

一点炉動特性方程式の 熔融塩高速炉への 適用性検討

日本原子力学会春の年会 2D06

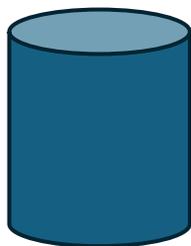
2025年3月13日

田原義壽[NAIS]、石塚知香子[科学大]

動特性パラメータへの影響評価

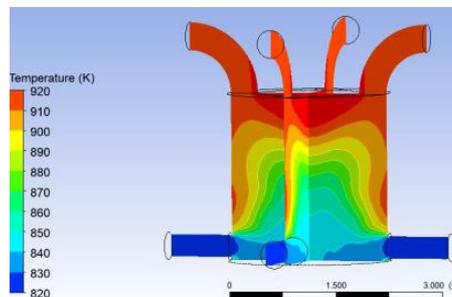
検討の目的: 炉内の状態が動特性パラメータに与える影響を評価する。

従来の方法

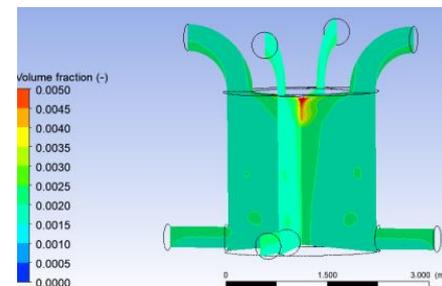


温度・ボイドは炉内一様

溶融塩炉の実際の分布



温度分布



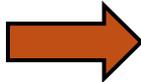
ボイド率分布

(非溶解性FP除去のためのHeバブリング法)

一点炉動特性パラメータの影響評価

- ① 実効遅発中性子割合 $\beta_{\text{eff}}, \beta_{\text{eff},i}$
- ② 先行核崩壊定数 $\lambda_i \text{ (s}^{-1}\text{)}$
- ③ 中性子世代時間 $\Lambda \text{ (s}^{-1}\text{)}$

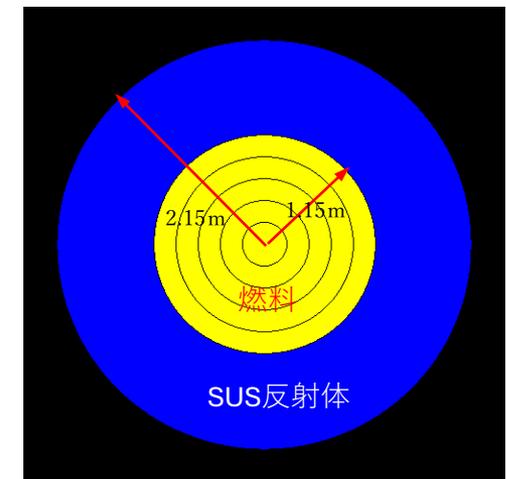
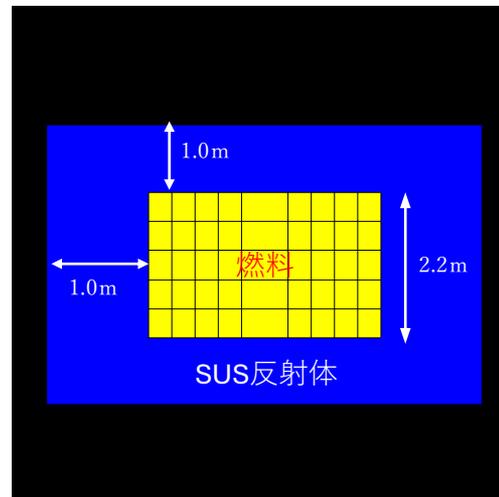
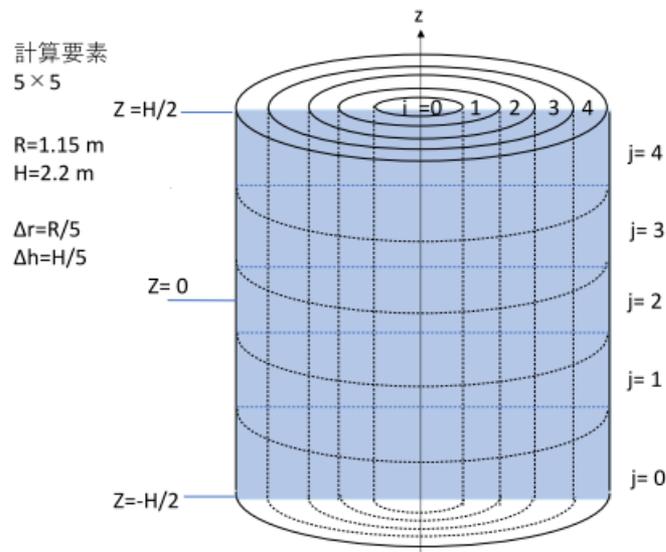
計算法と計算モデル

