

プログラム名：核変換による高レベル放射能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：核反応モデルとシミュレーション

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

核反応シミュレーション

研究開発機関名：

一般財団法人高度情報科学技術研究機構

研究開発責任者

仁井田 浩二

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

本研究開発の目的は、核反応モデルをシミュレーションに取り入れ、分離された高レベル放射性廃棄物の核変換シミュレーションを行い、核変換率、熱除去等の工学的な検討を行うためのソフトウェアを開発し、それを用いて対象核種についてバルクでのシミュレーションを行い、核変換率、発熱率、放射線損傷等の核変換システムの評価やプロセス概念の構築に必要なデータを取得することである。平成29年度の研究開発の目標は次の3点である。

1. 新しい核変換パスのシステム最適化

昨年まで検討した変換パスを実現するための現実的なシステムへの基礎特性評価として、特に、**Pd-107**、**Zr-93**、**Cs-135**、**Se-79**の変換システム（偶奇分離組成とその組み合わせ想定を含む）、について、入射粒子のエネルギーや強度、標的や周辺部の構成等の最適化シミュレーションを行い、プロジェクト4にフィードバックする。

2. 核変換モデル、シミュレーションの整備

プロジェクト3で開発された、核反応標準モデル、微細な核構造を取り入れた核反応モデル、コンパイルされた評価核データ等の新しい知見と、これらを利用可能としたバルクのシミュレーションコードをまとめて、核変換の基盤技術として整備する。

また、来年度予定のとりまとめ作業内容とその規模について計画案を具体化して提示する。

3. 核変換実証実験の事前解析とベンチマーク解析データ作成

プロジェクト2で行われる「核変換実証試験」のコードテストを事前解析し、安定同位体インプランテーションや照射試験体系設定などの試験条件や照射後分析項目・精度へフィードバックする。また、ホットテストを事前解析し、安定同位体インプランテーションや照射試験体系設定などの試験条件や照射後分析項目・精度へフィードバックする。また、これらの試験解析体系・データをベンチマーク解析データとして作成する。

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

本年度の3つの目標に対して、ほぼ計画通りに研究開発が行われた。具体的には、現実的な変換システムで重要になる標的の発熱処理、材料の損傷、生成放射化物等の評価を行い、プロジェクト4にフィードバックした。シミュレーション技術の整備では、本年度プロジェクト3で開発された核データ **ImPACT/LLFP-2018**、また、プロジェクト2の理研で測定された実験データ等を **PHITS** コードで直接利用できるように **PHITS** の改良を行った。プロジェクト2で行われる「核変換実証試験」の事前解析を予定通り行うことができた。

2-2 成果

昨年まで解析した加速荷電粒子による **LLFP** の核変換の基礎特性を基に、本年度は現実的な変換システムで重要になる標的の発熱処理、材料の損傷、生成放射化物等の評価を行った。特に発熱に関しては、発熱を抑える形状の検討、直接ビームの当たる面に **Li** を配置するシステム等の検討を行った。具体的には、ビーム照射面をコーン状にして、ビームの標的に当たる面積を拡大し、発熱密度を低減する

方法を検証した。以下の図には、500KgのPd標的に重陽子入射の場合、コーンの入口の半径を10cm、ビーム半径を10cmとして、(1)コーンなしの場合、(2)コーン有、(3)コーンの表面に1cm厚さのLiを配置した場合、また、(4)コーンなしでビーム半径を20cmした場合、これらの発熱分布と、200W/ccの発熱条件を満たすように最大電流で変換した場合の年間変換量の結果を示した。

