#### 研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 3 年 6月



2版

 9 日現在 機関番号: 82118 研究種目: 基盤研究(A)(一般) 研究期間: 2018~2020 課題番号: 18H03711 研究課題名(和文)重元素合成過程はどのように終焉するのか? - 遅発核分裂測定器による開拓研究-研究課題名(英文)How is the rapid neutron capture process terminated? -Pioneering research with delayed fission spectroscopies-研究代表者 宮武 宇也(Miyatake, Hiroari) 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号:50190799

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 47.530.000円

研究成果の概要(和文): 天体における早い中性子捕獲(r-)過程における核分裂の影響を調べて、重元素合成 とその起源天体の解明を目指す開拓的研究を行った。超重核近傍の未知中性子過剰核はウランビームとアクチナ イド標的による核反応で生成し、元素選択型質量分離器(KISS)によって分離・収集、その後の 遅延核分裂崩壊 を測定する。核分裂障壁や分裂片分布から、r-過程終端部の詳細を明らかにする予定だ。 本研究により、高効率・高エネルギー分解能で 線を測定する新たな検出器ー読出系を完成。並行して飛行時 間測定法による精密質量測定システム(MRTOF)を整備した。キュリウム標的の使用許可が降り次第、本測定を開 始できる状況になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義 金・白金・ウランなどの重元素の起源は、超新星爆発や中性子合体などの爆発的天体環境における早い中性子 捕獲(r-)過程だと考えられているが、定量的理解は出来てない。そこでr-過程終端部での重元素生成を調べるた め、極めて重い中性子過剰核を人工的に生成し、 遅発核分裂を測定を目指して開拓的研究を開始した。これま での研究・開発の蓄積をもとにした、世界に先駆けた研究である。 具体的には核分裂を詳細に調べるための高性能検出器の開発、未知重元素同位体の精密質量測定を行うシステ ムの設置を行った。今後の実験によって、中性子星合体で予測されている核分裂起源の重元素生成に定量的な判断が下せるようになるだろう。

研究成果の概要(英文): A pioneering work of the astrophysical heavy-element synthesis has been performed. It aims to study fission phenomena of synthesized isotopes in the rapid neutron capture process at explosive environments. Such isotopes can be produced through the multi-nucleon transfer reactions of uranium-beam and actinides target. And they are separated and collected with using KEK Isotope Separation System (KISS). Measurements of fission barriers and fission-fragment distributions of their beta-delayed fission phenomena will make clear the termination condition of the r-process.

New beta-ray detection system with high collection efficiency and high energy resolution has been developed in this work. And Multi-Reflection Time-of-Flight mass spectrograph (MRTOF) has been newly installed at the KISS facility. Measurements of fissions from unknown neutron-rich very heavy isotopes will be launched after the permission for use of curium target in the laboratory.

研究分野:原子核物理

キーワード: 早い中性子捕獲過程 精密質量測定 GAGG検出器 超微細構造測定

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

#### 1. 研究開始当初の背景

2017年8月に重力波によって特定された天体の光学観測から、重元素合成の起源として中性 子星合体が注目を浴びるようになった[1]。当時の遠赤外線の減光スペクトルからは、早い中性 子捕獲(r-)過程由来のランタン近傍の重元素生成が裏付けられた[2]が、さらに重いr-過程終焉部、 いわゆる核分裂リサイクルを起こす Cf などの長寿命で中性子過剰な重元素同位体の寄与は特定 できなかった。その背景には正確な核データの欠損という状況がある。

終焉部における未解明な課題を列挙すると、「どこで終焉するのか?」、「どのように終焉するのか?」、「元素存在比パターンへの影響は?」、「超重元素は生成されるのか?」などの学術的課題が浮かび上がる[3](図1)。これらの課題に応えるべく、r-過程終焉部の重元素同位体の定量的な生成量評価や崩壊過程の予測精度向上が原子核物理における喫緊の課題となっている。



図1. 核図表における r-過程終焉部。r-過程推定経路は、超重核領域にまで及ぶ。核分裂障 壁(図2参照)の大小によって、β 崩壊、β 遅発核分裂、β 遅発中性子放出など崩壊様式 は多岐に及ぶ。黒線で囲んだ半透明グレーゾーンが本研究対象。核分裂障壁予測は KUTY 理論 による。

KEK ではr-過程で生成される金・ 白金などの天体環境を特定するため に、2015年から世界に先駆けて KISS プロジェクトを開始している。ここ では、重イオンによる多核子移行反 応を利用して中性子過剰同位体を人 工的に生成し、レーザー共鳴イオン 化のできる質量分離装置(KISS)にか けることで、特定の原子番号と質量 数を持つ放射性同位体を効率よく特 定・観測できる[4]。そこで、本研究で は KISS によるプロジェクト研究の 促進に加えて、その性能を最大限活 かして、r-過程終焉部の核構造研究に 先鞭をつけることを目指して、新た な実験装置開発などを開始した。



図2.終焉領域原子核(A,Z)の可能な崩壊様式。核分裂障 壁(B<sub>f</sub>)、中性子分離エネルギー(S<sub>n</sub>)、娘核(A,Z·1)との質 量差(Q<sub>EC</sub>)との兼合いで崩壊方向が変わり、元素存在比 パターンへの影響も変わる。

#### 2. 研究の目的

**r**過程終焉部の中性子過剰重元素同位体は、近傍原子核との質量差によって、β崩壊、β遅発 核分裂、β遅発中性子放出、自発核分裂などの多様な崩壊を起こすことが想定される(図2)。 高温で高中性子数密度下の**r**過程環境では、その生成と崩壊経路を評価するために、関連する同 位元素の質量、核分裂障壁、寿命、崩壊分岐比、中性子捕獲率などのデータが必要となる。本研 究では、終焉部での崩壊経路において最も特徴的なβ遅発核分裂の定量的評価の確立を目指し て、観測手法の開発を行った。

