

(様式第4号)

## 江戸末期で使われた反射炉の鉄およびレンガの蛍光X線分析 X-ray fluorescence Analysis of iron and brick found in the old reverberatory furnace in the end of Edo Period

田端正明 保見真悟  
Masaaki Tabata, Shinngo Homi

佐賀大学  
Saga University

### 1. 概要

江戸期に培われた科学技術が、幕末から明治初期にかけて導入された西洋技術によって明治20年ごろまでにどのように変化し発展したかを解明するために、江戸末期に発達した佐賀藩の鉄の製造跡地から発掘された資料をシンクロトン光の蛍光X線分析法で解明する。

(English)

Iron and brick found in the old reverberatory furnace in the end of Edo period were analyzed by X-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation at Saga in order to know how the science and technology of iron production imported from Europe developed as own technology in Japan.

### 2. 背景と研究目的：

幕末期に鉄製大砲製造のために、佐賀藩を始め鹿児島藩・島原藩・鳥取藩・水戸藩・

幕府領葦山で反射炉が築造された。各反射炉跡地で採取した鉄片を分析し、反射炉の性能製造された鉄製大砲の質を解明する。更に、反射炉で大量の鉄製大砲の製造を可能としたのは反射炉で使われたレンガの強度が高かった事に由来すると見なされる。各藩のレンガの成分分析によってその違いと由来を解明する。鉄鉱石の産地、製法を知るためにシンクロトン光を用いた蛍光X線分析を実施する。特に主成分が鉄である試料で、12keVの範囲でTiを中心とした微量の元素の検出がどこまで可能か？更に、微量元素の成分比の産地と製法による違いを明らかにする。また、試料は鉄片であるので、散乱強度による妨害を除くために位置の調整が必要である。申請者は今まで、有明海底泥の蛍光X線分析を佐賀のシンクロトンで実施してきたが、今度の測定によって、

佐賀にシンクロトロン古遺物の分析への新しい実績を得ることができると考えている。

このようにして、本研究によって、江戸末期における日本の高度技術の発展とその由来を考察する。

### 3. 実験内容：

下記の鉄片とレンガの固体試料をBL15で蛍光X線分析を行った。

原料鉄片

1. 佐賀藩多布施反射炉跡地で採取の鉄棒片 No1
2. 佐賀藩多布施反射炉跡地で採取の鉄 No1
3. 築地反射炉鉄跡地で採取の鉄 No1
4. 築地反射炉鉄跡地で採取の鉄 No2
5. 安心院反射炉鉄跡地で採取の鉄 No1
6. 安心院反射炉鉄跡地で採取の鉄 No2
7. 釜石鉄鉱石 No1

