

ITER NBI 用負イオン加速器開発の進展

日本原子力研究開発機構 (JAEA) 谷口 正樹

ITER 用中性粒子入射加熱装置(NBI)では、1 MeV, 40 A (200 A/m²) の大電流負イオンビームの発生が必要である。これは高エネルギー物理学研究用の加速器に比べ数桁高い電流値であり、これだけの電流イオンビームを秒オーダーの長パルスで MeV 級の高エネルギーまで加速したことは世界にも例がない。このため、原子力機構では ITER NBI 用加速器の原型となる MeV 級加速器において、1 MeV・アンペア級大電流負イオン加速技術の開発を進めている。MeV 級加速器の構造を第 1 図に示す。頂部の -1 MV 電位にはカマボコ型負イオン源が設置され、イオン源内には水素負イオン生成を促進する目的でセシウムを導入する。生成した負イオンは数 kV の電位差で引き出され加速器に入射される。加速器は 4 枚の中間電極と接地電極で構成される 5 段の静電加速器であり、各電極間にはそれぞれ -200 kV の直流電圧 (合計で -1 MV) が印加される。加速器本体は直径 1.8 m、高さ 0.33 m の FRP 絶縁管を 5 段積み重ねて構成した真空容器内に保持されている。

MeV 級加速器では 2008 年までに 800 keV, 320 mA (140 A/m²), 0.2 s、750 keV, 221 mA (100 A/m²), 5 s の負イオン加速に成功し、現在、1 MeV, 200 A/m² の負イオン加速の実証と加速パルス幅延長のための開発研究を進めている。このためには、加速器の耐電圧性能の向上が不可欠である。加速器の耐電圧向上研究の一環として、実機加速器体系において、電極間ギャップを変えて保持可能電圧を調べた。その結果、1) 保持可能電圧は、実機加速器、小型電極共にクランプ説によく従い、ギャップ間距離の 0.5 乗に比例する。2) 実機加速器における保持可能電圧は小型電極に比べ約 50 % 程度に低下することが明らかとなった。これは電極・支持枠間の段差や電極孔のエッジ、固定用ネジなど、加速器の構造上不可避である局所的な電界集中部を起点とした絶縁破壊によるものと考えられる。MeV 級加速器では、最短ギャップは 72 mm に設計されていた。しかしながら、本試験結果により、1 MV (1 段当たり 200 kV) の安定保持には 72 mm のギャップ長は不十分であることが明らかとなった。そこで、1 MV 安定保持に必要なギャップ長を 1 段当たり 100 mm と設定し、加

速器構造の再検討と改造を行った。その結果、約 50 時間のコンディショニングにて、ガス導入無しで 1 MV に初めて到達し、6 7 分間安定に保持することに成功した。現在、改造した加速器において、大電流負イオン加速試験を行っている。

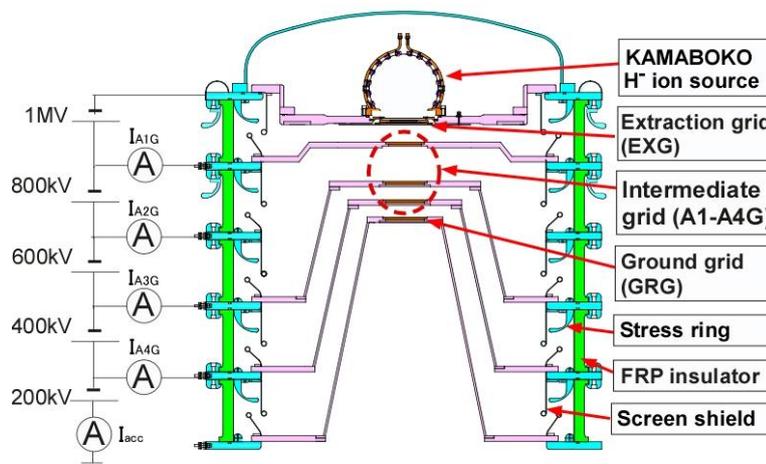


図 1 MeV 級加速器の構造