マルチフィジックス燃焼計算システムの開発
（4）熱水力計算機能の整備

A development of Multi-Physics Burnup Analysis System
(4) Implementation of Thermal-Hydraulics Calculation Function

*鈴木 求[1]，稲垣 健太[1]，佐藤 駿介[1]，北島 庄一[1]
[1]電中研

複数集合体体系や全炉心体系を対象とする大規模燃焼計算や核熱結合計算等を行うための燃焼計算システムの開発を進めている。本報では熱水力計算機能の整備および検証について報告する。

キーワード：燃焼計算、熱水力計算、核-熱結合計算、COMPASS、FEMAXI、FRAPCON

1. 緒言　電中研では燃焼に伴う燃料組成変化、出力分布変化、燃料及び冷却材の温度変化、燃料の照射変形等を取り扱うことができるマルチフィジックス燃焼計算を実現することを目指し、複数集合体体系および全炉心体系を対象にした効率的な大規模燃焼計算や、熱水力計算などとの結合計算を実施できる燃焼計算システム COMPASS の開発を進めている[1-3]。前報までは、燃焼計算システムの基幹となる燃焼計算モジュール及び核計算モジュールを整備し、それらの機能の検証を進めてきた。本報告では燃料棒の温度分布を計算するための熱水力計算機能の整備および検証について報告する。

2. 熱水力計算機能の整備　マルチフィジックス燃焼計算における熱水力計算では、燃焼による燃料組成変化に対して影響の大きい燃料ペレット内の温度分布、冷却材温度及び密度を計算し、適切に核計算に反映する必要がある。そこで、軽水炉の燃料挙動解析コード FEMAXI[4], FRAPCON[5]の計算モデルを参考に、1 次元の燃料棒熱水力計算機能を実装した。また、COMPASS システムでは核計算や熱水力計算等において幾何形状等の情報を統一的に利用する形式を採用している。本報の熱水力計算機能の実装に合わせて、整備済みの核計算機能との連携が可能となるように、制御モジュール及び核計算モジュールの機能についても改良を加えた。

3. 検証計算　整備した熱水力計算機能について、FEMAXI, FRAPCON の計算結果と比較することで検証を実施した。ここでは、燃料ペレット内の発熱密度を入力条件とし、燃焼に伴うペレット・被覆管の機械的変形による影響を無視するために、未燃焼状態を対象とした。計算例として、COMPASS と FRAPCON を用いて計算した PWR 燃料棒の燃料、被覆管、冷却材温度分布の結果を図 1 に示す。COMPASS の結果は燃料中心、燃料表面、被覆管表面、冷却材温度のいずれにおいても FRAPCON と同程度の結果が得られており、熱水力計算が適切に機能していることが確認できた。

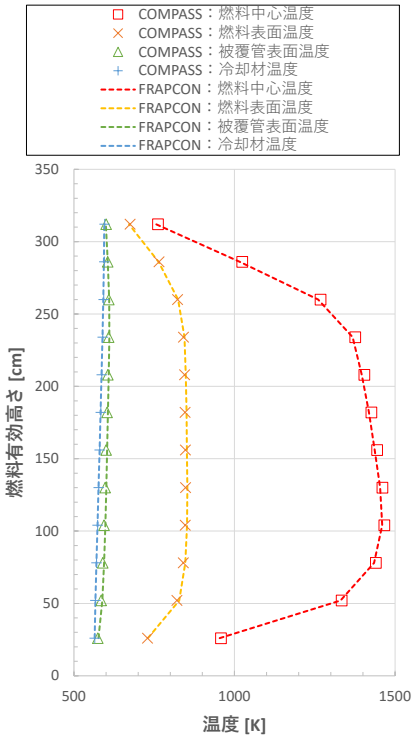

図 1　COMPASS と FRAPCON で計算した燃料中心、燃料表面、被覆管表面、冷却材温度（PWR 燃料棒ケース）

4. 結言　マルチフィジックス燃焼計算システムの構築のために、燃料棒を対象とした 1 次元熱水力計算機能を整備した。整備した機能の検証として、FEMAXI, FRAPCON の計算結果と比較することにより、燃料棒を対象とした熱水力計算が適切に機能していることを確認した。

参考文献　[1] 2021 年春 1B04, [2,3] 2022 年春 2D03, 2D04, [4] JAEA-Data/Code2013-014, [5] NUREG/CR-7022

*Motomu Suzuki[1], Kenta Inagaki[1], Shunsuke Sato[1], Shoichi Kitajima[1]
[1]CRIEPI