

製鉄の起源と技術の東方波及

Origin of the Iron Smelting and Diffusion of the Technique to the East

村上恭通

Yasuyuki Murakami

愛媛大学

東アジア古代鉄文化研究センター センター長

社会共創学部 教授

1 はじめに

世界の鉄の起源と各地における鉄の出現は洋の東西を問わず人々の知識欲をかき立てるテーマである。鉄が人類社会にとって大きな恩恵をもたらし、発展の動因であったことが期待されているからにほかならない。しかし製鉄起源の具体的な様相となると詳細に語り得ないのが実状である。今から40年ほど前に刊行され、世界の製鉄研究のバイブルともいえる“The Coming of the Age of Iron”¹⁾で示された製鉄の開始と技術の拡散に関する理解は、考古学的発見が増加した現在でも有効である。「起源」に接近すればするほど対象となる遺跡の数は当然限定され、密度も低くなり、遺跡や遺構に対する情報も少ない。技術伝播についても同様であり、さらに国境を越えた比較研究の難しさもあいまって大枠の構図しか示すことができない現状にある。

ここではまず最古の製鉄とその技術に関する議論を整理したうえで、とくに東アジア方面への技術伝播について論じたい。

2 製鉄の起源とその技術

2.1 起源

鉄の使用と生産は西アジアのどこかで始まった。今から遡ること約1万年、西アジアで農耕・牧畜社会が成立して間もなく、地表に露出していた自然銅が小型の装身具などに採用されるようになり、金属利用が開始された。鉄についても宇宙から落下した隕鉄を素材とした製品が散見されることから、鉄利用の最古段階に非人工的な鉄の利用があったことが判明している。

問題は鉱石を原料とし、木炭を燃料として、炉の中で鉄を作るという技術、またはその鉄を使用するために加工する技

術が、いつ、どこで、どのように始まったかということである。J.ワルトバウムや津本英利らの研究によれば、隕鉄の利用は紀元前4千年紀末に始まり、遅くとも紀元前3千年期後半には製錬された鉄の利用が始まる²⁾。ただし、紀元前2千年紀前半まで、鉄は装身具・装飾品として貴金属的な使用法が顕著であり、紀元前2千年紀後半になって、ヒッタイト帝国の故地である中央アナトリアで武器や工具といった利器としての鉄器が散見されるようになるという³⁾。人工鉄の機能性に着目したA.スノッドグラスは鉄利用の発展段階を次のように整理している⁴⁾。

- 1段階：鉄が稀に使用されるが、切削・穿孔という機能には耐えない段階。多くの場合は装飾品。
- 2段階：機能性のある鉄は存在するものの、実用利器としては青銅が卓越する段階。
- 3段階：機能性のある金属として鉄が青銅を凌駕する段階。ただし、この機能性においても完全に青銅に置換するわけではない。

この発展をパイオニアとして牽引するのが、スノッドグラスが地中海沿岸の第1グループとする地域であり、そこにはキプロス、エーゲ海沿岸、レバント地方、アナトリア沿岸地域が含まれている。また、その発展は単独の地域で達成されるものではないとも述べられており、いずれの地域にも製鉄の発祥地の可能性がある。また発生に際しては地域間の相互作用も想定されており、製鉄の起源地を限定することはさらに困難といわざるをえない。

2.2 技術—Iron out of copper or lead smelting 説—

スノッドグラスのいう第1グループの一つであるトルコ、アナトリア地域では日本アナトリア考古学研究所が30年以上も発掘調査を継続しているカマン・カレホユックで最古級の鉄に関する発見が相次いだ。後期青銅器時代のヒッタイト帝国

時代を遡るアッシリア商人植民地時代層や前期青銅器時代層で鉄塊、鉄滓などの小塊が発見されている⁵⁾。ただし製鉄炉は発見されていない。この遺跡の製鉄関連遺物でとくに注目されるのが前期青銅器時代層出土の銅塊であり、平井昭司による分析の結果、その銅塊中に鉄塊を検出し、銅と鉄の混晶と評価された⁶⁾。さらに学史的に著名なイスラエル、ティムナ溪谷遺跡群の銅製錬遺跡で確認され、その報告書で強調された副産物としての鉄の生成説⁷⁾と関連づけられるにいたった。すなわち銅製錬時に融点を下げるために鉄鉱石を投入した結果、生成物である銅塊中に鉄が結晶化したという説である。この説はT. ワータイムをはじめとする多くの研究者により唱えられており、木炭のヘビー・チャージ、鉄含有量の多い銅鉱石・鉄鉱石フラックスの使用、そして高温での過度の操業といった条件が偶然重なって生ずる現象と説明されている⁸⁾。V. ビゴットはこれを“*Iron out of copper or lead smelting*”理論と呼び、銅生産から鉄生産への真の技術革新と評価している⁹⁾。

