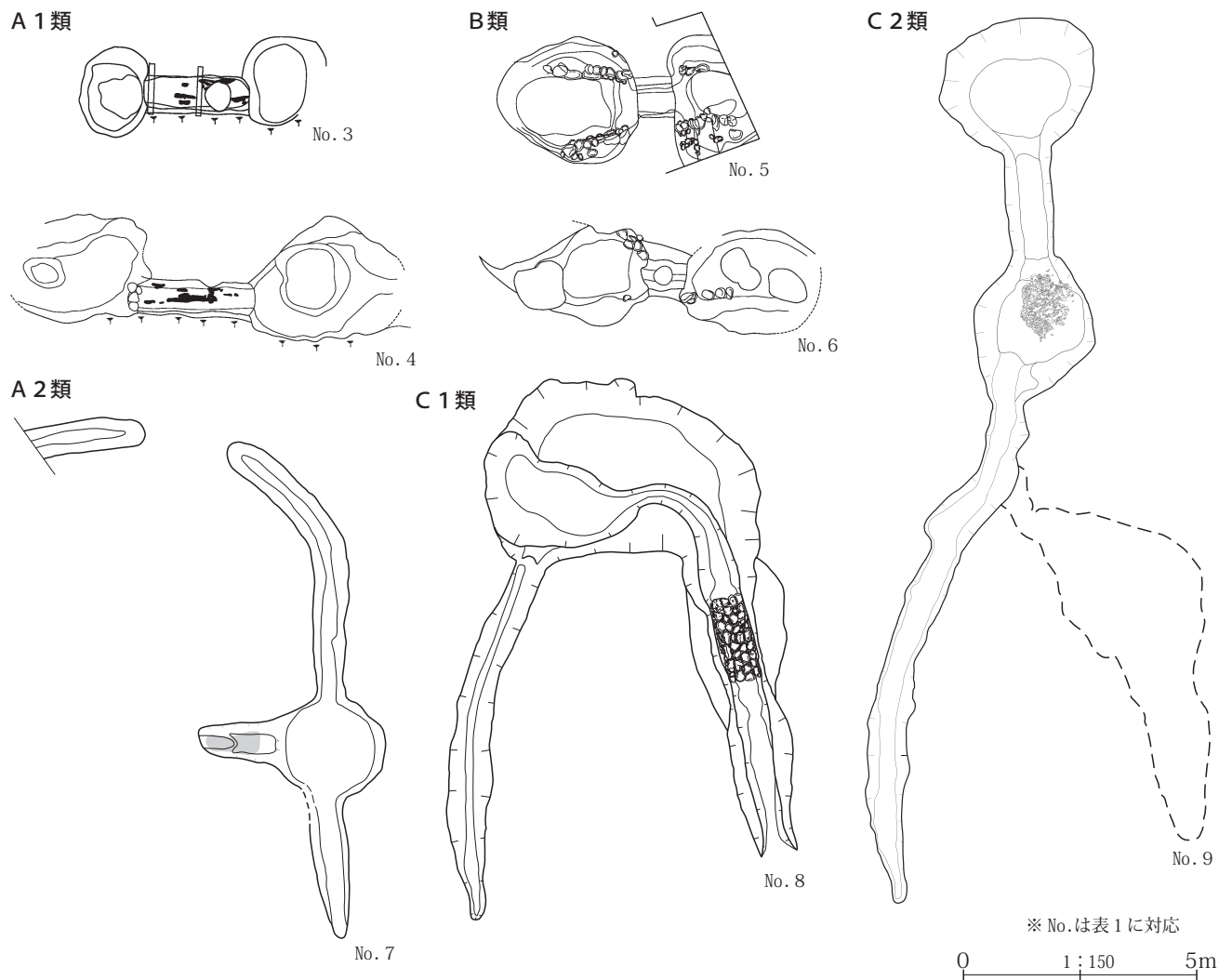
**A1類** 横置きで長軸2m未満。地下構造タイプ1、排滓構造タイプ1。三ヶ尻西遺跡と西野原遺跡で検出されている。特に、近江や吉備などの製鉄技術先進地域にない棒状の木炭を長軸方向に敷く地下構造(地下構造タイプ1)には両遺跡の緊密な技術系譜が確認できる。7世紀中頃から後半に比定される。

**A2類** 横置きで長軸2m未満。地下構造タイプ3、排滓構造タイプ2。前述した、砂鉄原料に対応したと推測される送風構造の痕跡が確認できる大型の炉壁が出土している[第16図]。8世紀前半に比定される。

**B類** 横置きで長軸1m未満。地下構造タイプ3、排滓構造タイプ1。炉の小口側面に礫を組む。7世紀後半に比定される。7世紀後半に比定される。A1類に後出する。

**C1類** 縦置きで長軸2m未満。地下構造タイプ2、排滓構造タイプ3。地下構造に礫を敷く形態と、縦置きでありながら上位の排滓土坑にも排滓溝が設置されている点で特徴的である。8世紀前半(前)に比定される。

**C2類** 縦置きで長軸2m未満。地下構造タイプ3、排滓構造タイプ4。8世紀前半(後)に比定される。



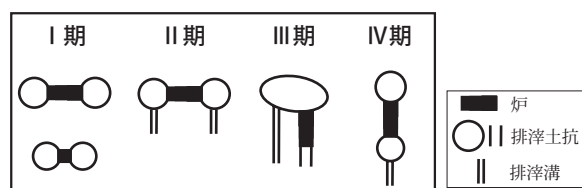
第17図 上野の箱形炉の分類

### (3)変遷

横置ききのA 1 類が7世紀中頃から後半と最も古い。三ヶ尻西遺跡のA 1 類が7世紀中頃、西野原遺跡のA 1 類が7世紀後半であることから、三ヶ尻西遺跡から西野原遺跡への連続性がみられる。さらに西野原遺跡ではA 1 類とB類が切り合っており、A 1 類に次いで小型のB類が出現したことがわかる。

