

12:30 開場

13:00 開始

SESSION1 土製鑄型研究

蘇栄誉 (中国科学院自然科学史研究所)
「塊范法と商周青銅器生産の構成」

苟歡 (北京大学芸術学院)
「侯馬銅器の外范制作工藝研究」

三船温尚 (富山大学)
「3D計測データ解析による古代中国青銅器の原型と鑄型の製作技法検討」

長柄毅一 (富山大学)
「鑄型通気度と鑄造欠陥の関係について-鑄造シミュレーションによる欠陥予測」

村田泰輔・丹羽崇史 (奈良文化財研究所)
「日本所在中国青銅器・錢貨鑄型に関するX線CT調査」

SESSION2 冶金関連遺物研究

森貴教 (新潟大学)
「砥石組成からみた手工業生産—冶金・鍛冶関連遺跡出土砥石の検討—」

丹羽崇史 (奈良文化財研究所)
「冶金関連遺物からみた東アジア熔銅技術の変遷」

DISCUSSION

17:00 終了予定

通訳あり 対面・オンライン併用



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」がメジャーな研究分野として確立している中国では
とくに近年、土製鑄型に関する進展が著しい。
一方、日本においては砥石や羽口といった
冶金関連遺物の研究に蓄積があり、
土製鑄型についても新たな研究手法が試みられている。
本シンポジウムでは日中双方の研究蓄積を共有にもとづく
「東アジア冶金史学」の開拓を視野に入れ、
考古学・文化財科学・実験的手法による
研究成果を紹介する。

2024

土曜日

6.8

申込・問い合わせ先

6月5日締め切り

①氏名 ②所属 ③連絡先 ④会場参加またはオンライン参加
を記入の上、下記メールアドレスに申し込みください。

mail:niwa-t65☆nich.go.jp
(☆を@に変換して送ってください。)

平城宮跡資料館 講堂

近鉄大和西大寺駅 から徒歩10分

奈良文化財研究所 丹羽崇史

主催：科学研究費JP20H01365

課題名「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」

代表者：丹羽崇史 2020-2024年度 研究種目：基盤研究(B)

シンポジウム「東アジア冶金史学の開拓」

日程 2024年6月8日（土）13時から17時（12時半開場）

場所 奈良文化財研究所平城宮跡資料館講堂

対面・オンライン併用（ZOOM同時通訳機能を用いた通訳）

13:00 趣旨説明

第一部 土製鑄型研究

13:10 蘇栄誉（中国科学院自然科学史研究所）

「塊范法と商周青銅器生産の構成（塊范法与商周青銅器生産的格局）」

13:30 苟歆（北京大学芸術学院）

「侯馬銅器の外范制作工芸研究（侯馬銅器的外范制作工芸研究）」

13:50～14:00 休憩

14:00 三船温尚（富山大学）

「3D計測データ解析による古代中国青銅器の原型と鑄型の製作技法検討」

14:20 長柄毅一（富山大学）

「鑄型通気度と鑄造欠陥の関係について－鑄造シミュレーション－による欠陥予測」

14:40 村田泰輔（奈良文化財研究所）・丹羽崇史（奈良文化財研究所）

「日本所在中国青銅器・錢貨鑄型に関するX線CT調査」

15:00～15:10 休憩

第二部 冶金関連遺物研究

15:10 森貴教（新潟大学）

「砥石組成からみた手工業生産—冶金・鍛冶関連遺跡出土砥石の検討—」

15:30 丹羽崇史（奈良文化財研究所）

「冶金関連遺物からみた東アジア熔銅技術の変遷」

15:50～16:00 休憩

討論

16:00～16:55

16:55～17:00 閉会挨拶

商周泥范块范法与青铜器生产的格局

苏荣誉

中国青铜器生产的起源目前还不确知，但明确的考古事实是，不能确认中国存在铜石并用时代，其青铜器时代的到来，即二里头文化，比近东晚约一千五百年。二里头文化中不仅发现了相当数量的小件青铜工具、用具，而且还出土了若干造型奇特、不见于其他文化的青铜容器、兵器和装饰品。特别重要的是，不仅制作这些青铜器的材料是锡青铜和铅锡青铜，较为特殊，而且，这些器物全部铸造成形，并都是以泥范块范法铸造，甚至形状十分简单、尺寸仅数厘米的锥、刀均如此，没有其他文明习用的锻造工艺，也没有惯用的石范铸造。偃师二里头发现的青铜器和铸铜遗物，都确证青铜器以泥范块范法铸造。这些事实表明二里头文化肇建了独特的青铜器艺术风格和生产技术体系。

