

## 原型炉におけるNBIシステムの概念設計 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 Youji

量子科学技術研究開発機構  
QST

### 1. 緒言

日本の原型炉用中性粒子入射装置(NBI)の概念設計を進めている。日本の原型炉(JA DEMO)の主な特徴は、定常運転と数十万kW級の発電である。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、外部への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、所内で消費する循環電力を極力低減することが重要であり、そのためには、高いシステム効率のNBIが必要である。

### 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の設計要求条件を整理した。現状のJA DEMOの仕様に対して、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としている。原型炉を年オーダーで定常運転するため、NBIも年オーダーの定常入射が必要である。一方、中性子線量や放射化の観点から、NBI入射ポートを3ポートに制限している。そのため、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である。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は幅1.2m、高さ0.6mでITERと同サイズである。また、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

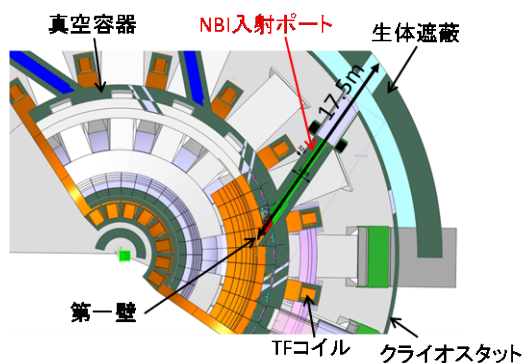


図1 原型炉 NBI の入射ポートの CAD 図

一壁までの距離はITERより10m以上長くなる。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よりも小さくしなければならない。

### 3. 原型炉NBIシステムの概念設計

原型炉NBIシステムに求められる要件は、①高効率のNBIシステム ②定常入射できるNBIシステム ③厳しい放射線環境下における信頼性の高い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。50%以上のシステム効率を得るためには、負イオンビームの中性化損失の低減、小さいビーム発散角による幾何学的なビーム損失の低減、高い中性化効率の中性化セル等が重要である。

図2に原型炉NBIのビームラインの概略図を示す。このNBIの大きな特徴は二つある。一つは、負イオン源・加速器が炉心プラズマを直接見込まないように配置し、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。もう一つは光中性化セルの採用である。光中性化セルについては、中性化効率95%に必要なレーザーパワーを評価した。レーザーを往復させて共鳴増幅させるキャビティ方式では、負イオンのビーム幅を0.5m、反射回数を500回と仮定すると、2MWのレーザーパワーが必要であることがわかった。

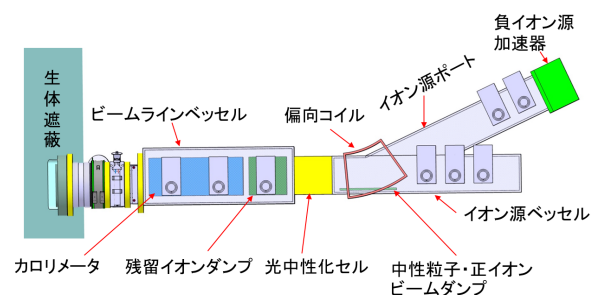


図2 原型炉 NBI のビームライン概略図