

D11

甲斐江戸期梵鐘の非破壊成分分析の試み

Non destructive analyses of compositions of Edo-era temple bells in central Yamanashi

○正 近藤 英一 (山梨大)

Eiichi Kondoh

University of Yamanashi, 4-3-11 Takeda Kofu-shi, Yamanashi 400-8511, Japan

The elemental compositions of Japanese Buddhist temple old bells in the central area of Yamanashi prefecture were analyzed. The bells were made of bronze and were manufactured in Edo-era. Bells manufactured recently were also analyzed for comparison. A portable X-ray fluorescent spectroscopic analyzer was used, which allowed on-site and non-destructive analyses. The bronze compositions were different by founders; a large difference was found in the content of Pb of the Edo-era bells. The on-site X-ray analysis is useful to study the work of old founders.

Key Words: Buddhist temple bells, bronze, X-ray fluorescence analysis, Edo-era, Yamanashi

1. はじめに

金属遺物の成分分析は製造技術や由来を知る上で重要である。しかし、文化財や美術工芸品の場合は非破壊分析は困難であるし、大概の場合には対象に比べて分析装置の分析室は小さすぎる。ところで、山梨県には周辺各県に比べて古い梵鐘が比較的多くある。梵鐘は金石的に大工(鋳物師)や製造時期を特定しやすく、工房ごとの特徴もあるのでその差を機器分析的に検討できれば興味深い。今回携帯型の蛍光 X 線分析装置を用いていくつかの江戸期青銅製梵鐘の成分分析を行ったので概要を報告する。

2. 梵鐘の選定と分析方法

山梨県の古梵鐘は鎌倉時代ものが有名であるがいずれも県指定文化財である。今回はアクセスが容易で文化財指定されていないかあっても市町村レベルの江戸期梵鐘を分析した。本稿で記載するのは、

慈照寺鐘 甲斐市 正保 4 年(1647)、大工は相模千津嶋 石堀五郎 右衛門重次、他1名、市指定文化財

大公寺鐘 韮崎市 明暦年間(1650 年代後半)、大工は駿河庵原郡 江尻 大塚市兵衛尉種次、他 3 名、市指定文化財

澤蔵院鐘 韮崎市 享保 7 年(1722)、大工は甲府 沼上源蔵卷次、市指定文化財

福性院鐘 北杜市 享保 14 年(1729)、大工は甲府 沼上源蔵卷次、未指定

の各梵鐘である。Fig. 1 に福性院鐘を示す。いずれも口径は二尺程度で中型に分類される。前二鐘は甲斐国外の大工によるもので千津嶋は現在の南足柄市、庵原郡江尻は現在の静岡市清水区の地名である。また、比較のため現代に鋳造された梵鐘(老子製作所、金森鋳造)も分析したのでそれらについても触れる。

分析には Thermo Fisher Scientific 社 Nitron XL2-980 を使い、“General Metals” モードで内部校正による表示値をそのまま用いた。管電圧 45



Fig. 1 An Edo-era Buddhist temple bell (Fukushoin temple, Hokuto city). Founded in 1729 by the Numagamis foundry.

kV、Ag ターゲットである。測定時間は重金属のみの場合におおむね 10 秒弱であり、主に鑄造合金成分を評価した。なお蛍光 X 線分析法では 0.1 at. %程度が検出限界であり、検出限界付近では数値信頼性も低くなる。

3. 結果と考察

いずれの江戸期梵鐘も経年により表面にいわゆる緑青が浮いていた。文化財でありこれを除去することはできないので、測定値は緑青も含んだ値になる。緑青の厚さは最大数十 μm 程度と予想される。金属への X 線の透過深さも同程度であるが、緑青は疎であるので実際には表面内部まで X 線は侵入し影響は限定的と期待する。