計算コード: Serpent 2  **固体燃料用**
燃料の流れの効果は入らない

動特性パラメータ (β_{eff} など): 名内氏のIFP法を採用

核データライブラリ: JEFF-3.3, ENDF/B-VIII.0

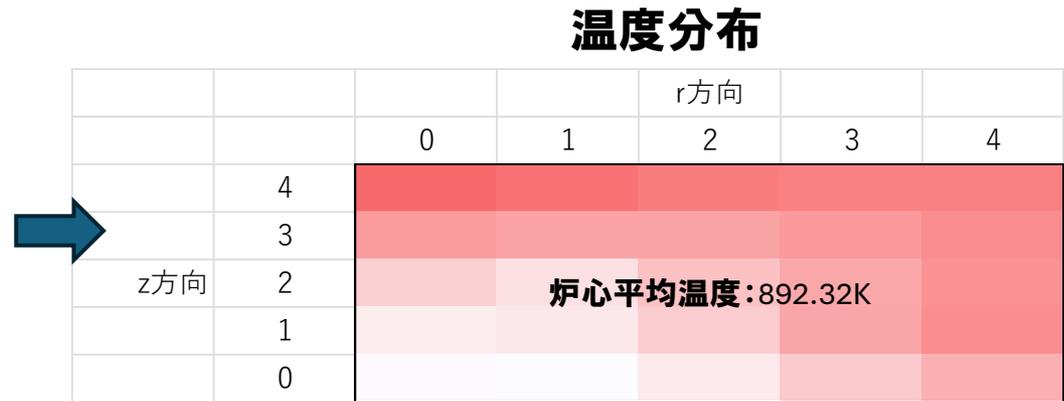
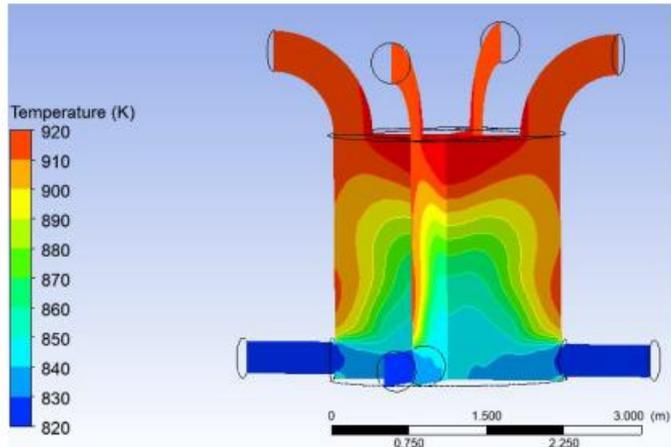
計算形状: 高さ5等分割、半径方向 Δr 一定5分割



縦方向分割図

径方向分割図

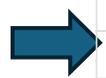
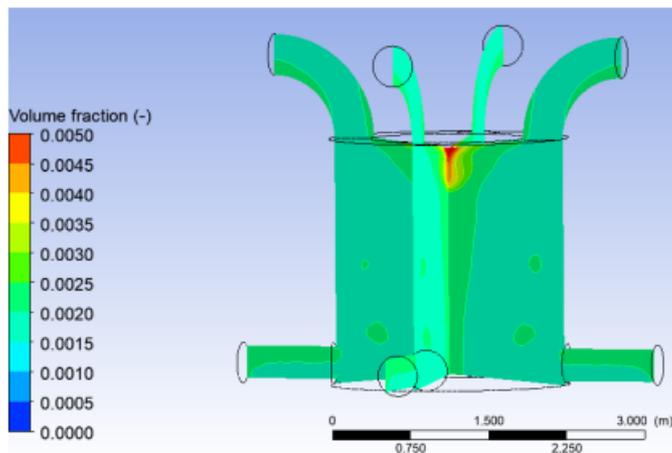
炉内温度分布が β_{eff} に与える影響



温度変化の効果: ① 溶融塩密度の効果、② 原子核のDoppler効果

	計算条件		備考
	温度分布	ボイド率分布	JEFF-3.3
温度分布の影響評価	基準[平均温度] (892.32K)	基準[平均ボイド率] (0.002)	$k_{eff} = 1.00205$ (基準) $\beta_{eff} = 0.0037372$ (基準)
	温度分布あり [上図参照]	同上	$k_{eff} = 1.00200$ (-5pcm) $\beta_{eff} = 0.0037031$ (-0.9%)

炉内ボイド分布が β_{eff} に与える影響 4



ボイドの効果: ① 溶融塩密度の効果

	計算条件		備考
	温度分布	ボイド率分布	JEFF3.3
ボイド分布の影響評価	基準[平均温度] (892.32K)	基準[平均ボイド率] (0.001954)	$k_{eff} = 1.00205$ (基準) $\beta_{eff} = 0.0037372$ (基準)
	同上	ボイド分布あり [上図参照]	$k_{eff} = 1.00177$ (-28pcm) $\beta_{eff} = 0.0037246$ (-0.3%)

各群の遅発中性子割合と 先行核崩壊定数の変化

各群の遅発中性子割合 β_i の温度分布の影響 (ENDF/B-VIII.0, Nauchi method)

