

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05460

研究課題名（和文）負ミュオンビームを用いた新たな非破壊元素分析法

研究課題名（英文）Development of non-destructive elemental analysis method using negative muon beam

研究代表者

二宮 和彦（Kazuhiko, Ninomiya）

大阪大学・放射線科学基盤機構附属ラジオアイソトープ総合センター・准教授

研究者番号：90512905

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 120,700,000円

研究成果の概要（和文）：素粒子ミュオンが原子に捕獲されると、ミュオン特性X線を放出する。近年、ミュオン特性X線を用いた元素分析法の開発が進められており、非破壊で元素を定量できる特性から、貴重な試料への適用が進められている。本研究では、本手法の発展を目的に行った。低バックグラウンドの測定システムの構築により、これまでの測定限界を大幅に改善し、10 mgの試料であっても分析可能となった。これを用いることにより、小惑星リュウグウの石の分析に成功した。さらにCdTe二次元検出器を用いた分析により、三次元的な元素分布を非破壊で得る手法の確立を行った。これにより、貴重な考古物の三次元元素分布を非破壊で得ることが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非破壊の元素分析は、多くの研究分野において非常に有用な技術の一つであり、特に考古学など貴重資料を取り扱う分野においては唯一の分析手段となりうる。その中で物質内部の元素を分析できる、ミュオン元素分析法は有用であり非常に注目されている。本研究ではこの分析法の拡張に成功し、社会的に関心の高い小惑星リュウグウの石の分析に成功しただけでなく、貴重な文化財の三次元的な元素分布を非破壊で得る手法を確立することができた。本研究成果により、今後様々な貴重な文化財の非破壊分析が行うことが可能となり、異分野への量子ビーム応用利用研究の展開が期待される。

研究成果の概要（英文）：When a muon is introduced into a material, the muon is captured by an atom, and forms a muonic atom. After formation of a muonic atom, it emits muonic X-rays. In recent years, elemental analysis methods using muonic X-rays have been developed. This method can identify elements deeply inside of a material without sample destruction, and this method has been applied to analysis of valuable samples. The purpose of this research is to develop this method; by constructing a low-background measurement system, the detection limit of this method has been greatly improved, and even a 10 mg sample can be analyzed. As a result, we succeeded in analyzing the grains of the asteroid Ryugu. Furthermore, we have established a non-destructive three-dimensional elemental distribution analysis method by using a CdTe two-dimensional detector. By this experiment, it becomes possible to obtain three-dimensional elemental distributions of valuable archaeological materials in a non-destructive manner.

研究分野：放射化学

キーワード：負ミュオン ミュオン原子 非破壊分析 ミュオン特性X線 三次元分析

## 1. 研究開始当初の背景

負ミュオン（以下ミュオン）は電子のおよそ 200 倍の質量を持った素粒子である。多くの研究では、高エネルギー加速器施設からの 2 次粒子として得ている。近年、茨城県大強度陽子実験施設のミュオン施設 (J-PARC MUSE) では世界最高のパルスミュオンビームが利用可能となった。これにより QED の精密検証という素粒子物理学研究や、 $\mu$ SR 法による物性研究など先進的な研究が急速に発展している。

ミュオンが物質中に停止すると、ミュオンは電子と同じように原子核の周囲に原子軌道を形成し、ミュオン原子が生成する。ミュオンは電子と同じように、ミュオン原子軌道間の遷移に伴いミュオン特性 X 線を発する。ミュオンは電子の 200 倍の質量があるため、ミュオン特性 X 線のエネルギーは近似的には電子のもの 200 倍であり、非常にエネルギーが高い。これは電子に由来する特性 X 線に対して、ミュオン特性 X 線は極めて透過能の高いことを意味している。ミュオン特性 X 線を用いると、蛍光 X 線分析と同じような元素分析が可能である。特に蛍光 X 線分析ではエネルギーが低く、検出困難な Li のような軽元素であってもミュオン特性 X 線では、物質内部であっても検出可能であり、あらゆる元素が検出可能な分析法となる。

ミュオンを用いた元素分析法 (MIXE: Muon Induced X-ray Emission) は多くの特長を持っているが、これまでミュオンビームの強度が元素分析を行う上では不十分であったため実用化されなかった。しかし J-PARC MUSE において大強度ミュオンビームの生成が可能となり、これにミュオン原子をはじめとするエキゾチックな原子の形成過程を一貫して研究してきた申請者が目をつけたことで、ミュオンによる非破壊元素分析法が現実のものとなった[1]。これまでの先進的な研究成果として、考古学試料[2]や地球外物質[3]を対象として、数  $\mu$ m から数 mm 単位での深さにおいて、選択的な物質内部の元素分析を報告してきた。これを受けて英国ラザフォードアップルトン研究所 (RAL) など、世界中のミュオン施設において同様の研究の試みが始まっている。

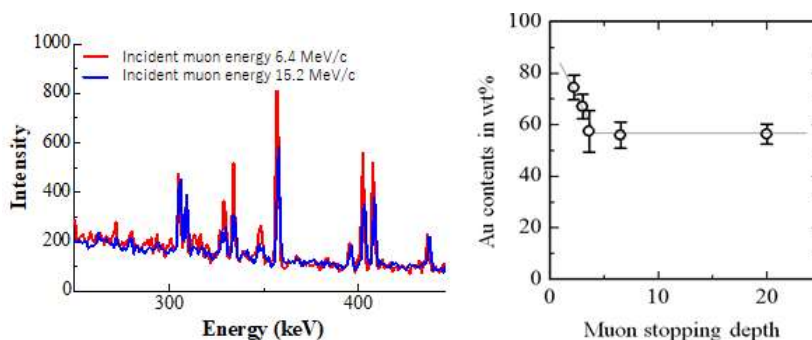


図 1 : ミュオンによる天保小判の非破壊深度元素分布分析[2]

ミュオン特性 X 線による分析は、以上のように非常に有用な方法であるが、いくつかの制約が存在する。一つはミュオンビームがそのビーム特性からほとんど絞ることができず、これまで数センチメートルオーダーの大きな試料に対してしか適用できていない。これにより 2 つの問題が生じる。すなわち、微少な試料を分析することが不可能であるということと、深さ方向の元素分布の取得は可能であるが、平面的な分布は調べることができないということである。また、ミュオンの捕獲確率はあらゆる元素でほとんど同じという特徴がある。これは同じ感度ですべての元素を分析できるということの意味しているが、感度に差が無いということは原理的に微量な元素の分析には向かず、高統計の実験と低バックグラウンドの環境の整備が必須となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、J-PARC MUSE で発展してきたミュオン元素分析法のさらなる発展を目的として実施した。J-PARC MUSE で供給されるミュオンビームの特性 (ビーム形状や分布、広がりなどの各種のパラメーター) を詳細に調べることで、微少な試料に適用可能にする低バックグラウンドの測定システムに最適化を行った。また、加速器の大強度化と独立に発展してきた、宇宙観測検出器、二次元イメージング Cd-Te 検出器や、エネルギー分解能に優れた熱カロリメーター (TES) をミュオン実験に適用した。前者により平面的な元素分布を得ることができ、ミュオンによる三次元元素分析という新しい手法の確立を目指した。そして後者の検出器は、超高分解のスペクトロスコーピーによるミュオン特性 X 線による同位体弁別分析システムの構築を目指して、まずはこの検出器による分解能の向上による低バックグラウンドの分析のテストを行った。

