

# 大学間連携等による共同研究報告書

## 加速器を用いた原子核反応、原子核構造の研究

1. 報告書作成年月日：令和元年月日
2. 補助対象年度：30年度（29年4月1日～2年3月31日）
3. 共同研究期間：30年4月1日～2年3月31日
4. 研究の目的：ガンマ線源の開発とこれを用いた原子核構造の研究
5. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：秋宗 秀俊  
ローマ字氏名： AKIMUNE, Hidetoshi  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部  
職名：教授  
研究者番号（8桁）：60319829

研究分担者氏名：宇都宮 弘章  
ローマ字氏名： UTSUNOMIYA, Hiroaki  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部  
職名：教授  
研究者番号（8桁）：00241167

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：宮本修治  
ローマ字氏名： MIYAMOTO, Syuji  
所属研究機関名：兵庫県立大学  
部局名：兵庫県立大学高度産業科学技術研究所  
職名：特任教授

### 6. 実施経過：（継続中）

兵庫県立大学高度産業技術研究所の電子蓄積リング「NewSUBARU」を用い、蓄積された1GeVのエネルギーを持つ電子ビームに正面からレーザー光を照射し、電子とレーザー光の光子にコンプトン散乱させ光子を電子で反跳することにより数MeVから数十MeVのガンマ線をうるLCSガンマ線源を用いる。このガンマ線源は新世代のガンマ線源で、準単色、エネルギー可変、高強度、高エミッタンス、低バックグラウンド、高偏光率など様々な特徴を持ち、世界的にも競争力の高いガンマ線源である。本研究ではこのガンマ線源を原子核の構造を研究するために用いる。原子核は核子（陽子と中性子）が複数個高い密度に凝縮して存在し、その構造は核子が他の核子の作る平均場中を運動するとみなしてシュレーディンガー方程式を解くことによりよく理解されることが知られている。しかしながら軽い核、特に ${}^6\text{Li}$ はその基底状態の波動関数が単一の核子ではなく、 ${}^4\text{He}$ 原子核（ $\alpha$ 粒子）と ${}^3\text{H}$ 原子核（ $t$ 粒子）が核力により結合した状態であると考えるとよく理解できる。この構造をクラスター構造という。近年大規模な核子の波動関数の理論計算により、 ${}^6\text{Li}$ のような軽い核だけでなくより重い核でもその励起状態にクラスター構造を持つことが予想されおり興味を持たれている。

### 7. 研究成果：

「NewSUBARU」高エネルギーガンマ線ビームを自然同位体比（ ${}^{20}\text{Ne}:90.48\%$ ,  ${}^{21}\text{Ne}:0.27\%$ ,  ${}^{22}\text{Ne}:9.25\%$ ）を持つガス及び少量のイソプタンガスを放出荷電粒子を検出するガス検出機としての機能を併せ持ったアクティブな標的として照射し、光核分解反応により放出される荷電粒子を測定した。測定器は、粒子の識別、運動エネルギー、放出方向を測定する機能を有しており、蓄積された光核分解反応事象のデータを詳細に解析することが可能である。現在、実験により収集したデータを機械学習などの技

術を応用し、多数のアルファ粒子(4He 核)へ崩壊する事象を選びだしている。

## 8. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

Isoscalar giant monopole, dipole, and quadrupole resonances in  $^{90,92}\text{Zr}$  and  $^{92}\text{Mo}$

<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.97.064323>

Y. K. Gupta, K. B. Howard, U. Garg, J. T. Matta, M. Şenyiğit, M. Itoh, S. Ando, T. Aoki, A. Uchiyama, S. Adachi, M. Fujiwara, C. Iwamoto, A. Tamii, H. Akimune, C. Kadono, Y. Matsuda, T. Nakahara, T. Furuno, T. Kawabata, M. Tsumura, M. N. Harakeh, and N. Kalantar-Nayestanaki Phys. Rev. C **97**, 064323 (2018).

Systematic analysis of inelastic  $\alpha$  scattering off self-conjugate  $A=4n$  nuclei

<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.97.014601>

S. Adachi, I. T. Kawabata, K. Minomo, T. Kadoya, N. Yokota, H. Akimune, T. Baba, H. Fujimura, M. Fujiwara, Y. Funaki, T. Furuno, T. Hashimoto, K. Hatanaka, K. Inaba, Y. Ishii, M. Itoh, C. Iwamoto, K. Kawase, Y. Maeda, H. Matsubara, Y. Matsuda, H. Matsuno, T. Morimoto, H. Morita, M. Murata, T. Nanamura, I. Ou, S. Sakaguchi, Y. Sasamoto, R. Sawada, Y. Shimizu, K. Suda, A. Tamii, Y. Tameshige, M. Tsumura, M. Uchida, T. Uesaka, H. P. Yoshida, and S. Yoshida. Phys. Rev. C **97**, 014601 (2018)

Photon-flux determination by the Poisson-fitting technique with quenching corrections

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900218305151#!>

Hiroaki Utsunomiya, Takahumi Watanabe, Takashi Ari-izumi, Daiki Takenaka, Takeru Araki, Kazuya Tsuji, Ioana Gheorghe, Dan M. Filipescu, Sergey Belyshev, Konstantin Stopani, Dmytro Symochko, Hongwei Wang, Gongtao Fan, Therese Renstrøm, Gry M. Tveten, Yiu-Wing Lui, Kento Sugita, Shuji Miyamoto Nucl. Inst. Meth. A **896**, 103 (2018)

Photoneutron cross sections for Ni isotopes: Toward understanding  $(n, \gamma)$  cross sections relevant to weak s-process nucleosynthesis

<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.98.054619>

H. Utsunomiya, T. Renstrøm, G. M. Tveten, S. Goriely, S. Katayama, T. Ari-izumi, D. Takenaka, D. Symochko, B. V. Kheswa, V. W. Ingeberg, T. Glodariu, Y.-W. Lui, S. Miyamoto, A. C. Larsen, J. E. Midtbø, A. Gørgen, S. Siem, L. Crespo Campo, M. Guttormsen, S. Hilaire, S. Péru, and A. J. Koning Phys. Rev. C **98**, 054619 (2018)

[学会発表] (計 4 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)