

令和 3 年 6 月 5 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03760

研究課題名(和文)文理融合型アプローチによるたたら製鉄の砂鉄産地推定法の確立

研究課題名(英文) Establishment of a method for estimating the iron sand source of Tataro Iron Making using an integrated approach of humanities and sciences

研究代表者

辻本 彰 (Tsujiimoto, Akira)

島根大学・学術研究院教育学系・講師

研究者番号：60570554

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：出雲地域における、近世たたら製鉄に利用されていた砂鉄の産地に関しては、地域の地誌等に断片的な記録が残るのみであった。本研究では砂鉄の主要構成物である磁鉄鉱に着目し、現存河川堆積物中に含まれる磁鉄鉱の形態分析・粒径分析・化学分析による、砂鉄の産地推定法を提案すること目的とした。12河川流域32地点で採取した磁鉄鉱の形態分析結果から、河川あるいは流域ごとに特徴があることが明らかになり、化学分析の結果からは、7つのグループを見出した。これらの結果をまとめ、砂鉄産地推定のためのデータベースとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

たたら製鉄遺跡に伴う「砂鉄」の産地推定法として、地質学的視点から河川堆積物中(32地点)の磁鉄鉱の特徴を調べ、データベースを作成した。遺跡出土の「砂鉄」について当該データベースを用いた産地推定を試行した結果、考古学的な知見と合わせることで、地誌等の記録を補完する科学的な証拠を得ることができる可能性が示唆された。さらにデータベースを充実させることで、近世以前の物流(海運)等の文化的背景を知る上で重要な知見を提供することができるようになると思われる。

研究成果の概要(英文)：In the Izumo area, there are only fragmentary records of the source of iron sand, which was used for modern tataro ironworks, in local histories. In this study, we focused on magnetite, a major constituent of iron sand, and proposed a method for estimating the origin of iron sand by analyzing the morphology, grain size, and chemistry of magnetite contained in existing river sediments. The results of morphological analysis of magnetite collected from 32 sites in 12 river basins revealed that each river or basin has its own characteristics, and the results of chemical analysis revealed seven groups. These results were compiled to form a database for estimating the origin of iron sand.

研究分野：環境地質学

キーワード：たたら製鉄 磁鉄鉱 鉄穴流し 河川堆積物 砂鉄

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

中国山地の山陰側の花崗岩類は、磁鉄鉱系列の花崗岩を主体とし、砂鉄(磁鉄鉱)を豊富に含む特徴がある。風化して真砂土となった花崗岩類には良質な砂鉄が残存するため、出雲地域では「たたら製鉄」と呼ばれる製鉄業が盛んに行われてきた。たたら製鉄が盛んであった近世においては、出雲地域には田部家、櫻井家、絲原家といった製鉄業の中心的存在があり、全国の鉄生産量の約7~8割が作られていたと言われる。当時の砂鉄資源の産地や流通過程を知ることは、当時の文化的背景などを知る上で重要である。しかし、出雲地域における近世たたら製鉄所で利用されていた砂鉄資源の産地に関しては、地域の地誌等に断片的な記録が残るのみで、その詳細についてはほとんど明らかにされてこなかった。

たたら遺跡の発掘調査で当時利用されていた砂鉄が発掘されることがあり、遺跡中の砂鉄の産地が分かれば、断片的な地誌等の記録を補完する科学的な証拠を得ることができると考え、申請者らは、現存河川堆積物中の磁鉄鉱の形態および化学組成に着目した。磁鉄鉱は $Fe_3O_4$ で構成され、Mn, Mg, Ni, Ti, Cr, Al, V, Siなどの元素を少量含む。これら成分の含有量は磁鉄鉱の生成環境によって変化するため、河川堆積物中の磁鉄鉱の化学組成は後背地の母岩の違いによって変化すると考えられる。また、磁鉄鉱の形態や粒子サイズは、堆積システムの違いによって場所ごとに変化すると考えられる。そこで、これらを複合的に解析することで磁鉄鉱の地域特性を見出す事ができ、砂鉄産地推定のためのデータベースを構築できるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

これまでの研究において、鳥取県・島根県の河川堆積物中の磁鉄鉱の形態・粒子サイズ・化学組成を分析したところ、これらの組み合わせによって産地を特定できる可能性を見出した。しかし、砂鉄の産地推定のためのデータベースを構築するためには、より多くの地点から試料を採取し、その地域特性を明らかにすることが不可欠である。そこで、さらに鳥取県・島根県の広域において現存河川の堆積物を調査し、磁鉄鉱の形態・粒子サイズ・化学組成の分布特性を調査する。得られた結果をデータベース化し、砂鉄産地推定のための資料とする。また、たたら遺跡から出土した砂鉄の分析データについて産地同定を試行し、結果を考古学的な史料と合わせて総合的に解釈することで、産地推定法の妥当性を評価する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 河川堆積物中の磁鉄鉱とそのデータベース化

