

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02943

研究課題名(和文) 史学と自然科学の融合研究で探る幕末明治期における地域鉄産業の変貌と展開

研究課題名(英文) Joining Study between History and Natural Science for Iron Industry in each Region at Late Edo and Meiji Period

研究代表者

脇田 久伸(wakita, hisanobu)

佐賀大学・シンクロトン光応用研究センター・研究員

研究者番号：50078581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：佐賀・出雲・大分・熊本・福岡地域の史料研究を行った。佐賀では反射炉で製造された絵写真資料からアームストロング砲の国内製造の可能性を示した。出雲では砂鉄掘場で砂鉄等収集し、ICP-MS分析法で希土類元素分析した。希土類元素パターンが砂鉄源の存在形態と採取地点の差異を反映していた。大分・熊本では西南戦争時の弾丸の鉛同位体分析からヨーロッパ産鉛であることが分かった。和製青銅大砲・鉄砲の鉛同位体分析を行った。大砲の初国産化は16世紀で日本産も用いられたこと、和製青銅砲の鉛同位体比から国産と外国産素材の両方であるとした。福岡藩の考古学的探査から硝石輸入と硝石製造の遺跡を発見し藩の活動を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Historical materials of Saga, Izumo, Oita, Kumamoto, and Fukuoka were studied. The domestic manufacturing possibility of Armstrong Gun was shown from the analysis of its picture photos of its production by the Reverberatory furnace. The iron sands were collected at the dug fields in Izu, and analysed the rare earth element content by an ICP-MS method. The rare earth element patterns showed the existence form of the iron sand and the difference of the collection points. The used bullets during Seinan War were collected in Oita and Kumamoto, and analysed by the lead isotope method and showed that they were made in European. Lead isotope analysis of bronze cannon and iron gun showed the firstly produced bronze cannon in 16 century were prepared by Japanese raw materials, but the bronze cannons were sometimes prepared by mixed materials with Japan and the other countries. From the archeological study of Fukuoka Domain, the ruins of the import and preparation of Akira stone were discovered.

研究分野：分析化学 科学技術史

キーワード：史学と自然科学 融合研究 幕末明治期 地域鉄産業 変貌と展開

1、研究開始当初の背景

明治期の製鉄産業の発展に関して在来の製鉄技術が果たした役割に対して、中岡哲郎（『近代日本の形成—伝統と近代のダイナミクス』2006年）は官営の大規模製鉄について検討したのに対し、同時期の鉄産業に関する長谷川雅康（『薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究』2002-2003年）、野原建一（『たたら製鉄業の生産』2008年）、木原薄幸（『幕末・維新时期における肥前薩摩藩』1973年）等の研究は地方における鉄産業に関する労作であるがいずれも史資料分析の研究である。一方、佐々木稔らは考古学と自然科学による初の共同研究（『幕末・明治期の製鉄遺跡と考古学』、季刊考古学、2009年）で鉄産業の科学史における自然科学的観点の重要性を示している。

我々は平成23-26年度にわたる科学研究費補助金（基盤研究B）を得て、江戸末期の製鉄技術を活かした鉄づくりを続けていた佐賀・出雲・盛岡南部の3地域で行われた地域鉄産業技術の展開を史学・分析科学・情報学・システム科学の4分野による共同研究でグローバルに解明し、3地域の鉄産業の展開を在来知（在来技術と経験知）の外来知受容・融合および展開という観点から研究を行ってきた。その結果、シンクロトロン光（SL光）蛍光X線分析とICP-MS分析法による極微量希土類元素分析から佐賀では在来知が反射炉築設とそれに伴う鉄製大砲の製造を可能にした展開を、出雲では在来知のたたら製鉄技術による鉄製品の評価と他地域への伝播を議論した。このことから、盛岡南部地域で採取された古銭は、砂鉄で造られた可能性が考えられた。また鍋島徴古館の鉄製砲弾と薩摩藩所有のフライホイールおよび標準鉄試料が同じ希土類元素含有量比を示した。一部の含有量比は異なるが全体的な傾向が似ていることから、鍋島徴古館の鉄製砲弾は佐賀藩製でない砲弾であることが示めされた。鉛(Pb)の同位体分析を行ったところ上野清水観音堂の砲弾（上野戦争時官軍のアームストロング砲弾）表面のPbは国産品群に近い。一方、会津若松の白虎隊記念館の砲弾（官軍のアームストロング砲弾）表面のPbは産地が特定できず、未知のPb鉱山の存在を示唆した。これらの成

