

令和 6 年 9 月 9 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01372

研究課題名(和文) オンサイト蛍光X線分析による古代東西交易路「ガラスの道」の追跡

研究課題名(英文) Tracing of Ancient East-West Trade Route "Glass Road" by Onsite X-ray Fluorescence Analysis

研究代表者

阿部 善也 (Abe, Yoshinari)

東京電機大学・工学研究科・助教

研究者番号：90635864

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：最新鋭のX線検出器を高性能なP-XRFに導入したことで、文化財の非破壊オンサイト分析においてきわめて有効かつ実用性の高い装置が完成した。特に、歴史的なガラス製品の組成的特性化の際に重要となるNaを大気圧中かつ非接触で検出できる点は特筆すべき長所である。開発したP-XRFを用いて、国内外の様々な地域・時代に起源づけられる歴史的なガラス製品の分析を実施し、理化学的な視点からの類似性と相違性を検証できた。研究代表者らがこれまでに蓄積した分析データと共に読み解くことで、地中海世界からアジア大陸の各地を経て古代の日本列島へと至るガラス製品の流通経路を断片的ながら垣間見ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した可搬型蛍光X線分析装置は、ガラスに限らず様々な材質に応用可能な汎用性の高い装置である。同様の改良は、今後同種の装置におけるスタンダードになっていくものと期待される。また、我が国において「シルクロード」は、一般市民が親近感を抱きやすいテーマである。シルクロードにおける重要な交易品の一つであったガラス製品に焦点を当て、新開発の分析装置を用いて分野横断的に行われた本研究は、最先端の計測技術や文理融合の重要性を等身大で理解できる絶好の実例になったと考えている。本研究で得られた成果について、国際シンポジウムや公開講座での招待講演を行う機会にも恵まれ、積極的に社会へと発信できた。

研究成果の概要(英文)：The introduction of a state-of-the-art X-ray detector into the high-performance portable X-ray fluorescence spectrometer has resulted in a highly effective and practical instrument for the nondestructive on-site analysis of cultural properties. In particular, the ability to detect sodium, which is important for the compositional characterization of historical glass products, in the normal atmospheric pressure without contact is very significant. Using the developed spectrometer, we analyzed historical glass products originating from various regions and periods in Japan and abroad, and were able to verify similarities and differences from a scientific viewpoint. By analyzing the data together with the data accumulated by the principal investigators, we were able to glimpse the distribution route of glassware from the Mediterranean world to the ancient Japanese archipelago via various parts of the Asian continent, albeit in a fragmentary manner.

研究分野：分析化学，文化財科学

キーワード：古代ガラス シルクロード オンサイト分析 蛍光X線分析 起源推定

1. 研究開始当初の背景

「シルクロード」は、中国を中心とした東アジアと西方の地中海世界を結ぶ東西交易路の総称である。「草原の道」および「オアシスの道」と呼ばれている陸路(陸のシルクロード)の他に、東・南シナ海およびインド洋を経由した海上交易路(海のシルクロード)も存在した。その名称は、かつて中国からローマへ運ばれた絹に由来するが、絹以外にも非常に多彩な文物が東西を行き来しており、ガラス製品も重要な交易品の一つであった。古代におけるガラスの生産工程は、一次生産(原料を高温熔融して素材となるガラスを作り出す工程)と二次生産(素材のガラスを再熔融して製品を形づくる工程)に分けられる。比較的小規模な設備でも実施可能であった二次生産とは異なり、より高温かつ安定した焼成の技術が求められる一次生産の操業を行っていたガラス工房は、ユーラシア全土を見てもきわめて限定的である。限られた地域で生み出されたガラスを素材として作られた製品が、シルクロードなどを通じた交易によってユーラシア各地へともたらされ、その一部は当時ガラスを生産する術を持たなかった古代日本にも伝来していたことが明らかとなっている。

歴史的なガラス製品の化学組成は、使用された原料の種類や採取地の違いを強く反映する。古代のユーラシア内でガラスの一次生産に利用された原料や製法には地域差があり、各地域のガラスは主たる材質(組成タイプ)や着色剤の種類に差が見られる。これを利用し、古代のガラス生産や流通の解明を目的とした理化学的な研究が世界中で活発に行われている。近年ではppmレベルあるいはそれ以下の微量元素までを含めた詳細な分析が求められ、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法(LA-ICP-MS)や電子プローブマイクロアナリシス(EPMA)などの高感度な組成分析法が積極的に導入されている。しかし、これらの手法は分析対象の破壊を伴う手法なので、その対象のほとんどは資料性が低く、持ち出しが容易なピースや破片に限定される。一方、非破壊かつ非侵襲的に利用可能な化学組成の分析法として蛍光X線分析法(XRF)が挙げられ、文化財分野で普及している。近年では片手で取り扱い可能なハンドヘルド型のXRF装置が市販され、分析対象を収蔵施設から持ち出すことなく、現地(オンサイト)での簡易かつ迅速な分析が可能となっている。しかし、このような可搬型のXRF装置を用いた簡易的な分析では、歴史的なガラス製品の起源や流通を議論するのに十分な組成情報を得られない場合も多い。