この新たな測定システム、検出器を利用することで、貴重な地球外物質である炭素質コンドライトの軽元素分析と、文化財の非破壊三次元元素分析実験を実施した。特に前者の研究では、当

初想定していたよりも微少な試料を分析できることが判明し、小惑星リュウグウの石の分析という成果を得ることができた。

### 3. 研究の方法

ミュオン実験はすべて J-PARC MUSE において実施した。

測定システムの低バックグラウンド化のために、ミュオンビームの特性を詳細に調べる実験を行った。プラスチックシンチレーターと CCD カメラを組み合わせた実験を行うことで、ビームプロファイルを明らかにした。またビーム取り出しの条件（ミュオンビームの輸送の電磁石の設定条件）を調整することにより、ビーム形状を変化させ、測定システムに最適なビーム形状条件について探索した。

ミュオンビーム形状を理解することで、ミュオンビームが測定コンポーネントに当たらないような測定システムを構築可能となった。これにより低バックグラウンドの測定システムを準備可能となった。本研究では図2に示すような低バックグラウンドの測定システムを構築した[4]。また三次元素分析においても、図3に示す測定システムを構築した。このシステムでは、CdTe 二次元検出器をビーム中心の周辺に配置し、これらを回転させることで複数の二次元元素分布を取得し、三次元素分布に再構築する。三次元分布への再構成には、医療診断で利用される SPECT の画像処理技術を応用した[5]。



図2：本研究で整備した低バックグラウンド測定システム

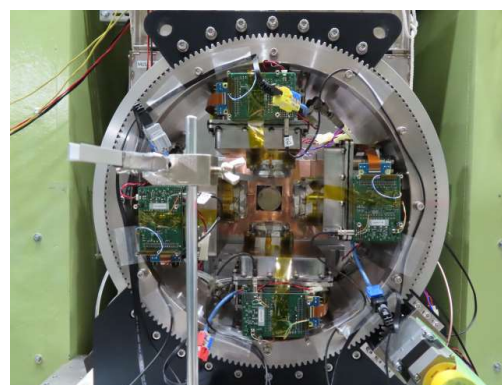


図3：三次元素分析装置

### 4. 研究成果

(1) 低バックグラウンドシステムの構築による微量試料の分析

新たに構築したシステムにより、図4に示すようなバックグラウンドの低減を行うことができた。これにより微量な試料の分析が可能となった。図5に 100 mg の炭素質隕石を分析した結果を示す。これまでミュオン元素分析は数 g 以上の試料に対してのみ適用可能であったが、本研究により検出下限として 5 mg までのものが分析可能となった。

このシステムを利用して、2020 年に小惑星探査機「はやぶさ2」によりもたらされた、小惑星リュウグウの石の分析を行った。結果を図6に示す。本研究により、非破壊で小惑星リュウグウの主要元素の組成を得ることができた[6]。特に炭素、窒素、酸素の分析は通常破壊分析でしか得られないものであり、このような貴重な試料に対して非破壊でこれらの軽元素の分析ができたのはミュオン元素分析法だからこそ成し遂げた研究成果である。分析結果を太陽系の始源的な物質と考えられている CI に分類される炭素質隕石の組成と比較すると、リュウグウと CI の組成は極めて似ていることが明らかとなった。これはリュウグウが太陽系の初期に形成された物質で

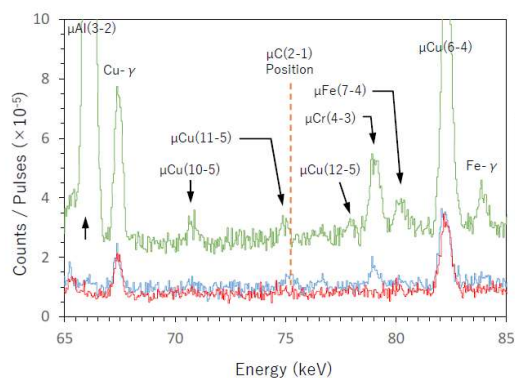


図4：低バックグラウンドシステムによるバックグラウンドの低減の比較（緑：従来のシステム、赤：本システム）

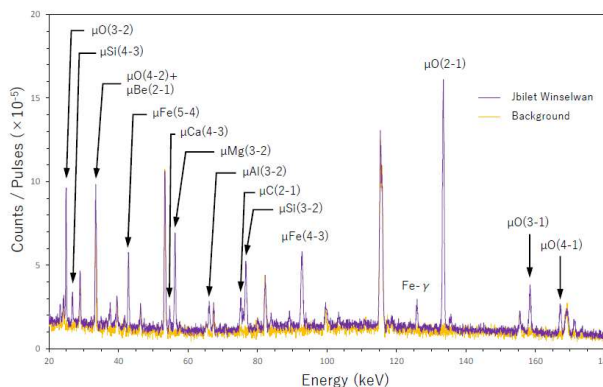


図5：炭素質隕石の分析結果



構成されていることを示している。一方でリュウグウと CI の間で、一部の元素では組成の違いがみられ、これは CI の地球への落下後の汚染の可能性を示している[7]。これらの研究成果は、今後太陽系の固体物質の基準値を書き換える可能性をもたらす極めて重要な成果である。

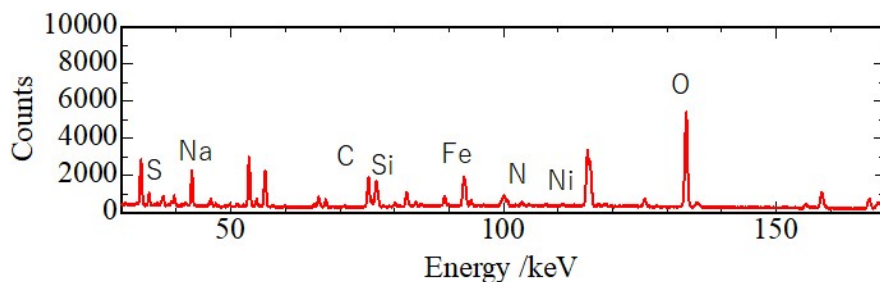


図 6：小惑星リュウグウの石の分析結果

### (2) CdTe イメージング検出器による三次元元素分析

二次元画像を再構成して三次元画像にするためのテスト実験の結果を図 7 に示す。この実験では、プラスチックでできた球を 22.5 度ごとに 360 度の方向から観察することで、三次元の元素分布を再構成した。これにより、本手法により非破壊の三次元元素分析が可能であることを実証した。

