

トカマク型原型炉における 不純物入射を伴う完全非誘導電流駆動運転についての検討

Study on full noninductive drive operation with impurity seeding in tokamak DEMO

藤田 隆明、小林 京平、竹本 壮汰、岡本 敦

FUJITA Takaaki, KOBAYASHI Kyohei, TAKEMOTO Sota and OKAMOTO Atsushi

名大院工
Nagoya Univ.

原型炉においては、ダイバータ熱負荷を許容値以下に抑えるためアルゴン等の不純物をダイバータ領域に注入することが予定されているが、コアプラズマへの不純物の侵入・蓄積による燃料の希釈や中心部からの放射パワーの増大が懸念される。一方、キセノン等のより高い原子番号の不純物によるコアプラズマからの放射パワーの増大で境界層への流入パワー（セパトリス通過パワー）を低減し、ダイバータ熱負荷を下げるシナリオも検討されている。しかしながら、不純物輸送と定常運転のための非誘導電流駆動のコンシステントな解析はほとんどなされていない。

これまでに、統合輸送コードTOTALを用いて、原型炉プラズマを対象として高Z不純物入射によるコアプラズマからの放射パワー増大の解析[1]、アルゴン不純物の蓄積の電子密度分布依存性の解析[2]を実施してきた。これらの解析では非誘導電流駆動運転については考慮されていなかったが、最近、TOTALに中性粒子ビーム（NB）入射加熱・電流駆動解析モジュールを導入した[3]。本研究では、完全非誘導電流駆動を維持した状態で不純物入射を行うときの運転条件、課題について検討し、不純物入射により境界層への流入パワーをどこまで低減できるかを明らかにすることを目指している。

燃料ペレット入射量をノブとして核融合出力の帰還制御を行う場合、放射パワーの増大に対して電子密度を上昇させることで核融合出力を維持することが可能である。しかし、電子密度の増大に伴いNB電流駆動効率が低下し、NBパワーの増大（Q値の低下、所内電力の増大）をもたらす可能性がある。一方、不純物入

射による実効電荷数の増加は、NB電流駆動効率の改善に繋がる。

一般に、完全非誘導電流駆動のためには、比較的高い安全係数での運転が必要となり、高い閉じ込め改善度が要求されるため、比較的ピーキングした密度分布が想定される。一方で、密度分布のピーキングに伴い高Z不純物は中心に蓄積しやすくなる。閉じ込めへの影響を小さくするためには、放射パワーをなるべく周辺部に局在化させることが望ましい。キセノンを用いた場合、線スペクトル放射をプラズマの周辺部（ペDESTAL部）付近に局在化させることは可能であるが、ピーキングした密度分布では中心部での蓄積による制動放射パワーの増大が懸念される。

講演では、不純物入射により完全非誘導電流駆動を維持した状態で境界層への流入パワーを減少させるような条件について検討した結果を報告する。

[1] T. Yamakami, et al., PFR **9**, 3403091 (2014).

[2] R. Sakai, et al., PFR **15**, 1303031 (2020).

[3] R. Funabashi, et al., PFR **15**, 2401071 (2020).