

# JT-60SA に向けた負イオン源の高耐電圧改造と 500keV ビーム加速の実証

田中豊、小島有志、花田磨砂也、JT-60NBI グループ

日本原子力研究開発機構

JT-60 では、1996 年に世界に先駆けて、負イオン源を用いた中性粒子ビーム入射装置(N-NBI)を導入した。これまでに、N-NBI では、ビームエネルギー410keV(1.9MW、0.5 秒)、パルス幅 30 秒(340keV、1.7MW)を達成し、JT-60 のプラズマ研究に大きく貢献する性能が得られている。しかし、次期装置である JT-60SA においては、現在の性能を大幅に上回る 500keV、10MW、100 秒入射が求められている。N-NBI のビームエネルギーやパルス幅は、負イオン源の真空絶縁破壊により制限されているため、N-NBI の性能改善へ向けて、負イオン源の高耐電圧化が課題となっている。

負イオン源加速部は、直列 3 段の静電加速器になっており、ガラス繊維強化プラスチック (FRP) で各段を絶縁し、500kV を保持する構造となっている。まず、負イオン源内部の真空絶縁破壊の原因を調べるために、加速部の電界計算を行った。その結果、電極支持枠の端部において、加速電極間の平等電界(3kV/mm)よりも高い電界(5.2-5.5kV/mm)が形成されていることが判明した(図 1 左)。さらに、負イオン源メンテナンス時の内部観察から、同領域に放電痕が多数確認され、絶縁破壊が生じている可能性が高いことが判明した。そこで、500kV が保持可能なギャップ長を決めるために、単段耐電圧のギャップ長依存性を調べた。その結果、電極間の最短距離と共に耐電圧が上昇し、3 段で 500kV を保持するには、1 段あたり 70mm 程度のギャップ長が必要であることが分かった。この結果を受け、電極支持枠端部における電極間隔を伸ばす改造を行い(図 1 右)、耐電圧試験を行った。3 秒パルスで高電圧を印加し、負イオン源のコンディショニングを進め、約 1 時間後、定格である 500kV に到達した(図 2)。さらに、同電圧を、絶縁破壊すること無く、加速電源の制限パルス幅である 40 秒間安定に維持し、長パルス入射に向けた見通しを得た。その後、改造イオン源を用いて、負イオンビーム加速試験を行い、真空耐電圧・ビーム光学共に問題なく、500keV、3A の H ビームを生成した。

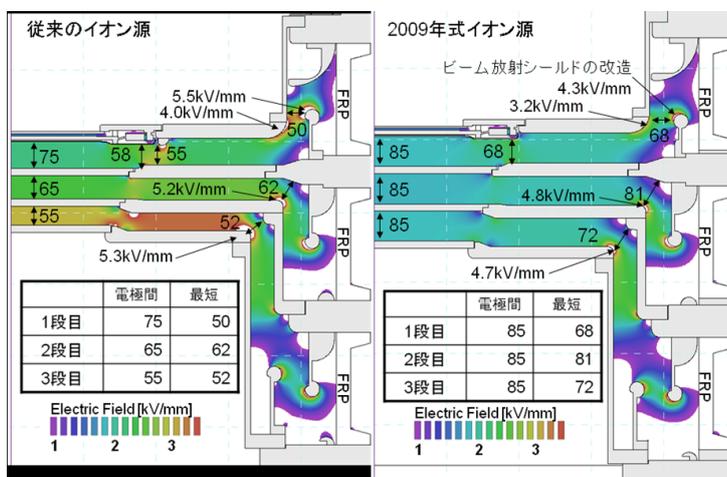


図 1. (左)従来と(右)2009 年式イオン源の電界分布

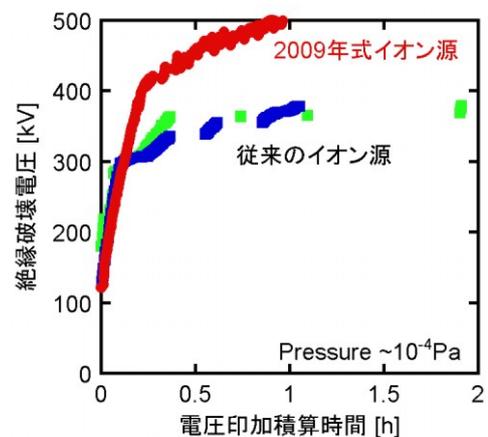


図 2. コンディショニング中の絶縁破壊電圧の時間変化