時代、地域ともに異なるが、銅生産の副産物として生成される鉄については、わが国の古代銅製錬遺跡についても議論されている。滋賀県鍛冶屋敷遺跡出土遺物に対する金属学的分析の結果、銅塊中に鉄が含まれていることが判明し、銅製錬時にフラックスとして投入された鉄鉱石がその生成要因であると評価された¹⁰⁾。一方、山口県長登銅山地区周辺の大切製錬遺跡で出土した鉱滓、銅滓に対する分析の結果、酸化銅鉱に加えて含銅褐鉄鉱が銅製錬に使用され、後者が溶融剤の役目を果たしたと結論づけられている¹¹⁾。

銅製錬の融点を下げる目的でフラックスを投入するという高度な技術そのものが、西アジアの青銅器時代における銅製錬技術の発展過程で生じたと考えるならば、その前段階に鉄鉱石の付着した銅鉱石あるいは鉄分の多い銅鉱石の製錬時に鉄が副産される段階があったと見るほうが自然である。中央アジア、南シベリアにおける銅・鉄生産遺跡の踏査では鉄鉱石を纏った銅鉱石に頻繁に遭遇することがあり、その蓋然性を強く感ずる。

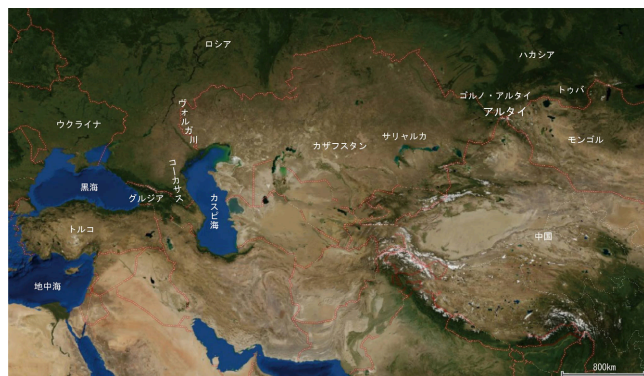


図1 論及地域 (Google Earth をもとに作成)

3 後期青銅器時代における製鉄技術の伝播

3.1 西アジアから北方へ

結局、後期青銅器時代のヒッタイト帝国時代も含めて、スノッドグラスのいう第1グループの地域では青銅器時代はおろか初期鉄器時代の確実な製鉄炉も発見されていない。ただ銅生産の副産物として鉄が生成する現象を認める立場であれば、製鉄炉は銅製錬炉の発展の系譜上にあり、いわゆるボウル炉として出現すると推測される。T. ボーガリットが示すような前期青銅器時代の浅いボウル炉 (図2)¹²⁾ がティムナ溪谷遺跡群にみられるような深いボウル炉¹³⁾ に変化し、さらに鉄生産を主目的とする炉にどのように変化するのか、その理解のためには西アジアにおける今後の発掘調査成果に期待するほかない。

一方、後期青銅器時代から鉄器時代にかけての製鉄炉が発見され、注目を集めているのがコーカサス地方西南部のグルジア (ジョージア) 共和国である。R. タイルコートが砂鉄を利用した製鉄の存在を指摘して以降¹⁴⁾、D. ハフタイシビリが『コルヒダの鉄生産』として発掘調査成果を集成して刊行し¹⁵⁾、英語、日本語でも紹介されている¹⁶⁾。黒海に面したグルジア西部では製鉄遺跡が400カ所近く確認されている。古い段階の製鉄炉は約1m掘り込んだ土坑の内法を粘土で覆い、その表面に礫が貼り付けられている (図3)。炉は2基併設される例もあり、その前面には排滓場が広がり、背面には鉱石や鉄塊・鉄滓を粉砕するための敷石状遺構が設けられた。ハフタイシビリは

