

7P01

原型炉プラズマ電流立ち上げの平衡制御 シミュレーション

Simulation of equilibrium control during plasma current ramp-up phase in JA DEMO

杉山翔太、相羽信行、宮田良明、坂本宜照、原型炉設計合同特別チーム
S. Sugiyama, N. Aiba, Y. Miyata, Y. Sakamoto, Joint Special Team for Fusion DEMO

量研
QST

トカマク型核融合炉では、定格運転に先立ち、所定の値までプラズマ電流を立ち上げる必要がある。電流立ち上げフェーズは、プラズマ電流を上昇させながら位置形状制御、即ち、ダイバータ配位の形成やプラズマ体積の拡大を行う必要があり、垂直位置変位現象が起りやすい運転フェーズである。原型炉では、ブランケット設置の必要性から位置不安定性を安定化する導体壁がプラズマから遠いこと、強中性子場であるため位置制御用の炉内コイルを設置できないこと、及び装置が大型でありポロイダル磁場コイルがプラズマから遠いこと等の要因により、これまでの装置に比べてプラズマ電流立ち上げ及び位置形状制御が困難となる。炉設計活動における立ち上げシナリオ検討は、プラズマ運転の成立性の確認、工学機器設計との整合性の確認及び設計へのフィードバック、計装制御系の構築等のために必要な検討である。また、これらを設計の進展に合わせて反復的に行うためには、解析コードの整備、及び原型炉シナリオ構築上の要点の整理と手順化が重要である。本研究では、原型炉合同特別チームにおいて概念設計を行っているJA DEMO[1]を想定し、平衡制御シミュレーションによるプラズマ電流立ち上げシナリオの検討を行った。

MHD平衡制御シミュレータMECS[2]をJA DEMOに適用できるよう整備し、立ち上げシミュレーションを行った。MECSコードではコイル及びその電源の仕様や計装制御系の構築等、実機での制御を模擬した検討が可能である。但し、本研究では計測診断模擬機能は使用しない。

図1に、JA DEMOの電流立ち上げフェーズの一例を示す。時刻1秒で初期平衡を形成[3]し、25.5秒でダイバータ配位を形成、30秒から外部

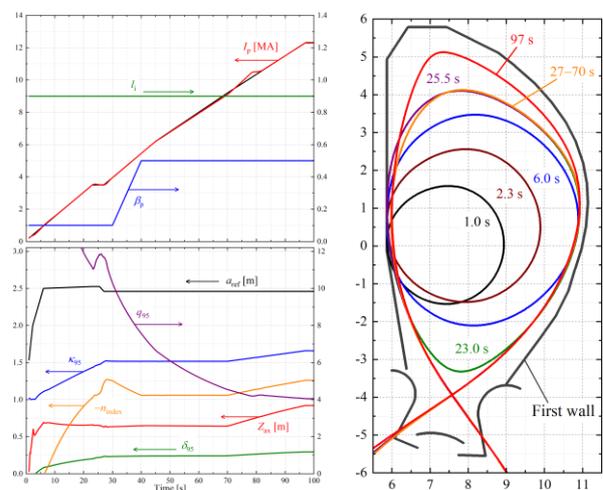


図1：JA DEMOの電流立ち上げシナリオの一例

加熱を行うことを想定し、97秒で立ち上げが完了している。コイルのベース電源電圧を±3 kVとし、その制約下で12.3 MAの定格プラズマ電流や1.65以上の楕円度を達成している。中心ソレノイドコイルの経験磁場が許容値を超えていることや、X点及びストライク点を含むプラズマ形状等の改善が必要である。工学設計と整合し更に魅力的なシナリオの構築、計装制御系の検討、及び三次元渦電流解析等のモデルの改良が今後の課題である。

図1のような安定な制御が可能なシナリオを得るためには、パラメータの組み合わせの微調整、膨大な計算の試行が必要であった。講演では、本研究で得られた知見として、原型炉シナリオ構築上の要点を整理し議論する。

[1] Y. Sakamoto, et al., IAEA 27th Fusion Energy Conf., 2018 FIP/3-2.

[2] Y. Miyata, et al., Plasma Fusion Res. **9** (2014) 3403045.

[3] S. Sugiyama, et al., Fusion Eng. Des. **172** (2021) 112779.