

3-6 大面積負イオンビームの高エネルギー化に成功 - JT-60SA中性粒子ビーム入射装置の実現に大きく貢献 -

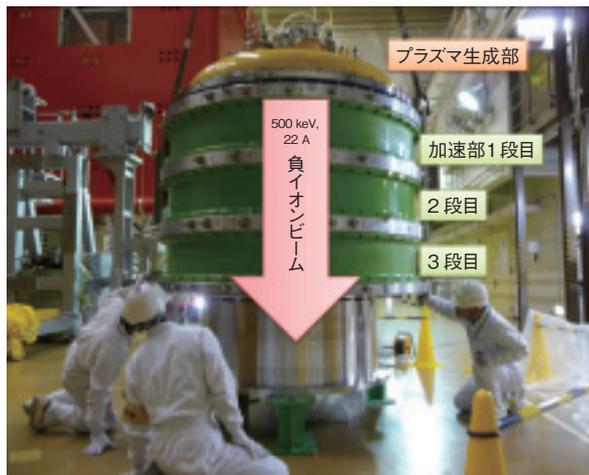


図 3-15 JT-60用500 keV負イオン源の改良
JT-60用負イオン源は世界最大（高さ1.8 m、直径2 m、重量約6.5 t）の負イオン源で、500 keVの水素負イオンビームを22 A生成します。

図 3-17 負イオン源高エネルギー化の進展
図 3-16で得られた結果をもとに負イオン源を改良して、加速電源の出力限界である500 keVの負イオンビームを3 Aまで加速することに成功しました。これはJT-60SA用負イオン源の加速エネルギーの要求を満たす成果です。

核融合装置では、核融合反応が効率良く起こる温度までプラズマを加熱するとともにプラズマ内部に外部から電流を駆動するため、中性の水素ビームをプラズマ中に入射します。ITERや将来の核融合炉においては、プラズマの中心部を加熱するために従来のビーム（約100 keV）よりも高エネルギーなビームが必要とされています。臨界プラズマ試験装置（JT-60）では、水素の負イオン源（図 3-15）を用いた高エネルギー中性粒子ビーム入射装置を世界に先駆けて建設し、高エネルギービームを利用したプラズマ実験や負イオン源の開発を行ってきました。

しかし、設計エネルギー 500 keVの負イオン源の耐電圧性能が不足していたことにより、その最大エネルギーが420 keV程度に制限されていました。この負イオン源の耐電圧は、面積が約0.02 m²の小型電極の耐電圧性能をもとに設計されており、約2 m²と100倍大きい面積を持つ大型負イオン源の耐電圧特性は調べられておらず、必要な真空絶縁距離を予測することができていませんでした。

そこで私たちは、負イオン源の高エネルギー化のために、負イオン源の真空絶縁距離を調整して大面積電極の耐電圧特性を調べました。その結果、図 3-16に示すよ

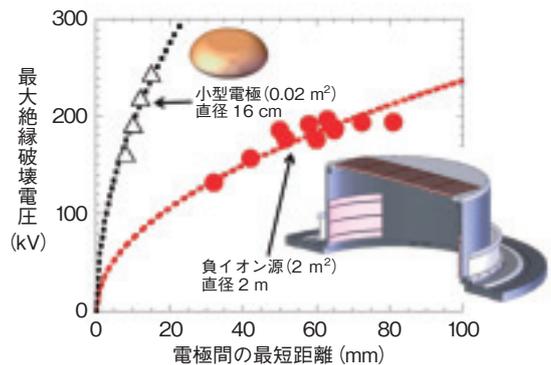
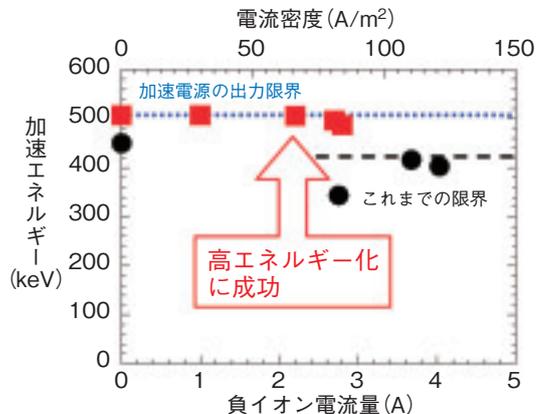


図 3-16 負イオン源加速電極と小型電極の耐電圧特性
1段分の大面積電極と小型電極の真空耐電圧特性を取得しました。JT-60用負イオン源はこれを3段重ねて500 kVを保持する設計です。



うに、負イオン源の大面積電極は小型電極よりも非常に長い真空絶縁距離を確保する必要があることがわかりました。また、小型電極に強電界を発生させた実験を行い、耐電圧が電界分布と面積の両方の影響で低下することを明らかにしました。これらの結果は、JT-60SAやITERに向けて現在開発している負イオン源の耐電圧設計を行うための、貴重なデータベースとなりました。

そして、負イオン源実機を用いて得た、このデータベースをもとにして負イオン源の改良を実施したところ、500 kVの高電圧を安定に保持できるようになりました。その結果、図 3-17に示すように、これまでの最高エネルギーを大きく上回り、加速電源の出力限界である500 keVのエネルギーで約3 Aのビームを加速することに成功しました。

今回の成果のキーポイントは、負イオン源の中で最も短かった真空絶縁距離を広げたことです。この成果により、500 keVのビームを必要とするJT-60SA用中性粒子ビーム入射装置の実現に大きく貢献するとともに、学術的には、大面積電極の真空耐電圧特性の新たな知見を得ました。

●参考文献

Kojima, A. et al., Achievement and Improvement of the JT-60U Negative Ion Source for JT-60 Super Advanced, Review of Scientific Instruments, vol.81, issue 2, 2010, p.02B112-1-02B112-5.