これまでに調査を行っていた鳥取県・島根県の9河川に加え、鳥取県西部に位置する日野川および島根県西部に位置する江の川、高津川において、河川の上流から下流にかけて磁石を用いて磁性鉱物を採取した。採取した磁性鉱物の形態的特徴を明らかにするため、各地点につき100粒の磁性鉱物を実体顕微鏡下で観察し、公文・立石編(1998)の礫の形状分類に従い、自形・球状・円盤状・棒状・小判状の5つに分類した。また、各地点につき100粒の自形磁鉄鉱の円磨度を求めた。採取した自形磁鉄鉱の化学的特徴を明らかにするため、エネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いて、各地点につき20~25粒の磁鉄鉱の化学分析を行った。化学分析の測定元素は、 $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $SO_3$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ ,  $V_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$ の10元素とした。

採取した磁性鉱物の形態的特徴は、河川・流域ごとでその特徴を整理した。化学分析の結果は、その傾向でグループ化した。

#### (2) 鉄穴場跡周辺の岩石中の磁鉄鉱

河川にはその集水域から堆積物が流入するため、河川堆積物中の鉱物粒子には、後背地の岩石に含まれる鉱物が反映されていると考えられる。そこで、後背地の岩石中の磁鉄鉱の特徴を明らかにするため、後背地の岩石中の磁鉄鉱の化学組成の分析を行った。後背地の岩石中の磁鉄鉱の化学組成を分析するにあたり、斐伊川流域にある島根県雲南市吉田町の菅谷たたらで使用されていた鉄穴場跡周辺において、野外調査と試料採取を行った。菅谷たたらでは、使用されていた鉄穴場の記録が残されており、歴史記録との対比を行うことができる。試料採取に当たっては、露頭表面を鍬で削って新鮮な面からスコップで真砂試料を採取し、実験室において磁鉄鉱を抽出した。磁鉄鉱の分析方法については、河川堆積物と同様である。

### 4. 研究成果

#### (1) 日野川、江の川、高津川における堆積物中の磁鉄鉱の特徴

磁鉄鉱の形態に関しては、河川ごとの特徴があり、江の川上流では円盤状が少なく、中流と下流で円盤状が多い傾向にあった。また、高津川では自形が少なく、日野川では上流から下流にかけて形態に大きな差がなかった。

化学分析に関して、 $Fe_2O_3$ 以外で含有量の多かった $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ の3成分の三角ダイアグラムを作成したところ、その傾向から4つのタイプに分類することができた。日野川中流などでは、プロットにばらつきがあり、様々な組成の磁鉄鉱が混在していた。江の川上流などでは

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>の割合が小さく TiO<sub>2</sub>の含有量が高い傾向にあった。高津川中流などでは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が少なく, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>の含有量が高い傾向にあった。このように, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>の3成分の三角ダイアグラムを作成し,その傾向を比較することや,各地点の磁鉄鉱の円磨度,自形率などを比較することで各地点の特徴が明らかになった。

## (2) 鉄穴場跡周辺の岩石中の磁鉄鉱の特徴

野外調査の結果,菅谷たたら付属の鉄穴場のうち,9地点で試料を採取することができた。採取した試料は,花崗閃緑岩~石英閃緑岩,黒雲母花崗岩,川砂鉄であった。化学分析を行い Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>を用いて三角ダイアグラムを作成したところ,黒雲母花崗岩地帯である新在池は TiO<sub>2</sub>の含有量が低く Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>の含有量にばらつきが少なかった。花崗閃緑岩~石英閃緑岩地帯である茅野は, SiO<sub>2</sub>の割合が高くばらつきが少なかった。粟谷は川砂鉄であり,その他の地点とは傾向が異なった。

花崗閃緑岩~石英閃緑岩から採取される砂鉄は,主に赤目砂鉄(Tiが比較的高い砂鉄)の原料とされている。今回花崗閃緑岩~石英閃緑岩地帯から採取した砂鉄の形状は赤目砂鉄に似るが, TiO<sub>2</sub>が平均で2%を下回り,赤目砂鉄の化学的な特徴を示さなかった。

川砂鉄は TiO<sub>2</sub>が高く,たたら製鉄の工程の籠り期で用いられる籠り砂鉄として使われていた。今回採取した川砂鉄も TiO<sub>2</sub>が多く,籠り砂鉄として使われていた可能性が指摘できる。

同じ黒雲母花崗岩地帯で採取した磁鉄鉱でも,地点によって化学組成にばらつきが認められた。しかし,化学組成のばらつきが少なく磁鉄鉱特有の光沢が見られ,粒形も規則的なものが多い地点もあり,地点によって真砂鉄の"純度"に差異があることが明らかとなった。

## (3) 磁鉄鉱産地推定のためのデータベースの構築

たたら製鉄に用いられた砂鉄の産地推定方法確立のため,これまでに採取した鳥取県・島根県の12河川32地点の河床堆積物について,含有磁鉄鉱の形態分析・粒径分析・化学分析の結果についての特徴を整理した。

