

LHD 重水素実験プラズマの統合シミュレーションによる研究 Integrated simulation of deuterium plasma experiment in LHD

村上定義, 山口裕之, 本間雅之, 前田省吾, 酒井 彬, 福山 淳, 永岡賢一*, 高橋裕己*,
中野治久*, 長壁正樹*, 横山雅之*, 田中謙治*, 居田克己*, 吉沼幹朗*,
LHD 実験グループ*

S. Murakami, H. Yamaguchi, M. Homma, S. Maeta, A. Sakai, A. Fukuyama, et al.

京都大学工学研究科原子核工学専攻, *核融合科学研究所
Dpt. of Nuclear Eng., Kyoto Univ., *NIFS

LHD においては2017年度から重水素を用いた実験プロジェクトを開始する予定である。30MW を超えるパワーの重水素 NBI ビームを重水素プラズマへ入射し、閉じ込めプラズマの高性能化を実現する。このプロジェクトの主な目的としては、ヘリカルプラズマにおけるエネルギー閉じ込めに対する同位体効果の検証とトリトン燃焼実験による高エネルギー粒子閉じ込めの検証である。このため、重水素プラズマにおけるエネルギー閉じ込め性能の予測と重水素核融合によるトリトンの発生および閉じ込めの予測が重要となっている。特に、トリトン燃焼実験においては、高エネルギー粒子の閉じ込めを検証するためには、数値シミュレーションコードとの比較・検討が必要不可欠である。

われわれは、3次元プラズマ配位に対する統合シミュレーションコード TASK3D を開発し、これまで LHD 高イオン実験等のプラズマに適用し、乱流輸送のモデリング等を行ってきた [1,2]。LHD 水素プラズマにおける乱流熱輸送に対しては、電子は gyro-Bohm 型、イオンは gyro-Bohm+gradTi 型が実験結果を比較的良く再現することが分かった。また、われわれは、3次元プラズマ配位における高エネルギー粒子に対するドリフト運動論方程式を解き、その閉じ込め性能を検証できる GNET コードを開発している [3]。近年は、多種イオンプラズマ [4] や時間発展プラズマ [5] への対応を可能とする改良を行った。また、トロイダル運動量を保存する衝突演算子や非線形衝突演算子を組み込むことに成功している。

本研究では、統合シミュレーションコードを用いた重水素プラズマにおけるプラズマ性能の予測およびトリトン燃焼実験の検証を行った。GNET コードにより重水素プラズマにおける NBI 加熱分布を評価し、熱・粒子輸送方程式を解くことにより、達成される高イオン温度等を検証した。昨年度行われた H/He プラズマ実験データを基に、同位体効果を含む輸送モデルを新たに構築し、重水素プラズマでの乱流モデルとして用いた。結果として、定常状態で 6keV を超えるイオン温度が達成され、軽水素に比べ 20%程度のイオン温度の改善が見られることが得られた。次に、NBI 加熱によるビーム重水素イオンと熱重水素イオンとの核融合反応を評価し、トリトン発生分布を求めた。さらに、GNET コードによりトリトン燃焼のシミュレーションを行ない、発生した 1MeV トリトン粒子の閉じ込めを検証した。また、トリトン燃焼による 14MeV 中性子の発生分布を評価した。

[1] S. Murakami, et al., Plasma Phys. Contrl. Fusion **57** (2015) 054009.

[2] A. Sakai, et al., Plasma Fusion Res. **10** (2015) 3403048.

[3] S. Murakami et al., Nucl. Fusion **46** (2006) S425.

[4] H. Yamaguchi et al., Plasma Fusion Res. **9** (2014) 3403127.

[5] H. Yamaguchi et al., Plasma Fusion Res. **8** (2013) 2403099.