Table 1 に各鐘の概略組成を示す。主要な元素のみの合計を 100 wt. % (以下同) として換算したものであるが、まるめや trace (tr.; ここではおおむね 0.5%以下) 元素を数値記載していないため合計は 100%にはならない。これらは駒の爪と呼ばれる梵鐘口縁部での計測結果である。A, B は甲斐国外鐘、C, D は甲斐鐘、a, b は現代鐘である。江戸時代甲斐鐘 C, D と現代鐘 a, b の Sn 量はいわゆる響銅(なりがね)のそれである。C, D 群では組成が類似であるのに対し A, B 群はそれらとは大きく異なる。特に Pb 量が特徴的に異なる。A 鐘の Pb が多いのは主に鑄造性確保の理由で、加えて Pb の多い中国古銭やその鑄返し品の利用など原料調達上の理由があるだろう。B 鐘は Cu が多く高価な Sn を抑えていたことが推察される。組成的には、現代の鉛青銅鑄物に近い。いずれも Zn がみられないが、当時は日本では知られていなかったためである。Fe は環境に由来するものであると考える。C, D 鐘はいずれも甲府の大工沼上源蔵巻次の銘のもので、年代的には 7年の差があるが組成は類似する。以上から、組成の差から大工の鑄造技術のいわば癖を議論できると考える。現代鐘 a, b はいずれも平成時代のもので、Pb を含まないことが認められる。現代鐘でも別の昭和時代のもので Pb を含むから、Pb フリー化に対応して鑄造されている。特に a 鐘では Pb 代替としての Se が添加されている。

測定は同一梵鐘について異なる部位で多数行っている。元素濃度のばらつきはかなり大きく、たとえば D 鐘の場合には計器指示 Cu 濃度の平均と分散は $78.8 \pm 13.0\%$ 、Sn では $8.5 \pm 2.7\%$ 、Pb では $7.1 \pm 8.2\%$ であった。一方、a 鐘では Cu 濃度の平均と分散は $77.8 \pm 3.2\%$ 、Sn 濃度では $18.5 \pm 3.3\%$ と古梵鐘に比べるとかなり小さい。分析エリアは 10mm \square 程度と大きいので、金属組織的な差ではなく大きな組成偏析によるものであると考える。この差が鑄造偏析に由来するのがあるいは緑青等の表面変成に由来するのかは今後慎重に見極める必要がある。笠形部(梵鐘上面)など最終凝固部に近いところで Cu 濃度が低い傾向があり、おそらくは鑄造偏析に起因するものと考えている。Pb について偏差が大きく値は信頼に足るものではないことからそう言える。Table 1 に示す駒の爪部の分析結果が全体を代表しているかどうかは自明ではないが、湯が最初に到達し急冷されるであろうことを考えると、Pb は多少低めに出るであろうが凝固偏析の影響は他所に比べて小さく、梵鐘間で比較する目的には用いることができると考える。

Table 1 Compositions (wt.%) of Edo-era old temple bells manufactured by founders outside Kai (A, B) and in Kofu (C, D). Bells a and b are old-style temple bells from modern foundries. All the data was taken at bell rim.

Bell	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Note
A	68	10	18	tr.	5	Ag (tr.)
B	91	5	2	tr.	2	
C	87	10	2	tr.	2	
D	82	11	5	tr.	2	Ag (tr.)
a	82	14	tr.	2	1	Se
b	87	13	n.d.	tr.	n.d.	

tr.: trace, n.d.: not detected.

5. まとめ

山梨県内に現存する江戸期の梵鐘の非破壊・その場組成分析を行った。各大工あるいは大工の居所ごとに特徴があり少なくとも Pb 含有量においては大きな差がみられた。大工の作品の時代や鑄造方案の差を議論するうえで参考になり、梵鐘研究に新たな情報を提供できると考える。携帯型蛍光 X 線分析装置は、小型簡便で文化財を痛めることなく測定できるので、所有者や文化財指定自治体の理解も得られやすく有用であった。表面変成の影響の程度をどの程度考慮すべきかは大きな課題である。成分や鑄あがりとの対応も興味深い。