

# 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」 R1 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。

この研究目的に向けて、まず、昨年度において開発した、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の性能を評価し、これも昨年度に準備した、エルビウム原子冷却用の光源を用いて、エルビウム原子の冷却実験を進めた。401nm の波長の光源をゼーマン減速および、横方向冷却に用いて減速・冷却効果を確認した。また、583nm の光源を用いて、エルビウム原子の磁気光学トラップに成功した。583nm の光源の周波数安定化は、超低膨張ガラスを用いた共振器に高速フィードバックすることにより行い十分な安定性であることを確認した。さらに、レーザー冷却されたエルビウム原子を光トラップに移行して蒸発冷却を行い、500nK までの冷却に成功した。

## 2. エルビウム原子のレーザー冷却

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。まず、昨年度において開発した、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の性能を評価し十分な性能を示すことを確認した。さらに、これも昨年度に準備した、エルビウム原子冷却用の光源を用いて、エルビウム原子の冷却実験を進めた。特に、802nm の高出力光源

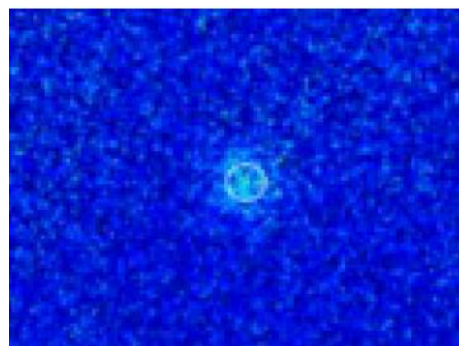


図 1 蒸発冷却により 500 nK まで冷却されたエルビウム原子の吸収イメージング画像

を準備してその第2高調波を発生させることにより生成した401nmの波長の光源をゼーマン減速および、横方向冷却に用いて減速・冷却効果を確認した。また、583nmの光源は、1168nmの候主力半導体レーザーを導波路型第2高調波発生器で生成して、エルビウム原子の磁気光学トラップに成功した。583nmの光源の周波数安定化は、超低膨張ガラスを用いた共振器に高速フィードバックすることにより高い十分な安定性であることを確認した。レーザー冷却されたエルビウム原子を光トラップに移行して蒸発冷却を行い、500nKまでの冷却に成功した。