

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01914

研究課題名（和文）減速RIビームで探る高速陽子捕獲過程とX線バースト

研究課題名（英文）Study of rapid proton capture and X-ray burster by energy-degraded RI beams

研究代表者

鈴木 大介（Suzuki, Daisuke）

国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器科学研究センター・研究員

研究者番号：70769504

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：超新星爆発・中性子星においては、水素燃焼（ H ）が発生し、膨大な熱源を与えると同時に重元素を生成する。その素過程である高速陽子捕獲過程（rp過程）の核反応確率は、直接的な天体観測からは決定不可能である。理研仁科センターの加速器施設RIビームファクトリーにおいて実施した本研究において、放射性同位体（RI）ビームを用いた地上核反応分光実験によって間接的にrp過程の核反応率を評価する手法を開発した。本手法においては核反応を低エネルギーで誘導する制御が重要であり、そのための要素技術を開発した。陽子が原子核に捕獲される核反応過程

研究成果の学術的意義や社会的意義

天体中における核反応過程は、直接的には観測できない。RIビームファクトリーのRIビームを用いた核反応分光実験に基づき地上において核反応率を評価する手法を開発したことにより、水素燃焼過程の速度・元素合成率をより正確に推定することが可能になった。特に、Mo・Ruの異常同位体比問題を解決するうえで、極めて重要だと考えられているNi-56の反応断面積の実験データを取得することに初めて成功した。

研究成果の概要（英文）：The hydrogen burning provides a gigantic energy source and synthesizes heavy elements in supernovae or neutron stars. The reaction probabilities related to the rapid proton capture process (rp-process) in this burning cannot be measured directly from astrophysical observations. In this study at the Radioactive Isotope Beam Factory of RIKEN Nishina Center, we developed a method to evaluate the astrophysical reaction rates of the rp-process based on a terrestrial nuclear reaction spectroscopy experiment by using radioactive isotope beams. Controlled nuclear reactions at low incident energies are at the core of the realization of this method, and we developed associated technologies.

研究分野：実験原子核物理

キーワード：RIビーム 高速陽子捕獲過程 X線バースター 超新星爆発 核子移行反応 ガンマ線核分光 半導体中性子捕獲断面積

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高速陽子捕獲過程 (rp 過程) は、水素を燃料とした爆発的燃焼過程である。中性子星における X 線バースト現象の熱源となる過程として知られていたが、近年の理論研究において、超新星爆発による残骸中においても水素燃焼が発生し、宇宙の化学組成進化にも寄与することが指摘された。従って、rp 過程による元素合成がどのように時間発展し、どの質量領域まで進行するかは、X 線バースト現象における輝度曲線や化学組成における重元素同位体比を理解するうえで、非常に重要である。しかし、rp 過程に関与する陽子過剰な放射性同位体 (RI) の反応断面積、とりわけ陽子捕獲断面積のデータが決定的に不足しているために、rp 過程のシミュレーションは不定性が極めて大きかった。

2. 研究の目的

理化学研究所仁科センターの RI ビームファクトリーにおいて、放射性同位体 (RI) ビームを用いた核反応実験により、陽子捕獲断面積を測定する分光学的手法を確立する。特に、rp 過程の反応速度を律速する半減期の長い同位体 (「ウェイティング・ポイント」) の断面積測定を世界に先駆けて実現することを目指した。

3. 研究の方法

核子 (陽子または中性子) 捕獲を支配する放射性同位体の共鳴状態を、RI ビームに対して核子移行反応を誘導することで選択的に励起する。測定した核子移行断面積に基づき核反応・崩壊計算を行うことで核子捕獲断面積を導出することが可能になる。この間接的測定手法は、代理反応法と呼ばれる。

RI ビームファクトリーは、大強度 RI ビームを供給することが可能な最先端 RI 施設である。また本研究を推進するうえで、次のような非常に優れた性能を有している。(1) OEDO ビームラインにおいて、RI ビームを低エネルギー制御することが可能である。低エネルギーで核反応を誘導することにより、量子共鳴状態を効率的に生成できる。(2) 共鳴状態が崩壊したあとの量子状態を磁気スペクトロメータによって識別できる。

