

3. X線CTスキャナによる鑄造実験試料の内部構造調査 利用X光CT扫描技术进行的铸造实验样品内部结构分析

丹羽崇史・赤田昌倫・田中麻美・樋口陽介・新郷英弘

1. これまでの研究経緯と問題の所在

筆者ら（丹羽・樋口・新郷）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「対照実験」を実施している。2014年度の実験では先行研究の成果にもとづき、范（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、底部内面に網の目状の人工刻線の有無に違いを設けた范をそれぞれ2点ずつ、計4点製作して、青銅容器試料の実験鑄造を行った。その結果、人工刻線を有する試料の方が、気孔が少なく、湯まわりがよい結果となった（丹羽ほか2015）。

しかしながら、これらの所見は実験鑄造した青銅容器の肉眼観察による外面の状態から判断したものであり、実際の青銅容器内部における鑄造欠陥の状態などについては検証できずにいた。そのため鑄造実験にて製作した青銅容器4点を対象として、九州国立博物館にてX線CTスキャナによる内部構造調査を実施した。

2. X線CTスキャナによる内部構造調査

使用した機器は九州国立博物館のX線CT（YXLON International社製、Y-CT Modular 320 FPD）である。対象試料は青銅製品であるため、透過能力を重視し電圧は320kV・電流は2.5mAとした。また、試料全体の撮影を目的としたためフラットパネルからの距離を471mmと定めた。なお、ピクセル分解能は0.31mmであった。撮影時は口縁を下にした反転状態、および横向きに設置して撮影を行った。内部構造調査の検証と観察についてはこの2つの撮影データを使用し解析を行った。

人工刻線のある試料（1・3）とない試料（2・4）の底部の内部構造を比較した結果、後者が前者よりも巣が目立つ傾向がみられた（図1～4）。ただし、底部以外の部分は刻線との明確な相関関係は確認できなかった。また、実験試料1の胴部側面に外面では確認できない「亀裂」状痕跡がみられた（図5）。

なお実験試料について三次元計測を行ったところ、胴部下半部が上半部や底部と比べて薄い造りになっていることが判明した。胴部下半部の薄さが要因で湯回り不良を起こした可能性が考えられる。

3. まとめ

今回の調査の結果、底部の巣の入り方が刻線の有無で若干の差異が見られる点、底部以外の部分は刻線との明確な相関関係は見られない点等を確認した。今後も様々な手法で実験結果について再検証したい。

引用文献

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）

1. 过去的研究及问题所在

筆者（丹羽、樋口、新郷）自2012年度起在不同条件下进行了比较分析实验铸造样品之间差异的“对照实验”。基于这一成果，2014年度我们设想，通过在范上有意识地施以网状的人工刻线来提高铸造效率这一可能性应当存在。于是，我们以范底部内面网状人工刻线的有无为基准，每一种分别制范2件，共计4件，进行了青铜容器样品的实验铸造。结果表明，施有人工刻线的样品比起未施人工刻线的样品气孔更少、铜液的流动性也更好（丹羽等2015）。

但是，上述结论仅为肉眼观察样品外部状态所得出的判断，关于青铜容器内部的状态，如是否存在铸造缺陷等未能进行

验证。因此，我们以上述铸造实验制作的 4 件青铜容器为对象，在九州国立博物馆使用 X 光 CT 扫描技术对其内部结构进行了分析。

2. X 光 CT 扫描技术的内部结构分析

本次分析使用的设备是九州国立博物馆的 X 光 CT 扫描仪（YXLON International 公司制、Y. CT Modular 320 FPD）。由于对象样品为青铜制品，所以我们格外注意射线的穿透性，将电压设定为 320kV、电流设定为 2.5mA。另外，为完整拍摄样品，我们将样品到平板（Flat Panel）之间的距离设定为 471mm、像素分辨率设定为 0.31mm。摄影时将镜头向下翻转或横置进行拍摄。关于青铜容器内部结构分析的验证和观察，我们利用其各自的影像数据进行了解析。

将施有人工刻线的样品（1 和 3）与未施人工刻线的样品（2 和 4）底部的内部结构进行比较，我们发现比起前者，后者明显更易出现气孔（图 1～4）。不过，底部之外的其他部分与刻线之间是否存在明确的相关性还未能确认。另外，影像显示出了肉眼在器表不能确认的、显现于实验样品 1 器身侧面的“龟裂”状痕迹（图 5）。

