

3. 上海博物馆的陶范实验研究

上海博物館における陶范実験研究

廉海萍

陶范铸造是一种古老的铸造方法，历史悠久，中国考古工作者在河南偃师二里头村南发现了面积超过 1.5 万平方米的铸铜遗址，延续使用时间在 300 年左右（公元前 1800—前 1500），是中国目前所知年代最早的铸铜遗址，遗址出土有铸造青铜器的陶范、浇口杯、浇注金属液用的浇勺、炼炉炉壁残块、熔铜渣及铜工具等^{1) 2) 3)}，表明中国古代工匠在距今约 3800 年前已经采用陶范铸造青铜器，二里头出土的青铜爵壁厚仅约 1-1.5mm 左右（图 1），达到了很高的技术水平。

要成功的用陶范铸造金属器件，陶范必须具备以下的条件：

- (1) 可塑性、复印性、可雕性。以便于从模上准确地塑制出复杂形状的器形和复印或雕刻出精细的纹饰。
- (2) 足够高的干强度、湿强度和干硬度，保证在陶范制作和浇注金属液时不会变形或毁坏。
- (3) 足够高的耐火度和化学稳定性。能承受金属液的物理—化学作用，铸件不产生变形、表面质量不良等缺陷。
- (4) 收缩与膨胀率低。陶范制作完成后，需要经过阴干和焙烧，陶范的收缩—膨胀必须足够小才能避免所铸造的金属器物出现形状尺寸偏差、壁厚不均匀等缺陷。
- (5) 发气量足够低。气体会阻碍金属液的充型，易使铸件产生气孔、浇不足等缺陷。
- (6) 足够好的退让性。往陶范中浇注高温金属液后，金属由液态凝固为固态的过程中会产生体积收缩，若陶范退让性不好，铸件易产生热裂等缺陷。

(7) 足够好的充型性能。保证金属液能顺畅地充满铸型型腔的各处，避免产生浇不足、气孔、纹饰不清等缺陷。

为使制作的陶范满足上述条件，必须在造型材料的选取和配制比例、泥料的制备、陶范的制作过程上都合理准确。

上海博物馆文物保护与考古科学实验室在马承源馆长的倡导和支持下于 20 世纪 80 年代后期开展古代青铜器陶范铸造实验，相关的主要课题研究有《中国青铜时代陶范铸造技术研究》（课题负责人：谭德睿，成员：徐惠康、黄龙）和《两汉、南北朝时期钱范与相关铸钱工艺研究》（课题负责人：廉海萍，成员：丁忠明、周祥）。

谭德睿先生首先对郑州、安阳殷墟、新郑、洛阳、侯马等商周铸铜作坊遗址采集的古陶范、古陶瓷和古砖的残片、以及陶范出土地之下的原生土进行了化学成分、X 射线衍射、透气率、比热、发气量、耐火度、热膨胀曲线、焙烧温度等分析检测。在此基础上，《中国青铜时代陶范铸造技术研究》课题组开展了陶范铸造技术复原试验，耗时多年，历经反复多次的摸索，研制出复原试验用范料，确定“原生土+熟料+植物灰+水”的组合是综合性能最佳的组成，植物灰选用木炭灰，原生土选用上海原生土，熟料则为浇注过的残范破碎过筛而成，上海博物馆的陶范实验研究就以这个组成开展工作，以上海博物馆收藏的五件典型器为实例进行了陶范铸造技术复原试验⁴⁾：

1. 爵的铸造——刮模法制内范、活芯块、范纹和铭文的成形、浑铸等技术的应用。
2. 雷纹觶的铸造——贴泥片法制内范、模印连珠纹、浑铸等技术的应用。
3. 鬲的铸造——分模法制活块范、复合陶范法、铭文镶块、贴泥片法制内范、垫片以及浑铸等技术的应用。
4. 戈鸛卣的铸造——模纹的成形、分模法制活块范、复合陶范法、贴泥片法制内范、贴泥片法制阴铭、焚失法铸造及分铸法铸提梁等技术的应用。
5. 鼎耳的预铸——模印纹饰法、批量制作附件等技术的应用。

《两汉、南北朝时期钱范与相关铸钱工艺研究》课题组以上海博物馆收藏的一件五铢金属制范盒和一件大泉五十金属制范盒为基础，分别进行了平板范竖式浇铸工艺中陶范铸钱和叠铸法铸钱工艺的试验，通过实验，对平板范铸钱和叠铸铸钱、商周陶范铸造技术以及相关问题有了更深层次的认识⁵⁾。

