

冶金関連遺物による東アジア冶金史学の構築 — 鑄型・羽口・溶解炉 —

丹 羽 崇 史*

1. はじめに

中国の殷周時代の青銅器は、複雑・高度な鑄造技術で製作され、なかには現代に伝わっていない技法も存在する。これまで殷周青銅器の詳細な観察・分析の蓄積により、漢代以前を中心とした中国における冶金技術の時代変遷に関するモデルが構築され⁽¹⁾、その成果は中国青銅器の範疇にとどまらず、日本をはじめとした東アジア周辺地域における冶金技術史の構築にも大きな影響を与えている。

一方、冶金技術に関わる考古資料として、青銅器そのものの以外にも、青銅器を鑄造するための鑄型をはじめ、羽口（送風管）・溶解炉・砥石などの遺物の存在が知られている。これらはまさに、当時においてものづくりの活動を終えて廃棄された「産廃」に該当するものである。このような過去の時代の「産廃」はただの廃棄物ではなく、当時のものづくりの技術や技術者同士の交流の実態を考えるうえで、しばしば重要な資料となる。たとえば羽口は、鍛冶・鑄造をはじめ、金属の加工・溶解で送風が必要なさまざまな工程において用いられるが、地域や時代、用いられる作業工程によって、形や大きさが異なることが知られている。こうしたあり方を把握することによって、過去の時代における技術者同士の交流や生産体制の一端を描くことが可能となる⁽²⁾。

筆者は「土製鑄型を中心とした冶金関連資料による東アジア冶金史学の構築」（日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(B) JP20H01365 2020-2024年度）という科学研究費による研究課題にもとづき、こうした過去の時代の「産廃」を対象とした調査・研究を進めてきた。近年、中国では人類の冶金の歴史を考古学・文化財科学双方から検討を行う

「冶金史学」が発達し、青銅器や鑄型の研究を中心に多くの成果が発信されている。殷周青銅器の鑄型については、実験研究のほか、自然科学・岩相学的な分析も踏まえた総合的な研究も行われ、それらの特徴も明らかになりつつある⁽³⁾。このような自然科学・岩相学的な分析事例数は日本をはるかに凌駕する状況である一方、羽口や砥石といった冶金関連遺物の研究においては弥生・古墳時代研究を中心とした日本考古学に研究蓄積がある。筆者を中心とした研究グループは、考古学・文化財科学・実験的手法を総合的に実践し、日中双方の研究蓄積の共有にもとづく「東アジア冶金史学」の構築を目指した研究を進めている。本稿では筆者らが中心となって進めてきた調査・研究を中心に、土製鑄型・羽口・溶解炉などの冶金関連遺物に関する研究成果を紹介する。

なお鑄型・羽口・溶解炉とともに、冶金生産遺跡から出土する遺物として砥石がある。「東アジア冶金史学」の構築を目指した研究における砥石に関する調査成果については、森貴教氏と筆者の論文に報告しているため、そちらを参照願いたい⁽⁴⁾。

2. 土製鑄型の調査

中国では青銅器を鑄造するための土製鑄型が数多く出土しているが、殷周時代の青銅器を鑄造した鑄型の多くは、粒度の細かい黄土を用いたものである。一方、日本の遺跡で出土する土製鑄型の多くは、内面と外面とで粒度・材質の異なる素材を用いた複層構造のもので、鑄造時のガス抜き・空気抜きのために構造上の工夫と考えられている。なぜ殷周時代と日本の鑄型でこのような違いがあるのか？

先に述べたように、中国では出土鑄型に対する数多くの分

* 奈良文化財研究所 都城発掘調査部平城地区考古第二研究室長(〒630-8577 奈良市二条町 2-9-1)
The Construction of Metallurgical History in East Asia by Metallurgical Material: Clay mold, Tuyere and Furnace Wall; NIWA Takafumi
(Nara National Research Institute for Cultural Properties, Nara)
Keywords: metrological material, clay mold, X-ray CT, tuyere, melting furnace, Houma bronze workshop site, China, Japan, East Asia, archaeology
2024年12月 9 日受理[doi:10.2320/materia.64.157]

