

先進的核熱連成シミュレーションシステムの開発 (3) プロトタイプシミュレーションシステムの開発

Development of Advanced Neutronics/Thermal-Hydraulics Coupling Simulation System

(3) Development of a prototype simulation system

*多田 健一¹, 秋江 拓志¹, 小野 綾子¹, 長家 康展¹, 吉田 啓之¹, 川西 智弘¹

¹JAEA

JAEA では、軽水炉の設計高度化、安全性の向上を目的として、先進的核熱連成シミュレーションシステムの開発を進めている。本報告では、開発したプロトタイプシミュレーションシステムの概要と、プロトタイプ開発を通じて得られた知見について報告する。

キーワード: 核熱連成シミュレーション, MVP, JUPITER, TPFIT, 数値解析

プロトタイプの概要

先進的核熱連成シミュレーションシステム開発¹⁾に必要な知見を得るため、核熱連成シミュレーションシステムのプロトタイプ(以下、本システム)を開発した。JUPITER や TPFIT、ACE-3D、NASCA など、様々な熱水力解析コードとの結合を考慮し、直方体に区切られたメッシュのボイド率を読み取る形とした。熱水力解析コードでは直方体メッシュでボイド率分布を出力するが、燃料領域を直方体メッシュで計算すると、核計算の計算精度悪化が懸念される。そこで図1に示すように、核計算コード MVP の格子形状を用いて熱水力解析コードから得られたボイド率分布を与えた直方体のメッシュの上に燃料棒及び被覆管を配置した。なお、燃料・被覆管と減速材が混在するメッシュについては、

(1) 熱水力解析コード上で減速材領域として認識されているセル

(2) 熱水力解析コード上で燃料領域として認識されているセル (減速材密度=0、図1の青色のセル)

の2つに分けられる。(1)については熱水力解析コード上で与えられたボイド率をそのまま使うが、(2)については図1の青色のセルに隣接するセルのボイド率の平均値を与えることとした。

また本システムでは、サブチャンネル内のメッシュ分割数の変更や減速材温度を入力とした水密度の変更を自動で行うことができる。シリーズ発表(2)では気泡流の条件においてサブチャンネル内の詳細分割が核計算に与える影響を調査したが、本システムを用いることによりチャーン流や環状流の条件でも容易に計算が可能となった。様々な流動条件において、燃料棒内の核分裂率を高さ 2cm 毎に比較したところ、サブチャンネル領域内の分割数が核分裂率に与える影響は、大きな気泡が入る場合を考慮しても±3%程度であった。なお、差異が見られるのは対象とした燃料付近に大きな気泡が近付いた時のみであり、この差異が炉心解析に影響を与えることはほとんどないと考えられる。

プロトタイプの解析結果より、通常運転時においては、現行のサブチャンネル単位の均質化で十分な計算精度が得られる見込みがあることが分かった。今後は核計算から熱水力計算へのフィードバックを行うことで核熱連成を実現すると共に、スペーサー付近や部分長燃料上端部など、サブチャンネル内を詳細に分割する効果がみられると思われる体系での解析により、その影響を調査していく予定である。

1) 川西 智弘ら、「先進的核熱連成シミュレーションシステムの

開発 (1) 核熱連成シミュレーションシステムの概要」、日本原子力学会 2021 年春の年会 2C09 (2021)。

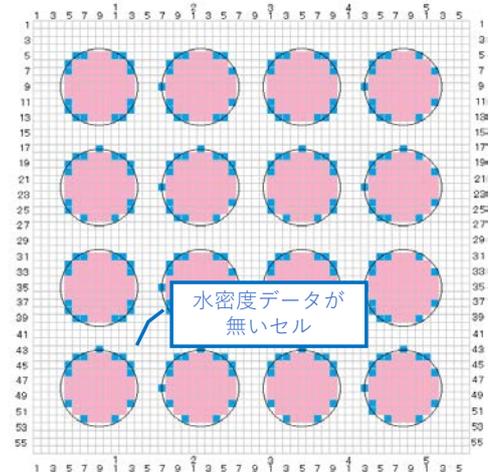


図1 MVP と JUPITER の幾何形状の結合

* Kenichi Tada¹, Hiroshi Akie¹, Ayako Ono¹, Yasunobu Nagaya¹, Hiroyuki Yoshida¹ and Tomohiro Kawanishi¹ ¹JAEA