

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18527

研究課題名（和文）土器胎土のSr-Nd-Pb同位体分析による古代土器製作圏と流通圏の解明

研究課題名（英文）Manufacturing and distribution area of ancient earthenware revealed through Sr-Nd-Pb stable isotope analysis

研究代表者

石丸 恵利子（ISHIMARU, Eriko）

広島大学・総合博物館・研究員

研究者番号：50510286

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は土器粘土産出地を胎土のSrやNd等の同位体比や砂粒組成、微量元素濃度の特徴から検討し、土器製作・流通圏、社会構成の復元を目的としたものである。生産地が異なるとされる生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器に注目し、東大阪市域や京都盆地などの弥生・縄文土器、周辺岩石等の同位体比や砂粒組成、元素濃度の分析を行った結果、生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器は砂粒組成が異なり、Sr同位体比にも差が認められ、前者のSr同位体比は生駒斑レイ岩の範囲に含まれることから、生駒西麓土壌が素材となった可能性を指摘した。同位体比に加え、元素濃度や砂粒組成の複合的な考察が土器粘土産出地解明に有益であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまで相対比較であった土器の胎土分析（目視観察、砂粒分析、蛍光X線分析など）に、SrやNdなどの同位体比が、供給地特定のための有益な情報となることを指摘できた基礎研究であり、土器の製作地や粘土起源の絞り込み、またその広がりへの把握を可能としたものである。今後の土器研究やヒトの移動や交流研究を段階に進展させる可能性を示したもので学術的に意義がある。
また、土器の具体的な産地の証拠を科学的根拠により明確にしたことは、社会的にも縄文・弥生時代のダイナミックなヒトの移動や文化、交流の歴史を知るうえで、また私たちが暮らす地球の科学やそのしくみを広く理解するうえで意義がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to restore the earthenware production area, distribution area, and social composition from the characteristics of isotope ratios such as Sr and Nd, sand grain composition, and trace element concentration of pottery texture.

We focused on Ikoma west foot pottery and non-Ikoma west foot pottery, analyzed the isotope ratios, sand grain composition, and element concentration of Yayoi and Jomon pottery in the Higashi-Osaka city area and Kyoto basin, and surrounding rocks. As a result of the analysis, the former and the latter have different sand grain compositions, a difference in Sr isotope ratio was also observed, and former Sr isotope ratio was included in the range of the Ikoma Gabbro rock. We pointed out that soil of Ikoma west foot area was the material of Ikoma pottery.

We have clarified that the combined consideration of element concentration and sand grain composition in addition to isotope ratio is useful for elucidating the origin of pottery texture.

研究分野：文化財科学

キーワード：同位体考古学 Sr-Nd-Pb同位体比 土器 製作・流通圏 砂粒組成 微量元素濃度 弥生時代 縄文時代

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物資源利用の歴史解明の中で、資料そのものの観察や計測では知ることができなかった産地や生息地などの課題に対して、地質の形成年代や土壌堆積物の供給源によってストロンチウム(Sr) ネオミジウム(Nd) 鉛(Pb)などの同位体比が異なる原理を利用した、ヒトの移動や動物資源の産地推定研究が進展している。ヒトの移動を考察したものとしては、渥美半島や瀬戸内地域においてヒトの歯エナメルと周辺植物の Sr 同位体比を対照して在地と移入者の判別が行われ (kusaka et al. 2009, kusaka et al. 2012) 哺乳動物の歯エナメルと周辺植物の Sr 同位体比から生息域を推測して狩猟域を考察するものなどがある (石丸ほか 2009, 石丸ほか 2016)。