β 遅発核分裂はβ 崩壊の最大エ ネルギー(E<sub> $\beta$ </sub>(max))、β崩壊強度関 数、核分裂障壁などの物理量によっ て記述される。β崩壊最大エネルギ ーは、関連する親-娘核の質量差 (Qec)から導くことができる。本研究 では、迅速に 1ppm レベルの分解能 で原子核質量の決定ができる、多重 反射型飛行時間測定式質量分析器 (MRTOF-MS)を KISS の下流に設 置し、後で述べる崩壊分光と並行し て未知中性子過剰重原子核の質量 測定を行うこととした。MRTOF-MSは、最近の研究開発において本 研究グループが測定手法を確立し、 重元素同位体の精密質量測定に威

力を発揮している装置[4,5]である。



図3. KISS 概念図。遅発核分裂測定器,高精度質量測定 装置以外の機器は、全て稼働中あるいは設置済みである。

本研究では、KISS からのおよそ 15 keV の低エネルギーRI ビームを効率よく He ガス中でとめて、MRTOF-MS に輸送する Gas Cell Cooler Buncher (GCCB)を新たに開発して、KISS に設置することとした(図3)。

β崩壊強度関数は、β崩壊の分岐比測定から得られる。他方で遅発核分裂の場合の障壁(B<sub>i</sub>)測 定は、測定の難しさから、あまり実験が行われて来なかったので、最近開発された高密度で発光 特性の良い GAGG 結晶による検出器の開発を始めることとした。また、従来からの KISS プロ ジェクトの促進の面から、大立体角で低バックグランド計測が可能となる MSPGC (Multi-Segmented proportional Gas Counter)の改良、レーザー共鳴イオン化経路の開拓研究を元に、 効率良い物理成果獲得を目指した。

研究の方法

KISS では、重イオンビームと重元素標的による多核子移行反応で生成・放出された中性子過 剰な未知重元素同位体をドーナツ型ガスセルに充填されたアルゴンガスとの衝突により熱化さ れる(図3)。これらの熱化された同位体の一部は、電気的に中性な単一原子状態となる。アル ゴンガス流によってガスセル出口に輸送された中性原子は二色のレーザーに照射され、元素選 択的なイオン化が行われる。イオンとなった未知同位体は、低速用イオンガイドによって高真空 領域へと輸送されたのち、15kV 程度の電位差によって均一に加速され、下流の双極磁石によっ て質量分離を受ける。

KISS により、原子番号及び質量数を選択された未知同位体イオンは、双極磁石下流に設置し たビーム偏向電場を用いて、さらに下流の高精度質量測定システム及び遅発核分裂測定システ ムに周期的に振り分けられる(図3)。高精度質量測定システムでは、KISS からの低速イオンビ ームを再度ヘリウムガス中に入射し熱化する。大半がイオン状態で止まるヘリウムの特性を活 かして、未知同位体イオンを収集、極低速のイオンビームとして MRTOF 前段のイオントラップに 入射、バンチ化したイオンビームへの加工後、MRTOR に入射して、イオン質量の精密測定を行う。 遅発核分裂測定システムは KISS ビームを止めるための極薄膜回転体に密接させて、核分裂片

測定のための Si 検出器と $\beta$ 線 測定のための GAGG 検出器が設 置される。これらによって、未 知同位体から放出された $\beta$ 線 のエネルギー情報とともに、 $\beta$ 線直後に放出された核分裂片 のエネルギー測定から、分裂片 の質量分布情報が測定される。

本開拓研究で、最も重要な核 分裂障壁は、 $B_f=Q_{EC}-E_\beta$ (max)の 関係式から得られる。ここで、  $Q_{EC}$ は精密質量測定システムで 測られた未知同位体質量値か ら、 $E_\beta$ (max)は核分裂片測定シ ステムの GAGG 検出器で測定さ れた  $\beta$ 線エネルギー情報から 得られる。



図4 mini-MRTOF を組み込んだ高精度質量測定システム



図 5 MRTOF で測定された KISS からの<sup>194,196</sup>0s の飛行時間(TOF)スペ クトルおよび TOF ピーク強度のレーザー周波数依存性。

KISS に設置した 高精度質量測定シ ステムでは、入射イ オンの運動エネル ギーが 15keV と言 う低速であるため、 ヘリウムと真空を 仕切るための入射 窓が使えない。そこ で、本研究では GCCB 上流に作動排 気システムを導入 し、入射窓なしのへ リウムガスセルを 製作した (図4)。 また、今後の可搬性 を 考慮 して、 MRTOF の電極間距離を従 来のものから 1/2 程度に短くした mini-MRTOF を製作、 所定の性能を確認 できた[6]。 本研究により一

足早く開発を終えた精密質量測定システム からは多くの物理成果が得られている。特 にChoiらによるMRTOFを用いた超微細構造 測定[7]では、これまで不可能であった長寿 命あるいは安定な同位体の磁気モーメン ト、核荷電半径などを、MRTOFによるイオン 計数とレーザー分光法を組み合わせて調べ られることを、初めて示した(図5)。

遅発核分裂測定システムの構築では、 $\beta$ 線を効率よく測定するための大型 HR-GAGG 結晶(C&A 社製)による検出装置を開発した。 HR-GAGG 結晶(50mm x 50mm x 30mm<sup>t</sup>)からの 520nm シンチレーションを効率よく読み出 すために、本研究では 8x8 に並べた MPPC(Multi-Pixel Photon Counter, 浜ホ ト製 S13360-6050VE)を専用ヘッドアンプ (クリアパルス社製、model 80348)に装着し た(図6)。ヘッドアンプからのデジタルシ グナルは、data processor (クリアパルス