次にこの手法により図 8 に示す文化財（るつぼ）の分析研究を行った。4 台の検出器を用いた図 3 のシステムを利用することにより、30 度ごとに 360 度の方向からの二次元画像の取得を行った。るつぼを構成する主成分の元素の二次元画像が得られ、これにより三次元的な元素分布の再構成に成功した[8]。

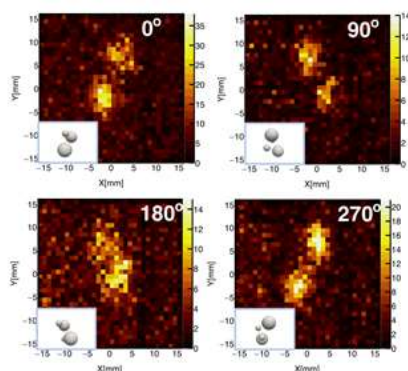


図 7：二次元元素分布と再構成した三次元分布



図 8：非破壊三次元元素分析に用いた文化財（るつぼ）

### 【参考文献】

- [1] K. Ninomiya et. al., Bull. Chem. Soc. Japan **85** (2012) 228.
- [2] K. Ninomiya et. al., Anal. Chem., **87** (2015) 4597-4600
- [3] K. Terada, K. Ninomiya et. al., Sci. Rep., **4**(2014)5072
- [4] T. Osawa, S. Nagasawa, K. Ninomiya et. al., ACS Earth Space Chem. **7** (2023) 699–711
- [5] T. Nakamura et. al., Science **379** (2022) eabn8671
- [6] I. Chiu et. al., Sci. Rep., **12** (2022) 5261
- [7] K. Ninomiya et. al., Meteoritics & Planetary Science, submitted
- [8] I. Chiu et. al., in preparation

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計69件（うち査読付論文 50件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 T. Nakamura, M. Matsumoto, K. Amano, et al	4. 巻 379
2. 論文標題 Formation and evolution of carbonaceous asteroid Ryugu: Direct evidence from returned samples	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 eabn8671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abn8671	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 I-Huan Chiu, Kentaro Terada, Osawa Takahito, Changkun Park, Soshi Takeshita, Yasuhiro Miyake, and Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 2462
2. 論文標題 Non-destructive Elemental Analysis of Lunar Materials with Negative Muon Beam at J-PARC	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Phys.: Conf. Ser.	6. 最初と最後の頁 12004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012004	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 Kazuhiko Ninomiya, Meito Kajino, Akihiro Nambu, Makoto Inagaki, Takuto Kudo, Akira Sato, Kentaro Terada, Atsushi Shinohara, Dai Tomono, Yoshitaka Kawashima, Yoichi Sakai, Tsutomu Takayama	4. 巻 95
2. 論文標題 Non-Destructive Composition Identification for Mixtures of Iron Compounds Using a Chemical Environmental Effect on a Muon Capture Process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 165768-165768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220289	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 Takahito Osawa, Shunsaku Nagasawa, Kazuhiko Ninomiya et al	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of Nondestructive Elemental Analysis System for Hayabusa2 Samples Using Muonic X-rays	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Earth Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 699-711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.2c00303	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 Izumi Umegaki, Kazuki Ohishi, Takehito Nakano, Shoichiro Nishimura, Soshi Takeshita, Akihiro Koda, Kazuhiko Ninomiya, M. Kenya Kubo, Jun Sugiyama	4. 巻 126
2. 論文標題 Negative Muon Spin Rotation and Relaxation Study on Battery Anode Material, Spinel Li4Ti5O12	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 10506-10514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c02055	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 大澤崇人	4. 巻 73
2. 論文標題 小惑星リュウグウの石を分析する 素粒子ミュオンをプローブとした装置開発から実験成功まで	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CROSS T&T	6. 最初と最後の頁 45086
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 齋藤 努	4. 巻 57
2. 論文標題 負ミュオンによる丁銀の深さ方向分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	6. 最初と最後の頁 19-21
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 二宮和彦	4. 巻 57
2. 論文標題 負ミュオンを用いた文理融合研究の展開	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	6. 最初と最後の頁 16-18
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 寺田健太郎、二宮和彦	4. 巻 57
2. 論文標題 ミュオン非破壊分析で見えてきた小惑星リュウグウの素性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	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 齋藤 努	4. 巻 8
2. 論文標題 巨大加速器で文化財へ潜る	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 REKI HAKU	6. 最初と最後の頁 80-84
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 齋藤 努	4. 巻 548
2. 論文標題 巨大加速器と江戸時代の銀貨	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 文部科学教育通信	6. 最初と最後の頁 2
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 Biswas, S., Megatli-Niebel, I., Raselli, L. et al.	4. 巻 11
2. 論文標題 The non-destructive investigation of a late antique knob bow fibula (Bügelknopffibel) from Kaiseraugst/CH using Muon Induced X-ray Emission (MIXE)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heritage Science	6. 最初と最後の頁 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40494-023-00880-0	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 該当する

1. 著者名 齋藤努, 竹下聡史, 反保元伸, 土居内翔伍, 橋本亜紀子, 梅垣いづみ, 久保謙哉, 二宮和彦, 三宅康博	4. 巻 84
2. 論文標題 負ミューオンを用いた丁銀の色付に関する非破壊分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 1-16
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 I-Huan Chiu, Shin' ichiro Takeda, Meito Kajino, Atsushi Shinohara, Miho Katsuragawa, Shunsaku Nagasawa, Ryota Tomaru, Goro Yabu, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Soshi Takeshita, Yasuhiro Miyake & Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 12
2. 論文標題 Non-destructive 3D imaging method using muonic X-rays and a CdTe double-sided strip detector	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09137-5	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 Seiichi Yamamoto, Kazuhiko Ninomiya, Naritoshi Kawamura, Takuya Yabe, Yoshiyuki Hirano	4. 巻 1015
2. 論文標題 Three-dimensional (3D) optical imaging of muon beam using a plastic scintillator plate in water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators	6. 最初と最後の頁 165768-165768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2021.165768	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 Makoto Inagaki, Kazuhiko Ninomiya, Akihiro Nambu, Takuto Kudo, Kentaro Terada, Akira Sato, Yoshitaka Kawashima, Dai Tomono, Atsushi Shinohara	4. 巻 102
2. 論文標題 Chemical effect on muonic atom formation through muon transfer reaction in benzene and cyclohexane samples	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiochimica Acta	6. 最初と最後の頁 144431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2020-0112	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 大澤崇人	4. 巻 31
2. 論文標題 小惑星リュウグウ試料の分析に向けたミュオンX線分析の基礎研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 波紋	6. 最初と最後の頁 117-120
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 二宮和彦	4. 巻 11
2. 論文標題 量子ビームミュオンを用いる非破壊分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 651-645
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 I. Umegaki, Y. Higuchi, Y. Kondo, K. Ninomiya, S. Takeshita, M. Tampo, H. Nakano, H. Oka, J. Sugiyama, M.K. Kubo, Y. Miyake	4. 巻 92
2. 論文標題 Nondestructive High-Sensitivity Detections of Metallic Lithium Deposited on a Battery Anode Using Muonic X-rays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anal. Chem.	6. 最初と最後の頁 8194-8200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c00370	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 Okada S., Azuma T., Bennett D. A., et al	4. 巻 200
2. 論文標題 X-ray Spectroscopy of Muonic Atoms Isolated in Vacuum with Transition Edge Sensors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 445 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02476-5	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 該当する

