

プログラム名：核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化

PM名：藤田 玲子

プロジェクト名：核反応データ取得及び新核反応制御法

-

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 2 7 年 度

研究開発課題名：

核変換処理のための高効率負ミュオン生成法の研究

－加速/貯蔵 ERIT リング入射系及び標的の開発－ (2)

研究開発機関名：

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

研究開発責任者

金正 倫計

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究プログラムで掲げられた目的・達成目標である LLFP (Pd-107, Cs-135, Se-79, Zr-93) の安定核種への変換と再利用のためのミュオン核変換を実現するための最重要課題である高効率ミュオン生成法についての研究開発を行う。この生成法として、ビーム加速と貯蔵が両立可能なエネルギー回復型内部標的方式を用いたミュオン生成法：MERIT (Meson production Energy Recovery Internal Target) リングの概念検討を行う。本研究開発では、特に J-PARC の荷電変換ビーム入射の経験をもとに、最適で効率の良いビーム入射方法を検討する。また、パイオン・ミュオン生成標的の最大の課題は、放射線及び熱による機械強度の劣化と、陽子と標的との相互作用による標的周辺の機器の放射化である。先に述べた J-PARC の荷電変換ビーム入射では炭素薄膜を使用しているため、この経験を最大限に活用し、パイオン・ミュオン生成標的の工学的評価とその課題に対する解決策を見出す。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

当該年度の当初目標を以下に示す。

- 1) ビーム入射計算コードの整備を行い、FFAG 加速器 (MERIT リング) への入射スキームの基本設計を完遂する。
- 2) MERIT リングのプロトタイプ開発に向け、実施設計を開始させる。
- 3) パイオン・ミュオン生成標的の検討では、まず標的及びその周辺の放射化を定量的に評価するための計算コードの整備を行い、本スキームでの工学的課題を抽出する。

これらの目標に対する達成度を以下に示す。

- 1) 負水素イオンビームの MERIT リングへの入射スキームの基本設計を完遂させた。
具体的には、MERIT リングへビームを効率よく入射する方法を検討するために、既存のビームシミュレーションコード (SAD) を本設計に適合できるコードとして書き換え、負水素イオンビームの荷電変換入射を主入射方法として検討を行った。具体的には、ローレンツストリッピングによるビームロス、強磁場による荷電変換方法の検討、及びビーム入射に用いる荷電変換膜の検討を行い、強磁場と荷電変換膜を併用する新しいビーム入射スキームの基本設計を完遂させた。
- 2) MERIT リングのプロトタイプ開発に向け、実施設計を開始させた。
具体的には、ビーム軌道計算によるビーム光学の基盤設計を基に、MERIT リングのプロトタイプ開発にむけた実施設計を開始した。
- 3) パイオン・ミュオン生成標的の工学的課題を抽出した。
具体的には、京大原子炉実験所での MERIT リングの設計をもとに、パイオン・ミュオン生成標的、及び周辺の機器の放射化に関して、GIANT4、MARS、及び PHITS という計算コードを整備し、発生放射線種、及びターゲット周辺の残留放射線量を計算した。パイオン・ミュオン生成標的に関しては、MERIT リングでパイオン及びミュオンの生成効率が高くなる形状を示した。また、その際の標的周辺の放射線量を評価し、これらの結果を基に、放射線遮蔽の概念検討を実施し、工学

的課題を抽出した。特に、生成されたパイオン及びミュオンを輸送する際に利用する電磁石の設計においては、耐放射線性を考慮する必要があることを示した。

以上のことから、当該年度は当初目標を十分達成した。

2-2 成果

当該年度は、MERIT リングへのビーム入射方式の最適化、及びパイオン・ミュオン生成標的の耐熱、耐放射線等の設計と最適化を実施した。前者に関して、強磁場と荷電変換膜を併用する新しいビーム入射スキームの基本設計を完遂させた。具体的に次に記述する。

MERIT リングは特長として、非常にコンパクトで加速効率の良い加速器である。そのため、加速器を構成する磁場強度が高く、前段加速器からビームを入射する際には、荷電粒子はその影響を強く受け、ビーム入射は困難である。MERIT では陽子（または重陽子）を加速するが、陽子を直接 MERIT に入射すると、MERIT を構成する電磁石、特に偏向電磁石の影響を強く受け、ビーム入射が困難である。J-PARC で採用している荷電変換入射（前段加速器で H ビームを加速し、入射時に荷電変換膜で電子を 2 つ剥ぎ取り H⁺として入射する方法）を採用しても、同様の問題が発生する。この課題に対して、新しい入射スキームを検討した。この方法により、MERIT リングへの効率の良いビーム入射が可能となる。この入射方法での基本設計を完遂した。

2-3 新たな課題など

本研究開発を遂行するにあたり、今年度の研究開発を実施した限りでは、重大な課題は見出されていないが、最も重大な課題は、MERIT リングが世界に存在しないことであり、そのコンセプトの正当性を早期に実験的に示すことが最重要事項だと考える。MERIT リングは、森氏が世界で初めて考案したエネルギー回復内部標的（Energy Recovery Internal Target ; ERIT）が基本コンセプトであるが、ERIT では加速器を行わず、主にビームを蓄積するリングである。一方、MERIT リングは ERIT を発展させ、加速と蓄積の両方を 1 つのリングで行うことを目的としたものであり、世界に未だ存在しない加速器である。この MERIT リングへのビーム入射を実験的に早期に実証することが必要であり、その解決策として、現在存在する ERIT を改造し、ビーム入射方式の開発研究を実験的に実施することを提案する。さらに、ビーム標的の熱的ならびに耐放射線性に関する検討も実験結果を基に進めることで、より詳細な検討を実施することができると思う。

3. アウトリーチ活動報告

当該年度の活動は特になし。