考古学の土器の流通研究においては、型式学的考察や製作技術の特徴などからかなり細かな部分に議論が及んでいる。しかし、これらの考古学的考察や土器胎土の含有鉱物や蛍光 X 線などの既存の科学分析だけでは、色調や鉱物組成、元素の特徴は把握できても、具体的な土器の製作地は明らかにできていないなどの課題があることを知り、Sr や Nd などの重元素同位体比が地層の形成年代によって異なるならば、粘土採取地の同位体比が土器胎土の同位体比に反映しているのではないかと考えた。同位体比に注目したものとしては、ベリリウム(Be)同位体による縄文土器の胎土分析なども行われているが、複数試料の相对比较にとどまる現状にある (坂本・今村 2004)。これまで瓦や陶器において、資料によって同位体比が異なることについては確認されており、産地推定に有力な手段になる可能性が指摘されていた (馬淵・川上 1984)。近年、これらの同位体比が河川レベルで識別することができる可能性 (斎藤 2015) や、メソポタミア粘土板の産地を追跡する研究 (申ほか 2016) も進められていることから、土器胎土の Sr-Nd-Pb などの同位体比が製作地判別にも有効なものではないかと考え、本研究の構想に至った。

2. 研究の目的

考古学において、土器は研究対象資料として多く利用され、各時代の主に年代決定のタイムスケールとしての編年研究が行われてきた。各地方で形態や胎土の研究が進み、弥生時代では近畿地方の「生駒山西麓産土器」や四国地方の高松平野の「香東川下流域産土器」等の特徴的な土器群が抽出されるのと同時に、これらが広域に分布する現象が確認され始めた (千葉 1993、大久保 2003 など)。土器製作地 (圏) を特定し、それらが消費地へ移動した事実を基にして、一般的にイメージされがちな先史時代の自給自足的な経済活動とは異なる、活発な人の移動や物資流通の中で交易・交流が行われる社会構成が論議されている。

一方で、これらの研究における土器製作地 (圏) の特定は、考古学的な資料観察による所見に基づく議論が主体となっているのは否めない。先行研究では、土器胎土の蛍光 X 線分析や砂粒分析などの自然科学や地質学の手法による研究も行われたが、正確な製作地の特定には至っていない。その理由として、土器を構成するのは粘土 (土) であり、製作地と考えられる多くが花崗岩地盤で表層地質が同種であることが挙げられる。また、混和される砂粒も同様に表層地質を反映してしまい、胎土の組成に異同を見出し難い点も挙げられる。

以上の土器の研究史や同位体分析を用いた研究の背景をを踏まえ、本研究では、土器胎土 (粘土・鉱物) を対象とする Sr-Nd-Pb 同位体分析による新しい胎土分析に挑戦し、より具体的な土器の製作圏や流通圏の実証や社会構成史の復元へと発展させることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 対象資料

本研究では、生駒山西麓に位置する生駒西麓産土器の製作遺跡のひとつとされる西ノ辻遺跡 (NTZ22) と消費遺跡とされる亀井遺跡 (Kamei) の弥生時代の 2 遺跡と製作遺跡とされる縄文時代の縄手遺跡 (NWT10)、京都盆地に位置する消費遺跡とされる聖護院川原町遺跡 (KH) と白河街区 (KK15) の縄文 2 遺跡から出土した生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器、また高松平野の香東川下流域に位置する製作遺跡と考えられている空港跡地遺跡 (KUKO) と上天神遺跡 (KTEN) の弥生土器 (香東川下流域産土器) を分析の対象とした。また京都盆地の比叡山麓と高松平野周辺で採取した岩石や遺跡のポーリングコア試料においても一部分分析を行った。

生駒西麓産土器は、茶褐色の色調で角閃石を多く含む胎土を特徴とするもので、大阪平野東部の生駒西麓地域 (東大阪市等) の集落で製作され、近畿地方を中心とした各地域に搬入されたと推定されている (三好 1987、濱田 1990)。同様な特徴を持つ資料は縄文土器と弥生土器の両者に存在する。また香東川下流域産土器も、角閃石の細粒を密に含み灰褐色から暗橙色を呈する弥生時代後期から古墳時代前期に香東川下流域で認められる特徴ある土器として知られている。

(2) 分析方法

本研究では、これらの土器の産地を検討するために同位体分析に注目し、各土器資料の Sr-Nd-Pb 同位体分析を実施した。それらの結果とこれまでの土器胎土分析で進められてきた砂粒分析や元素濃度の特徴とを対照させ、同位体分析による土器の粘土産出地推定法の有効性や精度を検討した。