析事例があるが、こうした研究の多くは個別事例の検討にとどまり、土製鋳型製作技術の時間的変遷、ならびに地域別の差異など、通史的・広域的な観点から考古学的に検討したものは少ないのが現状である。日本でも土製鋳型の時代的変遷を検討した事例は多くはないが、こうした視点による数少ない研究事例として、久保智康氏の銅鏡鋳型の研究がある。久保氏は銅鏡鋳型の構造の変化にもとづき以下のように分類する⁽⁵⁾。

I類：単層鋳型(表面を薄く真土で化粧したものを含む)。7世紀に出現。

II類：2層鋳型。粗型を焼いてから、一定の厚さの真土を塗る。10世紀に出現。

III類：2層構造で粗型に条線を刻む。14世紀以降に出現。

筆者は久保氏の研究を参考にし、主にこれまで自身で観察した資料にもとづき、中国の二里头時代(紀元前二千年紀前半ごろ)から漢代における土製鋳型の基体構造の変遷を検討した。その結果、二里头時代から東周時代までは単層構造の鋳型が多くみられるが、複層構造の鋳型も一定数存在することを指摘した。また、漢代において、基部に砂状物質を含んだ鋳型の表面に、細かい土を塗布した錢貨鋳型の事例があり、日本の奈良時代の錢貨鋳型にも類似した構造のものをあることを報告した⁽⁶⁾。ただし、土製鋳型は、鋳型の基体部分のほか、それを覆う包み土(バックアップ)、鋳型内面に塗布する塗型剤など、機能が異なるさまざまな部分を含んでいる。このような鋳型の詳細な構造、ならびに各層の機能、鋳型の製作技術について、いかに「客観的」「定量的」に把握をするか、という課題を残していた。

筆者らはこうした土製鋳型の構造・技法を明らかにするため、考古学的な観察・実測などの調査とともに、奈良文化財研究所のX線CTなど分析機器を用いた調査を実施している。X線CTを用いた土製鋳型の調査の前例として、日本の福岡県須玖タカウタ遺跡出土の弥生時代の土製鋳型の事例がある⁽⁷⁾ほか、近年は中国でもX線CTなどを用いた出土鋳型の分析成果が発表されている。また、冶金関連遺物ではないが、X線CTを用いた土製品の構造調査の事例として、奈良県川原寺裏山遺跡出土の塑像の調査、ならびに漢代の封泥の調査などが挙げられる⁽⁸⁾。

冒頭で述べた科研費研究課題は2020年度に採択になった

ものの、コロナ禍により海外調査が実質不可能な状態が続いていたこともあり、筆者らは国内に所在する関連資料の調査に注力した。こうした国内所在資料の調査の一環として、公益財団法人泉屋博古館・和泉市久保惣記念美術館の多大なご協力のもと、両館の所蔵する青銅器・錢貨等の土製鋳型に対する実測、顕微鏡観察、三次元計測、X線CT、さらに蛍光X線分析等の非破壊調査を実施した。調査成果の詳細については別稿にて発表を予定しているが、X線CTによる調査の結果、各時代の鋳型で共通する特徴として、

- ・鋳型の構造は、単層構造のものと、複層構造のものが存在する。
- ・薄い鋳型は単層構造で、細粒子からなる傾向が観察できる。単層構造のなかには粒径組成が不均質で、空隙の分布も不規則なものがある。
- ・鋳型の空隙は、鋳型の内面付近から外層の縁辺部まで貫進しない。

といった点を確認できた(以上の土製鋳型のX線CT調査に関する成果は、①村田泰輔、丹羽崇史「日本所在中国青銅器・錢貨鋳型に関するX線CT調査」シンポジウム「東アジア冶金史学の開拓」(奈良文化財研究所 2024年6月7日)の発表資料、②日本文化財科学会2024年度大会(青山学院大学 2024年7月27・28日)の発表ポスター(丹羽崇史、村田



