

マイナーアクチノイド核変換小型塩化物溶融塩炉の核設計

Core Design of a Molten Salt Reactor with Chloride Fuel

*渡辺 将弘¹, Van Rooijen Willem²,

¹福井大学大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻,

²福井大学附属国際原子力工学研究所

PuCl₃-KCl-LiCl の塩化物共晶塩を用いた溶融塩高速炉の核設計を SCALE6 のモジュールである KENO-6 および TRITON を使用し、臨界計算及び燃焼計算を行った。また燃料溶融塩内の同位体組成を変え、それによる H-3 と Cl-36 の生成率の変化を確認した。

キーワード：溶融塩炉，核設計，塩化物核燃料，燃焼計算

1. 緒言

溶融塩原子炉は 1964 から 1969 年までアメリカのオークリッジの研究所でフッ素化物を使用した原子炉で研究が行われていた。塩化物共晶塩はフッ素化物に比べ塩内の核分裂性物質のモル濃度が高いことが特徴である。そのため、現在では塩化物共晶塩を用いた溶融塩炉が高速炉として期待されている。PuCl₃-KCl-LiCl を燃料塩として用いられるが、Li-6 の (n, T) 反応により放出された H-3 が塩化水素として炉内構造物の健全性に影響を与える。また Cl-35 の中性子吸収反応による Cl-36 の生成などが人体への有害度の観点で問題である。本研究では、H-3, Cl-36 のみならず、放射化物および核分裂生成物の量を燃焼計算により確認した。

2. 計算条件および結果

2-1. 計算条件

SCALE6^[1]のモジュールである TRITON で燃焼計算を行った。表 1 に本研究での燃料および反射体の組成および計算体系を示す。燃料には PuCl₃-KCl-LiCl^{[2][3]}、反射体は従来の高速炉で用いられていた SS316 を使用した。解析体系は円柱体系で半径 45cm, 高さ 90cm, 反射体厚さを 40cm とした。また反射体の境界条件を真空とした。300 日の運転期間、60 日の冷却期間とし 6 サイクルの運転と仮定した。Li-6 の濃度は 0.1% から天然同位体比の 7.59% まで、Cl-35 の濃度も同様に 0.1% から 75.76% まで変化させ燃焼計算を行った。

2-2. 計算結果

Li-6 の濃度変化による H-3 の生成量の変化を図 1 に示す。6 サイクル後における Li-6 の濃度が 0.1% と 1.0% の生成量に大きな差はないが、7.59% の場合 H-3 の生成量の差は、Li-6 が 0.1% 場合の約 14 倍となった。

Cl-35 の濃度変化による Cl-36 の生成量変化を図 2 に示す。Cl-35 の濃度が 0.1% の場合と天然存在比の 75.76% で大きな差はなく、6 サイクル後で約 1.7 倍となった。

3. 結論

Li-6 の濃度変化が H-3 の生成量に大きく関わると考えられる。Cl-35 の濃度変化は Cl-36 の生成量に大きく影響しないという結果となった。Li-6 の (n, T) 反応以外にも H-3 を放出する核種があると考えられる。

参考文献

[1] B. T. Rearden and M. A. Jessee, Eds., SCALE Code System, ORNL/TM-2005/39, Version 6.2.3, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (2018)

[2] Wentao Zhou, "Thermodynamic evaluation of LiCl-KCl-PuCl₃ system", Journal of Alloys and Compounds 695 (2017) 2306-2313.

[3] Robert D. Mariani, "Modeled salt density for nuclear material estimation in the treatment of spent nuclear fuel", Journal of Nuclear Materials 404 (2010) 25-32.

*Masahiro Watanabe¹, W.F.G. van Rooijen²

¹Graduate school of University of Fukui., ²Research Institute of Nuclear Engineering, University of Fukui.

表1 主要材料および体系

燃料	PuCl ₃ -KCl-LiCl (14-50-36 mole %)
反射体	Stainless steel 316
体系	円柱
境界条件	真空

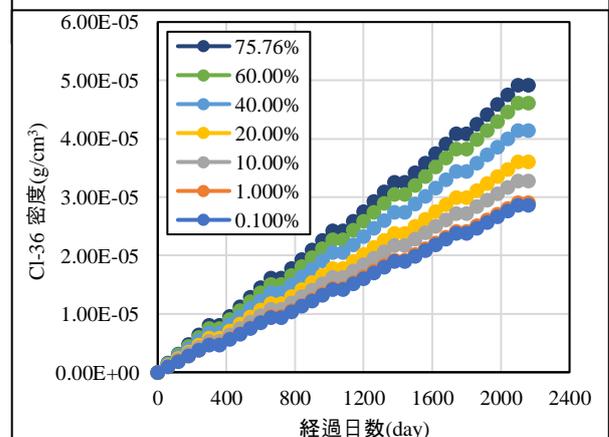
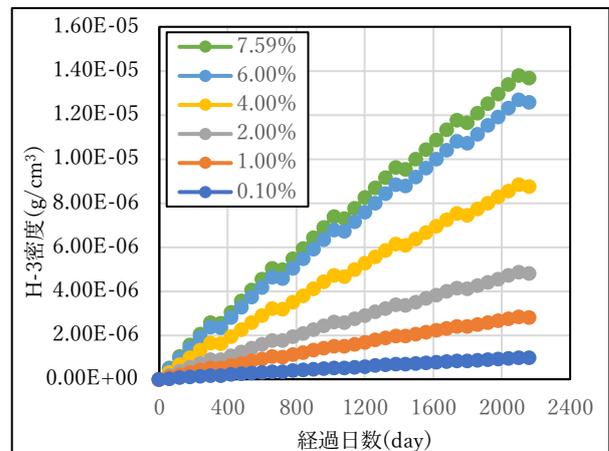


図2 Cl-35の濃度によるCl-36の生成量変化.