

2. 人工刻線の機能解明のための対照実験 以解明人工刻线功能为目的的对照实验

丹羽崇史・廣川守・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘

1. はじめに

筆者（丹羽）は、東周時代の楼空青銅器の製作技法をめぐる議論を整理し、先行研究の多くが製品にみられる製作痕跡と実際の技術の相互関係が不明なままである点を指摘した（丹羽 2008）。こうした現況を打開するため、同一の製品を複数の異なった原型（模）の素材や范（鑄型）の構造などで製作し、できあがった製品どうしを比較検討する「対照実験」を 2012 年度より、芦屋釜の里にて継続的に実施している。

これまでの実験により、以下のような内容が明らかとなった（丹羽ほか 2013, 丹羽ほか 2014, Niwa etc 2014）。

- ①楼空青銅器の代表例である「曾侯乙」尊盤の楼空部分の一部は、蠟などの低温で溶解・加工可能な素材を原型とし、小手状の工具で原型表面を加工していた可能性が高いこと
- ②錫の原型を加熱して溶解させ、范を製作するのが可能であること
- ③分割范の製品の場合、非分割范のものに比べて鑄造欠陥ができにくい、范内面の亀裂に起因すると考えられる痕跡が生じやすいこと

2014 年は、商周期の青銅器の外底部にみられる人工刻線の意味・機能を明らかにすることを目的として、対照鑄造実験を実施した。

2. 商周青銅器の外底部にみられる人工刻線

西周時代を中心とした青銅器のうち、鼎や簋とよばれる器種の底部には、人工的に刻まれた線状痕跡を有するものがある。このような人工刻線には、網状のものや Y 字状のもの、「十」字状のものなど、形態にはさまざまなヴァリエーションが存在する。この痕跡の性格について、蘇榮譽氏は加強筋、装飾の機能のほか、注湯時の范内の排気をよくし、気孔等の鑄造欠陥の発生を防ぐ効果など、複数の可能性を指摘した（蘇 1988）。もし人工刻線がこのような鑄造効率を高める機能がある場合、そのあり方は商周時代の鑄造技術や製作者の評価にも関わってくると思う。しかしながら、実際に実験によってこの仮説の検証は行われておらず、人工刻線の機能については、いまだ明らかではない。

こうした現況を踏まえ、青銅器に残る人工刻線の意味の解明を目的とし、筆者らは青銅器の調査、ならびに対照鑄造実験を実施した。

3. 泉屋博古館所蔵青銅器の調査

2014 年 11 月 6 日・7 日、泉屋博古館にて、商代晩期～西周前期の青銅簋 7 点の調査を実施した（図 1・2）。

7 点中 5 点の簋の外底部（圈足内面）に人工刻線があり、網の目状のものや「十」字と「L」字を組み合わせたものなど形態にもヴァリエーションがある。人工刻線の多くは凸線だが、商代晩期の「父乙」簋は凹線と凸線の両方がみられた。「父乙」簋にみられる線の幅は約 0.5mm で、いずれの線も鑄肌面がマイクロスコープで観察できた。このことから鑄造後に後刻されたものではなく、底范に刻まれた刻線が青銅器に転写されたものであることを確認した。

4. 対照鑄造実験

(1) 実験の概要

対照鑄造実験は、2014 年 12 月 20 日・21 日に芦屋釜の里にて実施した（図 3）。

人工刻線を有する簋のうち、初期のものの一つと考えられる「父乙」簋をモデルとし、底范内面に網の目状の刻線を入れたものとないものとをそれぞれ 2 点ずつ製作した。実験製作品は、製作の都合上、口径 12cm、高さ 10.5 cm と実物よりも小形のものとした。湯口とガス抜き口は圈足先端部に設け、范を反転した状態で鑄造した。内范と外范の間には、3 か

所に青銅製のスペーサー（型持ち）を設けた。合金比率は、銅80%、錫15%、鉛5%。なお、今回は人工刻線の機能解明を目的としたため、商周時期とは異なる、外范を分割しない挽型法による方法で范を製作している。

