



### 1. ITER トロイダル磁場コイル用導体の性能試験が進展

本誌5月号のITERだより(3)で報告したように、ITER参加極が試作したトロイダル磁場(TF)コイル用の導体について、スイスのSultan試験設備を使用した性能試験を実施している。ITERのTFコイル用導体は、Nb<sub>3</sub>Sn素線900本を522本の銅線とともに中心スパイラル管のまわりに撚り線し、ステンレス製のジャケットに挿入した構造である。ITER用のNb<sub>3</sub>Sn素線として、ブロンズ法および内部拡散法で製造された素線が既に開発され、導体化されている。Sultan試験設備では、これまでにEUの導体2種類(ブロンズ法、内部拡散法)、日本の導体2種類(ブロンズ法、内部拡散法)、および韓国の導体1種類(内部拡散法)の試験が終了している。

性能試験ではTFコイルの運転条件を模擬して10.8Tの外部磁場下で68kAを通電し、超伝導状態を維持できる最高の温度(分流開始温度、 $T_{cs}$ )を測定した。この値が高いほど性能が良いことになる。 $T_{cs}$ に関するITERの要求値は5.7K(0.7Kの裕度を含む)で、これまでの総合評価として、ブロンズ法素線を使った導体の分流開始温度は6.3~6.8K(暫定値)となり、優れた値が得られている。また内部拡散法素線を使った導体では、 $T_{cs}$ は5.8~6.0K(暫定値)となり、要求値を満足している。日本はさらに別の線材メーカーによるブロンズ法素線2種類を開発しており、これらを使用した導体の性能試験を本年末に予定している。

### 2. ITER用170GHzジャイロトロンの開発目標値を達成

ITERにおける電子サイクロトロン加熱・電流駆動(ECH/ECCD)及びプラズマの不安定制御に不可欠な170GHzジャイロトロンが開発が、日本をはじめ、EU、ロシアで積極的に進められている。その中で、2006年末には日本原子力研究開発機構において、開発目標値(周波数170GHz、出力1MW以上、パルス幅500秒以上、効率50%以

上)を上回る、出力1MW、動作時間800秒(連続対応)、効率55%の大出力発振に成功し[1]、ITERに必要な連続ミリ波源を世界で初めて実証した。

これまでも、ITER用ジャイロトロンについて、日本は世界最高の効率の達成、人工ダイヤモンド窓の開発、1MW級高周波の発振などを世界に先駆けて成し遂げ、着実な性能向上を行ってきたが、ジャイロトロン内部での発熱や発振出力の低下等により、出力時間は100秒程度にとどまっていた。

その後、①ジャイロトロン内部で散乱する不要な高周波損失を約2%まで低減することに成功し、内部機器の温度上昇を抑えたこと、②長パルス動作時に起こるビーム電流の減少を、カソードヒーターのプレプログラム制御によって抑制したこと、③カソード形状の工夫により発振用電子ビームの質を向上させて発振効率を高めたこと、などにより、2006年夏には0.6MWの実用出力レベルで1時間の定常動作を実証した。さらに、エネルギー源となる回転電子ビームの回転周波数とピッチファクターを発振中に制御することにより、高効率発振モード(難発振領域)での安定発振に成功し、その結果、出力、効率ともに大きく上昇し、ITER用ジャイロトロン性能目標値を上回る結果を得ることができた。ロシアでも、5月に0.95MWで100秒の発振に成功し、ITER用ジャイロトロン調達に向けて着実に進展している。

(日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門)

### 参考文献

- [1] K.Sakamoto, A.Kasugai, K.Takahashi *et al.*, "Achievement of robust high-efficiency 1MW oscillation in the hard-self-excitation region by a 170GHz continuous-wave gyrotron" *Nature Physics* 3, 411-414(2007).

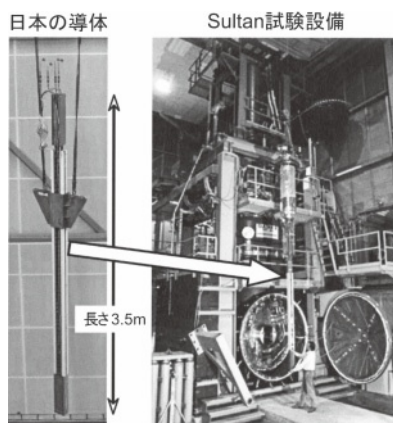


写真1 日本の導体サンプルと Sultan 試験設備

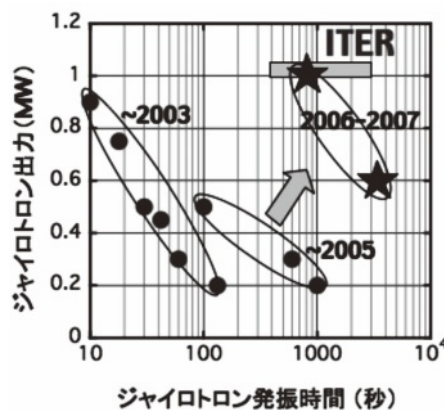


図1 日本原子力研究開発機構で開発している170GHzジャイロトロン性能の進展。