

平成 27 年 3 月 31 日

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 6 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：

独立行政法人理化学研究所

研究開発責任者

上垣外 修一

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 ビーム生成シミュレーション・生成の最適化と供給

RI ビーム生成シミュレーションコードを用いて LLFP ビームの生成シミュレーションを行い、ビームの純度を主点に BigRIPS の設定パラメータの最適化を行う。シミュレーションの結果を踏まえ、平成 26 年度末から平成 27 年度初めに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 107Pd、135Cs、93Zr 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 ビーム生成シミュレーション・生成の最適化と供給

LISE++を使った RI ビーム生成シミュレーションにより、LLFP ビーム生成に使う生成ターゲット、エネルギー減衰板の厚さを決定、ビーム診断用検出器とあわせて BigRIPS に設置した。

平成 27 年 3 月中旬から RIBF で 238U ビームの加速が開始された。BigRIPS では、実験から要求されている 90Sr/93Zr、107Pd、135Cs 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にむけて、上記の LLFP ビームを順次供給した。

LLFP ビームを供給中も、BigRIPS および超前方多機能スペクトロメータに配置された検出器群を充分実験に供与できるレベルに維持監視し、適宜交換作業等も行った。

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

加速器系の保守・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）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）の材質を、ベリリウムからより耐熱性の高い炭素に変え、現在試験運用中である。このような改善および改良を施し、平成 27 年 3 月中旬よりウランビーム加速を開始し、BigRIPS に供給を行っている。

2-2 成果

LLFP ビーム生成シミュレーション・生成の最適化と供給

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、90Sr/93Zr、107Pd、135Cs 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/核子の場合には ^{93}Zr 9.6%、 ^{107}Pd 25%であった。

基本的に BigRIPS での LLFP 領域での分離は、2 次ビーム核種の発生量が充分であることからスリットを純度向上のために最適化でき、その結果同中性子体に限ることが可能であることが分かった。このうち、 ^{107}Pd と ^{135}Cs の 100MeV/核子は 1 種類の同中性子体に最適化させてビーム供給した。一方で、 $^{90}\text{Sr}/^{93}\text{Zr}$ の 100 MeV/核子は人為的に 2 種類の同中性子体を選ぶことにより、LLFP として興味のある核種を同時に計測することが可能となった。 $^{93}/^{94}\text{Zr}$ および $^{107}/^{108}\text{Pd}$ の 200 MeV/核子の設定も同様である。これらの 2 次ビーム生成は LISE++ を使った計算結果と基本的に傾向は合致するが、純度の絶対値については必ずしも予想値とは一致せず、基本的に実際の純度は計算のそれより低いことも分かった。この傾向については原因は必ずしも追求されていないが、今後は純度についても予想能力を上げられるようにしたい。

生成した LLFP ビームは核反応断面積の測定実験に供給した。実験に必要な十分な質の LLFP ビームが供給できた。

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

上記の改善と保守および通過効率の向上に取り組んだ結果、SRC から供給されるウランビームの強度は 30 pA を超え、過去最高値を更新した。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

LLFP ビーム生成シミュレーション・生成の最適化と供給

LLFP ビームの生成結果とシミュレーションとの詳細な比較をこれから行う。LLFP 領域では 2 次ビームの生成量が充分なので、運動量分散焦点面に配置された、運動量を選択できるスリットでほぼ一定の運動量に制限することが可能であった。一方生成量が充分でない核種においては、BigRIPS の輸送光学系における運動量分散に起因する高次項が効いてくるため、これらを制御する必要が生じる。これらについても定量的なデータを取得し、将来的には予言的に(ビームタイムを過度に消費することなく)高次エレメントを制御できるようにしておく必要がある。

LLFP 核種は充分重い重イオンで比較的強度の高い 2 次ビームとして BigRIPS を通過するため、ビームラインに配置された、プラスチックおよびガス検出器を劣化させる。これまででもそれらの兆候は知られていたが、今回もビームによるダメージが大きかった。固体検出器は時間とともに劣化するのに対し、ガス検出器(PPAC)では劣化が突如として発生する現象があり、その劣化のトリガーとなるメカニズムが解明されていない。その対策を考える必要がある。

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

ガス荷電変換装置(第一ストリッパ)の中心領域のオリフィス径の拡大を行った結果、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た。また、差動排気に用いている真空ポンプの性能がほぼ限界に達しており、荷電変換に最適なヘリウム圧に届いて

いない。ガスの流体シミュレーションによって状況を分析するとともに、更なる真空ポンプの増強を検討し、より高いビーム強度を目指す。

3 . アウトリーチ活動報告

特になし。