図 6 HR-GAGG 結晶と S13360-6050VE-8-8 を装着したヘッドアンプ



図7 GAGG+MPPCの検出器によって測定された <sup>90</sup>Sr のエネルギースペクトル。

社製、model 80057)を介して、多チャンネル高速バッファリングが可能なデータ収集システム GRIFFIN[8]を通して、ストレージされる。図7に1台のHR-GAGGシンチレータに接続された MPPC パネルで測定された1モジュールごとの<sup>90</sup>Srからのベータ線エネルギースペクトラムを示した。 すべての MPPC が正常に働いていることが確認できた。<sup>152</sup>Euからの344keVのγ線測定で得られ た GAGG 結晶のエネルギー分解能は64枚の MPPCを全て足し上げたスペクトル上で6%となり、想 定よりも2倍程度悪かった。今後の MPPC 印加電圧調整、各 MPPC 出力の温度補正などによって改 善されるものと期待される。

並行して日常的に進められた KISS プロジェクトの促進においては、従来用いられてきた大立 体角のベータ線検出用ガス検出器 (MSPGC) の改良や、効率の高いレーザー共鳴イオン化経路の探 索などによって、核反応生成率が少ない短寿命な中性子過剰核に関する崩壊核分光が可能とな り、r-過程に関連する原子核の核構造に対する系統的理解が進んだ[9-14 など]。また、本実験 課題遂行のための、キュリウムやウラン標的の使用環境に関する検討が進み、今年度には標的材 料を RIBF 施設に搬入し加工後、照射実験に使える目処が立った。

#### 参考文献

- [1] LIGO and Virgo collaboration et al., Astro. J. Lett. 848:L12 (2017).
- [2] M. Tanaka et al., 2017, PASJ, 69, 102
- [3] NuPECC Long Range Plan 2017, European Science Foundation (2017).
- [4] P. Schury et al., Phys. Rev. C95 (2017) 011305R.
- [5] P. Schury et al., Nucl. Instrum. Meth. B376 (2016) 425.

[6] J.Y. Moon et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. 53 (2019)128. and P. Schury et al., RIKEN Accl. Prog. Rep. 53 (2019)115.

- [7] H. Choi et al., Phys. Rev. C102 (2020)34309.
- [8] GRIFFIN: https://griffin.triumf.ca/daq.html
- [9] Y. Hirayama et al., Nucl. Instrum. Meth. B463(2020)425.
- [10] M. Mukai et al., Nucl. Instrum. Meth. B463(2020)421.
- [11] Y. Hirayama et al., Nucl. Instrum. Meth. A997 (2021) 165152.
- [12] Y. Hirayama et al., Rev. Sci. Instrum. 90 (2019) 115104.
- [13] P.M. Walker et al., Phys. Rev. Lett. 125(2020)192505.
- [14] X. Y. Watanabe et al., Phys. Rev. C101(2020)41305.

#### 5.主な発表論文等

#### 〔雑誌論文〕 計11件(うち査読付論文 8件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 1件)

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

1.著者名	4.巻
Hirayama, Y. et al.	997
2.論文標題	5 . 発行年
Three-dimensional tracking multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy	2021年
of unstable nuclei	
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers,	165152
Detectors and Associated Equipment	
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	査読の有無
10.1016/j.nima.2021.165152	有
オープンアクセス	国際共著
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	該当する
1.著者名	4.巻
Miyatake, H.	2319
2.論文標題	5 . 発行年
KISS Project	2021年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
AIP Conference Proceedinas	80006
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無

掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0036990

オープンアクセス

1.著者名	4.巻
Hirayama, Y.	1643
2.論文標題	5 . 発行年
Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System	2020年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Journal of Physics: Conference Series	12138
掲載論文のD01(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1088/1742-6596/1643/1/012138	有
オープンアクセス	国際共著
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	該当する

有

-

国際共著

1	4
	125
Walkel, F.M. et al.	125
2. 論文標題	5.発行年
Properties of Ta 187 Revealed through Isomeric Decay	2020年
3. 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review Letter	192505
	102000
掲載論文のD01(デジタルオブジェクト識別子)	香詰の有冊
10.1103/PhysRevLett.125.192505	月
オープンアクセス	国際共著
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	該当する

