

## 上野核分光研究室

主任研究員 上野 秀樹 (D.Sci.)



### (0) 研究分野

分科会:物理

キーワード:実験核物理、加速器科学、RIビーム、放射線計測、核スピン偏極

### (1) 研究背景と研究目標

原子核は核力の支配する物質であり、電磁気学的相互作用が支配する原子あるいはそれよりマクロな外界の物質階層とは隔絶している。しかし、核スピンが電磁氣的性質を有することから、超微細相互作用を通じて微弱ながら外界物質と互いに影響を及ぼしあっている。当研究室ではこの性質を利用し、外界物質を通じて原子核の諸性質を調べる・原子核スピンを操作する、あるいは逆に原子核をプローブとして外界物質の諸性質を調べるといった研究を行う。これに向け各種核分光的手法に基づく新たな測定技術の開発を行い、原子核物理学のみならず基礎物理学や物質科学などとの境界領域の新たな研究を拓くことを目指す。

### (2) 2020年度成果と今後の研究計画(中長期計画2025年度まで)

当グループでは、RIBF-BigRIPS で得られる高エネルギー RI ビームを用いた測定が未だ実現されていない基底状態の核電磁モーメント測定を通じた核構造研究を可能とするための技術開発を行っている。この測定に必要とされながら生成技術が確立していない核スピン偏極を用いず、既に利用可能となっている核スピン整列 RI ビームを用いる新たなβ線検出型 NMR (β-NMR) 分光法の有効性を示す最初のデータを前年度取得した。2020年度はこの原理実証を進めるため、再び QST HIMAC 加速器施設を用いて実験を実施し、手法の有効性を明確に示すβ-NMR スペクトルの取得に成功した(主に RNC での活動)。

上記核反応を用いた偏極生成手法は、元素に依らないという特長があり多くの成果を収めてきた一方、生成できる偏極度が高々数%と小さく、希少 RI への研究拡張や物質科学・基礎物理研究への応用が困難という問題がある。そこで、核スピン高偏極 RI ビームを生成するための将来に向けた技術開発として、新たにレーザー核分光実験装置の開発と RI 原子線共鳴実験装置の開発を行っており、中期計画の期間内での完成を目指している(主に CPR での活動)。レーザー核分光に関しては、コリニア分光装置の開発を行っている。2020年度はオフライン開発を進め、高周波イオンガイドを組み込んだオフラインイオン源開発に関する成果を誌上発表した。加えて、オンライン実験への適用を視野に、迷光等によるバックグラウンド低減のための装置改良、GeV RI ビーム停止後の RI イオンの荷電変換装置の導入などを行った。この装置は、RIBF の低速 RI ビーム生成装置 SLOWRI の下流に設置して用いることで独自研究が可能となる。当研究室では、RNC 実験装置開発室と協力し SLOWRI 自体の研究開発も行っている (RNC)。KEK を中心とし当グループも含めた共同研究により、SLOWRI と MRTOF (多重反射型飛行時間測定式質量測定器) を組み合わせた RI の系統的質量測定が2020年に行われ、大きな成果が得られた。また、別のアプローチとして、超流動 He (He II) 中に置かれた原子が示すストークスシフトを利用し、He II を RI ビーム停止媒質とするレーザー核分光装置の開発も行っている。また、田原分子分光研究室と合同で、He II 中に導入された原子に生じるストークスシフトの時間発展の直接観測にも取り組んでいる。後者の RI 原子線共鳴実験装置では、装置の中心を成す RI イオントラップ・中性化装置の開発を行っている。2020年度はオフライン開発を進め、Rb 安定同位体のイオントラップを確認し、次のステップとしてガス導入による中性化に取り掛かっている。

研究室では、重イオン・RI ビームの物質科学研究へ応用にも取り組んでいる (CPR/RNC)。上記<sup>21</sup>O 核プローブを用い、研究対象物質である CuO の最初のβ-NMR 実験を RIBF で実施した他、加藤分子物性研究室及び RNC 加速器基盤研究部との共同研究としてビーム照射によるダイヤモンドの電気伝導性の制御に関する実験も行った。メスバウアー分光研究では、HIMAC で<sup>57</sup>Mn ビームを用いた希薄磁性半導体やガスマトリックス試料のインビーム実験、RIBF で作製した<sup>99</sup>Ru を用いた電池電極材料の実験などを実施した。

(3) 研究室メンバー

(2020年度)

(主任研究員)

上野秀樹

(専任研究員)

山崎展樹

(研究員)

高峰愛子

(特別研究員)