図1 土製鋳型類(公益財団法人泉屋博古館所蔵 奈良文化財研究所撮影)。

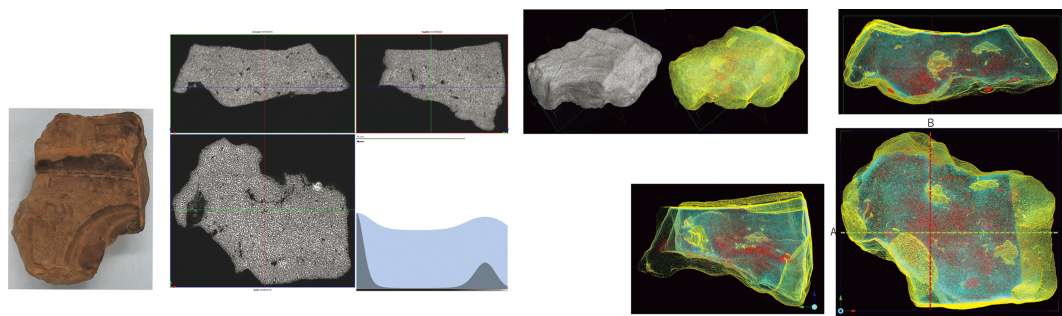


図2 殷周時代の青銅器の土製鋳型(公益財団法人泉屋博古館所蔵)のX線CT撮像(奈良文化財研究所撮影)。大きさは幅7.3 cm、高さ8.5 cm、厚さ4.5 cm

泰輔：中国青銅器・錢貨鑄型の調査—泉屋博古館・和泉市久保惣記念美術館所蔵資料を対象として—にて公表した。）(図1・2)。

今後はさらに調査事例の蓄積を進めるとともに、鑄型の構造を構成する要素、たとえば空隙率や通気度などを数値化し、それらの機能とともに、鑄型構造の時代的変遷・地域差の検討を進めたいと考える。

3. 羽口の調査

冒頭で述べた通り、羽口は銅・鉄など金属の溶解や製錬・精錬等、さまざまな工程に用いられる。また、時代や地域、用途により多様な形態・法量のものが存在することが知られている⁽⁹⁾。筆者も日本の古墳時代や奈良時代の羽口に着目し、製作者集団や技術系譜の特徴が羽口に反映されていることを指摘した⁽¹⁰⁾。

さて中国をはじめ、中央ユーラシアやシベリアでは先端が曲がった湾曲羽口が出土している⁽¹¹⁾。ここでは紀元前1000年紀の長城地帯を中心に分布する「北方系」湾曲羽口の検討から明らかになった技術展開の一端を紹介する。先行研究によれば、この形式を祖形とするものが弥生時代の日本列島にまで伝わったことが指摘されており⁽¹²⁾、弥生時代の鑄銅

技術と大陸のつながりを理解するうえで不可欠な資料となる。そればかりでなく、韓半島/朝鮮半島、華北地域、新疆地域においてもこの形式の羽口が出土しており、広域的な冶金技術の展開、および地域間関係を考えるうえでの重要な資料であるといえる。

筆者はこれまでの調査成果を踏まえ、「北方系」湾曲羽口の韓半島/朝鮮半島、華北地域、新疆地域における展開について、基礎的な整理とともに、資料ごとの比較検討を行った。検討の結果、長城地帯を起点として、韓半島/朝鮮半島から日本列島に伝わる中で、形態や製作技法に関する要素が徐々に変容する「地理勾配」的な様相が明らかとなった。ただし、華北地域の山西省侯馬鑄銅遺跡例は、先端部の湾曲という形状のみが長城地帯の「北方系」湾曲羽口と共通し、大きさ、製作技法、使用形態等は異なっている(図3)。このような差異が生じたのは、長城地帯とは大きく異なった華北地域の溶解技術が背景にあるものと考えられる。