1. 第音名 Cool, H. et al.       4. 巻         2. 純文陽型 In-general Lasar instation spectroscopy of 0s 194,196 isotopes by using a multireflection 3. 約55 3. 約55 3. 約55 3. 約55 7. プンアクセス       5. 般行年 2003年         3. 約55 7. プンアクサス       6. 最利と最後の頁 34309         7. プンアクセス       1. 影響音音 4. 100         1. 影響音音 Rataraba, X.Y. et al.       9. 月日 1. 影響音音 Rataraba, X.Y. et al.         2. 前次標題 Dexx10tion - ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195       5. 男行年 2020年         1. 影響音音 Rataraba, X.Y. et al.       5. 男行年 2020年         2. 前次標題 Dexx10tion - ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195       5. 男行年 2020年         1. 影響音音 Rataraba, X.Y. et al.       6. 最初と最切の目 41305         2. 前次標題 Dexx10tion - ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195       5. 男行年 2020年         1. 第音名 Hiroyan, Y, et al.       9. 10 - 10.1030/PhysRev. 101 (41305       5. 男行年 2020年         1. 第音名 Hiroyan, Y, et al.       9. 10 - 10.1032/PhysRev. 101 (41305       1. 第音名 4. 63         1. 第音名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEX Isotope Separation System       5. 男行年 2020年       1. 2032年 8. 10.2004       1. 2032年 4. 10.101051/.nmb. 2019.04.035       1. 4. 103         1. 小音音名 Nuclear instruments and Methods in Physics Research. Section B: Bean Interactions with Naterials and Atoms       1. 第音名 4. 403       4. 403         1. 小音名名 Nuclear instruments and Methods in Physics Research Section B: Bea		
2. 読え運転         5. 発行年           Image-cell laser ionization spectrograph         5. 第行年           3. 読起者         6. 最初と超後の頁           Physical Reviee C         6. 最初と超後の頁           周期読友の回り(デジタルオブジェクト提別子)         200年           10.1100/PhysRevC.102.034009         2007年           オープンアクセス         オープンアクセス           オープンアクセス         4. 巻           1. 変音名         1.0           1.3 読起者         9. 読込           Physical Reviee C         4. 巻           1.3 読起者         5. 見行年           2.3 読込者         6. 最初と思想の頁           3.8848         6. 最初と思想の頁           Physical Reviee C         4. 巻           1.3 読者名         1.0           Physical Reviee C         6. 最初と思想の頁           1.3 読者名         1.0           Physical Reviee C         6. 最初と思報の頁           1. 素者名         1.0           1.3 定者名         1.5           1.5 電名         5. 見行年           2.5 急び着着         1.5           1.5 電名         1.5           1.5 電名 <td< td=""><td>1.著者名 Choi, H. et al.</td><td>4.巻 102</td></td<>	1.著者名 Choi, H. et al.	4.巻 102
3. 練話名 Physical Revies C         6. 無別と類板の頁 34509           精講文の001 (デジタ)オブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.034309         国際共著 素当する           7ブンアクセス オーブンアクセス オーブンアクセス         国際共著 該当する           1 そ者名 Ratanabe, X.Y. et al.         4 き 10           2 読女程整 Deexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195         5 約7年 2 約7年 4.1305           3. 体話名 Physical Review C         6 服うと最後の頁 4.1305           1. 老者名 Physical Review C         6 服うと最後の頁 4.1305           1. 読述者名 Physical Review C         6 服うと最後の頁 4.1305           1. 読者名 Physical Review C         1 き 4.1305           1. 読者名 Physical Review C         1 一プンアクセスではないり、又はオープンアクセスが困難           1 ぎそ名 Hitrayama, Y. et al.         4 き 4.5 約7年 2.020年           2 読女理整 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEX Isotope Separation System         5 旅行年 2.020年           3. 雑誌名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEX Isotope Separation System         6 慶初と最後の頁 4.25 - 4.30           1 ぎ者名 Mach M. Hitrayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Lahiyama H., Joong S.C., Raki guchi Y., Kimura S., Woon J.Y., Oyaizu N., Ozawa A., Park J.H., Usro H., Kada W., Miyatake Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials Nuclear Instruments and Methods in Physics	2.論文標題 In-gas-cell laser ionization spectroscopy of Os 194,196 isotopes by using a multireflection time-of-flight mass spectrograph	5 . 発行年 2020年
講家協会のDOI (デジタルオブジェクト選別子) 10.1103/PhysRewC.102.034309         第           オーブンアクセス オーブンアクセス         オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが回溯         国際共著 該当する           1. 書名名 Natanabe, X.Y. et al.         4. 2 10           2. 論文標題 Deexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195         5. 第17年 2020年           3. 雑誌名 Physical Review C         6. 星初と屋後の頁 41305           1. 著名名 Hirayana, Y. et al.         5. 第17年 2020年           1. 夢名名 Hirayana, Y. et al.         4. 2 433           2. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System         5. 第17年 2020年           3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Wethods in Physics Research, Section B: Bean Interactions with Natarials and Atoms A = 7 - 7 > 7 P / 2 - 7 > P / 2 -	3.雑誌名 Physical Review C	6.最初と最後の頁 34309
割裂類なののD(デジタルオブジェクト語例子) 2話の有無   1. ぎ者名 1. デ者名   Watanake, X.Y. et al. 4. 巻   2. 論文程語 Dexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2* metastable state in 0s 195 5. 発行年 2020年   3. 確認名 Physical Review C 6. 最初と最後の頁 41305   相談名 Physical Review C 6. 最初と最後の頁 41305   1. 著者名 Hirayma, Y. et al. 2はあっ有無 7   2. 論文程題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. 飛行年 2020年   2. 論文程題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. 飛行年 2020年   3. 他認名 Hirayma, Y. et al. 5. 飛行年 2020年   2. 論文程題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. 飛行年 2020年   3. 他認名 Hirayma, Y. et al. 5. ペ行年 2020年   2. 論文程題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. ペ行年 2020年   3. 他認名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. ペ行年 2020年   3. 他認名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. ペ行年 2020年   3. 他認知者 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System 5. ペ行年 2020年   4. 巻 4. 巻 4. 巻 4. ペランアクセスマレスクシェクト語例子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035 5. 晩行年 3. 観音る 3. 電子名 3. セーブンアクセスマレスクシェクシュクレスクシェクシュクセスクリスクシェクシュクシュクシュクロスクリスクリン 4. ページスクリスクシェクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュクシュク		
オーブンアクセス     国際共著       オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難     国際共著       1. 著名名 Watanabe, X.Y. et al.     4. 0 101       2. 論及標題 Deexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195     5. 条行年 2020年       3. 佛話名 Physical Review C     6. 最初ご最後の頁 41305       相影論文のDOI (デジタルオブジェクト講例子) 10.1103/PhysRevC.101.041305     2 篇の有用 有       オーブンアクセス オープンアクセス オープンアクセス     第 イーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難     1 篇歌共著       1. 著名名 Hirayama, Y. et al.     4. 0 453       2. 論及構題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System     5. 条行年 2020年       3. 機話名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System     6. 最初ご最後の頁 425 - 430       掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト講例子) 10.1016/j.ninb.2019.04.035     6. 最初ご最後の頁 有       オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難     1 篇歌の有無 有       1. 著名名 Makai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kaki guchi Y., Kimura S., Woon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyataka H.     5. 系行年 2020年       2. 論文保題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KIBS     5. 系行年 2020年       3. 確認名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials ad Atoms     6. 最初ご量の 425 - 430       1. 著名名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kaki guchi Y., Kimura S., Woon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyataka H.     5. 系行年 <tr< td=""><td>掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.034309</td><td>  査読の有無   有</td></tr<>	掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.034309	査読の有無   有