【同位体分析】

対象とした土器資料は、タングステンカーバイドの刃を装着したデンタルドリルもしくは超音波カッターで大きな砂粒を含めないように留意しながら小破片を切断し、その試料を粉末にしてから分析に供した。角閃石と粘土素地については、タングステンカーバイドの刃を装着したデンタルドリルを用いて顕微鏡下で角閃石の塊 (AmR) や粉末 (AmP) と粘土素地 (texture) の採取を行った。ポーリングコア試料は、超純水を用いた水簸法で 2μ 以下の粘土粒子を分離して用いた。試料分解の前処理は、0.1g の粉末試料に高濃度硝酸 (70%) - フッ化水素酸 (38%) - 過塩素酸 (70%) を混ぜて 200 で加熱して乾固させ、さらに過塩素酸、塩酸で試料を完全に分解した。再び硝酸に溶解させた試料から Sr 選択性樹脂を用いて Sr を分離し、Nd はさらに陽イオン交換樹脂と Ln 樹脂に通し、Pb は陰イオン交換樹脂と HBr 溶液を用いて分離した。角閃石塊については、事前に 6N 塩酸で表面を洗浄した後と同様の前処理を進めた。花崗岩試料は土器と同じ方法で前処理を行った。

測定は、マルチコレクター MC-ICP-MS (NEPTUNE plus) により行った。測定値の補正には、標準物質の NIST SRM987 (Sr) と JNdi-1 (Nd)、産総研の NMIJ CRM 3681-a を用いた。前処理・測定は、総合地球環境学研究所で行った。

【砂粒分析】

土器胎土に含まれる鉱物組成や岩片組成の種類構成、粒度などを調べるため、資料の一部をダイヤモンドカッターで切断し、0.03 mm の厚さに研磨して薄片を作成して偏光顕微鏡による砂粒分析を行った。分析はパリーノ・サーヴェイ株式会社に依頼して実施した。碎屑物の計数は、メカニカルステージを用いて 0.5mm 間隔で移動させ、細礫から中粒シルトまでの粒子をポイント法により 200 個あるいはプレパラート全面で行った。なお、径 0.5mm 以上の粗粒砂以上の粒子については、ポイント数ではなく粒数を計数した。また、同時に孔隙と基質のポイントも計数した。

【微量元素濃度分析】

土器胎土に含まれる微量元素濃度の特徴を調べるため、同位体分析の前処理と同様の工程で分解させた試料を、総合地球環境学研究所の誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent ICP-MS 7500cx) により 51 元素の濃度を測定した。検量線用標準液は XSTC-622 と XSTC-1 を希釈して用い、濃度確認認定物質は NMIJ7202b を用いた。一部の試料においてはパリーノ・サーヴェイ株式会社に依頼し、リガク製波長分散型蛍光 X 線分析装置 (ZSX Primus +) を用いたガラスビード法により主要 15 元素の分析も実施した。

4. 研究成果

(1) 生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器の同位体比

生駒西麓域 (Kamei) および京都盆地 (KH) の遺跡出土の生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器において Sr-Nd 同位体比を比較した結果、生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器では Sr 同位体比に差があることが確認できた (図 1)。前者は生駒斑レイ岩の Sr と Nd の値の範囲にほぼ含まれ、生駒西麓産土器は生駒斑レイ岩由来の粘土が使用されている可能性を指摘した (石丸ほか 2019)。Kamei と KH はいずれも消費遺跡とされることから、各遺跡の生駒西麓産土器は生駒西麓地域からの搬入土器、また非生駒西麓産土器は在地生産あるいは生駒西麓地域以外からの搬入土器である可能性が考えられる。