本測定を実現するために、次の三つの実験学的研究開発を実施した。(1) ルミノシティ (輝度) の向上。低エネルギー反応では、反応標的厚がエネルギー損失によって制限される。従って、ルミノシティを確保するためには、RI ビームの強度が重要となる。RI ビームファクトリーの供給強度の上限まで OEDO ビームラインにビームを輸送できるようにするために、ビーム・モニター検出器の耐強度特性を向上させることが重要である。(2) 液体標的の大口徑化。RI ビームはスポットサイズが大きいというデメリットを持つ。標的の口径を数 cm 程度に拡大し、反応効率を向上する必要がある。(3) 欠損質量分光法とガンマ線分光法の確立。本手法では、共鳴エネルギーを決定することが求められる。欠損質量分光法は、反応により反跳した標的粒子の運動量から共鳴エネルギーを求める手法である。一方、ガンマ線分光法は、共鳴状態がガンマ線脱励起した際に、共鳴エネルギーをガンマ線エネルギーから求める手法である。これらの分光手法を適用できるように、検出器開発を行った。

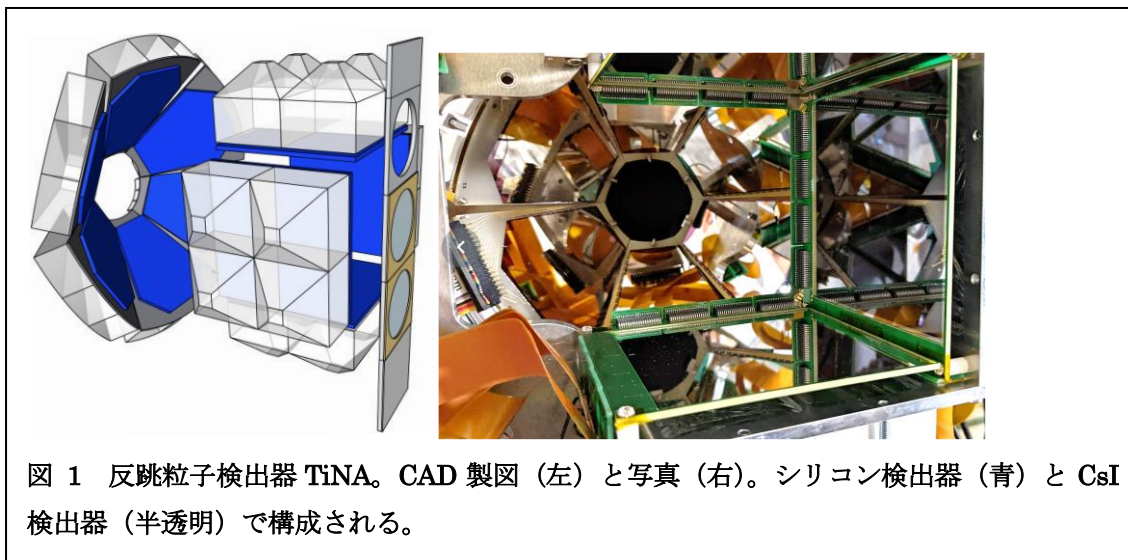
4. 研究成果

(1) OEDO ビームラインのビーム・モニター検出器の開発。ダイヤモンド半導体検出器の開発を行った。OEDO におけるビーム・モニターでは、飛行時間を高い精度・高い係数率で測定することが求められる。飛行時間の情報は、RI の粒子識別と運動エネルギーの決定に用いられる。そのため飛行時間の精度と測定効率が、識別分解能・エネルギー分解能・実質的ビーム強度に直結する。ダイヤモンド検出器は、時間分解能が非常に高く、ビームのレート耐性にも優れている。本研究では、ストリップ分割型のダイヤモンド検出器を開発し、毎秒 10^6 個のビーム粒子に対して 10 ピコ秒 (10^{-12} 秒) の分解能で測定することを実現した。これまでのビーム・モニターでは、毎秒 10^5 個が測定可能強度の典型的な上限であった。今回の開発によって輸送可能なビーム強度を約 10 倍に向上させることを実現した [1]。

(2) 大口徑・薄型の液体水素標的の開発。口径 2 cm、厚さ約 1 mm の薄い液体水素標的を開発することに成功した。数 cm 程度の広がりをもつ RI ビームに対しても、効率よく反応測定を実施することができるようになった。液相を維持するためには、液体セルの排熱効率を高めるとともに、常温の真空チャンバーからの熱輻射を低減することが重要である。とくに、大口徑・薄型の標的は、熱輻射に暴露される面積が大きいのに対し熱容量が小さいため、技術的な難度が高い。本研究では、液体セル、開口部のフォイル、熱輻射シールドの材質や構造を最適化した。水素の液相状態を典型的な実験時間 (一週間) の間維持することに成功した [2]。