1. 書名名 Watanabe, X.Y. et al.       4. 巻 101         2. 論文積益 Deexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in 0s 195       5. 発行年 2. 設行年         3. 確認名 Physical Review C       6. 最初と最後の頁 41305         1. 確認なのDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.041305       査読の有無 有         オープンアクセス       国際共著 該出する         1. 著名名 Hirayama, Y. et al.       4. 巻 443         2. 論文模描 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System       5. 見行年 42020年         3. 確認名 Nuclear instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6. 最初と最後の頁 425 - 430         2. 論文項標面 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       1. 書名名 4.63         1. 子名名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       1. 書名名 4.63         1. 子名名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       1. 書名名 6. 最初と量 (4.33         1. 子名名 Mukelar M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiygobi Y., Kimura S., Woon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4. 巻 4.63         1. 書名名 Mukelar Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials Bavalopment of a multi-segmented proportional gas count	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 Watanabe, X.Y. et al.       4 . 巻 101         2 . 論文標題 Deexcitation -ray transitions from the long-lived 1 =13/2+ metastable state in Cs 195       5 . 発行年 2020年         3 . 神話名 Physical Review C       6 . 最初と貫後の頁 41305         掲載読なDDD1(デジクルオブジェクト描別子) 10.1103/PhysRevC.101.041305       2 篇の有無 7         1 . 著名名 Hirayana, Y. et al.       1 . 第名名 Hirayana, Y. et al.         2 . 論文程題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System       5 . 発行年 2020年         3 . 碑話名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6 . 最初と貫後の頁 425 - 430         1 . 著名名 Hirayana, Y. et al.       5 . 発行年 2020年         3 . 碑話名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6 . 最初と貫後の頁 425 - 430         1 . 著名名 Makiat M Hirayana Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyana H., Jeong S.C., Kakinguch Y., Kimura S., Noon J.Y., Oyaizu M., Dzawa A., Park J.H., Umon H., Wada M., Midaa M., Miyataba H.       4 . 巻 463         1 . 著名名 Makiat M Hirayana Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyana H., Jeong S.C., Kakinguch Y., Kimura S., Noon J.Y., Oyaizu M., Dzawa A., Park J.H., Umon H., Wada M., Midaa M., Miyataba H.       5 . 免行年         2 . 始文保題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS 3 . 碑話名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6 . 最初と異の之間の年         3 . 碑話名 Nuclear Instruments and		
2. 論文標題 Deexcitation -ray transitions from the long-lived l =13/2+ metastable state in 0s 195         5. 第行年 2020年           3. 雑誌名 Physical Review C         6. 屋初と最後の頁 41305           1週覧論文の001 (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.041305         室読の有無 有           オープンアクセス オープンアクセス         国際共著 該当する           1. 著者名 Hirayama, Y. et al.         4. 巻 463           2. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System         5. 第行年 2020年           3. 雑誌名 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System         5. 第行年 2020年           3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms         6. 最初と最後の頁 425 - 430           オープンアクセス 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 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms         4. 巻 463           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 8월寸する           1. 著者名 Nuclear Instruments 3, Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.         4. 巻 463           1. 読者標題 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms         5. 勇行年 2020年           2. 論文標題 Tayle Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms         5. 勇行年 2020年           3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B	1.著者名 Watanabe, X.Y. et al.	4.巻 101
3. 雑誌名       6. 最初と最後の頁         Physical Review C       41305         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)       査読の有無         10.1103/PhysRevC.101.041305       面際共著         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         1. 著名名       4. 巻         Hirayama, Y. et al.       4. 巻         2. 論文標題       5. 発行年         Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System       5. 発行年         2.000 ( デジタルオブジェクト識別子)       6. 最初と最後の頁         Materials and Atoms       425 - 430         掲載論文のDOI ( デジタルオブジェクト識別子)       査読の有無         10.1016/j.nimb.2019.04.035       査読の有無         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         1. 著名名       Makia W., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Noon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4. 巻         2. 論文標題       5. 飛行年       2020年         3. 雑誌名       5. 見行年       2020年         1. 著名名       Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Noon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4. 巻         1. 著名名       Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Noon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H.	2.論文標題 Deexcitation -ray transitions from the long-lived I =13/2+ metastable state in Os 195	5 . 発行年 2020年
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.041305       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. 蒸香名 Hirayana, Y. et al.       4. 巻 463         2. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System       5. 発行年 2020年         3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6. 最初と最後の頁 425 - 430         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035       査読の有無 有         オープンアクセス Mukai M., Hirayana Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4. 巻 463         1. 養香名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       5. 発行年 2020年         2. 論文保題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS       5. 発行年 2020年         3. 輸誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6. 最初と最後の頁 421 - 424         掲載記名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials af 4 7ンアクセス and Atoms       6. 見初と最後の頁 41 - 424         掲載語名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials af 4 7ンアクセス and Atoms       6. 最初と最低の頁 4.1 - 424	3.雑誌名 Physical Review C	6.最初と最後の頁 41305
オーブンアクセス オーブンアクセス     国際共著 該当する       1. 著者名 Hirayana, Y. et al.     4. 巻 463       2. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System     5. 発行年 2020年       3. 純誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms     6. 最初と最後の頁 425 - 430       掲載論文ODOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035     査読の有無 7       オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難     国際共著 8送当する       1. 著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.     4. 巻 463       2. 論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for Atoms     5. 発行年 2020年       3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms     6. 最初と最後の頁 421 - 424       オーガンアクセス (10.1016/j.nimb.2019.04.036     5. 発行年 2020年       3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms     6. 最初と最後の頁 421 - 424       掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036     査読の有無 7       10.1016/j.nimb.2019.04.036     1       オーブンアクセス     -	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.041305	 査読の有無 有
1.素者名 Hirayama, Y. et al.       4.巻 463         2.論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System       5.発行年 2020年         3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6.最初と最後の頁 425 - 430         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035       査読の有無 有         オープンアクセス 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 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4. 巻 463         2.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS       5. 発行年 2020年         3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6. 最初と最後の頁 421 - 424         掲載論文ODOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036       査読の有無 7         オープンアクセス オープンアクセス オープンアクセス       国際共著 -	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 Hirayama, Y. et al.4. 巻 4632. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System5. 発行年 2020年3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms6. 最初と最後の頁 425 - 430掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035童読の有無 有オープンアクセス 水ープンアクセスてはない、又はオープンアクセスが困難国際共著 4631. 著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.4. 巻 4632. 論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS5. 発行年 2020年3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Material and Atoms6. 最初と最後の頁 421 - 424掲載論交のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.0366. 最初と最後の頁 421 - 424掲載範令のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.0366. 最初と最後の頁 421 - 424掲載範令のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.0366. 最初と最後の頁 421 - 424		
