

塩化物溶融塩高速炉のフィージビリティ研究 (IV)

(4) 廃棄物処分方法の検討

Feasibility Study of Integral Molten Chloride Salt Fast Reactor (IV)

(4) Consideration of waste disposal methods

*中瀬 正彦¹

¹東工大

塩化物溶融塩高速炉 Integral Molten Salt Fast Reactor (IMSFR) システムから発生する廃棄物とその処分方法について文献調査をベースに検討を行い、関連する技術の特徴や課題を検討した。

キーワード： 溶融塩高速炉、第4世代原子炉、塩化物燃料、固有の安全性、TRU 燃焼、乾式再処理

1. 緒言 世界的には塩化物溶融塩高速炉は主流の一つたり得る炉心として研究開発が盛んである。その導入には、炉心、再処理、廃棄物、処分等のシステムを結節させた検討が重要である。IMSFR は乾式再処理が適しており、溶融塩からの脱ハロゲン化、Cl 同位体の回収工程など従来のサイクルとは異なる工程が必要となる。近年革新炉からの廃棄物研究の機運が高まり、多数の論文報告が近年みられる。本研究では文献調査により、IMSFR のバックエンドの適用性と課題を検討した。

2. 廃棄物の分類 廃棄物は既往のサイクル事業では高レベル放射性廃棄物、低レベル放射性廃棄物、クリアランスレベル以下の廃棄物等が発生し、更に放射能レベルが比較的高い物、比較的低い物、極めて低い物、超ウラン元素を含む物、ウラン廃棄物等に分類される。IMSFR では溶融塩由来の廃棄物が発生する。Cs 等の FP はゼオライトでの除去可能だが、繰り返し利用後は廃棄物となる。また、FP ガス除去系から I の廃棄物が発生する。溶融塩中に蓄積する除去が難しい核分裂生成物は電解効率を悪化させるため廃棄が必要となる。以上を勘案すれば、湿式再処理サイクルからの廃棄物との違いは、溶融塩由来の廃棄物と考えられる。

3. 廃棄体 報告されている乾式再処理系の廃棄体としては、ガラス(glass bonded zeolite (GBZ)、glass bonded sodalite (GBS))、セラミクス(Apatite、Perovskite、Phosphate、Nesosilicate、Cancrinite、Titanate)などが挙げられる。溶融塩由来の廃棄物としては、脱ハロゲン化が重要であることが分かった。従来のホウケイ酸ガラスでは、ハロゲンの溶解度が低いため除去が必要である。一方で除去した ³⁷Cl の溶融塩燃料への再利用が合理的である。また、脱ハロゲン化(酸化物化)により既往のホウケイ酸ガラスへの適用が可能となるほか、従来より廃棄物含有率ははるかに高い固化体候補材料(～60 wt%)も開発されている。

4. 処分 廃棄体研究は多くみられる一方で、処分検討の論文、報告書は皆無だった。一方でホウケイ酸ガラスをベースとした日本の処分検討では、核種移行による被ばく線量評価の結果にアニオン性の ³⁶Cl(半減期 30.1 万年。同様に難固定性アニオン核種の ¹²⁹I は半減期 1570 万年)が見られた。既往サイクルでは ³⁶Cl 濃度は極めて低いが、塩化物溶融塩を用いる IMSFR では脱ハロゲン工程の性能によっては多くの Cl が廃棄体に移行する可能性があり、安全評価に影響を及ぼす可能性がある結論付けた。また、既往のサイクルの廃棄物処分の安全評価では、³⁶Cl が高レベル廃棄物側、TRU 廃棄物側に移行するかにより取り扱い方が変わる。潜在的な優位性も見出された。例えば乾式再処理ではマイナーアクチノイドが廃棄体側にほぼ移行せず、また高温プロセスゆえに一定量の Cs が除去され、廃棄体の発熱量が大幅に小さくなる可能性が示唆される。更に高減容化可能な固化体マトリクスの選定により、大きな処分場面積削減効果が期待される。

5. 結論と展望 溶融塩炉からの廃棄物処分について文献調査を行い、既往サイクルとの差異を検討した。IMSFR システムの実装を考える際には、幾つかの仮定の下に全工程を結節させ、物量評価が重要である。

謝辞： 本研究は、経済産業省の令和4年度「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」の一環として、原子力研究開発機構から委託を受けて実施したものである。

*NAKASE Masahiko¹

¹Tokyo Tech