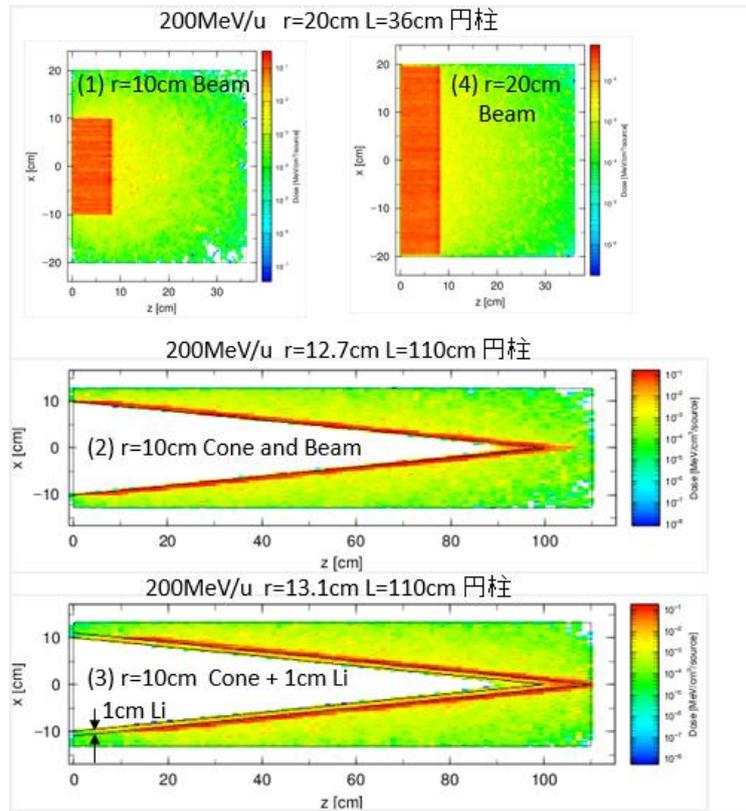


図 1 500Kg Pd 標的、コーン状の照射面による発熱対策、4 ケースの場合の発熱分布

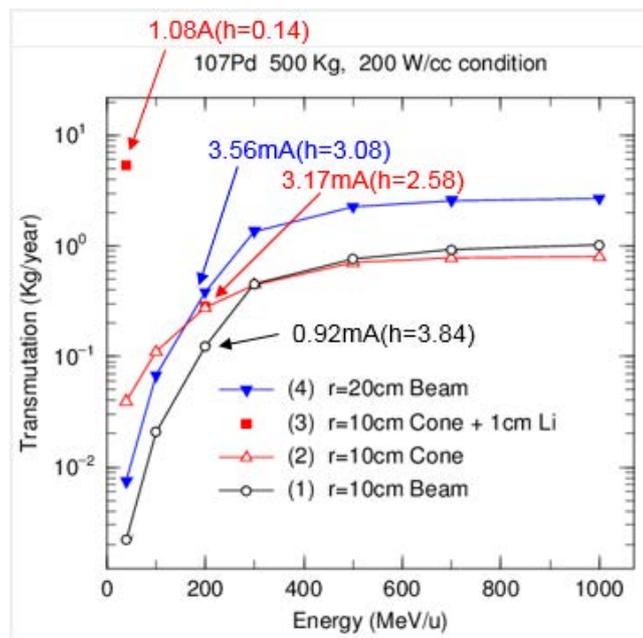


図 2 500Kg Pd 標的、コーン状の照射面による発熱対策、4 ケースの場合の年間変換量、矢印のところに示した変換率と最大電流を示した。

シミュレーション技術の整備では、プロジェクト3で開発された核データ ImPACT/LLFP-2018 を PHITS で利用できるように、高エネルギー核データの利用の際のイベントモードの上限のパラメータを導入した。また、プロジェクト2の理研で測定された実験データ、また、ImPACT/LLFP-2018 の核データに収納されている生成核種断面積を PHITS コードで利用できるように、新しい生成核種断面積フォーマットを策定し、PHITS コードの Yield タリーに $ndata=2$, $ndata=3$ のパラメータを追加し、これらのデータを用いることを可能とした。この結果、巨視的体系での生成核種断面積の計算精度は、核反応モデルを用いた計算に比較して格段に向上した。プロジェクト2で行われる「核変換実証試験」のコードテストを PHITS によるシミュレーションによって事前解析し、安定同位体インプラネーションや照射試験体系設定などの試験条件や照射後分析項目・精度へのフィードバックを行った。また、ホットテストについても PHITS によるシミュレーションを行い、 ^{107}Pd インプラネーションや照射試験体系設定などの試験条件や照射後分析項目・精度へのフィードバックを行った。

2-3 新たな課題など

特に無し。

3. アウトリーチ活動報告

特に無し。