縦置ききが横置ききの後出しており、縦置ききに表象される片側排滓は、横置ききの両側排滓より新しい製鉄技術と捉えることができる。地下構造と排滓構造が特徴的な縦置ききのC 1 類は、峯山遺跡での遺構の切り合い関係から、典型的な縦置ききの排滓構造を持つC 2 類より古い事がわかる。C 1 類では上位の排滓土坑にも排滓溝が設置され、完全な片側排滓の構造ではなく、後出するC 2 類では、排滓溝の設置が、谷部側の排滓土坑のみになり、片側排滓の操業形態が確立したと捉えることができる。以上のように、横置ききから縦置ききへの変遷が、両側排滓から片側排滓への技術変遷を表象していることがわかる。さら

に、この排滓技術の変遷に着目して、上野の箱形炉の変遷のモデル化を試みると、第18図のようになる。



第18図 上野の箱形炉の変遷モデル

**I 期** 箱形炉両側排滓である。排滓土坑に排滓溝は設置されない。A 1 類、B 類。長軸2 m未満と1 m未満のタイプがある。7世紀中頃から後半の東日への製鉄導入期にあたる。

**II 期** 箱形炉両側排滓である。排滓溝が設置され、排滓土坑からの効率的な排滓が意識される。A 2 類。8世紀前半。

**III 期** 箱形炉片側排滓を狙った縦置ききの設置方向であ

るが、山側の排滓土坑にも排滓溝が設置され、縦置きであるが、片側排滓であったとは言い難い。片側排滓の試行期である。C 1 類。8 世紀前半(前)。

IV期 箱形炉片側排滓。谷側の排滓土坑のみに排滓溝が設置される。片側排滓の操業形態が確立する。C 2 類。8 世紀前半(後)。

#### (4)系譜

現在までのところ、三ヶ尻西遺跡の箱形炉が東日本最古級の箱形炉であることから、A 1 類が、東日本初現期の箱形炉の構造である可能性が高い。A 1 類には、製鉄先進地域にはない独自の地下構造が見られることなどから、近江の箱形炉の構造そのものが導入されたのではなく、上野で新たに開発された構造があると考えられる。

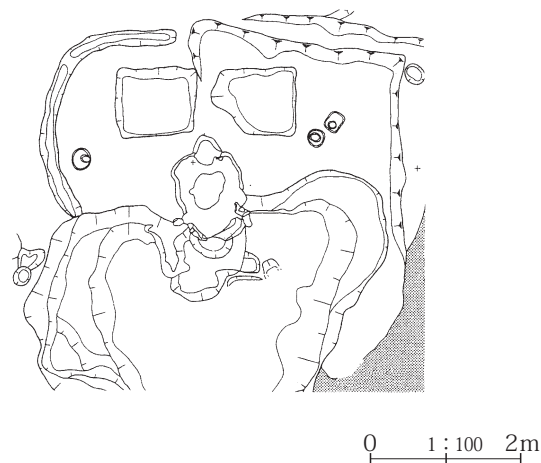
B 類は、現在までの発掘成果によると、その後の東日本で定着しないようであるので、7 世紀後半段階の試行的な操業であったと理解できる。長軸 2 m 未満の A 1 類から一気に長軸 1 m 未満の B 類へ変化している点から見て、B 類の操業は、長軸 1 m 未満の箱形炉の操業を知る吉備の製鉄工人の関与があった可能性が高い。現在までに検出されている東日本での 7 世紀後半の箱形炉の展開を見れば、東日本への新たな製鉄技術の導入は、近江で操業されていた長軸 2 m 規模の箱形炉に求められていたことがわかるが、前述したとおり、近江の製鉄炉は鉄鉱石原料であり、砂鉄原料を扱う東日本への製鉄技術の導入には、大型の箱形炉を操業していた近江の技術者だけではなく、砂鉄原料に熟練した吉備の技術者が関与していた可能性が高い。すなわち、東日本への製鉄技術の導入は、列島の製鉄先進地域の技術者の総力を結集して進められたことが推察される。

前述したとおり、C 1 類の地下構造タイプ 2 は各地に類例があるが、その後、C 2 類では、在地の系譜と見られる地下構造タイプ 3 が採用されており、縦置きの導入段階のみに外来の丁寧な作りの地下構造が試行された可能性がある。

### 7. 豎形炉に残る箱形炉の技術系譜

これまで、箱形炉と豎形炉の形態があまりにも異なることから、豎形炉の系譜は、新たな外来技術の伝播を前提に議論されてきた。しかし、豎形炉の平面形状や送風方法を再検討すると、箱形炉と豎形炉の技術系譜が繋がるとみられる痕跡が、いくつか確認できる。

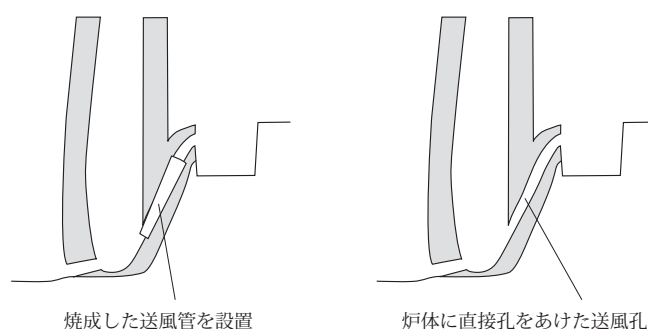
第 1 に、豎形炉の平面形状が、隅丸方形で箱形炉に近いものが多い点である。すなわち、朝鮮半島の三国時代の製鉄炉は第 9 図の慶尚南道密陽市沙村製鉄遺跡などのように円形を基本としているが<sup>xvii</sup>、豎形炉は遺構及び炉壁片から見ても、4 辺の直線を有する隅丸方形が主体である[第 8、19 図]。