2. 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System5. 発行年 2020年3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms6. 最初と最後の頁 425 - 430掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035査読の有無 面際共著 支当する11. 著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.4. 巻 4632. 論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS and Atoms5. 死行年 2020年3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms6. 最初と最後の頁 4.23掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.0365. 死行年 2020年3. イーブンアクセス Tubel Atoms5. 死行年 2020年3. イーブンアクセス 10.1016/j.nimb.2019.04.0366. 最初と最後の頁 4.21 - 424掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036査読の有無 有	1.著者名 Hirayama, Y. et al.	4.巻 463
3 . 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6 . 最初と最後の頁 425 - 430         掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035       査読の有無 元         オープンアクセス オープンアクセス       国際共著 後当する         1 . 著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.       4 . 巻 463         2 . 論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS       5 . 発行年 2020年         3 . 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6 . 最初と最後の頁 421 ~ 424         掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036       査読の有無 	2 . 論文標題 Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System	5 . 発行年 2020年
掲載論文のD01(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035       査読の有無 有         オープンアクセス オープンアクセス       国際共著 該当する         1.著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake       4. 巻 463         2.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS       5. 発行年 2020年         3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6. 最初と最後の頁 421~424         掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036       査読の有無 有         オープンアクセス オープンアクセス       国際共著 -	3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6.最初と最後の頁 425 - 430
オーブンアクセス国際共著 該当する1.著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake H.4.巻 4632.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for Atoms5.発行年 2020年3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials6.最初と最後の頁 421~424掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036査読の有無 有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-	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.035	査読の有無   有
1.著者名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake4.巻 4632.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS5.発行年 2020年3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials6.最初と最後の頁 421~424掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036査読の有無 有オープンアクセス イープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難-	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.者音名 Mukai M., Hirayama Y., Schury P., Watanabe Y.X., Ahmed M., Haba H., Ishiyama H., Jeong S.C., Kakiguchi Y., Kimura S., Moon J.Y., Oyaizu M., Ozawa A., Park J.H., Ueno H., Wada M., Miyatake       4.3         2.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS       5.発行年 2020年         3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms       6.最初と最後の頁 421~424         掲載論文のD01(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036       査読の有無 有         オープンアクセス イープンアクセス CLATATION (CLATATION CLATATION CL		·
2.論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for -decay spectroscopy at KISS5.発行年 2020年3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms6.最初と最後の頁 421~424掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036査読の有無 有オープンアクセス イプンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難-	1.著者名 Mukai M.、Hirayama Y.、Schury P.、Watanabe Y.X.、Ahmed M.、Haba H.、Ishiyama H.、Jeong S.C.、 Kakiguchi Y.、Kimura S.、Moon J.Y.、Oyaizu M.、Ozawa A.、Park J.H.、Ueno H.、Wada M.、Miyatake H.	4. 巻 463
3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials6.最初と最後の頁 421~424掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036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 -	2 . 論文標題 Development of a multi-segmented proportional gas counter for decay spectroscopy at KISS	5 . 発行年 2020年
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)       査読の有無         10.1016/j.nimb.2019.04.036       有         オープンアクセス       国際共著         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       -	3.雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6 . 最初と最後の頁 421~424
オープンアクセス 国際共著 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 -	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.04.036	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	4 券
Hirovana V. Mukai M. Watapaha V. Y. Ovaizu M. Joopa S. C. Kakiquehi V. Schury D. Wada	E
Minetale II. Mukat M., Matanabe I. A., Oyaizu M., Seong S. G., Kakiguchi I., Schuty I., Mada	30
2	5. 発行年
Efficient two-color two-step laser ionization schemes of 1 ? 250 nm and 2 = 307.9 nm for	2019年
heavy refractory elements? Measurements of ionization cross-sections and hyperfine spectra of	
tantalum and tungsten	
3. 雑誌名	6.最初と最後の頁
Review of Scientific Instruments	115104 ~ 115104
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10 1063/1 5124444	
10.1063/1.5124444	<b>#</b>
10.1063/1.5124444	無 
10.1063/1.5124444 オープンアクセス オープンアクセス	## 
10.1063/1.5124444 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	無 国際共著 -
10.1063/1.5124444 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	無 国際共著 -
10.1063/1.5124444 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 1.著者名	無 国際共著 - 4.巻
10.1063/1.5124444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H.	無 国際共著 - 4.巻 34
10.1063/1.5124444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H.	無 国際共著 - 4.巻 34
10.1063/1.5124444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H. 2.論文標題	₩ 国際共著 - 4.巻 34 5.発行年
10.1063/1.5124444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H. 2.論文標題 Time-of-flight mass spectrographs of high mass resolving power	無 国際共著 - 4.巻 34 5.発行年 2019年
10.1063/1.5124444         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         1.著者名         Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H.         2.論文標題         Time-of-flight mass spectrographs of high mass resolving power	無 国際共著 - 4.巻 34 5.発行年 2019年
10.1063/1.512444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H. 2.論文標題 Time-of-flight mass spectrographs of high mass resolving power 3.雑誌名	無 国際共著 - 4 . 巻 34 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の百
10.1063/1.5124444         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         1.著者名         Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H.         2.論文標題         Time-of-flight mass spectrographs of high mass resolving power         3.雑誌名         International Journal of Modern Physics A	無 国際共著 - 4 . 巻 34 5 . 発行年 2019年 6 . 最初と最後の頁 1942001~1942001
10.1063/1.512444 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 1.著者名 Wollnik H.、Wada M.、Schury P.、Rosenbusch M.、Ito Y.、Miyatake H. 2.論文標題 Time-of-flight mass spectrographs of high mass resolving power 3.雑誌名 International Journal of Modern Physics A	無 国際共著 - 4.巻 34 5.発行年 2019年 6.最初と最後の頁 1942001~1942001

掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X19420016

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

1.著者名	4.巻
Y. Watanabe, et al.,	28
2.論文標題	5 . 発行年
KEK Isotope Separation System (KISS)	2018年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Nuclear Physics News	25 - 28
掲載論文のD01(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1080/10619127.2018.1529984	無
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-

査読の有無

国際共著

無

〔学会発表〕 計26件(うち招待講演 16件/うち国際学会 14件) 1.発表者名

· 充衣者 2 渡邊 寛

2.発表標題

非軸対称変形核192Reの基底状態からのベータ崩壊

3.学会等名 日本物理学会 2020年度 秋季大会

4 . 発表年 2020年

#### 1.発表者名 庭瀬暁隆

1X=148701-

### 2.発表標題

MRTOF+ -TOFを用いた短寿命 崩壊核種の質量-崩壊特性測定

3.学会等名 日本物理学会 2020年度 第75回年次大会

4.発表年 2020年

1 . 発表者名 Yoshikazu Hirayama

### 2.発表標題

Study of nuclear structure in the vicinity of N=126 at KISS

3 . 学会等名

Vth Topical Workshop on Modern Aspects in Nuclear Structure(招待講演)

4.発表年 2020年

1.発表者名 宮武宇也

2.発表標題
 KISSでの核分光研究

3 . 学会等名

令和元年度KUR専門研究会「短寿命RIを用いた核分光と核物性研究」」兼「第11回停止・低速RIビームを用いた核分光研究会」

4.発表年 2020年

1.発表者名 Michiharu Wada

2.発表標題

Towards precise mass measurements of Nh and Mc isotopes

3 . 学会等名

4th International Symposium on Superheavy Elements(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年 2019年

Hiroari Miyatake

### 2 . 発表標題

KISS Projewct

### 3 . 学会等名

14th Asia-Pacific Physics Conference (招待講演) (国際学会)

4 . 発表年 2019年

1.発表者名 宮武宇也

### 2.発表標題

第7周期元素科学:超重元素の物理と化学

3 . 学会等名

日本物理学会2019年秋季大会 合同シンポジウム(招待講演)

4 . 発表年 2019年

### 1.発表者名

Peter Schury

### 2.発表標題

Nuclear physics by multi-reflection time-of-flight mass spectrograph at WNSC

3 . 学会等名

INPC 2019(国際学会)

4.発表年 2019年

1.発表者名

Yoshikazu Hirayama

#### 2.発表標題

Nuclear spectroscopy of r-process nuclei in the vicinity of N=126 by using KISS

#### 3 . 学会等名

INPC2019(国際学会)

4.発表年

2019年

Yutaka Watanabe

### 2.発表標題

Recent experimental results of KEK Isotope Separation System (KISS)

3 . 学会等名

The 13th International Conference on Stopping and Manipulation of Ions and related topics SMI-2019(招待講演)(国際学会)

### 4 . 発表年

2019年

1. 発表者名 Hiroari Miyatake

2.発表標題

Present progress of researches with KISS and MRTOF

3.学会等名 OMEG 15(招待講演)(国際学会)

4.発表年 2019年

### 1.発表者名

Michiharu Wada

2.発表標題

Towards comprehensive mass measurements with MRTOF mass spectrographs at RIKEN RIBF

3 . 学会等名

2019 KPS Spring Meeting(招待講演)

4 . 発表年

2019年

1.発表者名 Yutaka Watanabe

2.発表標題

Production of N=126 nuclei and beyond using multinucleon transfer reactions

3 . 学会等名

Physics between lead and uranium: in preparation of new experimental campaigns at ISOLDE(招待講演)

