

QUEST におけるコンパクトトーラス入射による燃料供給過程での電子密度分布変化 Electron density profiles in fueling process by compact torus injection in QUEST

淡路谷 研吾¹, 福本 直之¹, 池田 拓弥¹, 花田 和明², 富樫 央³, 戸井田 和弥³,
永田 正義¹, 恩地 拓己², 出射 浩², 長谷川 真², 藤澤 彰英², 中村 一男²,
図子 秀樹², Kuzmin Arseniy Aleksandrovich², 江尻 晶³, 高瀬 雄一³,
永島 芳彦², 御手洗 修⁴, 東島 亜紀², 永田 貴大², 川崎 昌二²
K. Awajitani¹, N. Fukumoto¹, T. Ikeda¹, K. Hanada², H. Togashi³, K. Toida³,
M. Nagata¹, T. Onchi², H. Idei², M. Hasegawa², A. Fujisawa², *et al.*

¹兵庫県立大・院工, ²九大・応力研, ³東大・新領域, ⁴サスカチュワン大
¹GSE, Univ. Hyogo, ²RIAM, Kyushu Univ., ³GSFS, Univ. Tokyo, ⁴Univ. Sask. and IAE&PE

磁場閉じ込め核融合炉への先進的燃料補給技術の一つとしてコンパクトトーラス(CT)入射法の研究が行われている。CT入射法は、CTプラズマの中心対称軸上に構造物がないという利点を生かし、CTプラズマを高速で移送することで炉心プラズマの中心領域まで到達させ、燃料粒子の補給を行うものである。現在、兵庫県立大学では、九州大学のQUEST装置において、スフェリカル・トカマク(ST)プラズマへのCT入射を行い、先進的燃料補給法の開発とSTプラズマの高密度化を目指している。STプラズマは、従来のトカマクプラズマよりも閉じ込め磁場が低いことから、CTの入射条件が低く、プラズマ中心領域までの入射が容易である。また、入射するCTプラズマに対してポロイダル断面が広いことから、STプラズマ中へのCT進入深度を変えることにより、粒子の補給位置を径方向で変えやすい。このことから、CT入射パラメータを制御することで、CT入射深度を変えて粒子補給位置を変え、密度分布を制御することが考えられる。

今回のCT入射実験では、CT入射後にディスラプション無くプラズマ電流が維持できているRFパワー入射を伴ったオーミック加熱(OH)プラズマに対してCT入射を行った。そして、トムソン散乱計測(東大チーム開発)により、CT入射後のSTプラズマの径方向の電子密度分布を計測した。このトムソン散乱は、10 Hzの繰り返しレーザー発振で計測している。CT入射後の密度分布変化を調べるためには、CT入射後数十マイクロ秒から数ミリ秒の時間スケールで計測が必要となる。そこで、トムソン用レーザー発振を外部クロック導入により高精度化を図り、光絶縁された遅延回路の導入によりCT入射とトムソン計測時刻をマイクロ秒オーダーで遅延設定し、CT入射後の任意の時刻でのトムソン計測を可能とした。本実験では、CT入射後の70 μ sと2msの時点の電子密度・温度分布を計測した。ここでのCT入射装置の運転条件は、バイアス磁束用コンデンサ充電電圧を0.45, 0.5kV、プラズマ生成部10 kV、加速部24kV (+6 μ s)とした。図1に、各数ショットを平均した電子密度分布を示す。CT入射直後の70 μ sではSTプラズマ外側周辺部の

密度が上昇し、2msでは入射前と同じ中心部でのピーク分布で全体の密度が上昇している。これは、簡単な粒子供給モデルとして、CT入射により周辺部に供給された粒子が、その近傍の磁気面上をトロイダル方向全体に広がる時間スケールと一致している。ここで、CT入射装置の射出部でのCTパラメータとしては、中心領域への入射能力を有していること、さらに高密度化が可能な粒子数を有していることから、移送途中でのCTパラメータの劣化の可能性が考えられる。そこで、図2に示すCT入射装置の射出部と移送管の終端部の2点(間隔0.5 m)においてHe-Neレーザー干渉計を用いた電子密度計測を行った。これまでに平均電子密度が70%程度にまで減少していることが明らかになっているが、さらに総粒子数は約 4×10^{18} 個と半分程度にまで減少していることが分かった。これらのCTパラメータ劣化を抑制するため、CT移送管の改良および最適化を今後行う予定である。詳細は、講演で報告する。

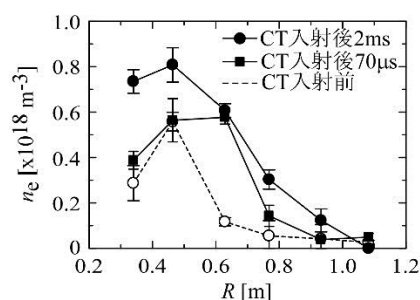


図1 CT入射後70 μ sと2msのSTプラズマの電子密度分布変化

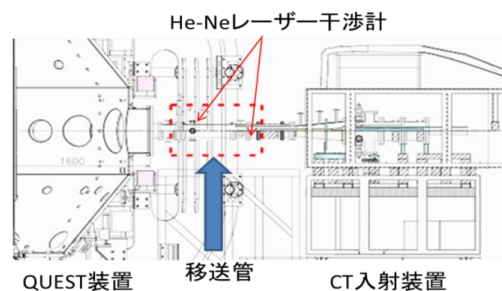


図2 移送中のCTパラメータ計測