

ヘリカル核融合炉概念設計とプラズマ運転制御シナリオ検討

後藤 拓也、FFHR 設計グループ
核融合科学研究所 核融合工学研究プロジェクト

核融合科学研究所 (NIFS) では 2010 年度に核融合工学研究プロジェクトが発足し、LHD 型ヘリカル核融合炉 FFHR-d1 の概念設計活動および実規模・実環境試験に向けた工学基盤構築のための R&D 研究が展開されている[1]。FFHR-d1 は NIFS 大型ヘリカル装置 (LHD) の実験成果および過去のヘリカル核融合炉 FFHR シリーズの設計研究の知見に基づく最新の設計で、炉心プラズマ設計において、LHD 実験データで得られたプラズマ分布をジャイロボームモデルに基づき直接外挿しその性能を予測する直接外挿 (DPE) 法[2]を用いてその予測信頼性を高めたことに特徴付けられる。この炉心設計に基づき、設計の第 1 ラウンドとしてシステム設計コード HELIOSCOPE を用いた設計ウインドウ解析により装置サイズ、磁場強度といった主要設計パラメータが選定された[3]。現在は設計の第 2 ラウンドとして、炉内機器の 3 次元形状の検討と炉心プラズマの詳細物理解析が進められており、前者については数式モデルによる炉内機器基本形状定義に基づき、電磁力支持構造物の応力解析[4]や 3 次元中性子輸送計算[5]が、後者については NIFS 数値実験研究プロジェクトとの協力のもと、数値シミュレーションにより MHD 平衡、新古典輸送、アルファ粒子閉じ込め等の解析が進行している [6]。一方、炉内機器および周辺機器の設計・運転条件を明確にし、整合性のある全体システム設計を行うためには、定常運転点までのプラズマ運転制御シナリオの確立が必要である。

LHD 型ヘリカル核融合炉の運転制御シナリオについては、過去に 0 次元モデルを用いた解析が行われ、燃料供給および外部加熱入力の調整による核融合出力のフィードバック制御手法が提案された[7]。この核融合出力の直接制御は、炉外での中性子計測のみによる運転制御の実現可能性を示唆し、重要な結果である。一方、燃料供給として最も有望なペレット入射を用いても、その侵入長には限界があり[8]、分布を考慮した解析の必要性が議論されている。このため、LHD の実験観測に基づき、比較的簡易でありつつ妥当性を大きく外さないモデルの構築し、それを用いた 1 次元計算を開始した。

講演ではこれら FFHR-d1 の概念設計活動とプラズマ運転制御シナリオ検討の現状を紹介し、無電流プラズマやヘリカルダイバータ磁力線構造などの LHD 型ヘリカルの特徴が核融合炉のシステム設計や炉工学研究、プラズマ制御シナリオ等にどのように現れてくるかについて解説する。

- [1] A. Sagara *et al.*, Fusion Eng. Des. **87** 594 (2012).
- [2] J. Miyazawa *et al.*, Fusion Eng. Des. **86** (2011) 2879.
- [3] T. Goto *et al.*, Plasma Fusion Res. **7** (2012) 2405084.
- [4] H. Tamura *et al.*, ISFNT-11, to be published in Fusion Eng. Des.
- [5] T. Tanaka *et al.*, ISFNT-11, to be published in Fusion Eng. Des.
- [6] J. Miyazawa *et al.*, IAEA-FEC24, to be published in Nucl. Fusion.
- [7] O. Mitarai *et al.*, Fusion Sci. Technol. **56** (2009) 1495.
- [8] R. Sakamoto *et al.*, Nucl. Fusion **52** (2012) 083006.