2. 研究の目的

シルクロードを通じて東西を行き来した文物について、その交易の様相を局所的または一方向的に示す遺物は数多くあるが、ガラス製品は「ユーラシア全土に分布し」、「東西に複数の生産拠点があり」、「理化学的に生産地を特定可能」という条件を満たす希少な資料であり、ガラス製品をトレーサーとして古代の東西交易の様相を理化学的に追跡可能になると期待される。一方、ガラスに限った話ではないが、「考古学的に重要な資料ほど、理化学的な分析の実施が難しい」という問題もあり、東西交易の実態の解明に向けて未だ多くの課題が残されている。

そこで本研究では、古代のガラス製品において重要な成分であるNaやMgなどの軽元素を大気圧中で高感度に分析でき、ppmまでの微量重元素の検出も可能な高性能の可搬型装置(P-XRF)を開発する。開発したP-XRFを国内外の研究施設に持ち込み、ユーラシアの様々な時代・地域に起源づけられる歴史的なガラス製品の化学組成を非破壊かつオンサイトで分析して、起源(一次生産地)を推定する。考古学者らと協力しながらガラス製品の移動を理化学的に解読し、ユーラシアを横断する東西交易路「ガラスの道」を追跡する。さらに、開発したP-XRFをガラスと関わりの深い他の材質の文化財(顔料、陶磁器、金属、石製品など)の研究に応用し、装置の有用性について多角的な視点から検証する。

3. 研究の方法

(1) 高性能可搬型蛍光 X 線分析装置の開発

高性能P-XRFの開発は、国内のX線装置メーカーであるアワーズテック株式会社と共同で実施した。同社は文化財の非破壊オンサイト分析を志向したP-XRF「100FA」を開発した実績があり、本研究でもこの装置の現行モデル(2009年より市販)をベースに開発を進めた。100FAは、研究代表者がかつて所属していた東京理科大学理学部応用化学学科の中井 泉教授の研究室と共同で開発されたものであり、研究代表者自身も開発の一部に携わっている。本研究では、100FAにKETEK社製の最新型シリコンドリフト検出器(SDD: 図1a)を導入した。このSDDにはX線入射窓として新規炭素材料のグラフェンが蒸着されており、金属Be製または高分子製のX線入射窓を備えた従来型よりも低エネルギーX線の検出能力が大きく向上しているだけでなく、グラフェン自体の遮光性が高いため可視光の妨害を受けない。また、冷却性能も大きく改善されており、水冷などの外付機構などを使用しなくても、十分な低温までSDD素子を冷却できる。検出器の変更に加えて、真空ポンプの小型・軽量化、真空チャンバと本体との接続部の変更、内蔵CMOSカメラの配電の最適化など、ハード面での様々なアップデートを適用した。開発した装置を用いて実際の古代ガラス製品を分析した際の様子を図1bに示した。また、従来この装置を用いた定量分析では組成既知の標準試料を用いた検量線法が利用されていたが、理論計算に基づく計算法であるファンダメンタル・パラメータ(FP)法を新たに導入したことで、本装置を適用できる対象が大きく拡張された。開発した装置について、実験室系での様々な分析、および実際の文化財への応用を通じて、有用性を検証した。

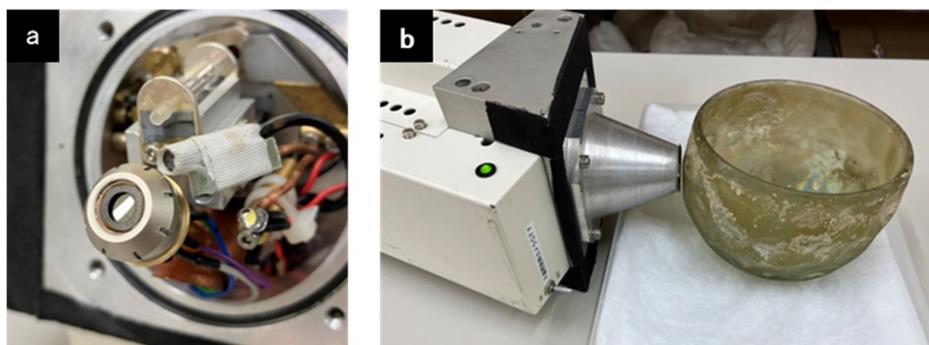


図1 本研究で開発したP-XRF(アワーズテック株式会社製100FAをベースとした改造機)
(a) 新たに導入したシリコンドリフト検出器, (b) 岡山市立オリент美術館での分析の様子

