

LHDにおける軽水素とヘリウムプラズマの粒子輸送の比較
Comparison of particle transport between hydrogen and helium plasma of LHD

大谷芳明¹⁾, 田中謙治²⁾, 牧野良平²⁾, 庄司主²⁾, 南貴司³⁾, LHD実験グループ²⁾
 Yoshiaki Ohtani¹⁾, Kenji Tanaka²⁾, Ryohei Makino²⁾, Mamoru Shoji²⁾, Takashi Minami³⁾,
 LHD experimental group²⁾

1) 京大エネ科, 2) 核融合研, 3) 京大エネ理工研
 1) GSES, 2) NIFS, 3) IAE

粒子輸送に対するプラズマのイオン種が与える影響を評価することは、将来の磁場閉じ込め核融合炉の性能を予測する上で重要な課題である。とりわけ、DT 反応で生じるヘリウムイオンの粒子輸送は、核融合炉において懸念されているヘリウム灰の蓄積を評価するために必要な知見となる。また、軽水素(H)プラズマとヘリウム(He)プラズマの粒子輸送の比較を行い、来年度から大型ヘリカル装置(LHD)において行われる重水素実験で重水素プラズマの粒子輸送を評価し本結果と合わせることで、ヘリカル系における粒子輸送に対するイオン種の効果を明らかにすることができる。

H プラズマと He プラズマの粒子輸送を調べるために、LHD においてガスパフによる密度変調実験を行った。プラズマは600kWの電子サイクロトロン共鳴加熱により加熱した。図1に各プラズマの解析区間における密度(n_e)・温度分布(T_e)及びEMC3-EIRENEを用いてECH放電でのH, Heプラズマに対して求めたソース分布(S_e)を示す。[1] プラズマの線平均電子密度は13 chの遠赤外レーザー干渉計により計測した。得られた線平均電子密度に対してガスパフの変調周波数をもつ成分(NL_e^{ilde})を高速フーリエ変換により評価した。各視線で得られた NL_e^{ilde} に対してTikhonov regularizationを適用することにより、電子密度の変調周波数成分の径方向分布(密度変調分布： \tilde{n}_e)を評価した。得られた密度変調分布の振幅(A)及び周辺からの変調の位相遅れ(ϕ)は、図2に示すようにH・Heプラズマ間で $\rho < 0.8$ の領域で違いがあった。

得られた密度変調分布に対して粒子輸送係数(粒子拡散係数D, 対流速度V)の評価を行った。粒子バランスの式($\partial \tilde{n}_e / \partial t = -\nabla \tilde{\Gamma}_e + \tilde{S}_e$, $\tilde{\Gamma}_e$: 粒子フラックス, \tilde{S}_e : 粒子ソース)と粒子フラックスの式($\tilde{\Gamma}_e = -D \nabla \tilde{n}_e + V \tilde{n}_e$)を、径方向分布を仮定したD及びVを用いて \tilde{n}_e について解き、実験値と一致するようなD及びVを探索した。ここで、 \tilde{S}_e には図1に示すソース分布を用いHとHeの粒子の侵入長を考慮した。また、本手法は、D, Vの評価結果にソースの絶対値は影響しない。

図3にHプラズマとHeプラズマのDとVを評価した結果を示す。Dは規格化小半径 $\rho < 0.4$ においてはHeプラズマの方が小さく、 $\rho > 0.8$ ではHeプラズマの方が大きかった。一方、内向きのVは $\rho < 0.8$ ではHプラズマの方が小さく、 $\rho > 0.8$ ではHeプラズマの方が小さかった。

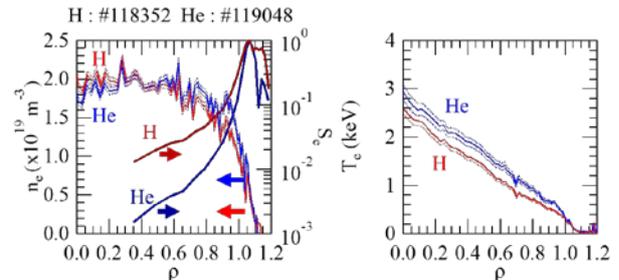


図1. H, He プラズマの(左)密度分布・ソース分布及び(右)位相遅れの分布。

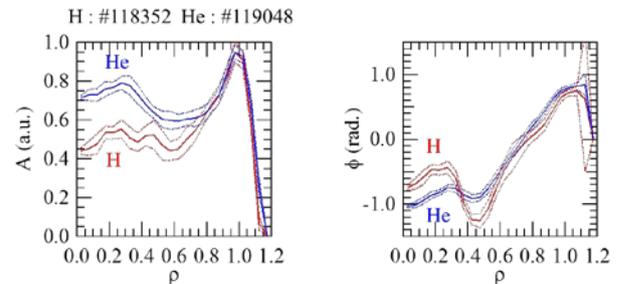


図2. H, He プラズマの(左)密度変調分布の振幅及び(右)位相遅れの分布。

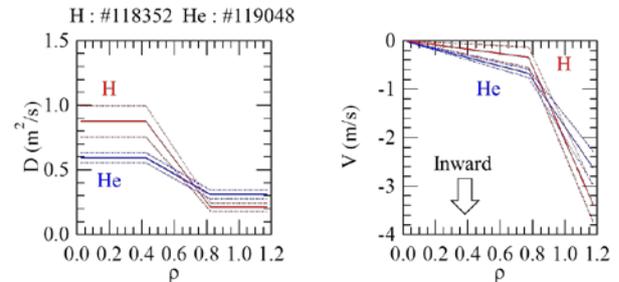


図3. H, He プラズマの(左)D及び(右)Vの径方向分布。

[1] M. Shoji et al., J. Nucl. Mater. Vol. 363–365, 15, June (2007), 827–832