

核融合炉心プラズマシミュレーションの 現状と今後



井戸村 泰宏 (いどむら やすひろ)

日本原子力研究開発機構システム計算科学センター
高度計算機技術開発室長

研究
分野

プラズマ物理、核融合、高性能計算

核融合炉は①燃料（重水素、リチウム）が無尽蔵かつ世界中で利用可能、②低環境負荷（低炭素、低レベル放射性廃棄物）、③原理的に爆発事故やメルトダウンが発生しない、といった特徴から、環境・エネルギー問題を根本的に解決しうる長期代替クリーンエネルギー源と期待されている。その科学的・工学的実証を目指して2020年から運転が開始されるITERは「エネルギー基本計画」における戦略的技術課題に位置付けられている。

本サブ課題では日本原子力研究開発機構、核融合科学研究所、名古屋大学の連携の下に核融合炉の炉心設計の中核をなす核燃焼プラズマ解析コードを開発し、炉心運転条件を最適化する上で必要なプラズマ解析技術を確認する。この解析技術を活用し、現在設定されているITERの標準運転条件の妥当性を検証するとともに、さらに炉心運転条件を最適化することによってITERの目標達成をプロアクティブに支援することを目指す。

しかしながら、ITERは既存実験と比べて炉心体積やエネルギー閉じ込め時間（炉心からエネルギーが散逸する特性時間）といった時空間スケールが一桁大きく、さらに、重水素、三重水素、ヘリウムを含む多種イオン系、核反応生成アルファ粒子による炉心プラズマの自己加熱といった核燃焼プラズマ固有の新たな物理効果を含むため、ITER炉心プラズマにおける乱流現象や磁気流体（MHD）現象の5次元第一原理計算（ボルツマン方程式）はポスト「京」によってはじめて実現する極めてチャレンジングな課題である。このような核燃焼プラズマ解析を実現するには、将来のエクサスケールアーキテクチャに適した計算技術を確認すること、および、多種イオン系のプラズマ乱流輸送や高エネルギー粒子輸送といった核燃焼プラズマ解析において鍵となる物理現象を高精度に再現できる計算モデルを確認すること、すなわち、開発コードのV&Vがクリティカルな問題である。

本講演では、計算技術開発と物理モデル開発の計画と現状、および、JT-60計画（量子科学技術研究開発機構）、LHD計画（核融合科学研究所）といった国内大型実験プロジェクトと連携した実証研究の事例を紹介する。