（2）実験の結果

人工刻線の有無に差異を設けた范2点ずつを1つの坩堝で一度に鑄造し、計2回の注湯を実施して合計4点の製品を製作した（図4）。1回目は人工刻線を有するものを先に鑄造し、その後ないものを鑄造した。2回目は人工刻線のないものを先に鑄造し、その後あるものを鑄造した。2回の注湯のいずれの場合も、人工刻線を有するものの方が鑄造欠陥の少ない結果となった。2回の実験を経たのみであるが、人工刻線が鑄造効率をよくする機能があった可能性がある。

また、人工刻線の有無に関わらず、底部に設けたスペーサーの部分の一部が空洞となった。原因は不明であるが¹⁾、こうした現象は、三船温尚氏らの鑄造実験でもみられたものである（三船・長柄2012）。

5. まとめ

今回の実験の結果、范に人工刻線を設けることにより、製作品の鑄造欠陥を少なくする効果がある可能性を指摘した。鑄金家の小泉武寛氏によれば、実際の鑄造において、無地の部分に比べ紋様が描かれている部分の方が、鑄造欠陥ができていく傾向があるとのことである²⁾。当該期の製作者が、人工刻線にこのような機能があることを経験的に理解していた可能性もありうる。

西周時代までの青銅器は、春秋時代以降に比べ、分鑄技術によってパーツを個別で鑄造する割合が少なく、器全体を一体鑄造する場合が多い（郭1981、蘇ほか1995）。こうした時期にこそ、このような人工刻線を用いる技法が普及したのかもしれない。個々の部位を分割鑄造する分鑄技術が本格化する春秋時代以降、このような人工刻線を有する青銅器は徐々に少なくなる。

今後はより資料の実態に即してさらに実験を継続して行うとともに、自然科学分析なども実施し、人工刻線の機能の解明にも取り組みたい。また、伝統鑄金の分野で同様な事例の集成も行いたい。

註

1) 伊藤幸司氏より注湯時の液体化した青銅とスペーサーの温度差により「湯境」(cold shut)が生じた可能性、蘇栄誉氏、張昌平氏より鑄造後の范解体時にスペーサーが外范に付着して抜けた可能性をご教示いただいた。

2) 小泉氏からの直接のご教示による。

引用文献

丹羽崇史2008「中国における失蠟法の出現をめぐる学史的検討－東アジアにおける失蠟法の出現と展開に関する研究序説

(1)－」『FUSUS』1

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）

三船温尚・長柄毅一2012「鑄造実験による大型金銅仏の分割型鑄造の検証」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』6

郭宝鈞1981『商周銅器群総合研究』文物出版社

蘇栄誉1988「宝鷄 国墓地青銅器鑄造工藝研究」『宝鷄 国墓地』文物出版社

蘇栄誉・華覚明・李克敏・盧本珊1995『中国上古金属技術』山東科技出版社

T.Niwa, H. Shingo, T. Yatsuki, Y. Higuchi 2014 Experimental archaeological study for reconstructing the relationship between technologies and the remains of metal artifacts: Based on an investigation of Zun Pan vessels from the Zengzhou Yi tomb, The proceedings of The 8th conference of the Beginning of the Use

1. 前言

笔者(丹羽)通过整理东周时期镂空青铜器制作技法的研究史,指出之前的研究大多只针对制作技术提出各种假说,而对于制品中可观察到的制作痕迹与实际技术之间的关系还未能明确(丹羽2008)。因此,自2012年度起,笔者等人长期在芦屋釜之乡进行“对照实验”,使用多个材质不同的模以及结构不同的范来铸造制品,并将铸成的制品进行对比。通过实验,我们得出如下结论(丹羽等2013、丹羽等2014、Niwa etc2014)。

