

原型炉NBIシステムの概念設計の進捗

Progress of the conceptual design of the NBI system for JA DEMO

梅田尚孝、坂本宜照、宇藤裕康、染谷洋二
Umeda Naotaka, Sakamoto Yoshiteru, Utoh Hiroyasu, Someya Yoji

量研機構
QST

1. 緒言

日本の原型炉(JA DEMO)用中性粒子ビーム入射装置(NBI)の概念設計を進めている。JA DEMOの主要な特徴は、定常運転と発電である。トカマク型核融合炉の定常運転には非誘導電流駆動が必要であり、NBIは電流駆動装置として原型炉に必須の機器である。また、十分な発電量を確保するためには、高い核融合出力を得るとともに、プラント内で消費する電力を極力低減することが必要である。そのため、NBIで消費する電力の低減、すなわち高いシステム効率のNBIが求められる。

2. 原型炉NBIの設計要求条件

原型炉NBIの概念設計を進めるうえで、まず原型炉NBIに要求される設計条件を整理した。現状のJA DEMO仕様に対して、プラズマの電流駆動効率やビーム突き抜け等の観点から、NBIのビームエネルギーを1.5MeV、入射パワーを100MWとした。原型炉を年単位で定常運転するため、NBIも年単位の定常入射が必要であるが、ITER NBIは最長1時間の運転であり、ここに設計上の大きなギャップが存在する。また、中性子線量や放射化の観点から、NBIの入射ポートは3ポートに制限されるため、1ポート当たり33MWの中性粒子ビーム入射が必要となり、ITER NBI(16.5MW/ポート)の2倍のパワーの入射が必要となる。図1に原型炉NBIの入射ポートのCAD図を示す。入射ポートの開口部サイズはITERと同じ幅0.6m、高さ1.2mである。また、プ

ラズマに面する第一壁から生体遮蔽までのポート長は17.5mであり、イオン源から第一壁までの距離はITERより10m以上も長くなる。ポートでのビーム損失を抑え、入射効率の低下を抑制するためにはビームの発散をITERよりも小さくする必要がある。

3. 原型炉NBIの概念設計

このような厳しい要求条件下で成り立つNBIの概念設計を進めている。原型炉NBIシステムに求められる重要な要件は、①高効率のNBIシステム ②定常入射可能なNBIシステムである。高効率のNBIシステムとして、効率50%以上を目標とし、そのための各種効率及び損失の目標値を設定した。

図2に原型炉NBIのビームラインの概略図を示す。このNBIの大きな特徴は、負イオン源・加速器での中性子やガンマ線の線量を低減するために、負イオンビームを偏向コイルで上下方向に曲げてから中性化し、入射する点である。幅0.6m、高さ1.2mの大面积からの平行ビームを偏向コイルで25° 偏向すると共に、コイルから20mの距離で0.4m x 0.2mの範囲に集束できることを確認し、偏向入射の見通しが得られた。このNBIでは、加速器から偏向コイル間のイオン源ポートでの負イオンの中性化損失を抑えることも重要であり、加速器及びビームラインのガス圧を下げる必要がある。加速器内での中性化損失を評価した結果、負イオン源をITERよりも低ガス圧(0.1Pa)で運転することで目標とする損失に抑えられることが分かった。

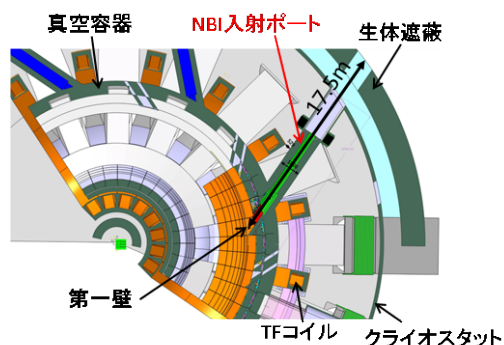


図1 原型炉 NBI の入射ポートの CAD 図

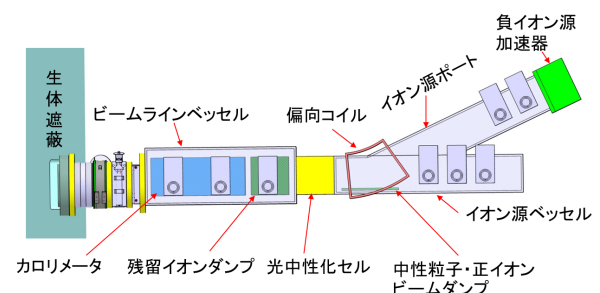


図2 原型炉 NBI のビームライン概略図