

NBI用ガス/光中性化セルにおける中性化効率の検討 Numerical study for the design of photo-gas neutralizer in NBI systems

松浦宏太、小室淳史、高橋和貴、安藤晃
Kouta Matsuura, Atsushi Komuro, Kazunori Takahashi, Akira Ando

東北大院・工
Department of Electrical Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

中性粒子入射 (Neutral Beam Injection) 法は、核融合プラズマの主加熱手法として開発が進められている。ITER-NBIでは、ビームエネルギー1 MeVの中性粒子ビームを入射することが計画されており、水素/重水素大電力ビーム実現のために大型負イオン源と加速、中性化セル、クライオパネル等を含めたビームラインの開発が行われてきた。

負イオン源から高エネルギーに加速された粒子ビームを中性化するために現在はガス中性化方式が使用されている。この方式は、中性化セル内のガスとイオンビームとの荷電交換反応により中性化を行う方式で、中性化効率の上限は理論上約60%である。

負イオンビームの中性化方式にはガス方式以外にプラズマ中性化及び光中性化方式がある。光中性化方式では負イオンビーム中にレーザー光を通すことで、光脱離反応により、ビームを中性化する方法である。この方式では、理論上では95%という非常に高い中性化効率を実現できる[1]。また、ガス中性化と異なり、高い負イオンビームエネルギーにおいても中性化効率が低下せず、高効率に中性ビーム入射(NBI)を行うことができる。

しかしながら、この方式には非常に高出力のレーザー光を定常に照射する必要があるため、実現は難しいと考えられてきた。ところが、現在の半導体レーザー技術の著しい発展に従って、高出力の定常半導体レーザーが次々と実現し、光中性化セルの実用化も検討に値する時期となっている[2]。理論上の上限である95%の中性化効率を達成するに十分な光強度を実現するのははまだ難しいものの、従来のガス中性化と光中性化を組み合わせることで、効率の良いNBIシステムの構築を行える可能性がある。

本研究では、ガス中性化と光中性化とを同時に行う混合システムについて検討を進め、必要な光強度とのモデリングを行い、中性化効率変化の計算を行った。図1に構成図を、図2は背景ガス密

度一定の中性化セルにおいて、ガス密度とレーザー出力を変化させた際に得られる最大中性化効率を示したものである(計算領域 $z=0\sim 10$ m)。この図より、低ガス圧条件下ではレーザー光照射により中性化効率の大幅な増加がみられた。さらに、二次元PIC/MCシミュレーションを用いて、混合中性化セル中でのビームプラズマの効果の検討も行っている。詳細は講演にて述べる。

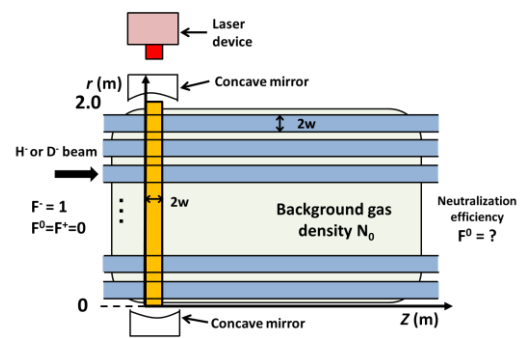


Fig.1 ガスおよび光中性化による混合システム

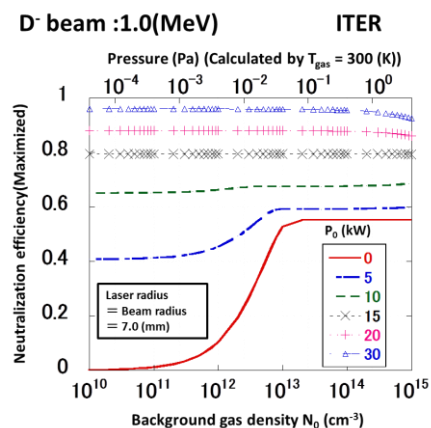


Fig.2 ITER-NBIにおける、背景ガス密度 N_0 とレーザー出力 P_0 の変化にて得られる最大中性化効率

Reference

- [1] J.H.Fink, et al., Laerence Livermore Natl.Lab.(1975),UCRL-16844
- [2] M. Kovari and B. Crowley, *Fusion Engineering and Design*, **85** (2010) 745 -751.