

(様式第 5 号)

## 幕末期における三重津海軍所跡(佐賀)の出土遺品の 非破壊局所蛍光 X 線分析

### X-ray Fluorescence Analysis of Trace Materials Found at Mietsu Naval Facility Site at Saga in the Late Tokugawa Period

田端 正明  
Masaaki TABATA

佐賀大学大学院工学系研究科  
Faculty of Science and Engineering, Graduate School of Saga University

#### 1. 概要 (注：結論を含めて下さい)

日本で古来から行われた金属溶解炉であるこしき炉の一部が三重津海軍所跡から多数出土した。炉壁には純銅や青銅が付着していた。多量の純銅の溶解は電流丸の船渠部分の銅板張り替えの目的だったと想定される。一方、同一炉壁でも金属の組成が付着箇所によって異なるものもあった。例えば、付着物の組成が鉛と少量の銅からなるもの、鉛と錫と鉄および少量の銅からなるもの、鉛と銅と錫からなるものがあった。いずれの箇所でも鉛の含有量が多かった。青銅製品製造の際に、錫の代わりに鉛のインゴットが加えられその一部が合金をつくらずに炉の坩 (ル) に堆積したと想定される。

#### (English)

A large number of shards of big crucible which was used for fusing metal from ancient time in Japan were found from Mietsu naval facility site in Saga, Japan. Adherent metal to the crucible was pure copper. Consequently, it is assumed that a large quantity of metal copper was fused to make copper sheets for replacing it at the lower portion of draft line of Denryu-maru in Mietsu naval facility site. The copper sheets prevent from breeding shipworms. Different metal composition, however, was observed at the different adherent spots for the same shard of crucible: a spot consisting of lead and small amount of copper, a spot of lead, tin, iron and small amount of copper and a spot of lead, copper and tin. All spots contain lead that suggests the use of metal lead instead of tin in the preparation of bronze and the metal lead partly precipitated at the bottom of the crucible.

#### 2. 背景と目的

三重津海軍所跡(佐賀市川副・諸富町)は安政 6 年(1859 年)に佐賀藩が設置した藩船運用施設で、オランダから購入した蒸気船「電流丸」や佐賀藩が建造した「凌風丸」等の修繕等が行なわれた。佐賀市教育委員会が実施した発掘調査の結果(平成 21～24 年度)、日本最古の木枠構造のドライドックであることが確認され、釘や鋳、座金等の金属製品のほか、坩堝、羽口、鋳型、炉壁の多量の金属生産関連遺物が出土した。同跡地は平成 25 年 3 月には国史跡に指定された。更に、世界遺産暫定一覧表に追加登録された(平成 21 年 1 月)のを機に、「世界遺産登録」目指して佐賀市、佐賀県で調査が進められている。

本研究では、三重津海軍所跡からの種々の出土品、特にこしき坩堝の分析により、三重津海軍所で行われていた作業内容を解明する。今までの分析結果、高純度の鉄や銅製品ほか真鍮、青銅及び磁器

が使われてことが明らかになった。今度の測定では、ルツボやこしき炉に付着した痕跡物質の化学成分の分析より、ルツボの使用目的を明らかにする。特に、電流丸の船渠部の銅板張り替えに使われたこしき炉について調べた。

### 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

本研究の目的は数ミリの大きさをルツボに付着している痕跡の化学成分を同定して、付着物成分より埴塙の用途を推定することである。ルツボの内側に残っていた斑点や変色したルツボの部分の蛍光X線分析法で調べた。ルツボの大きさと付着物の分析結果を比較し、ルツボの用途について検討した。

BL07で、励起エネルギー30 keV、シリコンドリフト検出器(SII Nano Technology USA Inc. Vortex-EM)を用いて蛍光X線分析を実施した。ビームサイズは1.4mm (W) x 0.5mm (H)である。二つのレーザービームで試料への照射ビーム位置を決めた。測定強度は表面形状によって変化するので、入射光強度が同じになるように相対強度に換算した。

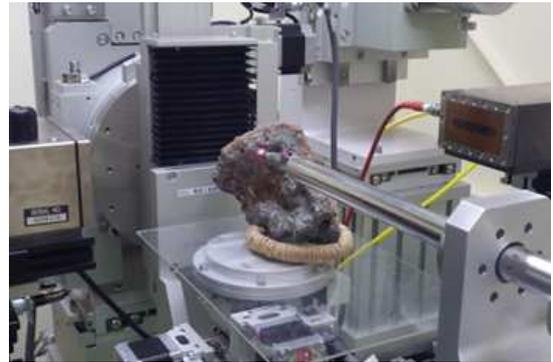
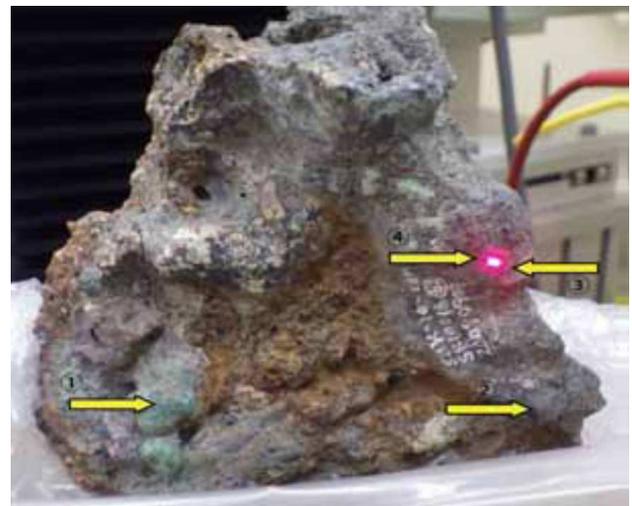