(3) 欠損質量分光法用シリコン・CsI 検出器アレイ TiNA の開発。反応によって反跳された標的粒子 (イオン) の運動エネルギーと散乱角度を測定するための検出器 TiNA を開発した。電極ストリップ型 (位置感応型) シリコン検出器と CsI 検出器で構成される望遠鏡 10 台を用

いて、核子移行反応に対して高い検出効率をもつ最適なセットアップを構築した。真空チェンバー・信号読み出し電子回路系を製作した。検出器の性能評価実験を九州大学タンデム加速器において実施する[3, 4]とともに、RIBFにおける ^{56}Ni の中性子移行反応実験（後述）において使用した。



（4）ガンマ線核分光法のゲルマニウム半導体検出器アレイの開発。ゲルマニウム半導体検出器はガンマ線エネルギーを非常に高い精度で測定することができる。そのため、rp 過程に關与する重元素同位体の分光には不可欠な実験装置である。一方、非常に高額であることがデメリットであり、理研はもとより国内全体においても使用可能な台数が限られている。そのため RI ビームファクトリーにおいては、ゲルマニウム検出器を用いた本格的なガンマ線分光は未だに着手されていなかった。そうした状況を打破するべく、2019年に20台近い国外のゲルマニウム半導体検出器を RI ビームファクトリーに集結するプロジェクト HiCARI が立ち上がった。本研究では当初東大 CNS が所有する GRAPE を用いて開発を進める予定であったが、HiCARI のアレイの方が検出効率に優れていたこと、また最新鋭の三次元位置感応型検出器も投入されたことから、HiCARI プロジェクトに参画することにした。検出器の配置の最適化する実験セットアップ案を考案し、架台の製作を行った。2019–2020年に RI ビームファクトリーにおいて HiCARI アレイを用いたガンマ線核分光実験のキャンペーンを実施した。RI ビームファクトリーにおいて、はじめて重元素同位体をゲルマニウム半導体検出器によって高い精度で分光することに成功した[5, 6]。HiCARI の成功により、rp 過程に關与する同位体のガンマ線核分光に向けて、大きく前進することができた。

（5）陽子過剰な放射性同位体 ^{56}Ni の中性子移行断面積の測定実験。長い半減期（約2日）をもつ ^{56}Ni は、rp 過程の最大のウェイティング・ポイントとして知られる。本研究を進めてゆくのと時を同じくして、とくに ^{56}Ni の中性子捕獲断面積の重要性が理論研究の分野において強く認識されるようになってきた。宇宙の重元素同位体比を理解し、とくに $^{92,94}\text{Mo} / ^{94,96}\text{Ru}$ の過剰存在比問題を解決するうえで重要であることが指摘されている。物理としての重要性が極めて高いケースであると判断して、当初の研究計画を変更して、本研究の主たる実験測定として、 ^{56}Ni の中性子移行 (d, p) 反応の測定を行うこととした。

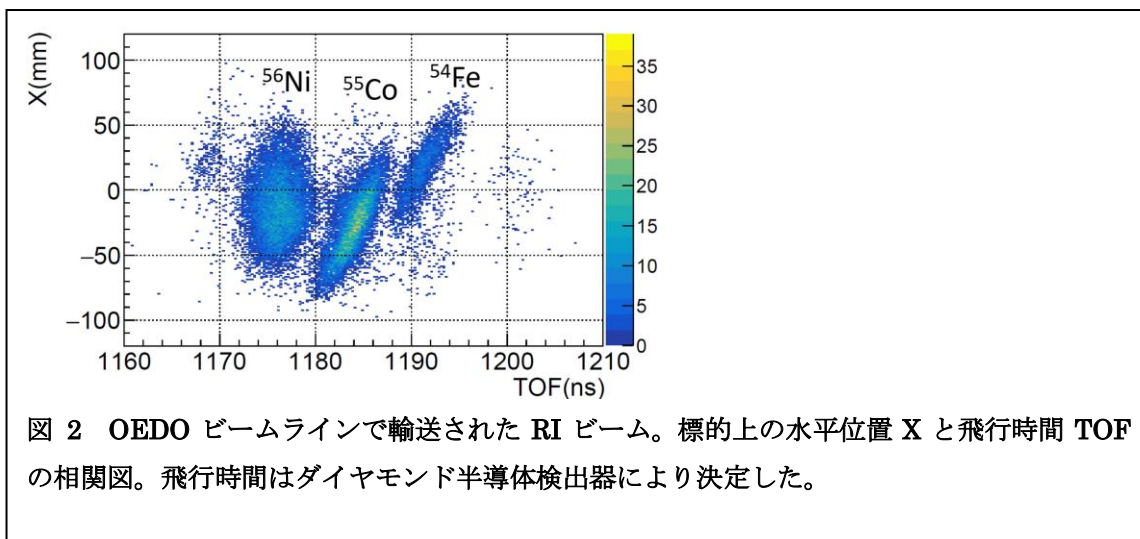
^{56}Ni の中性子捕獲反応は、超新星爆発時に残骸中で発生する rp 過程において、反応速度に強く影響すると予想されている。 ^{56}Ni は半減期が長いことから、時間とともに蓄積してゆき、合成の流れを滞留させ、Ni より重い元素の合成を阻害する。この滞留状態を緩和する効果を有するのが、 ^{56}Ni の中性子捕獲反応である。中性子捕獲後に ^{57}Ni が陽子を放出して ^{56}Co に崩壊する過程が強くなると、蓄積した Ni が半減期の短い Co へと転換されるために、より重い元素への合成の流れが誘導される。この効果は、超新星残骸がニュートリノ風に暴露されることで中性子量が増加することにより促進される。