遅発中性子群 条件	1G	2G	3G	4G	5G	6G
基準(平均ポイド率、 平均温度)	9.24366 $\times 10^{-5}$	7.23399 $\times 10^{-4}$	5.28331 $\times 10^{-4}$	1.32053 $\times 10^{-3}$	7.34374 $\times 10^{-4}$	2.67330 $\times 10^{-4}$
摂動(平均ポイド率、 温度分布あり)	8.21438 $\times 10^{-5}$	7.30235 $\times 10^{-4}$	5.39940 $\times 10^{-4}$	1.28664 $\times 10^{-3}$	7.27551 $\times 10^{-4}$	2.60989 $\times 10^{-4}$
基準に対する相対差 (%) $\Delta\beta/\beta$	-11.1	0.9	2.2	-2.6	-0.1	-2.3

各群の先行核崩壊定数 λ_i の温度分布の影響 (ENDF/B-VIII.0, Nauchi method)

遅発中性子群 条件	1G	2G	3G	4G	5G	6G
基準(平均ポイド率、 平均温度)	1.33853 $\times 10^{-2}$	3.08279 $\times 10^{-2}$	1.17179 $\times 10^{-1}$	3.07312 $\times 10^{-1}$	8.78458 $\times 10^{-1}$	2.94370 $\times 10^{+0}$
摂動(平均ポイド率、 温度分布あり)	1.34040 $\times 10^{-2}$	3.08025 $\times 10^{-2}$	1.17245 $\times 10^{-1}$	3.07574 $\times 10^{-1}$	8.77918 $\times 10^{-1}$	2.93036 $\times 10^{-0}$
基準に対する相対差 (%) $\Delta\lambda/\lambda$	0.14	-0.08	0.06	0.09	-0.06	-0.45

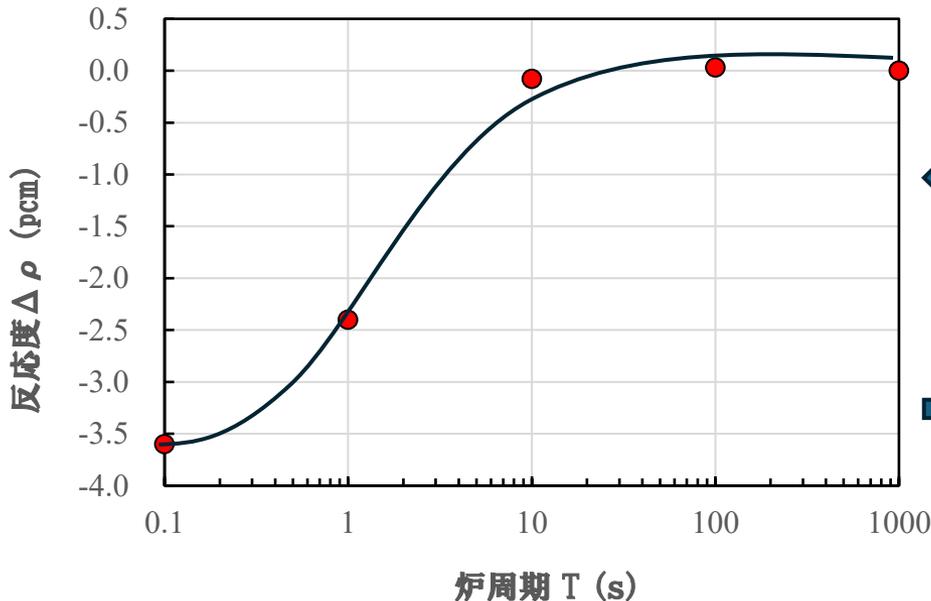
動特性パラメータの変化が反応度に与える影響

反応度と炉周期を結ぶ逆時間方程式

$$\rho = \frac{\Lambda}{T} + \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T}$$

$\beta_{\text{eff}, i}$ 、 λ_i および Λ の変化が反応度に与える影響

$$\Delta\rho = \frac{\Lambda}{T} \left(\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} \right) + \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T} \left\{ \left(\frac{\Delta\beta_i}{\beta_i} \right) - \frac{\lambda_i T}{1 + \lambda_i T} \left(\frac{\Delta\lambda_i}{\lambda_i} \right) \right\}$$



-0.26%

炉内温度分布が反応度におよぼす影響(ENDF/B-VIII.0)

影響はpcmオーダーなので無視できる。

I. 本研究結果

- 温度分布、ボイド率分布の存在による動特性パラメータの変化および、反応度の変化は無視できる。
従って、動特性パラメータはそれらの平均値を用いた炉心条件で計算すればよい。

II. 今後の研究:

- 燃料の流れに伴い遅発中性子先行核濃度が崩壊定数に依存して軸方向に変化し、且つ一部は炉外へ流出するため、動特性パラメータに与える影響を評価する。

本研究は、経済産業省の令和6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。

熔融塩炉設計の参考

- ① Request for $^{35}\text{Cl}(n, p)$ reaction cross-section measurements and re-evaluations from the standpoint of molten chloride salt fast reactor. [Tahara, Hirano, Chiba, Mochizuki, Katabuchi].
- ② Evaluation of transmutation capability of TRU and MA in a 700MWt molten chloride salt fast reactor. [Tahara, Ishizuka, Hirano]. submitted.