二里头铸铜遗址发现的泥范，数量不明，初步判断其质地都是淘洗黄土、以粉砂为基础的物质，粒度较为均匀，根据铸件形态，一副铸型由二至五块甚或更多的范和芯组成。从出土青铜器看，二里头铸工对泥范的使用已经得心应手，可以铸造所有的青铜器。

踵继二里头文化的商代，青铜工业得到长足发展，青铜器的种类、体量和装饰都经历了跃升，容器表现出非同凡响的地位。在早期的郑州商城、中期的洹北商城和晚期的都城殷墟，都发现了铸铜遗址，表现出王室对青铜器生产的强力控制。几乎所有的青铜器仍然以泥范块范法铸造，并在此体系内有若干重要的技术发明。早商的泥范继承了二里头的技术，同样的粉砂质地，粒度更加匀称，厚度同样较大。这些基本特质在中商和晚商依旧保留，但生产规模空前扩大，且范的厚度变薄，体现出一定的经济性。

西周青铜器生产延续了晚商的格局。目前尚未在镐京发现铸铜遗址，但在成周洛阳和岐周周原都发现了铸铜遗址，虽然规模较小。春秋早期的铸铜遗址未见线索，青铜器产地不明，但中、晚期的铸铜遗址在几个主要诸侯国的国都都有发现，尤以侯马晋国新田铸铜遗址内涵最为丰富，表现出超大规模铸造青铜货币、工具、兵器和带钩类物品的批量化生产水平，以及容器的流水线式生产的效力和经济性，既证明了侯马风格青铜器的产地，也说明侯马风格青铜器流通范围的广大。但就泥范而论，与商和西周青铜器一脉相承，都是粉砂质，但更细更匀，更具有经济性。魏、韩、赵分晋而战国，青铜器生产接受侯马铸铜作坊的技术遗产顺理成章，燕青铜容器很可能铸造于彼，齐都临淄的铸铜作坊也以泥范块范法铸铜，但具体内涵还很模糊；至于楚和秦的铸铜作坊，均有待发掘。

泥范块范法在商周青铜器生产中之所以具有独占性，可能与对铸铜的控制或垄断有关。或者正是如此，自二里头到战国，这一技术传统坚如磐石。其粉砂质地很可能来自黄土，业已发现的商周泥范都是如此，材料的特殊性与技术的独占性的关联值得深入发掘。本于此，可以重新思考商周青铜器的生产格局，特别是应对非都城铸铜遗址和遗物提出新的解释。

其他文明中，泥范铸铜虽非主流，但却不曾中断，与中原铸铜泥范相对照，差别明显。深入对比分析，可对中原青铜器的功能、生产极其格局产生新的认识。

塊范法と商周青銅器生産の構成

蘇荣誉

中国青銅器生産の起源は現状では確定していない。しかし明確な考古学的事実は、中国では銅石併用時代は確認できず、青銅器時代の到来はすなわち二里头文化であり、近東に比べおおよそ 1500 年遅い。二里头文化においては相当量の小型の青銅工具・用具の発見のみならず、造型が若干奇特性的でほかの文化では見られない青銅容器・兵器・装飾品が出土している。特に重要であるのは、これらの青銅器の材料は錫青銅・鉛青銅で製作されたのみならず、特殊であるのは、これらはすべて鑄造で成形され、かつすべて土製鑄型による塊范法（分割鑄造法）で鑄造されていることである。さらに形状はとても簡単で、寸法はわずか数ミリの錐・刀も鑄造であり、ほかの文明で常用される鍛造工芸がなく、石製鑄型がよく用いられることもない。偃師二里头で発見された青銅器と鑄銅遺物は、青銅器を土製鑄型の塊范法で鑄造したことの確証となるものである。これらの事実は、二里头文化が独特の青銅器芸術のスタイルと生産技術体系が出現したことを表す。

