

上部入射と非線形効果を利用した
核融合原型炉におけるECCD電流駆動効率の改善
**Improvement of ECCD efficiency in DEMO reactor
by using top launch and nonlinear effect**

清野智大 1), 高橋宏幸 1), 飛田健次 1), 福山淳 2),
長崎百伸 3), 前川孝 2), 柳原洸太 4)

Tomohiro Seino 1), Hiroyuki Takahashi 1), Kenji Tobita 1), Atsushi Fukuyama 2),
Kazunobu Nagasaki 3), Takashi Maekawa 2), Kota Yanagihara 4)

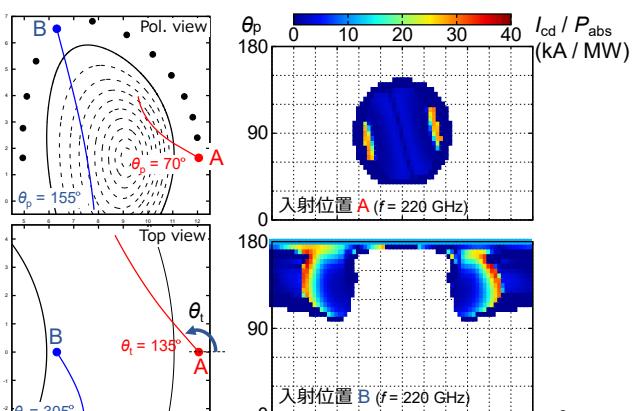
(1) 東北大院工, (2) 京大, (3) 京大エネ理工研, (4) 量研那珂
(1) Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku Univ.,
(2) Kyoto Univ., (3) Institute of Advanced Energy, Kyoto Univ., (4) QST

トカマク型核融合炉の定常運転のためには非誘導電流駆動が不可欠である。電子サイクロトロン電流駆動(ECCD)は非誘導電流駆動の手法の一つであり、他手法と比較して入射ポートが小規模であるなど工学的な利点を持つ。一方で電流駆動効率(駆動電流/吸収パワー)が比較的小さいことが課題となっている。近年、EC波の入射位置を変更することで従来の水平入射よりも電流駆動効率が向上することが解析的・実験的に報告されている[1,2]。また従来の線形解析では電流駆動効率は入射パワーに依存しなかったが、入射パワーが数十MW以上になると非線形効果によって電流駆動効率が向上しえることが過去の解析で示されている[3]。そこで本発表では、入射位置の変更(上部入射)と入射パワーの増加(非線形効果)を組み合わせることで電流駆動効率の更なる向上を試みた。

入射位置を変えた解析は原型炉プラズマ(中心密度 $1.5 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$, 中心温度53 keV)を対象に線形解析コードTRAVISを用いて実施した。左図の黒点で示すように入射位置はプラズマ外側に13点設定した。なお右図での比較対象に選んだ水平入射位置(A)と上部入射位置(B)をそれぞれ赤点、青点で強調した。EC波の周波数は160 GHz ~ 260 GHzで10 GHzずつ、入射トロイダル角 θ_t および入射ポロイダル角 θ_p は5度ずつえて解析を実施した。 θ_t の定義は左下図に示しており、 θ_p はz軸とEC波の進行方向がなす角度である。右図に示すのは解析結果の例である。左図で強調した2つの入射位置(A, B)から220 GHz, Oモード、入射パワー1 MWのEC波を入射した。横軸は θ_t 、縦軸は θ_p であり電流駆動効率 I_{cd}/P_{abs} (kA/MW)を色で表している。ここに示す220 GHzは水平入射において最も多く電流が流れた

入射周波数であり、左図の赤線で示す入射条件において最大駆動効率29 kA/MWが得られた。一方、上部入射位置から同周波数で入射した場合には青線で示した入射条件において最大で35 kA/MWの駆動効率が得られ、水平入射時の最大値を上回った。駆動効率は入射周波数にも依存するが、今回設定した13点の入射位置それぞれにおける駆動効率の最大値は、上部入射かつ高磁場側から入射する場合に大きいことがわかった。講演では他条件での解析結果や考察について報告する。また高駆動効率が得られた入射条件について非線形解析が可能なTASKコードを用いた高パワー入射時の解析を進めており、上記解析の結果と併せて講演内で報告する。

本研究はJSPS KAKENHI Grant Number JP21J20764および京大ZE Research Program, IAE(ZE2022B-24)によって支援されている。



(左図) 設定した入射位置と入射角 θ の定義
(右図) 入射位置A, Bにおける電流駆動効率

- [1] E. Poli *et al.*, Nuclear Fusion **53**, 013011 (2013).
- [2] Xi Chen *et al.*, Nuclear Fusion **62**, 054001 (2022).
- [3] 清野智大 他, 第33回プラズマ核融合学会年会
講演番号22P-3F-03 (2021).