

量子状態の反応率・寿命の制御



● 研究代表者

笠木治郎太

物理学専攻・原子核理学研究施設・教授

Jirohta Kasagi

● メールアドレス…kasagi@lms.tohoku.ac.jp

● 専門分野…原子核物理学

● 主な研究課題…量子状態の反応率・寿命制御の研究

● 研究目的

物質の諸階層における量子状態は、それを取り巻いている上部階層の環境により様々な影響を受ける。これらの影響は従来、あまり大きなものとは考えられていなかったが、近年、その重要性が指摘されてきた。凝縮系—原子核階層の関係では、金属中での低エネルギーD+D反応の反応率が、金属の種類により大きく変化することが実験的に明らかになり、反応率を大幅に増大するメカニズムの理解が重要となってきた。また、原子核—ハドロン—クォーク階層の関係では、ある種のハドロンの質量は、核物質中で真空中の質量より減少することが予想され、核物質中でのハドロンの性質変化は、ハドロンの構造理解に本質的役割を果たすものと考えられている。

本研究プログラムは、凝縮系における原子核、及び、核物質中のハドロンにおいて、原子核、核子、中間子等の性質や崩壊・反応率に関する実験データを蓄積し、それらの変化に影響を及ぼす階層環境の役割を認識し、原子核反応率や崩壊率、さらに、ハドロンの性質が変化するメカニズムを究明しようとするものである。特に、凝縮系—原子核においては、核反応率の大幅増大の要因を明らかにし、核反応率・核寿命制御の可能性をも検討する。

● 研究内容

研究課題を、以下のように、凝縮系—原子核階層に関するものと、核物質—ハドロン階層に関するものの二つに分類し、各種量子状態に及ぼす異なった階層環境の影響を演繹し、二つの階層の個別的基本的要素と普遍的要素の理解を深める。

①凝縮系が原子核反応・崩壊に及ぼす影響

金属への低エネルギー重陽子ビーム照射により、金属中で生じるD+D、Li+D核融合反応の反応率を測定する。D+D反応においては、様々な固体・液体金属をホストとして、金属の温度、金属中の重陽子密度等の条件を変化させた系統的データを蓄積する。Li+D反応においては、液体Li標的を対象として、重陽子照射エネルギー、液体Li標的

の温度等の条件を変化させ、反応率を測定する。これらの系統的データに基づき、原子核と物性の両面からの理論的検討を行い、凝縮系で実現される核融合反応率の大幅増大に関する体系的考察を進め、金属中の電子・イオンの運動状態が核反応率を大きく変化させるメカニズムを究明する。これらを通じて、核反応に及ぼす凝縮系の役割・効果を明らかにし、核反応率をさらに増大する指針の確立を目指す。

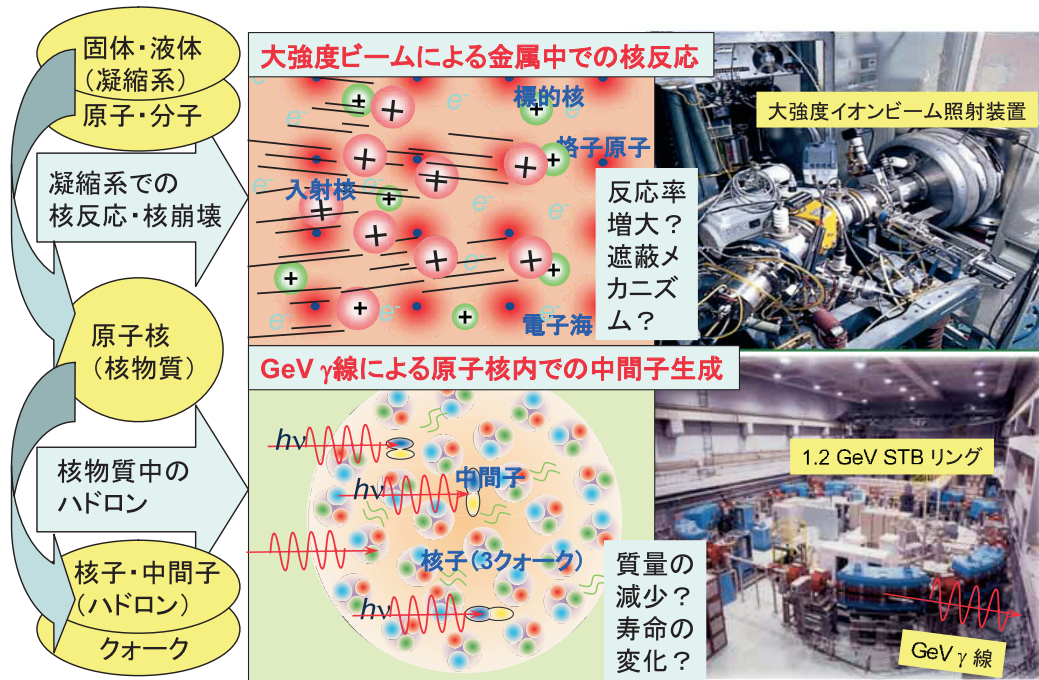
核寿命の変化に関しては、球状分子C₆₀ フラーレン内部に挿入されたEC崩壊原子核 (⁷Be, ⁵¹Cr等)の核寿命の精密測定を行う。温度・圧力等のパラメータを変化させ、通常の状態での核寿命と比較する。実験で得られたEC崩壊の寿命変化に関して、理論的検討を行いフラーレン内の原子核を取り巻く電子状態の理解を深め、核崩壊の寿命制御の可能性を追求する。