二里头鑄銅遺跡で発見された土製鑄型の数量は不明であるが、初歩的な判断でその材質は水簸した黄土であり、粉砂は基礎的な物質であり、粒度は均質的である。製品の形態から、一つの鑄型は 2～5 点、さらに多くの外范と中子（芯）から構成される。出土した青銅器から見て、二里頭の鑄造工人は土製鑄型の使い方を心得ており、青銅器を鑄造するこ

とができた。

二里頭文化を継承した商代では、青銅工業は大いに発展し、青銅器の種類、重さ、装飾はいずれも発展し、容器は群を抜いて優れている地位を示す。前期の鄭州商城、中期の洹北商城、後期の都城殷墟では、いずれも鑄銅遺跡が発見され、王室が青銅器生産を強くコントロールしたことを示す。ほとんどすべての青銅器は依然として土製鑄型で鑄造されており、このシステムにはいくつかの重要な技術的発明がある。商代前期の土製鑄型は二里頭の技術を継承しており、同じ粉砂質で、粒度がより均一で、同様に厚い。このような基本的な特質は中期と後期では依然として残っているが、生産規模が前例になく大きくなり、鑄型の厚みは薄くなり、一定の経済性が表出している。

西周青銅器の生産は商代後期の構成が延続する。鎬京ではまだ鑄銅遺跡が発見されていないが、成周洛陽と岐周周原都では規模は小さいが、鑄銅遺跡が発見されている。春秋前期の鑄銅遺跡は手がかかりがなく、青銅器の産地は不明であるが、中・後期の鑄銅遺跡はいくつかの主要な諸侯国の国都で発見されている。特に侯馬晋国新田鑄銅遺跡の内容が最も豊富で、非常に大規模である。青銅貨幣・工具・兵器・帯鉤類の物品の量産レベル、および容器の生産ライン式の生産効率と経済性は、侯馬スタイルの青銅器の産地であることを証明し、それらの流通範囲の広がりを示している。しかし、土製鑄型に関して言えば、商代と西周時代の青銅器と一脈相通じるのは、粉砂質であるとともに、より細く均一的で、経済性がある点である。晋が魏・韓・趙が分裂して戦国時代になり、青銅器の生産は侯馬鑄銅工房の技術遺産を受け入れ、自然、かつ順調に継承し、燕の青銅容器はこうした技術で鑄造した可能性が高い。齊都臨淄の鑄銅工房も土製鑄型による塊范法で鑄銅したが、具体的な内容はまだ不明である。楚と秦の鑄銅工房については、発掘を待つ必要がある。

土製鑄型の塊范法が商周青銅器生産において独占性を有するのは、鑄銅に対するコントロールあるいは独占と関係があるかもしれない。それとも、二里頭から戦国時代に至るまで、この技術の伝統は盤石のように揺るがない。その粉砂質は黄土由来である可能性が高く、すでに発見された商周時代の土製鑄型はすべてこのようであり、材料の特殊性と技術の独占性との関連は深く検討する価値がある。これによって商周青銅器の生産の構成をいま一度考えることができ、特に都城以外の鑄銅遺跡と遺物に対する新たな解釈を提示することができる。

他の文明において、土製鑄型の鑄銅は非主流であるが、中断されたことがなく、中原の鑄銅用の土製鑄型と対照して、明らかな違いがある。深く比較分析を進めることにより、中原青銅器の機能、生産の構成に対して新たな認識を持つことができる。

(丹羽崇史 訳)