今村慧、田島美典

(4) 発表論文等

1. "Offline ion source for laser spectroscopy of RI at the SLOWRI," M. Tajima, A. Takamine, M. Wada, H. Ueno, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **486**, 48–54 (2021).
2. "The impact of nuclear shape on the emergence of the neutron dripline," N. Tsunoda, T. Otsuka, K. Takayanagi, N. Shimizu, T. Suzuki, Y. Utsuno, S. Yoshida, H. Ueno, Nature **587**, 66–71 (2020).
3. "Magnetic moment of the isomeric state of  $^{75}\text{Cu}$  measured with a highly spin-aligned beam," Y. Ichikawa, H. Nishibata, Y. Tsunoda, A. Takamine, K. Imamura, T. Fujita, T. Sato, S. Momiyama, Y. Shimizu, D. S. Ahn, K. Asahi, H. Baba, D. L. Balabanski, F. Boulay, J. M. Daugas, T. Egami, N. Fukuda, C. Funayama, T. Furukawa, G. Georgiev, A. Gladkov, N. Inabe, Y. Ishibashi, Y. Kobayashi, S. Kojima, A. Kusoglu, T. Kawaguchi, T. Kawamura, I. Mukul, M. Niikura, T. Nishizaka, A. Odahara, Y. Ohtomo, T. Otsuka, D. Ralet, G. S. Simpson, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, L. C. Tao, Y. Togano, D. Tomonaga, H. Ueno, H. Yamazaki and X. F. Yang, JPS Conf. Proc. **32**, 010047-1–4 (2020).
4. "Experimental studies of the two-step scheme with an intense radioactive  $^{132}\text{Sn}$  beam for next-generation production of very neutron-rich nuclei," H. Suzuki, K. Yoshida, N. Fukuda, H. Takeda, Y. Shimizu, D. S. Ahn, T. Sumikama, N. Inabe, T. Komatsubara, H. Sato, Z. Korkulu, K. Kusaka, Y. Yanagisawa, M. Ohtake, H. Ueno, T. Kubo, S. Michimasa, N. Kitamura, K. Kawata, N. Imai, O. B. Tarasov, D. Bazin, J. Nolen, W. F. Henning, Phys. Rev. C **102**, 064615 (2020).
5. "In-gas-cell laser resonance ionization spectroscopy of  $^{196,197,198}\text{Ir}$ ," M. Mukai, Y. Hirayama, Y. X. Watanabe, S. Schiffmann, J. Ekman, M. Godefroid, P. Schury, Y. Kakiguchi, M. Oyaizu, M. Wada, S. C. Jeong, J. Y. Moon, J. H. Park, H. Ishiyama, S. Kimura, H. Ueno, M. Ahmed, A. Ozawa, H. Watanabe, S. Kanaya, and H. Miyatake, Phys. Rev. C **102**, 054307 (2020).

Supplementary

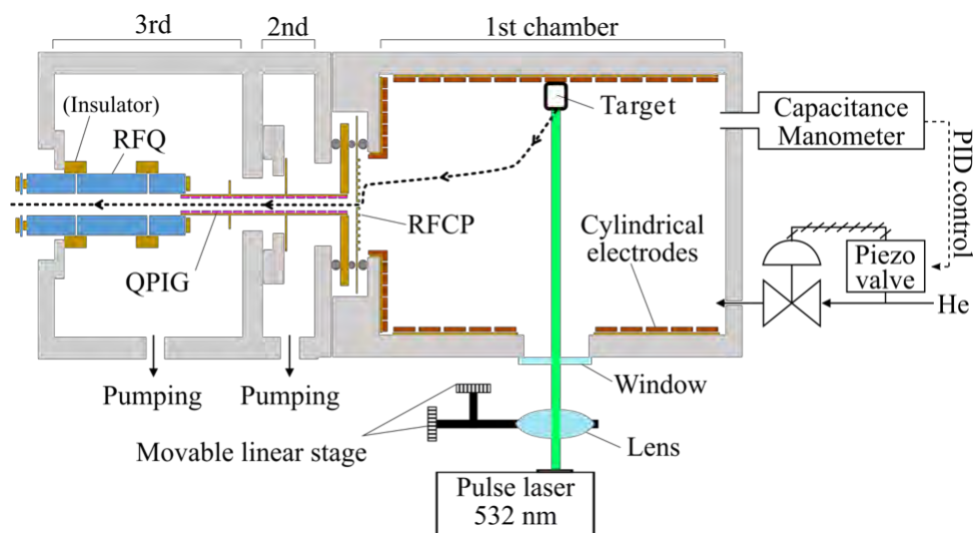


Fig. 1. An ion source system for offline collinear laser spectroscopy. Details are described in Ref. 1 of (4).

Laboratory Homepage

[https://www.riken.jp/research/labs/chief/nucl\\_spectro/index.html](https://www.riken.jp/research/labs/chief/nucl_spectro/index.html)