

5. 土製鑄型の機能解明を目的とした実験考古学的研究序説 以解明泥范功能为目的的实验考古学研究序论

丹羽崇史・樋口陽介・新郷英弘

1. 問題の所在

筆者らは、2012年度より異なった条件で実験鑄造した試料どうしを比較検討する「対照鑄造実験」を実施している（丹羽ほか2013, 2014）。2014年度の実験では、鑄型に人工的な線状刻み目を設けることにより、鑄造効率を高める可能性がありうると想定した（丹羽ほか2015）。しかしながら、これまでの実験では芦屋釜の里で用いられてきた真土型を使用しており、中国の殷周時代の鑄型とは異なったものであった。

2012年4月、丹羽、新郷は殷周青銅器の復元製作を行っている湖北省の鄂州博物館の董亜魏氏の工房を訪問し、鑄型剤や離型材を用いず、内・外面で土の使い分けをしない単層式鑄型でも製品が鑄造可能であることを確認した。このようなあり方は、粒度の異なる真土を使い分けて鑄型を製作する日本の伝統鑄金の方法とは異なり、鑄型材質面での明確な「差異」が存在しているものと考えられる。しかしながら、殷周時代の古陶范、現代の中国の鑄型を含め、日本の鑄型との材質・技法面での「差異」の実態については解明されていない。

そのため、筆者らは土製鑄型の機能解明を目的として殷周時代の古陶范の性能に近い鑄型の製作を試み、それを用いた対照鑄造実験を実施した。

2. 実験の概要

譚徳猷氏は中国の古陶范の特徴として以下のような項目を挙げている（譚1999）。

- ①可塑性・転写性・可彫性・脱模性が良好であること。 ②乾燥・湿気に強度があり、乾燥すると固くなること。
- ③耐火度があり、化学的に安定していること。 ④収縮・膨張率が低いこと。
- ⑤鑄造等によるガスの発生量が低いこと。
- ⑥鑄造後の冷却時の収縮に適応できるものであること（退讓性があること）。
- ⑦湯回りが良いこと（充型性能があること）。

今回の実験では日本の素材を用いて上記のような特徴を有する鑄型の製作を目的とした。鑄型材や離型剤を用いず、同一の土素材で製作した単層式鑄型を高温焼成し、実際に鑄造が可能かを検証した。

実験は2017年1・2月、2018年2・3月に芦屋釜の里にて行った。

○第1回実験（2017年1月・2月）

（1）板状試料製作実験

粘土と珪砂の割合や粃殻・藁スサの混入の有無など、条件の異なる板状の試料（サンプル）を複数製作し、それらを電気炉で高温焼成して収縮率や亀裂の有無を調べた。

（2）鑄型製作・鑄造実験

板状資料製作実験の結果、高温焼成に耐え収縮・亀裂の少ないものを用いて鑄型を製作し、対照鑄造実験を行った。商周青銅器外底部の網の目状の人工刻線（凸線状痕跡）の機能比較実験（丹羽ほか2015）を今回製作した土製鑄型を用いて再検証を行った。

◆材料

伊賀木節粘土：9号珪砂＝7：3（重量比） 混和剤：粃殻、藁

◆製作鑄型

底部人工刻線 1. あり 2. なし 混和剤 a. 粃殻 b. 藁

→ ①1+a（製品1）、②2+a（製品2）、③1+b（製品3）、④2+b（製品4）の4パターンを製作。

◆製作品

2014 年度実験と同じ「父乙」簋（泉屋博古館蔵）（『泉屋博古 中国古銅器編』20）を小型・単純化したものをモデルとした。今回は石膏原型から外範・内範を型取りし、実際の殷周時代の鋳型に合わせて 3 分割¹⁾した後、分割部分に粘土を塗り固定するなど、2014 年度実験とは鋳型の製作方法を変更している。鋳型は、3 分割した側面外範、底外範、内範からなり（図 1）、乾燥後に電気炉で高温焼成した。また、鋳造試料の合金比率は 2014 年実験と同じ Cu80%、Sn15%、Pb 5 %とした。

（3）実験の結果

①～④いずれも 2014 年度鋳型よりも湯回りが良く、人工刻線の有無による違いは確認できなかった。また、①③については凸線になるはずの人工刻線が凹線となった（図 2・3）。

