

光の極限制御・積極利用と新分野開拓
2016年度採択研究者

2018年度 実績報告書

向山 敬

大阪大学大学院基礎工学研究科
教授

極低温イオン・原子混合系で探求する極低温化学反応過程

§ 1. 研究成果の概要

我々が用いているレーザー冷却原子イオン混合系は、マイクロケルビンという極低温の温度領域における化学反応を研究することができる特殊な系である。特にマイクロケルビンの温度領域では、化学反応の反応物である原子が持つ量子統計性が化学反応に影響を与えることが考えられる。さらにレーザー冷却原子イオン系は反応物を特定の量子状態に用意することが可能であり、その量子状態ごとに異なる化学反応を示す状況においても、それぞれの化学反応を一つ一つ詳細に調べることが可能な系である。さらに、この系はレーザーや電場によって真空中に捕獲された原子やイオンにおいて起こる化学反応であるため、反応生成物も真空中に捕獲された状況を作ることができ、化学反応が単一量子で起こったとしても十分な時間をかけて観測することで化学反応物の同定や反応自体の検出を高感度で行うことができる。

我々はこれまでにリチウム原子フェルミ同位体 ${}^6\text{Li}$ とカルシウムイオン ${}^{40}\text{Ca}^+$ の間に生じる電荷交換反応について、単一原子レベルでの反応の観測に成功している。またその電荷交換反応がイオンを特定の内部状態に用意した時のみに生じるという事実も突き止めた。またその結果は原子イオン間の相互作用ポテンシャル曲線の交差点で起こる遷移であることも定性的に理解できた。しかしながらその性質を定量的に理解するためには、同じ準位を出発点として生じる可能性のある衝突緩和反応についても観測を行い、その反応断面積を評価する必要があった。今年度の研究により、衝突緩和反応の観測にも成功し、その反応断面積を決定することにも成功した。電荷交換反応と衝突緩和反応の反応断面積の反応エネルギー依存性を詳細に調べることで、相互作用ポテンシャルの詳細を実験的に決定することが可能になる。本研究の結果は、現時点で相互作用ポテンシャルを算出する際に必ずしも正確に取り入れられていない相互作用(スピン軌道相互作用など)について、その取り入れ方を議論する際のベンチマークとなりうるものである。

§ 2. 研究実施体制

- ① 研究者:向山 敬 (大阪大学大学院基礎工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・レーザーの開発
 - ・原子イオン衝突の観測、データ解析