

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22520766

研究課題名（和文）東アジアの鉄精錬に関する考古学的研究

研究課題名（英文）Archaeological study on the refinement of iron in the premodern East Asia

研究代表者

古瀬 清秀（FURUSE KIYOHIDE）

広島大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：70136018

研究成果の概要（和文）：東アジアにおける前近代の鉄精錬は二つの技術が併存する。それは製鉄法の違いにあり、中国では主に高温液体鉄生産、韓国、日本では早期には低温固体鉄生産、後に高温液体鉄生産であるが、中国では早い段階から反射炉の導入と熱処理技術の完成による精錬、後者ではまず低温固体鉄の場合は鍛打による精錬鍛冶、後の高温液体鉄の場合は卸し(下し)技法による精錬が定着する。東アジアの鉄技術の伝播は中国を中心に拡散するが、単なる体系的な技術の伝播でなく、技術の成熟度の違いによる傾斜伝播であることが特徴である。

研究成果の概要（英文）：In the ancient East Asia, the techniques of refinement of iron consist of two ways. It depends on the difference of the method of iron manufacture and steel making between China and Korea, Japan. In ancient China, before 6th century B.C. at least pig iron was made by advanced iron making furnace with high temperature of over 1000°C. On the other hand in ancient Korea, Japan, wrought iron was made at first by small-scale cylindrical furnace with low temperature of about 1000°C, though in Korea pig iron was made in the first century A.D. and in 9-10th century A.D. in Japan. But the method of steel making entirely differed between China and others. In the case of former the innovation of reverberator and heat treatment brought the advanced technique of refinement iron of converting from pig iron to steel. The later stayed the backward stage of steel making by the technique of “oroshi” by using cylindrical furnace.

In the ancient East Asia the method of steel making had obvious difference between China and Korea, Japan, though it was spread from China to Korea, Japan.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：考古学

科研費の分科・細目：史学・考古学

キーワード：鉄生産、鉄精錬、卸し(下し)、熱処理、反射炉、高温液体鉄生産、低温固体鉄生産、東アジア

1. 研究開始当初の背景

わが国において鉄生産の研究が興隆してきた 1970 年代には、たたら吹き製鉄の盛んに行われていた中国山地のたたら場がまず、研究対象となった。それまでは、近世に記述されたたたら吹き製鉄の概説書ならびに明治期に初めて学術的なメスが加えた倭国一の研究成果が教科書的な存在であった。そして、そのチャンスは 1977 年に、広島県大矢製鉄遺跡の発掘調査という形で訪れた。この発掘調査がたたら吹き製鉄法の最初の解明につながった。この遺跡は古代末期から中世初期に位置づけられるものであったが、これを起点にそれ以前、それ以後といった形で急速に、中国地方、東北地方などでは土地開発に伴う文化財調査の急増によって、わが国の製鉄研究が進展していったのである。

しかし、製鉄された鉄がいかなる性質のもので、それをどの様な技術で製品化していたのかは、鍛冶遺跡の調査事例の蓄積が必要であった。

2. 研究の目的

製鉄された鉄塊がどのような性質を持ち、産生されたものか、そして、それがいかなる方法で精製された鍛冶の原料となり、加工されたのかを明らかにすることを目的とする。

現在、冶金学と考古学の二つの立場からその解明が進められているが、前者では精錬とは銑鉄の鋼化を指し、後者は鍊鉄の精製を指すという、混同が生じている。本研究では、遺跡、遺物を取り扱う考古学的な理解の解決を目指すことを最も主要な目的とする。

東アジア世界の鉄は、中国、韓国、日本ではそれぞれに研究の進展度、理解度が異なっており、同じ土俵で評価できることを目指すことも大きな目標の一つである。

3. 研究の方法

東アジア世界の鉄技術のうち、とくに精錬技術の解明を図るために、中国、韓国、日本の考古学的検討を推進する。そのためには、製鉄、鍛冶遺跡で検出された製鉄炉、鍛冶炉といった鉄関連の遺構および生産活動に伴う鉄滓などの遺物を集成し、その比較検討から精錬の実態を明らかにする。