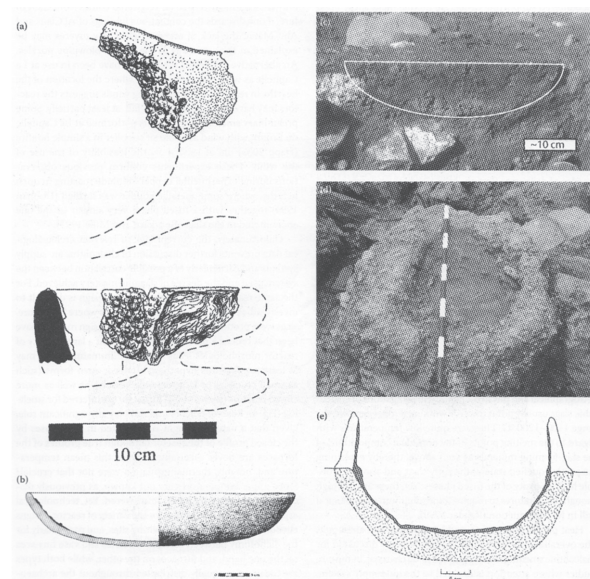


図2 前期青銅器時代の銅製錬炉

(a) ワジ・フィダン<紀元前4千年紀後半、ヨルダン>、(b) アルミザラク<紀元前3千年紀後半、スペイン>、(c) ラ・キャピテーレ<紀元前3千年紀初頭、フランス>、(d) カベゾ・ジュレ<紀元前3千年紀、スペイン>、(e) シクミム<紀元前5千年紀後半、ヨルダン>

この製鉄炉を覆うようなドーム状の炉壁の存在を想定しているが、炉壁の出土例は示されていない。時代は放射性炭素測定年代により紀元前18世紀に遡る例もあるが、それを極端な例として除くとおおそ紀元前11世紀～8世紀中葉に収まっている。近年の調査では上述と同タイプの炉にともなって銅滓が数多く発見されており、銅鉄いずれの生産遺跡かの見直しが迫られる一方で、確実にブルーム製鉄の鉄滓だけが発見される地域も確認されており¹⁷⁾、グルジアにおける銅生産から鉄生産への技術発展についても議論が始まっている。

コーカサスの北西、黒海北岸に位置するウクライナ共和国では、後期青銅器時代スルブナヤ文化（紀元前18世紀～12世紀）末期に属する製鉄炉の報告例がある¹⁸⁾。ここでは地上に炉壁をもつ炉が復元されているが、炉壁の存在は報告されておらず、実際にはボウル炉であった可能性が高い。スルブナヤ文化末期段階は、この地域で銅柄鉄剣が出現する時期でもある¹⁹⁾。元来、すべて青銅で製作されていた剣が、柄から関までの部分のみ青銅製となり、身のみが鉄製の剣になる。この製鉄炉はまさに利器が銅から鉄へ移行する段階のものである。

ほぼ同時期の製鉄炉はカスピ海の東北、ウラル山脈西南麓のヴォルガ川中流域でも発見されている²⁰⁾。ロシア、ウリヤノフスク州アルハンゲリスク村付近にある台地の法面で製鉄炉が半壊された状態で発見された（図4）。大きさは深さ約50cm、内径約20cmであり、平面が円形に復元される。その概略図を示すと、著しく焼けた炉内壁の下部には炉底塊があり、さらにその下には焼土が認められる（図5）。この炉にともなって青銅器時代末期から初期鉄器時代の土器が検出されており、東ヨーロッパを含めて最古の炉と評価されている。このように黒海沿岸地域からウラル山脈にかけてみられる小型の製鉄炉はグルジアの製鉄炉あるいは銅製錬炉よりはるかに小型で、原始的な様相を呈している。その原始性や技術変容を今後詳細に検討するためにも、西アジアにおける青銅器

時代から初期鉄器時代に属する製鉄炉の発見が待望される。

3.2 青銅器時代の製鉄技術の東伝—中央アジアへ—

銅生産技術と鉄生産技術との関連性については、以上のようコーカサス地方や黒海北岸地域からウラル山脈西南麓にいたる地域でも関心が払われるようになってきた。とするならば鉄技術の東西方向への伝播を検討する際にも、銅生産の動向を踏まえておく必要がある。とりわけ黒海北岸地域からウラル山脈西南麓の銅・青銅器文化の動態については、E. チョルニフの研究²¹⁾以降、活発に議論されるようになった²²⁾。前期青銅器時代、紀元前3千年紀を中心に黒海北岸地域からウラル山脈西南麓の広大な地域に広がるのがヤムナヤ文化であ



