

SK104 核融合用大出力イオンビーム開発の進展と波及

Progress of high power ion beam development for fusion

and application

渡邊和弘

原子力機構

Kazuhiro Watanabe

Japan Atomic Energy Agency

watanabe.kazuhiro@jaea.go.jp

原子力機構では、JT-60 中性粒子入射装置 (NBI) や ITER NBI の開発を通して、水素(重水素) 正、負イオン源の大出力化開発を行ってきた。正イオン源では、100keV, 40A 出力の JT-60 NBI イオン源の他、8cm 幅で 1m に渡る大面積ビーム生成の可能な大型イオン源が実現された。それらの高性能ソースプラズマ生成技術をベースに、セシウム添加型体積生成方式の負イオン源の開発によって、JT-60 負イオン NBI (N-NBI) では 45cm x 1.2m の面積から 20A を超える出力の負イオン源が実用に供されている。目下、ITER NBI (1MeV, 40A, 電流密度 200A/m² の D⁻ ビームを発生し、16.5MW の中性粒子を入射) に向けて、負イオン源の高性能化を中心に開発を行っている。

特に、負イオンの大面積生成で課題となっている負イオンの一様生成については、プラズマ源における高速電子の挙動と負イオン生成の相関が明らかにされ、高速電子の制御により大面積で一様な負イオン生成の見通しが得られた[1]。

MeV 級加速技術の開発では、5 段の静電加速器全体が真空中に設置される ITER 用真空絶縁型加速器で、電界の緩和や加速器内外の真空圧力の制御による高耐圧化により、ITER 加速器での目標の約 70% である 146A/m² (836keV) の高密度負イオン加速に成功している[2]。

また、大出力イオンビーム発生に不可欠なイオン源用電源技術の開発では、加速器で発生する放電短絡を高速に遮断制御の可能な高周波インバータ方式の 1MV 電源について設計が進められ、

且つイオン源保護のためのサージ抑制と電源からイオン源まで 1MV を安定に送電する伝送系の絶縁技術が確立された[3]。

これらイオン源及びイオンビーム技術の高性能化、即ち、大面積プラズマ生成技術、負イオンの一様生成における電子温度制御技術、真空超高電圧絶縁技術、イオン源用電源でのサージ抑制技術等は、直接的あるいは間接的に産業用イオンビーム装置や高エネルギー物理研究用加速器等の開発にも貢献している[4]。例えば、イオン源での大面積プラズマ生成は、大画面液晶製造用の大型イオン源やイオンビーム加工機であるミリング装置などの性能向上に寄与した。プラズマ中での高速電子の制御は、加速器用の小型イオン源での高プロトン比生成などにも適用された[5]。また、サージ抑制技術で開発された大型のサージブロッカは、高エネルギー物理用加速器での効率改善のための大型磁気コアとしても活用されている。これらイオンビーム開発の現状とイオンビーム技術の波及効果や応用について紹介する。

参考文献

- [1] M. Hanada et al., Origin of beam non-uniformity in a large Cs-seeded negative ion source (Accepted for publication in Nuclear Fusion).
- [2] 井上他, 核融合炉用負イオン源・加速器の開発の現状 J. Plasma Fusion Res. Vol.81, No.10(2005)785-791.
- [3] K. Watanabe et al., Development of a DC 1MV power supply technology for NB injector (accepted for publication in Nuclear Fusion).
- [4] 渡邊他, NBI 技術の波及効果 J. Plasma Fusion Res. Vol.81, No.10(2005)792-797.
- [5] T. Morishita et al., Rev. Sci. Instrum. 75(5) (2004) 1764.