

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 28 年度

研究開発課題名：

負ミュオン捕獲反応

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：

松崎禎市郎

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

負ミュオンは核変換誘発粒子として有望視されているものの、原子核捕獲反応後の生成核種とその生成確率に関する実験データに乏しく、核変換経路をデザインすることができない。この状況を打破するために、負ミュオン原子核捕獲反応データを取得し、この実験データを理論予想と比較して、理論基盤を確立し、核変換経路の定量的議論ができるようにする。PMの掲げる核廃棄物の資源化にとって重要となる核種として ^{107}Pd などに注目し、この原子核の周辺の安定核標的を利用して基礎データを取得する。

平成28年度は、 ^{107}Pd の周囲の安定Pd原子核($^{104,105,106,108,110}\text{Pd}$)を対象とするミュオン原子核捕獲実験を開始して基礎実験データを取得する。パルス状ミュオンビームを発生する英国理研-RAL施設とJ-PARC MLF施設においては「ミュオン放射化法」実験を実施し、直流状ミュオンビームを発生する大阪大学核物理研究センター(RCNP)の実験施設においては「ミュオンインビーム法」実験を実施する。

各実験施設の実験課題採択委員会にそれぞれの実験課題申請書を提出して審査を受ける。実験実施が可能となった施設でPd原子核のミュオン原子核捕獲実験を開始し、できるだけ早くデータ解析を進める。また、負ミュオン原子核捕獲実験に必要な基盤設備、検出器群、電子回路系、データ取得システムの技術検討や構築を進め実験準備を完了する。

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

RCNPの実験課題採択委員会において「ミュオンインビーム法」実験が承認された。

J-PARC MLF施設と英国理研-RAL施設の実験課題採択委員会において「ミュオン放射化法」実験が承認された。

平成28年度はRCNPのミュオン施設で「ミュオンインビーム法」実験を2回実施した。

J-PARC MLF施設と英国理研-RAL施設で承認された「ミュオン放射化法」実験は平成29年度に実施することとなった。

平成28年度後期のRCNP実験課題採択委員会に、 $^{104,105,106,110}\text{Pd}$ の4種類の標的を対象とする「ミュオンインビーム法」実験の実験課題申請書を提出した。

2-2 成果

平成28年度始めに、同位体濃縮した5種類のPd標的を用いてRCNPの直流状ミュオン施設で $^{104,105,106,108,110}\text{Pd}(\mu^-, \text{xn } \nu)$ Rh反応にともなうガンマ線をミュオンインビーム法で測定した。ミュオン原子核捕獲反応で生成されるガンマ線を同定し、ミュオン原子核捕獲反応によりPdがRhに原子核変換

したことを確認した。また、実験の副産物として、 $^{104,105,106,108,110}\text{Pd}$ からのミュオン原子 X 線を計測し、ミュオン原子 K-X 線エネルギーの質量依存性を測定することができた。

平成 28 年度末に、RCNP の直流状ミュオン施設で ^{108}Pd 標的をとして $^{108}\text{Pd} (\mu^-, xn \nu)^{108-x}\text{Rh}$ 反応にともなう反応中性子の多重度（反応分岐比に相当）を直接測定する実験を実施した。現在、 ^{108}Pd の反応分岐比を確定するために実験データ解析が進行中である。この実験では中性子検出器（液体シンチレーション検出器）21 台、ゲルマニウムガンマ線検出器 2 台、 BaF_2 ガンマ線検出器 7 台を共通実験架台に装備するスペクトロメータを製作した。ゲルマニウム検出器の周囲には放射線シールドを設置し、ガンマ線バックグラウンドを低減させた。全ての検出器からの出力信号は 500 MHz のフラッシュ ACD に送り、事象ごとに全てのデータを取得する方式を確立した。実験事象を取り込むトリガー信号を得るために、入射するミュオンビームの検出器を新規に製作した。この実験では RCNP のミュオン施設への入射する陽子ビーム強度が 1.1 マイクロアンペアに増強されたので、Pd 標的に静止するミュオン個数が以前の実験と比べて約 25 倍に増加した。そして、ミュオンビームラインやスペクトロメータ周囲の放射線シールドを強化したので放射線バックグラウンドが低くなり、S/N 比（信号とノイズ信号との比）が改善された良質のミュオン実験が実施できた。

J-PARC MLF 施設と英国理研-RAL 施設の課題採択委員会で承認された $^{104,105,106,108,110}\text{Pd}$ の 5 種類の標的を対象とする「ミュオン放射化法」実験は、英国理研-RAL 施設での実験は平成 29 年 9 月、そして、J-PARC MLF 施設での実験は平成 29 年 11 月に実施する予定となった。

2-3 新たな課題など

平成 29 年度は、 ^{107}Pd を 15.3% 含有する Pd 標的のミュオン放射化法実験を J-PARC MLF 実験施設で計画し、その実験課題申請書を J-PARC MLF 実験課題採択委員会に提出し、可能な限り早期の実験実施を目指す。放射性の ^{107}Pd を含む標的を使用する実験となるので、安全面での技術的検討を J-PARC MLF 施設の担当者と早急に開始する。

RCNP のミュオン施設においては、 $^{104,105,106,110}\text{Pd}$ の 4 種類の Pd 標的を対象とするミュオンインビーム法の反応中性子測定実験を実施し、Pd 同位体原子核の中性子の多重度を決定する。今年度中に実験データ取得とその解析の完了を目指す。

3. アウトリーチ活動報告

日本原子力学会誌 10 月号 (Vol. 58 No. 10 (2016) P. 612) にミュオン原子核捕獲反応による核変換に関する解説記事を掲載した。