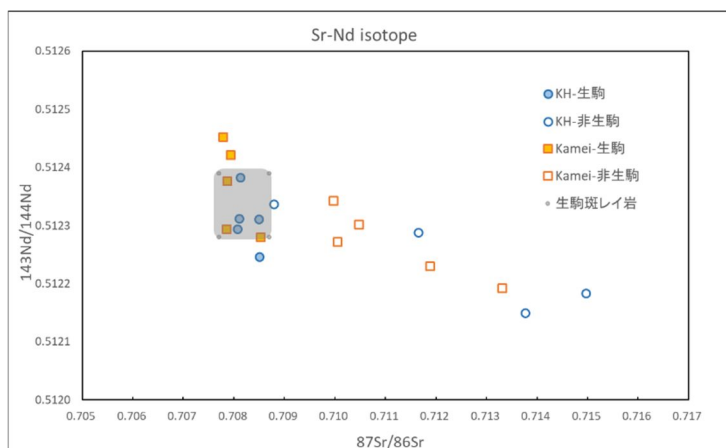


図 1 Kamei と KH 出土土器の Sr-Nd 同位体比

(2) 生駒西麓産土器に含まれる角閃石や粘土素地の同位体比

生駒西麓産土器は角閃石を多く含むことを特徴とするが、目視による観察および砂粒分析の結果からも、その特徴は確認することができた (図 2)。生駒斑レイ岩由来の角閃石が生駒西麓

産土器の同位体比に影響している可能性を検証するため、生産遺跡とされる縄手遺跡（NWT10）から出土した生駒西麓産土器の胎土から抽出した角閃石の粒や粘土素地、岩石などの同位体比を測定して比較した。

分析の結果、Sr-Nd 同位体比は角閃石と粘土素地も概ね生駒斑レイ岩の値に含まれるが、同一土器内の粘土素地は比較的まとまった値を示す反面、角閃石の値にはばらつきがあることが確認できた（石丸ほか 2020）。土器パルクの同位体比は角閃石と粘土素地の平均的な値を持つ傾向も認められた。角閃石の値にばらつきがあることは、生駒斑レイ岩そのものから得られた角閃石ではなく、周辺の他の地質に含まれた角閃石を含む堆積層などから得られた粘土が用いられた可能性などが考えられる。

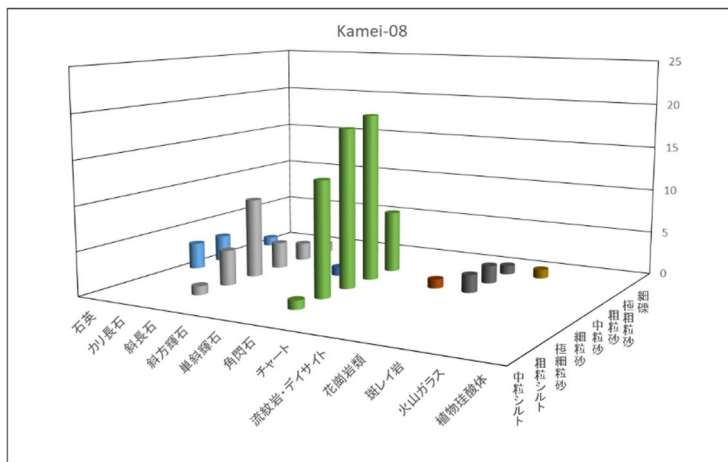


図2 Kamei-08 資料の鉱物・岩石組成と粒度

(3) 製作遺跡と消費遺跡の生駒西麓産土器の同位体比

製作遺跡（NTZ22、NWT10）と消費遺跡（Kamei、KH）から出土した生駒西麓産土器の Sr-Nd 同位体比を比較した結果、値は全体的には生駒斑レイ岩の値にまとまるものの、遺跡間でやや差が認められた。製作遺跡と比較して消費遺跡の値の方がややばらつく傾向も認められた。同位体比の違いから、時代によって粘土産出地が異なること、または消費遺跡においても複数の製作遺跡から運ばれた可能性、あるいは今回測定を行った遺跡以外の製作遺跡から生駒西麓産土器が運ばれた可能性などが推測される。