こうした検討で得られた成果をもとに実験考古学的な検討を行う。特にわが国の製鉄技法にそった形で、製鉄および精錬鍛冶、鍛練鍛冶といった一連の工程を復元的に検討する。

4. 研究成果

東アジア世界の鉄生産の開始の実態、これは鍊鉄(低温固体鉄)生産あるいは銑鉄(高温液状鉄)生産ということであるが、そのい

れか、あるいは転換時を明らかにし、それに伴う精錬(精錬技法)を明確化できた。

つまり、中国においては、鍊鉄および銑鉄の生産実態とその精錬法の解明、特に銑鉄について鑄鉄鑄物製品の可鍛鑄鉄化、鑄鉄脱炭鋼を精錬法と捉え、これらの技法の内容およびその初現、発展過程を考古学的遺構、遺物の分析からほぼ解明できた。さらに中国古代の鋼として炒鋼の存在を冶金学研究者が強く主張するが、考古学的には説明できないことも明らかにした。

また、朝鮮半島においては、鉄生産の開始期とその内容について、現時点での到達点を明らかにした。これらの内容を古代中国の鉄技術との比較によって、韓国の鉄精錬法をある程度まで明らかにした。

そして、これら先行する鉄先進地域の成果を基に、わが国古来のたたら吹き製鉄法や卸し技法を保つ日本刀製作に継承される鉄精錬法を明らかにできたので、これらの地域間で成熟した鉄精錬技術の体系的完成を明確化した。

かつて、前漢武帝は馬弩関を設置して、鉄技術を含む軍事技術の国外流出を防いだ。今回の研究でもそれを髣髴とさせるような、つまり、鉄に関する諸技術は基本的には中国→朝鮮→日本へと遠距離を伝播するものの、それは落差を持ちながらの傾斜伝播での技術移転であり、それに加えて、地域ごとに製鉄から鉄器生産に至るまで独自の技術を獲得しながらのものであったと判断できたのである。そして、今次の研究で得られた研究成果を東アジア各地域の鉄研究の基本的共通認識とすることが可能で、東アジア全体の鉄研究を推進する上で、大きな力となるはずである。このことから将来的には、たとえばヨーロッパにおける鉄技術は中国に遅れること 1000 年以上とされているが、東アジア世界のそれと比較研究して、グローバルな鉄技術の基本的共通認識を確立できるところまで至ったと自負できるのである。

それでは以下、中国、朝鮮半島、日本の地域ごとに個別に鉄精錬に関しての成果を紹介することにする。

1) 中国

中国の鉄生産の初現は、河南省三門峽市かく国墓遺跡出土鉄器の分析結果からニッケルフリーの人工鉄であることが判明し、鉄生産が西周後期の紀元前 9 世紀頃にまで遡ることが明らかとなった。この鉄は鍊鉄(wrought iron)であり、低温固体鉄製鍊法による鍊鉄生産から鉄生産が開始されたことが判明した。この後、紀元前 6 世紀には銑鉄(pig iron)の生産が始まったことが、鑄鉄(cast iron)鑄物の鉄器が出土したことで理解できる。銑鉄は高温液状鉄製鍊法の確立を意味する。

錬鉄製錬の段階では生産量も多くなく、しかも鉄刃物としての実用性は低く、むしろ貴金属としての存在が強いと考えられる。つまり、そこには精錬とはあくまで精製の意味が強く、滲炭化しての鋼としての利用度は低かったとみられる。しかし、銑鉄製錬は多量生産が可能で、おそらくこの段階で実用鉄器の生産が開始された判断できる。それはまず、農具としての鉄器化ということであった。このためには、鉄器の強靱化が大命題であり、それは銑鉄の鋼化、製鋼の技術が必要となった。中国では古くから高温下の窯焼による製陶技術が高度に発展しており、その反射炉への転換が容易であった。経験的に窯内での加熱で銑鉄が軟化することが認知されていたのであろう。この反射炉の利用によって熱処理技術が確立し、可鍛鑄鉄ならびに酸化剤添加による鑄鉄脱炭鋼の生産が可能となった。銑鉄生産も製錬炉の規模からみて、一度に数トンの還元が可能であったが、その鋼化は大量処理が必要で、おのずとそういう方向性が具現化したのであろう。また、炒鋼法が喧伝されるが、依然として考古学的証拠は確認されていない。小規模生産は存在したかもしれないが、反射炉による鑄鉄脱炭鋼生産で十分であったと判断する。後に 18 世紀の産業革命期のイギリスで発明される、ヘンリー・コートの反射炉利用のパドル法に似た技法であるが、中国の場合、オープン炉が想定されており、技術的に困難とみられる。この技法は 1949 年の新中国誕生後の大躍進時代に鋼生産の向上を目指した想定された技法で、その考えが古代の鉄生産にまで適用されたのがそもそもの出発点であった。

