

# アルファ粒子計測のためのヘリウム基底状態中性粒子ビーム開発

岡本敦、西村秀俊、ほか

東北大学大学院工学研究科

燃焼プラズマ中のアルファ粒子挙動を解明するために、ヘリウム中性粒子( $\text{He}^0$ )ビームとの二重荷電交換反応を利用した計測法が提案されている。プラズマ中心部への浸入長や反応断面積の観点から計測に用いるヘリウム中性粒子ビームは基底状態にあることが望ましい。このようなビームの生成法としてヘリウム負イオン( $\text{He}^-$ )ビームの自発脱離が提案されている。そこで、 $\text{He}^-$ ビームおよび中性化された  $\text{He}^0$  ビームの品質を詳細に研究することを目的とし、原理検証実験を行っている。原理検証実験では、小型イオン源からビーム電流 10mA 程度、最大 25keV の正イオン( $\text{He}^+$ )ビームを引き出し、アルカリ金属ガスセルに入射する。ガスセル中の二重荷電交換により生成された  $\text{He}^-$  を分離および追加速し、自発脱離により  $\text{He}^0$  ビームを生成する。現在、ビームラインを構成する真空部品の設置中で、電源や配管などの接続を行ったのち、上流部から順次性能試験を行う。今後一年間でアルカリ金属ガスセル通過後の実効的な荷電交換率が計測され、分離した負イオンビームのエミッタンス測定へ研究が進展する予定である。

これらの計測と並んで、中性粒子ビームに含まれる準安定状態の割合の計測も重要である。そこで、本研究ではビームラインの建設と並行して、基底状態-準安定状態占有密度比の計測法を開発している。一つは高密度プラズマ中のビーム減衰を利用する方法である。エネルギー100-200keV の  $\text{He}^0$  ビームをプラズマに入射すると、ビーム減衰過程においてイオン衝突による電離が支配的となる。電離断面積が基底状態からと準安定状態からとで大きく異なるため、プラズマ中のビーム減衰長を計測することで基底状態-準安定状態占有密度比を評価することができる。この計測には線密度  $10^{19} \text{ m}^{-2}$  程度のプラズマが必要であるため、ヘリコン波放電により長さ 1m、密度  $10^{19} \text{ m}^{-3}$  のプラズマを生成すべく装置の整備を行っている。

一方、レーザー吸収分光などにより準安定状態占有密度を直接計測する方法も検討している。レーザーを用いる計測法では、準安定状態占有密度を直接計測することが可能である。本研究ではヘリウム準安定状態に対する吸収分光( $2^3\text{S}-2^3\text{P}$ , 1083nm)を波長可変半導体レーザーを用いて試みる予定である。計測の対象となる中性粒子ビームが非常に低密度であるため、計測の可能性を探るために計測下限密度の評価を行うとともに、レーザー吸収分光計測系の性能評価をビーム開発と独立に行うために、準安定粒子生成装置を製作している。