

S I M M E R-III、IVにおける核熱流動カップリングの妥当性について

S I M M E R-III、IVにおける核動特性モジュールと流力・構造材モジュールの関係
(表1、図1)

- ① 流体力学・構造材モジュールから受け渡される物質分布と温度分布を用いて核種毎の原子数密度の空間分布と温度分布を計算する。
- ② 入力データのマイクロ核断面積ファイル（無限希釈核断面積）と自己遮蔽因子、原子数密度分布と温度分布を用いてマクロ断面積を計算する。
- ③ 改良準静近似法を用いて空間-時間依存の中性子輸送方程式を形状関数と振幅関数に分離して計算する。中性子束分布とマクロ断面積から反応度及び動特性パラメータを求め、振幅関数（=相対出力）の時間変化を計算する。
- ④ 中性子束分布と振幅関数から物質毎の発熱密度を計算し、流体力学・構造材モデルのエネルギー保存式における核発熱項とする。

核・熱流動カップリングの妥当性

- S I M M E R-III、IVにおける核動特性モジュールが採用している中性子束分布（多群中性子輸送計算、世界的に広く使用されている DANTSYS を適用）と空間依存核動特性（改良準静近似）の解法は世界標準となっている手法である。また、高速炉の中性子世代時間は極めて短いので、中性子束分布の計算に熱流動計算を直接結合する必要はない（上記の通り、熱流動計算の結果は核断面積の更新を通じて渡される。）。
- 静的な大規模な物質配位変化に伴う反応度変化計算の妥当性は FCA VIII-2 試験の解析で確認済みである。
- 他方、ULOF の遷移過程解析においては数十\$/s の反応度挿入率で大きなエネルギー放出を伴う即発臨界超過が計算されたことから、念のためにその反応度変化の計算の妥当性を他の手法との比較により確認することは有意義である。

反応度計算の妥当性確認

S I M M E R で計算された反応度変化を別の静的な核計算コードによるスナップショット解析と比較してその妥当性を確認することとする。具体的には、遷移過程解析において即発臨界超過によるエネルギー放出が重要であるため、S I M M E R で計算された即発臨界近接及び超過時の物質・温度分布を数点（時間にして～数 10ms）取りだし、これに基づいて別の静的核計算コードで実効増倍率を計算して反応度変化を求め S I M M E R の結果と比較する。

表1 S I M M E R -Ⅲ及びS I M M E R -Ⅳの核計算モデルの特徴

項目	必要なモデル機能	モデル
解析対象	遷移過程解析では大規模な燃料移動とこれに伴う反応度変化の計算が必要	1点近似動特性は適用不可であり、空間依存の動特性モデルが不可欠
動特性の取扱い	世界的に認められている標準的な手法の採用	改良準静近似法を採用
炉心の核熱結合	物質の動的運動の中性子束分布への影響	高速炉炉心の中性子世代時間は 10^{-7} s のオーダーであり中性子束分布はほぼ瞬時に決まる（物質運動が分離できる。）。
中性子束分布の計算手法	中性子束のスペクトル変化や漏れを精度良く計算	多群 Sn 輸送モデルを採用
精度と効率の両立	安定性、計算効率に優れた輸送モデルが必要	拡散合成加速法を採用した DANTSYS (LANL が開発した世界標準的な核計算コード) を採用
燃料富化度	異なる富化度（濃縮度）の燃料の区別と混合	燃料物質を fertile と fissile 成分に区別してモデル化
物資の組成及び温度の動的変化	物質の組成変化及び温度変化を基に反応度変化を計算する必要がある。	熱流動計算を受けて、入力核データ（無限希釈マイクロ断面積と自己遮蔽因子）を用いてマクロ断面積を逐次計算
核分裂以外の発熱	崩壊熱やガンマ発熱等、核分裂以外の核発熱の取扱い	崩壊熱は S A S 4 A と同じ 6 群近似の減衰モデルを採用、また、中性子吸収 (n, γ) 反応による発熱を考慮
検証解析	崩壊炉心の反応度変化、即発臨界を含む早い過渡変化への適用性	崩壊炉心の反応度変化は FCA 臨界実験解析（静的計算） 早い過渡変化の実験はないがテスト問題で適用性やタイムステップ制御の妥当性を確認

