4Ba04

X波ECCDによる核融合トカマクプラズマの立ち上げ支援
Assist of Startup of Fusion Tokamaks using X-wave ECCD

前川孝、打田正樹、田中仁
Takashi MAEKAWA, Masaki UCHIDA, Hitoshi TANAKA

京大エネルギー科学研究科
Graduate School of Energy Science, Kyoto University

トカマク炉においてECH/ECCDは燃焼プラズマの性能向上に用いられ、基本周波数帯での正常波（0波）モードを使用する。一方、燃焼プラズマに比べて低温低密度である立ち上げプラズマでは弱磁場側から入射したＸ波が有効である。　すなわち、0波の吸収は弱く、吸収が非常に大きい異常波（X波）が適している。 本講演では立ち上げプラズマの広いパラメータ範囲（電子温度　Te = 0.01-20 keV, 密度 ne = 1.0-3.0×1019m-3）において、基本周波数帯である170-200 GHzの領域で0波とX波の吸収率と電流駆動効率を比較し、X波がはるかに優れていることを示す。

弱磁場側から斜め入射されたＸ波の偏波は右手回転成分が主で低温低密度でも極めて吸収が大きく、図１に示すようにＥＣＲ層のはるか手前で吸収が完了する。すなわち、磁場方向速度が熱速度$(2Te/m)^{1/2}$の2~3倍の高速電子に共鳴吸収されるので、図２に示す様にO波の場合に比較して高効率電流駆動が得られる。低温のプラズマ周辺部でも中心部とほぼ同じ電流駆動効率が実現される。

X波の吸収は第2高調波共鳴でも大きく、電子温度が15keVを超えると、X波は、プラズマ中心部の基本共鳴による吸収領域に辿り着くまえに、第２高調波共鳴吸収をうけるようになり電流駆動効率が劣化する（この場合の第2高調波共鳴電子はピッチ角が大きく電流駆動効率が低い）。20keVではこれが顕著になり、O波による電流駆動効率を下回るようになる。

T.Maekawa etal.　Nuclear　Fusion, 2018, Vol. 58, 016037.
T.Maekawa、Nuclear　Fusion, 2018, Vol. 58, 106020.

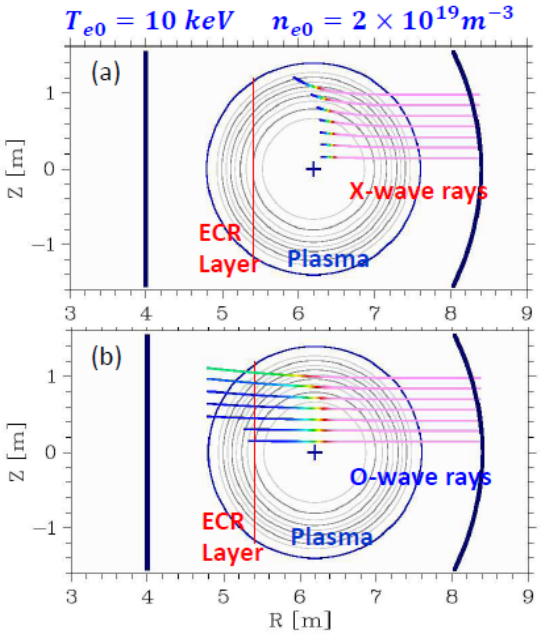

図１　弱磁場側から斜め入射（$N_{//0}$=0.6）。虹色の所で吸収。黄緑で５０％、濃紺の箇所で吸収完了。灰色円は電子密度と電子温度の等高線

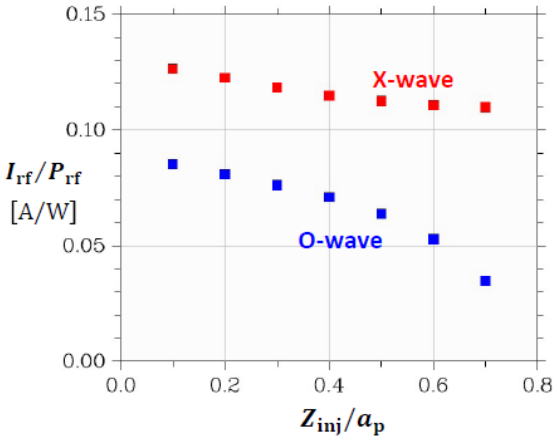

図２　上図各入射における電流駆動効率