

23aA07P

LHD における電子圧力分布の Stiffness と基準分布モデル

Stiffness and a Reference Model of Electron Pressure Profiles in the Large Helical Device

宮沢順一¹⁾、山田弘司¹⁾、ピーターソン・バイロン・J¹⁾、舟場久芳¹⁾、村上定義²⁾、長壁正樹¹⁾、田中謙治¹⁾、榎原悟¹⁾、LHD 実験グループ

1) 核融合研、2) 京大

MIYAZAWA Junichi, YAMADA Hiroshi, Byron J. Peterson, FUNABA Hisamichi, MURAKAMI Sadayoshi, et al.

National Institute for Fusion Science, Kyoto University

大型ヘリカル装置(LHD)の中性粒子(NB)入射加熱プラズマでは、プラトー領域以上の高密度・高衝突条件(通常配位で磁場強度 1.5T、加熱入力 10MW の場合、 $3 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 以上の密度に相当)で電子圧力勾配特性長($=p_e/(dp_e/d\rho)$)の分布が一定となる(stiffness)ことが見出された。加熱吸収分布が中心ピークからフラットまで変化した場合でも、この特性に有意な変化は見られない。この時、電子圧力の絶対値自体は、加熱パワーの 0.57 乗、密度の 0.28 乗、及び磁場強度の 0.74 乗のそれぞれに比例して増加する。このような特性を反映した電子圧力分布の基準モデルは、衝突頻度がプラトー領域以上の高密度プラズマにおける電子圧力分布を良く再現する(図1)。本研究では、ガスバフで密度制御を行ったフラットな電子密度分布のプラズマを対象としているため、電子密度勾配は電子温度勾配よりも小さい。従って、電子圧力勾配の stiffness は電子温度勾配の特性であるとも考えられる。高衝突領域で、電子温度(T_e)とその勾配($dT_e/d\rho$)は、いずれも一粒子当り加熱パワー(P_{NB}/n_e)の 2/3 乗に比例して増加している(図2)。この関係から電子温度勾配の stiffness($T_e \propto dT_e/d\rho$)が導かれるが、温度増加に伴って電子温度勾配—電子温度の順に破綻していく。局所熱輸送解析に依れば、実効熱輸送係数 χ_e^{eff} は stiffness が発現する高衝突領域で温度または温度勾配の平方根に比例して増加している($\chi_e^{\text{eff}} \propto T_e^{0.5} \propto (dT_e/d\rho)^{0.5}$ 、図3の○印)。このように緩やかな温度依存性は、本研究で初めて見出された。温度増加(衝突頻度の低下)に伴い、Gyro-Bohm modelと同様の $\chi_e^{\text{eff}} \propto T_e^{1.5}$ という温度依存性が現われるが(図3の●印)、これはこの領域でエネルギー閉じ込め時間が実際ステラレータースケーリング(ISS95)の予測と良く合うという事実と矛盾しない。更に温度が増加すると、新古典理論の予測と同様の $\chi_e^{\text{eff}} \propto T_e^{4.5}$ という非常に強い温度依存性に変化する(図3の+印)。

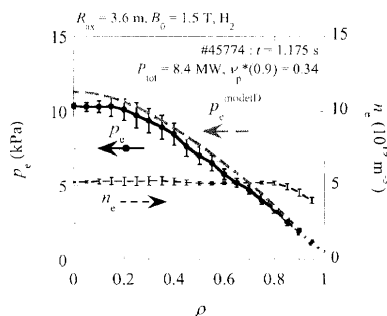


図1 高衝突領域における電子圧力分布と基準モデル。

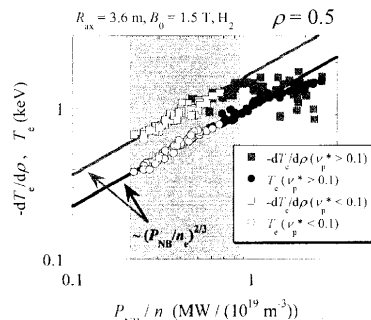
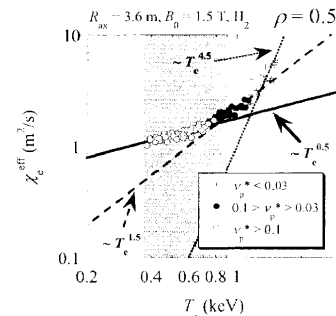
図2 電子温度とその勾配の P_{NB}/n_e 依存性。