図4 アルハンゲリスク村の法面で発見された製鉄炉

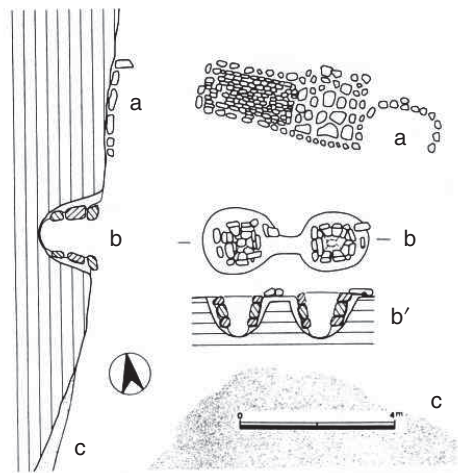


図3 グルジア・チャルナリⅡ製鉄遺跡の平面図・断面図
a: 敷石状遺構, b: 製鉄炉, b': bの断面図, c: 排滓場

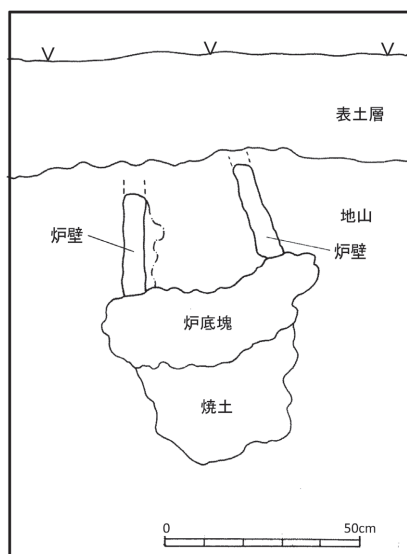


図5 同製鉄炉の概略図

る。この文化はコーカサス地方からの影響を強く受けており、コーカサス地方北部のマイコップ文化の北縁に誕生した、金属生産を伴う原始的遊牧文化である。マイコップ文化はコーカサス地方南部のクラ・アラスク文化を介して、東部アナトリア地方の金属文化を継承している²³⁾。ヤムナヤ文化では副葬品として隕鉄製鉄器が散見され、この点も西アジアの金属文化の要素とみられる(図6)。ヤムナヤ文化は東に約2000km離れたシベリアの前期青銅器文化であるアフアナシェボ文化の銅器・青銅器にも影響を与えており²⁴⁾、アフアナシェボ文化の副葬品にしばしば見られる隕鉄製鉄器もその証拠と考えられる²⁵⁾。そして後期青銅器時代には前述したスルブナヤ文化とシベリア、中央アジアに広がるアンドロノボ文化が多くの接点をもっており、剣、闊斧、袋状斧、鎌などの青銅器各種にみられる共通性は青銅器生産の関係を暗示している。

2016年、カザフスタン・カラガンダ大学と愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター(以下、AIC)が実施した中央カザフスタン・サリヤルカ地域にあるアラト遺跡の発掘調査で、1基の金属生産炉が発見された(図7)。その時期は出土土器からアンドロノボ文化に後続するベガジ・ダンドゥバイ文化と判断され、共伴した獣骨の放射性炭素測定年代が示す紀元前13世紀という年代と矛盾しない。この炉は鉄鉱石(マグヘマタイト)の小片を多数伴っていたことから当初、製鉄炉と判断された。しかし大澤正巳、井澤英二が行った鉄滓の分析・解析により、銅分の多い鉄塊を精錬する際に生成したもので、鉄鉱石の小片はフラックスとして使用されたものと結論づけられた。コーカサス地方における銅生産と鉄生産との