^{56}Ni の中性子捕獲反応は、 ^{56}Ni と中性子がともに不安定であるために、測定されていなかった。本研究では、中性子移行 (d, p) 反応を中性子捕獲反応の代理反応として用いることで、世界に先駆けて中性子捕獲の実験データを得ることを目指した。

実験は2022年5月に RI ビームファクトリー OEDO ビームラインにおいて実施した。ダイヤモンド半導体検出器によって、毎秒 5×10^5 個の強度の ^{56}Ni ビームを反応測定に用いることが可能となった。重陽子標的から反跳された陽子を TiNA によって観測するとともに、標的の下流の OEDO 磁気スペクトロメータによって、崩壊後の終状態の識別を行った。

本研究で開発した要素技術を用いることにより、統計量に優れた高品質なデータを収集することに成功した[7, 8]。中性子捕獲断面積の初めてのデータを得ることを目指して、現在データ解

析を進めている。



- [1] S. Michimasa et al., ‘OEDO-SHARAQ system: Multifaceted performances in low-energy RI production and high-resolution spectroscopy’, Nucl. Instr. and Meth. B 540, 194 (2023).
- [2] S. Koyama et al., ‘A liquid hydrogen target for radioactive beam experiments using the missing mass method’, Nucl. Instr. and Meth. A 1010, 165477 (2021).
- [3] B. Mauss et al., ‘The TiNA array, development and status’, 日本物理学会 2019 年秋季大会
- [4] B. Mauss et al., ‘Commissioning of the Si-CsI array TiNA for direct reactions at OEDO’, RIKEN Accel. Prog. Rep. 55, 93 (2022).
- [5] K. Wimmer et al., ‘HiCARI :High-resolution Cluster Array at RIBF’, RIKEN Accel. Prog. Rep. 54, S27 (2021).
- [6] R. Taniuchi et al., ‘RIBF181:Gamma-ray spectroscopy in the vicinity of ^{78}Ni ’, RIKEN Accel. Prog. Rep. 55, 18 (2022).
- [7] 鈴木大介「RI ビームファクトリーにおける超新星爆発下の核反応研究」、研究会「中性子捕獲反応で迫る宇宙の元素合成」、2023 年
- [8] 鈴木大介「RI ビームを用いた高速陽子捕獲反応研究」、研究会「星の進化と爆発天体における核反応の物理」、2023 年

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 18件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Girard-Alcindor V., Stefan I., de Oliveira Santos F., Sorlin O., D. Suzuki et al.	4. 巻 57
2. 論文標題 Probing nuclear forces beyond the nuclear drip line: the cases of 16F and 15F	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The European Physical Journal A	6. 最初と最後の頁 93-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epja/s10050-021-00410-1	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 Lalanne L., Sorlin O., Assie M., Hammache F., de Sereville N., Koyama S., Suzuki D. et al.	4. 巻 103
2. 論文標題 Evaluation of the $^{35}\text{Kr}(p,\gamma)^{36}\text{Ca}$ reaction rate using the $^{37}\text{Ca}(p,d)^{36}\text{Ca}$ transfer reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 055809-055809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.055809	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 Koyama S., Suzuki D., Assie M., Kitamura N., Lalanne L., Niikura M., Otsu H., Saito T.Y., Sorlin O.	4. 巻 1010
2. 論文標題 A liquid hydrogen target for radioactive beam experiments using the missing mass method	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 165477-165477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2021.165477	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 Harding R. D., Andreyev A. N., Barzakh A. E., Cubiss, Imai N. et al.,	4. 巻 104
2. 論文標題 Laser-assisted nuclear decay spectroscopy of $^{176,177,179}\text{Au}$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024326-024326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.024326	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 該当する