○第 2 回実験（2018 年 2 月・3 月）

（1）鋳型製作・鋳造実験

◆材料

粘土：9 号硅砂＝7：3（重量比）の鋳型土を用いて高温焼成した鋳型。藁・粃殻を抜いたものを使用。

◆製作品²⁾

①大 1～3（モデル：父乙簋（『泉屋博古 中国古銅器編』20））

原型から抜くことができるよう器身の上半部は省略（下半部のみ製作）。外径 18 cm。高さ 9 cm。厚み 3 mm。

大 1：外底部は細線（1 mm）刻み　大 2：外底部は太線（3 mm）刻み　大 3：外底部は刻みなし

②小 1～3（モデル：饗鬚文尊（『泉屋博古 中国古銅器編』80））

より急こう配でガス抜けの悪い構造。器身部を省略（圈足・底部のみ製作）。外径 13.5 cm。高さ 9.5 cm。厚み 3 mm。

小 1：外底部は細線（1 mm）刻み　小 2：外底部は太線（3 mm）刻み　小 3：外底部は刻みなし。

今回はガス抜けの悪い構造を意図して①②とも外範を分割せず、それ以外は前回と同じ方法で製作した。小 1～3・大 2・3 は 2 月、大 1 は 3 月に実験鋳造を実施した。鋳造効率改良のため、後者は前者よりも湯口を若干大きく設定し鋳造を試みた。合金比率は前回と同じ Cu80%、Sn15%、Pb 5 %のものをを用いた。

（2）実験の結果

人工刻線がある大 1・小 1 が他と比べて湯回りが良い傾向がみられた。大 1・小 1 の細線（1 mm）刻みは第 1 回実験と同様、凹線となったが、大 2・小 2 の太線（3 mm）刻みは凸線のままであった（図 4）。

3. 考察とまとめ

今回の実験では伊賀木節粘土など日本の材料を用い、単層式で高温焼成による鋳型を製作し、製品を鋳造することに成功した。また、外範を分割していない第 2 回実験品よりも、3 分割した第 1 回実験の製品のほうが、全体的に湯回りの良い傾向がある。鋳型の分割部分がガス抜けに働き、湯回り効率が高まったものとみられる。

さらに凸線になるはずの外底部の人工刻線が凹線となる予想外の結果となった（第 1 回実験製品 1・3、第 2 回実験大 1・小 1）。原因として鋳造時に発生したガスが鋳型に反射し、青銅（湯）側に圧力をかけた可能性がある（飯塚義之氏ご教示）。ただしその場合、今回製作した鋳型は通気性の悪い構造であったと考えられ、人工刻線じたいは 2014 年度実験で用いた通気性の良い真土型のような鋳型であれば、ある程度機能する可能性があるものと考えられる。なお今回モデルとした「父乙」簋底部の線状痕にも同様な凹線のものが確認でき（丹羽ほか 2015）、「父乙」簋が類似した条件で鋳造された可能性も想定できるであろう。

外範の分割や人工刻線のほか、鋳型に設置した湯口の大きさや鋳造時の湯の流動性など、鋳造効率はさまざまな要因により変動するものと考えられる。今後もさまざまな条件での実験を継続したい。

註

1) 実際の青銅容器の外範には、3 分割以外にも、2 分割、4 分割、6 分割など多様な種類が存在する。

2) 初出論文では製品の法量に誤りがあったため、訂正した。

引用文献

丹羽崇史・新郷英弘・八木孝弘・樋口陽介 2013「中国青銅器の製作技法解明のための対照実験」『亜細亜鑄造技術史学会研究発表資料集』7（本書Ⅰ-1）

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘 2014「中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（2）」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』8（本書Ⅰ-1）

丹羽崇史・廣川守・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘 2015「中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（3）」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』9（本書Ⅰ-2）

譚德叡 1999「中国青銅時代陶范鑄造技術研究」『考古學報』1999-2

1. 問題所在

筆者自 2012 年度起，在不同条件下进行了对比讨论实验铸造样品的“对照铸造实验”（丹羽等 2013，2014）。通过 2014 年度的实验，我们设想人工在范上施以线刻而使得铸造效率提高的可能性应当是存在的（丹羽等 2015）。不过，在之前的实验中我们一直使用的是砂质粘土范（“真土型”），这种范在芦屋釜之乡被长期使用，与中国商周时期的范有所不同。

