

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 27 年度

研究開発課題名：

低エネルギーR I ビーム開発 (2) RI ビームライン改造、開発および設備に必要と

なるインフラストラクチャーの供給

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者：

吉田 光一

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

当研究開発課題の目標は、理研 R I ビームファクトリーの超伝導 RI ビーム生成装置 BigRIPS から得られる核子あたり 200-250MeV の高速 RI ビームを減速し、20-100 MeV/核子の低速 RI ビームを効率よく生成する手法を開発することである。

上記の目的を達成するために、平成 27 年度は、

- 1) エネルギーデグレーダを用いた RI ビームの減速シミュレーションによる低速 Pd-107、Zr-93、Se-79 ビーム生成の最適化
- 2) 20-100 MeV/核子の低エネルギー RI ビーム、Pd-107、Zr-93、79Se 及びその近傍の核のビームの生成
- 3) 低エネルギー RI ビームを収束させる超伝導電磁石の安定度の向上およびに、ステアリング電磁石の増設による、安定した低エネルギー RI ビームの供給を実施する。

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

低速 LLFP ビーム生成に先立ち、まずは、RI ビーム生成シミュレーションコード LISE++を用いた RI ビーム生成シミュレーションを ^{79}Se 、 $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs の長寿命核分裂生成核 LLFP について行った。RI ビームのエネルギーとしては 200MeV/核子と 100MeV/核子の 2 点について行った。

上記のシミュレーション結果をふまえ、平成 27 年 4 月初旬には、345MeV/核子のエネルギーに加速された ^{238}U ビームから BigRIPS を用いて、核反応断面積測定実験で要求されている $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs の LLFP ビームを 100, 200MeV/核子のエネルギーで生成し、BigRIPS の設定パラメータを取得した。その後、核反応断面積の測定実験をおこなうために、上記の LLFP ビームを順次超前方多機能スペクトロメータ ZeroDegree Spectrometer に総計 12 日にわたり供給した。

平成 27 年 10 月下旬には同じく 345MeV/核子のエネルギーに加速された ^{238}U ビームから、 $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ 、 ^{79}Se ビームを 110 MeV/核子で、また $^{93,94}\text{Zr}$ 、 $^{93,94}\text{Se}$ ビームを 200MeV/核子で生成し、多粒子測定装置 SAMURAI で行う核反応断面積測定実験に 11 日にわたり供給した。

平成 27 年 12 月初めには、上記多粒子測定装置 SAMURAI を使った核反応断面積測定実験に用いられた中性子検出器の検出効率校正のため、110MeV/核子の陽子ビームを ^{48}Ca ビームから生成し、多粒子測定装置 SAMURAI に供給した。

低速 RI ビームラインの安定運用のために、低速 RI ビームラインの超伝導三連四極電磁石用に定電流電源を新たに調達、据付した。電源は他の超伝導三連四極電磁石用のものと機能互換であり、低電流領域での安定度も保証されたものであり、平成 28 年 2 月末に設置することができた。設置した電磁石電源は、低速 RI ビームライン最下流の超伝導三連四極電磁石に接続して使用する予定である。

ステアリング電磁石については、BigRIPS と低速 RI ビームラインの分岐点となる第 6 偏向電磁石 D6 の上流に設置することを念頭に、ステアリング電磁石の概念設計をおこない、ステアリング電磁石を

導入した際の BigRIPS、ZeroDegree、SAMURAI ビームラインへのビーム光学的効果および影響について検討を進めた。

2-2 成果

LISE++を使ったシミュレーションの結果を踏まえ、生成ターゲット、エネルギー減衰板を選定し LLFP ビームの生成と供給を行った。4月の実験では、 $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs の LLFP ビームを 100, 200MeV/核子のエネルギーで生成した。生成したビームの純度は、100MeV/核子の場合、 ^{90}Sr 8%, ^{93}Zr 14%, ^{107}Pd 30%, ^{135}Cs 36%であり、200MeV/核子の場合は ^{93}Zr 9.6%, ^{107}Pd 25%であった。10月の実験では、 $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ 、 ^{79}Se ビームを 110 MeV/核子で、また $^{93,94}\text{Zr}$ 、 $^{93,94}\text{Se}$ ビームを 200MeV/核子で生成、供給した。LLFP ビームの純度は 110MeV/核子の場合、 ^{90}Sr 9%, ^{93}Zr 13%, ^{79}Se 23%であり、200MeV/核子の場合は ^{93}Zr 9%, ^{94}Zr 14%, ^{79}Se 50%であった。

これらの LLFP ビームは純度においては LISE++のシミュレーションよりも劣っていたが、核反応断面積の測定実験が要求するビーム強度、純度などの条件を満たすものであり、測定実験はこれらのビームを用いて滞りなく実施することができた。

超伝導三連四極電磁石用電磁石の電源については、当初予定していた性能を満たすものを調達、設置できた。今後改装をおこなう低速 RI ビームライン最下流の超伝導三連四極電磁石の電源として使用していく。

2-3 新たな課題など

計画で予定していたステアリング電磁石は、導入効果の検討を進めたが、実際の調達には至らなかった。このステアリング電磁石自体は、低速 RI ビームラインに不可欠なものではないため、引き続き導入効果の検討を進めるが、現在の高分解能ビームラインを低速 RI ビームラインに改装することに重点を置き、次年度は、低速 RI ビームラインの改装を優先することとしたい。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。