

## 【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



### 研究課題名 革新的低速 RI ビーム生成技術による超重元素の直接質量測定

独立行政法人理化学研究所・仁科加速器研究センター  
チームリーダー

わだ みちはる  
和田 道治

研究分野：原子核物理学

キーワード：質量測定、超重元素、低速 RI ビーム、イオントラップ

#### 【研究の背景・目的】

原子核物理学の夢の一つは注重元素のさらに先にあると予想されている「安定の島」の発見である。その道程は遠いが、殆ど未知である超重元素の質量を直接精密測定し、質量公式の精度を高めること、長寿命であるか $\alpha$ 崩壊しない為検出困難な核種の同定法を確立することが安定の島を目指す王道である。

本研究では、革新的低速 RI ビーム生成技術と高速・高精度質量測定装置を用いて、困難であった短寿命かつ収量の小さい超重元素の質量を 0.1ppm 代の相対精度で能率よく直接測定し、励起準位の不定性の無い真の質量をもって全ての核模型の検証をする。

そして超重核の精密分光の道を拓けると同時に質量のみによる超重元素の同定法の確立を目指す。

#### 【研究の方法】

重イオンの衝突によって生成される超重元素は、気体充填型反跳核分離器 (GARIS) によって集められる [1]。従来はその生成された重い原子核の連続した $\alpha$ 崩壊を測定し、核種の同定および $\alpha$ 線のエネルギーから相対質量を導出していた。この方法では $\beta$ 崩壊や自発核分裂核種の同定は出来ず、崩壊 Q 値による間接質量測定では常に励起準位と基底準位の判別に問題があった。

本研究では、分離器からの高速ビームをヘリウムガスセル内で減速熱化し、それを高周波イオンガイド法 [2,3] と命名した高周波カーペットによる不均一高周波電場によって高速かつ高効率で導き出す。この低速 RI ビーム生成技術は次世代 RI ビーム施設の標準技術として世界で認められており、本研究者は短寿命 Be 同位体のレーザー分光で実証した [4]。

こうして減速捕集された低速の超重核イオンビームはイオントラップで冷却・バンチ化され、多重反



図1 RFカーペット

射型飛行時間測定式質量分析器 (MRTOF) で質量測定される。MRTOF は一対の静電ミラーからなり、数百回往復させることで飛行距離を稼ぐと同時に初期エネルギー広がりに対する等時性を得る [5]。参照

イオンとの飛行時間差から僅か数ミリ秒の測定時間で質量分解能 20 万が得られ、精度・確度共に <1ppm で直接質量を決定できる。参照用イオンとして電子スプレーイオン源で生成できる分子イオンを使用する。

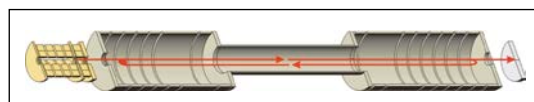


図2 MRTOF 質量分析器

#### 【期待される成果と意義】

大強度重イオンビームと高立体角分離器に本研究の高効率・高速ビーム減速冷却機構、高速高精度直接質量測定装置を組み合わせることによって、これまで極少数しか実験データのない超ウラン元素の質量を新たに百核種以上高精度で決定できる。そのデータを用いて原子核の理論モデルとわけ質量公式の確度を超重元素の領域において飛躍的に上げることが期待される。それによって安定の島の位置の予言、到達に必要な標的・ビーム・ビームエネルギーを高精度で決定できるようになる。さらに、この高効率直接質量測定法は長寿命 $\beta$ 崩壊核種の同定法の有力な候補となる。

MRTOF は短寿命原子核のみならず、質量数の大きい分子イオンの質量測定にも威力を発揮する。これによって生物・化学分子の組成を質量のみから一意に決定する分析への応用も期待されている。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] K. Morita et al., J. Phys. Soc. Jpn. 73, 2593 (2004).
- [2] M. Wada et al., Nucl. Inst. Meth. B204, 570 (2003)
- [3] A. Takamine, M. Wada et al., Rev. Sci. Inst. 76, 103503 (2005).
- [4] K. Okada, M. Wada et al., Phys. Rev. Lett. 101, 212502-0-4 (2008).
- [5] P. Schury et al., Eur. Phys. J. A 42 (2009) 343.

#### 【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 28 年度  
106,500 千円

#### 【ホームページ等】

[http://www.nishina.riken.jp/lab0/inst\\_slowri.html](http://www.nishina.riken.jp/lab0/inst_slowri.html)