

## 燃料ピン型溶融塩炉の増殖性能評価

## Evaluation of Breeding Performance of Static Molten Salt Reactor

\*飯田 拓海<sup>1</sup>, 高木 直行<sup>1</sup><sup>1</sup>東京都市大学

燃料塩と冷却塩が被覆管によって分離されているピン型溶融塩炉(SMSR: Static Molten Salt Reactor)が新しい概念として検討されている<sup>[1]</sup>。本研究では SMSR の実現可能性検討として、モンテカルロコード MVP を用いたピンセル燃焼解析を行い、炉の到達燃焼度及び増殖性能についての評価を行った。

**キーワード**：溶融塩炉、増殖性能

## 1. 諸言

表 1 に SMSR の炉心仕様<sup>[1]</sup>を示す。SMSR は燃料と冷却材が被覆管により分離されており、被覆管内の塩化物燃料と NaCl の混合物が対流することにより冷却を行っている。この特徴により、一次系に FP が循環するという溶融塩炉特有の問題を回避している。また、参考文献[1]によると SMSR は増殖炉としての運用が可能であると記述されている。そこで本研究では、解析により増殖の可否の確認や燃焼性能改善のための検討を行った。

## 2. 解析方法

解析は連続エネルギー法に基づく汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード MVP-2.0[2]の燃焼計算モジュールである MVP-BURN によって行い、核データライブラリーは JENDL-4.0 を使用した。図 1 に燃料ピンギャップ 5mm の場合のピンセル二次元無限解析モデルを示す。本研究では、①ピンギャップ、②燃料塩組成、③冷却材組成の三つを検討パラメータとして燃焼や増殖性能への影響を調べた。

ピンギャップについては、レファレンス仕様である 5mm から 1mm ずつ減少させた 5 ケースについて解析を行い、ピンギャップと到達燃焼度の関係について検討した。さらに、燃料塩を U-Pu 塩化物(Pu 富化度 30%)から Th-233U 塩化物へ変更した効果、冷却材のフッ化物塩を高速炉の冷却材として一般的な Na へ変更した効果についての解析を行い、初期反応度や燃焼日数、瞬時転換比への影響を評価した。瞬時転換比の定義を式(1)に示す。

$$\text{瞬時転換比} = \frac{\sum_c U^{234} \phi + \sum_c U^{238} \phi + \sum_c P^{238} \phi + \sum_c U^{240} \phi}{\sum_a U^{233} \phi + \sum_a U^{235} \phi + \sum_a P^{239} \phi + \sum_a P^{241} \phi} \quad (1)$$

## 3. 解析結果

ピンギャップを 5mm から 1mm まで減少させると、到達燃焼度は約 5GWd/t から約 84GWd/t まで向上した。ギャップが狭いほど、初期反応度が上昇し、到達燃焼度が高くなることが確認できた。

表 2 に燃料塩組成や冷却材組成についての評価結果を示す。燃料塩を Th-233U 塩化物に変更したケースでは、初期瞬時転換比はやや改善したものの、燃焼に日数が極端に短縮した。フッ化物塩冷却材を Na に置き換えるといずれの燃料塩でも、初期反応度が 2~3 割向上した。これより、SMSR の冷却材であるフッ化物塩は反応度を大きく低下させ、燃焼日数を短縮させていることが分かる。

結論として、今回検討した冷却材・燃料仕様の範囲では増殖条件を満たさないことが判明した。今後は、燃料ピン径や冷却塩の組成を変更する等により、増殖型 SMSR の成立可能性について検討を深める。

表 1. 炉心仕様

出力密度	115 kW/l(PWR級)
燃料組成	塩化物燃料 / NaCl 40% / 60%
燃料平均温度	1475 K
冷却材組成	ZrF <sub>4</sub> / NaF / KF 42% / 10% / 48%
冷却材平均温度	775 K
被覆材	NIMONIC® alloy PE16
被覆材平均温度	775 K

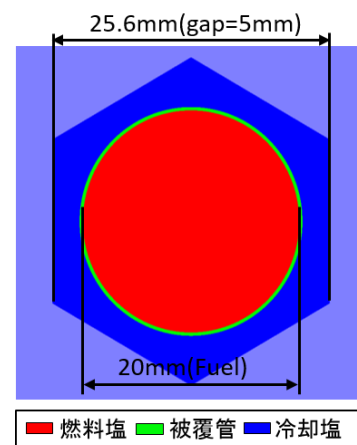


図 1. 解析モデル

表 2. 燃料・冷却材組成毎の燃焼特性評価結果

冷却材	ZrF <sub>4</sub> +NaF+KF			Na		
	U-Pu塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	U-Pu塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物
塩化物燃料組成	U-Pu塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	U-Pu塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物	Th- <sup>233</sup> U塩化物
富化度	30%(Pu)	15%( <sup>233</sup> U)	20%( <sup>233</sup> U)	30%(Pu)	15%( <sup>233</sup> U)	20%( <sup>233</sup> U)
初期K-inf	1.01	1.02	1.19	1.28	1.21	1.39
燃焼日数	70日	<1日	>200日	>200日	>200日	>200日
初期瞬時転換比	0.6	0.65	0.45	0.51	0.54	0.37

※燃料ピンギャップは 5 mm 固定

## 参考文献

- [1] Ian R. Scott M.A. Ph.D. : “THE SIMPLE MOLTEN SALT REACTOR” Conceptual design and technical status October 2014  
 [2] 長家康展, 奥村啓介, 森貴正, 中川正幸, 「MVP/GMVP Version2 連続エネルギー法及び多群法に基づく汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード」, 日本原子力研究開発機構, (2006 年)

\*Takumi Iida<sup>1</sup>, Naoyuki Takaki<sup>1</sup><sup>1</sup>Tokyo City Univ.