

光中性化セルにおける光強度分布のシミュレーションおよび計測 Simulation and measurement of optical intensity distribution in photo-neutralizer

石富 雅士 安藤 晃
MASASHI Ishitomi AKIRA Ando

東北大学
Tohoku university

1. はじめに

現在、利用されている原子力発電や火力発電などの方法には、放射性廃棄物の処理や温室効果ガスによる地球温暖化といったデメリットが存在するため、それらに代わる安全かつクリーンな発電方法として核融合発電にむけた研究が世界的に実施されている。国際核融合実験炉ITERの建設が精力的に進められているが、主要なプラズマ加熱手法として中性粒子入射装置(NBI)が準備され、ビームエネルギー1MeVで数10Aの重水素負イオンを加速し、中性化した後プラズマに入射する計画が進められている。

負イオンの中性化にはガスセル、プラズマセル、光セルがそれぞれ提案されているが、現状で利用されているのはガス中性化を用いたガスセルであり、1MeV領域では中性化効率は約60%にとどまる。一方で光中性化を用いることで、この中性化効率は95%まで向上させることが出来、入射エネルギーの大幅な改善が期待できる。さらに中性化されなかった不要な正負イオンビームの除去に必要なビームダンプの低減や、ガスセルへのガス供給に伴うクライオパネルへのガス負荷の低減も期待でき、NBIシステム全体の大幅な性能改善が期待できる。

光脱離過程による負イオンの中性化過程は既にイオン源中の負イオン密度計測で利用されているが、中性化セルに用いるには十分な光強度を定常で得られる光源（レーザー）がなく、これまで十分な研究が行われてこなかった。

本研究では、将来のNBIシステムで必要とされる光中性化セルの設計とともに光セルの基礎実験を行うことを目的とし、光中性化セルにおける光脱離効果と共にビームによるガス電離効果を取り入れたPICシミュレーションを進め、さらに光セル構成の基礎実験を進めている。

2. シミュレーションと実験方法・結果

PICシミュレーションによる中性化効率の計算を行った一例を図1に示す。ITER-NBI用中性化セルを模擬し、ガスセルを0.6mから3.6mに設定し、

ガスセルとしてのガス流入量を半減した上で3.5mの位置に10kWのレーザー光を入射した際のビーム成分の変化を示している。この際、レーザー光入射により中性化効率が80%近くまで上昇することがわかる。この際、ガス中性化と組み合わせることで、必要なレーザー光電力の低減と共に、中性化したビームの発散角を抑えることが期待できるという結果も得られている。

また、光中性化セルの実現に向けて、レーザー光の光強度分布を測定することを目的として基礎研究を進めている。光強度検出のためのディテクターを作成し、その評価実験を行った。He-Ne光の光強度分布を観測した例を図2に示すが、今後光強度分布を測定する上で十分な検出分解能を有していることが分かった。今後は、実際にキャビティ部を設計し、今回作成したフォトディテクターを用いて、光強度分布を測定していく。

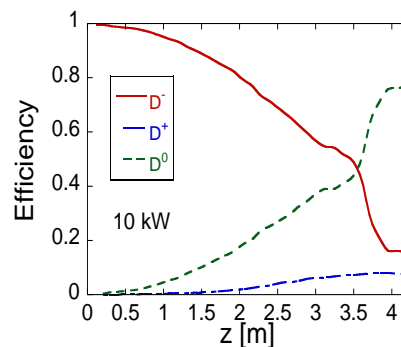


図1 ガス及び光中性化セルによる重水素負イオンビームの中性化効果

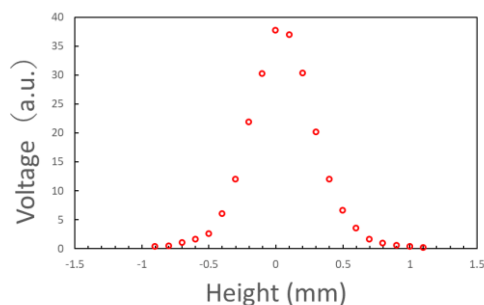


図2 レーザー光の光強度分布測定結果