

水平入射および上部入射におけるECCD電流駆動効率の入射パワー依存性 Power dependence of ECCD efficiency for midplane and top launch

清野智大^{1,2}, 高橋宏幸¹, 飛田健次¹, 福山淳³, 長崎百伸⁴, 前川孝³
SEINO Tomohiro¹, TAKAHASHI Hiroyuki¹, TOBITA Kenji¹, FUKUYAMA Atsushi³,
NAGASAKI Kazunobu⁴ and MAEKAWA Takashi³

(1) 東北大院工, (2) 日本学術振興会特別研究員DC, (3) 京大, (4) 京大エネ理工研
(1) Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku Univ., (2) JSPS Research Fellow,
(3) Kyoto Univ., (4) Institute of Advanced Energy, Kyoto Univ.

電子サイクロトロン電流駆動 (ECCD) は入射系をプラズマから離せることや, 入射ポートが小規模であるなど他の電流駆動方法と比較して工学的な利点がある. 一方で原型炉以降に向けて電流駆動効率 (\propto 駆動電流/入射パワー) の改善が課題となっている. ECCD電流駆動効率はEC波の入射条件 (入射周波数・入射トロイダル角・入射ポロイダル角) に依存するため, 原型炉を対象としたECCD解析において入射条件に関するパラメータスキャンおよび最適化が行なわれてきた[1]. また入射位置を変化させることで電流駆動効率が向上することが解析および実験によって報告されている[1,2]. 入射条件の最適化においては速度分布関数の変形が小さいとする線形解析コードが用いられてきたが, 原型炉以降では20 MWを超える入射パワーが想定されているため, 高パワー化による速度分布関数の変形増大が非線形効果をもたらす可能性がある. 本研究では原型炉プラズマを対象にして, 異なるEC波入射位置において入射条件および入射パワーを変化させたECCD解析を行ない, 高パワー化による電流駆動効率への影響を明らかにすることを目的とする.

解析は原型炉プラズマ (中心電子温度53 keV, 中心電子密度 $1.5 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$) を対象に, 統合解析コードTASKを用いて行なった. EC波の入射周波数は160 ~ 260 GHzとしOモードで入射した. 入射トロイダル角および入射ポロイダル角は入射位置条件によって異なるが, EC波がプラズマに吸収される範囲で変化させた. 本解析では上部入射位置として磁気軸 ($R = 9.1 \text{ m}$) のほぼ真上の位置 ($R = 9.5 \text{ m}$) からEC波を入射した.

高パワー領域での解析の前段階として, 異なる入射位置での最適な入射条件を探索した. 右図に示すのは, 入射パワーを1 MWに固定し異なる入射位置において入射条件を変えた際の解析結果である. 横軸は入射周波数, 縦軸は各入射周波数における入射角について最大となる電流駆動効率である. 図中"Midplane"および"Top"は水平入射, 上部

入射をそれぞれ表している. 上部入射では水平入射と比較して, 電流駆動効率が最大で1.5倍程度大きい値を取った. 一方で180 GHz以下および220 GHz以上の周波数領域では水平入射よりも小さい値となった. 水平入射の場合について入射パワーを1 kW ~ 1 GWの範囲で変化させると, 10 MW以上の高パワー領域から電流駆動効率が入射パワーに依存し増加した. 電流駆動効率が増加した高パワー条件においては電子速度分布関数のマクスウェル分布からの変形が顕著に見られた.

講演では水平入射および上部入射における電流駆動効率の入射パワー依存性と, 入射パワーを変化させた場合の電子速度分布関数の変形について報告する.

本研究はJSPS KAKENHI Grant Number JP 21J20764および京大ZE Research Program, IAE (ZE2021B-33) によって支援されている.

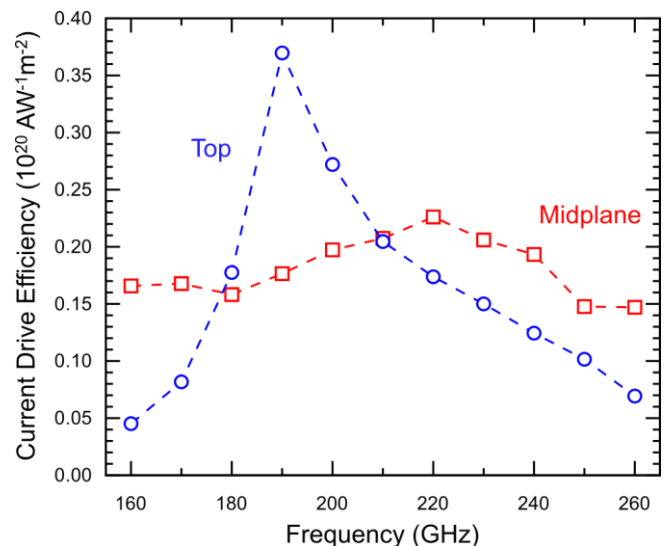


図 水平入射および上部入射時における電流駆動効率の入射周波数依存性

参考文献:

- [1] E. Poli *et al.*, Nuclear Fusion **53**, 013011 (2013).
[2] X. Chen *et al.*, 28th IAEA FEC-2020, EX/1-1 (2021).