果は幕末明治期の金属遺物でも最先端の自然科学分析法を取り入れると産業技術史に新たな研究の切り口を開拓できることを意味する（研究の着想）。そこで本研究では以上の成果をもとに蛍光X線分析、ICP-MSによる極微量希土類元素分析に加え同位体分析を行う最先端分析法を用いて、幕末明治期の地域金属産業における在来知の外来知受容と融合、新たな展開状況を明らかにする。

2、研究の目的

本研究グループは在来の技術や経験（在来知）が日本の近代化へ及ぼした具体的影響を探るべく貴研究助成を受け、文系・理系の融合研究で国内・東アジアの研究者を含めた国際共同研究を行い、在来知の外来知受容と融合及び展開を鉄産業、医療技術等の具体例から探り成果を上げてきた。本申請では研究対象地域を拡大し文系は史学に考古学を含め、理系はシンクロトロン光X線分析、微量希土類元素分析さらに同位体分析も含めた最新分析科学とし、研究対象を金属遺物に絞り、近世日本の在来知が幕末明治期の近代日本産業にもたらした影響を金属遺物の材料評価と産地同定から分析し、近代日本産業の勃興と展開に在来知が与えた寄与と実態を解明し、我が国のイノベーションの本質を探ることを目的とする。

3、研究の方法

佐賀・出雲・大分・熊本・福岡地域を含めた地方における幕末明治期の鉄を中心とした金属遺物について史学・考古学の立場から史資料分析と金属遺物収集を行い、この収集試料について最新分析技術を分担駆使して材質評価と産地同定を行い、各地域の製鉄技術水準を位置づける。これらの文理融合研究によって佐賀の反射炉、出雲のたたら炉製品が特産品に発展して行く過程を解明し、在来知が新たに形成され展開してゆく状況を技術史的に明らかにする。さらに玉鋼から大砲類に至る製作段階の鉄材質評価と微量元素の分布変遷を探り鉄分析の評価基準とする。本計画は在来知歴史学会を中心とし、若手を含む国際共同研究でグローバルに実施・公表していく。

4、研究成果

佐賀・出雲・大分・熊本・福岡地域における調査・試料収集を行った。佐賀では佐賀藩で反射炉を製造した際の史資料とくに絵写真資料を調査・収集・解析しアームストロング砲の国内製造の可能性が高いことを示した。出雲では地質図と対応させながら10ヶ所以上の砂鉄掘りの現場を調査し、砂鉄母岩と含砂鉄土壌の収集を行った。収集した試料は顕微鏡下で組織分析した。さらに溶解試料をICP-MS分析法でジルコニウム、イットリウム及び希土類元素分析を行った。その結果、希土類元素パターンに地域性による差異が認められ、このことから希土類元素パターンが砂鉄源の存在形態と採取地点の地質の差異を反映していることを示唆しているとした。大分・熊本では西南戦争時に使用された弾丸を収集し鉛同位体分析を行った。その結果、日本産鉛ではなくヨーロッパ産と推定される鉛が利用されていた。同位体比からは政府軍と薩摩軍の弾丸は同一の産地から供給された小銃弾を使用していたと推定された。日本の銃砲の在来知は青銅後装砲であるので和製青銅大砲・鉄砲の金属素材を知るために国内外の金属素材の収集とその鉛同位体分析を行った。大砲の初国産化は16世紀第3四半期で日本産金属も用いられた。和製青銅砲の鉛同位体比から和製大砲の金属素材は純国内産と外国産素材の両方が用いられてきたことが分かった。福岡藩の火薬製造関連資料の考古学的探査によって1855年頃から輸入硝石貯蔵用のタイ製四耳壺の所有と国産硝石の製造のための水車、石臼等の建設跡の発見が行われ福岡藩が幕末の動乱期に備えていたことが明らかになった。これらの研究の討議は福岡大学にて開催された年度初めと年度末の福岡在来知研究会や、中国で開催された国際会議（ISHIK）で行い、在来知の外来知受容・融合とその展開による在来知の進化の解明をめざした。

