

成果の概略

原子核は、原子の中心に存在する小さな物体で、陽子と中性子から構成されています。原子核物理の分野では、原子核を陽子の数と中性子の数によって分類し、その一つひとつを“核種”と呼んでいます。地球上に安定に存在する核種は 288 種あることが知られています。実験技術の発達に伴い、地球上に天然には存在しない不安定な原子核を人工的に生成しその性質を調べることが可能となり、これまでに約 3000 種の不安定な核種が発見されました。一方で、理論的には約 7000 種以上存在することが示唆されており、それによるとまだ半分以上の核種が未発見のままであるということになります。これらの不安定核の性質を理解することは、我々の宇宙に存在する元素の起源を解き明かす上でも重要であると考えられており、原子核物理の重要課題の一つとして、世界中で研究が精力的に進められています。

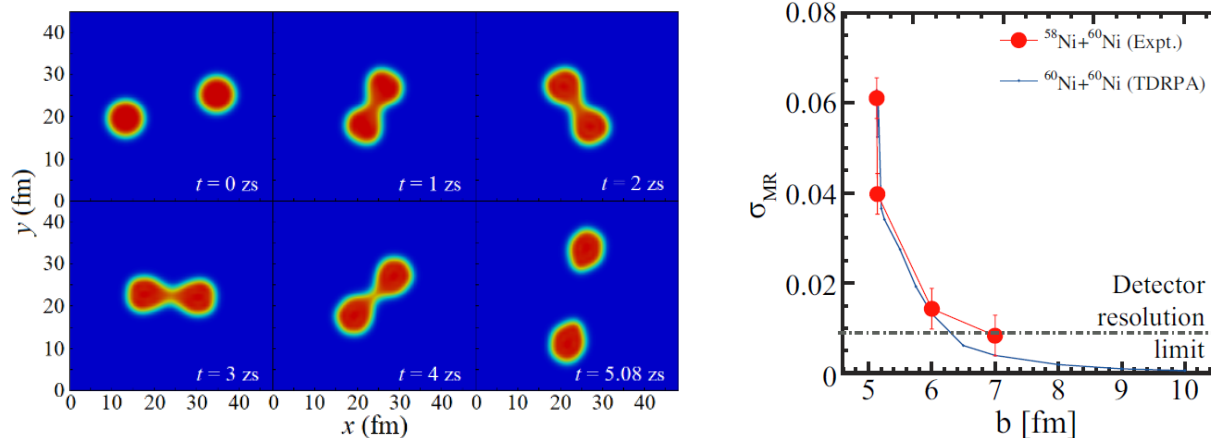
不安定核は、加速器を用いて 2 つの原子核を衝突させること（核反応）により生成することが可能です。しかし、どの原子核を入射核と標的核に選び、どのようなエネルギーで衝突させれば目的の不安定核を生成できるのかということは自明ではなく、理論的な予測が不可欠です。本研究課題では、スーパーコンピュータを駆使し、理論的枠組みの拡張と応用を推し進めることによって、核反応の理解を深化させると共に、信頼できる理論予測を提示することを目指した研究に取り組んでいます。

平成 29 年度に実施した本研究課題の成果は、4 本の査読付き論文として出版されました。論文 [1] は、核反応の記述の定量性を改善させたもので、2017 年度（第 12 回）中村誠太郎賞を受賞しました（[大学 HP ニュース](#)）。そしてその方法は、論文 [2] と [4] において、さらなる応用が進められました。論文 [4] は、インドの実験グループとの共同研究による成果です。また、オーストラリア国立大学の理論・実験グループとの共同研究による論文 [3] は、権威ある学術誌「フィジカル・レビュー・レターズ (Physical Review Letters)」に掲載されました。その論文では、理論の長年の課題を克服する拡張が実現され、実験との詳細な比較により、拡張理論の定量性・有用性が確認されました。これら一連の成果が評価され、本研究課題は HPCI 利用研究課題優秀成果賞に選定されました。

査読付き論文

1. [K. Sekizawa](#), 「Microscopic description of production cross sections including deexcitation effects (脱励起効果を含む生成断面積の微視的記述)」, [Physical Review C, Vol. 96, 014615 \(2017\)](#).
2. [K. Sekizawa](#), 「Enhanced nucleon transfer in tip collisions of $^{238}\text{U}+^{124}\text{Sn}$ ($^{238}\text{U}+^{124}\text{Sn}$ の先端衝突に伴う核子移行の増大)」, [Physical Review C, Vol. 96, 041601\(R\) \(2017\)](#).
3. E. Williams, [K. Sekizawa](#), D.J. Hinde, C. Simenel, M. Dasgupta, I.P. Carter, K.J. Cook, D.Y. Jeung, S.D. McNeil, C.S. Palshetkar, D.C. Rafferty, K. Ramachandran, and A. Wakhle, 「Exploring Zeptosecond Quantum Equilibration Dynamics: From Deep-Inelastic to Fusion-Fission Outcomes in $^{58}\text{Ni}+^{60}\text{Ni}$ Reactions (zeptosecond 量子平衡化過程の探求: $^{58}\text{Ni}+^{60}\text{Ni}$ 反応における深部非弾性散乱から融合・分裂過程の分析から)」, [Physical Review Letters, Vol. 120, 022501 \(2018\)](#).
4. B.J. Roy, Y. Sawant, P. Patwari, S. Santra, A. Pal, A. Kundu, D. Chattopadhyay, V. Jha, S.K. Pandit, V.V. Parkar, K. Ramachandran, K. Mahata, B.K. Nayak, A. Saxena, S. Kailas, T.N. Nag, R.N. Sahoo, P.P. Singh, and [K. Sekizawa](#), 「Deep-inelastic multinucleon transfer processes in the $^{16}\text{O}+^{27}\text{Al}$ reaction ($^{16}\text{O}+^{27}\text{Al}$ 反応における深部非弾性多核子移行過程)」, [Physical Review C, Vol. 97, 034603 \(2018\)](#).

2018年11月2日(金)に東京・品川 THE GRAND HALLにて行われる[第5回成果報告会](#)において、受賞講演を行う予定です。



【左図】 数値計算によって得られた2つのニッケル原子核が衝突する様子です。数zept秒（1ミリ秒の1億分の1のさらに1億分の1）という極めて短い時間で起こる核反応ダイナミクスがスーパーコンピュータ上で実現されます。**【右図】** 計算結果（青線）と実験データ（赤い点）との比較です。理論の拡張をする前にはまったく記述できなかつた量（反応後のフラグメントの多様性）を定量的に記述できることが示されました。