

# 計画研究 C01 「極低温原子で紐解く階層横断エキゾチック物性現象」 R2 年度の活動報告

## 1. 研究内容と今年度の成果の概要

極めて高度なレベルに達している冷却原子系の制御技術のなかでも、特に、原子間の相互作用を磁場により任意かつ精密に実時間制御するフェッシュバッハ共鳴法により、様々な可能性が拓かれつつある。本研究では、冷却原子系として極めて大きな質量比を有するエルビウムとイッテルビウム、およびリチウムの超低温原子混合系を実験的に生成し、その特異な性質を実験的に解明することにより、クラスター階層の物理の理解を深化させることを目標とする。特に、まず、重原子と軽原子間の相互作用を磁場により制御するフェッシュバッハ共鳴法を開発し、次に、「普遍的なクラスター状態」としてのエフィモフ 3 量体を観測しエネルギー構造の解明を行う。これらにより、階層をつなぐ共通物理現象の理解を深めることに貢献する。

今年度は、まず、本研究の最も重要な課題である、エルビウム原子とリチウム原子の間のフェッシュバッハ共鳴を、複数のエルビウム原子同位体について複数観測することに成功した。また、リチウム原子についても複数の磁気副準位について系統的に測定を行い、複数の共鳴を観測することに成功した。

また、原子核で議論されている 3 体力と同等な力が光格子中の原子に働いている可能性について、領域外の複数の研究者による講演会を定期的で開催し、その理解を深めると同時に、実験結果が有効 3 体力の理論で説明できることを確認した。

さらに、分担者グループと協同で、原子核と関連する、冷却原子気体のスピン自由度を利用した量子輸送について研究を行い、一般のスピン数の場合に多端子系が実現できることを実験および理論で明らかにした。

## 2. エルビウム原子とリチウム原子のフェッシュバッハ共鳴の観測

本研究の目的である、階層を横断したエキゾチックな物性現象の解明に向けて、極低温原子集団、特に、巨大な質量比のエルビウムとイッテルビウム、およびリチウムの超低温原子混合系を実験対象として研究を推進した。

この研究目的に向けて、まず、昨年度までに開発した、重いエルビウム原子と軽いリチウム原子、さらにイッテルビウム原子の量子気体混合系の生成用に特化してデザインおよび作成した、ハイブリッド型オープン型の性能を評価し、これも昨年度までに準備した冷却用の光源を全て利用することで、エルビウム原子、リチウム原子、そしてイッテルビウム原子の混合気体の冷却実験を進めた。その結果、まず、上記のレーザー冷却により、数 100 nK までの超低温の、上記 3 種類の混合気体を準備することに成功し、これを用いて、印加する磁場を掃引しながら、リチウムおよびエルビウム原子のロスを測定することにより、複数の狭いフェッシュバッハ共鳴および太いフェッシュバッハ共鳴

を、 $^{166}\text{Er}$ - $^7\text{Li}$  および  $^{168}\text{Er}$ - $^7\text{Li}$  の両方の組み合わせで、かつ  $^7\text{Li}$  の複数の磁気副順位に関して発見することに成功した。そして、この実験データを、ポーランドの理論共同研究者とともに解析を開始した。