

ITER水平ランチャーにおける内部散乱RFによる熱影響評価 Evaluation of Thermal Effects by Internal Stray RF on the ITER Equatorial Launcher

矢嶋悟、梶原健、池田亮介、新屋貴浩、小林貴之、山崎響
Satoru Yajima, Ken Kajiwara, Ryosuke Ikeda, Takahiro Shinya, Takayuki Kobayashi, Hibiki Yamazaki

量研 (QST)

ITER水平ランチャーは日本の調達物品であり、真空容器に20 MWの170 GHz電子サイクロトロン波を入射する役割を担う[1]。大電力伝送に耐えられる構造を追求するためには、伝送路の精度や温度等の条件により入力ビームが変形(伝送モード純度が悪化)する可能性について十分に検討する必要があり、特に伝送効率悪化によるミリ波の内損が懸念される。このような入力ビームの変形を実験的に模擬するために、光造形式3Dプリンター及びUVレジン(170GHzに対する屈折率:1.608+0.021i)を利用してモード補正用レンズを製作した。ITERでは90%程度の基本モード純度が想定されている一方、レンズを利用することで基本モード発振機出力モード純度を84.7-90.3%の範囲に調整できることが分かった。

モード純度を調整したモード発振機を入力として光学系モックアップのミリ波伝送計測を実施し、ランチャー出口での散乱パワー割合を評価した結果、入力比で最大1.7%程度の散乱RF出力が観測され、これは準光学計算(Zemax)により算出される内部散乱パワー4.1%に対して無視できない出力量であり、散乱RFがランチャー内部の熱負荷にすべて寄与するわけではないことを明らかにした。

また、計算による内部散乱RFの熱負荷寄与率評価のアプローチとして、幾何光学計算を実施した。内部散乱RFは回折や部分反射の影響で純粋な光線よりも早く拡散するため、幾何光学計算においても反射ベクトルに乱数を導入して、熱負荷への影響を調査した。光線の入射角に応じたフレネル係数(P波想定)により熱負荷を評価した結果、SUS壁面(現設計)による内部散乱RFの吸収率は51%程度であると評価され、また、銅壁面を想定すれば、16%程度まで低減できるという推定も得られた。これらより、ランチャー上段部については表面積3.22m²を考慮すると、散乱RFによる熱負荷は以下となる。

$$6.7\text{MW} \times 4.1\% \times 51\% / 3.22\text{m}^2 = 44\text{kW/m}^2$$

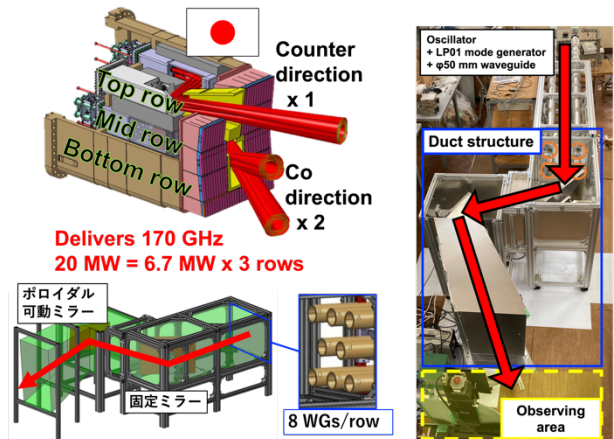


図1: 水平ランチャーおよび光学系モックアップ

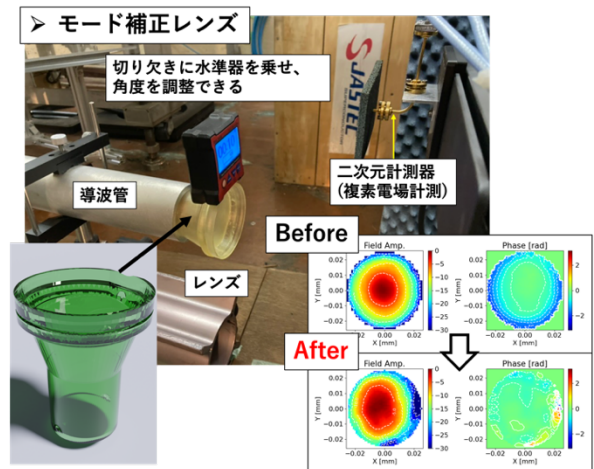


図2: 低モード純度ケース模擬用の補正レンズ

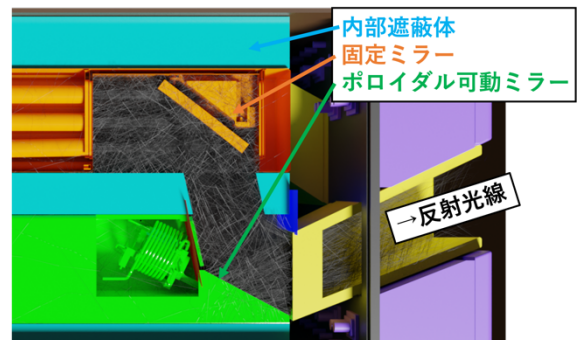


図3: ランチャー幾何モデル及び散乱RF模擬幾何光学計算の例(多数の黒線)

[1] T. Omori *et al.*, Fusion Eng. Des. **96-97**, 547-552, 2015