

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：

中性子ノックアウト反応

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：

大津 秀暁

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

- 1) 原子核反応を用いた核変換反応として、 $(n,2n)$ 反応の系統的データ取得を行う。具体的には理研・RI ビームファクトリー (RIBF) に於いて、長寿命核分裂生成物の RI ビームと陽子標的との $(p,xn),(p,pxn)$ 中性子放出反応をはじめ、重陽子標的との中性子放出反応を、逆運動学の手法を用いて断面積測定する。入射 RI ビームのエネルギーとしては直接反応過程が支配的である 100MeV/u 領域から開始する。測定は、RIBF の基幹実験装置であるインフライトセパレータ BigRIPS で RI ビームを生成選択し、標的との反応生成物を ZeroDegree スペクトロメータを用いて粒子識別する。必要とされる分解能に応じて SAMURAI スペクトロメータも用いる。
- 2) これらの測定は、中性子破碎反応のグループと協調して、同じセットアップで取得できるように実験セットアップを構築する。取得したデータは共有する。
- 3) 測定データを $(n,2n)$ 反応に焼きなおすために、PJ3 グループと協調し、 $(n,2n)$ 反応を合理的に記述する手法を開発する。
- 4) 上記目標のために、長寿命核分裂生成物の RI ビーム (^{79}Se , ^{107}Pd , $^{135,137}\text{Cs}$, ^{93}Zr , 可能なら ^{90}Sr) と陽子及び重陽子標的との中性子放出反応を 100 MeV/u の領域で行い、既存の理論モデルでその解析を行う。

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

H27 年度は、LLFP を用いた逆運動学での断面積測定の実験を前期および後期に一度ずつ行った。前期には、対象 LLFP のうち、 $^{107,108}\text{Pd}$, ^{135}Cs , $^{93}\text{Zr}/^{90}\text{Sr}$ を二次ビームとして供給した。二次ビームのエネルギーは核子当たり 100 MeV および 200 MeV であった。反応標的として CH₂/CD₂ および C に照射し、残留核を ZeroDegree スペクトロメータで分析し、粒子識別した。それぞれの残留核の計数から、H/D/C について反応断面積を得た。後期には、対象 LLFP のうち、 ^{93}Zr , ^{79}Se を、110 MeV/u および 200 MeV/u で供給した、反応標的として、液体水素、および液体重水素、(および空セルによる Empty)に照射し、残留核を SAMURAI スペクトロメータで分析した。残留核と同時に放出される軽粒子との同時計測も行った。それぞれの残留核の計数から、反応断面積を得る。

得られた反応断面積データは、随時 PJ3 のメンバーに供給し、PHITS を始め核反応を記述するフレームワークに対して修正をはかる作業に利用された。

2-2 成果

逆運動学の測定により、前期の Zero Degree を用いた実験で H/D に対する反応断面積が得られた。同様にして、 ^{107}Pd のエネルギー 200 MeV/u, $^{93}\text{Zr}/^{90}\text{Sr}$ のエネルギー 100 MeV/u 及び 200 MeV/u のデータについては、九州大学のグループと共同で解析を進めており、H27 年度中に数値データを得た。一方、 ^{135}Cs に対するエネルギー 100 MeV/u のデータは、2 次ビームの同定は十分な分解能で得られたものの、残留核の測定では、荷電分布変化 (標的他の物質による電子のやりとり) の自由度が大きく、解析が困難している。

後期に SAMURAI で取得した ^{79}Se のデータについては、順次解析を開始している。

2-3 新たな課題など

$Z < 46$ までの LLFP については、エネルギー 100 MeV/u の 2 次ビームを用いた測定により、評価に値する断面積の値を提供することが可能となった。一方で、それよりも原子番号の大きな核種においては、荷電状態変化の自由度が大きく、この自由度をモデル的にも実際の測定についても制御する必要があることが分かった。 ^{135}Cs や、次年度に取得する予定の ^{126}Sn 等の核種では、現在の ZeroDegree のイオン光学と検出器デバイスの組み合わせだと、効率よくデータ取得することが必ずしも保証されていないため、測定方法の改良が必要である。

また、 $Z < 46$ の核種においても、 50 MeV/u 程度など、より低い入射エネルギーでの実験では、同様のことに留意して実験装置を準備する必要があることがわかった。

3. アウトリーチ活動報告

日本原子力学会(2016 春、仙台)にてブース出展をし、本課題で得られたデータを展示した。