(2) 歴史的なガラス製品のオンサイト分析

本研究では当初、2020～2022年度の3年間で研究期間とし、海外の遺跡や博物館を含む様々な施設を訪問してオンサイトでの分析調査を実施する予定であったが、研究期間に新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大の影響を受け、計画の大幅な変更を余儀なくされた。最終的に、2023年度末までの研究期間の延長に加えて、調査先および対象の柔軟な再設定を行ったことで、当初の計画に比肩する十分な研究成果が得られたと考えている。本研究の中で計画・実施、または本研究で開発したP-XRFを用いて実施された歴史的なガラス製品のオンサイト分析調査のうち、代表的なものを表1にまとめた。

なお、表1からわかるように、コロナ禍においてオンサイト分析調査を本格的に実施可能になったのは2021年度の後期からである。それ以前の期間については、前述した装置の開発・検証に注力したとともに、本研究以前に研究代表者らが実施したオンサイト分析調査で得られた古代ガラス製品のXRFデータ(例:福岡・宗像沖ノ島の出土品、韓国・国立慶州博物館の所蔵資料)を対象として、再解析を行った。適切な組成の標準試料を新たに導入し、検量線を作成し直したことで、過去の分析データについてもより精確な化学組成の定量が可能となった。

表1 本研究に関連して実施されたガラス製品の主要なオンサイト分析調査

調査先(実施時期)	主な分析対象
大阪府文化財調査事務所(2021年11月)	藤の森古墳(大阪府藤井寺市)出土のガラス製品
石川県埋蔵文化財センター(2022年8月)	県内の古墳や遺跡で出土したガラス製品・関連遺物
岡立市立オリエント美術館(2022年8, 10月)	古代オリエント地域のガラス製品
筑波大学人文社会系(2022年10月～翌2月)	イラン由来とされるイスラーム・ガラス製品
エジプト・北サッカー遺跡(2023年3月, 9月)	北サッカー遺跡より出土したガラス製品・関連遺物
ひたちなか市埋蔵文化財調査センター(2023年11月)	市内の古墳や遺跡で出土したガラス製品
MIHO MUSEUM(2023年12月～翌2月)	様々な地域・時代のガラス製品・関連遺物
パーレーン国立博物館(2024年1月)	パーレーン島内の遺跡より出土したガラス製品

※調査自体は本科研費以外からの支援を含むが、本研究で開発した P-XRF による分析を実施したもの。

(3) ガラス以外の文化財に対する装置の応用

表1に示した分析調査の他にも、開発したP-XRFをガラス以外の様々な文化財に対して応用する機会に恵まれた。代表的なものとして、油彩画などの絵画、ファイアンス製品、金属工芸品、陶磁器、石製品が挙げられる。これらの文化財の分析調査の一部は、直接的には本研究の計画内で実施されたものではないが、本研究により開発された高性能なP-XRFを用いることで実現されたものであり、いわば間接的な成果であると考えている。本稿ではこれらの研究の詳細は割愛するが、すでに成果を論文や学会発表の形で公開しているものについては、「5. 主な発表論文等」に明記してある。

4. 研究成果

(1) 開発した装置の性能評価

新型SDDを搭載したP-XRFについて、まず真空チャンバを用いた減圧下での測定性能を評価した。ガラス製認証標準物質を分析した結果、NaおよびMgの検出下限は従来機(高分子AP3.3製窓材SDD)と同程度だった。ただし、検出素子面積の大型化(従来機では7 mm² 新型SDDでは約30 mm²)により蛍光X線の検出効率が大幅に向上しており、この結果は従来機の測定時よりもX線管電流を約1/3に減らして得られたものである。すなわち、分析に伴う文化財へのX線照射を低減できる。なお、新型SDDを搭載したP-XRFでは、可視光が入射する状況でも蛍光X線の検出に影響は生じなかった。続いて、試料を大気圧下に置いたまま測定した場合についても同様に評価した。装置と試料を接触させた状態では、低エネルギー領域に最適化した条件設定により、NaおよびMgの検出下限は減圧時とほぼ同程度になった。一方、「非接触」の状態では、空気による減衰の影響でNaとMgの感度は悪化したものの、3 mm離れた状態であってもこれらの軽元素を検出できた。