②核物質が、ハドロンの性質・遷移・反応に及ぼす影響

核理研STBリング及びSPring-8 LEPSのGeV光子を用い、光子—原子核反応実験を行う。核内核子の光吸収により、原子核中にP₃₃、D₁₃、S₁₁等の核子励起共鳴状態、さらにπ、ρ、σ中間子等を生成させる。核子共鳴状態については、収量の入射エネルギー依存性から、また中間子については、2γ、2π⁰崩壊等による不変質量測定から、それらの質量と崩壊幅に関するデータを取得。原子核を変化させることにより、核物質密度が異なった条件下でのデータを蓄積し、核内核子のフェルミ運動やパウリ原理等の影響を考慮した検討により、核物質中でのハドロンの性質変化に関する新たな知見を得る。

核理研及びMIT BATESの連続電子線を用い、原子核標的の(e,e'p)反応実験及び仮想コンプトン散乱実験を行う。準自由散乱測定により、核物質が核子—電子散乱に及ぼす影響を詳細に調べ、核内中間子や核内核子の相対論的効果等の影響を明確にするとともに、陽子の分極率の移行運動量依存性の測定により核子内部構造や外場に対する応答性を調べる。

研究分担者 清水 肇 (物理学専攻・原子核理学研究施設・教授)
 玉江 忠明 (物理学専攻・原子核理学研究施設・助教授)
 浜 広幸 (物理学専攻・原子核理学研究施設・教授)
 大槻 勤 (物理学専攻・原子核理学研究施設・助教授)
 滝川 昇 (物理学専攻・教授) 川勝 年洋 (物理学専攻・教授)



固体・液体（凝縮系）—原子核—核子・中間子（ハドロン）の階層構造と本研究における主な研究課題。凝縮系での低エネルギー核反応（上図）：格子原子、電子、入射イオン等の多体協力現象が核反応に影響を及ぼす（左図）。低エネルギー大強度ビーム照射装置（右図）からの重陽子ビームを用いて調べる。原子核内のハドロンの性質：原子核は密度の非常に高い実験条件を提供する。γ線入射により、核内で中間子を生成しその性質を調べる（左図）。主に、核理研のSTBリング（右図）からのGeV γ線を用いて実験する。

●代表的な発表論文

- 1) $S_{11}(1535)$ resonance in nuclei studied via (γ, η) reactions, J. Kasagi, Prog. Theor. Phys. Supp. **149**, 215 (2003).
- 2) Strongly enhanced DD fusion reaction in metals observed for keV D+ bombardment, J. Kasagi, H. Yuki, T. Baba, T. Noda, T. Ohtsuki and A.G. Lipson, J. Phys. Soc. Jpn, **71**, 2881 (2002).
- 3) Observation of S_{11} resonance in nuclear medium via the $^{12}\text{C}(\gamma, \eta)$ reaction, T. Yorita, H. Yamazaki, T. Kinoshita, T. Okuda, H. Matsui, J. Kasagi, T. Suda, K. Itoh, T. Miyakawa, H. Okuno, H. Shimizu, H.Y. Yoshida, T. Kinashi and T. Maruyama, Phys. Lett. B **476**, 226 (2000).
- 4) Anomalous enhancement of DD reactions in Pd and Au/Pd/PdO heterostructure targets under a low energy deuteron bombardment, H. Yuki, J. Kasagi, A.G. Lipson, T. Ohtsuki, T. Baba, T. Noda, B.F. Lyakhov and N. Asami, JETP Letters **68**, 823 (1998).
- 5) Bremsstrahlung in α -decay of ^{210}Po : Do α particles emit photons in tunneling?, J. Kasagi, H. Yamazaki, N. Kasajima, T. Ohtsuki and H. Yuki, Phys. Rev. Lett. **79**, 371 (1997).