

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、核スピンの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) 2019年度成果と今後の研究計画(中長期計画2025年度まで)

高エネルギー重イオン核反応の特性を利用した核スピン偏極・整列RIビーム生成技術の開発と、その希少RIの核電磁モーメントの測定への応用を実施した。2019年度はRIBF施設での ^{99}Zr の準安定励起準位(アイソマー)の核磁気双極子モーメント測定の結果がまとまり誌上発表・プレスリリースした他、中性子過剰銀同位核種 $^{124,125}\text{Ag}$ のアイソマーの核磁気双極子モーメント及び ^{21}O の基底状態の核電気四重極モーメント測定を行った。アイソマーではなく基底状態の場合、核スピン偏極RIビームと β 線検出型NMR法(β -NMR法)を組み合わせることで核電磁モーメントの測定が可能である。これを、核スピン整列RIビームを用いて実施できれば、測定例が無いRIBF-BigRIPSでの希少RI基底状態核電磁モーメント測定が初めて可能となる。このための要素技術開発をQST放医研HIMAC加速器施設を用いて実施し、核整列RIビームを用いた 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、新たにコリニアレーザー核分光実験装置の開発(CPR/RNC)とRI原子線共鳴実験装置の開発(CPR)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。前者では、2019年度はオフラインでの開発を進め、錫を用いた同位体シフトの観測を通じて機能実証を果たした。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。SLOWRIについても、RNC実験装置開発室と協力し開発も行っている。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。2019年度よりHIMACで開発実験を開始し、超流動He層に高エネルギー重イオンビームを停止させるためのシステム構築と性能評価を行った。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・中性化装置の開発も行っている。イオントラップ部の構築はほぼ完了し、また、後にここに組み込む協同冷却用のレーザーの開発も行った。

また、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 ^{21}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 ^{57}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 ^{99}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

(2019年度)

(主任研究員)

上野秀樹

(専任研究員)

山崎展樹、市川 雄一

(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. “Antiproton beams with low energy spread for antihydrogen production,” M. Tajima, N. Kuroda, C. Amsler, H. Breuker, C. Evans, M. Fleck, A. Gligorova, H. Higaki, Y. Kanai, B. Kolbinger, A. Lanz, M. Leali, V. Mäckel, C. Malbrunot, V. Mascagna, Y. Matsuda, D. Murtagh, Y. Nagata, A. Nanda, B. Radics, M. Simon, S. Ulmer, L. Venturelli, E. Widmann, M. Wiesinger, Y. Yamazaki, *J. Instrum.* **14**, P05009 (2019).
2. “Negative parity states in ^{39}Cl configured by crossing major shell orbits,” L. C. Tao, Y. Ichikawa, C. X. Yuan, Y. Ishibashi, A. Takamine, A. Gladkov, T. Fujita, K. Asahi, T. Egami, C. Funayama, K. Imamura, J. L. Lou, T. Kawaguchi, S. Kojima, T. Nishizaka, T. Sato, D. Tominaga, X. F. Yang, H. Yamazaki, Y. L. Ye, H. Ueno, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, *Chin. Phys. Lett.* **36**, 062101-1-4 (2019).
3. “Location of the neutron dripline at fluorine and neon,” D. S. Ahn, N. Fukuda, H. Geissel, N. Inabe, N. Iwasa, T. Kubo, K. Kusaka, D. J. Morrissey, D. Murai, T. Nakamura, M. Ohtake, H. Otsu, H. Sato, B. M. Sherrill, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, O. B. Tarasov, H. Ueno, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 212501-1-6 (2019). [Featured in Physics] [Editors' Suggestion]
4. “ g -Factor of the ^{99}Zr ($7/2^+$) isomer: Monopole evolution in shape coexisting region,” F. Boulay, G. S. Simpson, Y. Ichikawa, S. Kisiov, D. Bucurescu, A. Takamine, D. S. Ahn, K. Asahi, H. Baba, D. L. Balabanski, T. Egami, T. Fujita, N. Fukuda, C. Funayama, T. Furukawa, G. Georgiev, A. Gladkov, M. Hass, K. Imamura, N. Inabe, Y. Ishibashi, T. Kawaguchi, T. Kawamura, W. Kim, Y. Kobayashi, S. Kojima, A. Kusoglu, R. Lozeva, S. Momiyama, I. Mukul, M. Niikura, H. Nishibata, T. Nishizaka, A. Odahara, Y. Ohtomo, D. Ralet, T. Sato, Y. Shimizu, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, L. C. Tao, Y. Togano, D. Tominaga, H. Ueno, H. Yamazaki, X. F. Yang, J. M. Daugas, *Phys. Rev. Lett.* **124**, 112501-1-6 (2020).
5. “Nuclear shell evolution with shape deformation –Structure of exotic nuclei investigated by the magnetic moment– (in Japanese),” Y. Ichikawa, *Isotope News* **765**, 26-29 (2019).

Supplementary

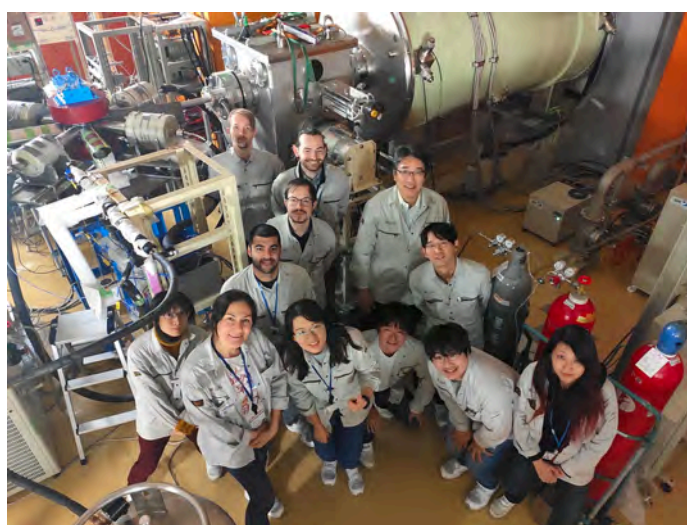


図 1. 2019年12月に実施した RIBF157 実験共同研究グループ

Laboratory Homepage

https://www.riken.jp/research/labs/chief/nucl_spectro/index.html