第19図 陸奥 柏木遺跡の豎形炉

第 2 に、豎形炉の送風方法に、箱形炉からの技術系譜と見られる炉壁に直接孔をあける構造がある点である[第20図]。すなわち、豎形炉には、焼成した送風管を使用するタイプ(豎形炉送風タイプ 1)と、炉体に直接送風孔をあけて構築するタイプ(豎形炉送風タイプ 2)があるが、タイプ 2 の構造は、焼成した羽口を用いなくても製鉄が行えることを知る日本列島在来の箱形炉の製鉄技術者の関与が想定される[笹澤2015]。

豎形炉は、炉の後背部に送風管(孔)を一本設けた高炉の構造を有する朝鮮半島の技術系譜上にある一方で、以上のような箱形炉の系譜を残す在来技術の痕跡が確認できる。つまり、豎形炉は、朝鮮半島の製鉄技術そのものが伝播したのではなく、その構造を模して、日本列島の箱形炉の工人によって開発された製鉄炉であると推察することができる。



第20図 豎形炉の送風(左:タイプ 1、右:タイプ 2)

一方、これまでの豎形炉の送風方法の検出例を見ると[高崎2012]<sup>xviii</sup>、陸奥南部と下総で検出されている豎形炉がタイプ 1 である点と、上野の豎形炉がタイプ 2 である点が特筆される[表 2]。さらに、陸奥では、8 世紀前葉から箱形炉にも焼成した小型の送風管が設置されていることが確認されており[能登谷2005、飯村2005、門脇



2015]<sup>xix</sup>、箱形炉・豎形炉を問わず、焼成した送風管による製鉄技術が定着している。焼成した送風管の分布域は、高チタン砂鉄の分布域と一致しており[表2]、今後はその関連も検討する必要があるだろう。

表2 豎形炉の送風タイプ一覧

地域	送風タイプ	検出数	遺跡名	砂鉄中の二酸化チタン
陸奥	タイプ1	14	長瀬、大船迫A、向田A、鳥打沢B、山田A、南入A、割田E	22%以上
上野	タイプ2	4	乙西尾引、南原間、今井三騎堂	4～9%
武蔵	タイプ1	6	大山D区、猿貝北	10%前後
	タイプ2	4	大山10・11次、東台	
下総	タイプ1	2	山ノ下製鉄、宮後原	12～18%

## 8. 東日本の箱形炉から豎形炉への製鉄技術の変遷

### (1) 東日本の古代製鉄炉の変遷のモデル案

前項で、排滓技術に着目して上野の箱形炉の変遷をモデル化し、上野の横置きから縦置きへの変遷が、両側排滓から片側排滓への技術変遷を表象していることを示した。一方で、陸奥で見られる踏み轆を設置する箱形炉の形態は、上位の小口を完全に塞ぎ、下位のみには排滓機能を持たせる完全な片側排滓の箱形炉の構造と理解できる[第2図]。陸奥では8世紀後葉以降、この形態の箱形炉が主体となっており、日本最大規模といわれる陸奥の製鉄を支えた箱形炉は、完全な片側排滓による操業形態であったと理解できる。

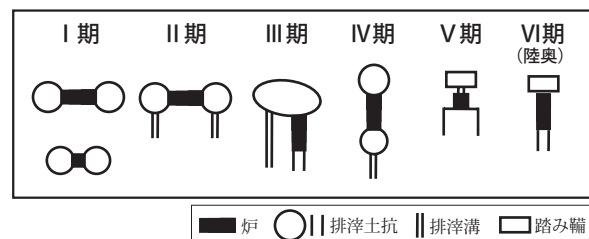
以上の、特に排滓技術に着目した豎形炉から陸奥の箱形炉の変遷を、前述した上野のⅠ～Ⅳ期に加えて東日本の製鉄炉の変遷のモデル化を試みると、以下のような[第21図]。

Ⅰ～Ⅳ期 第18図参照。

Ⅴ期 豎形炉(高炉化)片側排滓。山側に送風装置(踏み轆)の痕跡がある。谷側のみには排滓土坑が設置される。完全な片側排滓。8世紀前半から10世紀後半。焼成した送風管を使用したタイプと直接炉壁に孔を開けて送風孔を構築するタイプがあり、前者が先行する。

Ⅵ期 箱形炉片側排滓。山側に送風装置(踏み轆)の痕跡がある。谷側のみには排滓土坑と排滓溝が設置される。完全な片側排滓。8世紀後葉に出現。陸奥で出現し、発達する。

今回のⅠからⅣ期の変遷は、上野の製鉄炉の変遷モデル案であり、今後、東日本各地域を網羅したモデル案を提示していきたい<sup>xx</sup>。



第21図 上野と陸奥を基軸とした東日本の製鉄炉変遷モデル

### (2) 箱形炉の展開とその技術的・歴史的背景

日本列島における製鉄の開始時期は諸説あるが、確実な遺構で証明できる時期は6世紀後半、古墳時代後期であり、その分布は中国地方、中でも吉備で見られ、丹後や筑紫にもあるといわれている[村上2007他]。このような日本列島の鉄生産は7世紀中頃から後半になると大きな画期を迎える。これまで製鉄技術がなかった地域へ箱形炉による製鉄技術が一気に広がるのである。その歴史的背景については、律令政権の支配的構造と絡めて積極的な評価がなされており、現段階では研究者間で共通した認識に達するまでになっている[上村2006]。上野では、近年、伊勢崎市三軒屋遺跡、新田郡衙遺跡などの古代官衙跡や東山道駅路に関わる遺構が数多く報告されており、この時期の中央集権国家を目指したインフラ整備の様相が具体的に明らかになってきた。三軒屋遺跡では、郡衙建設以前に設置された鍛冶工房が検出され[出浦・大澤・笹澤2010、出浦・笹澤2013]、こうした官衙建設のための鉄素材の供給などは、在地に設置された箱形炉に期待されていたものと推測される[笹澤2015]。前述した上村の指摘にもあるように、鉄が徴税されているのは中国地方のみで、中央政権の視点では鉄生産は中国地方にあり、東日本での製鉄は現地消費を基本に成立していたと考えられる。しかしながら、近年の発掘成果では、陸奥南部における製鉄遺跡が列島で突出していることが明らかになっており[吉田2015]、今後は、光仁朝から桓武朝の蝦夷政策に加えて、陸奥のインフラ整備や律令国家の軍備を支えた東国の軍団組織で必要とされた鉄素材がいかにこの時期に求められていたかを検討すると共に「租・庸・調の衰退から、9世紀には交易鉄に移行する」[福田1989・上村2000]との指摘を踏まえて、突出した陸奥の鉄の生産量を検討する必要があるかもしれない。