実際の文化財に対する応用例として、ここではサーサーン朝のガラス製容器(伝イラン北部由来)を分析した結果を報告する。サーサーン朝は3～7世紀に西アジアに繁栄した帝国であり、その領土内で作られたガラス製品(サーサーン・ガラス)が古代の日本列島にも伝来していた。サーサーン・ガラスは10 wt%以上のソーダ(Na₂O)を含むソーダ石灰ガラスの一種であり、さらに融剤として植物を燃やした灰を用いていたため、植物由来のMgが製品中に混入し、その含有量は酸化物(MgO)で数wt%に及ぶ。そこで、新型SDDを搭載したP-XRFを用い、岡山市立オリエント美術館所蔵のサーサーン・ガラス製容器3点について非破壊・大気圧下・非接触状態での分析を行ったところ(例: 図1b)、3点全てでNaとMgの明瞭なK線を検出することに成功した。蛍光X線スペクトルから化学組成を定量した結果、先行研究で報告されているサーサーン・ガラスの組成的特徴とよく一致し、本装置が古代ガラス製品の理化学的な起源推定において有効であることが示された。

(2) 化学組成に基づく歴史的なガラス製品の起源推定

本研究で実施した非破壊オンサイトでのXRF調査によって、歴史的なガラス製品および関連遺物の起源および流通を理化学的に考察することに成功した。以下ではその成果の一部について、現時点での概要を報告する。

石川県内出土ガラス製小玉の来歴推定

石川県域(加賀・能登地域)は日本海の南岸の中央部に位置し、古代から大陸文化が流入する海の玄関口の一つとして機能してきた。本研究では、弥生時代後期から古墳時代後期に年代づけられる県内19ヶ所で出土したガラス製小玉約100点を対象として、P-XRFを用いたオンサイト分析を実施した。その結果、ユーラシア内の異なる地域での一次生産が指摘されている4種類のアルカリケイ酸塩ガラス、すなわちカリガラス、ナトリウムガラス、植物灰ガラス、アルミナソーダ石灰ガラスに分類された。ガラスの組成タイプと出土遺跡・古墳の年代の対応を検証した結果、カリガラスが早くから流通し、後からナトリウムガラス、アルミナソーダ石灰ガラス、植物灰ガラスが流通し始めるといった傾向が見られ、国内の他の地域で報告されている流通状況と良い対応が見られた。

石川県・寺家遺跡出土のガラス生産関連遺物の材質分析

石川県羽咋市の寺家遺跡からは、ガラスの一次生産に使用されたと目される坩堝が出土している。国内では7世紀後半の奈良・飛鳥池遺跡を最古の出土例として、藤原京域や平城京域でも報告があるが、寺家遺跡のような地方での出土はきわめて稀である。P-XRFを用いたオンサイトでの組成分析の結果、寺家遺跡出土坩堝に付着しているガラスは高濃度のPbを含む鉛ケイ酸塩ガラスであることが判明した。微量のFeとCuを含み、淡緑色もしくは淡黄緑色であったと推定される。上述の飛鳥池遺跡に代表される国内出土例と組成の類似が見られ、同遺跡における鉛ケイ酸塩ガラスの生産活動が強く示唆された。坩堝の他にも、寺家遺跡からはガラス製容器の一部とする指摘がある小片が出土している。この小片のXRFの結果、SiO₂定量値が約95 wt%となり、古代ガラス生産で融剤として利用されたNa、K、Pbなどの元素は検出されなかった。一方、この小片の顕微ラマン分光分析によって、鉱物の石英とその多形に帰属されるピークが検出され、この小片はガラス製品ではなく、石製品またはガラス生産のためのシリカ原料である可能性が高いと判断された。

エジプト・北サッカラ遺跡で出土したガラス製品の組成分類

開発したP-XRFをエジプトにある北サッカラ遺跡(発掘隊長:金沢大学 河合望教授)へと持ち込み、同遺跡から出土したガラス製品や関連遺物を対象として、非破壊オンサイト分析を実施した。装置は遺跡に併設された遺物保管倉庫内に組み立てた。古代エジプトにおいてガラス生産が開始されたのは新王国時代第18王朝にあたる前15世紀のことであるが、北サッカラ遺跡出土のガラス製品の中には、この時代にまで遡るものが含まれていることが理化学的に明らかになった。また、この遺跡からは多くのガラス製容器の破片が出土しているが、XRFで得られた組成的特徴に基づき、いくつかのグループに分類された。最も点数の多いグループは帝政ローマ期(前1~後4世紀)のエジプトでの生産品であると想定されたが、9世紀以降に作られたイスラーム・ガラスと思われるものも検出され、同遺跡における長期的な人間活動の痕跡が確認された。

(3) 東西交易路「ガラスの道」の追跡

最新鋭のX線検出器を高性能なP-XRFに導入したことで、文化財の非破壊オンサイト分析においてきわめて有効かつ実用性の高い装置が完成した。特に、歴史的なガラス製品の組成的特性化の際に重要となるNaを大気中かつ非接触で検出できる点は大きく、貴重性あるいは大きさ・形状などを理由に減圧下に置けない資料であっても、詳細な化学組成を非破壊・非侵襲的に求めることが可能となった。

