

新型水素負イオン源を用いたLHD大電力入射

High Power Beam Injection by using a New Negative Hydrogen Ion Source for LHD-NBI

津守 克嘉, 浅野 史朗¹, 長壁 正樹, 永岡 賢一, 竹入 康彦, 金子 修, 池田 勝則, 岡 良秀
 鈴木 靖生¹, 渡辺 順子¹, 奥山 利久¹, 市橋 公嗣¹, 河本 俊和, 浅野 英児, 佐藤 守, 近藤 友紀
 文部科学省・核融合科学研究所、¹(株)東芝

TSUMORI Katsuyoshi, ASANO Shiro¹, OSAKABE Masaki, NAGAOKA Ken-ichi, TAKEIRI Yasuhiko,
 KANEKO Osamu, IKEDA Katsunori, OKA Yoshihide, SUZUKI Yasuo¹, WATANABE Junko, OKUYAMA
 Toshihisa¹, ICHIHASHI Kouji¹, KAWAMOTO Toshikazu, ASANO Eiji, SATOU Mamoru
 and KONDOU Tomoki.

National Institute for Fusion Science, ¹TOSHIBA Co.

中性粒子入射加熱装置 (NBI) に水素負イオン源を用いる最大の理由は、水素負イオンがプロトンに比べ 100 keV 以上のビームエネルギー領域でより高い中性化効率を持つためである。このため高エネルギーでのビーム入射が必要とされる大型プラズマ閉じ込め装置のために水素負イオン源を用いた NBI が開発され、現在多くのノウハウの蓄積によって確立した技術となりつつあり、また ITER 用 NBI としても計画が進められている。

水素負イオン源型 NBI は大電力ビームを高エネルギー域で加速するため、従来の正イオン源型 NBI には無かった NBI 用ビーム加速技術が必要とされる。また水素負イオンビーム加速の場合にはイオン源から水素負イオンとともに引き出される電子ビームの処理、ビーム加速域での水素負イオンビームと中性ガスとの衝突で生じる電子ビームの発生を考慮しなければならない。これらの水素負イオンビームが持つ特徴は、電極への水素負イオンや電子ビームによる熱負荷と二次イオンの発生による電極間のブレイクダウンとして現れる。視点を変えると熱負荷の高い電極のビーム透過度を上げることによって、電極間ブレイクダウンを軽減することができ、結果として最大ビーム電力の増加が期待できる。この考えを元に核融合科学研究所では、昨年度より NBI 1 号機に開口度が高い多スロット接地電極とステアリング電極を組合せたビーム加速系を持つ新型水素負イオン源を導入し、大型ヘリカル装置 (LHD) へのビーム入射を行った。この多スロット型接地電極は従来の多孔電極に比べ二倍程度の開口度を持っており、電極への熱負荷も従来の多孔接地電極の半分程度に軽減している。この多スロット接地電極の採用によって電極間耐圧が上昇し、コンディショニング期間を飛躍的に短縮することが出来た。また、従来の最大入射ビーム電力 3.6 MW (165 keV) を、4.4 MW (180 keV : LHD-NBI ミッション値) へ増加させることに成功した。

スロット電極の採用によって、ビーム入射電力とエネルギーの上昇に進展が見られたが、同電極は長所だけを持つわけではない。すなわち、スロット接地電極を用いた場合には、スロット長軸方向の電界分布のビーム発散成分が短軸方向の成分に比べ低いために、図 1 に示すようにスロット長軸方向と短軸方向の焦点

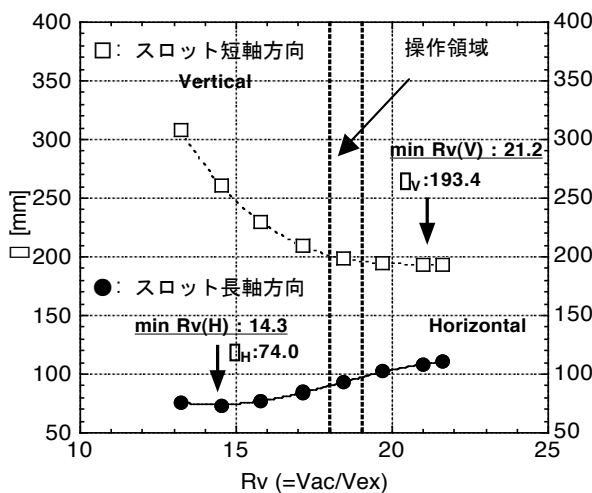


図 1. 加速・引出電圧比、 R_v とスロット長軸方向 (●) と短軸方向 (□) のカロリーメーターアレイ位置での両方向ビーム幅の変化。

条件に不一致を生じる。このため単一孔から引出された水素負イオンビームレットの断面形状は楕円形状になる。実際のビーム入射実験ではビーム入射ポート通過率を最大にするような条件である長軸、短軸方向の焦点条件の中間値を用いているが (同図参照)、同条件では、スロット短軸側のビーム幅が幾分広がり、ビームの一部が入射ポート壁のアーマーに衝突する。この短所を改善するためには、スロット接地電極よりビーム上流側にあるステアリング電極周辺の構造と同電極孔形状を変形し、ビーム収束に対して最適化を行う必要がある。

本講演では昨年度の多スロット電極型負イオン源のビーム入射特性、本年度の入射実績の進展、ステアリング電極孔を楕円形状にした場合のビーム軌道とその断面の計算結果、そして、可能であれば楕円孔型ステアリング電極を備えた開発用 1/3 イオン源の実験結果についての報告を行う予定である。