また、筆者は、上野の初現期の箱形炉は、鉄鉱石を原料とする近江の箱形炉の製鉄技術がそのまま移植されたものではなく、大型箱形炉による操業技術を有する近江の製鉄工と、砂鉄製錬に卓越した製鉄工が連携して、上野で開発した箱形炉であると考えた。つまり、東日本への製鉄技術の導入は、各地の製鉄先進地域の技術者が集められ、東日本で開発された大型箱形炉により進められたのではないかと推察した。その歴史的背景には、白



村江の大敗前後の国家的危機に伴い急ピッチで進められた東日本のインフラ整備があり、この時期から、列島の鉄生産は「列島内での拠点的な鉄生産」から、「列島総力をあげた鉄生産」へと切り替わると考えるのである。

さらに、技術的には、上野の横置きから縦置きへの変遷は、両側排滓から片側排滓への技術変遷を表象している事を示した。そして、その技術変遷を基軸に東日本の製鉄炉の変遷をモデル化すると、第21図のようになり、陸奥の小口山側に踏み鞆が付設する大型箱形炉の開発を、箱形炉の片側排滓技術の完成と位置づけた。片側排滓は、排滓を効率的に行うには有利であるが、一方で、小口に設置された湯口には、湯口から棒状の工具で炉内を突き回すことによって操業中のトラブルを回復させる機能もあり、湯口から距離の長い大型箱形炉での片側排滓操業は、両側排滓操業に比べて不利であるともいえる。それにもかかわらず、陸奥で排滓を優先した完全な片側排滓による大型箱形炉が完成した背景には、鉄生産拠点地域として列島から技術の高い製鉄技術者が集結され、製鉄技術が発達してきた歴史的な背景と共に、順調な排滓による安定した操業を支える良質な製鉄原料(砂鉄・炉材)の確保が可能であった地質的環境の優位性があったことが推察できる。

### (3) 豎形炉への変遷とその技術的・歴史的背景

豎形炉については、7世紀後半から8世紀にかけての東国への渡来人の移配などの歴史的背景から、一部の研究者の間では渡来人による朝鮮半島の製鉄技術の伝播が指摘されてきた。とりわけ武蔵では、8世紀中頃を前後して多くの新羅人が移配され、新羅郡が置かれる歴史的な背景から、彼らが豎形炉をもたらしたとする意見も提示されている[赤熊2006など]。確かに、豎形炉は「高炉で焼成した大口径の送風管を1本使用する」基本構造から、朝鮮半島の技術系譜上にあると考えられる。しかし、豎形炉と朝鮮半島の製鉄炉には送風管の形状や半地下構造などの構造的な違いもあり、直接的な伝播は想定しにくい状況である。

一方で、豎形炉には、箱形炉からの伝統的な技術の痕跡が見られ、日本列島の製鉄工人の関与を想定することができる。そこで本稿では豎形炉を日本列島の箱形炉の技術者が朝鮮半島の製鉄炉の構造を模倣して開発した製鉄炉と位置づけた。すなわち、その半地下構造は、脆弱な構築土で朝鮮半島の製鉄炉のような炉高を確保するために、日本列島の製鉄工人が開発した構造であると推察する。

さらに、豎形炉がほぼ同時期に陸奥から関東一帯までの広範囲に広がる点から見れば、8世紀前半の東日本で朝鮮半島のような安定した鉄生産を求めた製鉄技術の改変があったと考えられるかもしれない。古代製鉄において、次工程を考慮すれば、求められていた製鉄は、安

定した鉄生産であろう。つまり、一度の操業で、多くの鉄を流し続ける操業が、最も生産性が高く、さらには次工程の鉄器生産にも有利である。仮に、大型の箱形炉を用いて炉底に大型の鋼塊が生成されてしまえば、当時の技術や装置では、大型の鋼塊を割るのは非常に困難で、一方、鉄が生成されれば、鍛冶が可能な大きさに割り取る事は容易で、鍛冶工程で鉄の炭素量を調整すれば、利器に必要な鋼を容易に得ることができる。すなわち、豎形炉は、箱形炉の製鉄技術者が、安定的な鉄生産を行っていた朝鮮半島の製鉄炉の炉形を模倣し、技術の開発に努めた製鉄炉であると理解できる。

それでは、伝統的な箱形炉の操業を行っていた技術者が、豎形炉のような全く構造の異なる製鉄炉を試行して開発するのであろうか。現在、伝統的な操業を行うたたら製鉄を知る我々にとって、このような疑問が生じるのは当然である。しかし、これまで見てきたとおり、古代の日本列島では伝統的な吉備の小型の箱形炉による製鉄技術があったのにもかかわらず、近江では大型箱形炉の出現があり、その大型箱形炉でさえ、数十年の間で、あらゆる地下構造、炉の設置方向などが試行され、絶えず、生産能力の向上を目指した技術革新が行われていることがわかる。製鉄には、鉄鉱石や砂鉄の採取から、木炭製造、築炉まで考えると、莫大な労働力が必要であり、操業技術による鉄の生産量の差異は最も重要視されるところであろう。莫大な労働力に対して費用対効果の少ない製鉄技術は淘汰され、常に新たな製鉄技術が求められていたことは想像に難くない。一方、本格的な製鉄技術の拡散を見ると、朝鮮半島の製鉄の初現が3世紀から5世紀、西日本が6世紀後半、東日本が7世紀後半と、交流がある地域間でも、容易に伝播しない技術であることがわかる。これは、製鉄技術が国の礎となり、国力に直結する鉄器を無尽蔵に生産させる技術であるため、製鉄技術が管理されていたからであると考えられよう。すなわち、朝鮮半島の製鉄技術が安定的な鉄生産を行う事のできる技術であったとしても、その技術の核心に迫る炉の設計や操業技術は容易には日本列島に伝播せず、その概要のみが伝わり、それを模倣した技術が生じることが起こりうると考えるのである。