2012 年 4 月，丹羽、新乡参观访问了复原铸造商周青铜器的湖北省鄂州博物馆董亚魏先生的作坊，确认了不使用涂型剂或分型剂、只采用内外两侧不区分土质的单层范也能够完成青铜制品的铸造。这种情况与日本传统冶金铸造技术中区别使用粒度不同的砂质粘土制范的做法不同，我们认为这表明两类范在质地方面存在明确的“差异”。但是，商周时期的古陶范以及现代中国的范，它们与日本的范在质地、技术层面上存在的“差异”究竟如何还不明确。

因此，笔者以解明泥范功能为目的尝试制作性能接近商周时期古陶范的制品，并以之进行了对照铸造实验。

2. 实验概要

譚德睿曾列举出中国古陶范的以下各项特征（譚 1999）。

1. 可塑性、复印性、可雕性、脱模性良好。
2. 足够高的干、湿强度和干硬度。
3. 足够高的耐火度和化学稳定性。
4. 收缩-膨胀率低。
5. 发气量足够低。
6. 能够适应铸造后冷却时的收缩变形（足够好的退让性）。
7. 足够好的充型性能。

本次实验的目的是使用日本的材料来制作具有上述特征的范，并在不使用涂型剂或分型剂的前提下，高温烧制以该粘土材料制作而成的单层范，验证其用于实际铸造是否可行。

实验于 2017 年 1～2 月、2018 年 2～3 月在芦屋釜之乡进行。

第一次实验（2017 年 1～2 月）

(1) 板状样品制作实验

以粘土和石英砂的比例以及是否掺杂稻谷壳、秸秆等条件为变量，制作多个实验样品，将其放入电炉内进行高温烧制，检验其收缩率如何、是否存在裂痕。

(2) 制范和铸造实验

根据板状样品制作实验的结果，我们使用耐高温且收缩率低、裂痕少的材料制范，进行了对照铸造实验。对于商周青铜

器外底部网状人工刻线（凸线状痕迹）的性能（丹羽等 2015），我们使用此次制作的泥范再次以对照实验的方式进行了验证。

◆材料

伊贺木节粘土：9 号石英砂 = 7：3（重量比） 掺合料：稻谷壳、秸秆

◆制范

底部人工刻线 1. 有 2. 无 掺合料：a. 稻谷壳 b. 秸秆

→制作① 1 + a（制品 1）、② 2 + a（制品 2）、③ 1 + b（制品 3）、④ 2 + b（制品 4）等四种样品。

◆实验制品

与 2014 年度的实验相同，以小型简化的“父乙”簋（泉屋博古馆藏）（《泉屋博古 中国古铜器编》20）为模型。此次从石膏模上翻出外范和内范，按照商周时代范的实物将其三等分¹⁾后，将分割部分涂以粘土进行固定，同 2014 年度的实验相比，变更了制范方法。该范由三等分的侧面外范、底外范、内范组成（图 1），干燥后以电炉高温烧制。另外，铸造样品的合金比例与 2014 年度的实验相同，分别为铜 80%、锡 15%、铅 5%。

（3）实验结果

范①～④当中任何一件的铜液流动性都好于 2014 年度所制的范，因人工刻线的有无而造成的差异无法确认，即人工刻线的有无与铸造效率的高低之间并不存在必然联系。另外，范①和范③上本该成为凸线的人工刻线变成了凹线（图 2、3）。

第二次实验（2018 年 2～3 月）

（1）制范和铸造实验

◆材料

以粘土：9 号石英砂 = 7：3（重量比）的比例高温烧制而成的范，该范未掺杂秸秆、稻谷壳。

◆实验制品²⁾

①大 1～3（模型：“父乙”簋（《泉屋博古 中国古铜器编》20））

为了能够顺利脱模，我们省略了器身上半部分的制作（仅制作下半部分）。外径 18 cm、高 9 cm、厚 3 mm。

大 1：外底部刻有细线（1 mm）

大 2：外底部刻有粗线（3 mm）

大 3：外底部无刻线

②小 1～3（模型：饗饗纹尊（《泉屋博古 中国古铜器编》80））

采用底部坡度大且透气性差的结构，省略了器身的制作（仅制作圈足和底部）。外径 13.5 cm、高 9.5 cm、厚 3 mm。

小 1：外底部刻有细线（1 mm）

小 2：外底部刻有粗线（3 mm）

小 3：外底部无刻线

此次有意采用了透气性差的结构，①②的外范均不分割，余下的采用与上次实验相同的方法进行制作。小 1～3 和大 2～3 在 2 月、大 1 在 3 月进行了实验铸造。为了提高铸造效率，比起前者我们增大了后者的浇口，进行了试铸。合金采用了与上次相同的比例，分别为铜 80%、锡 15%、铅 5%。

