

GAMMA 10/PDXにおけるイオンセンシティブプローブを用いた不純物ガス導入時のイオン温度計測

Ion temperature measurement using an ion sensitive probe during impurity gas seeding in GAMMA 10/PDX

岡本拓馬¹、江角直道¹、東郷訓¹、蒲生宙樹¹、杉山吏作^{1,2}、重松直希¹、
瀬戸拓実¹、高梨宏介¹、高橋理志¹、坂本瑞樹¹

OKAMOTO Takuma¹, EZUMI Naomichi¹, TOGO Satoshi¹, GAMO Hiroki¹ et al.

¹筑波大プラズマ研、²総研大

¹Univ. of Tsukuba, ²SOKENDAI

1.研究背景・目的

核融合発電実現に向けた課題の1つは、熱・粒子の制御を担うダイバータに集中する高熱粒子束負荷を低減することである。この課題を解決するためにプラズマとガスとの相互作用を利用した非接触プラズマを形成する手法が検討されている。非接触プラズマ形成には、中性粒子・イオン・電子に関わる反応が重要であるため、それらのエネルギーバランスの理解は重要である。そこで本研究は、不純物ガスがイオン温度に与える影響を調査するためにイオンセンシティブプローブ(ISP)[1]を用いて実験を行った。実験にはGAMMA 10/PDXのダイバータ模擬実験モジュール(D-module)[2]を用いた。

2.実験方法

本研究では、非接触プラズマ形成過程で不純物ガスがイオン温度に与える影響を調べるために、D-module内に水素ガスと不純物ガス(H₂, N₂, Ne, Ar)を重畳入射し非接触プラズマを形成した。プラズマの点火時間を400 msec(50~450 msec)とし、120 msecから不純物ガス、170 msecから水素ガスが入るように調整した。水素ガスの圧力に対して不純物ガスは10%程である。ISP計測ではイオン温度を計測するとともに、不純物イオンの影響を調べるために、ISPコレクタ電流の変化を調べた。

3.実験結果・考察

図1(a)に水素ガスと不純物ガスを重畳入射した時のISPで評価したイオン温度時間変化を示す。D-module内に設置されているISPの電極構造と磁場配位から、どのガス種でもイオン温度が4 eV付近で一定となることが確認された。イオン温度低下の原因は、周辺の静電プローブで評価した電子密度の時間変化(図1b)から不純物ガスの電離により発生した低温の不純物イオンの影響やそれら

の荷電交換反応・弾性衝突によると考えられる。Ne重畳入射時にイオン温度が高くなっている理由は、荷電交換反応の反応断面積がN₂・Arに比べ小さいことが影響しているものだと考えられる。ISPコレクタ電極での電流値変化を図1(c)に示す。不純物ガスを入射した時間帯でガス圧の上昇とともに電流値が増加する傾向が確認された。この変化はラーマ半径の大きい不純物イオンによるものと考えられる。電流が増加する時間帯では、イオン温度が2成分となっている可能性が考えられ、不純物イオンの量を適切に評価することでベースとなる水素イオンと不純物イオン、それぞれの温度を評価できる可能性がある。

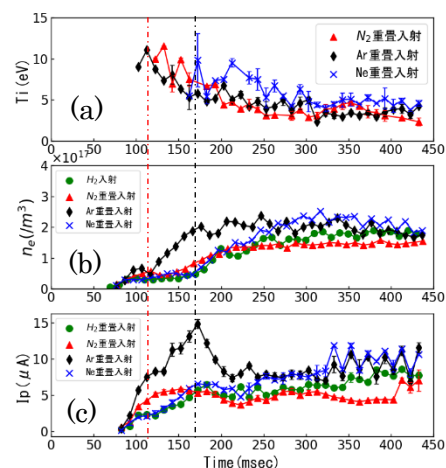


図1: (a)イオン温度、(b)電子密度、(c)コレクタ電流時間変化の入射ガスによる比較
(赤破線:不純物ガス入、黒破線:水素ガス入)

本研究はJSPS科研費 JP19K03790, JP22H01198 および 自然科学研究機構・核融合科学研究所 双方向型共同研究(NIFS19KUGM137, NIFS19KUGM146 and NIFS20KUGM148)の支援のもと実施されました。

[1] I. Katsumata, Contrib. Plasma Physics, 36, S, 73-80, (1996)

[2] Hiroki GAMO et al. PFR Articles. Vol 16 (2021), 2402041