## 9. おわりに

以上のように、筆者は東日本において、7世紀中頃の列島の総力を挙げた砂鉄原料に適した大型箱形炉の開発と、その後の豎形炉の開発に見られる鉄生産を求めた技術革新があったことを想定したが、東日本の各地で実際に鉄生産が成功していたかについては、検討を要すると考えている。特に、今回主に検討した上野は、豎形炉の時期になっても他地域に比べて古代の鉄鑄造の鑄型の出土が極端に少なく、現在までの資料では、順調な鉄

鉄生産が行われていたとはいいがたい地域である。今後は、製鉄実験による研究成果や鍛冶遺跡の遺物を検討しながら、各地で生成された鉄質について慎重に検証していきたい。

一方、古代における日本列島最大の製鉄遺跡群といわれる陸奥の太平洋岸沿岸地域は、先述した高チタン砂鉄が採取でき、炉材の耐火度も1,300～1,500℃程度と高く、銑鉄生産に向く原材料が確保できた地域であったと考えられそうである。さらに、8世紀後葉以降は、豎形炉が操業されているにもかかわらず、踏み轆を付設した箱形炉が主体となっており、陸奥ではこのタイプの箱形炉による安定した銑鉄生産が行われていた可能性が高いと考えられるかもしれない。今後は、さらに、具体的な資料を検討しながら、より詳細な東日本の製鉄技術の展開を検証していきたい。

**謝辞** 本稿を執筆するに当たり、穴澤義功先生、小倉純一先生、村上恭通先生をはじめ、相京建史氏、相沢清利氏、赤熊浩一氏、阿部朝衛氏、飯村均氏、石守晃氏、井上唯雄氏、板谷宏氏、梅澤克典氏、上梶武氏、大澤正己氏、大道和人氏、岡野茂氏、角田徳幸氏、門脇秀典氏、金子彰男氏、神野信氏、神谷佳明氏、北野重氏、木原明村下、金想民氏、金武重氏、櫛部大作氏、久保善博氏、小島純一氏、小島敦子氏、小杉山大輔氏、齊藤英敏氏、坂本嘉和氏、佐々木正治氏、佐々木義則氏、笹田朋孝氏、佐藤公昭氏、三瓶秀文氏、白石聡氏、新海正博氏、神保侑史氏、菅波正人氏、鈴木勉氏、鈴木瑞穂氏、関晴彦氏、孫民助氏、高崎直成氏、谷藤保彦氏、津野仁氏、外山政子氏、長家伸氏、檜崎修一郎氏、西田健彦氏、能登谷宣康氏、長谷川渉氏、濱崎範子氏、深澤敦仁氏、藤井勲氏、堀尾薫氏、前沢和之氏、前原豊氏、松尾充晶氏、真鍋成史氏、ミッシェル田中氏、宮田忠洋氏、山梨千晶氏、山本晃平氏、安田稔氏、吉田秀亨氏より多大なるご教示をいただきました。

筆者は、穴澤先生の精力的な研究活動に導かれ、製鉄遺跡の研究を開始し、鉄にかかわる一からのご指導をいただきました。また、村上先生には、計り知れない鉄に関する視点・考察をご教授いただきました。そして約10年にもおよぶ製鉄実験への参加の機会を与えていただいていることに深く感謝申し上げます。その際に、木原村下をはじめとする、たたら製鉄の関係の方々から伺う操業技術に関する貴重なお話は、筆者の研究を支えるものです。さらに、村上先生・笹田先生には、両先生のグローバルな研究成果をご教授いただいたと共に、韓国での資料調査の機会を与えていただき、地方で研究する筆者に東アジアへの視点を広げる貴重な経験をさせていただきました。心より感謝申し上げます。

本稿は、小倉純一先生にご指導をいただいた修士論文

の一部を基礎に、(一社)日本鉄鋼協会鉄鋼プレゼンス研究調査委員会「鉄の技術と歴史」研究フォーラム(東京工業大学 大岡山キャンパス本館)での発表[笹澤2015]を再検討してまとめたものです。ご指導くださった小倉先生、発表の機会を与えてくださった穴澤先生、数々のご教示をいただきました出席者の方々には深く感謝申し上げます。

最後に、いつも温かいご指導をいただいております、古代製鉄研究に情熱を捧げる諸先輩方に深く感謝申し上げます。

なお、本稿は、平成24年度公益財団法人 群馬県埋蔵文化財調査事業団職員自主研究助成金を受けた成果の一部です。

## 註

<sup>i</sup> 東日本最古といわれる三ヶ尻西遺跡の箱形炉の時期を穴澤(1994)は7世紀後半、小島(1997)は7世紀後半、赤熊(2007)は7世紀中頃としている。筆者は笹澤(2007)において7世紀後半としていたが、その後、神谷氏に三ヶ尻西遺跡は7世紀中頃とした方が適切ではないかとのご指摘をいただき、以降、7世紀中頃としている。

<sup>ii</sup> 笹澤(2007)では、西浦北型製鉄炉を研究史に倣い豎形炉としたが、その後の再検討により、小型自立炉とした[笹澤2009]。

<sup>iii</sup> 朝鮮半島の三国時代以前の製鉄炉は大口径の送風管を用いた内径が1m未満の円形炉である。近年発掘された韓国全羅北道金堤市金山面隠谷遺跡などの高麗・朝鮮時代(18世紀)の箱形炉は日本の箱形炉とは構造が異なり、系譜関係を見いだすのは困難であると指摘されている[村上2011、角田2014]。