①作为镂空青铜器代表的“曾侯乙”尊盘,其镂空部位之中极有可能存在以蜡等可低温熔化加工的材料为模、再以小压勺状工具对模表面进行修整的部分。

②加热锡模使其熔化,可用来制范。

③比起整体范制品,分割范制品发气性良好、不易导致铸造缺陷,但较易产生因范内面龟裂而出现的痕迹。

为了明确商周时期青铜器外底部线状痕迹的功能和意义,笔者等人于2014年度进行了对照铸造实验。

2. 商周青铜器外底部的人工刻线

在时代以西周时期为主的青铜器中,特别是鼎、簋等器物底部,存在一些人工刻线痕迹。此类人工刻线有的呈网状,也有的呈“Y”字形或“十”字形,形态多变。关于其性质,苏荣誉先生指出,除了作为“加强筋”或起到装饰作用以外,还存在使浇铸时产生的气体顺利排出、防止因气孔存在而引发铸造缺陷等问题的可能性(苏等1988)。如果人工刻线确实具备提高铸造效率的功能,那么我们可以认为它的存在是商周时期铸造技术发展以及青铜器制作者人为干预的结果。然而,目前还未见到通过实验方法来验证这一假说的有关研究,此种刻线痕迹的功能也尚未明确。

因此,为了弄清楚残存于青铜器表面线状痕迹的性质,笔者等人实施了青铜器调查并进行了对照铸造实验。

3. 泉屋博古馆藏青铜器的调查

笔者等人于2014年11月6日、7日在泉屋博古馆对7件商代晚期~西周早期的青铜簋进行了调查(图1、2)。

7件簋中有5件的外底部(圈足内面)存在人工刻线,有的呈网状,有的呈“十”字及“L”字组合状,具备多种形态。其中,多数刻线为凸线,商代晚期的“父乙”簋刻线中凹线凸线兼有。见于“父乙”簋的刻线宽约0.5mm,所有刻线均可通过显微镜在铸造面观察到,可以肯定其并非后刻。

4. 对照铸造实验

(1) 实验概要

对照铸造实验于2014年12月20日、21日在芦屋釜之乡进行(图3)。

笔者等人在施有人工刻线的簋之中,选取年代被推定为最早之一的“父乙”簋为模型,分别制作了底范内面施有网状刻线及未施网状刻线的样品各两件。考虑到制作的时间问题,我们将样品的尺寸设定为口径12cm、高10.5cm,使其体量小于实物;浇口和冒口设置在圈足底端,铸造时将范倒置;内范和外范之间的3处置有青铜垫片;合金比例为铜80%、锡15%、铅5%。另外,由于本次实验以明确线状痕迹的功能为目的,因而采用不分割外范的“刮板法”(日本称作“挽型法”)来制范,这与商周时期青铜器的常见制作技法不同。

(2) 实验结果

一次使用一个坩埚浇铸施有及未施网状刻线的范各一件,共浇铸两次,铸造出四件样品(图4)。第一次实验先铸造施有人工刻线的样品,后铸造未施人工刻线的样品;第二次实验则先铸造未施人工刻线的样品,后铸造施有人工刻线的样品。两次实验结果都表明施有人工刻线的样品气孔更少,铜液流动性也更好。虽然只进行了两次实验,但这表明在范上施以人工刻

线可能有助于提高铸造效率。

另外，无论是否事先在范表面施加线刻，样品底部设置有垫片的部位均有一部分变为空洞。虽然造成这一现象的原因还不能肯定¹⁾，但在三船温尚等人的铸造实验当中也出现了相同的状况（三船、長柄 2012）。

5. 总结

通过本次实验，笔者等人认为，为了减少青铜器制品的气孔，有意识地在范表面施以线刻的可能性是存在的。铸铜师小泉武宽认为，实际铸造时，比起无纹饰的部分，施有纹饰的部分更不易产生铸造缺陷²⁾。商周时期的青铜器制作者也有可能是出于同样的经验，从而发现并确定了人工刻线的功能。

