

回転ヘリカル摂動磁場印加時のトカマクプラズマの動的挙動

菊池祐介、上杉喜彦、高村秀一（名古屋大学）

研究の背景 トカマク周辺プラズマの制御法の一つとしてエルゴディックダイバータ(Ergodic Divertor:ED)に関する研究が多数のトカマク装置を用いて行われた。EDの問題点として、磁場の構造的に起因する熱負荷の局所化と粒子排気の複雑性が挙げられていた。これらの問題を解決するために、外部から印加する摂動磁場をポロイダル方向へ回転させる動的エルゴディックダイバータ(Dynamic Ergodic Divertor:DED)が提案され[1]、現在ドイツの中型トカマク TEXTOR で計画が進められている。本研究では名古屋大学の小型トカマク HYBTOK-II(大半径 40 cm, 小半径 11 cm)を用いて、あらためて DED の内部構造にわたる先駆的基礎研究を行うことを目的としている。

DED によるプラズマ回転駆動 DED に期待される機能として、(1)壁への熱負荷の分散化、(2)ポンプリミタと組み合わせた粒子制御、(3)シアフローによる閉じ込めの改善が考えられている。本研究では(3)の DED によるプラズマ回転駆動を実証するに際して重要な、外部から印加する回転ヘリカル摂動磁場(Rotating Helical Field:RHF)のトカマクプラズマ中への浸透・伝搬過程について明らかにしていく。

RHF のトカマクプラズマ中への浸透・伝搬過程 プラズマ回転は RHF によってプラズマ中に誘起される摂動電流と RHF による $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ トルクによって駆動されると考えられる。誘起される摂動電流として以下の二つが考えられる。

(1)テアリングモードの共鳴面($q = m/n$)に流れる摂動電流

プラズマを導体と考えた場合、外部から印加された交流磁場である RHF は表皮効果によって遮蔽を受ける。トカマクプラズマでは磁力線が存在するために、磁力線と誘導電場のひねりが一致する場所、つまりテアリングモードの共鳴面において遮蔽電流が誘起される。

(2)アルフベン共鳴の共鳴面に流れる摂動電流

テアリングモードの共鳴面の半径内外において、摂動磁場の波長がアルフベン波の波長と一致する場所(アルフベン共鳴)が存在する。つまり RHF を生成するヘリカルコイルをアンテナと見なせば、アルフベン波を励起していると考えることができる。

浸透過程の実験結果 HYBTOK-II には RHF を発生する局所ヘリカルコイルが真空容器外部にモード数(m, n) = (6, 1)となるように設置されている。また、RHF の計測では、小型の磁気プローブをプラズマ中へ挿入することで、上記の共鳴面を含めた摂動磁場の径方向分布を得ている。実験では、RHF とトカマクプラズマのポロイダル回転速度差が大きい場合に、プラズマ中での RHF の強い遮蔽を観測した。しかし、強い遮蔽が現れる場合においても、テアリングモード共鳴面内側において RHF は真空中の強度に対して増幅を受けることが確認された。本講演では、RHF の浸透・伝搬過程に対して、上記したテアリングモード共鳴面に誘起される電流とともに、アルフベン共鳴面に誘起される電流の寄与についても議論する予定である。

文献

[1] S. Takamura et al., Nucl. Fusion **28** (1988) 183.