1. 著者名 Kitamura N., Wimmer K., Imai N. et al.	4. 巻 105
2. 論文標題 In-beam gamma-ray spectroscopy of ^{32}Mg via direct reactions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034318-034318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.034318	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 Kitamura Noritaka, Imai Nobuaki, Haba Hiromitsu, Michimasa Shin'ichiro, Shimoura Susumu, Yamaguchi Yuki	4. 巻 330
2. 論文標題 Production of $^{178}\text{Hf}m2$ and a simple chemical separation method for Hf recovery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 721 ~ 725
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-021-08032-z	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 Iwasa N., Ishikawa S., Kubono S. et al.	4. 巻 103
2. 論文標題 Experimental study of the $\text{Gamma}_{p1}/\text{Gamma}_{p0}$ ratios of resonance states in ^8Be for deducing the $^7\text{Be}(n, p)^7\text{Li}^*$ reaction rate relevant to the cosmological lithium problem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 015801-015801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.015801	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 Aziz Azni Abdul, Ahmad Nor Sofiah, Ahn S., Aoki Wako, Bhuyan Muruthujaya, Chen Ke-Jung, Guo Gang, Hahn K. I., Kajino Toshitaka, Kassim Hasan Abu, Kim D., Kubono Shigeru et al.	4. 巻 31
2. 論文標題 Progress in nuclear astrophysics of east and southeast Asia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AAPPS Bulletin	6. 最初と最後の頁 18-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43673-021-00018-z	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 該当する

1. 著者名 Hu J., Yamaguchi H., Kubono S et al.	4. 巻 127
2. 論文標題 Advancement of Photospheric Radius Expansion and Clocked Type-I X-Ray Burst Models with the New $^{22}\text{Mg}(\alpha,p)^{25}\text{Al}$ Reaction Rate Determined at the Gamow Energy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 172701-172701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.127.172701	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 Riley J. E., Laird A. M., de Sereville N., Suzuki. D, et al.	4. 巻 103
2. 論文標題 Sub-threshold states in Ne19 relevant to F18(p,)015	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 015807-015807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.015807	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 Go S., Ideguchi E., Yokoyama R., Aoi N., Azaiez F., Suzuki D., et al.	4. 巻 103
2. 論文標題 High-spin states in S35	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034327-034327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.034327	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 Pereira-Lopez X., Fernandez-Dominguez B., Delaunay F., Suzuki D. et al.	4. 巻 811
2. 論文標題 Low-lying single-particle structure of ^{17}C and the $N=14$ sub-shell closure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135939 ~ 135939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135939	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 Frotscher A., Gomez-Ramos M., Obertelli A., Doornenbal P., Niikura M., Suzuki D.	4. 巻 125
2. 論文標題 Sequential Nature of (p,3p) Two-Proton Knockout from Neutron-Rich Nuclei	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 012501-012501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.012501	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 Kitamura N., Wimmer K., Shimizu N., Bader V. M., Bancroft C., Imai. N	4. 巻 102
2. 論文標題 Structure of Mg30 explored via in-beam α -ray spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 054318-054318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.054318	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 Gottardo A., de Angelis G., Doornenbal P., M. Niikura	4. 巻 102
2. 論文標題 Transition strengths in the neutron-rich Ni73,74,75 isotopes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014323-014323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PHYSREVC.102.014323	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 Lokotko T., Leblond S., Lee J., Doornenbal P., Obertelli A., Suzuki D. et al.,	4. 巻 101
2. 論文標題 Shell structure of the neutron-rich isotopes Co69,71,73	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034314-034314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.034314	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 Paul N., Obertelli A., Bertulani C.A., Corsi A., Doornenbal P., Suzuki D. et al.,	4. 巻 122
2. 論文標題 Prominence of Pairing in Inclusive (p,2p) and (p,pn) Cross Sections from Neutron-Rich Nuclei	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 162503-162503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.162503	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 Wang H., Otsu H., Chiga N., Kawase S., Takeuchi S., Sumikama, Kubono S., Suzuki D., et al.	4. 巻 2
2. 論文標題 Enhancement of element production by incomplete fusion reaction with weakly bound deuteron	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 78-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42005-019-0165-1	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 Yokoyama R., Grzywacz R., Kubono S. et al.	4. 巻 100
2. 論文標題 Strong one-neutron emission from two-neutron unbound states in decays of the r-process nuclei Ga86,87	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 031302-031302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.031302	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