関係性が後期青銅器時代には遠く中央アジアの中部まで及んでいたことを想定できるようになった。

このアラト遺跡での鉄精錬炉の発見は中央アジアにおける最古の鉄器生産を物語るだけではなく、東アジアへの鉄の導入を議論するうえでも重要である。中国では、かつて殷代の隕鉄利用の段階から人工鉄利用段階へ移行すると考えられていた。しかし近年、西北部の甘粛省陳旗磨溝墓地で紀元前14世紀に遡る塊鍊鉄製鉄製品2点が発見されたことから、殷代における人工鉄の中国西北部への導入が明らかとなった²⁶⁾。陳旗磨溝墓地で出土した鉄製品は棒状製品と塊状製品であり、いずれも小型で、利器としての用途が想定できない点は重要であり、これらは宝器的扱いを受けていたと考えられる。中央アジアや東アジアの最古級の鉄器が、時代は異なるものの、西アジアにおける初期鉄製品と同様の性格を有していたことがわかる。同時に、当該期の甘粛省域での製鉄は現状では想定できないことから、陳旗磨溝墓地出土の鉄がアラト遺跡のような中央カザフスタンから受容された可能性が高くなった。カザフスタンと甘粛省の間には新疆ウイグル自治区が横たわっているが、ここでは年代の再検討が必要といわれるものの、殷周代の鉄製品が多数発見されている²⁷⁾。カザフスタンと接する新疆地域を介して陳旗磨溝墓地出土品のような宝器的性格の鉄製品が伝来したと考えるのが現在のところ妥当である。このように東アジアにおける鉄の利用が中央アジアの影響で始まったことをより具体的に議論できるようになった。

4 遊牧社会における鉄器時代の鉄生産

4.1 スキタイの製鉄

ヤムナヤ文化が広がった黒海北岸地域からヴォルガ河流域にいたる地域は、鉄器時代に移行して騎馬民族として有名なスキタイの時代を迎える。厳密に言えばキンメリオイの時代とも呼ばれる先スキタイ期(紀元前9～8世紀)を経てスキタイ期(紀元前7世紀～紀元前3世紀初)にいたる²⁸⁾。先スキタイ

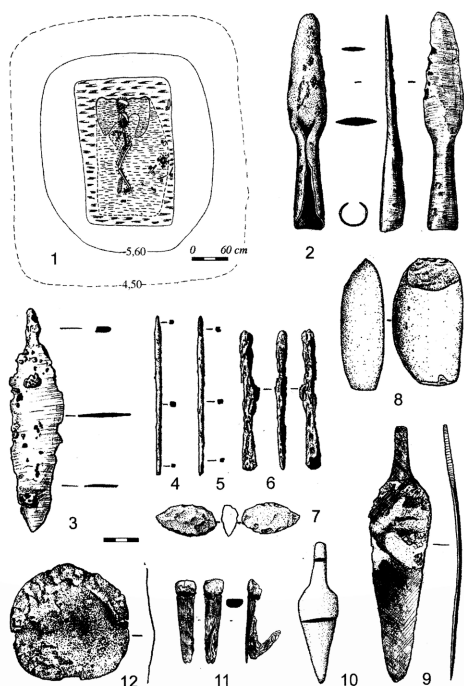


図6 ボリショイ・ボルディレフスキー・クルガンの銅製品と鉄製品(6,11,12)



図7 アラト遺跡の鉄精錬炉

イ期にはキンメリオイ型銅柄鉄剣と呼ばれる、スルブナヤ文化後期のそれよりはるかに発展した銅柄鉄剣がコーカサス地方から東ヨーロッパにかけて広がっている²⁹⁾。この段階は青銅製利器が卓越し、前期スキタイ時代を迎えると青銅製品は依然として盛行するものの、矛、鬬斧、ナイフなどの器種が鉄製となる(図8)³⁰⁾。先スキタイ期からスキタイ前期の製鉄炉に関しては情報が少ないが、中期以降は確実に製鉄の痕跡がある。その多くは鉄滓を充満したいわゆるスラグピットである。これは炉の下部に相当し、熔融した鉄滓が滴下して土坑底部に溜まり、鉄塊はその上部に生成したとみられる。問題はこのスラグピットをもつ製鉄炉が地上に炉壁をもっていたかどうか、炉壁があったとすればどの程度の高さであったかという点である。さまざまな復元が試みられるスキタイの製鉄炉であるが、そのすべてに円筒形やドーム形の上部構造が復元されている。しかしながら上部構造の炉壁が報告された例は皆無に等しい。先に紹介したウクライナ地方における製鉄炉の報告例には地表から土坑底部に向けて斜めに通ずる送風孔の表現された例があり³¹⁾、これまで議論されたことのない構造と送風法をもつ製鉄炉を想定しておく必要がある。

