

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 29 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 (H26. 10. 2～H28. 8. 31 まで)

炭竈聡之 (H28. 9. 1 以降)

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

目標は理研 RI 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 200 から 250 MeV/u の高速 RI ビームを減速し 20 - 50 MeV/u の低速 RI ビームを効率よく生成する手法を開発し、長寿命核分裂生成物(LLFP)の核反応断面積測定の実験に供給する事である。

(1) 実験に最適な LLFP ビーム供給。

約 20 MeV/u のエネルギーでの断面積測定では、高エネルギーでの測定より標的厚が薄くなり測定時間が増加するため、測定対象 LLFP ビームの強度が要求される。生成する RI ビーム全体のビーム強度をビームライン検出器の許容範囲に収める必要があることを考慮すると、全 RI ビームに対する LLFP の純度の向上が要求される。当該年度では、LLFP ビームの強度と純度を両立させたビームを開発し、断面積測定の実験に供給する。

(2) 20 MeV/u のビームエネルギーにおける 2 次反応生成物同定法の概念設計。

50 MeV/u のビームエネルギーでの 2 次反応生成物同定として、電離箱でビームを停止させる手法を提案し実証した。当該年度において、20 MeV/u のエネルギーでの反応性生物同定法を検討し概念設計を行う。

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

(1) 実験に最適な LLFP ビーム供給

昨年度末に完成した低速 RI ビームライン(OEDO)のコミッションング実験を 2017 年 6 月に実施した。RI ビームの分離能力を向上させて高純度ビームを生成するため、RI ビーム分離生成装置の高分解能モードを開発しテストした。

2017 年 10 月に高純度ビームを目的とした高次収差補正のテストを実施して収量と純度を両立させた 2 次ビームを生成し、断面積測定に最適な LLFP ビームを供給した。

(2) 20 MeV/u のビームエネルギーにおける 2 次反応生成物同定法の概念設計。

2017 年 6 月のコミッションング実験に先立ち、20 MeV/u 周辺のエネルギーでの検出器内でのエネルギー損失の検討と 2 次生成物同定法の概念設計を行った。

2-2 成果

(1) 実験に最適な LLFP ビーム供給

● ^{79}Se ビームを用いたビームの純度

コミッションング実験において、 ^{79}Se のビームを生成したところ純度は 11%と予想より低かった。ウランビームを用いた RI ビーム生成の反応理論と使用パラメータは中性子がより過剰な領域を再現するように構築されているため、安定核近傍の LLFP ビームの予測精度は良くないことがわかった。LLFP ビームは広い運動量 (エネルギー) 分布を持つため、運動量の選択範囲を変えることができる。運動量を変えれば、純度が向上することがわかった。一方で、20 MeV/u の実験を行うには 2 次反応標的でのエネルギーを要求値に合わせなくてはならないため、上流

のエネルギー変化分に応じて途中のエネルギー減速板の厚さを調整できるように準備する必要があることがわかった。

- RI ビーム分離生成装置 (BigRIPS) の高分解能モード

運動量分解能を約 1.6 倍に上げたイオン光学モードを生成しテストした。ビームの角度分布が狭い場合に分解能は向上したが、高次収差の影響が大きいいため変化があまりなく高次収差の重要性が明らかになった。

- 高次収差補正

高次収差を減らすための 6 極電磁石は、中心軌道を通るビームだけを考慮して調整されてきた。高純度ビームを実現するには、中心軌道を通る LLFP ビームはもちろんの事、スリットに当てて取り除くべき RI ビームの方も高次収差を減らす必要がある。両方の高次収差を減らすように 6 極電磁石を調整して高純度が達成できることを実証した。

- 実験に最適化した LLFP ビームの供給

上記の手法を用いて最適化したビームを供給した。

(2) 20 MeV/u のビームエネルギーにおける 2 次反応生成物同定法の概念設計。

50 MeV/u から 20 MeV/u にエネルギーを下げた場合、ビームが止まるまでの飛程が短くなる。それに対応するため、プラスチック検出器を取り除くなどして最低限の物質質量にすれば同定できることがわかった。シミュレーションに基づき電離箱サイズや信号読み出し電極のサイズなどの概念設計を行った。

2-3 新たな課題など

ビームのエネルギーを決めるために、磁気剛性(ビームの磁場中での曲がりやすさの指標)を測定しているが、イオンの電荷 Q によっても磁気剛性は変化するため、 Q の同定も同時に必要である。高いエネルギー(100 MeV/u 以上)では、 $Q = Z$ (陽子数) が最も多いので同定は簡単である一方、RI ビームのエネルギーが下がってくると、 Q が分布を持つため難しくなってくる。そのために、柔軟な解析が可能なオフライン (実験後) 用プログラムをオンライン (実験中) に用いて Q を同定してエネルギー測定をしていたが、高度な解析になればなるほどプログラムの開発者しか使用できなくなった。そこでオンラインに簡便に使用できる GUI ベースの解析ソフト開発を行った。簡単な解析を実行してグラフを表示するところまで完成した。このプログラムが完成すれば、開発者以外でも素早くビームエネルギーの測定が可能になると見込んでいる。

3. アウトリーチ活動報告

なし。