4. 溶解炉の調査

鑄造遺跡から出土する炉壁は、溶解炉などの施設の構造を解明するための重要な遺物である。ケーススタディとして、春秋戦国時代の晋国の鑄銅工房である山西省侯馬鑄銅遺跡か

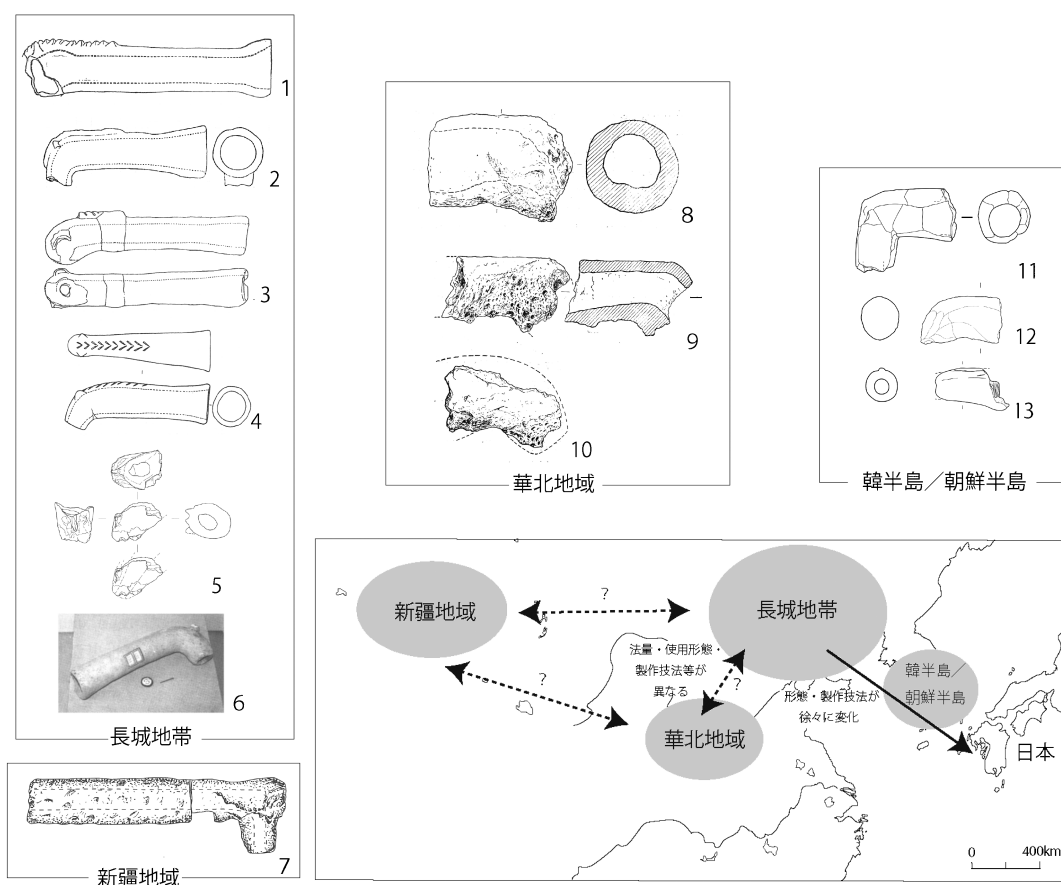
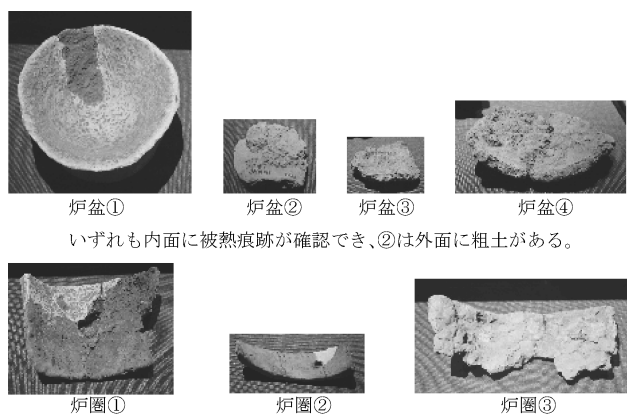


