

29aP48

燃料及び不純物の入射による核融合出力と放射損失の制御のシミュレーション Fusion Power and Radiation Loss Control by Injecting Fuel and Impurity Particles

林 祐太¹, 藤田隆明¹, 岡本敦¹, 有本英樹¹

Yuta HAYASHI¹, Takaaki Fujita¹, Atsushi OKAMOTO¹, Hideki ARIMOTO¹

¹名大院工

¹Nagoya Univ.

商用炉では核融合出力の一定制御が必須であり、また制御プラズマパラメータは非独立であるため様々な制御アクチュエータが必要となる。そこで、本研究では燃料粒子供給法であるガスパフとペレット入射に着目し、これらをアクチュエータとする核融合出力一定制御のシミュレーションを行った。さらに、ダイバータ放射損失増大のため意図的に入射される不純物として Ar を想定しこれが主プラズマ内部へ混入した場合の影響、及び炉壁からタングステンが剥離しプラズマへ混入した場合のプラズマ挙動について調べた。

解析は2次元平衡1次元輸送コード(TOTAL code)[1]を用いて、DEMOプラズマを対象として行なった。プラズマの大きさ、電流、楕円度、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]。核融合出力一定制御には PID 制御を用いた。熱輸送、粒子輸送モデルとして Bohm-GyroBohm Mixed model を用いた。ペDESTALの輸送係数を小さくすることで、閉じ込め改善モード(Hモード)を模擬した。また、総計算時間は800秒として、80秒までは α 加熱を0 MWより指令値である207 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。また、加熱としてRFパワーを想定し、 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。半径3mm、高さ4mmの円筒固体ペレットを高磁場側から1km/sで入射した。また、不純物の入射量はどちらも等しくしている。タングステンは400sより10s間混入することを模擬した。

Fig.1に α 加熱パワーと体積平均密度の時間変化を、Fig.2に各燃料供給法における温度、密度分布を示す。ガスパフと比較してペレット入射の方がより低い密度・低いベータ値で同じ核融合出力を得ており、したがってペレット入射の方がより核融合運転条件を満たしやすいといえる。次に、Arの注入を行った場合について各燃料供給法におけるAr密度をFig.3に示す。このときプラズマ表面で $n_{Ar}/n_e = 0.24\%$ (gaspuff), 0.20% (pellet)である。Ar入射量は各燃料供給法で等しいにも関わらず、ペレット入射の方がペDESTALにおけるAr密度が小さくなっている。これは、ペDESTALの密度勾配が小さく不純物ピンチが小さくなったためだと考えられる。また、プラズマ内にタングステンが混入した場合の核融合出力変化をFig.4に示す。W混入によって核融合出力が低下しているが、入射が停止した後はペレット入射で22s、ガスパフで54s程度で出力が復帰(目標値との誤差1%以下)している。ペレット入射の方が燃料供給量に対する出力への影響が大きいため応答が速くなっている。10秒間で混入するタングステン量は0.388gであり、この量の炉壁が剥離する際のシミュレーションとなっている。

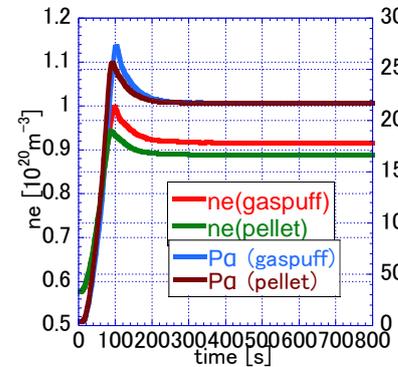


Fig.1 密度・出力時間変化

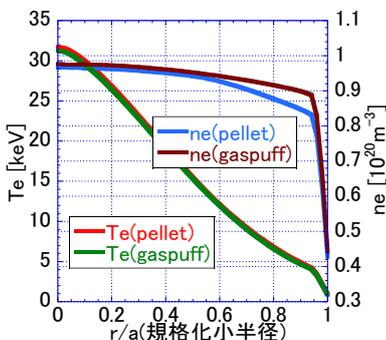


Fig.2 温度・密度分布

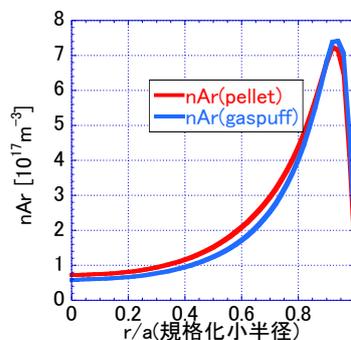


Fig.3 Ar 密度分布

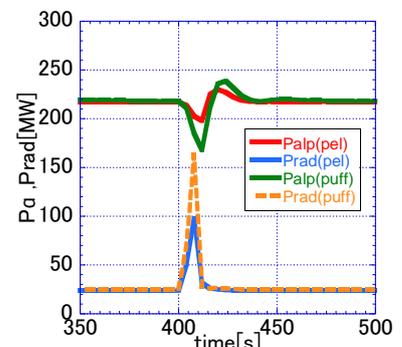


Fig.4 W 混入時 α 加熱・放射損失

[1] K. Yamazaki and T. Amano, 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.