

ITER水平ランチャーモックアップ製作及びミリ波伝送試験 ITER equatorial launcher mockup fabrication and millimeter wave transmission test

矢嶋 悟、梶原健、中井拓、池田亮介、新屋貴浩、小林則幸、高橋幸司
YAJIMA Satoru, KAJIRAWA Ken, NAKAI Taku, IKEDA Ryosuke, SHINYA Takahiro,
KOBAYASHI Noriyuki, TAKAHASHI Koji

量子科学技術研究開発機構 那珂研究所 (QST)

ITER における電子加熱/電流駆動(ECH/ECCD)用の水平ポートランチャー(EL)は、日本が調達予定であり、国内機関であるQSTにより最終設計レビューに向けて設計が進められている(図1)。ELは24本の1MW ジャイロトロン出力を束ね、伝送ロスも考慮しても最大20 MWの定常ECH/ECCDを実現することを目的とし、これに加えて、ELの構造物は定常プラズマ運転時およびディスラプション発生時において想定されるあらゆる負荷(中性子による核発熱、プラズマからの放射、RFによる誘導加熱、ディスラプションによる電磁力)に耐え得ることが要求される。このため、ランチャー設計フェーズでは中性子遮蔽構造を維持したままRFの伝送効率と入射ミラーの熱負荷を同時に評価し、反復計算ルーチンを構成することにより伝送効率及び熱負荷の設計条件を満たすように最適化を進めてきた。2020年に水平ランチャー内の光学設計が完了したことを受け、光学系の設計計算結果を実験的に裏付けることを目的として、ランチャー上段の内部構造(内部壁面構造+固定ミラー+可動ミラー)を模したモックアップを製作し、ランチャー内のRF伝搬を検証している(図2)。

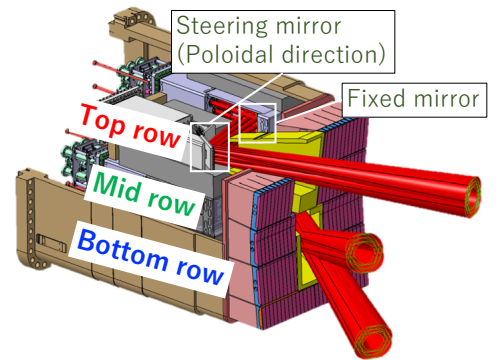


図1: ITER 水平ランチャー

モックアップを利用し、高調波ミキサーを利用したEL出力ビームの強度パターン計測を実施し、想定されている可動ミラー角度の全域(-6.3~+6.3度)にわたり、各種ビームプロファイル(出力位置・方向およびビーム拡散角)に関して計測と計算の良好一致を確認した。図3に光線計算と計測された強度パターンの比較を示す。想定通りの方向へビームが伝搬していることが分かる。

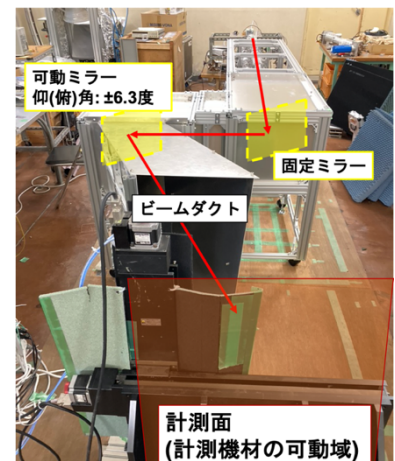


図2: 製作された光学系モックアップ

また、ビームダクトでビームの一部が衝突・反射されるとビームの端が折り返されて特徴的な干渉パターンを形成することが分かり、ビームダクト側面への衝突パワー推定に利用した。波数フィルターにより分離した干渉成分の振幅及び面積からビームダクトへの衝突パワーを評価したところ、全伝送パワーに対して最大0.4%程度との結果を得た(表1)。この値は設計計算値とよく一致している。

さらに、モックアップの可動ミラー/固定ミラー周辺の壁面を全て取り外し、計測範囲におけるバックグラウンドレベルを測定したところ、ビームパワーに対して0.79%減少するという結果を得た。これはミラー周辺の壁面に反射されることにより発生する Stray RF(内部散乱)が、壁面をはずしたことにより、直接モックアップの外に抜け、ビームダクトから放出される stray RFが減少したためと考えられ、その値も計算値である1.1%に近い。すなわち、このような計測手法でビームダクトから放出される stray RFのパワーを評価できる可能性があることが明らかとなった。

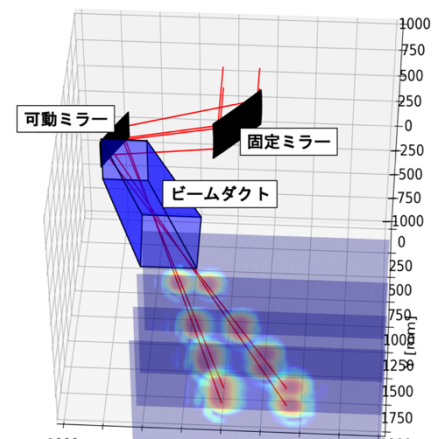


図3: 光学系の座標データ、光線計算結果(赤線)、及び計測された強度パターン

	設計計算(Zemaxソフト)	計測結果(8本平均)
ビームダクト反射 (M2 0deg)	0.22 %	0.14 %
ビームダクト反射 (M2 6.3deg)	0.41 %	0.44 %
ビームダクト反射 (M2 -6.3deg)	0.38 %	0.43 %
漏れRF	1.10 %	0.79 %

表1: ビームダクトへの衝突および Stray RF に関する計算値及び計測データからの算出値