レンガなど

9. 島原藩安心院反射炉で融解されたレンガ No1

- 10. 鹿児島藩知覧で採取した石 No1
- 11. 六尾反射炉鉄
- 12. 六尾反射炉レンガ

測定時間 10 分、励起エネルギー 12 keV, ビームサイズ、0.5x4mm/mm

#### 4. 結果、および、考察：

固体試料をポリエチレンの袋に入れて、試料表面にX線を照射した。その蛍光スペクトルを測定した。

その一例を鉄製造時に用いられた反射炉のレンガとそこで発掘された鉄の棒の蛍光X線分析結果を示す (図 1、a, b)。

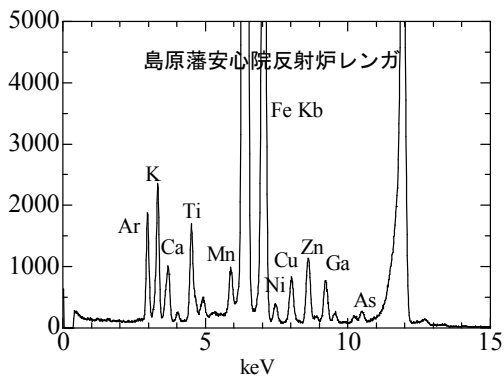


図 1、a. 島原藩安心院反射炉レンガ

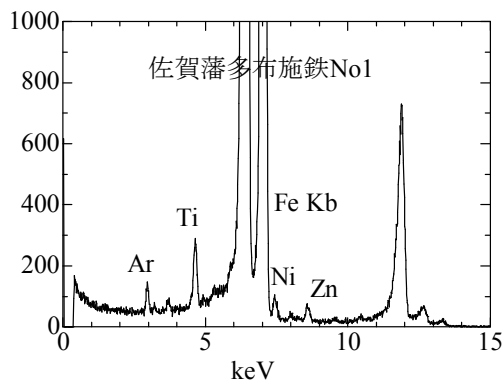


図 1、b. 佐賀藩多布施鉄 No1

試料の表面の凹凸が激しいので、表面で散乱が起こり、測定X線の強度は表面状態に影響を受けた。しかし、空気中のアルゴンの濃度は一定

であるので、それを基準にしてプロットすると図2のようになった。鉄製品中の鉄の濃度は大体 Ti の濃度と相関関係が深かった。

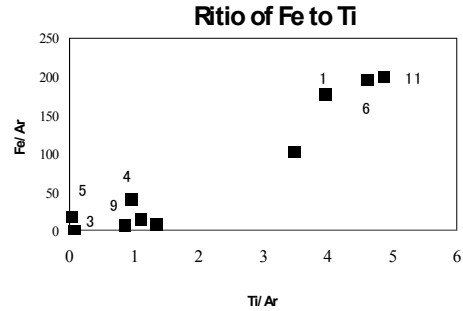


図 2 . Fe/Ar Ti/Ar との相関関係

しかし、原料が砂鉄と鉄鉱石では Fe と Ti の含有量に大きな差がある。上の図より Fe/Ti の濃度比をプロットすると図3のようになった。

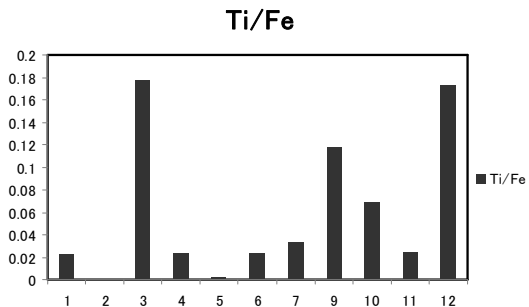


図 3 .試料中の Ti/Fe の濃度比の

即ち試料 3、9、10、12 は砂鉄を原料として製造された可能性が高い。

#### 5. 今後の課題：

固体試料の蛍光X線強度は表面の凹凸に依存する。凹凸が激しい試料では、空気中の Ar 濃度を基準にすると、その強度さによる誤差を避けることができる。蛍光X線の測定では、他の元素との相対強度として測定することが多いが、成分費は試料によって異なるので常に一定濃度である Ar を基準にすることが最適と考える。今まで測定した有明海の泥の蛍光X線分の結果についても検討する必要がある。

#### 6. 論文発表状況・特許状況

投稿するように論文としてまとめている。

#### 7. 参考文献

1. 佐賀藩反射炉由来の鉄鋼の分析、加藤将彦、平井昭司、鈴木章悟、岡田往子、幕末佐賀科学技術史研究 第3号、1-48 (2008)
2. まほろん2号炉における復元たたら製鉄からの製鉄関連資料中の元素濃度及び金属学的組織の調査、平井昭司、加藤将彦、小椋幸司、鈴木章悟、岡田往子、福島県文化財センター白河館研究紀要 2006、63-80 (2007)
3. Evaluation of Laboratory Ultra Soft X-Ray Absorption Spectrometer by Li-K XANES measurements and their DV-X $\alpha$  calculations  
T. Kurisaki, Y. Nakazono, S. Matsuo, R. C. C. Perera, J. H. Underwood and H. Wakita, Adv. Quantum Chem. 54, 315-323(2008)
4. 有明海における重金属イオンの濃縮され易い底泥環境、田端正明、衛藤勇男、西本潤、有明海総合研究プロジェクト成果報告集、2巻 7(2006).

## 8. キーワード

- ・ 蛍光 X 線

物質を X 線で照射したときに原子の内殻軌道の電子を励起放出し、この空準位に高い準位の電子が移るときに放射される特性 X 線のこと。

- ・ 鉄の原料

鉄鉱石と砂鉄が用いられる。江戸末期の日本の大砲製造に用いられた鉄の原料の解明は、西洋技術を受けた日本古来の鉄製造技術の発展を知る上で重要となる。