

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：34316

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21656

研究課題名（和文）古書籍に混入した毛髪のアナライズによる過去の食生活の推定

研究課題名（英文）Reconstruction of human food habits in early-modern Japan by isotope analysis of hairs embedded in the old books

研究代表者

丸山 敦（MARUYAMA, Atsushi）

龍谷大学・先端理工学部・教授

研究者番号：70368033

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）：近世・近代に版木で印刷された和装本253部から漉き込まれた毛髪を抽出し、食性解析のために炭素・窒素安定同位体分析を、微量元素含有量を測定するためにPIXE分析を行った。倫理委員会に承認された方法で集めた現代人（老若男女）の毛髪も、比較対象としてPIXE分析に供した（同位体比は既知のため分析しなかった）。

食生活と農業の変化を分離する試みとして、ヒトの主食であったコメの化学的変化を推定するための試料の収集にも着手した。とくに、近世から現代にかけて京都周辺で刈り取られたと推察されるイネ試料は、すでに文化財建築物より十分に採集され、毛髪分析から生じた対立仮説を検証する材料として期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究活動で得られた知見は、当初計画以上に学際的である。すなわち、窒素同位体比は江戸時代を通じた海への依存度の上昇、炭素同位体比はC4植物への依存度の上昇を明らかにしたほか、PIXE分析で定量される多種の微量元素含有量は、江戸時代よりも現代において小さいことが示された。歴史学や自然人類学はもとより、栄養学や土壌学にも刺激する知見が見いだされつつある。さらに刺激的な生物試料（イネ）の入手に目途がついたことの学術的将来性も強調したい。

研究成果の概要（英文）：Hair embedded in 253 Japanese-style book-sets printed in the early modern and modern periods was extracted and subjected to carbon and nitrogen stable isotope analysis for dietary analysis and PIXE analysis to determine trace element content. Hair from modern humans (men and women of all ages) collected by an ethically-approved method was also subjected to PIXE analysis as a comparison (isotope ratios were not analyzed because they were known).

In an attempt to separate changes in diet and agriculture, we also began collecting samples to estimate chemical changes in rice, which has been the staple food of Japanese people. In particular, rice leaf samples estimated to have been harvested in the Kyoto area from the early modern period to the present day have already been collected sufficiently from cultural property buildings and are expected to serve as material for testing the competing hypotheses arising from the hair analysis.

研究分野：同位体生態学

キーワード：江戸時代 同位体分析 毛髪 和装本 PIXE分析 文化財建造物

## 1. 研究開始当初の背景

学際的なアプローチの確立を目指す本申請研究は、複数分野に学術的背景を持つ。

歴史学においては、過去の食生活は、主に古文書等の記述から推定されてきた。実際、江戸期以降にはレシピ本や日記などが多く残り、多彩な料理メニューが記録されている。ただし、このような記録は珍しい出来事に偏りやすく、また量的な評価が難しいため、自然科学的な手法を併用することで知見を補完すべきことが国内外で指摘されている。

一方、動物生態学では、物言わぬ動物の食性を、同位体分析によって明らかにしている。動物組織の炭素・窒素安定同位体比が餌と比べて常に一定の差異を保つ法則性を利用して、日常的な餌生物を推定できるのである。これを応用して、非常に古い時代の食生活にも興味を寄せる自然人類学では、墓地や遺跡から採掘された人骨のコラーゲンの同位体比を測定する。この手法で江戸期の食生活を推定した研究例も既に多数ある。ただし、墓地や遺跡を掘り起こす作業には一定の倫理的障壁があり、思う存分に試料を増やして当時の平均的食生活を推定するのは、敷居の高い作業である。

また、古文書や古書籍を扱う書誌学においては、記述内容をデジタルアーカイブ化し、容易に記載内容にアクセスできる研究環境を整える動きがある。一方で、出版年や出版地が記載されている書物を貴重な分析試料と捉え、現物の博物学的な保管の重要性を改めて訴える研究者も、国内外に知られる。

書籍に漉き込まれた毛髪と同位体比を分析する本申請研究のアプローチは<sup>図1</sup>、上述3分野の課題に同時に取り組み、それぞれに対して情報を補完できる可能性がある。筆者らが本アプローチを着想してから論文公表までスムーズに進捗したことは、必然的な経緯とも言える。