(4) 同位体分析と砂粒分析・微量元素濃度との対照

砂粒分析は、土器胎土に含まれる砂粒の粒度や鉱物・岩石の種類構成などの特性を調べ、遺跡の所在する地域の地質学的背景などの比較から、各土器の製作や移動に関わる情報が得られる。生駒西麓産土器は、多くの角閃石の鉱物片を含むことで非生駒西麓産土器とは特徴を異にすることが確認できたが、生駒西麓産土器においても角閃石を多く含む特徴に加え、角閃石の量比、斑レイ岩や花崗岩類の岩石片の含有量などの差異によって特徴を細分することができた。角閃石の量比が石英や斜長石よりもはるかに高く、斑レイ岩の岩石片を少量含み、花崗岩類の岩石片を少量含むものと、これと比較して角閃石の量比が石英や斜長石の量比に近く、輝石類の鉱物片を少量含むものでは、Sr 同位体比がやや異なっており、前者よりも後者がやや高い値を示した。前者の特徴は NTZ22 に、また後者は NWT10 に多く認められた。これらの違いは遺跡による粘土産出地の差を示している可能性がある。また、香東川下流域産土器においては生駒西麓産土器と比較して Nd 同位体比がやや高い傾向が認められ、砂粒組成は角閃石の量比が突出して多いが岩石片がほとんど含まれない点で他とは異なる特徴が認められた。

また、微量元素濃度は、生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器では、カリ長石に多く輝石や角閃石にはほとんど含まれないカリウム(K)の量が異なること、花崗岩由来のカリ長石に多く含まれ、斑レイ岩にはほとんど含まれない鉛(Pb)が、非生駒西麓産土器と香東川下流域産土器（砂粒分析の結果でもカリ長石や輝石はほぼ含まれていなかった）に多く含まれること、香東川下流域産土器はジルコニウム(Zr)が多く他と区別できること、京都盆地の資料はウラン(U)の濃度が高いことなどの特徴が認められた。Sr-Nd 同位体比では明確に区別できなかった生駒西麓産土器と香東川下流域産土器においても、Sr や Pb、Zr などの元素濃度では差が認められた（図3）。

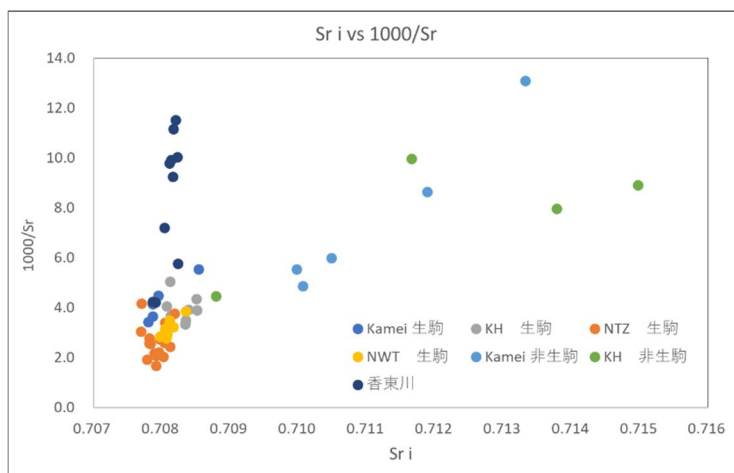


図3 遺跡別 Sr 同位体比と Sr 濃度

(5)課題と展望

以上の分析結果から、生駒西麓産土器と非生駒西麓産土器は Sr-Nd 同位体比が異なることを明らかにし、周辺の地質情報や岩石の同位体比の値から、京都盆地から出土した生駒西麓産土器も生駒西麓域で製作されたものであることを指摘することができた。同位体分析によって、縄文時代および弥生時代に遠隔地への土器の移動が行われていた証拠を示すことができた。同位体分析の有効性を確認することができた一方で、Sr や Nd 同位体比だけでは区別できない資料も存在するため、複数の同位体比で比較することや、砂粒分析と微量元素濃度の情報を加味して複合的に考察することにより、粘土産出地を高い精度で特定することが可能になると期待される。本研究によって、土器の製作圏や流通圏の実証や社会構成史の復元を行うための基礎的なデータを構築できたことは大きな成果だといえる。

本研究終了時における課題のひとつとしては、土器胎土の粘土産出地を高解像度で把握するためには、同位体比を測定した土器が出土した遺跡およびその周辺地域の土壌や岩石の分析値をさらに構築する必要があり、濃度についても、埋没の過程で変化した可能性などについて、今後更なる検討が必要である。