4.2 スキタイ系文化と製鉄—遊牧社会における製鉄の意義—

カスピ海の東に広大に広がる草原地域には、スキタイの系譜を引くさまざまな遊牧文化が展開した。カザフスタンのサカ文化、ロシア、ゴルノ・アルタイのパジリク文化、南シベリア、サヤン・アルタイ地域のウユク文化、そしてミヌシンスク盆地のタガール文化がスキタイ系の初期鉄器時代前半期に属する。サヤン・アルタイにあるトゥバ共和国のアルジャン2号墳では、金柄・象嵌鉄剣、金柄素環頭刀子、金象眼鬬斧や鉄鏃が出土しており、その時期は紀元前7世紀末と考えられている³²⁾。しかし、その後、鉄製品が青銅製品を急速に駆逐した様子は看取できない。サカ文化では剣、鬬斧に加えて馬具(銜)

に鉄製がみられる程度で、しかもその数は決して多いといえない。採集遺物が多く、それらに依拠して判断するしかないミヌシンスク盆地でも、タガール文化の意匠をもつ剣のなかには銅柄鉄剣が含まれており、鉄は限定的に利用され、青銅が利器の素材として卓越していた³³⁾。銅柄鉄剣を作り、使用する文化は先述したスルブナヤ文化に系譜が求められる。この限定的な鉄の利用は、専ら副葬品に基づいた評価であり、パジリク文化の墓室に採用された木材には鋭利な加工痕が観察されることから、伐採斧、加工斧などに鉄製品の普及が想定されており³⁴⁾、初期鉄器時代前半期においても漸移的に鉄が普及し、それを支えた製鉄も行われていたと考えられる。

そしてその次の段階、すなわち紀元前後の初期鉄器時代後期になるとミヌシンスク盆地、サヤン・アルタイでは盛んに製鉄が行われていた。Ya. スンチュガシェフは1960年代から80年代にかけて、ミヌシンスク盆地を擁するハカシア共和国、サヤン・アルタイを含むトゥバ共和国で精力的に製鉄遺跡を発掘し、報告した³⁵⁾。その製鉄炉は構造に不明な点も多く、R. プライナーは構造や系譜について疑問が多いとしながらも、地下式のブルーム炉と評価している³⁶⁾。近年、ミヌシンスク盆地におけるAICの発掘調査によって、この製鉄炉が



図9 ハカシア共和国トルチェヤ遺跡Ⅰ区の製鉄炉



図10 ハカシア共和国トルチェヤ遺跡Ⅱ区の製鉄炉

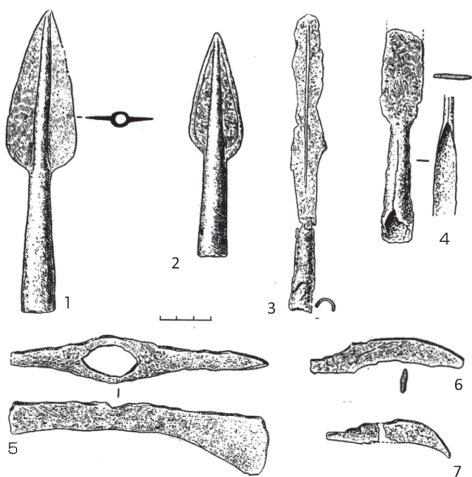


図8 ゲレジンスク・ドルメンの鉄製品(3-7)と青銅製品

地下にスラグピットを備えるタイプに属し、送風はピット底部に向けて穿たれた補助送風孔と地表近くに設置された複数の羽口から行われたことを明らかにした(図9.10)³⁷⁾。これはウクライナ地方におけるスキタイ時代に属する製鉄炉復元の一つに共通している。スキタイの製鉄炉にもボウル炉の底に向けて送風孔が穿たれている例がある。この送風孔は炉底に滴下した鉄滓により塞がれ、次第にその機能を失うことから、別途設置された送風孔が必要である。またタシテイク文化やサヤン・アルタイ、シュルマク文化の製鉄炉でも、地上に設置された炉壁の検出は今のところ皆無であり、この点もスキタイの製鉄炉と同じである。先に紹介したカザフスタン・アラト遺跡の製鉄炉とは構造が異なり、系譜関係を認めることができないため、この初期鉄器時代後半における製鉄技術についてはスキタイからの系譜を考えるべきであろう。さらにモンゴルでもAICの調査によってホスティン・ボラグ遺跡をはじめとする匈奴時代の製鉄炉が多数発見されており³⁸⁾、初期鉄器時代後半期の北アジアでは製鉄炉が広汎に、濃密に広がっていたことがわかってきた。またゴルノ・アルタイ、サヤン・アルタイ、モンゴルでは製鉄遺跡と鉄鉱山が近接しており、当時の遺跡周辺の環境を復元すると森林資源