1. 著者名 Takumi Mahara, Seiya Manabe, Yukinobu Watanabe, Wang Liao, Masanori Hashimoto, Takeshi Y. Saito, Megumi Niikura, Kazuhiko Ninomiya, Dai Tomono, and Akira Sato	4. 巻 67
2. 論文標題 Irradiation Test of 65-nm Bulk SRAMs With DC Muon Beam at RCNP-MuSIC Facility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE	6. 最初と最後の頁 1555-1559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2972022	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 Jun Sugiyama, Izumi Umegaki, Soshi Takeshita, Hiroya Sakurai, Shoichiro Nishimura, Ola Kenji Forslund, Elisabetta Nocerino, Nami Matsubara, Martin Mansson, Takehito Nakano, Ichihito Yamauchi, Kazuhiko Ninomiya, M. Kenya Kubo, and Koichiro Shimomura	4. 巻 102
2. 論文標題 Nuclear magnetic field in Na <sub>0.7</sub> CoO <sub>2</sub> detected with $\mu$ -SR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 144431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.144431	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 該当する

1. 著者名 Seiichi Yamamoto, Kazuhiko Ninomiya, Naritoshi Kawamura and Yoshiyuki Hirano	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical imaging of muons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76652-8	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 Yoshiyuki Hirano, Seiichi Yamamoto, Naritoshi Kawamura, Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 96
2. 論文標題 Position distribution calculation of annihilation radiations and bremsstrahlung x rays in water during irradiation of positive muons: a Monte Carlo simulation study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 25302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/abcf65	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 K. Kitazato, R. E. Milliken, T. Iwata, et al	4. 巻 5
2. 論文標題 Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 246-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-020-01271-2	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 該当する

1. 著者名 K. Ninomiya	4. 巻 69
2. 論文標題 負ミュオンの化学	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 277-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.69.277	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 Ninomiya Kazuhiko, Kudo Takuto, Strasser Patrick, Terada Kentaro, Kawai Yosuke, Tampo Motonobu, Miyake Yasuhiro, Shinohara Atsushi, Kubo Kenya M.	4. 巻 320
2. 論文標題 Development of non-destructive isotopic analysis methods using muon beams and their application to the analysis of lead	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 801 ~ 805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06506-9	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 Kudo Takuto, Ninomiya Kazuhiko, Strasser Patrick, Terada Kentaro, Kawai Yosuke, Tampo Motonobu, Miyake Yasuhiro, Shinohara Atsushi, Kubo Kenya M.	4. 巻 322
2. 論文標題 Development of a non-destructive isotopic analysis method by gamma-ray emission measurement after negative muon irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 1299 ~ 1303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06682-8	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 Hirano Yoshiyuki, Ninomiya Kazuhiko, Yamamoto Seiichi	4. 巻 94
2. 論文標題 Estimation of dose and light distributions in water during irradiation of muon beams	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 125804 ~ 125804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/ab3acb	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 Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 19
2. 論文標題 Non-destructive, position-selective, and multi-elemental analysis method involving negative muons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences	6. 最初と最後の頁 8 ~ 13
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 Ninomiya Kazuhiko, Niikura Megumi, Sato Akira, Terada Kentaro, Saito Takeshi, Matsuzaki Teichiro, Tomono Dai, Kawashima Yoshitaka, Shinohara Atsushi, Kubo Kenya, Saito Tsutomu	4. 巻 69
2. 論文標題 Non-Destructive Elemental Analysis Using Negative Muon Obtained from DC Muon Beam Source; RCNP-MuSIC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 13 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.69.13	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 Ninomiya Kazuhiko, Kajino Meito, Inagaki Makoto, Terada Kentaro, Sato Akira, Tomono Dai, Kawashima Yoshitaka, Shinohara Atsushi	4. 巻 324
2. 論文標題 Per atom muon capture ratios and effects of molecular structure on muon capture by $^{-}Fe_{203}$ and $Fe_{304}$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 403 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07065-0	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 齋藤努	4. 巻 940
2. 論文標題 長登銅山と皇朝十二銭	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 學士會會報	6. 最初と最後の頁 100 ~ 105
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 齋藤努	4. 巻 214
2. 論文標題 負ミュオンを使った歴史資料分析の新しい取り組み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 歴史系総合誌『歴博』	6. 最初と最後の頁 18 ~ 19
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 Kazuhiko Ninomiya/Takashi U. Ito/Wataru Higemoto/Naritoshi Kawamura/Patrick Strasser/Takashi Nagatomo/Koichiro Shimomura/Yasuhiro Miyake/Makoto Kita/Atsushi Shinohara/Kenya M. Kubo/Taichi Miura	4. 巻 319
2. 論文標題 Negative Muon Capture Ratios for Nitrogen Oxide Molecules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Radioanal Nucl Chem	6. 最初と最後の頁 767-773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-018-6366-3	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 該当する

1. 著者名 Kazuhiko Ninomiya Takuto Kudo Michihiro Kitanaka Motonobu Tampo Yasuhiro Miyake Atsushi Shinohara Michael K. Kubo	4. 巻 25
2. 論文標題 Chemical Environmental Effect on Muon Capture Processes for Iron Compounds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 11010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.25.011010	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 Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 2018-6
2. 論文標題 Development of elemental analysis method using negative muon	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 KEK Proceedings	6. 最初と最後の頁 9-15
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 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 Jun Sugiyama Izumi Umegaki Hiroshi Nozaki Wataru Higemoto Koji Hamada Soshi Takeshita Akihiro Koda Koichiro Shimomura Kazuhiko Ninomiya and M. Kenya Kubo	4. 巻 121
2. 論文標題 Nuclear Magnetic Field in Solids Detected with Negative-Muon Spin Rotation and Relaxation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 87202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.087202	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 Go Yoshida Kazuhiko Ninomiya Makoto Inagaki Wataru Higemoto Patrick Strasser Naritoshi Kawamura Koichiro Shimomura Yasuhiro Miyake Taichi Miura Kenya M. Kubo Atsushi Shinohara	4. 巻 320
2. 論文標題 Initial quantum levels of captured muons in CO CO2 and COS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Radioanal Nucl Chem	6. 最初と最後の頁 283-289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-019-06470-4	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 該当する