いずれにしても中国での鋼生産は、高温液状鉄での銑鉄製錬が主流であったため、大量処理が可能な熱処理による銑鉄精錬法による鋼化が早い段階から確立した。この精錬技法は現代の銑鉄鋼化と基本的に同様といえ、したがって、中国の精錬技術は東アジア世界のみならず、鉄先進地域のヨーロッパ世界にさきがけること 1000 年以上の、人類史上最大級の発明であったといえる。

2) 朝鮮半島

北朝鮮の状況はよく分かっていないので、ここでは韓国の製鉄ならびにその生成物の鋼化、つまり精錬についての考古学的成果を中心に述べる。韓国においては、最近の鉄関連遺跡の発掘調査、紀元後 1 世紀には国内での製鉄が開始される状況証拠が揃ってきているが、少なくとも原三国時代の間に各地で製鉄が行われていたとみてよかろう。2 世紀段階を中心とする、慶尚北道のこう城洞遺跡では鑄型および韓国製鑄造鉄斧の出土から、すでに国産の銑鉄生産の段階に至っていることがわかる。ただし、韓国製鑄造鉄器類は中国のそれのように、反射炉による熱処理が

施されている証拠は全く確認されていない。製鉄された銑鉄を溶解炉で溶かし、白鑄鉄をそのまま鑄型に流し込んで製品化している。鋼製品はおそらく、併存する低温固体鉄生産による錬鉄を滲炭して鋼としていたか、あるいは中国からの鑄鉄脱炭鋼の輸入品による製品化であろう。

原三国時代後期から三国時代にかけて、銑鉄の精錬、つまり鋼化が完成したようであるが、あくまで考古学的成果でみる限り、円筒炉による卸し（下し）技法が想定できるのであって、中国式の反射炉熱処理方式ではなかったようである。日本の弥生時代中期以降、韓国製の鉄地金が輸入されるようになるが、弁辰地方で生産された鉄の状態や、その精錬、鋼化の方法は今回の研究でも明確化することはできなかった。

3) 日本

日本における鉄器時代の開始は弥生時代前期末から中期初頭であり、紀元前 3 世紀ごろのことである。この段階では中国戦国時代の鑄造鉄器、それらの破損品がもたらされ、研磨だけの加工が存在したようである。日本において製鉄が開始されたのは、考古学的成果にみる限り、6 世紀の段階になってからである。これも考古学的成果によると、小規模なボウル炉および円筒炉での生産開始であった。これらの技術伝播は当然、韓国からであるが、それも最初は見様見まねの試行錯誤があったらしく、その成果の一つとして、製鉄原料が鉄鉱石から砂鉄に変換されることが上げられる。製鉄導入初期はあくまで低温固体鉄生産で、錬鉄生産が主であった。この段階での精錬は不純物叩き出し技法で、精製された鉄は炭素含有量による硬軟の違いによって、いくつかの鋼の種類に分けられ、用途に応じて利用されたようである。製鉄炉の大型化の始まる古代後半、9 世紀代になる頃、ようやく銑鉄生産が開始されたようである。しかし、韓国同様、中国から熱処理技術の伝播はなく、その精錬、鋼化はなされず、生産されたままの白鑄鉄の鑄造鉄器生産のみ存在した。しかし、12 世紀後半から 13 世紀前半の頃、突如、島根県板屋 III 遺跡で確認された板屋型精錬鍛冶炉と呼ばれる円筒炉が出現し、中国地方を中心に卸し技法による精錬、鋼化が完成した。卸し技法とは小割した銑鉄塊を炉内に入れて熔融させ、強い送風によって酸化脱炭を行うものである。ただ、これ以前の古代から中世にかけての段階での精錬は考古学的に確認できていない。このうち、製鉄炉は大型化の一途を辿り、ついには近世たたら吹き製鉄として完成する。ここでは、大鍛冶と呼ばれる、卸し技法に基づく精錬鍛冶が完成する。

