

トカマク型及びヘリカル型核融合炉における内部輸送障壁を含む 炉心プラズマの解析

Analysis of Core Plasma Including Internal Transport Barrier in Tokamak and Helical Reactors

山上智之、山崎耕造、有本英樹、庄司多津男

T. Yamakami, K. Yamazaki, H. Arimoto, T. Shoji

名大院工

Nagoya Univ.

核融合炉において、炉心プラズマの閉じ込め改善は炉の経済性の観点から重要な課題のひとつである。そのためには、将来の核融合炉において、炉のプラズマ性能を最適化するための運転モードが必要である。そのひとつとして、JT-60U や LHD などのトカマク、ヘリカル型装置において、負磁気シアモードや径電場を利用して内部輸送障壁(ITB)が形成される運転モードが観測されている。

輸送係数が局所的に減少するとプラズマの温度、密度が急峻に増加し、ITB が形成され、プラズマ閉じ込めが大きく改善して中心部の温度、密度が上昇する。この運転モードは、炉心プラズマ性能を向上させるために有効な運転方法として期待されている。そのため、ITB 形成のメカニズムを知することは重要な研究課題である。ITB 形成の制御は、炉心プラズマの加熱・電流制御や密度制御を行うことで可能であると考えられている。しかし、核融合炉では自己加熱プラズマ運転を目標としているため、外部加熱や外部駆動電流のみによる制御は困難である。そこでガスパフ法や燃料ペレット入射などの外部からの燃料供給による密度の制御が有効である。

本研究ではトカマク型及びヘリカル型核融合炉について、1.5 次元または 2.0 次元平衡輸送コード(TOTAL code [1])を用いて、ITB 形成、及びプラズマの温度、密度分布の比較検討を行った。高磁場側からのペレット入射(HFS)を想定し、アブレーションモデルとして、最も一般的に用いられる NGS モデル (Neutral Gas Shielding model)と、ExB ドリフトによるリロケーションモデルを組み合わせることでシミュレーションを行った。ITB 形成には入射したペレットのプラズマへの侵入深さが影響を及ぼすことがわかっている[2]。本シミュレーションではペレットサイズや入射速度等のペレット入射条件の違いが ITB 形成に及ぼす影響を解析した。

図 1 はトカマク型核融合炉 (大半径 :5.29m 小半径: 1.25m 磁場強度:7.11T)に直径 3mm の円柱型ペレットを 4.2km/s 及び 2.0km/s で入射した場合における、計算開始から 200s 後の密度、温度の径方向分布を示している。輸送モデルは、ExB シアによる乱流の抑制を考慮した Bohm /Gyro Bohm mix model を用いた。4.2km/s の時、ITB 形成が確認できた。4.2km/s 以下の場合には一度 ITB が形成されてもすぐに消滅して最終的なプラズマの中心温度は ITB 形成時より低い値となった。シミュレーション結果の詳細は、ヘリカル型核融合炉における炉心プラズマのシミュレーション結果と合わせてポスターにて発表する予定である。

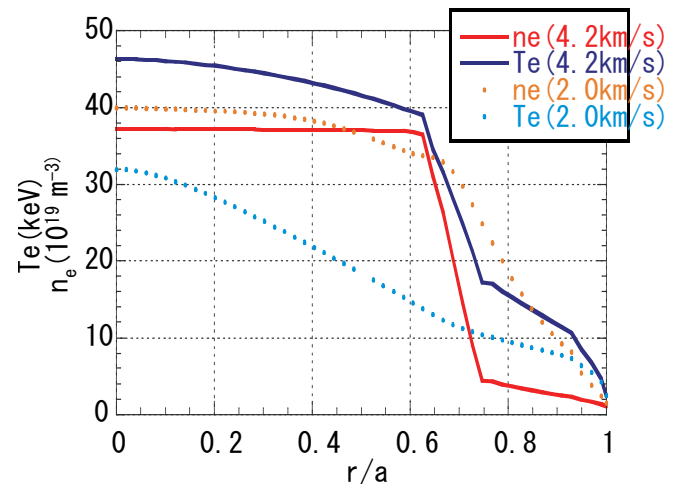


図 1 トカマク型核融合炉に直径 3mm のペレットを 4.2km/s および 2.0km/s で入射したときの温度、密度の径方向分布。r/a=0.7 付近で ITB が形成されている。

[1] K.Yamazaki, T.Amano, Nucl. Fusion **32** (1992) 633.

[2] Y. Higashiyama, K.Yamazaki, J.Garcia, H.Arimoto and T.Shoji, - Journal of Physics: Conference Series 123 (2008) 012032