<引用文献>

- 石丸恵利子・覚張隆史・申基澈・米田穰・陀安一郎・中野孝教・湯本貴和 2016 「関東地域における縄文時代の漁撈域・狩猟域 - 炭素・窒素およびストロンチウム同位体分析による検討 - 」『日本文化財科学会第 33 回大会研究発表要旨集』 pp.326-327
- 石丸恵利子・古角恵美・日下宗一郎・古瀬清秀・中野孝教・湯本貴和 2009 「縄文時代の狩猟採集域 - 広島県・帝釈峡遺跡群出土動物遺存体の同位体分析から - 」『有限責任中間法人日本考古学協会第 75 回総会研究発表要旨』 pp.64-65
- 石丸恵利子・申基澈・信里芳紀・富井眞 2019a 「Sr-Nd-Pb 安定同位体比分析による先史土器の粘土産出地推定の試み」『日本文化財科学会第 36 回大会』『日本文化財科学会第 36 回大会研究発表要旨集』 pp.124-125
- 石丸恵利子・申基澈・信里芳紀・富井眞 2020 「先史土器の粘土産出地推定のための鉱物・粘土素地の Sr-Nd-Pb 安定同位体比分析」『日本文化財科学会第 37 回大会』『日本文化財科学会第 37 回大会研究発表要旨集』 pp.188-189
- 大久保徹也 2003 「高松平野香川東川下流域産土器の生産と流通」『初期古墳と大和の考古学』 pp.189-198
- 斎藤有 2015 「東海地方河川細粒堆積物の Sr-Nd-Pb 同位体比」『第 5 回同位体環境学シンポジウム講演要旨集』 pp.74
- 坂本稔・今村峯雄 2004 「ベリリウム同位体による縄文土器胎土のグルーピング」『国立歴史民俗博物館研究報』 120 pp.267-275
- 千葉豊 1993 「京都盆地の縄文時代遺跡」『京都大学構内遺跡調査研究年報』 1989～1991 年度 pp.53-73
- 申基澈・安間了・中野孝教・横尾頼子・渡辺千香子 2016 「イラク地域の堆積物から見た粘土板の産地追跡」『第 6 回同位体環境学シンポジウム講演要旨集』 pp.59
- 濱田延充 1990 「弥生時代中期におけるいわゆる生駒西麓産土器の製作地」『京都府埋蔵文化財情報』 35 pp.1-11
- 馬淵久夫・川上紀 1984 「ストロンチウム同位体比の土器・瓦の産地推定への応用」『古文化財の科学』 29 pp.94-100
- 三好孝一 1987 「生駒西麓型土器についての一視点」『花園史学』 8 pp.67-75
- Kusaka, S., Ando, A., Nakano, T., Yumoto, T., Ishimaru, E., Yoneda, M., Hyodo, F., Katayama, K. 2009 A strontium isotope analysis on the relationship between ritual tooth ablation and migration among the Jomon people in Japan. *Journal of Archaeological Science* 36 (10) pp.2289-2297
- Kusaka, S., Nakano, T., Morita, W., Nakatsukasa, M. 2012 Strontium isotope analysis to reveal migration in relation to climate change and ritual tooth ablation of Jomon skeletal remains from western Japan. *Journal of Anthropological Archaeology* 31 pp.551-563

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石丸恵利子・申基澈・富井眞・信里芳紀
2. 発表標題 Sr-Nd-Pb同位体比から読み解く先史土器の粘土産出地
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石丸恵利子・申基澈・信里芳紀・富井眞
2. 発表標題 先史土器の粘土産出地推定のための鉱物・粘土素地のSr-Nd-Pb安定同位体比分析
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 石丸恵利子・申基澈・信里芳紀・富井眞
2. 発表標題 Sr-Nd-Pb安定同位体比分析による生駒西麓産土器の粘土産出地の検討
3. 学会等名 第9回同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石丸恵利子・申基澈・信里芳紀・富井眞
2. 発表標題 Sr-Nd-Pb安定同位体比分析による先史土器の粘土産出地推定の試み
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

ひらめき ときめきサイエンス「同位体考古学、動物考古学の世界～歴史・文化を明らかにする科学の力～」における研究成果の紹介

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	富井 眞 (TOMII Makoto) (00293845)	京都大学・文学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	申 基子ヨル (SHIN Ki-Cheol) (50569283)	総合地球環境学研究所・研究基盤国際センター・准教授 (64303)	

	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	信里 芳紀 (NOBUSATO Yoshiki)		

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
---------	---------