

イオントラップレーザー冷却分析手法の検討に依る検出下限の低減化

Reduction of detection limit by investigation of ion trap laser cooling analysis method

*落合 皓貴¹, 山元 祐太¹, 石川 大祐¹, 長谷川 秀一¹

¹東大院工

誘導結合プラズマ質量分析器(ICP-MS)から生成されるイオンを線形四重極トラップ中に導入し、レーザー冷却をする事で単一同位体イオンの検出を可能とする装置により新たな分析法の開発を進めている。本装置における分析手法の検討により検出下限の低減化と、同重体が混入した際の分析性能の評価に関して報告する。

キーワード: カルシウム, イオントラップ, レーザー冷却, ICP-MS, 同位体分析

1. 緒言

極微量放射性同位体 ⁴¹Ca の計測は、原子力におけるクリアランスレベル、年代測定、骨の代謝など様々な分野での利用が期待される一方、その低い存在比や、崩壊エネルギーが検出を困難なものとしている。

本研究室では ⁴¹Ca 極微量分析を実現するための新たな手法として ICPMS-ILECS(ICPMS-Ion Trap Laser Cooling Spectroscopy)の開発を進めている。本装置では ICP-MS から生成されるイオンを高周波電場による線形四重極トラップに導入し、更にレーザー冷却をする事で単一同位体イオンの捕獲、検出が可能となる。今回は、分析時のパラメータであるバッファガスやレーザー周波数を変化させる事で、検出下限の低減化を試みた。更に本手法の特長である同重体干渉の回避に対する可能性を検証するために試料に同重体を混入させ、分析性能の評価を合わせて行った。

2. 実験

本報告では分析対象を Ca 同位体とし、以下のような手順で測定を行った。(1) 大気圧での Ar プラズマによって液体試料をイオン化し、高真空中へ導入 (2) NH₃ ガスを用いてビームから Ar イオンを除去 (3) 質量分析部にて質量選別 (4) 電極によってビームを変形、偏向しイオントラップ部へ導入 (5) 室温程度の He バッファガスによってビームを減速し捕獲 (6) 周波数制御された半導体レーザーによって冷却 (7) ガスを排気しレーザー光周波数掃引 (8) ICCD カメラと光電子増倍管により画像、信号データを取得。この手順により、単一イオン当たりの蛍光量を増加させることが可能となる。

3. 結果・考察

イオン捕獲時のバッファガス圧、レーザー光周波数が蛍光量に与える影響について評価を行った。実験結果より、条件によっては捕獲が低真空のため短時間で行われたとしても、高真空中で長時間の際と同程度のイオンが捕獲できる事が分かった。同重体干渉実験では、混入する同重体量の増加と共に蛍光量の最大値の減少と最大値に達するまでの時間の増加を確認した。さらに、長時間の測定から同重体を含まない場合でも既存のイオンローディングモデルに即さない挙動を示した。そこで、今回は極低濃度におけるローディングを行い、検出下限の条件依存性について検討を行った。

*Koki Ochiai¹, Yuta Yamemoto¹, Daisuke Ishikawa¹ and Shuichi Hasegawa¹

¹Tokyo Univ.