（2）实验结果

实验结果表明，带有人工刻线的大 1 和小 1 比起其他实验制品，铜液的流动性更好。大 1、小 1 的细线刻痕（1 mm）与第一次实验相同，均变为凹线，但是大 2、小 2 的粗线刻痕（3 mm）仍旧保持着凸线的状态（图 4）。

3. 考察和总结

本次实验使用伊贺木节粘土等日本的材料，高温烧制出单层范，并成功铸造了器物。而且，比起未被分割外范的第二次实验品，外范被三等分的第一次实验品在整体上显示出更加良好的铜液流动性能。这表明范的分割处起到了透气作用，铜液流动的效率也因此得到了提高。

另外，据推测本应变为凸线的外底部人工刻线成为了凹线，这是意料之外的结果（第一次实验制品 1 和 3、第二次实验的大 1 和小 1）。原因可能是铸造时产生的气体投射到范上，从而给铜液一侧施加了压力（承蒙饭冢义之先生赐教）。不过在当时的情形下，我们认为这是由于本次制作的范透气性能较差而导致的结果，人工刻线若施于 2014 年度实验时使用的透气性良好的砂质粘土范上，则有可能发挥某种程度的作用。另外，通过此次实验可以确认，用作模型的“父乙”簋底部的线状痕迹也为凹线（丹羽等 2015），因此我们推测“父乙”簋也有可能是在相似条件下铸造而成的。

除了外范分割和人工线刻，我们认为范上设置的浇口的大小以及铸造时铜液的流动性等，也是导致铸造效率变化的重要原因。今后，我们还会在多种多样的条件下继续实验。

注

- 1) 青铜容器的外范实物，除三等分外，还有二等分、四等分、六等分等多种形式。
- 2) 旧版论文中，制作品的尺寸有误，特此更正。

引用文献

谭德睿 1999：《中国青铜时代陶范铸造技术研究》，《考古学报》1999 - 2。

丹羽崇史、新郷英弘、八木孝弘、樋口陽介 2013：《中国青銅器の製作技法解明のための対照実験》，《亜細亜鑄造技術史学会 研究発表資料集》7（本书 I - 1）。

丹羽崇史、新郷英弘、樋口陽介、八木孝弘 2014：《中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（2）》，《アジア鑄造技術史学会研究発表概要集》8（本书 I - 1）。

丹羽崇史、廣川守、新郷英弘、樋口陽介、八木孝弘 2015：《中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（2）》，《アジア鑄造技術史学会研究発表概要集（3）》9（本书 I - 2）。

【初出／初刊】

丹羽崇史・樋口陽介・新郷英弘 2018「土製鑄型の機能解明を目的とした実験考古学的研究序説」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』12