<sup>iv</sup> その後、踏み轆付きの箱形炉の初現期は8世紀後葉であるとの研究成果がまとめられた[能登谷2005、飯村2005]。本稿では8世紀後葉とする。

<sup>v</sup> これまで大道は、近江の箱形炉の系譜を韓国忠西北道鎮川郡徳山面石帳里遺跡A-4号炉に求められる可能性を指摘したが[大道2007]、その後、A-4号炉は製鉄炉ではないという意見が出され、近江の箱形炉の祖型を朝鮮半島の事例に求めることは難しいとしている[大道2014]。

<sup>vi</sup> 神野は豎形の初現を7世紀末としている[神野2003]。

<sup>vii</sup> 鉄鉱石は操業前に細かく砕いて用いていた痕跡が確認されている[大道・門脇1999]。

<sup>viii</sup> 剥ぎ取り模型から推測すると、炉の規模は、長軸約185cm、幅約60cmを測る。

<sup>ix</sup> 7世紀後半の西野原遺跡では、上野の他時期には見られない基部が薄く開く特徴的な羽口が出土している。この羽口の基部内面には粘土塊が付着しており、送風管と羽口がしっかりと固定された痕跡が確認できる。古墳時代の鍛冶工場の検出は、富岡市上丹生屋敷山遺跡などの数遺跡に限られているが、上丹生屋敷山遺跡では、成分調整の必要のない鉄素材を加工した作業内容であったことが示されている[大澤2009・笹澤2009b]。一方、西野原遺跡の鍛冶工場では不純物除去の精錬から製品製作の鍛錬鍛冶までの工程が推定されており[大澤2010a]、出土した羽口は、製鉄導入期にもたらされた精錬鍛冶工程の導入段階で使用された送風方法の痕跡である可能性がある。

<sup>x</sup> 8世紀前半の峯山遺跡では、体部の長軸方向に直線的なナデの整形がある特徴的な羽口が出土している。このような体部縦方向に縦方向の整形のある羽口は伊予の佐夜ノ谷遺跡でも検出されている。村上は、佐夜ノ谷遺跡の羽口について、「奈良の平城京(右京八城一房十四坪)や法隆寺、飛鳥の川原寺など、律令国家の成立に重要な地域で出土しており、政権との関係を強く示唆している」としている[村上2006]。本資料は、製鉄導入期に伴い各地にもたらされた精錬技術と関連している可能性もあり、類例の



増加を待って検討していきたい。

<sup>xi</sup> 元総社蒼海遺跡で箱形炉 1 基、横口式炭窯を検出した高崎市下室田遺跡周辺で箱形炉の炉底塊が検出されており〔笹澤2011〕、榛名山南麓や国府推定地南に隣接する地域でも箱形炉が操業されていたことが明らかになりつつある。特に国府推定地域周辺での箱形炉の検出は、鉄生産と鉄器消費地との関連、中央集権国家体制を目指したインフラ整備に伴う森林資源の伐採と製鉄用木炭原料の関係を考える上で貴重な資料になるかもしれない。今後、報告を待って検討したい。

<sup>xii</sup> 角田(2014)古代箱形炉一覧表を参照

<sup>xiii</sup> 久保ほか(2010)の成果を援用すれば上野は出銑しにくい砂鉄の性質と推定されるかもしれない。

<sup>xiv</sup> 西野原遺跡(箱形炉中段の炉壁) 1,120℃、同(箱形炉中段下半の炉壁) 1,144℃、峯山遺跡(箱形炉上段の炉壁) 1,187℃、同(箱形炉下段の炉壁) 1,185℃、南原間遺跡(竪形炉上段から中段の炉壁) 1,154℃。7 世紀後半の西野原遺跡より 8 世紀前半の峯山遺跡の方が、耐火度が若干高いが、9 世紀後半の南原間遺跡の竪形炉(砂鉄焼結付き、上～中段か)は低い。峯山遺跡の箱形炉では炉壁の上段と下段で耐火度の差がない。

<sup>xv</sup> 註vii参照

<sup>xvi</sup> 近江の箱形炉の炉壁の耐火度は、源内峠遺跡の炉壁上段で1,495℃、炉壁中段で1,440℃である。

<sup>xvii</sup> 沙村製鉄遺跡 1 ～ 4 号炉の石組みは下部構造であるが、この下部構造の石組みは自立炉の自重を支えるための構造であると解釈され、炉の構造も平面形状円形の自立炉であると考えた。一方、竪形炉の構造は、半地下部に掘り込まれた遺構で確認され、平面形状円形のものもあるが、多くは直線の 4 辺を有する正～長方形を呈する。

<sup>xviii</sup> タイプ 2 の構造が研究者に認識されるようになったのは大山遺跡10・11次〔栗岡2005〕以降であるので、さらなる検討が必要である。

<sup>xix</sup> 門脇(2015)は、高チタン砂鉄への技術対応として、「炉壁を多く溶かし、造滓量を増やす必要がある。」と論じ、「炉壁に直接穿孔する送風孔では、送風孔の維持が困難であるために、耐火度の高い羽口を装着して、送風を維持した。」と推定した。陸奥で焼成した送風管が定着した根拠を原料砂鉄に求めた門脇の論考は、重要である。

<sup>xx</sup> 東日本の横置き箱形炉である下総の取香和田戸遺跡 7 号炉(第 8 図 15)、陸奥の大船迫A遺跡29・30号炉などは丹後の遠所遺跡の炉の規模・排滓構造が共通しており、その系譜関係が注目される。