図3 東アジアにおける「北方系」湾曲羽口。(文献(17)丹羽2021bを改変)図は1:10
1. 大井古銅鉱 2. 三官甸 3. 赤峰(京都大学総合博物館蔵) 4. 小黒石溝 5. 上馬石(京都大学総合博物館蔵) 6. 龍頭山 7. 洋海Ⅱ号墓地210号墓 8・9・10. 侯馬鑄銅遺跡 11. 安心(国立全州博物館蔵) 12. 馬田 13. 新昌洞



炉盆① 炉盆② 炉盆③ 炉盆④

いずれも内面に被熱痕跡が確認でき、②は外面に粗土がある。

炉圈① 炉圈② 炉圈③

いずれも内面に被熱痕跡が確認でき、①②は小型の孔がある。

図4 侯馬銅遺跡出土炉盆・炉圈。(文献(17)丹羽2021aを改変)

ら出土した溶解炉に関する筆者の研究を紹介する。

侯馬銅遺跡の報告書⁽¹³⁾では同遺跡から出土した溶解炉に相当する遺物として、「炉盆」、「炉圈」が報告されている。炉壁の厚みは1~4.5 cmで炉圈は中央付近に1~2 cm前後の小型の孔を有するものもある。炉盆・炉圈いずれも外面に草入りの土が付着するものもある。報告書では、溶解炉は固定式ではなく可動式で、内面を燃焼させるものとし、1周に2~3つのパーツを組み合わせて、粘土紐(泥条)で固定し、炉を構築したとしている。

筆者は2019年10月に中国の山西省太原市にある山西青銅博物館展示室にて、ケース越しではあるが、炉盆4点、炉圈3点の実物資料を観察する機会を得た(図4)。炉盆・炉圈いずれも内面に溶銅が付着した被熱痕跡があり、溶銅に直接接していたとみられる。また、炉盆の外面には部分的に粗土が付着するほか、炉圈には報告書の記載通り1~2 cm前後の小型の孔が確認できる。

以上のような観察結果から、侯馬例の場合、複数のパーツ(炉壁)を組み合わせて、外面に粗土を付着させて固定させたものとみられる。このような可動式で、円形のパーツを積み重ねて構築する構造は、日本の伝統銅金で用いられる甑炉と共通する。ただし甑炉の炉壁の個々のパーツは円形だが、侯馬例は、一周を半分もしくは3分の1に分割したものであるという違いが存在する。

次に東アジア的な観点から侯馬銅遺跡における溶解施設の位置づけを検討する。本来はまずは同じ春秋戦国時代の黄河・長江流域の他の事例から比較すべきであるが、ここでは近年、溶銅技術に関する研究の進展が著しい日本の弥生時代の事例と対比を行う。弥生時代の場合、高杯状土製品を用いた土器炉による溶銅が行われたと考えられ、村上恭通氏は侯馬銅遺跡や湖北省武漢市盤龍城遺跡の溶解炉を弥生時代の土器炉の類例と位置付けている⁽¹⁴⁾。ただし、弥生時代の土器炉は内面に土を貼り付けることが知られているが、侯馬銅遺跡では逆に外面に粗土を貼り付け、内面は溶銅と直接接している点などが異なる。侯馬例の場合、複数のパーツ(炉壁)を組み合わせて構築することが前提のため、外面に粗土を付着

