

トカマク原型炉に向けた内部輸送障壁を伴う密度・温度分布の最適化 Optimization of density and temperature profile with internal transport barrier for tokamak DEMO reactor

昌元悠宰¹, 相羽信行², 古川勝¹

Yusai MASAMOTO¹, Nobuyuki AIBA², Masaru FURUKAWA¹

鳥取大学¹, 量研機構那珂²

Tottori University¹, National institutes for Quantum and Radiological Science and Technology²

日本原子力開発機構は、核融合出力 1.5 GW を達成することを目標とした原型炉 JA DEMO を 2014 年に提案した [1]. 導体壁がプラズマ小半径の 1.35 倍の場所にあるとき、壁による安定化効果を考慮した規格化ベータ限界 [2] が $\beta_N = 3.5$ であった. これはよく最適化されたものではあるが、理想 MHD モードに対して安定限界に近く、実際の装置の運転にはもっと余裕があることが望ましい. 本研究では、JA DEMO 2014 の諸パラメータ設定をベースに、内部輸送障壁の位置と圧力勾配の大きさを変化させることにより、核融合出力、BS (BootStrap) 電流割合の向上を目指した. MHD 平衡計算に用いた ACCOME コード [3] は、入力値の密度・温度分布から、BS 電流、NB (Neutral Beam) 入射による電流を計算し、設定した全電流量となるように Ohmic 電流を足したものを電流密度分布とし、Grad-Shafranov 方程式を解いて MHD 平衡を求めることができる. さらに自己無撞着に求まった圧力・電流密度分布を使い、理想 MHD 安定性計算用に精度をあげた平衡計算を MEUDAS コード [4] によって行う. 理想 MHD 安定性計算は MARG2D コード [5] を用いて行なった. その結果、核融合出力が 1.75 GW、BS 電流割合が 65.5% を達成するトロイダルモード数 $n=1,2,3,4,5,10,15,20,30$ で安定な分布を発見した. ただし、 $n=50$ で不安定化していたので、電流分布を調整して安定化を目指した. 本研究では NB は磁気軸に 2 本入射しており、それぞれパワーは 30 MW と 20 MW である. NB 入射パワーを 2 本とも 3.5 MW ずつ増やし、定常的には流すことができない Ohmic 電流を 0.07% に抑えたところ $n=50$ が安定化した. そのときの圧力・安全係数分布を図 1 に示す.

電流分布が密度・温度分布に対して自己無撞着に決まるため、内部輸送障壁を変化させたときの MHD 安定性の変化は複雑である. 上記の安定なプラズマから中心温度を下げると安全係数の変化により外部キンク

モードが、内部輸送障壁をプラズマ中心方向に動かすとバルーニングモードが不安定化する.

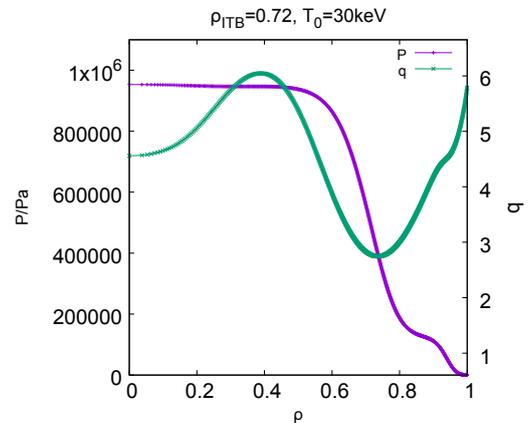


Fig. 1: Ohmic 電流割合を 0.07% に抑えた、 $n=1,5,10,15,20,30,50$ の理想 MHD モードに対して安定で、核融合出力 1.75 GW、BS 電割合 65.5% を実現する、圧力・安全係数分布.

References

- [1] Y. Sakamoto, K. Tobita *et al.*, 25 th IAEA Fusion Energy Conference (St. Petersburg, Russia, 2014) FIP/3-4Rb.
- [2] F. Troyon, R. Gruber, *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **26**, 209 (1984).
- [3] K. Tani, M. Azumi and R. S. Devoto, J. Comput. Phys. **98**, 332 (1992).
- [4] M. Azumi, G. Kurita, T. Matsumura, T. Takeda, Y. Tanaka and T. Tsunematu, Proc. 4th Int. Symp. on Comput. Methods Applied Sci. Engineering, Paris (North-Holland, Amsterdam, 1980), p. 335.
- [5] Shinji Tokuda, Tomoko Watanabe, Phys. Plasmas **6**, 3012 (1999).