4-1、「佐賀藩とアームストロング砲」 長野 暹 脇田 久伸 沼子 千弥 栗崎 敏 他2名

佐賀藩で幕末期に製作した大砲について史資料分析法と最新機器分析法によって研究した。まず、現在、上野の清水観音堂絵馬に遺されているアームストロング砲弾と思われる2個の砲弾（前装執条砲弾と後

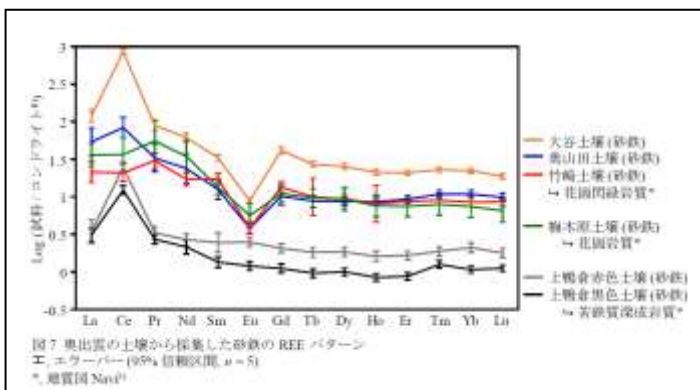


装執条砲弾) について蛍光X線および回折X線分析並びにICP-MS分析を行い、原料鉄の産地同定を試みた。鉄の存在量が前装砲弾では89.66であるのに対し、後装砲弾では55.62となっており、前装砲弾は明治前半制作の砲弾の96.99に近い。次に佐賀藩の上野の戦い絵図から佐賀藩製後装施条砲の尾栓部の構造がバーネット式でイギリスのランプ式よりも近代に近いアームストロング砲型の後装施条砲であったことを論述した（写真）。

4-2、「島根県奥出雲地域における砂鉄資源としての岩石の特徴」 米津幸太郎 中西哲也

砂鉄中の微量元素、特に希土類元素の存在度を調べる研究の一環として、奥出雲地域で砂鉄資源となっている火成岩の特徴を調査した。調査した岩石は、地質図上で異なる種類の岩石が分布する3つの地域：(1)竹崎は花崗岩、(2)上阿井福原は花崗閃緑岩、(3)上鴨倉は苦鉄質深成岩の分布地域から採取した。竹崎岩石では、脈石鉱物を精査し、その結晶化過程を推定した。上阿井福原および上鴨倉岩石では、脈石鉱物および鉍石鉱物について調査した。砂鉄を構成する鉄鉱物として、マグネタイト、ヘマタイト、パイライトが含まれていた。上鴨倉岩石の砂鉄成分含量が上阿井福原岩石より多く含まれ、帯磁率も5倍程度大きかった。

4-3、「鉄製歴史資料の産地指標確立をめざした奥出雲地方の砂鉄における希土類元素パターンの地域性解明」 脇田 久伸 沼子 千弥 横山 拓史 長野 暹 栗崎 敏 他3名
希土類元素（REE）パターンは、岩石や土壌を原料とする考古遺物の産地推定に有効な指標である。本研究では、幕末～明治期に佐賀藩が使用した鉄製砲弾の原料であると考えられている奥出雲産の砂鉄のREEパターンが、産地推定に有効な指標になり得るかを明らかにするために、そのパターンが、「砂鉄の採取地域の地質」や「岩石や土壌といった砂鉄源の存在形態」に依存するか否かを検証した。島根県奥出雲地方で幕末から明治時代初期にかけて砂鉄の採集に利用されていた露頭（13地点）