除此之外，我们还进行了实验样品的 3 D 测量，发现比起器身的上半部或底部，下半部更薄。我们认为，器身下半部厚度偏薄可能是引起铜液流动不畅的重要原因。

3. 总结

通过本次调查，我们得出如下结论：一，实验样品底部是否产生气孔与范底部内面人工刻线的有无具有一定的相关性；二，实验样品底部之外的其他部分与范底部刻线的有无是否存在相关性还未能确认。今后，我们也将采用多种方法对实验结果进行验证和讨论。

引用文献

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（本书 I - 2）

【初出／初刊】

丹羽崇史・赤田昌倫・田中麻美・新郷英弘・樋口陽介 2019 「X 線 CT スキャナによる鑄造実験試料の内部構造調査」『日本文化財科学会第 36 回大会研究発表要旨集』

（唐丽薇 译）

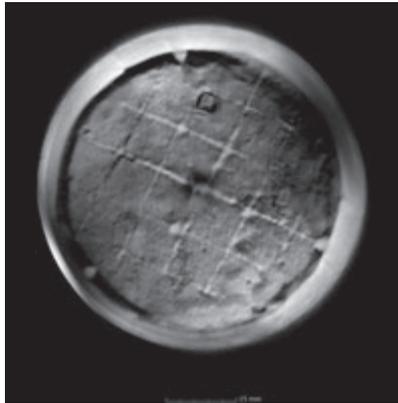


図1 実験試料1（人工刻線あり）

图1 实验样品1（施有人工刻线）

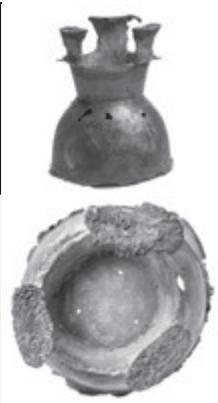
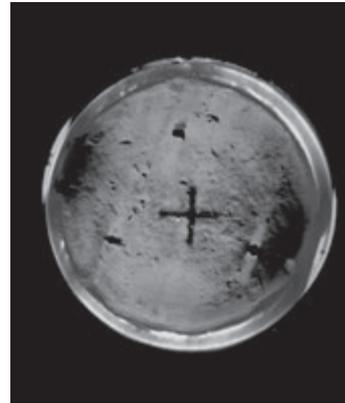


図2. 実験試料2（人工刻線なし）

图2 实验样品（未施人工刻线）

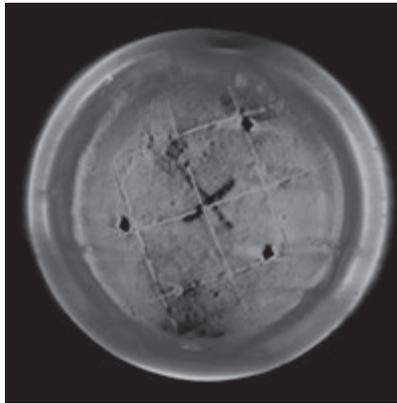


図3 実験試料3（人工刻線あり）

图3 实验样品3（施有人工刻线）

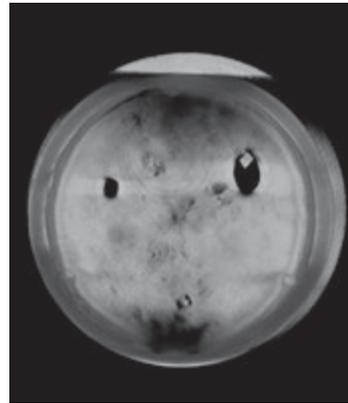


図4. 実験試料2（人工刻線なし）

图4 实验样品（未施人工刻线）

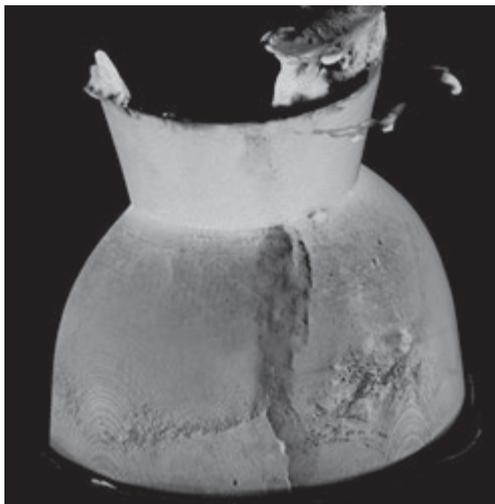


図5 実験試料1の器身部側面の「亀裂」状痕跡

图5 实验样品1器身側面的“龟裂”状痕迹



図1～5 CT画像：九州国立博物館提供 図5右：丹羽撮影 その他：奈文研写真室撮影

图1～5 CT画像：九州国立博物馆提供 图5右：丹羽拍摄 其他：奈文研摄影技术室拍摄