開発したP-XRFを用いて、国内外の様々な地域・時代に起源づけられるガラス製品の分析を実施し、理化学的な視点からの類似性と相違性を検証できた。本研究内で実施できた分析のみでは、あくまで「点」の集まりに過ぎないデータ群である。しかしながら、本研究の中で再解析したものを中心として、研究代表者らがこれまでに蓄積したデータと合わせて解釈することで、地中海世界からアジア大陸の各地を経て古代の日本列島へと至るガラス製品の流通経路を断片的ながら垣間見ることができた。特に、東アジアにおいて出土例の少ないガラス製容器については、古代日本へと伝来した希少な例を中心として、研究代表者らによる理化学的な分析データが公開された。そこから読み解かれた伝来経路について、国際シンポジウムや公開講座で講演させていただく機会にも恵まれ、研究成果を社会に向けて広く発信することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshinari Abe・Ryuji Shikaku・Izumi Nakai・Makiko Fukushima	4. 巻 22
2. 論文標題 Ancient glassware travelled the Silk Road: nondestructive X-ray fluorescence analysis of a relief-cut glass shard and facet-cut glass beads from the island of Okinoshima, Munakata region, Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Annales du 22e Congres de l' Association Internationale pour l' Histoire du Verre	6. 最初と最後の頁 in press
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 有
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 林 佳美・地村 洋平・吉田 謙也・藤原 信幸・田中 航・阿部 善也・村串 まどか	4. 巻 8
2. 論文標題 サントリー美術館所蔵《藍色ちろり》の製作技法に関する調査研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 サントリー美術館研究紀要	6. 最初と最後の頁 57～77
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 阿部 善也・小林 仁・福嶋 喜章・村串 まどか・長江 惣吉・藤田 清・中井 泉	4. 巻 84
2. 論文標題 藤田美術館所蔵の国宝「曜変天目茶碗」の理化学的研究 - 釉薬の光彩の発色に関して -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 31～44
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 有
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 阿部 善也・村串 まどか	4. 巻 786
2. 論文標題 蛍光X線分析の進化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 6～10
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 村串 まどか	4. 巻 42
2. 論文標題 城ノ山古墳出土ガラス製品の化学組成分析結果	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 堺市博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 75～78
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 阿部 善也・村串 まどか	4. 巻 95
2. 論文標題 X線分析から明らかになる古代ガラスの起源と流通	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 色材協会誌	6. 最初と最後の頁 370～374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.95.370	査読の有無 有
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 阿部 善也・寺島 海・古山 月・村串 まどか・谷口 陽子・高嶋 美穂	4. 巻 25
2. 論文標題 非破壊オンサイト分析による国立西洋美術館所蔵2作品の自然科学的調査 - カルロ・ドルチ《悲しみの聖母》およびヤーコブ・ヨルダーンス(に帰属)《ソドムを去るロトとその家族》 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 国立西洋美術館研究紀要	6. 最初と最後の頁 25～47
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 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshinari Abe・Ryuji Shikaku・Madoka Murakushi・Makiko Fukushima・Izumi Nakai	4. 巻 40
2. 論文標題 Did ancient glassware travel the Silk Road? X-ray fluorescence analysis of a Sasanian glass vessel from Okinoshima Island, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Archaeological Science: Reports	6. 最初と最後の頁 103195～103195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jasrep.2021.103195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 阿部 善也	4. 巻 7
2. 論文標題 沖ノ島8号遺跡出土カットグラス碗片・切子玉の非破壊蛍光X線分析による起源推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 沖ノ島研究	6. 最初と最後の頁 83～98
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 村串 まどか・加藤 千里・阿部 善也	4. 巻 7
2. 論文標題 沖ノ島祭祀遺跡出土ガラス製玉類の起源および流通に関する考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 沖ノ島研究	6. 最初と最後の頁 67～82
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 阿部 善也・白瀧 絢子・鈴木 周作・中村 彩奈・大越 あや・内沼 美弥・日高 遥香・吉田 健太郎・中井 泉・四角 隆二	4. 巻 32
2. 論文標題 岡山市立オリエント美術館収蔵古代ガラス製品の非破壊蛍光X線分析 - 2010～2018 年度に実施した分析調査の報告 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 岡山市立オリエント美術館研究紀要	6. 最初と最後の頁 1～28
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 阿部 善也・四角 隆二	4. 巻 32
2. 論文標題 「ペルシアのガラス」の再検討 - 伝イラン北部由来のサーサーン・ガラス製品の非破壊蛍光X線分析から -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 岡山市立オリエント美術館研究紀要	6. 最初と最後の頁 29～68
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 山花 京子・阿部 善也・村串 まどか	4. 巻 65
2. 論文標題 東海大学所蔵アンデス・コレクションのガラス玉の形態および理化学的分析と製作技法考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 GLASS	6. 最初と最後の頁 3~25