本申請研究が上述3分野の課題に取り組む以上、その挑戦の学術的な意義が大きいことは既に明らかである。加えて、歴史分野に対しては、本申請研究によって磨き上げられる手法によって、既存の仮説を検証したり、新たな仮説を提唱することができるだろう。例えば、江戸期に度々発生した飢饉が当時の食生活に与えた影響を正しく知ることは、世界的な食糧不足への不安を抱える現代社会に必要なことだろう。食生活の地域差の増減は、当時の流通システムがどのように進化したかを知ることに繋がるだろう。

また、前出の既発表論文は朝日・読売・毎日・産経・日経・中日・京都新聞、NHK等で幅広く報道され、それに対する反響も大きかったことから、一般市民にとっても、自身の先祖の歴史、特に過去の食生活が、強い興味の対象であることを再認識できた。恐らく、「紙から見つかる髪を分析すると昔のことがわかる」という小気味よい意外性は、科学的な歴史研究の広報的役割を担うポテンシャルを秘めており、その派生效果も含めて、萌芽研究として取り組む価値は高いと感じている。

## 2. 研究の目的

ユネスコ無形文化遺産「和食」の起源である江戸～明治初期における日本人の食生活を、書籍に漉き込まれた毛髪同位体分析によって詳しくすることが、本申請研究の目的である。申請者が発表したばかりの新技术をさらに洗練し、特に当時の食べ物の安定同位体比を把握することで、より定量的に食生活の変遷や地域差を検証できる研究環境を整備する。

本研究の進捗過程で、外部の強力な研究協力者(二ツ川章二博士:元日本アイソトープ協会理事/現アルファタウメディカル株式会社RO)と外部資金(エスベック地球環境研究・技術基金)からのテコ入れを受け、PIXE分析を新たな主要分析ツールに加えるに至った。これは、当初計画において「補強技術」として期待していた「各種の科学分析」に相当するもので<sup>図2</sup>、毛髪という形で排出される微量元素を網羅的に定量できる分析である。このことにより、江戸～明治初期における日本人の食生活の背景にある、食品加工・農業(施肥)・漁業・物流について推察することが、本研究の新たな目的として加わった。

さらに、申請当初もっとも挑戦的な計画であった「墓・遺跡の生物試料へのアクセス」「コメ粒の抽出」について、より容易(ゆえにより網羅的)にアクセスできる試料として、文化財建築物から採取できるイネ試料を活用することを着想し、コロナ禍の収束を待って収集に乗り出すことができた。これによって、食生活を支える食品加工・農業(施肥)・漁業・物流の復元が可能なた試料の収集という目標も近い将来に到達できるものとなった。

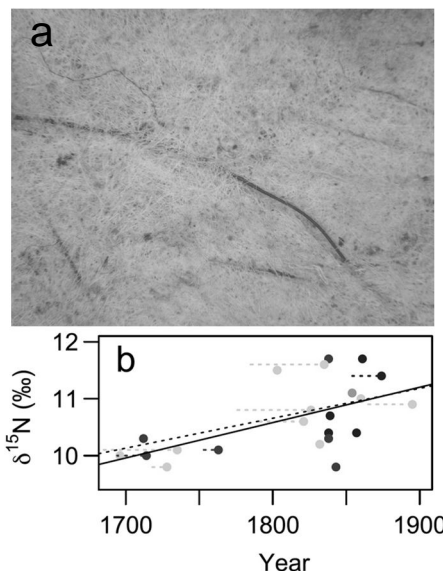


図1 江戸期の再生紙に漉き込まれた毛髪 (a)とその窒素同位体比の経年変化(b)

### 3. 研究の方法

動物の食性解析のために用いられる安定同位体分析を応用し、江戸～明治初期に出版された書籍から見つかる毛髪中の炭素・窒素安定同位体比を測定し、当時の庶民の食生活を推定する。則ち、毛髪中の炭素・窒素安定同位体比が食物と比べて一定の差異を保つ法則性を利用して、主な炭素、窒素を推定する。