から、土壌およびその母岩と考えられる岩石を採取した。これらの試料から磁選して取り出した砂鉄中のREE含有量を誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)で測定した。各REEパターンを比較することで、これらのパターンの形成に寄与する要因の解明を目指した。ここでは、前述の13地点のうち5地点分の試料を分析した。その結果、奥出雲地方における砂鉄のREEパターンは、「砂鉄源の存在形態」および「採取地点の地質」を反映する可能性がある(図参照)。XRDでは、竹崎および上鴨倉の土壌と岩石、それらから採集した砂鉄を分析した。磁選前の試料に含有する鉱物には、共通して、石英、斜長石、磁鉄鉱および風信子石が確認できた。さらに、上鴨倉の土壌には、風化生成物である粘土鉱物のカオリナイトが、上鴨倉の岩石には普通角閃石が含まれていた。磁選で得た4種類の砂鉄試料には、磁鉄鉱、風信子石、石英および斜長石が確認できた。現状の磁選では、純粋な砂鉄(磁鉄鉱)を得ることが困難であった。このことは、顕微鏡でも確認することができる。砂鉄に含まれる前述の不純物の中で、REEを豊富に含む可能性のある風信子石には注意が必要である。一般に、風信子石は酸に対して難溶解として知られている。しかし、今回分析した砂鉄には、3.8-179 ppmのZrが含まれていた。したがって、鉄製遺物の産地推定に砂鉄のREEパターンを応用するには、酸分解時の風信子石の挙動を明らかにしておかなければならない。奥出雲における砂鉄のREEパターンは、砂鉄源の存在形態と地質の両方に依存している可能性が示唆された。試料を採取した露頭は13地点だが、今回REEを測定した試料は、5地点の土壌および2地点の岩石から採集した砂鉄のみである。残りの試料から採集した砂鉄のREEパターンを作成すれば、より明確な議論が可能である。併せて、磁選後の残渣(土壌や岩石から砂鉄を取り除いたもの)のREE測定や、主成分元素やREE以外の微量成分元素の定量を行えば、パターンを形成する要因を明らかにできるかもしれない。特に、主成分および微量成分元素は、考古遺物や地質試料の産地推定に有効な指標であり、XRFで測定されることが多い。XRFは、固体試料中の主成分～微量成分を測定することができる簡便な機器分析法である。今後は、ICP-MSと併せてXRFを利用して、磁選前後の試料の化学組成を明らかにし、鉄製遺物の産地推定におけるREEパターンの有用性を示したい。磁選で取り出した砂鉄には、不純物として風信子石(ジルコン, $ZrSiO_4$)が

含まれていた。風信子石は、一般に酸に対して難溶解性とされているが、今回の砂鉄中には最大で179 ppmものZrが含まれていた。風信子石の中にはREEを豊富に含むものも存在する。したがって、砂鉄のREEパターンの有用性を示すには、砂鉄に不純物として含まれる風信子石の酸分解時の挙動を明らかにし、REEの溶出性の有無を検証しなければならない。以上の検討を進めることで、これまでの考察は、より確定的なものになり、幕末期明治期の鉄製砲弾の科学的な産地推定に役立てることができるはずである。そして、これらの砲弾が、佐賀藩の在来知あるいは外来知によるものなのかを明らかにできるかもしれない。また、さらに研究を進めれば、「鉄穴流し」による砂鉄の採集や「たたら製鉄」による鉄製品の製造をはじめとする奥出雲地方における在来知が果たした役割を考察する材料になるだろう。

4-4、「明治期初期に日本の西南戦争で用いられた弾丸の鉛同位体比」平尾良光 他1名

1877年に日本で政府軍と地方的な薩摩軍との間で西南戦争が勃発した。この戦いで用いられた小銃弾の鉛同位体

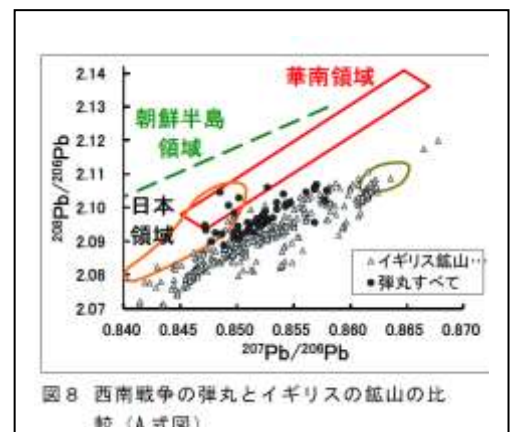


図8 西南戦争の弾丸とイギリスの鉱山の比較(矢野 他)