4.発表年 2019年

Yoshikazu Hirayama

#### 2.発表標題

Nuclear spectroscopy of r-process nuclei in the vicinity of N=126 at KISS

### 3 . 学会等名

Physics between lead and uranium: in preparation of new experimental campaigns at ISOLDE(招待講演)

### 4.発表年

2019年

# 1. 発表者名

Y. Watanabe

#### 2.発表標題

Production of N=126 nuclei and beyond using multinucleon transfer reactions Yutaka Watanabe

#### 3 . 学会等名

Physics between lead and uranium: in preparation of new experimental campaigns at ISOLDE(国際学会)

## 4. 発表年

2019年

### 1 . 発表者名

Y. Hirayama

#### 2.発表標題

Nuclear spectroscopy of r-process nuclei in the vicinity of N=126 at KISS Yoshikazu Hirayama

#### 3 . 学会等名

Physics between lead and uranium: in preparation of new experimental campaigns at ISOLDE(国際学会)

4 . 発表年

2019年

1.発表者名 平山賀一

ТЩД

#### 2.発表標題

Nuclear spectroscopy of r-process nuclei in the vicinity of N = 126 at KISS

#### 3 . 学会等名

日本物理学会第74回年次大会シンポジウム(招待講演)

4 . 発表年 2019年

1

和田道治

#### 2.発表標題 宇宙核物理に関連する質量測定

3.学会等名

核データと重元素合成を中心とする宇宙核物理研究会(招待講演)

4.発表年 2019年

1.発表者名 宮武宇也

### 2 . 発表標題

KISS/MRTOFの現状

3 . 学会等名

平成30年度KUR専門研究会「短寿命RIを用いた核分光と核物性研究」」

4.発表年 2018年

#### 1.発表者名

M. Wada

#### 2.発表標題

MRTOF Mass Spectrographs at RIKEN RIBF ---Toward Comprehensive Mass Measurements of >1000 Nuclides Including Super Heavy Nuclides

### 3 . 学会等名

13th International Conference on Nucleus–Nucleus Collisions (NN2018)(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年

2018年

1.発表者名

P. Schury

#### 2.発表標題

KISS and MRTOF Projects of KEK

#### 3 . 学会等名

The 10th China-Japan Joint Nuclear Physics Symposium (CJNP 2018)(招待講演)(国際学会)

4.発表年 2018年

P. Schury

#### 2.発表標題

Mass Measurements of Heavy and Superheavy Nuclei by Multi-Reflection Time-of-Flight Mass Spectrograph

3 . 学会等名

7th International Conference on Trapped Charged Particles and Fundamental Physics (TCP2018)(国際学会)

### 4 . 発表年

2018年

1. 発表者名 H. Miyatake

#### 2.発表標題

RNB project on the astrophysical element synthesis

3 . 学会等名

Tsukuba Global Science Week 2018 (TGSW2018)(招待講演)(国際学会)

4.発表年 2018年

#### 1.発表者名

Y. Watanabe

### 2.発表標題

Nuclear production by multinucleon transfer reactions

### 3 . 学会等名

20th Northeastern Asian Symposium on "Nuclear Physics in the 21st Century"(招待講演)(国際学会)

4 . 発表年

2018年

1. 発表者名 ✓ <sup>□</sup>irovomo

Y. Hirayama

#### 2.発表標題

Nuclear spectroscopy of r-process nuclei using KEK Isotope Separation System

#### 3 . 学会等名

XVIII The International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Related Topics (EMIS2018)(国際学会)

4 . 発表年 2018年

#### 1.発表者名 宮武宇也

呂此十也

#### 2 . 発表標題 r-過程終焉部、核分裂障壁

3.学会等名 「超重元素研究の新展開」研究会(招待講演)

### 4 . 発表年

2018年

# 〔図書〕 計0件

#### 〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究課題ならびに関連する研究の概要及び出版物リストなどは、下記URLからアクセスすることができる。 http://research.kek.jp/group/wnsc/

#### 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
	平山 賀一	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子 原子核研究所・研究機関講師	
研究分担者	(Hirayama Yoshikazu)		
	(30391733)	(82118)	
	SCHURY P.H	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子 原子核研究所・助教	
研究分担者	(Schury Peter)		
	(30462724)	(82118)	
	渡邉 裕	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子  原子核研究所・准教授	
研究分担者	(Watanabe Yutaka)		
	(50353363)	(82118)	

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
	向井 もも		
研究協力者	(Mukai Momo)		
	和田 道治	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子	
研究協力者	(Wada Michiharu)	原子核研究所・教授	
	(50240560)	(82118)	
	羽場宏光	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器研究センター・ チームリーダー	
研究協力者	(Haba Hiromitsu)		
	(60360624)	(82401)	
研究協力者	西尾 勝久 (Nishio Katsuhisa)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・国立研究開発法 人日本原子力研究開発 機構・マネージャー	
	(70343928)	(82110)	
研究協力者	浅井 雅人 (Asai Masato)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・国立研究開発法 人日本原子力研究開発 機構・研究主幹	
	(20343931)	(82110)	
	小浦寛之	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・国立研究開発法 人日本原子力研究開発 機構・研究主幹	
研究協力者	(Koura Hiroyuki)		
	(50391264)	(82110)	

### 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
---------	---------

韓国	Institute for Basic Science	Seoul National University	
 中国	Beihan University	Institute of Modern Physics	
 英国	Surrey University	Brighton University	
米国	Argonne Nat. Lab.		
ドイツ	GSI		
カナダ	TRIUMF		