1. 著者名 Kazuhiko Ninomiya	4. 巻 2018-6
2. 論文標題 Development of elemental analysis method using negative muon	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 KEK Proceedings	6. 最初と最後の頁 9-15
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 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 齋藤努	4. 巻 2019
2. 論文標題 「日本刀の刀匠が伝承する卸し鉄の浸炭と脱炭における条件の相違」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Integrated Studies of Cultural Research Resources	6. 最初と最後の頁 233-265
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 齋藤努	4. 巻 213
2. 論文標題 「鉛同位体比からみた日韓青銅資料の原料の産地」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 国立歴史民俗博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 69-125
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 澤田秀実 齋藤努 長柄毅一	4. 巻 213
2. 論文標題 「中国四国地方で出土した銅鏡からみた国産銅鉛原材料の産出地と使用開始時期」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 国立歴史民俗博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 31-41
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 Umegaki Izumi, Higuchi Yuki, Kondo Yasuhito, Ninomiya Kazuhiko, Takeshita Soshi, Tampo Motonobu, Nakano Hiroyuki, Oka Hideaki, Sugiyama Jun, Kubo Michael K., Miyake Yasuhiro	4. 巻 92
2. 論文標題 Nondestructive High-Sensitivity Detections of Metallic Lithium Deposited on a Battery Anode Using Muonic X-rays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 8194 ~ 8200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c00370	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 Okada S., et. al.,	4. 巻 200
2. 論文標題 X-ray Spectroscopy of Muonic Atoms Isolated in Vacuum with Transition Edge Sensors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 445 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02476-5	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 Mahara Takumi, Manabe Seiya, Watanabe Yukinobu, Liao Wang, Hashimoto Masanori, Saito Takeshi Y., Niiura Megumi, Ninomiya Kazuhiko, Tomono Dai, Sato Akira	4. 巻 67
2. 論文標題 Irradiation Test of 65-nm Bulk SRAMs With DC Muon Beam at RCNP-MuSIC Facility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nuclear Science	6. 最初と最後の頁 1555 ~ 1559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNS.2020.2972022	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 Sugiyama Jun, Umegaki Izumi, Takeshita Soshi, Sakurai Hiroya, Nishimura Shoichiro, Forslund Ola Kenji, Nocerino Elisabetta, Matsubara Nami, Mansson Martin, Nakano Takehito, Yamauchi Ichihiko, Ninomiya Kazuhiko, Kubo M. Kenya, Shimomura Koichiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Nuclear magnetic field in Na <sub>0.7</sub> CoO <sub>2</sub> detected with $\mu$ -SR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 144431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.144431	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 Hirano Yoshiyuki, Yamamoto Seiichi, Kawamura Naritoshi, Ninomiya Kazuhiko	4. 巻 96
2. 論文標題 Position distribution calculation of annihilation radiations and bremsstrahlung x rays in water during irradiation of positive muons: a Monte Carlo simulation study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 025302 ~ 025302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/abcf65	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 Yamamoto Seiichi, Ninomiya Kazuhiko, Kawamura Naritoshi, Hirano Yoshiyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical imaging of muons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76652-8	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 Kitazato K., et. al.,	4. 巻 5
2. 論文標題 Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 246 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-020-01271-2	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 Ninomiya Kazuhiko	4. 巻 69
2. 論文標題 Chemistry of Negative Muon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 277 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.69.277	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 Chiu I-Huan, Takeda Shin' ichiro, Kajino Meito, Shinohara Atsushi, Katsuragawa Miho, Nagasawa Shunsaku, Tomaru Ryota, Yabu Goro, Takahashi Tadayuki, Watanabe Shin, Takeshita Soshi, Miyake Yasuhiro, Ninomiya Kazuhiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Non-destructive 3D imaging method using muonic X-rays and a CdTe double-sided strip detector	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09137-5	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 Yamamoto Seiichi, Ninomiya Kazuhiko, Kawamura Naritoshi, Yabe Takuya, Hirano Yoshiyuki	4. 巻 1015
2. 論文標題 Three-dimensional (3D) optical imaging of muon beam using a plastic scintillator plate in water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 165768 ~ 165768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2021.165768	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 Inagaki Makoto, Ninomiya Kazuhiko, Nambu Akihiro, Kudo Takuto, Terada Kentaro, Sato Akira, Kawashima Yoshitaka, Tomono Dai, Shinohara Atsushi	4. 巻 109
2. 論文標題 Chemical effect on muonic atom formation through muon transfer reaction in benzene and cyclohexane samples	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiochimica Acta	6. 最初と最後の頁 319 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ract-2020-0112	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 齋藤努, 竹下聡史, 反保元伸, 土居内翔伍, 橋本亜紀子, 梅垣いづみ, 久保謙哉, 二宮和彦, 三宅康博	4. 巻 84
2. 論文標題 負ミュオンを用いた丁銀の色付に関する非破壊分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 1-16
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 大澤崇人	4. 巻 31
2. 論文標題 小惑星リュウグウ試料の分析に向けたミュオンX線分析の基礎研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 波紋	6. 最初と最後の頁 117-120
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 二宮和彦	4. 巻 11
2. 論文標題 量子ビームミュオンを用いる非破壊分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 651-645
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 Nakamura T., et. al.,	4. 巻 379
2. 論文標題 Formation and evolution of carbonaceous asteroid Ryugu: Direct evidence from returned samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 eabn8671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abn8671	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 該当する

1. 著者名 Chiu I-Huan, Terada Kentaro, Takahito Osawa, Park Changkun, Takeshita Soshi, Miyake Yasuhiro, Ninomiya Kazuhiko	4. 巻 2462
2. 論文標題 Non-destructive Elemental Analysis of Lunar Materials with Negative Muon Beam at J-PARC	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012004 ~ 012004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012004	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 該当する