（唐丽薇 译）

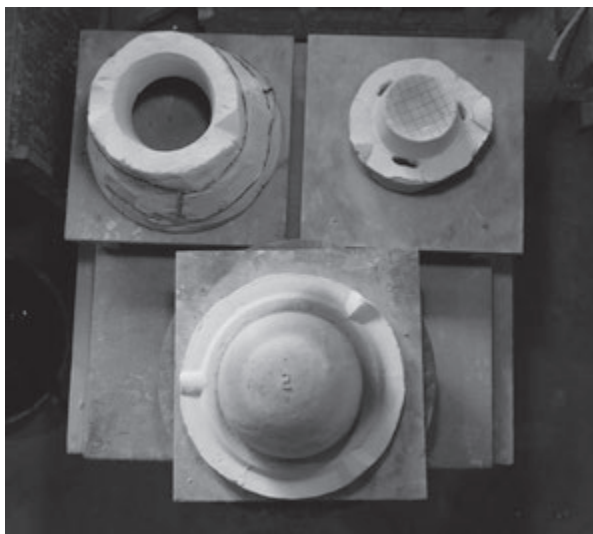


图 1 第 1 回実験の製作鑄型

图 1 第一次实验时所制范
丹羽摄影／丹羽拍摄

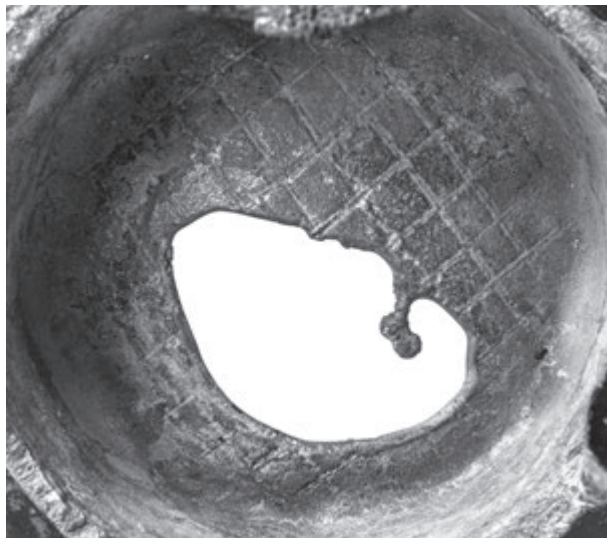


图 2 第 1 回実験の製品 1 凹線となった底部人工刻線

图 2 第一次实验的制品 1 变为凹线的底部人工刻线
奈文研写真室摄影／奈文研摄影技术室拍摄

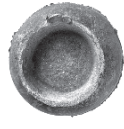
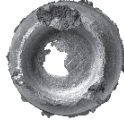
製品 1 / 制品1 	外底部は細線（1mm）刻み。 結果 刻線部分が凹線になる。 胴部○、底部△。	製品 2 / 制品2 	外底部は刻みなし。 結果 胴部○、底部○。
	外底部刻有细线（1mm）。 結果 刻线处成为凹线。 器身○、底部△。		外底部无刻线。 結果 器身○、底部○。
製品 3 / 制品 3 	外底部は細線（1mm）刻み。 結果 刻線部分は凹線になる。湯境。 胴部○、底部△。	製品 4 / 制品 4 	外底部は刻みなし。 結果 胴部△、底部△。
	外底部刻有细线（1mm）。 結果 刻线处成为凹线。出现冷隔。 器身○、底部△。		外底部无刻线。 結果 器身△、底部△。

図3 第1回実験結果（湯回りの度合いを相対的に○△×で表記）／图3 第一次实验结果（铜液的流动程度分别以○△×表示）
奈文研写真室撮影／奈文研摄影技术室拍摄

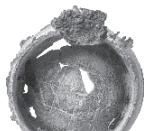
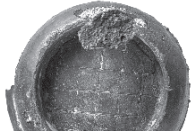
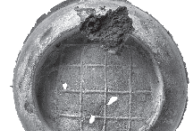
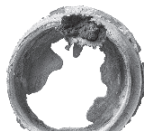
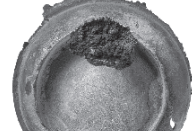
小1製品 / 小1制品 	外底部は細線（1mm）刻み。 結果 刻線部分が凹線になる。湯境。 胴部○、底部○。	大1製品 / 大1制品 	外底部は細線（1mm）刻み。 湯口を他より大きく設定。 結果 刻線部分が凹線になる。 胴部○、底部○。
	外底部刻有细线（1mm）。 結果 刻线处成为凹线。出现冷隔。 器身○、底部○。		外底部刻有细线（1mm）。 设定浇口尺寸大于其他制品。 結果 刻线处成为凹线。 器身○、底部○。
小2製品 / 小2制品 	外底部は太線（3mm）刻み。 結果 刻線部分は凸線のまま。湯境。 胴部△、底部△。	大2製品 / 大2制品 	外底部は太線（3mm）刻み。 結果 刻線部分は凸線のまま。 胴部△、底部△。
	外底部刻有粗线（3mm）。 結果 刻线处仍为凸线。出现冷隔。 器身△、底部△。		外底部刻有粗线（3mm）。 結果 刻线处仍为凸线。 器身△、底部△。
小3製品 / 小3制品 	外底部は刻みなし。 結果 胴部○、底部×。	大3製品 / 大3制品 	外底部は刻みなし。 結果 湯境。胴部△、底部○。
	外底部无刻线。 結果 器身○、底部×。		外底部无刻线。 結果 出现冷隔。器身△、底部○。

図4 第2回実験結果（湯回りの度合いを相対的に○△×で表記）／图4 第二次实验结果（铜液的流动程度分别以○△×表示）
奈文研写真室撮影／奈文研摄影技术室拍摄