

ヘリウム・軽/重水素混合プラズマの非接触化にみられる同位体効果  
**Isotope effects in detached helium and hydrogen/deuterium mixed plasma**

郭欣玥<sup>1)</sup>, 田中宏彦<sup>1)</sup>, 梶田信<sup>2)</sup>, 大野哲靖<sup>1)</sup>  
 Guo Xinyue<sup>1)</sup>, Tanaka Hirohiko<sup>1)</sup>, Kajita Shin<sup>2)</sup>, Ohno Noriyasu<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>名大, <sup>2)</sup>名大未来研  
<sup>1)</sup>Nagoya Univ., <sup>2)</sup>IMaSS, Nagoya Univ.

将来の熱核融合装置 (ITER、原型炉) では、ダイバータ板の損傷を許容範囲内に抑えるため[1][2]、非接触プラズマを生成して壁への熱負荷を著しく低減する必要がある。炉心から漏れ出た高温の周辺プラズマを、体積再結合が発生する十分な低温まで冷却するため、近年、窒素やネオンなどの不純物ガスを導入することで放射損失を増大させる手法が精力的に研究されている[3]。さらに、不純物の導入がなくても、核融合炉では水素同位体とヘリウム (He) 灰の混合プラズマが生成される。このような多粒子種の混合プラズマ中の原子・分子過程は極めて複雑となり、非接触プラズマ生成に与える影響は十分に明らかとなっていない。したがって、多様な診断システムと再現性を備えた直線型装置を用いて、多粒子種混合プラズマの詳細な測定を行うことが重要である。

本研究では、直線型装置NAGDIS-IIを使用して、Heプラズマに軽水素 (H<sub>2</sub>) または重水素 (D<sub>2</sub>) を混合したときの非接触プラズマ生成への影響について、分光および静電プローブによる調査を行った。装置上流からは一定流量でHeを導入し、下流からH<sub>2</sub>、D<sub>2</sub>、またはHe (比較用) の流量を変えて導入した。磁場の強さは0.2 Tとした。分光計測と静電プローブ計測は、それぞれ  $x = 1.23 \text{ m}$ ,  $1.56 \text{ m}$ ,  $1.72 \text{ m}$  と  $1.36 \text{ m} < x < 2.02 \text{ m}$  で行った。ここで  $x$  はアノードからの距離である。

図1に  $n_e$  の軸方向分布を示す。 $\Delta P_n$  は、中性ガス注入前の中性ガス圧力 (6.5 mTorr) からの増加分を表す。He (上流) +D<sub>2</sub> (下流) と He+He の場合の  $n_e$  分布は類似しており、下流ガス流量の増加に伴い下流側での  $n_e$  の急減が見られる。一方、He+H<sub>2</sub> の場合には、 $x \sim 1.4 \text{ m}$  の上流の  $n_e$  も含めて低下が確認される。下流からのH<sub>2</sub>導入時の上流密度減少は先行研究[4]と一致しており、分子活性化再結合 (MAR) に起因する可能性が指摘されている。図2にH<sub>2</sub>、D<sub>2</sub>導入時のバルマー系列の  $H_\alpha/H_\gamma$  と  $D_\alpha/D_\gamma$  発光強度比を示す。

上流側の  $H_\alpha/H_\gamma$  は  $D_\alpha/D_\gamma$  より著しく大きい。これは、上流側でMARが発生していることを示唆している。

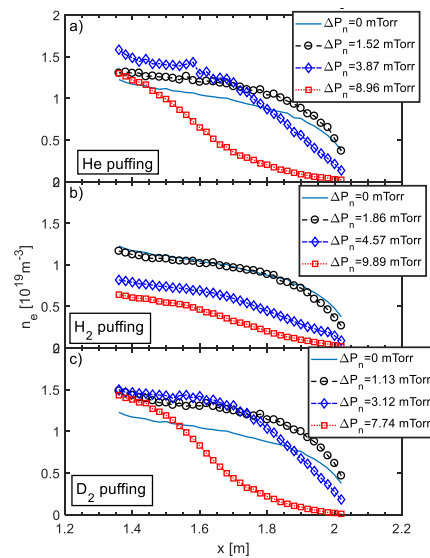


図1 電子密度 ( $n_e$ ) 軸方向分布

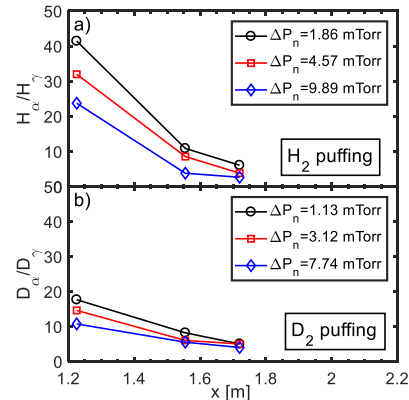


図2  $H_\alpha/H_\gamma$  と  $D_\alpha/D_\gamma$  軸方向分布

[1] K. TOBITA, *et al.*, Nucl. Fusion **49** (2009) 075029.  
 [2] KALLENBACH, A. *et al.*, Journal of Nuclear Materials **415** (2011) S19.  
 [3] EZUMI, N. *et al.*, Nucl. Fusion **59** (2019) 066030.  
 [4] D. Nishijima *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **44** (2002) 597.