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 有
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45件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・四角 隆二・鎌田 涼・谷口 陽子
2. 発表標題 1970年代の東京教育大学 (現・筑波大学) イラン遺跡調査団により蒐集されたガラス資料 (小田幸子コレクション) に関する基礎研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第41回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・小林 仁
2. 発表標題 非破壊オンサイト蛍光X線分析による九州国立博物館所蔵の重要文化財「油滴天目」の材質および起源に関する研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第41回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 阿部 善也・杉浦 雅乃・村串 まどか・鎌田 涼・稲田 健一
2. 発表標題 ハイパースペクトルイメージングカメラを用いた古代ガラス製品の簡易的な起源推定の提案と応用
3. 学会等名 文化財保存修復学会第46回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 村串 まどか・阿部 善也・高嶋 美穂・中尾 優衣・鳥海 秀実
2. 発表標題 国立工芸館の所蔵する杉浦非水のグラフィックデザインを対象とした科学的調査
3. 学会等名 文化財保存修復学会第46回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 ガラスの分析から見えてくること - 古代オリエントを例に -
3. 学会等名 MIHO MUSEUM特別展「古代ガラス - 輝く意匠と技法」講演会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 文化財のX線分析からわかること
3. 学会等名 第84回分析化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・小林 仁・藤田 清・中井 泉
2. 発表標題 藤田美術館所蔵の国宝「曜変天目茶碗」の非破壊オンサイト光学調査
3. 学会等名 日本文化財科学会第40回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村串 まどか・阿部 善也・鄭 銀珍・小林 仁
2. 発表標題 本間美術館所蔵天目茶碗の材質に関する研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第40回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 工藤 洋大・阿部 善也・保倉 明子・四角 隆二・山花 京子
2. 発表標題 X線分析を用いた非破壊分析による古代エジプトを中心としたガラス白濁技術の解明
3. 学会等名 第59回X線分析討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 楠 翔磨・阿部 善也・村串 まどか・小林 仁
2. 発表標題 小田原城下欄干橋町遺跡出土天目片の非破壊オンサイト蛍光X線分析
3. 学会等名 第59回X線分析討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 日本で見つかった古代ガラス製容器に関して
3. 学会等名 Origin, Distribution and Recycle of Gaya Glass Vessels (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・四角 隆二・降幡 順子・小嶋 芳孝
2. 発表標題 寺家遺跡出土ガラス関連遺物の非破壊材質分析
3. 学会等名 文化財保存修復学会第45回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村串 まどか・毛塚 理緒・阿部 善也
2. 発表標題 石川県内出土ガラス小玉の非破壊オンサイト化学組成分析
3. 学会等名 文化財保存修復学会第45回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinari Abe・Madoka Murakushi・Hiroshi Shiino・Hiroki Nagai・Yoshihide Nakajima
2. 発表標題 Introduction of a new silicon drift detector equipped with graphene window to a portable X-ray fluorescence spectrometer and application on nondestructive and onsite analysis of historical glass artifacts
3. 学会等名 Technart 2023 - International conference on analytical techniques in art and cultural heritage (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Madoka Murakushi・Yoshinari Abe・Chisato Kato・Makiko Fukushima・Izumi Nakai
2. 発表標題 Non-destructive and on-site X-ray fluorescence analysis of national treasure glass beads from Okinoshima Island, Japan
3. 学会等名 Technart 2023 - International conference on analytical techniques in art and cultural heritage (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・椎野 博・永井 宏樹・中嶋 佳秀
2. 発表標題 グラフェン製入射窓を備えた新型シリコンドリフト検出器の可搬型蛍光X線分析装置への導入と文化財の非破壊オンサイト分析への応用
3. 学会等名 第58回X線分析討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村串 まどか・阿部 善也・四角 隆二・東 容子・金 度潤・李 承恩
2. 発表標題 可搬型蛍光X線分析装置を用いたモザイクガラス玉の化学組成分析
3. 学会等名 第58回X線分析討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 放射光X線を用いて古代ガラスの製法に迫る - 銅赤ガラスを事例に -
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 シルクロードを旅した古代ガラス - X線分析が明らかにする起源と流通 -
3. 学会等名 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・椎野 博・永井 宏樹・中嶋 佳秀
2. 発表標題 新型検出器を搭載した可搬型蛍光X線分析装置の開発と古代ガラス製品の非破壊オンサイト分析への応用
3. 学会等名 日本文化財科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村串 まどか・齋藤 努・西 幸子・甲斐 孝司・岩橋 由季・加藤 和歳・小林 啓・桃崎 祐輔
2. 発表標題 福岡県船原古墳出土馬具の鉛同位体比分析 - ガラス装飾付辻金具・雲珠を中心に -
3. 学会等名 日本文化財科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・高橋 香里・山花 京子
2. 発表標題 東海大学・古代エジプト及び中近東コレクション「ホルス神の眼を捧持するヒヒ像」の非破壊オンサイト分光分析による材質調査
3. 学会等名 文化財保存修復学会第44回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村串 まどか・中井 泉・奥野 進・中村 和之
