

溶融塩高速炉の核熱結合特性

Coupled Neutronics and Thermalhydraulics of Molten Salt Fast Reactor

*望月 弘保^{1,3}, 山脇 道夫^{2,3}

¹ 東京工業大学, ² 東京大学, ³ 次世代エネルギー研究・開発機構

溶融塩高速炉は一般的に負の温度反応度係数とボイド反応度係数を有している。福島事故の引き金になった全交流電源喪失やその他の大きな過渡変化に対して、溶融塩高速炉がどのように応答するかをこれまでに明確になっている溶融塩燃料の物性値と反応度係数を用いて 2 つのシステムコードによって解析した。

キーワード：溶融塩高速炉、全交流電源喪失、核熱結合、温度反応度係数、固有の安全性

1. 緒言：我が国では、これまで溶融塩炉を対象とした研究をほとんど実施して来なかった。しかしながら、溶融塩高速炉は、炉構造と溶融塩燃料の種類を適切に選択することにより、従来のナトリウム冷却高速炉が達成することが難しかった高い固有の安全性と、TRU の消滅を効率よく達成できる可能性を有している。本研究では、FLiNaK や塩化物溶融塩^[1]燃料を用いた炉心の過渡応答を、1 次元システムコード NETFLOW++ と RELAP5-3D を用い核熱結合解析で確認する。

2. システム解析：想定している溶融塩炉システムを図 1 に示す。炉心は円筒状で内部構造物を有していない。炉心寸法は、直径 2m 高さ 2m で、出力密度 100kW/l とした。上部に PRACS 用の DHX が設けられた IHX は 6 基を想定している。ポンプはホットレグに設けており、炉心から IHX に流れ込む溶融塩燃料の温度を均一にする。炉心上部には、安全用と出力制御を可能にする制御棒を数本設けている。解析モデルを図 2 に示す。温度反応度係数は、試算で $-7\text{pcm} \Delta k/k/K$ 程度である。ドブラー反応度は無視した。また、NETFLOW++ の塩化物溶融塩燃料の物性値は Nelson 等^[2]の報告結果を利用し、RELAP5-3D では、現時点で利用可能な FLiNaK を用いて解析する。動特性パラメータは JENDL-4.0 を採用した。全交流電源が喪失した場合は、図 3 に示す RELAP5 の結果のように、炉心温度が上昇することで負の反応度が投入され、制御棒が挿入されなくても炉出力は崩壊熱レベルまで低下する。NETFLOW++ の結果もほぼ同一である。沸点は約 1600K 以上であり、沸騰することはない。ポンプ 1 台トリップ事象では、炉心温度が数 K 上昇することによって負の反応度が投入され、出力が約 5/6 になって安定する。大きな正の反応度がステップ的に投入される事象でも、初期温度からの温度上昇により幾分高い出力に安定移行する。

3. 結論：解析体系の溶融塩高速炉では、大きな過渡変化が炉心に加えられた場合、炉心温度が上昇することによって負の反応度が印加され、制御棒を用いることなく原子炉は安全な出力レベルに安定する固有の安全性を有している事が分った。今後評価結果を正確にするためには、正確な流体物性値とコードの物性値変更が必要である。

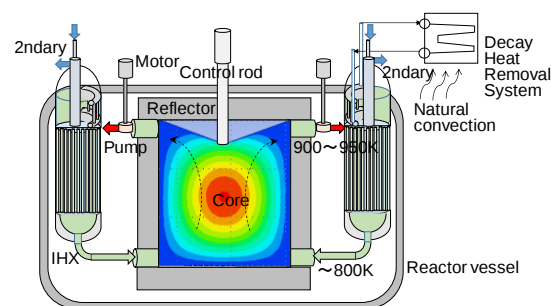


図 1 溶融塩高速炉概念図

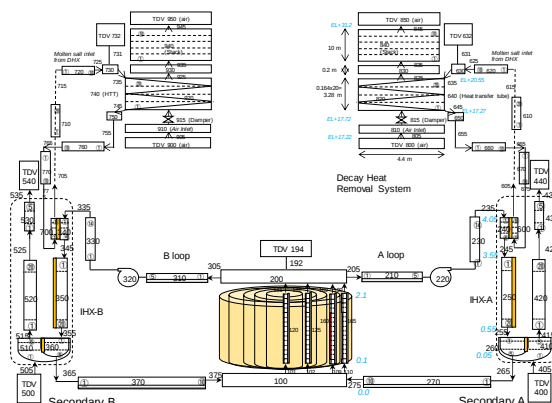


図 2 溶融塩炉解析モデル

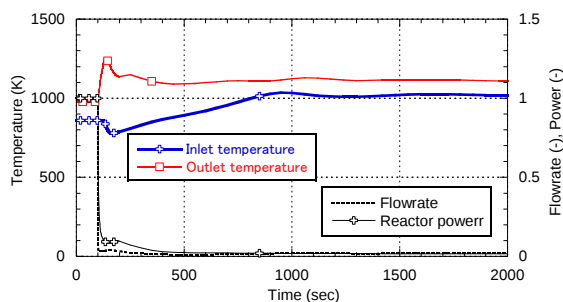


図 3 電源喪失時の炉心挙動

参考文献： [1] Yamawaki, M. and Koyama, T., Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, 16, (2016), pp. 1-4.

[2] Nelson et al., Nuclear Applications, 3, (1967), pp. 540-547.

*Hiroyasu Mochizuki^{1,3} and Michio, Yamawaki^{2,3}

¹ Tokyo Institute of Technology, ² The University of Tokyo, ³ Beyond Energy Research & Development Association