

原型炉炉心プラズマ平衡形状の渦電流解析に基づく改善検討 Improvement of stability of plasma equilibrium in DEMO based on eddy current analysis

徳永晋介¹, 宇藤裕康¹, 染谷洋二¹, 松山顕之¹, 朝倉伸幸¹, 日渡良爾¹, 坂本宜照¹, 飛田健次¹,
原型炉設計合同特別チーム

Shinsuke Tokunaga¹, Hiroyasu Utoh¹, Youji Someya¹, Akinobu Matsuyama¹, Nobuyuki Asakura¹,
Ryoji Hiwatari¹, Yoshiteru Sakamoto¹, Kenji Tobita¹, Joint Special Design Team for Fusion DEMO

¹量研機構 六ヶ所研
¹QST Rokkasho

プラズマ性能を確保するために必要な高い楕円度と、トリチウム自己充足に必要な炉内の増殖ブランケットを両立する必要がある原型炉では、導体シェルによるプラズマ位置不安定性安定化が必要である。これまでの検討でフラットトップでの楕円度1.75の上下位置安定性確保の見通しを得た一方、ELMやマイナーディスラプションによる β_p 下落に伴う二次元電流分布の変化により誘起される位置不安定性についても考慮し平衡制御に反映する必要がある。外部磁場コイルが追従できない時間スケールで β_p が下落し、シャフラノフシフトが減少して電流中心が水平に動くと、1) 動いた先の外部真空磁場の分布が位置安定な形状になっていない効果と、2) プラズマ変位に伴い導体壁に流れる渦電流との相互作用の効果の2つにより垂直変位が起こると考えられ、両方を考慮した改善が重要である。1)の外部磁場の改善には水平変位と垂直変位の結合強度を示すk-index[1]を減少することが一つの指針と考えられるが、シングルヌルダイバータでは完全上下対称にならず、ポロイダル磁場コイル (PFC) とメンテナンスポートの位置取り合いも考慮する必要がある。原型炉におけるディスラプションに伴うVDE (垂直変位イベント) 解析では、二次元電流分布変化に対して発生する渦電流がプラズマに及ぼす力の中心 (中立平衡点) はプラズマ形状、導体構造物に鋭敏であることが明らかになった[2]。また工学的観点からは、コストダウンの観点からPFCは可能な限り設計を共通化する要請も存在する。本研究では、上述した工学制約も反映した原型炉外部磁場形状と炉構造について平衡解析・渦電流解析により改善検討を行った結果を報告する。

図1にプラズマが感じる外部真空磁場の上下対称性の指標としてプラズマ上下の楕円

度・三角度を対称にした平衡を示す。強大な熱流束を処理する原型炉ダイバータの空間を確保するため、プラズマ中心はTFC中心より上へ偏っている。PFC1と7、PFC3と4のペアの設計共通化を考慮したコイル配置となっているが、コイル電流値の差が過大であると共通化困難である。PFC7の電流値は三角度 δ に強く依存して変動し、PFC1と7の電流値の比は $\delta=0.30\sim0.35$ の変化に対して0.6~3.5程度変動する。PFC3と4の電流値は一貫してPFC3が1桁大きい。これらの傾向はPFC2と5 (いずれも六重極磁場生成に重要でプラズマ三角度と強い関わりがある) がメンテナンスポートから強い位置制約を受け上下非対称な配置となっている状況で外部磁場の上下対称性を求めた結果として解釈できる。上下対称性改善とメンテナンス性とPFC共通化の取り合いにはポート制約と親和性の高い三角度設計が重要であり、特にダイバータポートとPFC5の位置関係が鍵になると考えられる。現在進めている、導体シェルに流れる渦電流の上下非対称を縮小する炉構造改善検討についてもポスターにて報告する。

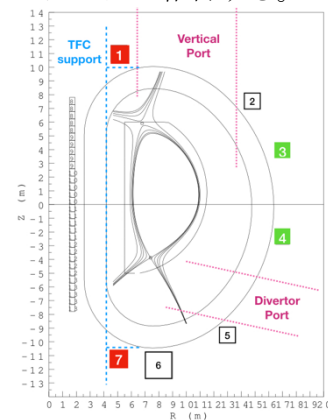


図1 PFC配置の制約と平衡 ($\delta=0.33$)

参考文献

- [1] A Fukuyama *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **14**, 871 (1975)
[2] A Matsuyama *et al.* poster in this conference, **4Pa50**.