

## 即発 $\gamma$ 線分析による日本の金工品（自在海老置物）に使用されている 接着剤（金属製ロウ材）の同定

Identification of metal solders used in the articulated iron  
lobster by PGA

田中 眞奈子<sup>1)</sup>

二宮 和彦<sup>2)</sup>

大澤 崇人<sup>2)</sup>

Manako TANAKA

Kazuhiko Ninomiya

Takahito OSAWA

<sup>1)</sup> 昭和女子大学

<sup>2)</sup> 大阪大学

<sup>3)</sup> 原子力機構

（概要）自在置物は、戦国期に活躍した鎧甲冑師達が、江戸の太平の時代につくり始めた金属（鉄、銅、銀など）製の動物の置物で、日本を代表する金属工芸品の一つある。今回、鉄製自在海老置物内部にある接着剤（金属製ロウ材）を定性・定量分析することを目的に JRR-3 の即発ガンマ線分析装置で非破壊での分析に取り組んだ。

キーワード：即発ガンマ線分析、文化財、自在置物

### 1. 目的

本研究は、鉄製自在海老置物内部にある接着剤（金属製ロウ材）を定性・定量分析することを目的としている。自在置物は貴重な文化財であることから、非破壊分析が必須である。これまで接着剤の同定を目的に、自在海老置物の表面に現れている 1mm 以下の接着剤部分の $\mu$ 蛍光X線分析を SPring-8 で行い、主な構成元素（Sn, Pb, Cu, Zn）を推定できたが、定量することは出来なかった。鉄内部に存在する金属の定量分析はX線では不可能であることから、申請者は 2018 年夏にハンガリーの Budapest Neutron Centre に自在海老置物を持ち込み即発 $\gamma$ 線分析を行い、2種類の接着剤の定量分析に成功した。即発 $\gamma$ 線分析の最大の特徴は壊さずにそのまま非破壊で主要元素について定量分析出来る点である。申請者らは、鉄製自在海老置物の他、鉄製自在蟹香合の科学的研究にも取り組んでいるが、自在蟹香合は美術館所蔵品のため海外に持ち出すことが出来ず、即発 $\gamma$ 線分析を行うことが出来なかった。日本国内であれば持ち出しの許可が得られるため、JRR-3 での将来的な美術館所蔵品（自在蟹香合）の分析を視野に入れ、今回、既にハンガリーで定量分析結果が得られている自在海老置物の接着剤（金属製ロウ材）について JRR-3 で即発 $\gamma$ 線分析を行い、検証を行った。

### 2. 方法

原子炉から導出した中性子を試料（自在海老置物）に照射し、放出された即発ガンマ線を Ge 半導体検出器で測定した。また、標準試料として真鍮（Cu/Zn）2点と鉛はんだ（Sn/Pb）2点の分析も行い、比較・検証を行った。

### 3. 結果及び考察

大型放射光施設 SPring-8 で取得した X 線 CT 画像を参考に、鉄製自在海老置物内部の、2種類の接

着剤がそれぞれ単独で存在しているエリアと、両方が混在しているエリアの計3つのエリアの即発ガンマ線分析を試みた。接着剤が存在しているエリアは非常に微小であるため、5mmφのコリメーター（3cm厚のフッ化リチウム板）を用いて即発ガンマ線を絞って測定した。試料の固定、分析条件の設定に時間がかかり、また、中性子線を試料に照射したところ想定していた以上にβ線量が上がったため、当初予定していたよりも短い時間で測定を終えた。測定後、分析した3つのエリアのデータ解析を行ったが、いずれも統計が足りず、2種類の接着剤の定性・定量をすることが出来なかった。真鍮と鉛はんだの標準試料の解析結果を図1に示す。真鍮は、検量線（化学分析結果）と比較すると傾向は正しいが絶対値がずれている。鉛はんだは、傾向は正しいが、鉛の含有量の多いはんだの絶対値がずれている。これらの理由について、今後詳しく検証を行っていく予定である。自在海老置物の地鉄の鉄部分からは、図2に示すように、Feの他Mnが検出された。解析により、自在海老置物の地鉄はMnを0.5%程度含むFeであることが明らかになった。

今回のJRR-3での実験を通して、自在海老置物の固定法や中性子線照射によるβ線量上昇などの課題が浮上した。今後、多角的に検討し解決策を講じたうえで、次の実験につなげていきたい。

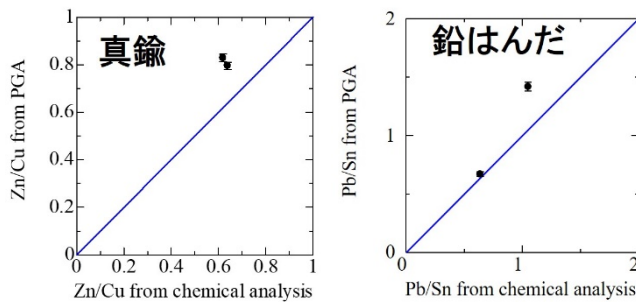


図1 真鍮（左）と鉛はんだ（右）の標準試料の解析結果

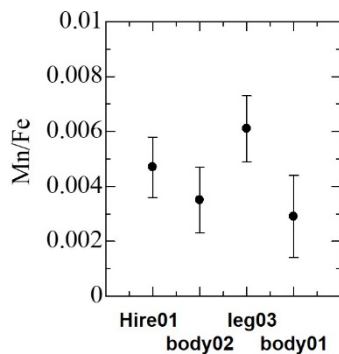


図2 自在海老置物の鉄（地鉄）に含まれる微量元素（Mn）

#### 4. 引用(参照)文献等

1. Laszlo Szentmiklosi, Zoltan Kis, Manako Tanaka, Boglarka Maroti, Masato Hoshino, and Katalin Bajnok, Revealing hidden features of a Japanese articulated iron lobster via non-destructive local elemental analysis and 3D imaging, Journal of Analytical Atomic Spectrometry (2021).