1. 著者名 Ninomiya Kazuhiko, Kajino Meito, Nambu Akihiro, Inagaki Makoto, Kudo Takuto, Sato Akira, Terada Kentaro, Shinohara Atsushi, Tomono Dai, Kawashima Yoshitaka, Sakai Yoichi, Takayama Tsutomu	4. 巻 95
2. 論文標題 Non-Destructive Composition Identification for Mixtures of Iron Compounds Using a Chemical Environmental Effect on a Muon Capture Process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1769 ~ 1774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220289	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 Osawa Takahito, et al.,	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of Nondestructive Elemental Analysis System for Hayabusa2 Samples Using Muonic X-rays	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 699 ~ 711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.2c00303	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 Umegaki Izumi, Ohishi Kazuki, Nakano Takehito, Nishimura Shoichiro, Takeshita Soshi, Koda Akihiro, Ninomiya Kazuhiko, Kubo M. Kenya, Sugiyama Jun	4. 巻 126
2. 論文標題 Negative Muon Spin Rotation and Relaxation Study on Battery Anode Material, Spinel Li4Ti5O12	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 10506 ~ 10514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c02055	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 Biswas Sayani, et al.,	4. 巻 11
2. 論文標題 The non-destructive investigation of a late antique knob bow fibula (Bugelknopffibel) from Kaiseraugst/CH using Muon Induced X-ray Emission (MIXE)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heritage Science	6. 最初と最後の頁 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40494-023-00880-0	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 該当する

1. 著者名 大澤 崇人	4. 巻 73
2. 論文標題 小惑星リュウグウの石を分析する 素粒子ミュオンをプローブとした装置開発から実験成功まで	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CROSS T&T	6. 最初と最後の頁 6-9
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 齋藤 努	4. 巻 8
2. 論文標題 巨大加速器で文化財へ潜る	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 REKI HAKU	6. 最初と最後の頁 80-84
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 齋藤 努	4. 巻 548
2. 論文標題 巨大加速器と江戸時代の銀貨	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 文部科学教育通信	6. 最初と最後の頁 2
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 齋藤 努	4. 巻 57
2. 論文標題 負ミュオンによる丁銀の深さ方向分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	6. 最初と最後の頁 19-21
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 二宮和彦	4. 巻 57
2. 論文標題 負ミュオンを用いた文理融合研究の展開	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	6. 最初と最後の頁 16-18
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 寺田健太郎、二宮和彦	4. 巻 57
2. 論文標題 ミュオン非破壊分析で見えてきた小惑星リュウグウの素性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 めそん	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 -