図3 実効熱輸送係数の電子温度依存性。

23aA08P

LHD 及び CHS における中性粒子ビーム電流駆動の Z_{eff} 依存性 Z_{eff} Dependence of Neutral Beam Current Drive in LHD and CHS永岡 賢一、渡邊 清政、舟場 久芳、東井 和夫、成嶋 吉朗、小淵 隆、居田 克己、清水 昭博、磯部 光孝、松岡 啓介、岡村 昇一、池田 勝則、長壁 正樹、津守 克嘉、岡 良秀、竹入 康彦、金子 修、LHD 実験グループ、CHS 実験グループ
核融合科学研究所

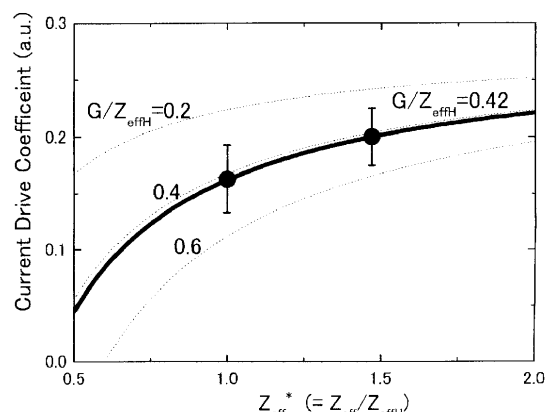
K. Nagaoka, K. Y. Watanabe, H. Funaba, K. Toi, Y. Narushima, T. Kobuchi, K. Ida, A. Shimizu, M. Isobe, K. Matsuoka,

S. Okamura, K. Ikeda, M. Osakabe, K. Tsumori, Y. Oka, Y. Takeiri, O. Kaneko, LHD and CHS group

National Institute for Fusion Science

プラズマへの大電力中性粒子ビーム入射は、プラズマの加熱と同時に電流を駆動することが可能であり、トカマクの有力な電流駆動方法となっている。閉じ込め磁場の形成にプラズマ電流を必要としないヘリカル系においてもBootstrap電流が磁場構造を変化させるため、MHD安定性や閉じ込めの観点から電流の最適化が必要と考えられている。LHD及びCHSでは、中性粒子ビームによる駆動電流(大河電流)に注目した実験を行っている。これまで、中性粒子ビームによる電流駆動効率について、トカマク装置での値との比較を行ってきた。今回は、電流駆動効率の Z_{eff} 依存性を調べる実験を行った。大河電流は、 $I_{NB(D)} = I_{beam} \frac{V_{beam} \tau_s}{2\pi R} \left(1 - \frac{Z_{beam} G}{Z_{eff}}\right)$ で表

され、 Z_{beam}/Z_{eff} の関数となる。 $Z_{beam}/Z_{eff} \ll 1$ の場合、大河モデルから不純物イオンが周回電子を止める効果が大きくなり、結果としてビームで駆動される電流は、増えることが予想される。LHDの第7サイクルにおいて、ネオンガスバフによる高Z放電で実験を行い、水素放電の場合と比較した。 Z_{eff} は、NB Iのshine-through計測から相対値を評価した。図1は、電流駆動効率の Z_{eff} 依存性を表しており、点が実験値で、点線が $G/Z_{eff} = 0.2, 0.4, 0.6$ の時の計算値である。フィッティングから $G = 0.42 Z_{eff}$ が得られ、Gの値は、理論予想とおおよそ一致した。ポスターでは、この値の理論値との比較やCHSで行った $Z_{beam}/Z_{eff} > 1$ の条件での電流駆動実験の試みについても議論する予定である。

図1 中性粒子ビームによる電流駆動の Z_{eff} 依存性