

ITERジャイロトロン実機および
 複数周波数ジャイロトロン試作機の性能試験の進展
**Progress on Performance Tests of ITER Gyrotrons and
 a Multi-frequency Gyrotron Prototype**

池田亮介, 新屋貴浩, 矢嶋 悟, 山崎 響, 小林貴之, 梶原 健
 IKEDA Ryosuke, SHINYA Takahiro, YAJIMA Satoru, YAMAZAKI Hibiki,
 KOBAYASHI Takayuki and KAJIWARA Ken

量研 (QST)

量研は、ITER国内機関として電子サイクロトロン波加熱・電流駆動装置に導入される24機のジャイロトロンシステムのうち8機を調達することになっており、2021年5月までにジャイロトロンを含む全ての関連機器の製作を完了させている。8機中5機のジャイロトロンについては、ITER機構と合意した試験項目：出力1 MWかつ効率50%の300秒連続運転および繰り返しデューティー比25%での20ショット連続運転の成功率90%以上、0.8 MW/60秒以上の5 kHz出力変調運転、準光学整合器(MOU)出口のRFビームのHE₁₁モード純度95%以上などを達成することで[1]、ITER機構への輸送許可が得られ、2022年2月にジャイロトロン1・2号機が輸送された。今年からファーストプラズマ(FP)に向けた据付作業が開始される。現在、6号機の調整運転を実施しており、0.8 MW以上の出力にて300秒連続運転が行えるまでに進展している。

一方で、複数周波数ジャイロトロンの開発研究も進めてきた。ITERでは、FPフェーズ後のPFPO-1フェーズにて、1.8 Tの低磁場運転が予定されており、H₂やHeプラズマでのHモードの発生を目指している。そのため、プラズマ着火が困難な3倍高調波の170 GHzビームの代わりとして、量研が過去に実現したITERジャイロトロン試作機での複数周波数発振[2]、特に2倍高調波となる104 GHz発振が注目された。しかし、元来の設計では、ジャイロトロン内部損失の高さや出力窓部でのビーム拡がりのため、1 MWでは2秒程度に制限されていた。そこで、170 GHz発振に加えて、104 GHz発振でも高出力かつ連続運転を実現するためにITERジャイロトロン試作機の内部伝送機器（モードコンバータと内部ミラー）に対して最適化設計を施し[1]、新た

な複数周波数ジャイロトロン試作機に改造を行った。性能実証試験では、ITER用7テスラ超伝導マグネットを用いた。ジャイロトロン出力窓部にて観測したRFビームパターンを図1に示す。170 GHzと104 GHzに加えて137 GHzの発振が可能であり、3周波数ともに支配的な-20 dB以上のパワーが直径80 mmの窓内に収まり、中心部を透過して出力された。続いて、3周波数が50 mm径導波管に結合するように最適化された新ミラーを内蔵したMOUの出口ビームの計測を行った。ここで、ミラーのアライメントは、170 GHzビームに対してのみ調整された角度である。モード解析の結果、ITERジャイロトロンの仕様とほぼ同等のHE₁₁モード純度94.6% (170 GHz), 94.3% (137 GHz), 93.9% (104 GHz)が得られた。長パルス試験では、3周波数ともに300秒間の連続運転を実現し、最大出力・効率1.04 MW・46.2% (170 GHz), 1.00 MW・43.8% (137 GHz), 0.93 MW・40.8% (104 GHz)を達成した。今回実証した単一のジャイロトロンによる3周波数ともに1 MWクラスの高出力かつ連続運転の達成は、世界初の成果である。

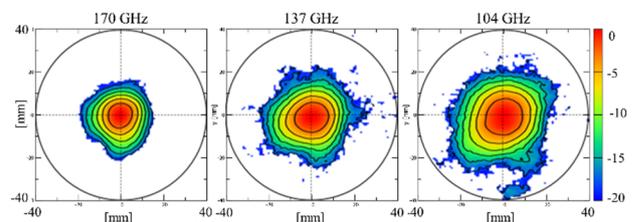


図1 170 GHz, 137 GHz, 104 GHz 発振のジャイロトロン出力ビームパターン (等高線: -3dB 毎)

- [1] R. Ikeda *et al*, *Nucl. Fusion* **61**, 106031 (2021).
 [2] R. Ikeda *et al*, *J. Infrared Millim. Terahertz Waves* **38**, 531 (2017).