

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：

最先端研究基盤の利活用・提供

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：

上垣外 修一

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

LLFP ビーム生成と供給

ウランビームを加速し、BigRIPS において核分裂反応を利用して ^{107}Pd , ^{135}Cs , ^{93}Zr 等を分離し LLFP ビームを生成、シミュレーション結果との比較を行うとともに、超前方多機能スペクトロメータ ZeroDegree Spectrometer、多粒子測定装置 SAMURAI でおこなう核反応断面積測定実験に供給する。

高強度ウランビーム安定化・LLFP ビーム長期生成に必要な装置改修

安定した高強度のウランビームが得られるよう、SRC をはじめ必要となる加速器の高安定化、とくに高周波加速装置の制御システムの最適化を行う。また、長期にわたるウランビーム供給の際の荷電変換装置周辺の放射化を抑制すべく、オリフィス径の拡大やトランスポート系の改造、真空ポンプシステムの強化など、ビームラインの開発と整備を行う。

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

LLFP ビーム生成と供給

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。

高強度ウランビーム安定化・LLFP ビーム長期生成に必要な装置改修

RIBF 加速器系全体の保守・改善にとりくみ、また破損した部品の交換を行った。また、ガス荷電変換装置（第一ストリッパー）の中心領域のオリフィス径の拡大を行った。さらに回転板荷電変換装置（第二ストリッパー）の材質を、ベリリウムからより耐熱性の高い炭素に変えた。このような改善および改良を施し、平成 27 年には ^{238}U と ^{48}Ca を予定通り加速し、BigRIPS に供給を行った。

2-2 成果

LLFP ビーム生成と供給

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、別途実施された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された。

高強度ウランビーム安定化・LLFPビーム長期生成に必要な装置改修

今年度の大きな成果の一つは、昨年度から試験してきた炭素膜を第二荷電変換装置に導入したことである。この炭素膜は高配向性の新素材を用いているため熱伝導率が極めて高く、また厚さも一様で、 1.4×10^{18} 個のウランイオンを照射しても殆ど劣化が見られなかった（昨年度まで使用してきたベリリウム膜は、 10^{18} 個以上のウランイオンに耐えられなかった）。

昨年度末に第一荷電変換装置のオリフィス径の拡大を行ったところ、放射化のリスクは提言されたものの、オリフィスからのガス流出量が予想以上に大きくなり、その結果周囲の真空度の悪化とヘリウムガス改修効率の低下を招いてしまった。ガスの流体シミュレーションによって状況を分析し、ヘリウムガスの流出を食い止めることに成功した。

このほか、多数の改善や保守作業を行った結果、SRCから供給されるウランビームの強度は49 pAに達し、過去最高値を更新した。ビームパワーは4 kWである。これだけの高強度にもかかわらず目立った故障はいまのところ起きておらず、安定にBigRIPSにビームを供給している。

2-3 新たな課題など

高強度ウランビーム安定化・LLFPビーム長期生成に必要な装置改修

上で述べたように安定なビーム供給を行っているが、第二荷電変換装置の下流側が強く放射化することが判明した。このため下流側のビームダクト系を大きくする改造を施している。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。