2. 発表標題 可搬型蛍光X線分析装置を用いた市立函館博物館所蔵馬場コレクションのガラス玉の化学組成分析
3. 学会等名 文化財保存修復学会第44回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高嶋 美穂・阿部 善也・寺島 海・村串 まどか・古山 月・谷口 陽子
2. 発表標題 国立西洋美術館所蔵2作品のオンサイト色材調査 - カルロ・ドルチ《悲しみの聖母》と、ヤコブ・ヨルダーンズ(に帰属)《ソドムを去るロトとその家族》 -
3. 学会等名 文化財保存修復学会第44回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 歴史的なガラス製品の理化学的分析と起源推定の事例
3. 学会等名 日本科学史学会第69回年会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 沖ノ島8号遺跡出土のカットガラス碗片と切子玉はどこで作られたのか - 非破壊蛍光X線分析から起源に迫る -
3. 学会等名 令和3年度 公開講座 第8回 「特集：沖ノ島のガラス」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村串 まどか
2. 発表標題 沖ノ島祭祀遺跡出土ガラス製玉類の起源および流通に関する考察
3. 学会等名 令和3年度 公開講座 第8回 「特集：沖ノ島のガラス」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 白瑠璃碗はサーサーン朝の宮廷工房で作られたのか - X線分析からサーサーン・ガラスの実態に迫る -
3. 学会等名 日本ガラス工芸学会第57回オンライン研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・久永 雅宏・福嶋 真貴子
2. 発表標題 宗像沖ノ島出土ヒスイ製勾玉の非破壊オンサイト蛍光X線分析
3. 学会等名 第57回X線分析討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村串 まどか・阿部 善也・井浦 一
2. 発表標題 非破壊オンサイト蛍光X線分析による津屋崎古墳群出土ガラス製品の考古科学的研究
3. 学会等名 第57回X線分析討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也・四角 隆二
2. 発表標題 古代日本に伝来したのはサーサーン朝の宮廷工房作品だったのか？ - X線分析が明らかにしたサーサーン・ガラスの実態 -
3. 学会等名 日本考古学協会2021年度金沢大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 放射光の文化財分野への応用事例・最新の話題紹介
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会 (文化財科学への量子ビーム応用推進ワーキンググループ)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也・四角 隆二・東 容子・村串 まどか・金 度潤・李 承恩
2. 発表標題 非破壊蛍光X線分析による慶州・新羅古墳出土の古代ガラス製容器の起源および流通に関する研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村串 まどか・阿部 善也・金 度潤・李 承恩
2. 発表標題 国立慶州博物館所蔵の新羅古墳出土ガラス玉の化学組成分析
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshinari Abe・Ryuji Shikaku・Izumi Nakai・Makiko Fukushima
2. 発表標題 Ancient glassware travelled the Silk Road: provenance investigation of a relief-cut glass shard and facet-cut glass beads from Munakata-Okinoshima ritual site No.8 by nondestructive X-ray fluorescence analysis
3. 学会等名 AIHV (Association Internationale pour l'Histoire du Verre) 22nd Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryuji Shikaku・Yoshinari Abe・Doyoon Kim・Sungeun Lee
2. 発表標題 The importance of the Caucasus region in East-West glass trade in Late Antiquity: a new light on Silla glass, Korean peninsu
3. 学会等名 AIHV (Association Internationale pour l'Histoire du Verre) 22nd Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kyoko Yamahana・Yoshinari Abe・Madoka Murakushi
2. 発表標題 Glass beads from Andean collection of Tokai University, Japan
3. 学会等名 AIHV (Association Internationale pour l'Histoire du Verre) 22nd Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshinari Abe
2. 発表標題 Portable XRF spectrometers and on-site analysis - Applications in archaeology and artwork -
3. 学会等名 70th Annual Denver X-ray Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 X線分析から読み解く古代エジプトとメソポタミアにおけるガラス製法の違い - 銅赤ガラスを事例に -
3. 学会等名 文化財を科学するII (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也
2. 発表標題 放射光による文化財の非破壊分析事例 - 蛍光X線分析法による古代ガラスの起源推定とX線吸収端差分法による絵画の元素イメージング -
3. 学会等名 第4回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探索 - 加速器が紡ぐ文理融合の地平 - (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 善也・大越 あや・中井 泉・高橋 寿光・河合 望
2. 発表標題 エジプト, アブ・シール南丘陵遺跡集団埋葬墓出土ガラス製ビーズの非破壊オンサイト蛍光X線分析 - 古代エジプト最古級のガラスはどこで作られたか -
3. 学会等名 日本地球化学会 第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 四角 隆二・阿部 善也
2. 発表標題 サーサーン朝期におけるガラス容器生産と加飾行為の検討 - キシュ出土品を中心に -
3. 学会等名 日本西アジア考古学会第25回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部 善也・村串 まどか・中井 泉・福島 真貴子
2. 発表標題 非破壊オンサイト蛍光X線分析による宗像沖ノ島出土の国宝古代ガラス製品の起源推定
3. 学会等名 第56回X線分析討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部 善也・四角 隆二・中井 泉・福島 真貴子
2. 発表標題 福岡県沖ノ島祭祀遺跡出土のカットグラス碗片・切子玉の非破壊蛍光X線分析による起源推定
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 村串 まどか・阿部 善也・加藤 千里・中井 泉・福島 真貴子
2. 発表標題 福岡県沖ノ島祭祀遺跡出土ガラス製玉類の流通に関する考察
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計8件