比を測定し、材料産地を推定した(図8参照)。この図から判断すると、銃の弾丸に日本産材料がそれほどないことから、日本国内での弾丸製造がまだまだ追いつかなかったことを示唆しているのだろうか。少なくとも、鉛材料は銃が違っても、類似した材料であることが示されている。その結果、日本産材料はほとんど利用されおらず、ヨーロッパ産と推定される鉛が利用されていた。同位体比からは政府軍と薩摩軍の明白な違いは見えず、両陣営は見かけ上、同一の産地から供給された小銃弾を使用していたようにも推定される。

4-5「近世福岡藩政期における火薬製造関連資料の検討」桃崎祐輔 他4名

黒田氏が筑前に入り福岡藩が成立すると、1618年頃、現在の福岡市城南区片江に鉄砲組が入植した。屋形原では1864~1870年にかけて、300トン以上の黒色火薬を

製造し、福岡藩の沿岸台場に銃砲用火薬を供給した。現在、福岡市史の編纂において、藩政期火薬工場の資料解説が進められ、事務所・倉庫・製造所・煮込所・定番宅・水車などの施設が存在したことが分かっている。しかし具体的な物証は得られていない。福岡大学考古学研究室では、2016年3月に柏原地区の史跡を調査した際、火薬製造用と伝える大型石臼や、塩類風化で表面が剥離したタイ製四耳壺の伝世を確認した。タイ製四耳壺は、輸入硝石のコンテナとする説が有力である。一方、屋形原・柏原では、国産硝石が使用された。このことは、輸入硝石使用から国産硝石使用への転換を暗示する。本研究では、近世筑前の火薬生産関連資料を探索し、その成果を報告する。

4-6 「アジアへの青銅製火砲の伝来について—鉛同位体比分析の観点から—」 上野淳也

日本の戦国時代に最初に伝わった大砲は、旋廻式後装砲であった。後装砲の伝来は、ポルトガルから東南アジア及び華南へ伝わり、その後、日本へ伝わったと考えられている。大友宗麟は、1576年に、この後装砲と西洋の新しい知識を輸入している。ヨーロッパ製の青銅砲は、銅90%と錫10%に若干の鉛を含む“砲金（ガンメタル）”という合金で鑄造されている。しかし、中国製の青銅銃は、錫・鉛の割合が高く、銅の比率が低い。また、東南アジア製の青銅銃には亜鉛が多く、日本の青銅銃には鉛が多い。渡辺宗覚は、16世紀後半に大友宗麟から命じられて、火器の鑄造方法をアジアのポルトガル勢力下へ行って習得してきたことが分かっている。彼は、ヨーロッパの冶金学の大砲に最も適した合金である“砲金”の化学組成を学び、大友宗麟の下、日本で最初に大砲を鑄造した人物であると考えられる。朱印船貿易が始まると日本でもヨーロッパ産金属や華南産の金属が用いられた。

4-7 「原始絵画と初期王権—人類史的観点からの素描—」 河野一隆

北・中部九州に分布する装飾古墳は、日本古墳文化の地域的型式と見なされてきた。しかし人類史に展開する原始絵画の普遍性を認める立場から、本研究ではインドネシア・南スマトラをフィールドに調査研究を展開し、初期王権との関係について理論化を試みた。まず原始絵画は、人物表現の差異に基づいて3つの様式に整理される。さらに埋葬法との関連を探るために、その変遷過程を4つの世代関係にまとめ、「発展型」、「持続型」、「衝突型」の3類型を抽出した。以上の作業仮説を踏まえ

て、初期王権の社会構成体について「中心化と非中心化」、「長距離交易と葬送記念物」、「威信財経済」、「戦争と英雄叙事詩」という機能主義的な側面から試み、初期王権の登場を人間思惟の重大な画期に位置付けた。

