

LHDにおける遮断密度近傍の電子サイクロトロン加熱の高加熱効率化 Improved heating efficiency of electron cyclotron heating near cutoff density in the LHD

西浦正樹, 久保伸, 吉村泰夫, 矢内亮馬, 伊藤哲, 伊神弘恵, 辻村亨,
下妻隆, 高橋裕己, 釦持尚輝

Masaki NISHIURA, Shin KUBO, Yasuo YOSHIMURA, Ryoma YANAI, Satoshi ITO, et al.

核融合研
NIFS

炉心プラズマやデモ炉における自己燃焼プラズマでは高密度・高温プラズマを生成・維持することになる。プラズマの加熱手法の一つである電子サイクロトロン共鳴加熱(ECRH)は、メガワット級ミリ波がプラズマ中を伝播し、電子サイクロトロン共鳴層でプラズマを加熱する。

LHDのECRHシステムは主に77 GHz基本波Oモード, 154 GHz第2高調波Xモードを用いて、プラズマ点火と生成だけでなく、配位最適化, 閉じ込め改善, 不安定性制御, モード変換による高密度プラズマ加熱の役割を担っている。遮断密度近傍でなくとも、密度勾配の存在する領域を通過すると屈折の影響を強く受け、効率良い加熱が困難になる。最近の実験では、この屈折の影響を考慮し、入射アンテナのフィードバック制御により、中心電子温度の改善が報告されている[1, 2]。この加熱用アンテナを使った電子サイクロトロン輻射(ECE)計測や協同トムソン散乱(CTS)計測においても、屈折, ドップラー効果, 相対論効果に加え、ミリ波の軌道補正の必要性を報告している[3]。

LHDのヘリカル磁場配位で遮断密度(基本波77GHz, $\sim 7 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$)近くまで効率良くプラズマの電子加熱を行うことを目的として、光線追跡コードにより、LHD縦長断面でトーラス外側の強磁場領域から基本波OモードもしくはXモードの入射の吸収効率を調べた。図1に $n_e = 5 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ における、従来の斜め入射と新しく考えている縦長断面での垂直入射のECビーム軌道を示す。斜め入射は周辺で屈折の影響を強く受けるが、垂直入射は磁気軸のECR層に到達する。この状態はOモード遮断密度までほぼ変わらない。その結果、図2に示すように加熱効率についても遮断密度近傍まで高加熱効率を維持することが分かる。Xモードについては斜め入射とすることで、Oモード遮断密度を超えた加熱

が得られた。今後は実現に向けた工学設計を進める予定である。

参考文献

- [1] T. Ii, Tsujimura, *et al.* Nucl. Fusion (2020) accepted for publication.
- [2] R. Yanai, *et al.* submitted to Plasma and Fusion Res. (2020).
- [3] S. Adachi, *et al.* submitted to Plasma and Fusion Res. (2020).

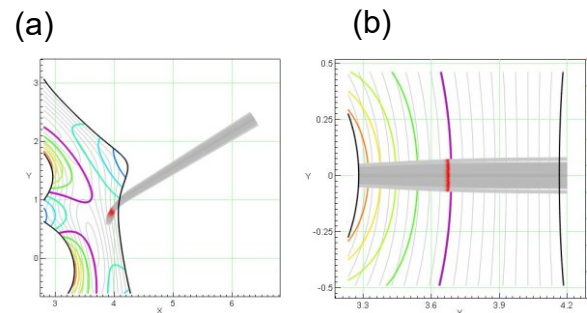


Fig. 1 Beam trajectories for (a) oblique injection of the O-mode. (b) new perpendicular injection.

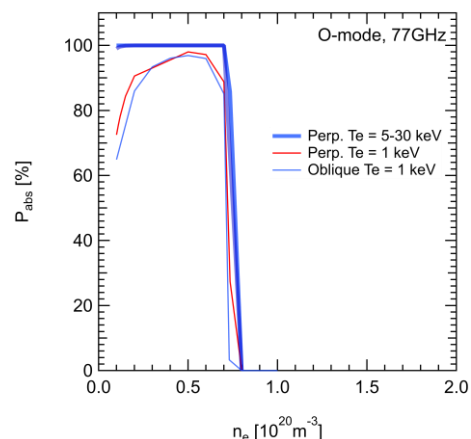


Fig. 2 Absorption efficiency of the O-mode injection of 77 GHz in the LHD.