

LHD における高空間分解 ECE 計測のための

金属レンズ付きアンテナの開発

Developments of the metallic lens antenna to install in the LHD vacuum chamber for improving the spatial resolution of ECE diagnostic

竹原啓太^A, 徳沢季彦^B, 渡邊清政^{A,B}, LHD実験グループ^B
 K. Takehara^A, T. Tokuzawa^B, K. Watanabe^{A,B} and LHD experiment group^B

名大院工^A, 核融合研^B
^ANagoya Univ., ^BNIFS.

将来の核融合炉において核融合反応を持続的に起こすためには、高温高密度プラズマを安定的に閉じ込める必要があるが、様々な不安定性の発生によりプラズマの性能が劣化することが知られている。不安定性の性質やプラズマ閉じ込めへの影響を調べるためには、プラズマ内部の電子温度分布を測定し、不安定性によるプラズマの内部構造の変化を調べる必要がある。現在、LHD では、温度分布の計測装置としてミリ波 ECE 計測装置があるが、計測できる周波数は磁場強度に依存する。LHD の高 β 実験は、主として 1 T 以下の運転磁場で行われ、これに適した周波数帯域の、コンパクトな光学系をもった真空容器内部で使用可能な金属レンズアンテナの開発を行っている。

本研究では、金属レンズアンテナとして、右図のように片側が平面、もう片側が凹面であり、メッシュ状に貫通穴を開けた構造のものの集光特性を検証した。集光特性は、アンテナ口径と焦点距離に強く依存すると予測されている。アンテナ口径は真空容器ポートサイズにより制限 ($\phi 110\text{mm}$) されておることから、金属レンズの焦点距離について検討した。本構造の金属レンズの焦点距離は凹面の曲率半径 ρ とレンズの屈折率で決まる。屈折率 n は、貫通穴の径 D 、入射する電磁波の波長 λ の関数であり、次の式で記述できる。

$$n = \left(1 - \left(\frac{\lambda}{1.706D} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

今回は、Kaバンドに対応させた金属レンズの構造デザインを、ガウスビーム伝搬理論を用いて設計した。その結果、計測位置をアンテナ先端から 2000 mm 付近にすることを想定した場合、メッシュレンズの貫通穴径 (D) を 10 mm とし、曲

率半径 (ρ) を 350 mm にすることが適切であることがわかった。また、製作した金属レンズでビーム伝搬特性試験を行った結果、レンズを通してでレンズ無しの場合に比べビームが絞れていること、異なる周波数においても挿入損失 (Insertion Loss) は充分小さいことを確認した。以上のことから、設計・製作した金属レンズは Ka バンドにおいてレンズとして有効に機能することが検証できた。

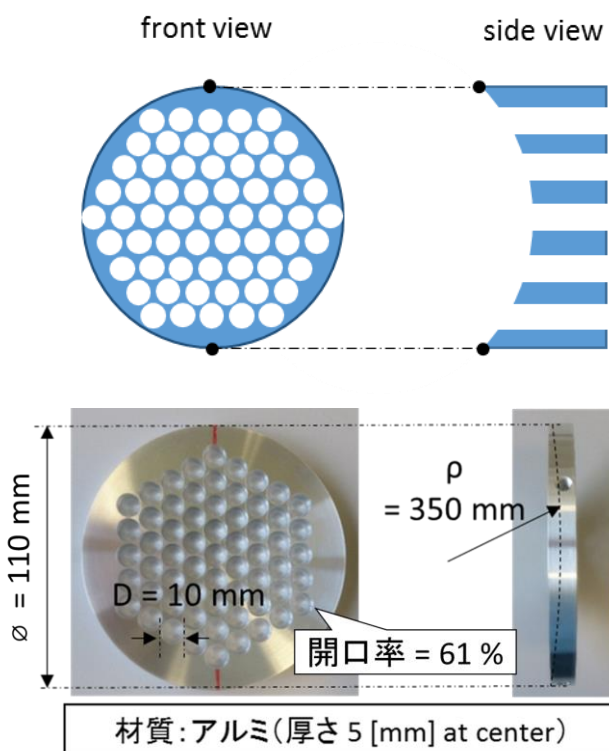


図 上: 金属レンズの概念図
 下: 製作した金属レンズ