5、主な発表論文等

{雑誌論文} (計8件)

- ① T. Kurisaki, Y. Yamashita, T. Yokoyama, S. Nagano, H. Wakita, An Analytical Chemistry Study on the Documents Related to Japanese Photographic Technique at Late Edo and Meiji Period (1), Proceedings of 7th International Symposium on History of Indigenous Knowledge, 7巻, 157-163 (2017), 査読有, DOI無し
 - ② 脇田久伸, 幕末・明治期の化学と写真技術の展開, 文明研究・九州, 11巻, 99-109 (2017) 査読有, DOI無し
 - ③ S. Ichikawa, M. Okamoto, H. Wakita, C. Numako, T. Yokoyama, S. Nagano, and T. Kurisaki, Migration Process of Rare Earth Elements in Iron Sand from Okuizumo Region (Shimane, Japan), Proceedings of the 7th International Symposium on History of Indigenous Knowledge, 7巻, 1125-1131 (2017), 査読有, DOI無し
 - ④ Y. Momosaki, R. Ohtsu, T. Nishida, A. Tou, R. Yamauchi, Satsuma Tower and the Suketsugu Tower Influence of Chinese Stone Stupa on the Style of Stone Stupa in Kyushu, Proceedings of the 7th International Symposium on History of Indigenous Knowledge, 7巻, 183-191 (2017), 査読有, DOI無し
 - ⑤ 長野 暹, 幕末期佐賀藩の反射炉と在来知, 幕末佐賀科学技術史研究, 10巻, 23-28 (2017) 査読有, DOI無し
 - ⑥ 河野一隆, 九州国立博物館研究紀要『東風西声』, 九州国立博物館, 分担執筆128-144 (2017).
 - ⑦ 脇田久伸, 在来知についての一考察, 文明研究・九州, 10巻, 157-165 (2016), 査読有, DOI無し
 - ⑧ J. Ueno, A Study on the Introduction of the Breech-loading-swivel-gun into Asia, Proceedings of the 6th International Symposium on History of Indigenous Knowledge, Saga, Japan, 34-40 (2016), 6巻, 査読有, DOI無し
- {図書} (計2件)
- ① 桃崎祐輔, モノと技術の古代史金属編 村上恭編

吉川弘文館, 分担執筆223-273(2017).

② 尾花侑亮, 栗崎 敏, 沼子千弥, 長野 暹, 横山拓史, 山口敏男, 脇田久伸, ICP-MS法とエックス線分析法を用いた歴史鉄試料の分析, 幕末佐賀藩の科学技術下巻—幕末佐賀藩の科学技術, 分担執筆415-430(総頁436)、岩田書店(2016) 査読有, ISBN978-4-86602-949-8 C3021

6 研究組織

(1) 研究代表者

脇田 久伸 (WAKITA HISANOBU)

佐賀大学・シンクロトロン光応用研究センター・研究員
研究者番号：50078581

(2) 研究分担者

栗崎 敏 (KURISAKI TSUTOMU)

福岡大学・理学部・准教授
研究者番号：20268973

沼子 千弥 (NUMAKO CHIYA)

千葉大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号：80284280

横山 拓史 (YOKOYAMA TAKUSHI) (27-28 年度)

九州大学・理学研究院・教授
研究者番号：20136419

米津 幸太郎 (YONEZU KOTARO) (29 年度)

九州大学・工学研究院・准教授
研究者番号：90552208

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

平尾 良光 (HIRAO YOSHIMITU)

帝京大学・測研究所・客員教授
研究者番号：40082812

上野 淳也 (UENO JUNYA)

別府大学・文学部・准教授
研究者番号：10550494

桃崎 祐輔 (MOMOSAKI YUSUKE)

福岡大学・人文学部・教授
研究者番号：60323218

河野 一隆 (KAWANO KAZUTAKA)

九州国立博物館・学芸部文化財課・課長
研究者番号：10416555

長野 暹 (NAGANO SUSUMU)

佐賀大学・経済学部・客員研究員
研究者番号：80039221