今回の研究では実験による精錬の復元的検討も行った。鉄鉱石、砂鉄を原料とする製

錬実験を行い、その生成物を使っての精錬実験を予定したが、それについては完了させることができなかった。それで、現在の銑鉄材を原料に、卸し技法による精錬実験を行った。その結果、ボウル炉では、燃料の炭および銑鉄材を、精錬作業に見合った大きさに揃え、酸化しやすくする必要のあることがわかった。また、あまりに小規模な、直径 30cm 程度のボウル形の小鍛冶炉では作業が困難と思われた。つまり、輻の送風量が多く、そこから炉内に供給される酸素と銑鉄の炭素が結合する酸化雰囲気は十分でない、卸し技法での精錬は困難であることが判明した。やはり、板屋型のような直径、高さともに約 1 m 前後の規模を持つ、中型の円筒炉が望ましいという結果が得られた。

本研究の成果として、東アジア世界における鉄精錬技術は大きく 2 系統あり、その一つが中国の現在の銑鉄精錬技術につながる反射炉による熱処理であり、もう一つが韓国、日本の卸し技法による銑鉄の酸化精錬であったことが明確となった。その二つに加えて、錬鉄生産を行った東アジアの初期製鉄段階全体に通じる錬鉄の精錬は不純物叩き出し技法による精製のあったことはいまもない。

東アジアの鉄生産とその関連技術は中国を中心にして周辺地域に伝播していったが、中心の成熟技術の完全伝播ではなく、周辺の技術段階に応じた傾斜伝播であったことに大きな特徴がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. 古瀬清秀、津田古墳群と讃岐の畿内化、丹羽佑一先生退職記念論文集、査読無、2013、掲載決定、頁未定
2. 古瀬清秀、各地の古墳 IV 瀬戸内、土生田純之・亀田修一編古墳時代研究の現状と課題、同成社、査読無、上巻、2012、pp59-79
3. 野島永、生産と流通 V 製鉄・鍛冶、土生田純之・亀田修一編古墳時代研究の現状と課題、同成社、査読無、下巻、2012、pp89-106

[学会発表] (計 5 件)

1. 古瀬清秀、考古学からみた備後北部の古代の鉄生産、文学研究科歴史文化学講座地域アカデミー講座、2012. 11. 7、広島
2. 野島永、近畿・瀬戸内の鉄器生産と流通、一般社団法人日本考古学協会 2012 年度大会第 1 文科会、2012. 10. 25、福岡
3. 古瀬清秀、考古学で探る鉄の歴史、島根県邑智郡邑南町ふるさと講座たたらシンポジウム、2012. 10. 5、島根
4. 野島永、弥生時代における鉄器文化と日

本海沿岸域の社会、青谷上寺地遺跡フォーラム、2012. 9. 29、鳥取

5. 古瀬清秀、ここまでわかった中国山地の古墳時代、広島県立歴史民俗資料館特別企画展開催記念講演、2012. 9. 15、広島

[図書] (計 1 件)

1. 古瀬清秀編、広島大学文学研究科考古学研究室、製鉄実験の記録、2013、64 頁

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古瀬 清秀 (FURUSE KIYOHIDE)
広島大学・大学院文学研究科・教授
研究者番号：7 0 1 3 6 0 1 8

(2) 研究分担者

竹広 文明 (TAKEHIRO HUMIAKI)
広島大学・大学院文学研究科・准教授
研究者番号：6 0 2 5 2 9 0 4

野島 永 (NOJIMA HISASHI)
広島大学・大学院文学研究科・准教授
研究者番号：8 0 3 7 9 9 0 8

(3) 連携研究者

()

研究者番号：