も豊富であったことが最近の踏査によりわかっている。これは遊牧民族にとって製鉄に必要とされる原料や燃料の獲得が極めて重要であったことを物語っている(図11.12)。

紀元前後に相当する初期鉄器時代後半期の北アジアにおいて、遊牧社会の鉄生産が活発化する背景として、漢帝国を取り巻く諸民族社会が、漢帝国の成立と展開に連動しながら執り行った政治、軍事、経済活動に起因するという歴史的解釈が当然可能である。しかしながら初期鉄器時代前半期にはすでに製鉄炉の導入が考えられることから、漢帝国に関わる動因とは異なった、より根源的な背景があったはずである。ゴルノ・アルタイ共和国、カザフスタンやモンゴル・アルタイの広大な高原地帯では、家畜の放牧や季節的居住の適地を求めるだけであれば、その選択肢は豊富にある。しかし、なぜその場所で製鉄をしなければならなかったのか？その背景として、放牧や居住領域の選択条件以上に、近隣における鉄鉱資源や森林資源の存在という鉄生産の条件が優先されたのではなかろうか。そうすると遊牧集団の拡大、分節はむしろ鉄鉱山の開発や金属生産技術の伝播を促進し、遊牧社会は必要とされる鉄や鉄製品をむしろ自給しやすい条件を備えていたとみられる。

5 結論

西アジアにおける製鉄の起源は現状では遺構に基づいた具体的な議論はできず、また技術の発生については鉄生産のみでなく、銅生産との関係も視野に入れながら検討すべきであることを述べた。むしろ製鉄技術の初期拡散は後期青銅器時代のコーカサス地方や黒海北岸地域からヴォルガ川流域にいたる地域に検討材料があり、そこから東方の中央アジアに技術波及の第一波があった。そのルートはスキタイの鉄器時代を迎えても有効に機能し、中央アジア、北アジアに広がる各スキタイ系文化に製鉄の技術を伝えた。この技術の波を第二波と評価することができよう。そして第二波は「鉄鉱資源主動因論」ともいうべき遊牧生活のパターンを背景に中央アジア、北アジアの遊牧社会のなかに製鉄が定着していったことを示した。遊牧社会と鉄生産との関係、さらには銅生産との関係について、その起源地と想定されるスキタイの故地を含めて今後詳細に検討したい。

参考文献

- 1) The Coming of the Age of Iron, ed. by T.A.Wertime and J.D.Muhly, (1980)
- 2) J.C.Waldbaum : The Coming of the Age of Iron, ed. by T.A.Wertime and J.D.Muhly, (1980), 69.
津本英利:西アジア考古学, 西アジア考古学会編, 5 (2004), 11.



図11 ユスティド製鉄遺跡の遠景(ゴルノ・アルタイ)



図12 ガンツ・モッド遺跡の遠景(モンゴル・アルタイ)

