

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350394

研究課題名(和文)地球科学的アプローチによる我が国における近世以前の非鉄金属製錬技術の体系化

研究課題名(英文)Organization of non-ferrous metal smelting technology in pre-modern Japan by geo-scientific approach

研究代表者

中西 哲也(Nakanishi, Tetsuya)

九州大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：50315115

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：国内各地で調査が進む、生産遺跡、鉱山遺跡から得られる製錬スラグ、鉱石等について科学分析(鉱物同定、化学組成分析、組織観察、鉛同位体分析など)を行う事で、日本の古代-近世における非鉄金属製錬(金、銀、銅、鉛、錫)技術の体系化と評価指針の提示を目指した。日本の製錬技術の革新が行われた石見銀山では、銀鉱石に鉛を加えて一次製錬を行うことで銀の生産性を高めていた事が分析データより裏付けられた。また、鉛の供給元となった鉱山を鉛同位体分析値から推定した。これらの手法が、日本の金属製産における原料の産地、製錬プロセス、原料及び製品の流通を把握する上で、有用であることを示した。

研究成果の概要(英文)：Ore and slag samples from several mines and smelting sites in pre-modern Japan were analyzed by geo-scientific methods(chemical composition, mineral assemblage, texture and stable lead isotope). In case of the lwami-ginzan silver mine, chemical compositions of ore and slag shows addition of extra lead to smelting process of silver ore. And also, data from Stable lead isotope analysis shows the origin of lead ore. These results will be useful for understanding of metal production process in Japan.

研究分野：鉱山技術史、資源工学

キーワード：生産遺跡 非鉄金属製錬 鉛同位体比分析 石見銀山 鉱山技術 製錬スラグ 化学組成分析 蛍光X線分析

1. 研究開始当初の背景

平成19年の島根県石見銀山の世界遺産登録を契機に、国内各地で生産遺跡、鉱山遺跡の調査と再評価を行う機運が高まっていた。従来から研究が進められてきた「たたら製鉄」と比べ、近世以前の非鉄金属生産技術については、文献を用いた歴史学的研究の成果は比較的蓄積されているのに対し、鉱石や製錬スラグの化学組成分析に基づいた科学的な検証は不足していた。

2. 研究の目的

国内各地で調査が進む、生産遺跡、鉱山遺跡から得られる製錬スラグ、鉱石等について科学分析(鉱物同定、化学組成分析、組織観察および同位体分析)を行う事で、日本の古代~近世における非鉄金属製錬(金、銀、銅、鉛、錫)技術の体系化を行う。製錬スラグの分析データから、国内各地の生産遺跡、鉱山遺跡における金属製産のプロセス、原料鉱石の供給源の推定および流通を把握するための手法の確立を目指した。

3. 研究の方法

日本各地の鉱山遺跡において現地調査を行い、採取した鉱石及び製錬スラグ試料について、化学組成分析、鉱物同定、組織観察及び安定鉛同位体分析を行い、採掘技術、製錬プロセスの検証及び推定及び、原料の産地同定を行った。

化学組成分析および鉱物同定では、粉末試料を準備し、蛍光 X 線分析装置 (RIGAKU RIX3100) および X 線回折分析装置 (RIGAKU FreeFlex Ultima IV) を用いて行った。鉛同位体分析では、高精度の鉛同位体比分析を行うため総合地球環境学研究所のマルチコレクター型誘導結合プラズマ質量分析装置 (MC-ICP-MS: サーマフィッシャー社 NEPTUNE Plus) を使用した。また、試料調製法として、Spec 樹脂および MCI 樹脂を用いたカラム交換操作による Pb の精製を行った。

4. 研究成果

山口県美祢市長登銅山、島根県石見銀山、福島県軽井沢銀山、新潟県草倉銅山、山梨県巨摩郡身延町湯之奥金山 (茅小屋金山、内山金山)、早川町老平金山において現地調査を行い、現地の状況の把握と鉱石、製錬スラグ資料の採取を行った。

特に石見銀山では、永久地区を中心とした露頭堀り跡の調査を行い、鉱山開発の初期に採掘された鉱石の種類の把握を行った。化学組成分析の結果、銀銅鉱石を産出した永久地区の地表に見られる路頭堀では、銅鉱石ではなく、福石鉱床と類似した銀鉱物主体の鉱石を採掘していたことが明らかとなった。

また、石見銀山における銀製錬に用いられた鉛鉱石の産地を推定する目的で、鉛同位体比分析を行った。試料は西日本地域の鉱山 52 試料: 石見銀山(鉱石 8、スラグ 8)、磯竹鉛山(方鉛鉱)、久喜・大林(鉱石 5 点、焼窯土 1、炭酸鉛 1、スラグ 2)、小泉鉛山(鉱石 1)、佐野鉛山(鉱石 1)、多田銀銅山(鉱石 2、焼鉱 1、スラグ 8)、長登銅山(鉱石 6、スラグ 2)、赤小野(表土 1、鉱石 1)、百済寺跡(銅板 1、銅塊 1)を分析した。分析の結果、従来の鉛同位体比分析よりも一桁以上精度の高い分析結果を得る事ができ、原料鉱石や添加した鉛原料の産地を推定するために十分な精度を得られた。

207Pb/204Pb (縦軸)、206Pb/204Pb (横軸) のプロットでは、それぞれの鉱山の鉱石の値は良く集中した値を示し、スラグの鉛同位体比は、原料鉱石と添加した鉛鉱石の中間に分布する様子が読み取れた。