形態分析の結果から,河川あるいは流域ごとに特徴があることが明らかになった。具体的には,円盤状が優占するのは河川中流域,球状が優占するのは河川下流域,棒状が優占するのは河川上流~中流域であった。また,小判状を10%以上含むのが神戸川と静間川,自形が優占するのが日野川,江の川,高津川であった。

磁鉄鉱の化学分析の結果では,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を除いた成分の中では, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgOの4元素の含有量が高くなった。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を除く9成分では, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>・TiO<sub>2</sub>の3成分が特徴的な変化を見せ,この3成分について地点ごとの三角ダイアグラムを作成した。三角ダイアグラムの傾向からは,以下の7つのグループを見出すことができた。

- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>の含有量がほぼ一定で,比較的TiO<sub>2</sub>の含有量が多い
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>の含有量がほぼ一定で,比較的TiO<sub>2</sub>の含有量が少ない
- TiO<sub>2</sub>の含有量が多い
- 含有量の分布が全体に及ぶ
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量が少ない
- TiO<sub>2</sub>の含有量が少ない
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量がほぼ一定

このように,32地点の磁鉄鉱の形態分析・粒径分析・化学分析の結果をまとめ,砂鉄産地推定のためのデータベースとした。このデータベースについて,出雲市から提供いただいた,たたら遺跡から出土した砂鉄の分析データについて産地同定を試行したところ,産地が1地域(複数地点)に絞られた試料もあったが,複数地域が産地の候補に上がった試料も多くあった。今後,解析のための因子を増やすとともに,分析地点を増やしデータベースを充実させる必要が見いだされた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 渡辺正巳	4. 巻 23
2. 論文標題 花粉分析結果から見た島根県下の耕作史 - 前近代島根県域における環境と人間 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 島根県古代文化センター研究論集	6. 最初と最後の頁 173-184
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡辺正巳	4. 巻 25
2. 論文標題 T68調査で検出された1号池状施設に関する自然科学分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 風土記の丘地内遺跡発掘調査報告書	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡辺正巳	4. 巻 25
2. 論文標題 出雲国府跡発掘調査に伴うAMS年代測定及び樹種同定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 風土記の丘地内遺跡発掘調査報告書	6. 最初と最後の頁 73-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 渡邊正巳, 奥中亮太, 辻本 彰
2. 発表標題 たたら製鉄に用いられた砂鉄の産地同定 - 磁鉄鉱形態及び化学分析 -
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻本 彰・木村綾 平・奥中亮太・渡邊正巳
2. 発表標題 日野川，江の川，高津川における堆積物中の磁鉄鉱の特徴 ~ 製鉄遺跡の磁鉄鉱産地推定に向けて~
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木 南・廣瀬孝太郎・張 含也・辻本 彰・瀬戸浩二・香村一夫
2. 発表標題 穴道湖・中海表層堆積物に含まれる元素の分布とその起源
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬孝太郎・瀬戸浩二・辻本 彰・中村英人・安藤卓人・赤對紘彰・青木 南・入月俊明・香村一夫
2. 発表標題 中海Nk3地点における湖底表層コアの岩相，年代，古環境変化
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会（2018年つくば特別大会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木 南・廣瀬孝太郎・辻本 彰・瀬戸浩二・香村一夫
2. 発表標題 中海底質コアに含まれる元素の濃度トレンドと周辺環境変遷の関係
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会（2018年つくば特別大会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻本 彰・林 広樹・入月俊明・大平寛人・森江和文
2. 発表標題 島根大学における島根半島・宍道湖中海ジオパーク推進協議会と連携した授業の実践例
3. 学会等名 第9回日本ジオパーク全国大会アポイ岳大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsumoto Ichiro, Arai Shoji and Miura Makoto
2. 発表標題 Chromian Spinel and Olivines in a Contact-Metamorphosed Peridotite-Sediment System from Nagasawa, Shimane Prefecture SW Japan
3. 学会等名 Goldschmidt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	松本 一郎  (Matsumoto Ichiro)  (30335541)	島根大学・学術研究院教育学系・教授   (15201)	
研究 分担者	渡邊 正巳  (Watanabe Masami)  (80626276)	島根大学・エスチュアリー研究センター・客員研究員   (15201)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	角田 徳幸  (Kakuda Noriyuki)	島根県古代文化センター・センター長	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松尾 充晶  (Matsuo Mitsuki)	島根県古代文化センター・専門研究員	
研究協力者	東山 信治  (Higashiyama Shinji)	島根県埋蔵文化財調査センター・調査第二課第三係長	
研究協力者	幡中 光輔  (Hatanaka Kousuke)	出雲市市民文化部・文化財課・主任	
研究協力者	奥中 亮太  (Okunaka Ryota)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関