

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：

「新しい核反応制御法の開発」

一 重水炉と冷中性子を用いた新核変換法 (2) 一

研究開発機関名：

東北大学

研究開発責任者

高橋 信

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

今年度における研究目標は、重水炉と冷中性子を用い、対象 4 核種の効率的な核変換を達成するため、MVP-2.0を用いたフィージビリティ・スタディにより、CANDU 炉内の核変換ターゲットの配置（原子炉の中心、周辺等）や冷中性子の温度といった「原子炉に係るパラメータ」を変化させて、最も高い核変換率が達成する条件を明らかにすることである。

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

具体的な解析を行うための準備として、最初に冷中性子の核データ整備状況、LLFP ターゲットの化学形態や物性値等についての調査・検討を行った。

効率的な核変換のためには捕獲反応率を増加させなければならないが、このための基本的な考え方としては、中性子束レベルの向上と中性子捕獲断面積の増大が有効である。この 2 点を達成するため、本検討では、被覆粒子燃料を用いた燃料の希釈および重水氷を減速材として用いた冷中性子化により、高中性子束化、中性子捕獲断面積の増大を狙った。加えて、核変換ターゲットの炉内装荷位置や、核変換ターゲット形状の工夫を検討し、より効率的な核変換を目指した。

2-2 成果

圧力管型重水炉を用いた 4LLFP 核種の核変換特性について、炉内の核変換ターゲットの配置（原子炉の中心、周辺等）について検討した結果、図 1 に示す通り炉心中心や中心付近装荷は中性子束が高く、かつ重水氷中心付近では冷中性子化が促進され変換率に優れるものの、要求される LLFP 装荷量ひいては LLFP 変換量を達成するには炉心中心/付近部のみでは装荷量が不十分であり、炉心径方向および水平方向の炉心周辺部を除く炉心全体に LLFP を分散配置する装荷方法（図 2）が望ましいことが分かった。

さらに、LLFP の形状やサイズについて、中性子を冷却する重水氷タンクの直径や数を考慮して検討した結果、サポートファクター(SF)>1 を十分に達成しながら高い核変換率を得るには、LLFP を重水氷の中心近くに配置しながらも自己遮蔽効果を抑制できる円環形状の LLFP ターゲットが望ましい結果を得た。なお、Se-79 については元素全体の生成量が少なくターゲット寸法も小さいため、もともと自己遮蔽効果を小さい。よって製造性の観点からも棒形状ターゲットが現実的と考えられる。

連続エネルギーモンテカルロ計算コード MVP で現在使用可能な核データライブラリには制約があり、重水素に関する散乱則データとしては 296K における重水素中の重水素散乱則データ、19K におけるオルソ重水素、パラ重水素の 3 つが利用できる。よって現在評価可能な温度の下限は液体水素温度(約 20K)であり、この下限温度で核変換特性評価を行った結果、核変換ターゲットを重水 (343K) から重水氷 (20K) で囲み冷却することにより、中性子捕獲断面積増大効果は<2 倍程度となる結果を得た。

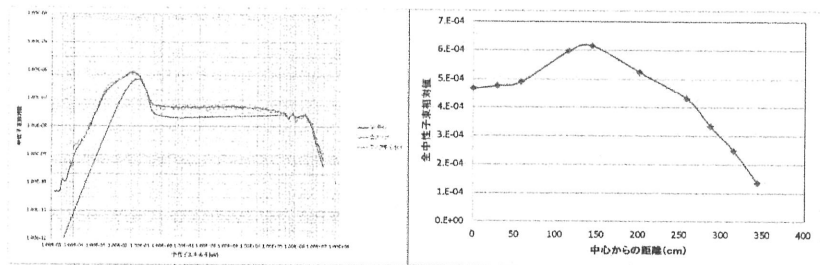


図1 CANDU 炉各部の中性子束スペクトルと中性子束分布

(左図は重水素タンク半径 5 cm ケースでのスペクトル、右図は重水素タンク無しでの中性子束分布を示す)

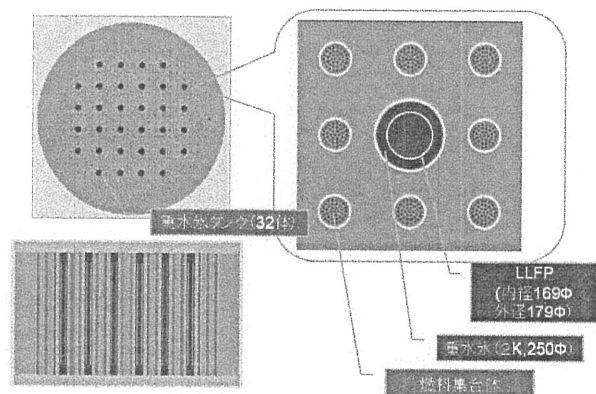


図2 25cmφ重水素タンク 32 体配置 CANDU 炉心+円環 LLFP モデル

2-3 新たな課題など

現在可能な核変換率評価法では、核データライブラリの制約から 20K 以下の温度評価を実施できない。また本評価では LLFP ターゲットの極低温冷却機構等を考慮していない。極低温下にある LLFP の冷中性子による核変換現象の解析には、核データと評価モデルについて検討が必要である。

3. アウトリーチ活動報告

なし。