江戸期に出版された書籍には、表紙に使われた再生紙に毛髪が多く漉き込まれている<sup>図1a</sup>。かつ、奥付には印刷年や印刷地が記載されていることから、書誌学的な鑑定を経れば、毛髪が抜け落ちた年と場所をおおよそ特定することができる。この事実初めて着目した申請者らは、実際に書籍から毛髪を抽出・同定して同位体比を測定し、炭素同位体比の差異から江戸の庶民が京都や大坂よりも雑穀を多く摂取していた事実を、窒素同位体比の上昇から江戸期200年の間に海産魚への依存を高めていった事実を、それぞれ突き止めた<sup>図1b</sup>。これらの結果は、歴史学者が希少な文献情報から推察した傾向ともよく符合していた。

本申請研究では、この新手法をさらに洗練し、より多くの地域の比較を、より細かな時間スケールで、より定量的に行うことに挑戦する<sup>図2</sup>。第一に、より多くの地域の比較を行うための工夫として、既発表論文で対象とした三都に加え、名古屋、博多、仙台などで出版された書籍「田舎版」の入手に取り組む。加えて、各地の郷土資料館や文化財センターなどに所蔵されている書籍からの非破壊的な毛髪抽出にも取り組む。既発表論文が広く報道されたお陰で、例えば岐阜県内の文化財センターから、毛髪が漉き込まれた古書籍を貴重な郷土史資料として所蔵されている旨の連絡を既に頂いている。毛髪が紙に混入したプロセスについて丁寧に検証すれば、比較地域を広げるための重要なブレイクスルーになりうる。第二に、より細かな時間スケールで解析するための工夫として、書籍の専門的な鑑定に基づく選別を検討する。例えば、経典などの書籍の版木は何十年も繰り返し用いられるために出版年と印刷年の差異が大きいものも含まれやすいが、歌舞伎役者の年鑑などの版木が再利用されることはまずない。つまり、ニュース性の高い内容の書籍を選定することは、時間スケールを細かくする上で有効と思われる。また、版木で刷られた当時の書籍は、版木の経年縮小を測ることで出版年と印刷年の差異を計測することができる可能性も提案されている。紙や綴紐の化学分析からも、年代特定を補完できる可能性がある。第三に、より定量的な解析を行うために、当時の食べ物の同位体比を推定したい。既発表論文では、食生活推定のためにリファレンスデータとして現代の食べ物の同位体比を用いたため、農業形態の変遷にともなう同位体比の変動の影響は払拭できず、食事内容を量的に推定することを敢えて控えた。当時の食べ物は、墓地や墓から見つかった前例があるため、申請者らはこれに挑戦するとしていた。実際には、より容易(ゆえにより網羅的)にアクセスできる試料として、文化財建築物から採取できるイネ試料を活用することを着想し、コロナ禍の収束を待って収集に乗り出すことができた。これによって、食生活を支える食品加工・農業(施肥)・漁業・物流の復元が可能で試料の収集という目標も近い将来に到達できるものとなったのは、上述の通りである。