1. 著者名 阿部 善也	4. 発行年 2024年
2. 出版社 MIHO MUSEUM	5. 総ページ数 384
3. 書名 古代ガラス - 輝く意匠と技法 (担当箇所: 古代オリエント地域におけるガラスの変遷を理化学的な研究から読み解く)	

1. 著者名 村串 まどか	4. 発行年 2024年
2. 出版社 MIHO MUSEUM	5. 総ページ数 384
3. 書名 古代ガラス - 輝く意匠と技法 (担当箇所: 日本から見た東アジアのガラス)	

1. 著者名 Yoshinari Abe	4. 発行年 2024年
2. 出版社 MIHO MUSEUM	5. 総ページ数 384
3. 書名 Ancient Glass: Brilliant Design, Stunning Technique (担当箇所: A Scientific Study of Changes in Glass in the Ancient Near East)	

1. 著者名 Madoka Murakushi	4. 発行年 2024年
2. 出版社 MIHO MUSEUM	5. 総ページ数 384
3. 書名 Ancient Glass: Brilliant Design, Stunning Technique (担当箇所: East Asian Glass: A Perspective from Japan)	

1. 著者名 林 佳美・地村 洋平・吉田 謙也・藤原 信幸・田中 航・阿部 善也・村串 まどか	4. 発行年 2023年
2. 出版社 サントリー美術館	5. 総ページ数 220
3. 書名 吹きガラス 妙なるかたち、技の妙 (担当箇所: 《藍色ちろり》の技法研究)	

1. 著者名 阿部 善也・四角 隆二	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本考古学協会2021年度金沢大会実行委員会	5. 総ページ数 351
3. 書名 北陸と世界の考古学 - 日本考古学協会2021年度金沢大会資料集 - (担当箇所: 古代日本に伝来したのはサーサーン朝の宮廷工房作品だったのか?)	

1. 著者名 阿部 善也	4. 発行年 2020年
2. 出版社 天理大学出版部	5. 総ページ数 159
3. 書名 大航海時代へ：マルコ・ポーロが開いた世界：天理大学附属天理参考館・天理図書館創立90周年特別展 (担当箇所：トンボ玉と大航海時代)	

1. 著者名 阿部 善也・村串 まどか	4. 発行年 2021年
2. 出版社 国立慶州博物館	5. 総ページ数 351
3. 書名 Color and Radiance: Glass Treasures of Silla and Ancient Korea (担当箇所：新羅墳墓出土の古代ガラス製品はどこで作られたのか？ - 目に見えないX線で起源を探る -)	

〔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	村串 まどか (MURAKUSHI Madoka) (20868880)	筑波大学・人文社会系・特別研究員 (PD) (12102)	2022年度より研究分担者から研究協力者に変更。所属は2021年度末当時のもの。

	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	村串 まどか (MURAKUSHI Madoka) (20868880)	明治大学・理工学部応用化学科・助教 (32682)	2022年度より研究分担者から研究協力者に変更。
研究 協力者	林 佳美 (HAYASHI Yoshimi)	サントリー美術館	応募時点では研究分担者を予定していたが、2020年度より現職に着任し、研究協力者に変更。

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	四角 隆二 (SHIKAKU Ryuji)	岡山市立オリエント美術館	

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