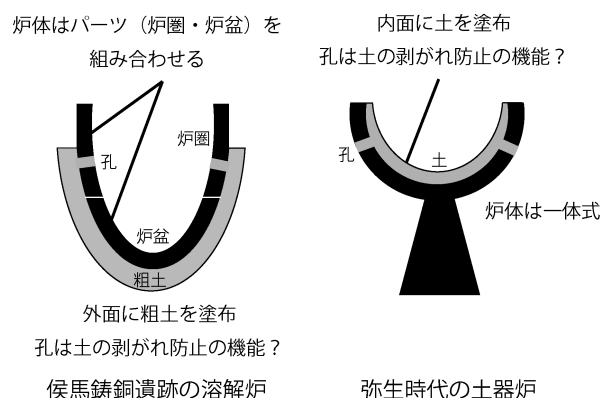


図5 侯馬銅遺跡の溶解炉と弥生時代の土器炉の構造対比模式図。(文献(17)丹羽2021aを改変)

させて固定させたものとみられる(図5)。このような方法は、同遺跡出土の銅型と共通したものである。すなわち、銅型も個々のパーツを組み合わせたのち、粗土を主体とした包み土で固定することから、溶解炉と共通した方法が用いられていると考えられる。

また、小型の孔が穿孔される点も侯馬例と弥生時代の高杯状土製品・銅型外枠の例で共通するが、後者の場合、「内面に貼った真土が剥がれ落ちないようにするための工夫」⁽¹⁵⁾と考えられている。侯馬銅遺跡の炉圈に設けられた孔も同様な意図があった可能性がある。

前述の村上氏の研究によりユーラシアレベルでの溶銅技術の共通性が指摘されてきた。しかしながら、炉の構造や構築方法に目を向けると、より各地の溶銅技術の多様性、さらには背後にある技術者集団どうしの交流の実態が明らかになるものとみられる。特に土の貼付方法、および一体型と組み合わせ型の炉体の構造の差異は、技術系統を理解するうえで重要な要素となることを指摘しておきたい。

5. おわりに

本稿では筆者と共同研究者が進めてきた調査・研究を中心に、冶金関連遺物に関する研究成果を紹介した。

2024年6月8日、こうした調査・研究成果を紹介するとともに、「冶金史学」研究の可能性・方向性を議論するため、国内外の研究者を招聘し、シンポジウム「東アジア冶金史学の開拓」を開催した。シンポジウムでは土製銅型など冶金関連遺物の研究課題、および「冶金史学」研究の新たな可能性について意見交換をおこない、会場・オンライン含め、約70名の方々に参加をいただいた⁽¹⁶⁾。「東アジア冶金史学」の構築のためには、冶金史学の専門家だけではなく、考古学・文化財科学・鑄造技術・科学史・地質学・工学・情報学・美術史など多様な分野の研究者と連携する必要がある。本解説が、材料科学と人文科学の融合とも言える多分野融合研究の参考になれば幸いである。

本研究はJSPS科研費JP16H05946, JP17H01646, JP20H01365の助成を受けたものである. 本稿第3・4節は拙稿⁽¹⁷⁾を骨子として再構成したものである.