図1. こしき炉破片遺物に付着した物質の蛍光X線分析。赤いスポットは測定点を示す。

### 4. 実験結果と考察

三重津海軍所跡からはこしき炉の一部である炉壁が多数出土した。こしき炉は多量の鉄や銅を溶かすために、日本で古来から行われた金属溶解炉である。こしき炉の付着物から溶解した金属の種類を知ることができる。純銅が付着した炉や青銅が付着した炉壁があった。大きなこしき炉で純銅製品や真鍮製品を製造したと考えられる。特に多量の純銅の溶解は電流丸の喫水線以下の銅板張り替えの目的だったと想定される。一方、同一炉壁でも金属の組成が付着場所によって異なるものもあった。例えば、炉壁には付着物の組成が鉛と少量の銅からなるもの、銅以外に多量の亜鉛を含み、微量の鉛、銀、錫が検出された。鉛と錫と鉄および少量の銅からなるもの、鉛と銅と錫からなるものがあった。これらの付着物からは製造された金属の種類を簡単には類推できないがいずれの箇所でも鉛の含有量が多かった。しかし、こしき炉の底の部分の埴(ル)に相当するところでの付着物では鉛が銅より多く検出された。これは青銅製品をつくる際に、錫の代わりに加えられた鉛のインゴットが溶けてこしき炉の埴(ル)に堆積したと



SHK-18-107炉壁(方形炉)

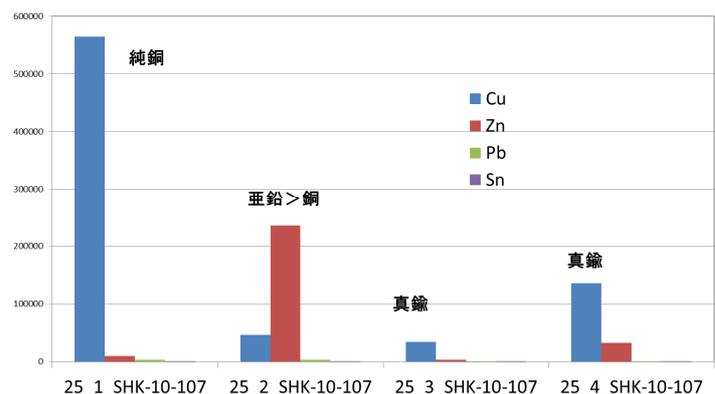


図2. 方形炉壁と付着物組成。場所によって異なる。

想定される。方形炉の炉壁には付着物が純銅である箇所、亜鉛である箇所、真鍮である箇所と少量の真鍮が付着した箇所があった(図2.)。方形炉の炉壁はこしき炉の破片と考えられているが、この炉では真鍮を製造した際に銅と亜鉛が十分均一に混合溶解されずに純銅や亜鉛が炉壁に残ったと考え

られる。

## 5. 今後の課題

局所領域を非破壊で測定するというシンクロトン光の特徴を生かした蛍光X線分析を行うことができた。真鍮の標準物質を用いて含有割合を濃度と強度比との補正を行ったが、ルツボに付着した銅成分には、標準真鍮に含まれないルツボの成分が測定されることがあった。試料状態と全く同じようなものの標準物質が手に入らないことが定量性の限界となる。

## 6. 参考文献

- 1) 佐賀市教育委員会、佐賀市重要産業遺跡関係調査報告書第1集「幕末佐賀藩三重津海軍所跡」2012
- 2) 佐賀市教育委員会、佐賀市重要産業遺跡関係調査報告書第3集「幕末佐賀藩三重津海軍所跡」2013

## 7. 論文発表・特許（注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果）

- 1) 佐賀市教育委員会、佐賀市重要産業遺跡関係調査報告書第5集「幕末佐賀藩三重津海軍所跡」2014, 掲載予定。
- 2) 田端正明、基調報告「シンクロトン、三重津海軍所跡に挑む」（7月13日、2013）、報告書発刊予定2014。

## 8. キーワード（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

局所分析、蛍光X線分析、発掘遺物

## 9. 研究成果公開について（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください（2013年度実施課題は2015年度末が期限となります。）

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文（査読付）発表の報告

（報告時期：2015 年 10 月）