以下对陶范铸造中的造型材料、基本工具和设备、陶范铸造工艺流程进行介绍。

1. 造型材料

(1) 泥

制作陶范的最主要材料是泥，也称粘土，是极分散的细微颗粒集合体，具有可塑性结构及胶体性质。多为就地取材。上海本地的泥土是黄泥，黄泥在中国分布范围很广，是以粉土为主，并含一定比例细沙的沉积物，具有吸附、膨胀、收缩等特性。好的黄泥具有好的可塑性和高的强度（图2）。

（2）熟料

熟料是粘土或其他原料经高温煅烧后粉碎成一定颗粒组成的粉料，掺入陶范中可减少陶范在干燥和烧成时的收缩，改善陶范耐急热急冷性能，从而减小陶范产生龟裂、翘曲、变形的现象。可以将铸造金属后废弃的陶范经破碎过筛后作为熟料。

（3）植物灰

将烘干的植物焚烧，植物中的碳、氢、氧、氮等元素以二氧化碳、水、氮和氮的氧化物形式散失到空气中，余下一些不能挥发的残烬为植物灰，化学组成是以氧化物、硫酸盐、磷酸盐、硅酸盐等各种矿质形式存在，在陶范中加入植物灰的作用是降低陶范的蓄热系数，改善陶范的透气性和铸造性能，使陶范能够铸出轮廓清晰的铸件。

在对侯马东周铸铜遗址出土的陶范中植物硅酸体的检测分析表明陶范中加入了大量的木炭屑，而该遗址出土的大批陶范制作精良、纹饰精细，是得益于所加入的大量木炭屑⁶⁾。

2. 基本工具和设备

制作陶范所需的工具简单，主要有容器、筛子、刮刀、毛笔、条状木锤、刻刀等（图3）。容器是将造型材料混合均匀的器具，筛子用于将造型材料中的粗颗粒去除，刮刀是造型时刮平或切割泥料，毛笔用于在模表面或泥范分型面上涂刷分型剂，条状木锤是在陶范阴干的过程中敲击陶范外表面以减少陶范的收缩和开裂。刻刀是用于在陶范上刻制纹饰。

造型用的泥和熟料需要经过破碎，可以使用粉碎机或混砂机。

3. 陶范铸造工艺流程

以陶范铸造青铜爵为例，介绍陶范制作的工艺流程。

第一步，陶范混合料的制备。

将泥、熟料、木炭分别在混砂机里经过粉碎后过筛，背层料可粗些，泥芯的材料可以更粗些。使用过的陶范经破碎过筛后作为熟料。植物灰采用木炭灰。制作陶范的泥料质量配比选用：（泥：熟料：木炭灰）=（50：30：20），将泥、熟料、木炭灰称重后倒入盆里，混合均匀后加适量水混合，制成湿度合适的泥团。

第二步，练泥和陈腐工序。

练泥是将泥团反复摔打的过程。练泥的作用是使泥料的组成、结构更趋均匀，可塑性和密度得以提高，使泥料在不同方向上的物理—机械性能尽量一致，不易分层或开裂。

陈腐是将经过练制的泥团在一定的温度和潮湿环境中放置一段时间的过程。泥团经陈腐后，可提高各向均匀性，减少变形和提高强度。

练泥和陈腐工序在陶范的制作过程中非常重要。

第三步，制作爵模（图4）。

用可塑性好的泥料塑造出待铸造爵的形状，在爵口沿处做出泥芯头，便于制作外范与泥芯。制作好的泥模阴干后入炉焙烧，使泥模具有一定的强度和硬度。

第四步，制作陶范铸型（图5、6）。

陶范的制作分为外范（外型）和泥芯制作两个步骤。

1、制外范

依据爵的形状需要分块制作三块外范。先制作一块外范，在爵模上涂刷滑石粉作为分型剂，以面层料顺序在爵模表面按压，使泥料充满爵模表面，再刮毛背面，往其上顺序加背层料，完成一块外范的制作。制作好的外范需要经过缓慢的阴干，阴干速度过快外范会产生开裂。在阴干过程中间断地用条状木锤敲击外范外表面，减少外范的变形、收缩和开裂。阴干后修整分型面，制作定位榫卯。然后在爵模和第一块外范的分型面上涂刷滑石粉作为分型剂，依次制作第二块、第三块外范。完成阴干过程后将三块外范逐个从爵模上取下来。

