

ヘリオトロン J における
Nd:YAG トムソン散乱計測装置を用いた電子内部輸送障壁の計測

**Measurement of an electron internal transport barrier
using a Nd:YAG Laser Thomson scattering system in Heliotron J**

釘持尚輝, 南貴司¹, 高橋千尋¹, 程崧明, 水内亨¹, 小林進二¹, 長崎百伸¹, 中村祐司,
岡田浩之¹, 門信一郎¹, 山本聡¹, 大島慎介¹, 木島滋¹, G. M. Weir¹, 大谷芳明, 佐野史道¹
N. Kenmochi, T. Minami¹, C. Takahashi², S. Tei, S. Kobayashi¹, T. Mizuuchi¹, F. Sano¹, *et al.*

京都大学大学院エネルギー科学研究科, 京都大学エネルギー理工学研究所¹
Graduate School of Energy Science, Kyoto University,
Institute of Advanced Energy, Kyoto University¹
kemmochi.naoki.62r@st.kyoto-u.ac.jp

磁場閉じ込めプラズマ研究におけるプラズマの輸送物理を解明するためには、プラズマ分布の詳細な計測が不可欠である。加えて、閉じ込め改善モードへの自発的な遷移に代表されるような遷移現象の物理機構の解明には時間的な変化をとらえることが非常に重要である。ヘリオトロン J 装置においてもプラズマ輸送を解析するために、高時間・高空間分解能を有する Nd:YAG トムソン散乱計測装置を開発し、電子温度・密度分布の時間発展を計測している[1]。

本計測システムは 550 mJ の Nd:YAG レーザー 2 台（発振周波数：50 Hz）を用い、径方向に 25 点（空間分解能~10 mm）の計測点を持つ。2 台のレーザーの発振タイミングを独立して高い時間精度で制御する装置を開発し、高時間分解能化を実現している[2]。プラズマの散乱光は立体角~50 mstr の大型凹面鏡（D=800 mm, f/1.31）により集光し、光ファイバーを通じて 25 台のポリクロメーター干渉計へ伝送する。各ポリクロメーターは干渉フィルターにより 5 つの波長帯域の散乱光を検出でき、感度を安定化させるために温度補償回路を組み込んだアバランシェフォトダイオード（APD）を検出器として用いている。以上の構成により、電子密度 $n_e > 0.5 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 、電子温度 $10 \text{ eV} < T_e < 10 \text{ keV}$ の計測範囲を実現している。

本装置による計測から、ECH を磁気軸に集光したプラズマにおいて中心部に急峻な勾配を持つ電子温度分布が観測された。電子密度が低くなるほど $\rho \sim 0.3$ より内側の電子温度勾配が上昇するとともに、勾配の形成に対して電子密度に閾値を持つことが確認された。加えて、ECH 入射パワーの増加に伴いプラズマ中心付近の電子温度勾配が上昇することも明らかになった。計測された電子温度・密度分布を元に熱輸送の解析を行い、障壁内部の輸送が改善されていることが示唆されている。この現象は、ヘリカル型装置で見られるコア電子ルート閉じ込め（Core Electron-Root Confinement）[3]の特徴を有しており、電子ルートに遷移することより実現される径電場シアが、プラズマ内部の輸送を低減していると考えられている。今後は電場及び揺動の計測からこの理論を検証するとともに、ヘリオトロン J の特徴である高い磁場制御性を生かし、温度勾配及び閾値の磁場依存性を解明していく。

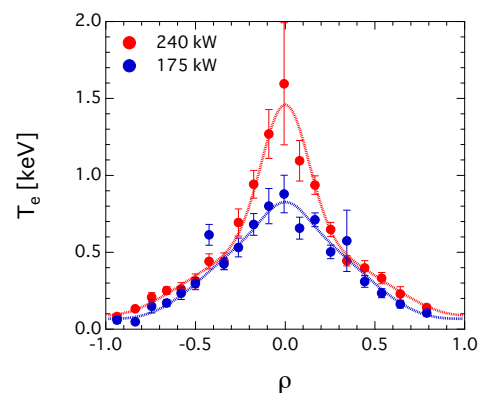


図1 ECH 入射パワー240 kW 及び 175 kW の際の電子温度分布。ECH 入射パワーの上昇に伴い中心部での急峻な温度分布が形成される。

- [1] N. Kenmochi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **85** (2014) 11D819.
- [2] N. Kenmochi *et al.*, Plasma and Fusion Res. **8** (2013) 2402117.
- [3] M. Yokoyama *et al.*, Nucl. Fusion **47** (2007) 1213