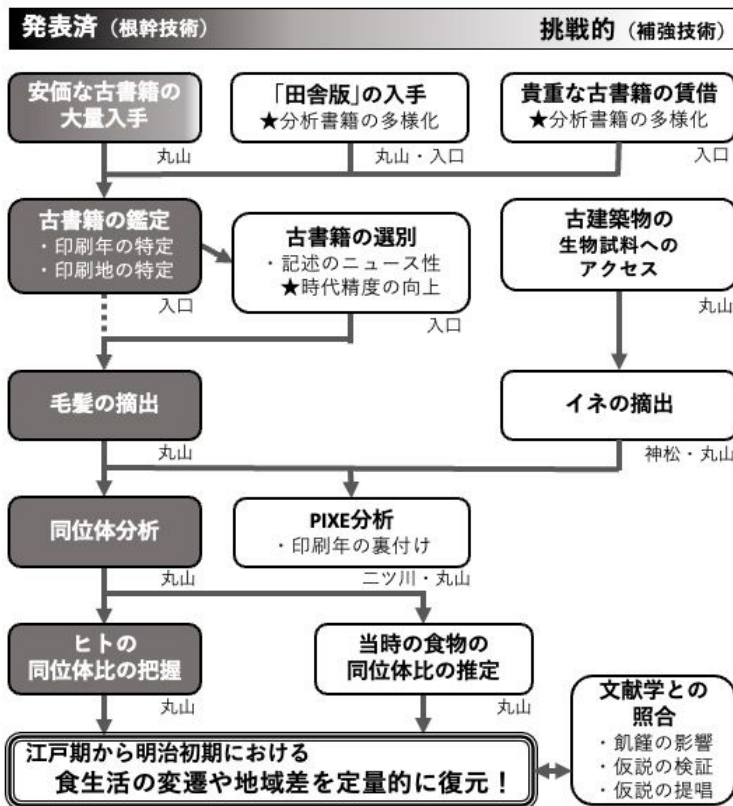


図2 分析フローと位置づけ

### 4. 研究成果

江戸時代前期から明治末までに版木を用いて印刷された板本(和装本)7万冊を対象に書誌学的調査を行い、発刊年代および発刊都市の推定が確かな253部から、表紙(厚紙の再生紙)に漉き込まれた毛髪を得た。そのうち、書誌学的な鑑定によって、版木の完成(発刊)から版木の使用(印刷)までに経過した時間が10年を超えると推定されたものは、以後の解析から排除する。9割以上を京都市内の龍谷大学大宮図書館で収集した影響もあるうが、京都で発刊された書籍が最も多く、徐々に他都市に広がっていく様子は、おおよそ書誌学において理解されている傾向と一致している<sup>図3</sup>。

分析に必要な分量（長さ 10cm 程度）が採取できたすべての毛髪試料に対して、炭素・窒素安定同位体分析を行った。既報を遙かに凌ぐ信憑性で、江戸時代の庶民の食生活が、C<sub>3</sub>植物（コメなど）と海産魚に依存していることが読み取れた。炭素同位体比のさらなる統計解析では、C<sub>4</sub>植物（粟稗黍など）の摂食割合が、上方においてより低いこと、時とともに減少していくことが示された。窒素同位体比の統計解析からは、時とともに海産魚への依存が増加することも確認された。

PIXE 分析は、結果を得るまでに時間を要するため、印刷都市と推定印刷年が母集団同等のバラツキを持つように注意しながら、収集した試料の一部の分析を終えたところである（京都 15 部、大阪 26 部、江戸 23 部、田舎 10 部）。比較対象として現代人から収集した毛髪についても、同様の注意を払

って分析を進めた（京都市 15 人、大阪市 13 人、東京中心部 12 人、その他 8 人）。詳細な結果から定量性に信憑性を欠く可能性が拭いきれなかった元素を除外し、11 元素について解析を行った。書籍由来の近世庶民の毛髪と現代人の毛髪を比較すると図 5、ほとんどの微量元素（塩素、カリウム、カルシウム、マンガン、鉄、同、鉛）において近世庶民における含有量が、現代人のものを上回った。亜鉛と硫黄については、現代人の毛髪において多く含まれる傾向が見られた。これら複数の元素含有量を主成分分析に供したところ、貢献度の大きな成分は検出されず、累積貢献度が 80%を超えるのは第 8 主成分においてであった。すなわち、複数の元素がそれぞれ独立の分散挙動を示しており、各元素の分散要因も別々である可能性が高いことが示唆された。その要因については、食品加工精製過程に由来するもの、土壌への海産物施肥、調理器具の違いによるもの、飲料水の違いに依るものなど、さまざまな芳香性からの考察が進んでおり、投稿準備中の学術論文において詳らかにしていきたい。考察においては、別途進めている解析で明らかになった各元素の含有量の都市間差や年次変化も重要なヒントとなる見込みである。