〔学会発表〕 計67件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Takuto KUDO, Kazuhiko NINOMIYA, M. Kenya KUBO, Patrick STRASSER, Motonobu TAMPO, Yasuhiro MIYAKE, Atsushi SHINOHARA
2. 発表標題 Development of non-destructive isotopic analysis method using negative muon
3. 学会等名 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Ninomiya, Akihiro Nanbu, Makoto Inagaki, Takuto Kudo, Kentaro Terada, Akira Sato, Dai Tomono, Yoshitaka Kawashima, Atsushi Shinohara
2. 発表標題 Chemical environmental effect on muon capture processes for iron compounds
3. 学会等名 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ninomiya, T. Kudo, A. Shinohara, M. Tampo, Y. Miyake, M. K. Kubo
2. 発表標題 Muonic X-ray identification of nuclear materials sealed in a box
3. 学会等名 The 3rd J-PARC Symposium (J-PARC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ninomiya, M. Kajino, A. Nanbu, M. Inagaki, T. Kudo, K. Terada, A. Sato, D. Tomono, Y. Kawashima, Y. Sakai, T. Takayama, A. Shinohara
2. 発表標題 Chemical environmental effects on muon capture for iron compounds and their application to nondestructive identification of chemical species
3. 学会等名 15th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Ninomiya
2. 発表標題 Non-destructive identification of carbon content in iron product by muon lifetime measurement
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 第179回春季講演大会 国際セッション(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 二宮 和彦, 南部 明弘, 稲垣 誠, 工藤 拓人, 寺田 健太郎, 佐藤 朗, 友野 大, 川島 祥孝, 篠原 厚
2. 発表標題 鉄原子へのミュオン捕獲における化学状態の影響
3. 学会等名 原子衝突学会第44回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶野芽都, 二宮和彦, 工藤拓人, 寺田健太郎, 稲垣誠, 佐藤朗, 友野大, 川島祥孝, 酒井陽一, 高山努, 篠原厚
2. 発表標題 ミュオン特性 X 線測定による非破壊での化学状態分析法の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会(2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤 拓人, 千徳 佐和子, 二宮 和彦, 竹下 聡史, 髭本 亘, 篠原 厚, 下村 浩一郎, 河村 成肇, パトリック ストラッサー, 三宅 康博, 齋藤 努, 久保 謙哉
2. 発表標題 ミュオン崩壊電子寿命測定による非破壊元素分析法の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮和彦、工藤拓人、パトリック・ストラッサー、寺田健太郎、河井洋輔、反保元伸、三宅康博、篠原厚、久保謙哉
2. 発表標題 ミュオン照射後に放出されるガンマ線測定による非破壊同位体分析
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazihiko Ninomiya, M. Kenya Kubo, Yasuhiro Miyake, Atsushi Shinohara, Tsutomu Saito
2. 発表標題 Development of non-destructive elemental analysis method by muonic X-ray measurement
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤努
2. 発表標題 負ミュオンによる歴史資料の完全非破壊分析
3. 学会等名 第1回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ~ 加速器が紡ぐ文理融合の地平 ~
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 ミュオン分析法の新展開～同位体分析と化学状態分析～
3. 学会等名 第1回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤拓人、二宮和彦、久保謙哉、Patrick STRASSER、濱田幸司、反保元伸、土居内 翔悟、三宅康博、篠原厚
2. 発表標題 考古学資料の産地分析に向けたミュオン特性X線による非破壊鉛同位体分析法の開発
3. 学会等名 第1回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶野芽都 二宮和彦 篠原厚 寺田健太郎 佐藤朗 友野大 川島祥孝 酒井陽一 高山努
2. 発表標題 ミュオンを用いた鉄の非破壊化学状態分析
3. 学会等名 第1回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮 和彦
2. 発表標題 青銅内部の非破壊元素分析と非破壊同位体分析の試み
3. 学会等名 令和元年度非破壊検査・可視化・分析技術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大澤 崇人
2. 発表標題 ミュオン捕獲特性X線を用いた非破壊同位体比測定の可能性
3. 学会等名 質量分析学会 同位体比部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮 和彦
2. 発表標題 負ミュオンビームによる考古学試料等の分析
3. 学会等名 第2回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 邱奕寰、二宮和彦、武田伸一郎、桂川美穂、高橋忠幸
2. 発表標題 二次元検出器を用いたミュオンによる文化財の3次元 元素イメージング法の開発
3. 学会等名 第2回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶野芽都, 二宮和彦, 工藤拓人, 寺田健太郎, 稲垣誠, 佐藤朗, 友野大, 川島祥孝, 酒井陽一, 高山努, 篠原厚
2. 発表標題 ミュオン特性X線測定による文化財の酸化状態特定の可能性検討
3. 学会等名 第2回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ～加速器が紡ぐ文理融合の地平～
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 工藤拓人、二宮和彦、久保謙哉、Patrick STRASSER、濱田幸司、反保元伸、土居内 翔悟、三宅康博、篠原厚
2. 発表標題 文化財の産地分析に向けたミュオン特性X線による非破壊同位体分析法の開発
3. 学会等名 第2回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ~加速器が紡ぐ文理融合の地平~
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤努
2. 発表標題 傷つけずに測る文化財のナカミ
3. 学会等名 第2回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る ~加速器が紡ぐ文理融合の地平~
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Ninomiya
2. 発表標題 Development of non-destructive, position- selective and multi-elemental analysis method with negative muons
3. 学会等名 3rd International Symposium of Quantum Beam Science at Ibaraki University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤拓人、二宮和彦、篠原厚、久保謙哉、反保元伸、三宅康博
2. 発表標題 ミュオン特性X線を用いた非破壊同位体分析法の開発
3. 学会等名 2018日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤拓人、二宮和彦、篠原厚、久保謙哉、反保元伸、三宅康博
2. 発表標題 密封容器中の放射性物質に対する負ミュオンを用いた非開封元素分析法の開発
3. 学会等名 2018日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣誠、二宮和彦、工藤拓人、寺田健太郎、佐藤朗、川島祥孝、友野大、篠原厚
2. 発表標題 ベンゼンおよびシクロヘキサンにおけるミュオン転移過程への分子構造の影響
3. 学会等名 2018日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 負ミュオンを用いた新しい非破壊元素分析法の開発
3. 学会等名 第33回「放射線検出器とその応用」研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮和彦、工藤拓人、篠原厚、久保謙哉、反保元伸、三宅康博
2. 発表標題 ミュオンを用いた非破壊同位体分析法の開発
3. 学会等名 専門研究会「放射化分析及び中性子を用いた地球化学的研究-2-」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮和彦、工藤拓人、篠原厚、久保謙哉、反保元伸、三宅康博
2. 発表標題 ミュオン非破壊分析の原理、測定例と将来計画
3. 学会等名 ミュオンによる非破壊分析の可能性 - 考古学・文化財への応用を考える -
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮 和彦, 寺田 健太郎, 佐藤 朗, 三宅 康博, 久保 謙哉
2. 発表標題 ミュオン特性X線測定による非破壊内部元素分析法Non-destructive elemental analysis method for interior of a material by muonic X-ray measurement
3. 学会等名 量子ビームを用いた次世代非破壊分析技術とその応用 惑星物質科学との可能性
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮 和彦, 南部 明弘, 稲垣 誠, 工藤 拓人, 寺田 健太郎, 佐藤 朗, 友野 大, 川島 祥孝, 篠原 厚
2. 発表標題 鉄化合物のミュオン捕獲比と特性X線構造
3. 学会等名 第9回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲垣誠、二宮和彦、南部明弘、工藤拓人、梶野芽都、寺田健太郎、佐藤朗、川島祥孝、友野大、篠原厚
2. 発表標題 ベンゼンおよびシクロヘキサンにおけるミュオン転移過程に対する分子構造の影響
3. 学会等名 第9回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤拓人、二宮和彦、篠原厚、久保謙哉、反保元伸、三宅康博
2. 発表標題 ミュオン特性X線を用いた非破壊同位体分析法の開発
3. 学会等名 第9回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 ミュオンを用いた非破壊分析技術の青銅文化財分析への応用 ミューオン非破壊分析の原理、測定例
3. 学会等名 日本鉄鋼協会「鉄文化財にみる日本の独自技術の学際的研究フォーラム」専門委員会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Ninomiya
2. 発表標題 Non-destructive identification of carbon content in iron product by muon lifetime measurement
3. 学会等名 181st ISIJ (The Iron and Steel Institute of Japan) meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邱 奕寰、梶野 芽都、篠原 厚、二宮 和彦、武田 伸一郎、桂川 美穂、都丸 亮太、藪 悟郎、長澤 俊作、高橋 忠幸、渡辺 伸