2、制泥芯

有两种方法：刮模制泥芯与在外范型腔面上贴泥片制泥芯。

刮模制泥芯是先除去爵模上的鏊和三个足，在模的爵腹部均匀刮去一定厚度的泥层后作为泥芯。

贴泥片制泥芯是在三块外范腹部的型腔面上贴一层泥片，泥片的厚度与待铸造爵的壁厚一致，重新组合外范后往里加泥，成型后打开外范，剥除泥片，这样外范与泥芯之间就产生了爵腹部的壁厚空腔。

制鏊芯。在二块外范鏊部位的空腔内填泥，阴干后刮去一层厚度的泥形成鏊的空腔，完成鏊泥芯的制作。

将外范与泥芯依次组合捆扎后继续阴干至不变形为止。

制作浇口和冒口，对于铜爵，浇口设在鏊外立面，冒口设在三个锥足的足端。

第五步，刻纹饰和铭文。

经预焙烧的陶范有一定的强度和不易变形，利于雕刻，因而在外范上刻纹饰之前需要对外范进行低温焙烧，使其具有一定的强度，然后用金属或竹木刻刀在外范型腔面上雕刻出花纹，在鏊泥芯上刻出铭文。

第六步，陶范焙烧。

将外范与泥芯依次组合捆扎后，外面糊上草拌泥固定。阴干。草拌泥的基本组成是：粘土、熟料、已沤烂变软的草纤维。

陶范需要焙烧后才能使用。将组合好的陶范放入焙烧窑内缓慢升温，升温速度要慢以避免陶范在受热过程中产生变形、开裂。升温至 $\sim 850^{\circ}\text{C}$ 保温数小时至十多小时。焙烧时间依陶范的大小、厚薄具体确定。

第七步，浇注。

按需要配制合金成分，放入熔炼炉升温熔合金，熔炼温度设置在比合金熔点高 100°C 的过热度较合适，这可以保证金属液具有好的流动性，又不至于过高温度后金属液氧化严重产生较多熔炼渣。

陶范随炉冷至浇注温度后从焙烧炉中取出，将金属液从浇口注入陶范。浇注时陶范的温度视器物情况而定，也可以是冷型浇注，但陶范不能受潮，否则会产生气孔等铸造缺陷（图7）。

第八步，铸后清理。

浇注后待金属液凝固冷却后用木榔头脱除外范，用凿子脱除泥芯，割除浇口与冒口，清理铸造披缝，精整并抛光，获得铜爵成品（图8）。

以上为铜爵的整个陶范铸造过程。

陶范是以泥为主要造型材料，加入适量的熟料和植物灰等，混合均匀后加水制成型用材料，经过练泥与陈腐后制作出陶范或泥芯，经阴干、焙烧后，获得能够用于铸造金属的铸型，其主要特点是原材料丰富、价廉、易得，所需造型工具简单，制作的陶范表面粒度细，强度高。但是，由于陶范阴干过程长，在阴干过程中陶范的收缩、变形、开裂都需要通过泥料配比、掌握阴干速度等进行控制，对工匠们的技术要求很高。闻名世界的中国青铜时代所铸造的青铜礼器皆得益于中国古代工匠对陶范铸造方法的熟练掌握与运用。

注

- 1) 陈国梁．《二里头文化铜器制作技术概述》，《三代考古》（二），北京：科学出版社，2004年：183-220页．
- 2) 廉海萍，谭德睿，郑光．《二里头遗址铸铜技术研究》，《考古学报》，2011年第4期：561-575页．
- 3) 中国社会科学院考古研究所编著．《二里头（1999-2006）》，北京：文物出版社，2014年：1500-1503页．
- 4) 谭德睿．《中国青铜时代陶范铸造技术研究》，《考古学报》，1999年第2期：211-250页．
- 5) 廉海萍，丁忠明，周祥，徐惠康．《汉代叠铸法铸钱工艺研究》，《文物保护与考古科学》，Vol. 20（2008）增刊：53-61页．
- 6) 注4）谭德睿论文．

陶範を用いた鑄造は古来の鑄造方法のひとつであり、悠久の歴史をもつ。中国では考古学者によって、河南偃師二里头村南で面積1.5万㎡を超える鑄造遺跡が発見された。この遺跡はおよそ300年（紀元前1800～前1500年）にわたり操業されており、現在中国で最も古い年代の鑄銅遺跡として知られる。遺跡からは青銅器を鑄造するための陶範、湯口受口、溶解した金属を流し込むための坩堝、鍊炉炉壁片、溶銅片、銅製工具などが出土し^{1) 2) 3)}、中国古代の工人が今からおよそ3800年前にすでに陶範を用いて青銅器の鑄造を行っていたことを知らしめた。二里头遺跡から出土した青銅爵は厚みがわずか1～1.5mmほどであり（図1）、非常に高い技術レベルに到達していたことがわかる。

