

炉システムコードにおける輸送障壁を考慮したブートストラップ電流割合の評価

Evaluation of bootstrap current fraction considering transport barrier in system code

日渡 良爾¹、中村誠²、坂本宜照²、飛田健次²
R.Hiwatari¹, M.Nakamura², Y.Sakamoto², K.Tobita²

¹電力中央研究所、²日本原子力研究開発機構
¹CRIEPI、²JAEA

背景と目的

将来の原型炉概念を検討するにあたって、プラントの主要パラメータを定めるためにはじめにシステム解析を行う必要がある。通常、このシステム解析にはITER Physics Design Guidelinesにみられるような簡略化されたプラズマ物理モデルが用いられている^[1]。これら従来の簡易物理モデルを用いた解析でも原型炉のシステム解析は可能であるが、基本的にはこれらモデルはITERの炉心プラズマを念頭に構築されたモデルであり、近年研究されている負磁気シヤ放電等を用いたITER以上の高性能プラズマへの適用性には課題が残る。

課題の一つとして電流定常化に大きく関わってくるブートストラップ電流割合 f_{bs} の評価モデルが挙げられている。従来、ブートストラップ電流割合はポロイダル β 値 β_p に比例するとして(例えば、 $f_{bs} \propto \beta_p^{1.3}$)としてモデル化されており、電流の増加に対してブートストラップ電流割合は低下するモデルとなっている^[1]。しかしこのモデルにおいては、ITERの標準運転として採用されているH-modeにおける境界輸送障壁や負磁気シヤ放電で見られる内部輸送障壁の効果が含まれていない。

H-mode放電における実験解析によるとペDESTAL部分の蓄積エネルギー W_{ped} は、 $W_{ped} = I_p^{1.7} R_p^{1.16} P^{0.3} M^{0.3} (q_{95}/q_{cyl})^{1.3}$ という半経験則が導かれており、プラズマ電流が増加するとプラズマ圧力は増加する^[2]。最近のDIIDの結果からもペDESTAL部分のプラズマ圧力は電流に比例する結果が得られている^[3]。このことは、電流の増加によりH-modeのペDESTAL部分の圧力が増加し、ブートストラップ電流が増加する事を暗示している。

本研究では、輸送コードを用いてペDESTALを持つプラズマにおけるブートストラップ電

流割合に対する簡易モデルの適用性を確認するとともに、同簡易モデルの改良を目的とする。

検討方法と検討内容

本研究では、輸送コードを用いてペDESTAL部を持つ場合のブートストラップ電流割合を評価するために、1.5次元輸送コードに対してペDESTAL幅を決めるモデルを導入するとともに、プラズマ境界条件にダイバータ領域を考慮するモデルを導入し、境界部のペDESTAL構造に適用可能な輸送コードへの改良を実施した。

ペDESTAL部の幅・高さと同プラズマ電流との関係を定める物理モデルについては、実験解析の観点からはそれらを定める規格化パラメータとしてポロイダルラーマ半径 ρ_p とポロイダル β 値 β_p が挙げられていることから^[4]、イオンラーマ半径に依存するモデル(Shaing model^[5])とポロイダル β 値に依存する物理モデル(EPED1 model^[6])を導入する事とする。また、プラズマ境界条件はダイバータSOL2点モデルを導入することにより、可能な限り整合性のとれた輸送解析が可能な解析環境を整えた。

発表においては、ペDESTALの有無におけるブートストラップ電流値ならびにブートストラップ電流割合の比較に関する検討結果を報告する。

参考文献

- [1] ITER Physics Design Guidelines:1989, ITER Documentation Series, No10
- [2] K.Tohtsen, Plasma Phys. Cont. Fusion44(2002)A435
- [3] P.B.Snyder, IAEA fusion energy conf. 2010 THS/1-1
- [4] H.Urano, et al., Nucl.Fusion 48(2008) 045008
- [5] K.C.Shaing and E.C.Crume, Jr, Phys.Rev.Lett 63(1989)2369
- [6] P.B.Snyder, et al., Physics of Plasmas 16(2009)056118