相对于春秋时期之后的青铜器，西周之前采用分铸技术分别铸造部件的青铜器比例较低，而采用整体铸造器物的浑铸法制作出的青铜器比例较高（郭 1981、苏等 1995）。也许正是因为处在当时这样的技术背景下，人工刻线技法的应用才得以普及。春秋中期以后，将器物各个部位分割开来进​​行铸造的分铸技术正式普及，施有此类人工刻线的青铜器便逐渐减少了。

今后，为了更加趋近考古资料的实态，笔者等人还将继续进行实验，同时采用自然科学的分析手段，尽可能明确青铜器外底人工刻线的功能。另外，对于传统铸造领域内的同类事例，我们也将有意识地进行资料的收集整合工作。

注

1) 浇铸时因铜液与垫片之间存在温度差，铜液迅速冷却时二者间可能会产生冷隔（日文称之为“汤境”，英文称之为 cold shut），这一点承蒙伊藤幸司先生提示；另外，铸造完成后拆解范时，有可能会出​​现垫片因附着于外范而与铜器分离的现象，这一点承蒙苏荣誉、张昌平诸位先生指出。

2) 由小泉先生告知。

引用文献

郭宝钧 1981：《商周铜器群综合研究》，文物出版社。

苏荣誉、卢连成、胡智生、陈玉云、陈依慰 1988：《宝鸡西周墓地青铜器铸造工艺考察及金属文物检测》，《宝鸡西周墓地》，文物出版社。

苏荣誉、华觉明、李克敏、卢本珊 1995：《中国上古金属技术》，山东科技出版社。

丹羽崇史 2008：《中国における失蠟法の出現をめぐる学史的検討 - 東アジアにおける失蠟法の出現と展開に関する研究序説（1）-》，《FUSUS》1（中文版：丹羽崇史（陈洪译）2017：《关于中国失蜡法出现之学史讨论—关于东亚地区失蜡法出现与发展之研究序论（1）》，《三代考古》7）。

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）。

三船温尚、長柄毅一 2012：《鑄造実験による大型金銅仏の分割型鑄造の検証》，《アジア鑄造技術史学会研究発表概要集》6。

T. Niwa, H. Shingo, T. Yatsuki, Y. Higuchi 2014 Experimental archaeological study for reconstructing the relationship between technologies and the remains of metal artifacts: Based on an investigation of Zun-Pan vessels from the Zenghou Yi tomb, The proceedings of The 8th conference of the Beginning of the Use of Metals and Alloys (BUMAS) "Cultural Interaction and the Use of Metals"

【初出／初刊】

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（唐丽薇译）



图1 父乙簋（泉屋博古館蔵，商代後期）
口径 23.8cm 高さ 17.8cm

右は外底部（圈足内面）拡大

图1 “父乙” 簋（泉屋博古館蔵，商代晩期）

口径 23.8cm 高 17.8cm

右：外底部（圈足内面）特写

泉屋博古館提供／泉屋博古館提供



图2 直文簋（泉屋博古館蔵，西周前期）

口径 20.1cm 高さ 14.6cm

右は外底部（圈足内面）拡大

图2 直纹簋（泉屋博古館蔵，西周早期）

口径 20.1cm 高 14.6cm

右：外底部（圈足内面）特写

泉屋博古館提供／泉屋博古館提供



图3 对照铸造実験の様子（2014年12月20日・21日 芦屋釜の里）

左：刻み目を入れた外底范 中：スペーサー（型持）を設置した中子（内范） 右：鑄込み

图3 对照铸造实验（2014年12月20日、21日 芦屋釜之乡）

左：施有人工刻线の外范底部 中：设置有垫片の内范 右：浇铸

丹羽撮影／丹羽拍摄

1回目注湯
第一次浇铸



1. 人工刻線あり／施有人工刻线

2. 人工刻線なし／未施人工刻线

2回目注湯
第二次浇铸



3. 人工刻線あり／施有人工刻线

4. 人工刻線なし／未施人工刻线

图4 実験製作品（研磨・整形は行っていない）

图4 实验制作样品（未进行磨光修整）

奈文研写真室撮影／奈文研摄影技术室拍摄