文 献

- (1) 蘇 榮譽, 華 覺明, 李 克敏, 盧 本珊: 中国上古金属技術, 山東科技出版社, (1995).
- (2) 丹羽崇史:「産廃」の考古学—いにしへのものづくりを探索する—, コラム作寶樓(2021). <https://www.nabunken.go.jp/nabunkenblog/2021/04/20210415.html>
- (3) 譚 德睿: 中国青銅時代陶范鑄造技術研究, 考古學報1999-2(1999), 211-250. 岳 占偉, 荊 志淳, 劉 煜, 岳 洪彬, J. B. Stoltman, J. M. Kenoyer: 殷墟陶范, 陶模, 泥芯的材料来源与处理, 南方文物2015-4(2015), 152-159.
- (4) 森 貴教, 丹羽崇史: 古代都城における生産遺跡出土砥石の基礎的検討—平城京の銅鋳遺跡出土品を対象として—, 奈良文化財研究所紀要2021(2021), 16-17. 森 貴教, 丹羽崇史: 砥石からみた平城京における冶金生産体制, 奈文研論叢5(2025予定).
- (5) 久保智康: 中世・近世の鏡, 至文堂(1999).
- (6) 丹羽崇史: 二里頭時代から漢代における土製鋳型の基体構造の変遷, アジア鑄造技術史学会研究発表概要集15(2022), 24-26.
- (7) 春日市教育委員会: 須玖タカウタ遺跡3 5次調査(2017).
- (8) 市元 壘, 輪田 慧: X線CTスキャナによる川原寺裏山遺跡出土塑像の基礎調査, 飛鳥・川原寺裏山遺跡と東アジア資料集, 関西大学文学部考古学研究室国際シンポジウム実行委員会(2012), 139-152. 谷豊信, 市元壘, 宮田将寛, 佐々木由香: 高精細X線CTスキャナによる古代中国封泥の研究, MUSEUM707(2023), 7-41. 谷豊信編: 高精細X線CTスキャナ活用を中心とする古代中国の封泥の作成方法に関する総合的研究, 東京国立博物館(2024).
- (9) 村上英之助: ふいご羽口の系統序説, 日本製鉄史論, たたら研究会(1970), 9-45.
- (10) 丹羽崇史: 奈良時代における湾曲羽口の再検討, 文化財論叢Ⅳ 奈良文化財研究所創立60周年記念論文集, 奈良文化財研究所(2012), 503-521. 丹羽崇史, 山本晃平, 濱崎範子: 古墳時代中・後期近畿地方における冶金生産に関する基礎的研究

—冶金関連遺物・遺構の集成から—, 古代学研究208(2016), 30-35.

- (11) 村上恭通：日本・中国における青銅器生産技術の接点—送風管を中心に—，人文学論叢8(2006)，189–198．村上恭通：弥生時代の青銅溶解技術，村上恭通編，第9回愛媛大学考古学研究室公開シンポジウム 弥生・冶金・祭祀，愛媛大学法文学部考古学研究室(2008)，1–12．村上恭通：東アジアに向けた青銅器の生産技術・文化の伝播，한국 청동기 제작기술 진동의 새로운 이해，国立清州博物館・韓国鑄造技術史学会(2020)，133–151．清水邦彦：東アジアにおける曲状送風管の系譜—北方青銅器文化と獣首送風管—，古代学研究230(2021)，21–34．清水邦彦：ユーラシア大陸東西の鑄造用具，考古学と文化史 同志社大学考古学研究室開設70周年記念論叢(2023)，63–72．
- (12) 難波洋三：銅鐸の調査と工房復元，奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター埋蔵文化財発掘技術者特別研修 生産遺跡調査課程，奈良国立文化財研究所(1998)，42–65．
- (13) 山西省考古研究所：侯馬鑄銅遺跡，文物出版社(1993)．
- (14) 註11村上恭通(2008)．村上恭通(2020)．
- (15) 難波洋三：銅鐸の鑄造，北井利幸編，銅鐸—弥生時代の青銅器生産—，奈良県立橿原考古学研究所附属博物館(2009)，80–87．
- (16) 丹羽崇史：東アジア冶金史学の開拓—シンポジウム開催報告を兼ねて，コラム作寶樓(2024)．<https://www.nabunken.go.jp/nabunkenblog/2024/12/20241220.html>
- (17) 丹羽崇史：侯馬鑄銅遺跡における溶解炉の検討，アジア鑄造技術史学会研究発表概要集14(2021a)，48–50．丹羽崇史：東アジアにおける「北方系」湾曲羽口の展開，中国考古学21(2021b)，91–102．



丹羽崇史

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

2007年 3月 九州大学大学院人文科学府博士後期課程中途退学
2007年 4月 奈良文化財研究所 研究員
2016年 4月 奈良文化財研究所 主任研究員
2024年 4月- 現職
専門分野：考古学
◎研究テーマは東アジアにおける手工業生産の歴史的変遷、特に金属製品・窯業製品・生産関連資料を対象として研究を進めている。