陶範を用いて金属器鑄造を成功させるためには、陶範が以下の条件を満たさなければならない。

- （1）可塑性があり、転写ができ、彫刻が容易であること。原型（模）に複雑な形状の器形をつくり出し、細精な紋飾を転写あるいは彫り出しができること。
- （2）乾燥や高温状態に強く、乾燥時の硬度があること。陶範自体の製作時や湯（溶解した金属）を流す際に変形もしくは破損しないという保証があること。
- （3）十分な耐火度と化学的な安定性があり、溶解した湯を受ける際の物理的・化学的作用として、鑄造した製品が変形せず、表面に鑄造欠陥が生じないこと。
- （4）収縮率と膨張率が低いこと。陶範は成形したのち、陰干しと焼成を経なければならない。陶範の収縮・膨張が少なければ、鑄造した金属製品の形状・サイズに偏りや厚みの不均一などの欠陥を避けることができる。
- （5）ガスの発生量が十分に低いこと。気体は湯が鑄型に充填する際の障害となり、製品に巣（ガス欠陥）や湯まわり不良などの欠陥が生じ易くなる。
- （6）十分な退讓性があること。陶範の中に高温の湯を流し込んだのち、金属が液体から固体へ凝固する過程で体積が収縮する。もし陶範にほどよい退讓性がなければ、製品は熱による破裂などの欠陥を生じやすくなる。
- （7）充填性能が良好なこと。湯がスムーズに鑄型に充填する保証があれば、湯まわり不良や巣、紋様が不鮮明になるなどの欠陥を避けることができる。

以上のような条件を満たすには、陶範の製作工程のなかで、材料の選択や配合比率、泥土の調整など、全てを合理的かつ正確に行わなければならない。

上海博物館文物保護・考古科学実験室は、馬承源館長の提唱と支援のもと、20世紀80年代後半から古代青銅器陶範鑄造実験を開始した。関連する主な研究課題には「中国青銅時代陶範鑄造技術研究」（課題責任者：譚德叡、メンバー：徐惠康・黄龍）と「兩漢・南北朝時期錢範と関連する鑄錢技術研究」（課題責任者：廉海萍、メンバー：丁忠明・周祥）がある。

譚德叡氏はまず鄭州・安陽殷墟・新鄭・洛陽・侯馬などの商周鑄銅工房遺跡で採集した古陶範・古陶瓷・古磚の破片および陶範が出土した土中の原生土に対し、化学的成分・X線回折・通気度・比熱・気発量・耐火度・熱膨張曲線・焼成温度などの測定と分析を行った。そのうえで「中国青銅時代陶範鑄造技術研究」課題グループは、陶範鑄造技術の復元実験

を開始した。長い年月を費やして何度も反復して模索し、復元実験に用いる範の材料を絞り込み、「原生土+シャモット+植物灰+水」が総合的に性能の最も良い組み合わせであると確定した。植物灰は木炭灰を、原生土は上海の原生土を、シャモットは湯を流し込む過程で破損した範の破片を篩がけして使用した。上海博物館の陶範実験研究はこの組み合わせで作業を開始し、同館の所蔵する典型的な5点の青銅器を例に陶範鑄造技術の復元実験を行った⁴⁾。

1. 爵の鑄造 削り中子法（刮模法）によって中子（内範）を成形。「活芯塊」^{訳註1)}を用い、範に紋様と銘文を成形し、一体鑄造^{訳註2)}などの技術に応用した。
2. 雷紋觶の鑄造 泥土貼付法（貼泥片法）^{訳註3)}によって中子を成形。連珠紋の押印、一体鑄造などの技術に応用した。
3. 斝の鑄造 分割原型から複数の分割範を成形。銘文は埋め込み式であり、泥土貼付法で中子を成形。スパーサーや一体鑄造などの技術に応用した。
4. 戈鴞卣の鑄造 紋飾は原型に彫刻。分割原型から複数の分割範を成形し、泥土貼付法で中子・陰刻銘を製作した。焼失法（焚失法）^{訳註4)}による鑄造および分鑄法^{訳註5)}で持ち手を鑄造する技術などに応用した。
5. 鼎耳の部分鑄造 押印により紋飾を施し、量産で部品を鑄造する技術などに応用した。