侯馬銅器の外范制作工艺研究

苟欢

侯馬銅器即山西省侯馬鑄銅作坊鑄造的銅器，大約流行於春秋戰國之際（約 600BC-400BC），用泥范塊范法中的紋飾翻制法制作，以繁密交纏的紋飾為主要特點。關於侯馬銅器外范的制作工序，研究者已經提出四種外范制作的觀點：紋飾塊直接模印、拼貼、拼接、鑲嵌。雖然這四種觀點所述基本工序各異，但都認為外范直接由多枚紋飾塊組合而成，而組合外范的穩定性問題則缺乏討論。仔細觀察侯馬鑄銅遺址出土的紋飾范，發現它們應有四種類型，僅有一種可用於鑄型的組裝，說明外范的制作應有着更為複雜的工序，而非多枚范塊直接組合。

據觀察和分析數件侯馬銅器，發現侯馬銅器上紋飾段接縫處的接線等存在修改痕跡，且披縫處紋飾段基本連續現象，這說明披縫與紋飾段的拼接縫形成於不同的步驟：披縫形成於銅液的澆鑄，紋飾段的拼接縫則形成於翻制外范的過程。分塊的紋飾模與澆鑄使用的外范之間，還存在一個完整的器物模，既可以用於紋飾段之間接縫的修整，又可以翻制用於組裝的多扇外范。

侯馬銅器の外范制作工艺研究

苟歡

侯馬銅器すなわち山西省侯馬鑄銅工房で鑄造された銅器は、春秋戦国時代（約 600BC-400BC）に流行し、土製鑄型の塊范法による紋飾翻製法で製作され、密に絡み合った紋飾を主な特徴としている。侯馬銅器の外范の製作工程について、研究者は 4 種類の外范製作の観点を提出した。すなわち紋飾ブロックの直接施紋、貼り合せ、綴り合せ、象嵌である。これら 4 つの観点はそれぞれ基本工程が異なるが、外范は直接複数枚の紋飾ブロックを組み合わせたものであり、組み合

せた外范の安定性などについては議論の余地があると考えられる。侯馬銅器遺跡から出土した紋飾范を詳しく観察すると、それらは4つの類型があり、ただ1つの鋳型の組み立てに使用できることを明らかにした。外范の製作はもっと複雑な工程を持つべきで、多数の鋳型は直接に組み合わせるべきではないことを説明した。

いくつかの侯馬銅器を観察し、分析した結果、侯馬銅器上の紋飾の継ぎ目における范線などに修正の痕跡が存在し、しかも、范線の箇所における紋飾の連続現象は、范線と紋飾どうしの継ぎ目が異なる段階に形成されることを証明した。范線は銅液の鋳造時に形成され、紋飾の継ぎ目は外范を複製の過程で形成される。分割された紋飾原型と鋳造に使用される外范の間には、完全な器物の原型が存在し、紋飾間の継ぎ目の修正に使用することができ、また、組み立てに使用される複数の外范の複製に用いることができる。 (丹羽崇史 訳)

3D 計測データ解析による古代中国青銅器の原型と鋳型の製作技術の検討

三船温尚

古代中国青銅器の紋様は微細精緻で、形状は複雑である。古代中国青銅器の鋳造技法解明には、原型製作、施紋、鋳型分割の3点について、具体的な方法を明らかにする必要があるが、肉眼観察での調査から古代技法を確定することは難しい。有効な方法として、3D計測データを用いて検討する方法があり、現在は、短時間で高精度、高精細なポリゴンデータの入手が可能になった。このポリゴンデータを鋳造技術者である発表者が解析ソフトで検証図を作成し、古代中国青銅器技法について考察する。

通过三维测量数据探讨中国古代青铜器模范的制作技术

三船温尚

中国古代青铜器的纹样纤细精致且形状复杂。要了解中国古代青铜器的铸造技术，需要从制模、施纹以及分范这3个方面具体分析，但仅靠肉眼观察其难度很大。一种有效的方法是利用三维测量数据进行研究，我们现在可以在短时间内获得高精度和高清晰度的多边形数据（polygon data）。报告人作为一名铸造技术人员，通过利用分析软件把这些多边形数据绘图验证，从而探讨中国古代青铜器的制作技术。 (李暉 訳)

