

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」

— 重水炉と冷中性子を用いた新核変換法 (1) —

研究開発機関名：

東京都市大学

研究開発責任者

高木 直行

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、核変換ターゲットの組成、構造、形状、寸法、温度といった「照射ターゲットや炉心環境に係るパラメータ」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。

CANDU 炉を用いた対象 4 核種の核変換率を、原子炉の構造や核変換ターゲットの形状等を忠実に模擬可能なモンテカルロ計算コード MVP-2.0 を用いて、解析を行う。具体的には、課題である中性子束レベルの向上・冷中性子化による核反応断面積の増大の実現に向け、炉物理・炉工学的な観点から、核変換ターゲットの組成・構造・形状・寸法・温度等や炉心仕様といった照射ターゲットや炉心環境に係るパラメータを変化させて、高い核変換率が達成できる条件を明らかにする。

また、Cs, Pd, Se, Zr の元素分離の限界、同位体分離の必要な核種を明らかにし、核変換シナリオを検討する。

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

具体的な解析を行うための準備として、最初に参照炉心仕様の決定や計算条件の検討、前提条件の設定等について検討を行った。

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

核変換率を定める主要パラメータである中性子束レベルの向上策として、ペレット燃料から被覆粒子希釈燃料（核分裂性物質や親物質を希釈化した被覆粒子燃料）へ置換を検討した。結果として中性子束は最大で 2 倍程度増大した。もう一つの主要パラメータである中性子捕獲断面積を改善するため、核変換ターゲット周囲の減速材を重水（343K）から重水氷（20K）へ置換した結果、室温付近にあった熱中性子は冷中性子化され、中性子捕獲断面積が 1.5 倍～2 倍程度増加した。

LLFP ターゲットは燃料圧力管と同サイズとし、重水氷中での中性子の冷却と自己遮蔽効果最小化の観点から円環形状とした。

4LLFP の核変換特性評価結果を表 1 に示す。Se-79 の変換は最も容易であり、半減時間は 0.5 年である。また、偶奇分離は不要であり、逆効果となることがわかった。次いで変換効率が高い核種は Zr-93、Pd-107 である。半減時間はそれぞれ 16 年、9 年となった。これらには偶奇分離法が有効であった。Cs-135 の変換が最も困難であり、半減時間は 31 年である。Cs-134 からのビルドアップの回避のための照射冷却法は非常に有効な手段であることが分かった（図 1）。

照射冷却法を適用した Cs 核変換シナリオを検討した結果、使用済み燃料再処理能力 800tonHM/y を持つ六ヶ所再処理工場から排出される Cs 元素全量 (2.8ton/y) を冷中性子 Cs ターゲット CANDU 炉で変換する場合、約 100 年をかけて CANDU 炉基数を約 20 基とすることにより、Cs 生成と変換がバランスする平衡状態に達する結果を得た。

表 1 各 LLFP 核種の核変換率解析結果のまとめ (20K 重水氷減速材使用時)

		Se-79		Zr-93		Pd-107		Cs-135	
		有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し
偶奇分離の適用 (Cs は照射冷却)	-	有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し
50%変換時間	年	0.8	0.5	16	20	9	12	31	44
年平均変換率	%/年	-	70	3.1	-	5.6	-	1.6	-
サポートファクター	-	-	>10 ³	3.3	-	2.9	-	1.5	-

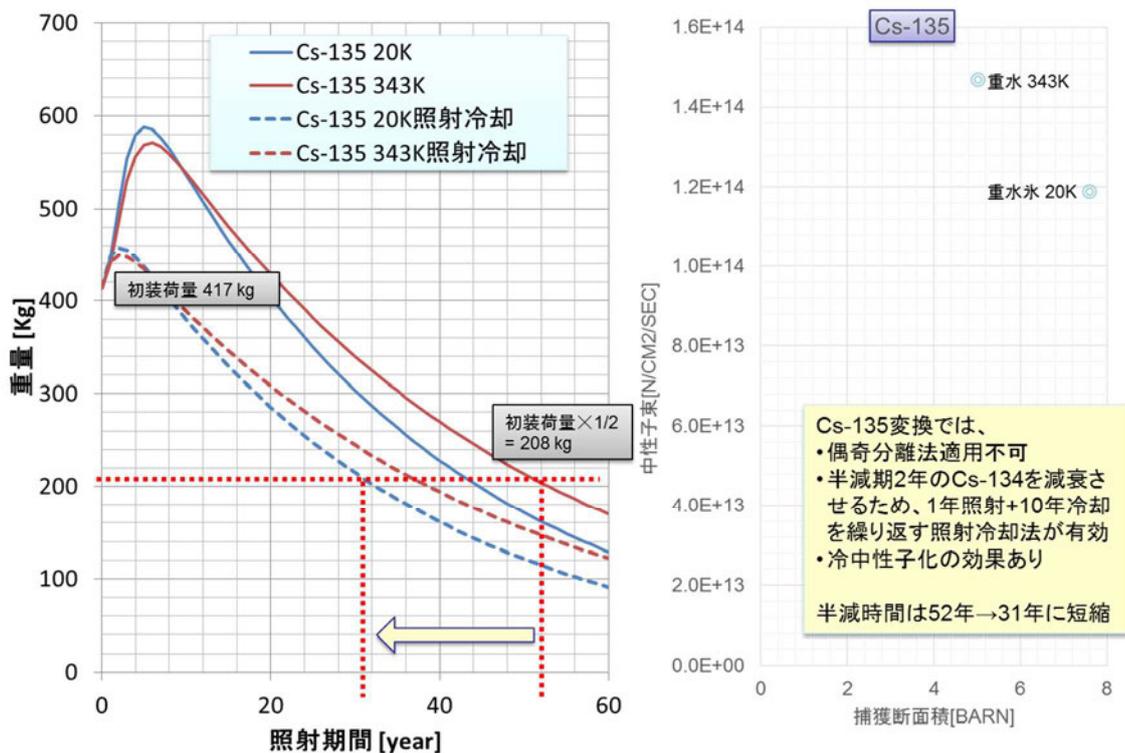


図 1 Cs-135 の照射期間に対する重量の推移とその比較 (左図)、および各ケースにおける捕獲断面積および中性子束 (右図)

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。