石見銀山の場合、今回の分析試料では、鉛鉱石はほとんどが磯竹鉱山のものが使われた事が分かった。但し、データの中には磯竹の同位体比の範囲に収まらないものも認められ、もっと高い鉛同位体比を持つ鉛原料 (例えば久喜) の添加の可能性も認められた。(図 1)。成果の一部は資源素材学会 2015 春季大会にて報告を行った。また、百済寺で発掘された銅製品の原料は長登銅山地域のものである事が推定された(図 2)。

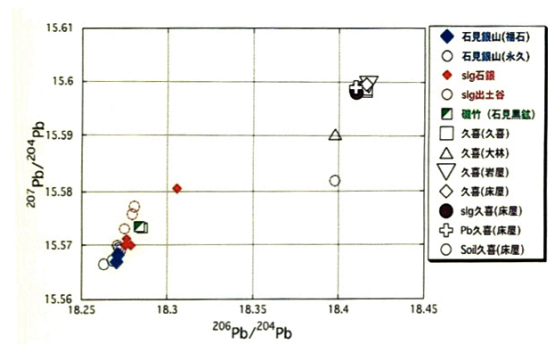


図 1 石見銀山および磯竹鉱山、久喜鉱山の鉱石および製錬スラグの鉛同位体比

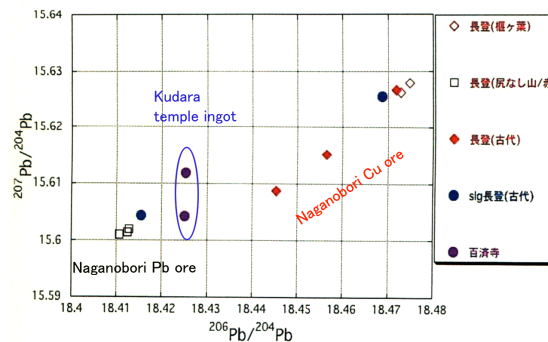


図 2 百済寺銅製品および長登銅山の鉱石および製錬スラグの鉛同位体比

湯之奥金山では、茅小屋金山の選鉱テラス、内山金山の選鉱テラス及び坑道採掘跡の鉱石、選鉱ブリ試料の分析を行い、茅小屋金山と内山金山の選鉱ブリが、鉱物組成及び化学組成共に類似している事を明らかにした。また茅小屋金山では対応する採掘跡が見つからない事から、内山金山の鉱石の選鉱を行っていた可能性が大きい事を示した。

また、鉛同位体比分析では、石見銀山の他、神岡鉱山（長棟鉛山）、別子銅山の鉱石及び製錬滓試料を選定すると共に、西日本地域における基盤岩の鉛同位体比分析データ蓄積のために花崗岩試料 23 点を入手し、鉛同位体比分析の準備を進めた。

研究の成果の一部は、日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会及び資源素材学会 2016 春季大会にて報告を行った。

本研究の成果として、鉱石や製錬スラグの地球科学的分析により、鉱山開発初期の採掘対象の金属の推定や、製錬の際の添加物の有無、そして原料の産地推定を行うための手法がほぼ確立できた。特に MC-ICP-MS 鉛同位体比の高精度分析は非常に有用であり、今後も引き続き試料収集と分析データの蓄積が重要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

①TETSUYA NAKANISHI, EIJI IZAWA, Evolution of Silver-smelting Technology of Japan in the Middle of Sixteenth Century, 査読あり, ISIJ, 54, 5, 1093-1097, 2014

②EIJI IZAWA, TETSUYA NAKANISHI, Gold Refining by Cementation with Salt at Sado in Early Seventeenth Century Japan, 査読あり, ISIJ, 54, 5, 1098-1105, 2014

[学会発表] (計 13 件)

①T. Nakanishi, S. Ki-Cheol Creation of high precision stable lead isotope ratio database and its application for pre-modern metal production in Japan. ISIJ International Organized Sessions, Interdisciplinary workshop on metal artifacts and indigenous technologies in India and Japan, (2016. 3. 25)

②中西哲也、久間秀樹、小松美鈴「山梨県内山金山および茅小屋金山の鉱石について」、資源・素材学会2016春季大会 (2016. 3. 30)

③中西 哲也, 申 基澈, 井澤英二, 鉛安定同位体比分析を用いた近世日本の銀製錬技術の検証, 資源・素材学会2015春季大会, (2015. 3. 29)

④TETSUYA NAKANISHI, The Naganobori copper mine: Ancient copper production of Japan in 8th century, 4th Asia Africa Mineral Resources Conference 2014, (2014. 10. 13)

⑤中西 哲也, 九州大学工学部列品室の鉄鋼関連標本の概要, 日本鉄鋼協会秋季講演大会, (2014. 09. 26)

⑥ EIJI IZAWA, TETSUYA NAKANISHI, Gold refining by cementation with salt at Sado in early seventeenth century, The 8th International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA-VIII), (2013. 9. 12)

⑦TETSUYA NAKANISHI, EIJI IZAWA, Evolution of silver-smelting technology of Japan in the middle of the 16th century, The 8th International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA-VIII), (2013. 09. 12)

⑧中西 哲也, 日本における近世以前の銀鉱石製錬について, 資源素材学会, (2013. 9. 5)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中西 哲也 (NAKANISHI, Tetsuya)
九州大学・総合研究博物館・准教授
研究者番号： 50315115