

02Ca12

ITER水平ランチャーによる電子サイクロトロン波を用いた電流駆動特性の評価 Evaluation of Current Drive Characteristics Using Electron Cyclotron Wave by ITER Equatorial Launcher

矢嶋悟、梶原健、磯崎正美、池田亮介、新屋貴浩、小林貴之、中井拓、山崎響、高橋幸司
YAJIMA Satoru, KAJIWARA Ken, ISOZAKI Masami, IKEDA Ryosuke, SHINYA Takahiro,
KOBAYASHI Takayuki, NAKAI Taku, YAMAZAKI Hibiki, and TAKAHASHI Koji,

量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所 (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2021年末の最終設計レビューに向けて設計が進められている。ELの要求性能の一つは、プラズマ中の電流駆動の位置($0 < \text{規格化小半径} \rho < 0.6$)と、吸収幅($\Delta\rho \leq 0.2$)であり、また電流を打ち消すことによる、電流駆動を伴わない電子加熱(ECH)も要求されている。詳細な要求条件については表1に示す。一方、導波管から真空容器内への高周波パワーの伝送効率は、内部損失による要素機器へのダメージを抑制する観点から99%以上を目標として設計が行われている。また、近年仏規制当局の要求が明らかとなり、メンテナンスのための通路幅を500mmから防護服を着用した作業員が通過可能な900mmに拡張することが必要となり、これに対応するため、光学設計を再度行っている。

ELの構造は、24本の1MW導波管伝送ラインを入力とし内部で三つのコンポーネント(図中のTop, Middle, Bottom)に分け、8本ずつの1MWビームを、可動ミラーを用いて入射角をコンポーネント毎に独立に制御する設計を進めてきた。

光学設計に基づくECH/ECCD特性を調査するため、EL内の波動の伝搬については光学設計ソフト[1]を利用して真空容器へのビームの入射角を計算し、これをQSTが所有するECCDコード[2]への入力とすることでELの光学設計に基づくECH/ECCD特性の計算を可能にした。さらに、各コンポーネントのECH/ECCD特性の可動ミラー角度依存性を詳細に調べ上げることによって、あらゆる可動ミラー角の組み合わせに対するECH/ECCD特性を探索可能にした上で、ECWの吸収位置(ρ)および吸収幅($\Delta\rho$)に関するITERの要求性能を達成可能かどうか調査した。

結果として、Q=5のITER定常シナリオ($I_p=9$ MA)に対しては $\rho=0.4-0.6$ 、 $\Delta\rho < 0.2$ のCo-ECCDが可能であることが確認され、ECHについては

11.7 MWのパワーを $\rho < 0.3$ の領域に入力可能であるという結果が得られた。これにより表1に示されている、電流分布制御と不純物掃き出しに関するITERの要求性能を達成可能であることが示された。また、Q=10の誘導立ち上げシナリオ($I_p=15$ MA)に対しては、ELによって $\rho < 0.4$ の領域で $\Delta\rho < 0.2$ のCo-ECCDおよびCntr-ECCDが可能であることも示され、同様にITERの要求を達成することができた(表1参照)。

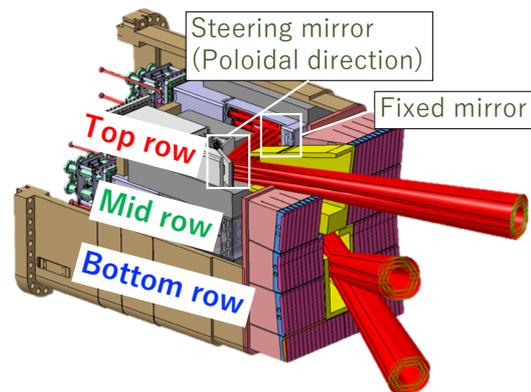


図: 設計が進められている水平ランチャー(EL)の3Dモデル。各コンポーネントよりそれぞれ6.7 MWの入射が可能であり、可動ミラーによりポロイダル入射角を制御する。トロイダル入射角について、Topコンポーネントは約 -20 deg(逆方向電流駆動)、Mid/Bottomコンポーネントは約 $+25$ deg(順方向電流駆動)になるよう設計されている。

シナリオ	目的	ECH/ECCD	ρ	$\Delta\rho$
Q=5 定常	電流分布制御	Co-ECCD	0.4-0.6	< 0.2
	不純物掃き出し	ECH	< 0.3	N/A
Q=10 誘導立ち上げ	加熱	Co	< 0.4	< 0.2
	Sawtooth抑制	Cntr-ECCD	0.3-0.5	< 0.02

表1: Q=5, 10のシナリオに対してELが要求される加熱/電流駆動特性

[1]OpticStudio

<https://www.zemax.jp/products/opticstudio>

[2] K Hamamatsu and A Fukuyama, Plasma Phys. Control. Fusion 42 1309 (2000)