

核燃焼プラズマにおける熱負荷低減を目的とした不純物入射の影響
Effects of Impurity Injection for Heat Load Reduction in Burning Plasma

坂井亮介, 藤田隆明, 岡本敦

Ryosuke SAKAI, Takaaki Fujita, Atsushi OKAMOTO

名大院工

Nagoya Univ.

1. 導入

原型炉・商用炉において、ダイバータ熱負荷の低減のためダイバータ領域へのアルゴン(Ar)入射が想定されているが、主プラズマへのArの混入の影響が懸念される。統合輸送コードTOTAL[1]を用いて、ペレット入射周波数の帰還制御により核融合出力を一定に制御している状況において、Ar混入時のプラズマ応答を調べた。

2. 計算方法

プラズマの大きさや形状、電流、トロイダル磁場、核融合出力についてはDEMOで想定されているパラメータを用いた[2]。ペレット入射により核融合出力を一定にした(半径3 mm、高さ4 mmの円筒形ペレットを高磁場側から1 km/sで入射)。熱輸送、粒子輸送モデルとしてMixed Bohm/Gyro-Bohm modelを用いた。ただし粒子束には以下で表される粒子ピンチ速度 V^{AN} を導入し、無次元係数 C_p によりその大きさをスキャンした。

$$V^{AN} = -C_p D^{AN} (2r/a^2)$$

時刻80秒までは α 加熱を0 MWより定格値である217 MWまで線形的に増加させ、その後出力一定となるよう制御を行った。加熱としてRFを想定し、 α 加熱と同様の立ち上げを行い核融合出力安定以後は83.5 MW一定とした。時刻150秒から一定の入射率でArを入射した。

3. 計算結果

C_p をスキャンし密度分布形状変化によるAr入射に対するプラズマ応答への影響を調べた。Ar入射直前の148秒と、計算終了時の800秒での電子密度 n_e の径方向分布を図. 1に示す。入射前の密度分布がピークしている程、Ar入射後では中心付近の密度上昇が大きい結果となった。

体積平均電子密度 $\langle n_e \rangle$ と放射損失パワー P_{rad} の時間変化を図. 2に示す。Ar入射前では、密度分布がピ

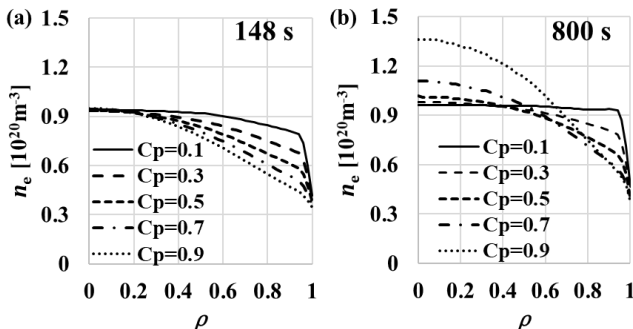


図.1 (a)Ar 入射直前と(b)計算終了時の電子密度の径方向分布、 ρ は規格化小半径

ーキングしているほど低い $\langle n_e \rangle$ で同じ核融合出力が得られるが、Ar入射後の $\langle n_e \rangle$ 、 P_{rad} の上昇が大きくなる傾向がある。定常状態に達するまでの時間は長くなる。

Ar入射直前(148秒)での $\langle n_e \rangle$ 、800秒時点での $\langle n_e \rangle$ 、アルゴンの体積平均密度 $\langle n_{Ar} \rangle$ 、 P_{rad} 、制動放射パワー P_{brm} 、ライン放射パワー P_{lin} の C_p 依存性を図. 3に示す。800秒時点での $\langle n_e \rangle$ は $C_p = 0.6$ 付近で最小となり、 P_{lin} の変化量は比較的小さく $C_p = 0.8$ 付近で最小となった。 P_{rad} はほぼ単調に増加した。

密度分布をある程度ピーキングさせることで、Ar入射中に運転電子密度を上げずに主プラズマでの放射損失を増大させることができる可能性が示された。

4. 参考文献

- [1] K.Yamazaki et. al., Nucl. Fusion **32** 633 (1992)
- [2] Y. Sakamoto, et. al., "DEMO Concept Development and Assessment of Relevant Technologies", FIP/3-4Rb, 25th IAEA FEC, St. Petersburg, 2014.

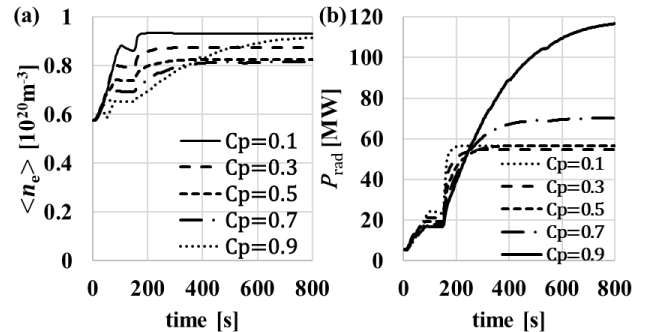


図.2 (a)体積平均電子密度と(b)放射損失パワーの時間変化

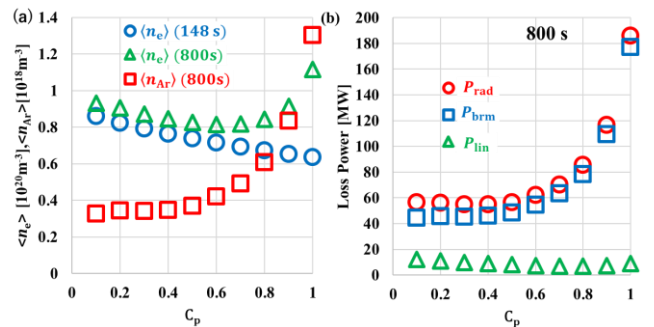


図.3 (a)電子の体積平均密度(148 秒時点(○)と 800 秒時点(△))及び 800 秒時点での Ar の体積平均密度(□)の C_p に対する依存性。(b)放射損失(○)、制動放射(□)、ライン放射(△)の C_p に対する依存性。