鋳型通気度と鋳造欠陥の関係について—鋳造シミュレーションによる欠陥予測—

長柄毅一

鋳物を製作する際、高温の熔湯を鋳型に注ぎ込む際に巻き込むガスや、鋳型から発生するガス等が原因となって※1、湯回り不良や引け巣などの鋳造欠陥になることがある。生型鋳造などでは、砂で形成された型を通して、そうしたガスは外部へ排出されるが、通気性が低い砂岩等を鋳型にした場合、十分なガスの排出ができずに背圧※2が発生し、湯回り不良に繋がることなども懸念される。すなわち、背圧を発生させないようにするためには、鋳型に一定の通気度をもたせることが重要であり、それが難しい場合はガス抜きなどの鋳造方案の工夫が必要となる。我々は、古代の鋳造方法を解明するために、鋳型の素材から方法まで、様々な可能性を探っている。そうしたなか、鋳型の通気度が鋳物にどのような影響を及ぼすのかを知るために鋳型通気度の評価と鋳造シミュレーションによる欠陥の予測を行ってきた。今回、鋳型通気度の測定方法とその問題点を紹介し、また、通気度が鋳物の形状にどのように影響するのかを文化財資料の鋳造シミュレーション結果をもとに紹介する。

※1 おもに、熔湯に溶け込んでいる水素や鋳型内部の空気、鋳型壁の結晶水による水蒸気などがある。

※2 背圧：鋳造時、熔湯が流れていく方（下流側）に発生する空気の圧力をいう。背圧が発生することで湯回り不良や凹みが発生する。

探讨铸范的透气性与铸造缺陷的关系—通过铸造模拟预测铸造缺陷—

长柄毅一

在铸件生产过程中，热熔金属注入范时夹带的气体或是范产生的气体会导致如流动性差或收缩气孔等铸造缺陷 *1。在砂范铸造中，这些气体通过砂范向外排出，但如果砂范是由透气性较低的砂岩或其他材料制成的话，则可能无法充分排出气体并产生背压 *2，导致范内金属流动不畅的情况。换句话说，为了防止产生背压，铸范必须具有一定的透气性，如果难以做到这一点，就有必要设计一种便于排出气体的铸造方法。我们正在从铸范的材料以及制范方法上探索各种可能性，从而解析古代的铸造方法。在这方面，我们一直以来通过评估铸范通气的情况以及铸造模拟预测缺陷，以了解铸范的通气状况对铸件的影响。本报告将介绍测量铸范通气性的方法及其问题，并通过文物资料的铸造模拟结果介绍透气性是如何影响铸件形状的。

※1 主要是溶解在熔融金属中的氢气、铸范里的空气和范壁上的结晶水产生的水蒸气等。

※2 背压：铸造过程中在熔融金属流动方向（下游）产生的气压。背压会导致热金属流动不畅和凹陷。 （李暉 訳）

日本所在中国青銅器・錢貨鑄型に関する X 線 CT 調査

村田泰輔・丹羽崇史

中国では多くの土製鑄型が出土しており、材質・技法・構造の面で、いくつかのバリエーションがあることが知られている。このうち鑄型の構造については、単層構造のものと同層構造のものがあることが認識されているが、構造を構成する要素としてはさらに詳細に検討すべき点が見えてきている。

このような鑄型の実態を明らかにするため、筆者らは泉屋博古館・和泉市久保惣記念美術館所蔵の中国青銅器・錢貨の土製鑄型を対象に、肉眼観察、実測、X線CT、三次元計測、蛍光X線分析、顕微鏡観察等の非破壊調査を進めている。本報告では、X線CT調査の成果をもとに、鑄型の内部構造の特徴について検討した成果を報告する。