「両漢・南北朝時期錢範と関連する鑄錢技術研究」課題グループは、上海博物館が所蔵する五銖錢の金属製母範^{訳註6)} 1点と大泉五十の金属製母範1点を基礎とし、それぞれ平板範鑄式鑄造技術による陶範鑄錢と疊鑄法による鑄錢技術の実験を進めた。実験を通して、平板範鑄錢と疊鑄鑄錢の技術、および商周代の陶範技術や関連する問題に対し、更なる深い知見を得た⁵⁾。

以下では陶範鑄造における陶範製作材料、および基本的な工具と設備・陶範鑄造の工程を紹介していく。

1. 陶範製作材料

(1) 泥土^{訳註7)}

陶範を製作するうえで最も重要な材料は泥土である。粘土とも称し、極めて細微な顆粒の集合体であり、可塑性のある構造と膠質を有するものである。多くの場合、現地で採取する。上海の現地の土質は黄泥土である。これは中国での分布範囲はかなり広く、粉状の土を主とし、一定の比率で細砂状の沈殿物を含み、吸着・膨張・収縮などに特性を持つ。質の良い黄泥土は優れた可塑性と強度を有する（図2）。

(2) シャモット

シャモットは、粘土あるいはその他の原料を高温焼成したのちに破砕すると、一定の顆粒組成を持った粉状の材料となる。これを陶範に混入することで、乾燥と焼成の際の収縮を減少させ、急熱・急冷に対する耐性を向上させる。これにより陶範に生じる亀裂・歪み・変形といった現象を抑える。金属を鑄造した後に廃棄した陶範の破砕し、篩にかけることでシャモットとなる。

(3) 植物灰

乾燥した植物を燃焼させると、植物中の炭素・水素・酸素・窒素などの元素が二酸化炭素・水・窒素と窒素の酸化物質の形となって空气中に発散する。そしてそれ以外の揮発不能の燃え残りが植物灰となる。化学組成は酸化物・硫酸塩・リン酸塩・珪酸塩などからなり、各種の無機質として存在する。陶範に混入された植物灰によって、陶範の蓄熱係数を低下させ、通気性と鑄造性能を改善し、輪郭のはっきりした製品を鑄造成形することができる。

侯馬の東周銅遺跡から出土した陶範に含まれる植物珪酸体（プラントオパール）の測定・分析結果からは、陶範の中に多量の木炭片を加えていたことがわかっている。同遺跡出土の多量の陶範は造りが精良で、紋飾は細緻であるが、これは混入された多量の木炭片の作用である⁶⁾。

2. 基本的な道具と設備

陶範製作に必要な道具はシンプルであり、主に容器・篩・へら（刮刀）・毛筆・叩き板（带状木錘）・刻刀などがある（図3）。

容器は陶範の材料を混合し均質にするためのものであり、篩は材料の中の粗い顆粒を除くためのものである。へらは整形時に泥土を平らに削り、切り分ける際に使用し、毛筆は原型の表面あるいは範の分割面に離型剤を塗布する際に用いる。叩き板は陶範を陰干しする工程で外表面を叩き、収縮と亀裂の発生を抑える。刻刀は陶範に紋飾を彫刻する際に用いる。造型用の泥土とシャモットは予め破碎しなければならないが、粉碎機や混砂機を用いることができる。

3. 陶範鑄造技術の工程

陶範で鑄造する青銅爵を例にとり、陶範製作の工程を紹介する。

(1) 陶範に混合する原料の準備

泥土・シャモット・木炭をそれぞれ混砂機内で粉碎したのち篩にかける。外側の層は少々粗くとも構わず、中子（泥芯^{訳注8)}）の材料はさらに粗くてよい。使用済みの陶範を破碎して篩い、シャモットとする。植物灰には木炭灰を用いる。陶範製作の泥土の配合は（泥土：シャモット：木炭灰）＝（50：30：20）とする。泥土・シャモット・木炭灰は計量して容器の中へ入れ、均一に混ぜ合わせたのち適量の水を加え、水分量の適切な泥土塊をつくる。

(2) 泥土を練り、寝かせる工程

泥土を練るとは、すなわち泥土塊を反復して叩き鍛える工程である。これは泥土の組成や構造をより均質にする効果があり、可塑性と密度を高めることができる。泥土のなかの物理的・機械的性能を極力一致させ、分層や亀裂を生じにくくする。

寝かせるとは、練り上げた土を一定の温度と湿度のなかに一定時間放置する工程である。泥土塊は寝かせると、均質性が高まり、変形を抑え、強度を高めることができる。

泥土を練り、寝かせる工程は、陶範の製作において非常に重要である。

(3) 爵の原型の製作（図4）

可塑性の高い泥土を用いて鑄造する爵の形状を成形する。外範と中子の製作のために、爵の口縁端部に原型と一体化した上部の範を成形する。出来上がった土製原型を陰干しした後、炉に入れて焼成し、一定の強度と硬度を持たせる。

