

LHD における不純物イオンを加えた軽水素プラズマに対する
NBI 加熱のモンテカルロ解析
Monte-Carlo Analysis of NBI Heating for Hydrogen Plasma
including Impurity Ions

早川衛、松本裕、關良輔¹、鈴木康浩¹、長壁正樹¹、富岡智、山内有二
Mamoru Hayakawa, Yutaka Matsumoto, Ryosuke Seki¹, Yasuhiro Suzuki¹,
Masaki Osakabe¹, Satoshi Tomioka, Yuji Yamauchi

北大院工，核融合研¹
Hokkaido Univ., NIFS¹

1. 背景

LHD実験において、HeガスパフやCペレット入射により不純物を加えたHプラズマにNBI加熱を行うと、プラズマ中心でイオン温度 T_i が上昇するという結果が報告されている[1,2]。この実験に基づいて行われたNBI加熱の数値解析[3]では、中心イオン温度が上昇する原因は明らかにされていない。この解析では最外殻磁気面の内外を行き来する再突入粒子が損失粒子と見なされているため、NBIの吸収パワーが過小評価されている可能性がある。そこで本研究では、様々な不純物イオン分布を持つHプラズマを仮定し、NBI加熱に対して不純物イオンが与える影響を再突入粒子の寄与も考慮して解析した。

2. 解析条件

背景プラズマの電子密度分布、温度分布を規格化平均小半径 ρ を用いて、それぞれ $n_e = 10^{19}(1 - 0.9\rho^8) [\text{m}^{-3}]$ 、 $T_e = 3 - 2.7\rho^2 [\text{keV}]$ とした。不純物を含めた背景プラズマ中のイオン密度を中性条件を満たすように決定した。また、イオンの温度分布は電子と等しいとした。計算には磁気軸上磁場強度 $B_{ax} = 2.75 \text{ T}$ の真空磁場を採用した。これらの条件を用いて、NBIによって入射された高速イオンによるプラズマ加熱を解析した。

3. 解析結果

実効電荷 $Z_{\text{eff}} = \sum_j Z_j^2 n_j / \sum_j Z_j n_j$ ($j = \text{H, He, C}$)に対するプラズマ中心($\rho = 0$)におけるイオン1個当たりの吸収パワー \hat{P} を図1に示す。図1より、 Z_{eff} の増加に従って \hat{P} は増加するという文献[3]と同じ傾向が見られた。図2は $Z_{\text{eff}} = 3$ としたときの背景プラズマ中の各粒子への吸収パワー密度分布である。実線および破線はそれぞれ再突入粒子の寄与を考慮した場合および考慮していない場合である。最外殻磁気面周辺($\rho \cong 1$)では、電子への吸収パワー

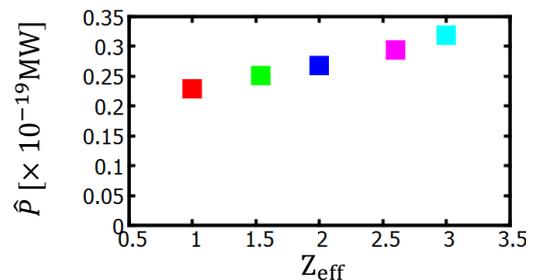


図1 プラズマ中心におけるイオン1個当たりの吸収パワー

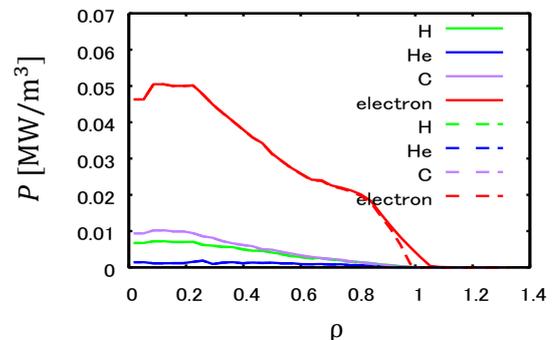


図2 プラズマ中の各粒子への吸収パワー密度分布($Z_{\text{eff}} = 3$)
(NBIは順方向接線入射、入射パワーは1 MWとした)

に対する、再突入粒子の寄与が見られたが、 $0 \leq \rho < 0.9$ では当該寄与は見られなかった。これは、本研究で使用した磁場ではドリフトによる軌道のずれが小さく、再突入粒子が少なかったためであると考えられる。

4. まとめ

Z_{eff} が異なるプラズマへのNBI加熱に対して不純物イオンが与える影響を解析した。講演では、Hプラズマに対する結果とあわせ、Dプラズマに対する結果についても報告する予定である。

[1] H. Takahashi *et al.*, Nucl. Fusion **53**, 073034 (2013).

[2] K. Nagaoka *et al.*, Nucl. Fusion **51**, 083022 (2011).

[3] H. Yamaguchi *et al.*, Plasma Fusion Res. **9**, 3403127 (2014).