## 引用文献・主な参考文献

赤熊浩一 2006「新羅建都と古代武蔵国の鉄生産」『埼玉の考古学Ⅱ』埼玉考古学会

赤熊浩一 2007「古代武蔵国の鉄生産―箱形炉と竪形炉」『研究紀要22』(財)埼玉県埋蔵文化財調査事業団

赤熊浩一・栗岡潤 2006『箱石遺跡Ⅲ』埼玉県埋蔵文化財調査事業団報告書第327集 (財)埼玉県埋蔵文化財調査事業団

東 潮 1999『古代東アジアの鉄と倭』汲水社

穴澤義功 1984「製鉄遺跡からみた鉄生産の展開」『季刊考古学』8 号、雄山閣

穴澤義功 1994「古代東国の鉄生産」『第2回企画展図録 古代東国の産業―那須地方の窯業と製鉄業―』栃木県立なす風土記の丘資料館

穴澤義功 2003「古代製鉄に関する考古学的考察」『近世たたら製鉄の歴史』丸善プラネット株式会社

飯村 均 2005『律令国家の対蝦夷政策・相馬の製鉄遺跡群』新泉社

石川俊英・相沢清利 1989『柏木遺跡Ⅱ―古代製鉄炉の発掘調査報告書―』多賀城市文化財調査センター

出浦崇・大澤正己・笹澤泰史 2010「鍛冶遺構」『三軒屋遺跡Ⅱ』伊勢崎市教育委員会

今村和昭編 2008「みどり市周辺の鉱業遺産」岩宿博物館題45回企画展図録 岩宿博物館

上村 武 2000「日本前近代の鉄生産―中国地方製鉄遺跡の地下構造を中心として―」『製鉄史論文集』たたら研究会

上村 武 2006「箱型炉の研究史」『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』愛媛大学法文学部

大澤正己 1982「千葉県下遺跡出土の製鉄関係遺物の分析調査」『千葉県文化財センター研究紀要7』(財)千葉県文化財センター

大澤正己 2009「上丹生屋敷山遺跡出土椀形鍛冶滓の金属学的調査」『丹生地区遺跡群』群馬県富岡市教育委員会

大澤正己 2010a「製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『西野原遺跡(5)(7)』(財)群馬県埋蔵文化財 調査事業団

大澤正己 2010b「峯山遺跡出土製鉄・鍛冶関連遺物の金属学的調査」『峯山遺跡(Ⅱ)』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

大橋信弥・別所健二・平井寿一・大崎隆史・松村浩 1990『野路小野山遺跡発掘調査報告書』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

大道和人ほか 2001『源内峠遺跡』滋賀県教育委員会・(財)滋賀県文化財保護協会

大道和人 2002「近畿地方における古代の鉄生産」『畿内地方における鉄と銅の技術と文化の展開：社会鉄鋼工学会2002年度秋季シンポジウム論文集』(社)日本鉄鋼協会学会部門社会鉄鋼学学会編

大道和人 2003「半地下式竪形炉の系譜」『考古学に学ぶⅡ』(同志社大学考古学シリーズⅧ)同志社大学考古学シリーズ刊行会

大道和人 2006「竪形炉の研究史」『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』愛媛大学法文学部

大道和人 2007「製鉄炉の形態からみた瀬田丘陵生産遺跡群の鉄生産」『考古学に学ぶⅢ』(同志社大学考古学シリーズⅨ)同志社大学考古学シリーズ刊行会

大道和人 2014a「古代近江の鉄生産―技術系譜と背景―」『栗東歴史民俗博物館紀要』第20号栗東歴史民俗博物館

大道和人 2014b「古代近江・美濃・尾張の鉄鉱石製錬遺跡」『東海地方における鉄と金属の技術と文化：鉄鋼プレzens研究調査委員会2014年度秋季講演大会シンポジウム論文集』(社)日本鉄鋼協会学会鉄鋼プレzens研究調査委員会編

大道和人・門脇秀典 1999「出土鉄鉱石に関する分割工程と粒度からの検討―木瓜原遺跡―02の事例を中心に―」『紀要』第12号(財)滋賀県文化財保護協会

大道和人ほか 2006『鍛冶屋敷遺跡』滋賀県教育委員会

小栗信一郎 1998「富士見台第Ⅱ遺跡C地点」『千葉県の歴史―資料編考古3』(財)千葉県史料研究財団

角田徳幸 2006「韓国における製鉄遺跡研究の現状と課題」『古代文化研究』第14号島根県古代文化センター

角田徳幸 2014「たたら吹製鉄の成立と展開」清文堂

門脇秀典 2010『横大道遺跡』財団法人福島県文化振興事業団

門脇秀典 2015「羽口が装着された箱形炉の炉壁について」『森浩一先生に学ぶ』同志社大学考古学シリーズⅩⅠ

神野 信 2005「房総半島における古代製鉄遺跡」『研究紀要24―30周年記念論集―』(財)千葉県文化財センター

川越哲志 1993「日本の鉄製錬の開始時期をめぐって」『中国地方製鉄遺跡の研究』広島大学文学部考古学研究室編 汲水社

河瀬正利 2004「前近代日本におけるたたら吹き製鉄の成立」『文化の多様性と比較考古学』考古学研究会50周年記念論文集

金想民 2010「韓半島における鉄生産研究の動向」『季刊考古学』113号、雄山閣

櫛部大作 2007『高橋佐夜ノ谷Ⅱ遺跡』愛媛県今治市教育委員会

久保善博・久保田邦親 2010「真砂砂鉄と赤目砂鉄の分類―たたら製鉄実験から明らかになったチタン鉄鋼の役割」『たたら研究第50号』たたら研究会

栗岡潤 2005『大山遺跡 第10・11次埼玉県立精神医療センター施設整備事業関係埋蔵文化財発掘調査報告』(財)埼玉県埋蔵文化財調査事業団

黒沢崇 2004『千原台ニュータウンⅡ―市原市押沼大六天遺跡(上層)』(財)千葉県文化財センター

小島純一 1985「深津地区遺跡群」勢多郡粕川村教育委員会

小島純一 1997「古代の製鉄の村—赤城南麓に製鉄遺跡を迫う—」『ぐんま地域文化』8号(財)群馬地域文化振興会

笹澤泰史 2006「古代上野国群馬郡有馬郷の鉄生産」『研究紀要24』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