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Physics of radioactive isotope beams at RIBF
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甲田旭
2. 発表標題 中性子数40近傍のTi同位体における集団性の変遷
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋弘幸
2. 発表標題 二重魔法数78Ni周辺核における核子剥離断面積の系統的測定
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花井周太郎
2. 発表標題 高速応答を活かした大強度ビームのための重イオン飛跡検出器
3. 学会等名 KEK研究会「放射線検出器とその応用」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Two neutron transfer resonances via alpha scattering
3. 学会等名 International mini-workshop on “Physics in resonant reaction induced by low-energy RI beam” (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Spectroscopy of light exotic nuclei beyond the proton drip line
3. 学会等名 Yamada Conference LXXII: The 8th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 不安定核の中性子捕獲反応率測定プロジェクト
3. 学会等名 r-process研究会「星野錬金術から銀河考古学へ」(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花井周太郎
2. 発表標題 分割電極型PPAC(SR-PPAC)における位置較正手法の開発
3. 学会等名 日本物理学会 2020年 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Recent results from SUNFLOWER and future perspectives
3. 学会等名 JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program “Nuclear Physics in the 21st Century” Joint Kickoff Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Present and future of in-beam spectroscopy at RIBF
3. 学会等名 Workshop on RI-beam Spectroscopy by Innovative Gaseous Active Targets (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 Coulomb and quantum bubbles in heavy nuclei
3. 学会等名 High Resolution Gamma-Ray Spectroscopy at the RIBF (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木大介
2. 発表標題 rp-process study at OEDO
3. 学会等名 OEDO collaboration workshop
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保野茂
2. 発表標題 Heavy Element Synthesis under Explosive Burning on Neutron Stars
3. 学会等名 The 10th European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保野茂
2. 発表標題 Experimental Approach to Explosive H-Burning in X-Ray Bursts and SNeII
3. 学会等名 Workshop on origin of Elements and Cosmic Evolution: From Big-Bang to Supernovae and Mergers (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保野茂
2. 発表標題 Special Lectures on Nuclear Astrophysics
3. 学会等名 Department of Physics, Hong Kong University (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堂園昌伯
2. 発表標題 Proton induced reactions on ^{107}Pd at around 30 MeV/nucleon: First result using sloweddown RI beams at OEDO
3. 学会等名 INPC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jongwon Hwang
2. 発表標題 Performance of the OEDO beamline
3. 学会等名 INPC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 Controlling the motions of two kinds of fermions in a nucleus, a new energy degraded RI beam line OEDO
3. 学会等名 Frontier Session of KPS meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 Evaluation of the neutron capture reaction on ^{79}Se via a surrogate reaction of $d(^{79}\text{Se}, p)$ reaction at OEDO
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 r-process核の中性子捕獲反応実験について
3. 学会等名 基研研究会 原子核物理で紡ぐr-process (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 逆運動学 $^{79}\text{Se}(d,p)$ 反応による中性子捕獲反応断面積の評価
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堂園昌伯
2. 発表標題 Nuclear astrophysics studies with OEDO
3. 学会等名 JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program "Nuclear Physics in the 21st Century" Joint Kickoff Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井伸明
2. 発表標題 Low-energy RI beam of versatile element; OEDO at RIBF
3. 学会等名 RCNP ATTPC workshop (招待講演) (国際学会)
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	久保野 茂 (Kubono Shigeru) (20126048)	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器科学研究センター・客員主管研究員 (82401)	
研究分担者	新倉 潤 (Niikura Megumi) (50644720)	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器科学研究センター・協力研究員 (82401)	
研究分担者	今井 伸明 (Imai Nobuaki) (80373273)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授 (12601)	

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			
中国	中国科学院			
フランス	IJClab	GANIL		
イタリア	Universita di Catania			
英国	University of York			
韓国	Institute for Basic Science			