2. 発表標題 CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる非破壊三次元イメージング法の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第 64回討論会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 邱 奕寰、梶野 芽都、篠原 厚、二宮 和彦、武田 伸一郎、桂川 美穂、都丸 亮太、藪 悟郎、長澤 俊作、高橋 忠幸、渡辺 伸
2. 発表標題 二次元シリコン検出器を用いた負ミュオンX線測定実験
3. 学会等名 日本放射化学会第 64回討論会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶野芽都、二宮和彦、工藤拓人、寺田健太郎、稲垣誠、佐藤朗、友野大、川島祥孝、酒井陽一、高山努、篠原厚
2. 発表標題 ミュオン特性 X 線測定による鉄の酸化反応の追跡
3. 学会等名 日本放射化学会第 64回討論会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤 努、竹下 聡史、反保 元伸、土居内 翔伍、橋本 亜紀子、梅垣 いづみ、二宮 和彦、三宅 康博
2. 発表標題 負ミュオンを用いた非破壊による丁銀の深さ方向分析
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 齋藤 努
2. 発表標題 負ミュオンによる歴史資料の内部分析と深さ方向分析
3. 学会等名 第3回 文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る 加速器が紡ぐ文理融合の地平」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 邱 奕寰、梶野 芽都、篠原 厚、二宮 和彦、武田 伸一郎、桂川 美穂、都丸 亮太、藪 悟郎、長澤 俊作、南 喬博、高橋 忠幸、渡辺 伸
2. 発表標題 CdTe検出器を用いた負ミュオンによる文化財の非破壊三次元イメージング法の開発
3. 学会等名 第11回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邱 奕寰、梶野 芽都、篠原 厚、二宮 和彦、武田 伸一郎、桂川 美穂、都丸 亮太、藪 悟郎、長澤 俊作、高橋 忠幸、渡辺 伸
2. 発表標題 CdTe検出器を用いた負ミュオンによる非破壊三次元イメージング法の開発
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 負ミューオンビームを用いた非破壊分析法の開発
3. 学会等名 2020年度日本地球化学会第67回年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 負ミュオンによる丁銀の深さ方向分析
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る 加速器が紡ぐ文理融合の地平
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 負ミュオンによる文化財の完全非破壊分析 内部分析と深さ方向分析
3. 学会等名 2020年度サイエンスフェスタ（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 鉛同位体比からみる中世青銅製品と北宋銭
3. 学会等名 2021年度日本地球化学会年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 中世青銅製品と北宋銭
3. 学会等名 第5回文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る 加速器が紡ぐ文理融合の地平」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤努、村木二郎、反保元伸、大森信宏、土居内翔伍、橋本亜紀子、久保謙哉、竹下聡史、三宅康博
2. 発表標題 負ミュオン特性X線分析法による 中世青銅製品の内部組成非破壊分析
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 二宮和彦
2. 発表標題 ミュオンで46億年前を探る～小惑星リュウグウの石の分析～
3. 学会等名 第5回文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る 加速器が紡ぐ文理融合の地平」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邱奕寰、二宮和彦、東俊行、梶野芽都、桂川美穂、久保謙哉、南喬博、三宅康博、水本和美、長澤俊作、中村智樹、岡田信二、大澤崇人、下村浩一郎、篠原厚、高橋忠幸、武田伸一郎、竹下聡史、反保元伸、谷口秋洋、寺田健太郎、梅垣いづみ、和田大雅、渡辺伸、吉田剛
2. 発表標題 J-PARC におけるミュオン特性 X 線による元素分析の微量試料適用に向けた装置開発
3. 学会等名 日本放射化学会第65回討論会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Ninomiya, et. al.,
2. 発表標題 NON-DESTRUCTIVE BULK ELEMENTAL ANALYSIS FOR STONES FROM ASTEROID RYUGU
3. 学会等名 The 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 負ミュオンを用いた丁銀の深さ方向分析
3. 学会等名 第6回文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る 加速器が紡ぐ文理融合の地平」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤努、竹下聡史、反保元伸、土居内翔伍、橋本亜紀子、梅垣いづみ、久保謙哉、二宮和彦、三宅康博
2. 発表標題 負ミュオンを用いた歴史資料の非破壊元素分析
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 負ミュオン寿命法による微量元素分析法の開発
3. 学会等名 第12回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 二宮和彦、吉田剛、稲垣誠、工藤拓人、邱奕寰、篠原厚、千徳佐和子、竹下聡史、反保元伸、下村浩一郎、河村成肇、Patrick Strasser、三宅康博、髭本亘、齋藤努、久保 謙哉
2. 発表標題 素粒子ミュオンを用いた鉄中微量炭素の非破壊定量法の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I-Huan Chiu, Kentaro Terada, Osawa Takahito, Changkun Park, Soshi Takeshita, Yasuhiro Miyake, and Kazuhiko Ninomiya
2. 発表標題 Non-destructive Elemental Analysis of Lunar Materials with Negative Muon Beam at J-PARC
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I-Huan Chiu, Kenya Kubo, Kazuhiko Ninomiya, Shunsuke Asari, Makoto Inagaki, Go Yoshida, Soshi Takeshita, Koichiro Shimomura, Naritoshi Kawamura, Patrick Strasser, Yasuhiro Miyake, Takashi Ito, Wataru Higemoto, Tsutomu Saito
2. 発表標題 Development of non-destructive and depth-selective quantification method of sub-percent carbon contents in steel by negative muon lifetime measurement
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuhiko Ninomiya
2. 発表標題 Non-destructive and position selective elemental analysis method using negative muon
3. 学会等名 43rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHAOMETRY (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大澤崇人
2. 発表標題 リュウグウ試料のミュオン特性X線分析
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会(2022) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 邱奕寰、大澤崇人、武田伸一郎、桂川美穂、長澤俊作、南喬博、高橋忠幸、渡辺伸、久保謙哉、水本和美、齋藤努、谷口秋洋、浅利駿介、梅垣いづみ、下村浩一郎、二宮和彦
2. 発表標題 CdTe検出器によるミュオンX線の三次元元素イメージングシステムの開発
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅利駿介、梶野芽都、I-Huan Chiu、佐藤朗、Alex Amato、Andreas Knecht、Prokscha Thomas、Hubertus、Luetkens、Maria Stergiani Vogiatzi、Chennan Wang、篠原厚、二宮和彦
2. 発表標題 ミュオン捕獲即発 線測定による鉛試料の非破壊同位体分析法の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅利駿介、I-Huan Chiu、新倉潤、他
2. 発表標題 59Coのミュオン原子核捕獲反応生成物の測定
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 邱奕寰、武田伸一郎、梶野芽都、篠原厚、桂川美穂、長澤俊作、都丸亮太、藪悟郎、高橋忠幸、渡辺伸、竹下聡史、三宅康博、二宮和彦
2. 発表標題 Non-destructive 3D imaging method using muon beam with CdTe-DSD
3. 学会等名 Quantum Beams Workshop 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤 努
2. 発表標題 文化財の分析を進めるために必要なこと
3. 学会等名 第7回文理融合シンポジウム『量子ビームで歴史を探る -加速器で紡ぐ文理融合の地平-』（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤努, 反保元伸, 土居内翔伍, 梅垣いづみ, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン非破壊分析法による古後藤の目貫の深さ方向分析
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 大澤崇人
2. 発表標題 ミュオン並びに中性子を用いた小惑星リュウグウ試料分析への挑戦
3. 学会等名 日本MRS水素科学技術連携研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 二宮和彦
2. 発表標題 素粒子ミュオンによる鋼鉄中炭素濃度の非破壊深度分布測定
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 邱奕寰、武田伸一郎、大澤崇人、桂川美穂、南喬博、長澤俊作、高橋忠幸、渡辺伸、谷口秋洋、水本和美、齋藤努、久保謙哉、浅利駿介、反保元伸、梅垣いづみ、竹下聡史、三宅康博、下村浩一郎、二宮和彦
2. 発表標題 J-PARCにおけるCdTe-DSDを用いたミュオンX線による非破壊三次元元素イメージング法の開発
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 藤尾 慎一郎、松木 武彦	4. 発行年 2019年
2. 出版社 吉川弘文館	5. 総ページ数 210
3. 書名 ここが変わる！ 日本の考古学	

〔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	齋藤 努 (Saito Tsutomu)  (50205663)	国立歴史民俗博物館・研究部・教授  (62501)	
研究分担者	大澤 崇人 (Osawa Takahito)  (70414589)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 物質科学研究センター・研究主幹  (82110)	

	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	高橋 忠幸 (Takahashi Tadayuki)		
研究協力者	東 俊行 (Azuma Toshiyuki)		
研究協力者	三宅 康博 (Miyake Yasuhiro)		

## 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	谷口 秋洋  (Taniguchi Akihiro)		
研究協力者	久保 謙哉  (Kubo Kenya)		
研究協力者	水本 和美  (Mizumoto Kazumi)		
研究協力者	中村 智樹  (Nakamura Tomoki)		
研究協力者	寺田 健太郎  (Terada Kentaro)		
研究協力者	高妻 孝光  (Kozuma Takamitsu)		
研究協力者	篠原 厚  (Shinohara Atsushi)		
研究協力者	上野 祥史  (Ueno Yoshifumi)		



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