笹澤泰史 2007a『南原間遺跡』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

笹澤泰史 2007b「群馬県における古代製鉄遺跡の出現と展開」『研究紀要25』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

笹澤泰史 2008a「群埋文2号炉及び3号炉による豎形炉の製鉄実験報告」『研究紀要26』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

笹澤泰史 2008b「群馬県埋蔵文化財調査事業団による豎形炉の製鉄実験報告」『鉄の歴史—その技術と文化—フォーラム第10回公開研究発表会論文集』日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学会

笹澤泰史 2009a「古代群馬の西浦北型製鉄炉」『上毛野の考古学Ⅱ』群馬考古学ネットワーク

笹澤泰史 2009b「上丹生屋敷山遺跡における5世紀中頃の鉄器生産と鉄鋌発見の意義」『丹生地区遺跡群』群馬県富岡市教育委員会

笹澤泰史 2010a「峯山遺跡」(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

笹澤泰史 2010b「古代の榛名地域における鉄・鉄器生産について」『榛名町史資料編1 原始・古代』榛名町誌編纂委員会

笹澤泰史 2011「古代の榛名地域における鉄・鉄器生産」『榛名町史通史編上巻 原始・古代』榛名町誌編纂委員会

笹澤泰史 2015「近年の群馬県における箱形炉の調査動向」『最新の古代製鉄関連遺跡調査・研究特集:鉄鋼プレゼンス研究調査委員会第29回フォーラム講演会論文集』(社)日本鉄鋼協会学会鉄鋼プレゼンス研究調査委員会編

潮見 浩 1982『東アジアの初期鉄器文化』吉川弘文館

菅波正人編 2006「福岡市元岡・桑原遺跡の調査の概要」2006『鉄と古代国家』愛媛大学考古学研究室、今治市教育委員会

孫明助 2012『百済の鉄器文化』孫明助先生追悼記念事業会

孫明助・尹邵映 2001『密陽沙村製鉄遺跡』国立金海博物館

高崎直成 2005『東台製鉄遺跡—東大遺跡Ⅳ(第15・18地点)』大井町教育委員会・埼玉県大井町遺跡調査会

高崎直成 2012「半地下式豎形炉の羽口について」『たたら研究』たたら研究会

高橋一夫ほか 1979『埼玉県立がんセンター埋蔵文化財発掘調査報告 大山』埼玉県教育委員会

高橋一夫 1983「古代の製鉄」『講座・日本技術の社会史 第5巻 採鉱と冶金』日本評論社

谷藤保彦・笹澤泰史 2010『西野原遺跡(5)(7)』(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

俵 国一 1933『古来の砂鉄製錬法』丸善株式会社

寺島文隆 1989「古代・中世の製鉄遺跡(東日本)」『考古学ジャーナル』No.313 ニュー・サイエンス社

寺島文隆 1991「東北地方」『日本古代の鉄生産』六興出版

土佐雅彦 1981「日本古代製鉄遺跡に関する研究序説—とくに炉形を中心に—」『たたら研究会』第24号 たたら研究会

土佐雅彦 1994「播磨の鉄」『風土記の考古学②播磨風土記の巻』同成社

能登谷宣康 2005「金沢地区の古代鉄生産」『福島考古第46号』福島県考古学会

花田勝広 2002『古代の鉄生産と渡来人—倭政権の形成と生産組織—』雄山閣

平子順一 1988『上郷深田遺跡発掘調査概報』横浜市埋蔵文化財調査委員会

福島県文化センター 1991～98『原町火力発電所関連遺跡調査報告Ⅰ～Ⅸ』

福田豊彦 1989「文献資料からみた古代・中世の製鉄」『考古学ジャーナル』313 ニュー・サイエンス社

増田孝彦・岡崎研一ほか 1997『遠所遺跡』(財)京都府埋蔵文化財調査研究センター

松井和幸 2001「古代鉄生産論」『日本古代の鉄文化』雄山閣

前沢和之 1986「古代上野国の動向とその基調—東国経営の回廊地帯—」

『内陸の生活と文化』地方史研究協議会編、雄山閣

真鍋成史 2007「製鉄炉出土の残留滓について」『考古学に学ぶⅢ』(同志社大学考古学シリーズⅨ)同志社大学考古学シリーズ刊行会

光永真一 1992「製鉄と鉄鍛冶」『吉備の考古学的研究』(下)山陽新聞社

村上英之助 1990「古代東国に出現するシャフト炉の系譜」『たたら研究』第31号 たたら研究会

村上恭通 1998『倭人と鉄の考古学』シリーズ日本史のなかの考古学 青木書店

村上恭通 2007『古代国家成立過程と鉄器生産』青木書店

村上恭通 2011「金堤隠谷遺跡の製鉄炉の構造と技術」『金堤長興里隠谷製鉄遺跡』大韓文化遺産研究センター

村上恭通・上梶 武・大道和人・北野 重・真鍋成史・笹田朋孝 2006『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』愛媛大学法文学部

村上恭通・大道和人・木原明・櫛部大作・笹澤泰史・菅波正人・能登谷宣康 2006『鉄と古代国家』愛媛大学考古学研究室、今治市教育委員会

安田 稔 2005「古代陸奥国行方郡の鉄生産」『国士館考古学』創刊号 国士館大学

横田洋三 1996「木瓜原遺跡」滋賀県教育委員会・(財)滋賀県文化財保護協会

吉田秀享 2015「福島県内の古代製鉄遺跡群」『特別文化財講演会 古代における日本最大の製鉄遺跡群』公益財団法人東京都スポーツ文化事業団 東京都埋蔵文化財センター

李榮勲・甲鐘煥・尹鐘均・成在賢 2004『鎮川石帳里鉄生産遺跡発掘調査報告書』国立清州博物館