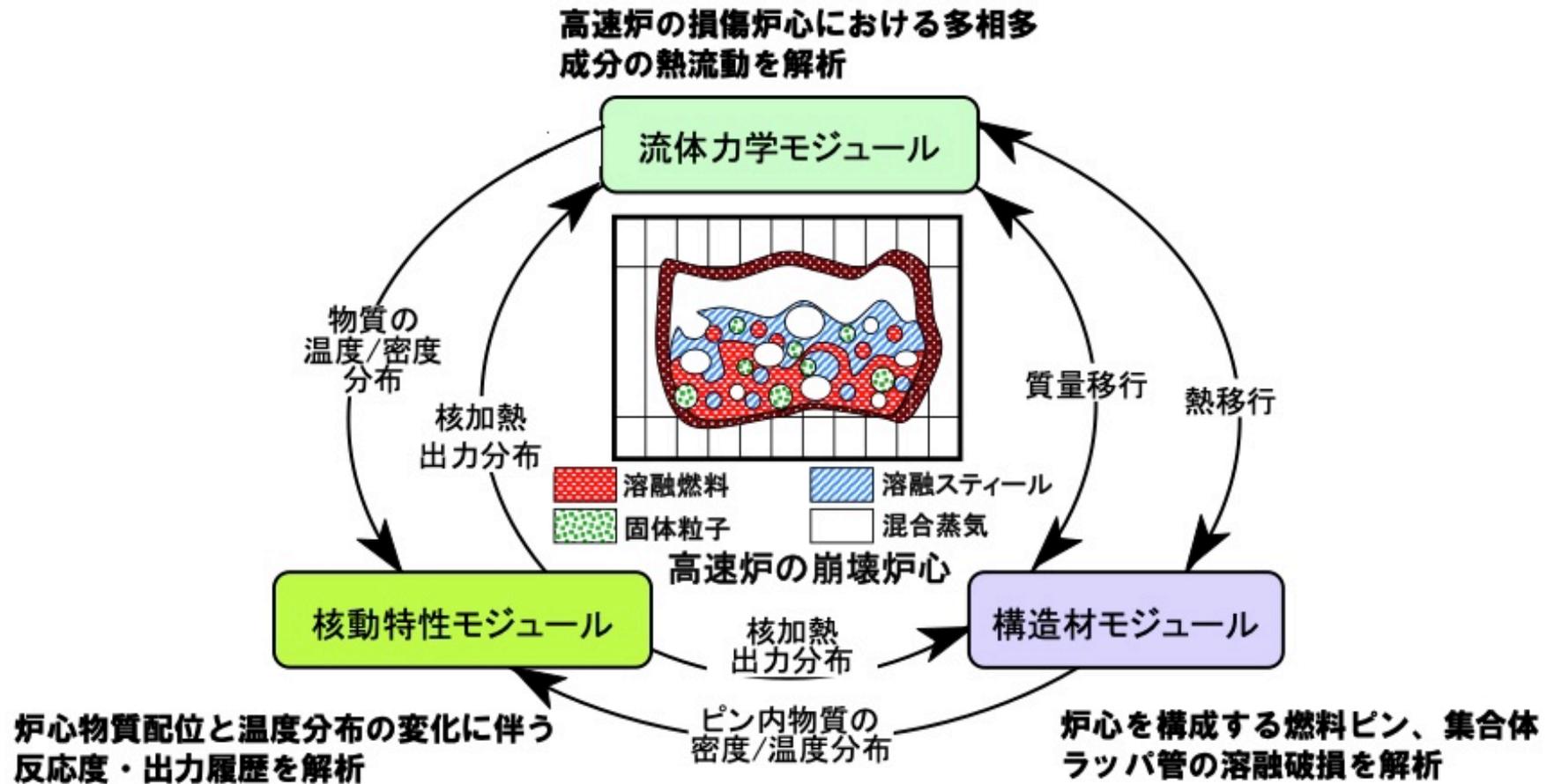


図1 SIMMER-III及びSIMMER-IVの構成