

# ITER 及び JT-60SA に向けた大電流負イオンビームの長パルス化の進展

日本原子力研究開発機構 錦織良、平塚淳一

核融合炉の実現に向けた実験装置である ITER 及び JT-60SA では、効率的なプラズマ加熱、及び電流駆動のために中性粒子入射 (NBI) 装置が利用される。NBI 負イオン源では高エネルギーの大電流負イオンビームを長時間運転することが求められており、日本原子力研究開発機構では、実機 JT-60SA で用いる「JT-60 負イオン源」や ITER 用 NBI を模擬した「MeV 級加速器」において、負イオン加速技術の開発研究を行っている。

両装置は、図 1 に示すように ITER で採用された多孔多段の加速器を有しており、これまでに各段の電極間の耐電圧を改善することで、大電流ビームの高エネルギー化を実現した。しかし、このような高出力ビームでの長パルス運転は、各種電極の温度に影響を与えるため、問題となっていた。そこで今回、ビームの長パルス化に向けた研究を 2 つの装置で行った。

JT-60 負イオン源では負イオンの長時間生成に関する研究を行った。セシウム添加による負イオンの表面生成では、生成面を 200~300°C 程度の高温に維持することで金属表面の仕事関数が低下し、負イオン生成効率を改善できる。そのため、これまでの JT-60 負イオン源では、負イオン生成面であるプラズマ電極を熱絶縁することで、高温を維持していた。しかし、この方式では、長時間のプラズマ生成に伴い電極温度が過度に上昇し、生成効率が劣化することが問題となり、負イオンの定常生成が制限されていた。

そこで、プラズマ電極の温度を能動的に最適値に制御するために、270°C の高沸点を有する高温流体 (GALDEN) をプラズマ電極内部に循環させるシステムを新たに開発した。その結果、電極温度を制御することが可能となり、15 A の大電流負イオンを 100 秒生成することに成功した。

MeV 級加速器では負イオンの長時間加速に関する研究を行った。プラズマ電極で表面生成された負イオンは、引出電極によって引き出され、加速電極によって高エネルギーまで静電加速される。これまでの MeV 級加速器では、引出電極に装着された磁石等による偏向で、ビームの一部が加速電極に衝突していた。そのため、加速電極の熱負荷が増大し、長パルス化が制限されていた。

そこで、3D のビーム解析結果を基にビームの偏向を補正した。静電レンズをビーム軸に対し変位させ、ビームの軌道を制御することで、電極への衝突を抑制した。その結果、電極熱負荷が低減され、683 keV、100A/m<sup>2</sup> の高出力負イオンビームの加速時間を、電源限界の 60 秒まで進展することに成功した。

現在、これらの結果を基に、更なる長パルス化を目指した開発を進めている。

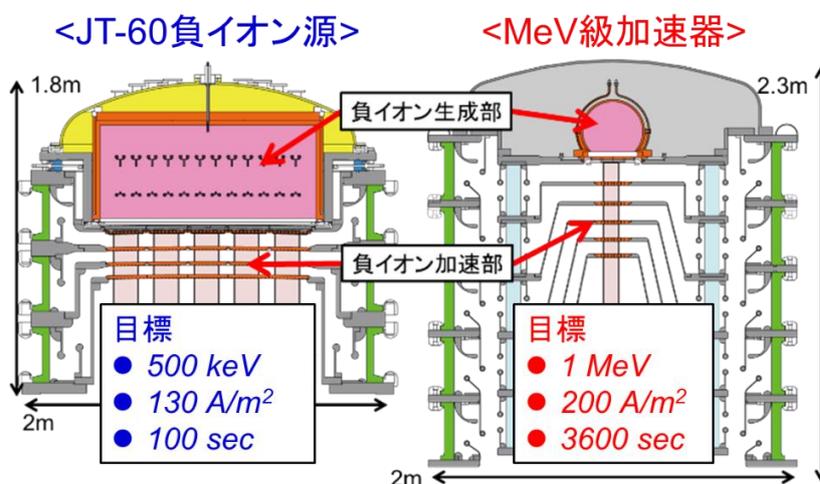


図 1 二つの多孔多段加速器の構造、及びその目標値