对日本中国青铜器和钱币铸范的 X 射线 CT 调查

村田泰輔・丹羽崇史

中国出土了大量陶范，这些陶范在材料、技术和结构方面存在多种差异。陶范在构造上存在单层结构和多层结构的区别，这一点已经得到普遍认知，但有必要对构成结构的要素进行进一步详细的研究。

为了弄清这些铸范的实际情况，笔者对日本泉屋博古馆和泉市久保惣纪念馆收藏的中国青铜器和钱币的陶范进行了非破坏性调查，如肉眼观察、测绘、X射线CT检测、三维测量、X射线荧光分析和显微镜观察等等。本报告介绍了通过X射线CT检测对铸范内部结构特征的调查结果。 （李暉 訳）

砥石組成からみた手工業生産—冶金・鍛冶関連遺跡出土砥石の検討—

森 貴教

砥石は、利器の刃先の日常的なメンテナンスのほか、冶金・鍛冶といった金属器生産の研磨工程で不可欠であるため、手工業生産の内容など遺跡の性格を評価するうえで重要な考古資料といえる。先史時代から近世に至る各時代の遺跡の発掘調査で普遍的に出土する遺物であるが、形態的な特徴に乏しいからか、これまであまり注意が払われてこなかった。

本発表ではまず、砥石の研磨・研削機能に関わる属性である砥石目（砥粒の大きさ、砥石粒度）の同定方法の概要を解説する。次に、伝統的な鍛冶作業がおこなわれていた、長野県信濃町旧中村家の鍛冶道具（民具資料）にみられる砥石の組成をモデルとして参照したうえで、古代都城の生産遺跡出土の砥石組成を検討する。そして、手工業生産との関連性の観点から、生産遺跡における砥石組成のパターンについて考察する。

从磨石组合关系看手工业生产—对冶金和锻造遗址出土磨石的研究—

森 贵教

磨石是日常维护工具的刃部以及冶金和锻造等金属加工生产的磨削工序中必不可少的工具，因此是评估如手工业生产内容等遗址特征的重要考古资料。虽然从史前到近世的考古遗址发掘中普遍发现，但迄今很少有人关注它们，可能是因为它们缺乏明显的形态特征。

本报告首先概述了与磨石的研磨和抛光功能有关的磨石种类（磨粒大小、磨石粒度）的鉴定方法。接下来，以长野县信浓町旧中村家的锻造工具（民间工具）中发现的磨石组合关系为范本，考察了古代都城的生产遗址出土的磨石组合关系。由此，从磨石与手工业生产的相关关系的角度探讨生产遗址的磨石组合关系的分类。 (李暉 訳)

冶金関連遺物からみた東アジア熔銅技術の変遷

丹羽崇史

商周時代においては溶解施設として坩堝炉と豎炉が共存し、前者が弥生時代の熔銅に用いる高杯形土製品との類似性が指摘されている。また、熔銅に用いる羽口について、筆者は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」的な様相があることを指摘した。本報告では溶解炉、羽口などの冶金関連遺物の検討から、東アジアにおける熔銅技術の変遷を述べる。

从冶金遗物看东亚熔铜技术的变迁

丹羽崇史

在商周时期，坩堝炉和竖炉作为熔炼设施并存，前者被指出与日本弥生时代用于熔铜的高杯形陶器有相似之处。关于用于熔铜的鼓风管，笔者曾指出，以长城一带为起点，在从朝鲜半岛到日本列岛的传播过程中，与形式和生产技术相关的要素的传播存在“地理阶梯”式的变化特征。本报告根据对熔炉和鼓风管等冶金遗物的研究，讲述东亚熔铜技术的演变。

(李暉 訳)

シンポジウム「東アジア冶金史学の開拓」要旨集

発行日 2024年6月8日

編集 丹羽崇史（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）

中国語訳 李暉（奈良女子大学 大和・紀伊半島学研究所 古代学・聖地学研究センター 協力研究員）

日本語訳 丹羽崇史

発行 独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所

〒630-8577 奈良市二条町2-9-1

印刷 株式会社プリントバック

〒617-0003 京都府向日市森本町野田3-1

ISBN 978-4-911002-86-5