- 3) 津本英利:西アジア考古学, 西アジア考古学会編, 5(2004), 14.
津本英利: 金属器の黎明—価値と技術—, 愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター, (2015), 1.
- 4) A.M.Snodgrass: The Coming of the Age of Iron, ed. by T.A.Wertime and J.D.Muhly, (1980), 335.
- 5) H.Akanuma: Anatolian Archaeological Studies, 17 (2008), 313.
- 6) 平井昭司: カマン・カレホックから出土した紀元前20世紀頃の鉄塊の自然科学的分析, 第21回トルコ調査研究会、(財) 中近東文化センター付属アナトリア考古学研究所, (2011)
- 7) N.H.Gale, H.G.Bachmann, B.Rothenberg, Z.A.Stos-Gale and R.F.Tylecote: The Ancient Metallurgy of Copper: Archaeology-Experiment-Theory, ed. by B.Rothenberg, (1990), 182.
- 8) T.Wertime: Science, 182 (1973), 875.
- 9) V.C.Pigott: The Archaeometallurgy of the Asian Old World, (1999), 1.
- 10) 大澤正己, 鈴木瑞穂: 鍛冶屋敷遺跡, 大道和人, 畑中英二編, (2006), 231.
- 11) 吉川竜太, 本村慶信, 中西哲也, 井澤英二: 日本鉱業史研究, 50 (2005), 27.
- 12) D.Bourgarit: Metal and Mines Studies in Archaeometallurgy, ed. by S. L. Niece, D. Hook and P. Craddock, (2007), 3.
- 13) N.H.Gale, H.G.Bachmann, B.Rothenberg, Z.A.Stos-Gale and R.F.Tylecote: The Ancient Metallurgy of Copper: Archaeology-Experiment-Theory, ed. by B.Rothenberg, (1990), 182.
- 14) R.F.Tylecote: Anatolian Studies, 31 (1981), 137.
- 15) D.A.Khakhutaishvili: Proizvodstvo Zheleza v Drevnei Kolkhide, (1987)
- 16) D.A.Khakhutaishvili: The Manufacture of Iron in Ancient Colchis, BAR International Series 1905, (1987)
村上恭通: たたら研究, たたら研究会編, 31 (1990), 32.
- 17) N.Erb-Satullo, B.J.Gilmour and N.Khakhutaishvili: Journal of Archaeological Science, 49 (2014), 147.
- 18) V.I.Bidzilya, G.A.Voznesenskaya, D.P.Nedopako and S.V.Pankov: Istoriya Chernoi Metallobrabotki na Territorii USSR (III v.do n.e.- III v.n.e.), (1983)
- 19) 村上恭通: たたら研究, たたら研究会編, 31 (1990), 39.
- 20) Yu.A.Cemykin: Chernaya Metallurgiya i Kuznechnoye Proizvodstvo Volzhskoy Bulgarii v VIII - Nachale XIII vv., (2015)
- 21) E.N.Chernykh: Ancient Metallurgy in USSR, (1992)
- E.N.Chernykh: Stepnoy Poyas Evrazii: Fenomen Kochevykh Kul'tur, (2009)
- 22) L.Koryakova and A.Epimakhov: The Urals and Western Siberia in the Bronze and Iron Age, (2007)
D.W.Anthony: The Horse and Wheel and Language How Bronze-Age Riders from the Eurasian Steppes Shaped the Modern World, (2007)
B.Cunliff: By Steppe, Desert, and Ocean: The Birth of Eurasia, (2015)
- 23) R.M.Munchayev: Kavkaz na Zare Bronzovogo Veka: Paleolit, Eneolit, Rannyaya Bronza, (1975)
- 24) E.N.Chernykh: Stepnoy Poyas Evrazii: Fenomen Kochevykh Kul'tur, (2009)
- 25) L.Koryakova and A.Epimakhov: The Urals and Western Siberia in the Bronze and Iron Age, (2007)
- 26) 陳建立: 中国金属冶铸文明新探, (2014), 201.
- 27) 白雲翔: 先秦兩漢鉄器の考古学研究, (2005)
- 28) 林俊雄: スキタイと匈奴 遊牧の文明, 興亡の歴史02, (2007)
- 29) R.M.Munchayev: Kavkaz na Zare Bronzovogo Veka: Paleolit, Eneolit, Rannyaya Bronza, (1975)
J.Bouzek: North Pontic Archaeology: Recent Discoveries and Studies, ed. by G.R.Tsetkhladze, (2001), 33.
- 30) V.R.Erlikh: Severo-Zapadnyi Kavkaz v Nachale Zheleznogo Veka. Protomeotskaya Gruppya Pamyatnikov, (2007)
- 31) V.I.Bidzilya, G.A.Voznesenskaya, D.P.Nedopako and S.V.Pankov: Istoriya Chernoi Mettobrabotki na Territorii USSR (III v.do n.e.- III v.n.e.), (1983)
- 32) 林俊雄: スキタイと匈奴 遊牧の文明, 興亡の歴史02, (2007)
- 33) 田中裕子: ユーラシアの考古学 高濱秀先生退職記念論文集, (2014), 117.
- 34) V.P.Myl'nikov: Derevoobrabotka b Epokhy Paleometalla, (2008)
- 35) Ya.I.Sunchugashev: Gornoe Delo i Vyplavka Metallov v Drevney Tuve, (1969)
Ya.I.Sunchugashev: Drevnyaya Metallurgiya Khakasii-Epokha Zheleza-, (1979)
- 36) R.Plimer: Iron in Archaeology The European Bloomery Smelters, (2000), 189.
- 37) Y.Murakami: Sayan-Altai Scientific Review, 1 (2013) 5, 233.
村上恭通: チンギス・カンとその時代, 白石典之編, (2015), 241.
- 38) 笹田朋孝: 鉄と匈奴 遊牧国家像のパラダイムシフト, 愛媛大学東アジア古代文化研究センター, (2013), 59.

(2017年10月17日受付)