(4) 陶範鑄型の製作（図5・6）

陶範の製作は外範製作と中子製作の2段階に分かれる。

1. 外範の製作

爵の形状により、外範を3つのパーツに分けて製作する必要がある。まず第1外範を製作する。原型に離型剤として滑石粉を塗布する。肌土（面層料）を順番に爵模の表面に加え、原型の表面に泥土を隙間なく充填させる。わずかに削って、その上に外土（背層料）を順番に加え、外範の1パーツの製作が完了する。出来上がった外範は緩やかな陰干しを経る必要があり、乾燥の速度が速すぎれば外範は亀裂を生じ得る。陰干しの工程中に断続的に叩き板を用いて範の外表面を叩くことで、外範の変形・収縮・亀裂の発生を抑えることができる。陰干しののち分割面を調整し、定位置にほぞ（榫卯）を設ける。それから原型と第1外範の分割面に離型剤として滑石粉を塗布する。このように、順に従って第2・第3外範を製作する。陰干しが完了したのち、3パーツの外範を順に原型から外す。

2. 中子の製作

2通りの方法がある：削り中子と、外範のすきまに面的に泥土を貼付け製作する中子である。

削り中子はまず、原型の持ち手と3つの脚を取り除き、原型の腹部を均一に一定の厚みを削り取り、中子とする。

泥土貼付け法による中子製作では、3つのパーツの外範の腹部のすきまに泥土を1層貼り付ける。この厚みは鑄造しようとしている爵と同じ厚みとし、内側に土を貼り付けた状態で再度外範を組み合わせ、成形したのち外範を開き、土を剥がす。こうすることで外範と中子の間に爵の腹部の厚みの間隙が生まれる。

持ち手の中子（釜芯）の製作は、第2外範の持ち手の部分に泥土を詰め、陰干しした後、1層の厚みを削り取り、持ち手の間隙をつくる。これで持ち手の中子の製作が完了する。

外範と中子を順に組合せ、固定したのち、変形がおさまるまで陰干しを継続する。

湯口とガス抜口の製作は、銅爵の場合、湯口は持ち手の外側に、ガス抜口は3つの脚の端部に設ける。

（５）紋飾と銘文の製作

予備焼成を経た陶範は一定の強度をもち、変形しにくいいため、彫刻に有利である。紋飾を彫る前に外範を低温焼成をして一定の強度を持たせ、金属あるいは竹木の刻刀で外範のすきまに紋飾を彫る。持ち手の中子には銘文を彫る。

（６）陶範の焼成

外範と中子を順に組み合わせて固定したのち、外面に草を混ぜた泥土（草拌泥）を塗って固定する。そして陰干しをする。この土の基本的な組成は、粘土、シャモット、および水に浸けて腐らせ、柔らかくした草の繊維である。

陶範は焼成して使用可能となる。組み合わせた陶範を窯に入れ、緩やかに温度を上昇させて焼成する。陶範が熱を受ける過程で変形と亀裂の発生を避けるために、昇温速度は緩慢でなければならない。温度は850℃まで上げて、数時間から十数時間保持する。焼成時間は陶範の大きさや厚みによって決まる。

（７）鑄込み

合金の材料を準備して溶解炉に入れ、温度を上昇させ、合金を融解する。溶解温度は合金の融点より100℃高く設定するのがより適当である。これにより湯の流動性が良くなり、温度超過による合金の酸化によるスラグの発生には至らない。

陶範を鑄込みの温度まで下げたのち、炉から取り出し、湯（金属液）を湯口から陶範に流し込む。鑄込み時の陶範の温度は器物の状況により決める。冷ました状態で鑄造することも可能であるが、その場合陶範が湿り、巣などの鑄造欠陥が生じてしまう（図7）。

（８）鑄造後の調整

鑄込みののち、湯が凝固・冷却するのを待って、木製ハンマーを用いて外範を外す。のみを用いて中子を除去し、湯口とガス抜口を切り取る。鑄造時の範線を除去し、研磨により光沢を出し、銅爵が製品として完成する（図8）。