最後に、食生活の変化と農業の変化を分離する試みとして、ヒトの

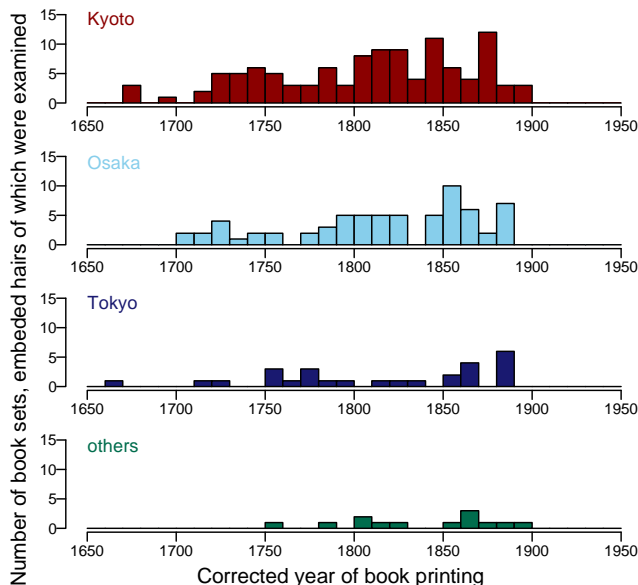


図3 毛髪を採取した和装本における印刷都市ごとの推定印刷年と冊数の関係

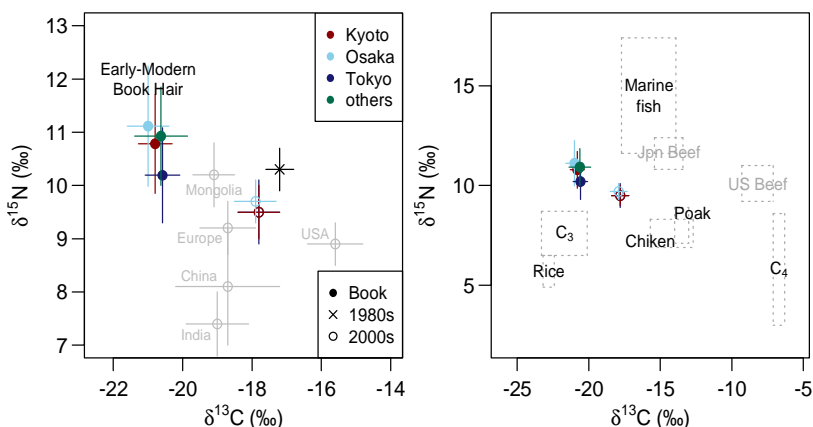


図4 毛髪の炭素・窒素同位体比、現代の各国人(引用値)との比較(左)、および現代の食物候補(引用値)との比較(右)

