

東北大学大学院理学研究科物理学専攻・数学専攻・天文学専攻

21世紀 COE 拠点形成プログラム

「物質階層融合科学の構築」

平成15年度リサーチ・アシスタント (RA) 研究報告書

氏名	園田 哲
学籍番号	
専攻	東北大学大学院理学研究科 物理学 専攻
学年	博士課程後期3年の課程 3年
指導教官	篠塚 勉
研究題目	RF イオンガイド式オンライン質量分離装置による 中重核領域中性子過剰核の研究
I. 研究発表 (学術雑誌に15年度中に発表または掲載決定したもの、および15年度中の学会等での本人の発表)	
園田哲, 藤田正広, 遠藤卓哉, 山崎明義, 三宅徹, 鈴木智和, 後藤敦志, 宮下祐次, 佐藤望, 田中英二, 篠塚勉, 三頭聡明, 大槻勤, 高宮幸一, 結城秀行 「東北大 RF イオンガイド法による低速 RI ビーム開発試験」 日本物理学会、宮崎ワールドコンベンションセンター、2003年9月	
園田哲, 後藤敦志, 藤田正広 <sup>A</sup> , 遠藤卓哉 <sup>A</sup> , 山崎明義 <sup>A</sup> , 三宅徹 <sup>A</sup> , 鈴木智和, 宮下祐次, 佐藤望, 田中英二 <sup>A</sup> , 篠塚勉 <sup>A</sup> 「RF イオンガイド法による A=78 領域中性子過剰核の研究」 日本物理学会、九州大学、2004年3月	

## II. 研究活動結果の概要

東北大学  $k = 110$  MeV AVF サイクロトロン の更新に伴って次世代の低速 RI ビーム、特に中重核領域の中性子過剰核の研究に向けた新しいイオンガイド機構の開発をおこなった。中性子ドリップライン近傍の放射性同位元素の研究は、原子核の殻モデルの構造を理解する上でも重要であり、また宇宙の元素合成に関わる  $r$ -プロセスを解明する上でとても興味深いと思われる。

核分裂生成物を対象とした我々のイオンガイド法における全効率、約  $0.002\%$  という結果となっている。これは  $1\text{ mb}$  の生成断面積をもつ中性子過剰核を検出器の前まで輸送した場合、毎秒  $10$  個程度の収量に相当する。このため  $\mu\text{b}$ 、 $\text{nb}$  オーダーの断面積をもつ原子核を対象にするには、現在の収量を  $1000$  倍近く増加させる必要がある。

ここで新しいイオンガイド法として、ガス静止領域の大容量化および RF+DC 電場によるイオンの輸送・捕集機構 (RF イオンガイド) の開発をおこなった。この部分の改良のみによる従来の方法と比較した収量の増加は、数  $10$  倍程度と見込まれる。

はじめに、この機構の有効性を調査するため、大容量のガス中に  $\alpha$  線源  $^{227}\text{Ac}$  を置き、そこから放出される反跳核  $^{219}\text{Rn}$  を RF+DC 電場によってガス中を輸送させ、質量分離するオフライン実験をおこなった。その結果、電場によるイオンの輸送・引き出し効果が確認され、全効率で数%まで達することが確認された。

この結果をふまえて、ガスセル中にウランターゲットを置き、サイクロトロンのビームで誘発された核分裂反応によって生じる生成核を大容量ヘリウムガス中で静止させ、それらを RF+DC 電場によって輸送・引き出し、さらに質量分離して得られる RI の崩壊に伴う  $\beta$  線、 $\gamma$  線から収量を評価するオンライン実験をおこなった。

その結果、従来のイオンガイド法に比べ  $5$  倍近くの増加が確認された。

また現存するいくつかの問題点を解決することによってさらなる増加を見込まれることも確認された。

今後、この問題点を解決するとともにイオンガイド以外の改良、具体的には同位体分離装置の性能向上 ( $20$  倍の増加) およびサイクロトロンのビーム電流増量 (数  $10$  倍) により目標の  $1000$  倍の増加を目指している。

今回の実験は、世界の RF イオンガイドを研究しているグループの中ではじめてウランの核分裂生成物を電場による輸送・引き出し、質量分離することに成功したものであり、約  $25$  年の IGISOL の歴史の中でおおきなブレイクスルーになるとと思われる。