



## 革新的質量分光器を用いた重元素の起源の研究

素粒子、原子核、宇宙物理学  
およびその関連分野

研究者所属・職名 : 素粒子原子核研究科・教授

ふりがな わだ みちはる

氏名 : 和田 道治

主な採択課題 :

- [特別推進研究「革新的質量分光器を用いた重元素の起源の研究」\(2017-2021\)](#)
- [基盤研究\(S\)「革新的低速RIビーム生成法による超重元素の直接質量測定」\(2012-2016\)](#)

分野 : 原子核物理学

キーワード : 重元素の起源、質量測定、短寿命原子核、MRTOF、イオントラップ

## 課題

### ● なぜこの研究をおこなったのか？ (研究の背景・目的)

自然界に存在する白金やウランなどの重い元素は、宇宙における爆発的な過程で生成された。最近の重力波と天体分光観測から、その過程は中性子星合体時に起きたとされている。しかし、その過程は自然に存在しないごく短寿命な原子核を経て進行するため、実際の反応過程を解明するには、関与する千種類以上の原子核の特性をくまなく調べる必要がある。さらにその過程の終端はまだ見ぬ「安定の島」と呼ばれる超重元素同位体群とされており、そこへのアプローチは興味深い。

### ● 研究するにあたっての苦労や工夫 (研究の手法)

千個もの短寿命原子核の特性 (質量・半減期等) を精密測定するには、能率よく広範囲の原子核を測定できる「新しい仕組み」をつくることから始めなければならない。幸い、理研RIBFには得意分野の異なる短寿命核ビーム供給装置があり、我々は、それを減速・捕集して質量を精密測定する装置を多年に渡って開発してきたため、3箇所でのオンライン測定を実現できた。一方、超重元素二ホニウムを生成するCa48ビームの素が世界的に入手困難に陥り、それをつくる装置の開発も始めなければならなくなってしまった。



図1 MRTOF質量分光器



## 革新的質量分光器を用いた重元素の起源の研究

素粒子、原子核、宇宙物理学  
およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

超重元素を得意とするGARIS装置、難しい高融点元素を得意とするKISS装置、万能型のBigRIPS装置のそれぞれにビームを減速してイオントラップに集める装置(RFカーベットガスセル)と飛行時間測定で質量測定するMRTOF装置を整備して、無事にオンライン精密測定に成功した(図2)。BigRIPSの装置はビームダンプ直前に設置ため、他の実験で溢れてくるビームを使って測定でき、能率よく多数の短寿命原子核の測定ができた。GARISの装置では、世界初の超重元素の直接質量測定に成功した。質量分光装置の分解能は当初の20万から調整して100万を達成した。わずか10ミリ秒の飛行時間(測定時間)でこのような高い分解能の質量測定装置は類を見ない。元素合成過程に関与する原子核の寿命は100ミリ秒以下が趨勢であり、この装置の独断場である。世界的にも、このような広範囲の原子核の質量測定を網羅できる施設は存在せず、唯一無二の存在といえる。

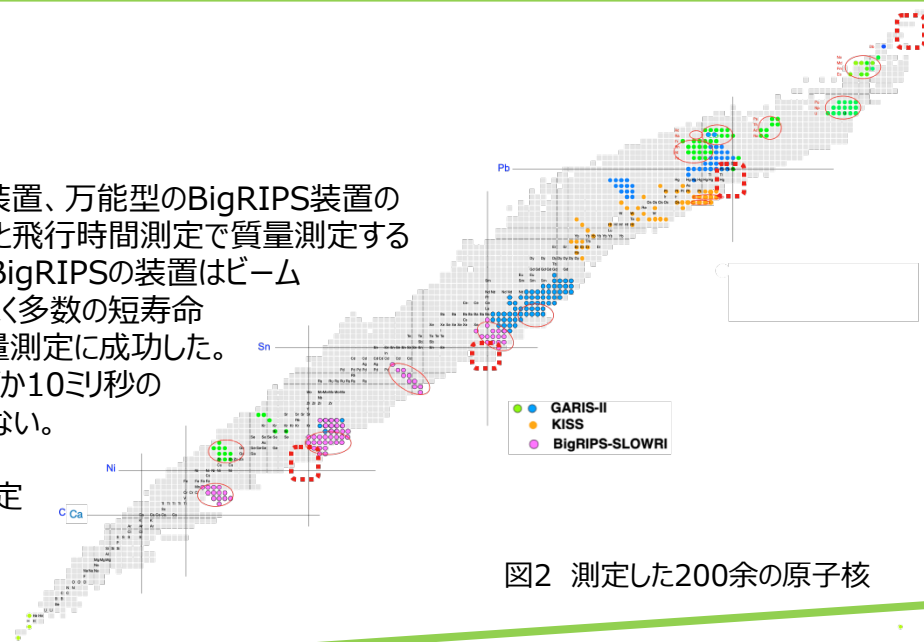


図2 測定した200余の原子核

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

今後さらに個々の効率等の向上に努め、RIBFで生成できて元素合成過程に関与するすべての原子核の質量・半減期を網羅的に測定する計画である。Ca48ビーム源を生成する装置を開発し、二ホニウム同位体の質量測定も成功させたい。これは元素合成過程の終端と考えられている「安定の島」と呼ばれるはるか中性子過剰な超重元素同位体への道筋をつけるものである。

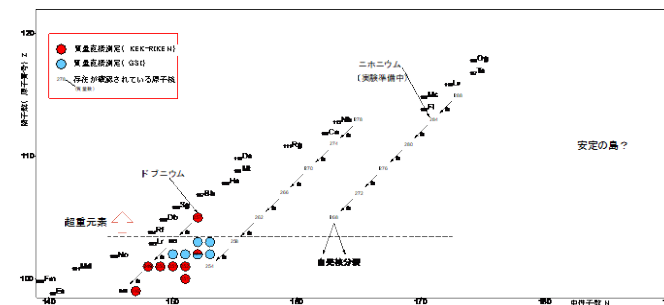


図3 現在の超重元素と安定の島