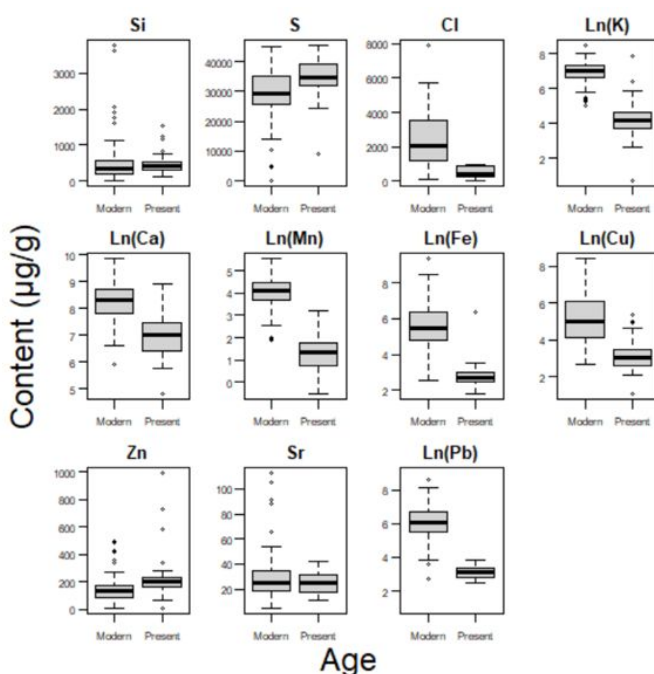


図5 毛髪の PIXE 分析で得られた 11 元素の含有量の時代比較。各グラフ横軸は、現代日本人(左)と近世日本人(右)を示す

主食であったコメの化学的变化を復元するための試料の収集も、コロナ収束を受けて進捗した。とくに、京都府文化財保護課などの協力を得て収集された、江戸時代初期から昭和前半にかけて京都周辺で刈り取られたと推察されるイネ試料は充実しており（寺社：西本願寺・本隆寺本堂・妙法院庫裏・大徳寺方丈/仏殿・東福寺常楽庵塔司寮・石清水八幡宮撰社狩尾社本殿、旅籠：二條陣屋・富永屋、住宅：松花堂書院・北山杉林業民家）<sup>6</sup>、毛髪分析から生じた対立仮説を検証する分析の材料として期待される。ただし、夾雑物の影響が懸念される分析材料に固有の洗浄・前処理・分析法を確立するため、模擬土壁を作成し、比較実験を行っている。同位体分析は龍谷大学の IRMS にて、PIXE 分析は東京都市大のオーデナリ PIXE にて近々分析が行われる予定である（検出器修理・調整の必要から、半年ほど待機中）。

以上の活動により分かったことは、当初計画以上に学際的である。すなわち、窒素同位体比は江戸時代を通じた海への依存度の上昇、炭素同位体比は C4 植物への依存度の上昇を明らかにしたほか、PIXE 分析で定量される多種の微量元素含有量は、江戸時代よりも現代において小さいことが示された。歴史学や自然人類学はもとより、栄養学や土壌学にも刺激しうる知見が見いだされつつある。コロナ禍の収束とともにこれら複数の学問分野の専門家との意見交換・議論も進められた。現在は、影響力の強い論文を仕上げるべく、執筆作業に集中している。総じて、研究期間の再延長が、十分に活かされる結果となった。



図6 文化財建築物の解体修理現場(上)で得られる生物試料(下):石清水八幡宮撰社狩尾社本殿

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1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 丸山 敦	4. 巻 761
2. 論文標題 江戸時代の食生活を書籍に漉き込まれた毛髪のアナトミから推定する	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IsotopeNews	6. 最初と最後の頁 42-43
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 丸山 敦	4. 巻 544
2. 論文標題 古書の髪から分かる江戸時代の食生活	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 キュービーニュース	6. 最初と最後の頁 1-15
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 神松幸弘・入口敦志	4. 巻 4
2. 論文標題 古代の甘味「甘葛」の原料に関する考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 環太平洋文明研究	6. 最初と最後の頁 89-109
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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 丸山敦, 眞田裕生, 木村俊太郎, 及川将一, 神松幸弘, 入口敦志, ニツ川章二
2. 発表標題 近世の和装本に漉き込まれた毛髪のPIXE分析で当時の食環境を推し測る
3. 学会等名 第33回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山敦, 及川将一, ニツ川章二, 神松幸弘, 入口敦志, 眞田裕生
2. 発表標題 江戸時代の古書籍に漉き込まれた毛髪のパIXE分析
3. 学会等名 放射線医学総合研究所サイクロトロン・静電加速器共用施設利用成果報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入口敦志, 丸山敦, 眞田裕生, 木村俊太郎, 桑木捷汰, 神松幸弘, 及川将一, ニツ川章二
2. 発表標題 版本の表紙裏に漉き込まれた毛髪のパ科学分析からわかることー安定同位体分析とPIXE分析ー
3. 学会等名 日本近世文学会2021秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山敦, 及川将一, ニツ川章二, 神松幸弘, 入口敦志, 木村俊太郎, 桑木捷汰
2. 発表標題 江戸時代の古書籍に漉き込まれた毛髪のパIXE分析
3. 学会等名 放射線医学総合研究所サイクロトロン・静電加速器共用施設利用成果報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山敦, 木村俊太郎, 桑木捷汰
2. 発表標題 古書籍から毛髪を抜きだして、江戸時代の食生活を科学する
3. 学会等名 シンポジウム「文学と化学分析から見た、日本の食文化における断絶と継承」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神松幸弘・入口敦志
2. 発表標題 日本古代の甘み「甘葛煎」の原料植物について
3. 学会等名 和食文化学会第2回研究大会
4. 発表年 2019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	入口 敦志  (Iriguchi Atsushi)  (80243872)	国文学研究資料館・研究部・教授   (62608)	
研究分担者	神松 幸弘  (Kohmatsu Yukihiro)  (20370140)	立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・准教授   (34315)	

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