以上が銅爵の陶範鑄造の全工程である。

陶範は泥土を主な材料とし、適量のシャモットと植物灰などを加え、均一に混ぜ合わせたのち、水を加えて陶範の材料をつくる。泥土を練り、寝かせたあと、陶範や中子を成形し、陰干しを経て、焼成し、金属の鑄造に事足りる鑄型が出来上がる。その主な特徴は、原料が豊富で、廉価で、得やすいことである。製作に必要な工具はシンプルで、製作した陶範の表面はきめ細かく、強度がある。ただし、陰干しの時間が長くなると、その過程で陶範が収縮・変形・亀裂を生じるので、泥土の配合比率や陰干しの速度等の製作工程をコントロールするなど、工人にはとても高い技術が求められる。世界で名高い中国青銅時代に鑄造された青銅礼器は、中国古代における工人の熟練した陶範鑄造法とその運用の賜物なのである。

註

- 1) 陳国梁「二里头文化銅器制作技術概述」、《三代考古》(二)、北京、科学出版社、2004年、183-220頁。
- 2) 廉海萍・譚德叡・鄭光「二里头遺跡鑄銅技術研究」、《考古學報》2011年第4期、561-575頁。
- 3) 中国社会科学院考古研究所（編著）《二里头（1999-2006）》、北京、文物出版社、2014年、1500-1503頁。
- 4) 譚德叡「中国青銅時代陶範鑄造技術研究」、《考古學報》1999年第2期、211-250頁。
- 5) 廉海萍・丁忠明・周祥・徐惠康「漢代叠鑄法鑄錢工藝研究」《文物保護与考古科学》、vol.20(2008)増刊、53-61頁。
- 6) 註4：譚德叡論文。

訳注

- 1) 後述の「3. 陶範鑄造技術の工程（2）中子の製作」を参照。譚德叡氏は「爵の持ち手の中子を取り出し、外縁側を1層分削り、持ち手の厚みとする。これがすなわち「活芯塊」である」と述べる（註4：譚德叡1999）。
- 2) 原文は「渾鑄」。器身部と附属部分を1回で鑄造する方法。
- 3) 後述の「3. 陶範鑄造技術の工程（2）中子の製作」を参照。外範に器身の厚みとなる1層分の土を貼り、中子を

起こす方法を指す。

4) 縄などの可燃性素材を原型とし、土で包んだのち燃焼して原型を燃やして范を制作したのち、鑄造する方法（註4：譚德叡論文、譚德叡「中国古代失蠟法鑄造起源問題的思考」『文物保護与考古科学』1994年第2期）。

5) 持ち手などの附属部分と器身部を別々に鑄造する方法（蘇榮譽・華覺明・李克敏・盧本珊1995『中国上古金属技術』山東科技出版社、張昌平2009『曾國青銅器研究』文物出版社）。

6) 原文は「范盒」。范を転写成形するための母范・原型范を指す。

7) 原文の「泥」、「泥料」、「泥片」、「泥土」はいずれも「泥土」と訳した。本文中で筆者が述べるように、「泥」は「(水分の有無に関わらず)極めて細微な顆粒の集合体」を指す。

8) 原文の「内范」・「泥芯」はいずれも「中子」と訳す。

(大平理紗・丹羽崇史 訳)



图1 乳釘紋爵，夏代，高22.5厘米，流至尾长31.5厘米，河南偃师二里头出土
(中国青铜器全集編輯委员会(編)《中国青铜器全集1 夏・商1》文物出版社、1996年)

図1 乳釘紋爵，夏代、高さ22.5cm、両端の長さ31.5cm、河南偃師二里头遺跡出土
(中国青铜器全集編輯委员会(編)1996『中国青铜器全集1 夏・商1』文物出版社)

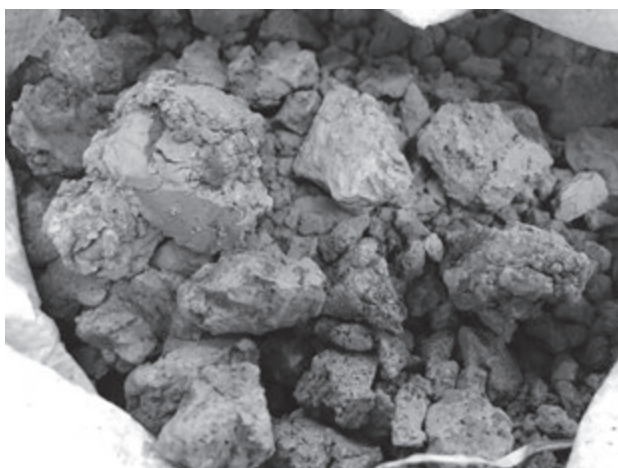


图2 陶范铸造的主要造型材料之一：黄泥（筆者提供）

図2 陶范鑄造の主要な材料の一つ：黄泥土（筆者提供）



图3 陶范制备时的工具：刮刀、毛笔、条状木锤（筆者提供）

図3 陶范製作の道具：へら・毛筆・たたき板（筆者提供）



图4 爵模（笔者提供）

图4 爵の原型（笔者提供）

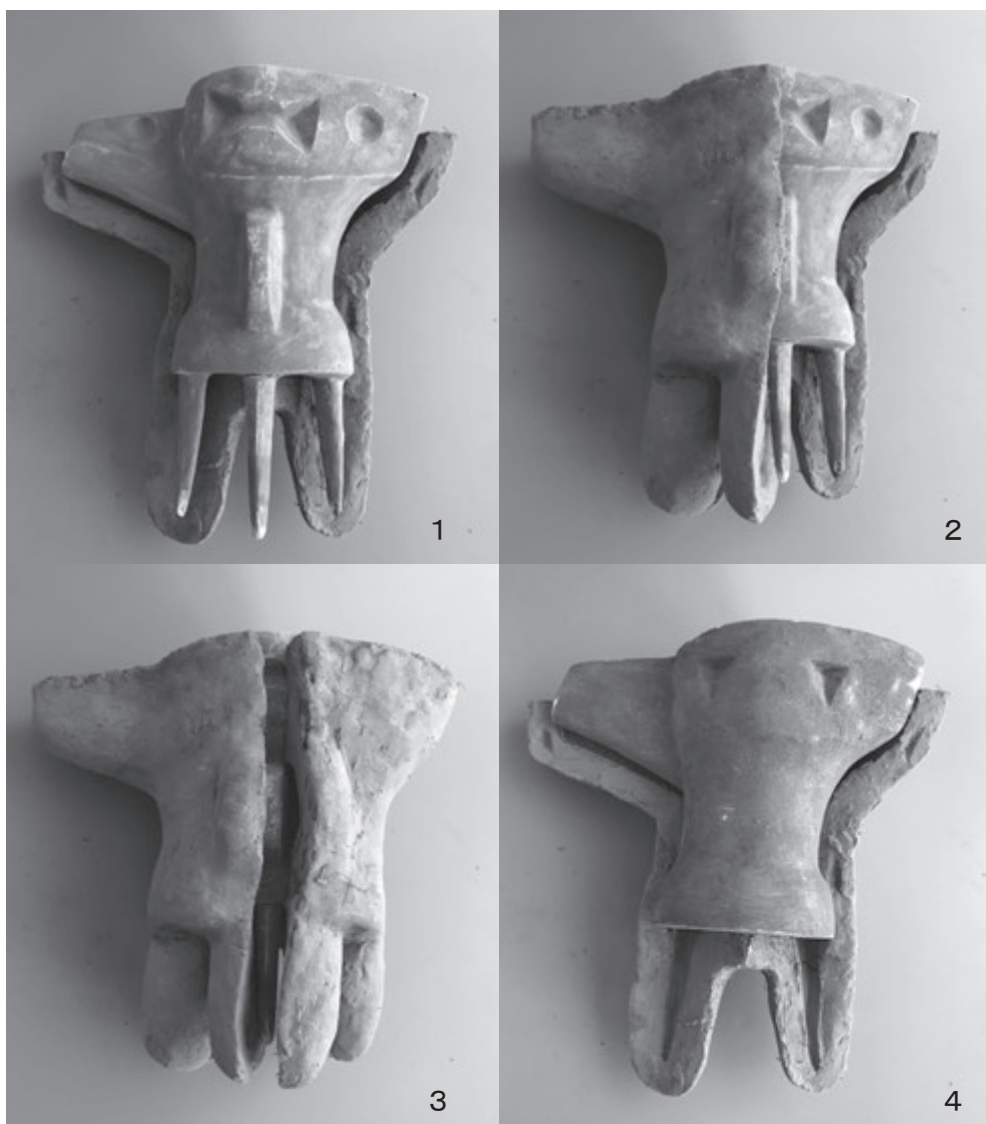


图5 爵的陶范制作过程（笔者提供）

1. 制作第一块外范；2. 制作第二块外范；3. 制作第三块外范；4. 制作泥芯

图5 爵の陶范の製作過程（筆者提供）

1. 第1外范の製作 2. 第2外范の製作 3. 第3外范の製作 4. 中子の製作



图 6 外范与泥芯组合（笔者提供）

図 6 外範と中子を組み合わせさせた状況（筆者提供）



图 7 带有气孔等铸造缺陷的铜爵（笔者提供）

図 7 巣などの鑄造欠陥が生じた銅爵（筆者提供）



图 8 铜爵（笔者提供）

図 8 銅爵（筆者提供）