

原型炉のプラズマ運転シナリオの検討

Study on plasma operation scenario in JA DEMO

杉山翔太¹, 相羽信行¹, 朝倉伸幸¹, 松山顕之¹, 林伸彦¹, 坂本宜照¹,
原型炉設計合同特別チーム

SUGIYAMA Shota¹, AIBA Nobuyuki¹, ASAKURA Nobuyuki¹, MATSUYAMA Akinobu¹,
HAYASHI Nobuhiko¹, SAKAMOTO Yoshiteru¹, Joint Special Team for Fusion DEMO

量研¹
QST¹

原型炉設計合同特別チームでは、定常トカマク型原型炉 JA DEMO[1] の概念設計を進めている。試運転及び核融合発電の早期実証のために、パルス運転を行うことも検討している。JA DEMO では外部電流駆動源として中性粒子ビーム入射 (NBI) 及び電子サイクロトロン (EC) 波を使用することが考えられている。EC のみを用いてパルス運転が成立すれば、比較的時間を要する NBI の開発に先立って、より早期の核融合発電の実証が可能である。主要なプラズマ運転パラメータは、プラント全体をモデル化したシステムコードを用いて目安となる値が得られているが、より詳細な物理モデルを用いて定常的に維持可能な運転点を検討する必要がある。定常運転シナリオは統合コードを用いて検討されている [1]。本研究では、統合輸送解析コード TOPICS[2] を用いて、パルス運転モードに対して、外部電流駆動源として NBI のみ、EC のみ、及び NBI と EC の両方を用いた場合の JA DEMO のプラズマ運転シナリオを検討する。

図 1 に、外部電流駆動に NBI のみを用いた場合の、放電開始から 1000 秒間のパルス運転シナリオ例を示す。時刻 100 秒から、密度分布、アルゴン密度割合、及び加熱パワーを一定にしている。時刻 1000 秒において、核融合出力、非誘導電流駆動割合、HH ファクター、規格化ベータ、及びエネルギー増倍率の全てが、システムコードで得られた目安と同程度の値となっている。一方、電流の染み込み時間が長いため、1000 秒においても定常状態になっておらず、核融合出力や規格化ベータは緩やかに上昇し続けている。一定の核融合出力を得るためには、プラズマ密度や不純物密度割合を時間的に変化させて制御する必要がある。また、時刻約 400 秒から、安全係数の最小値は 1 を下回っている。強い内部輸送障壁が形成されると、JA DEMO のパルス運転時のプラズマ性能としては過剰となるため、局所的に磁気シアが 0 となることは好ましくない。

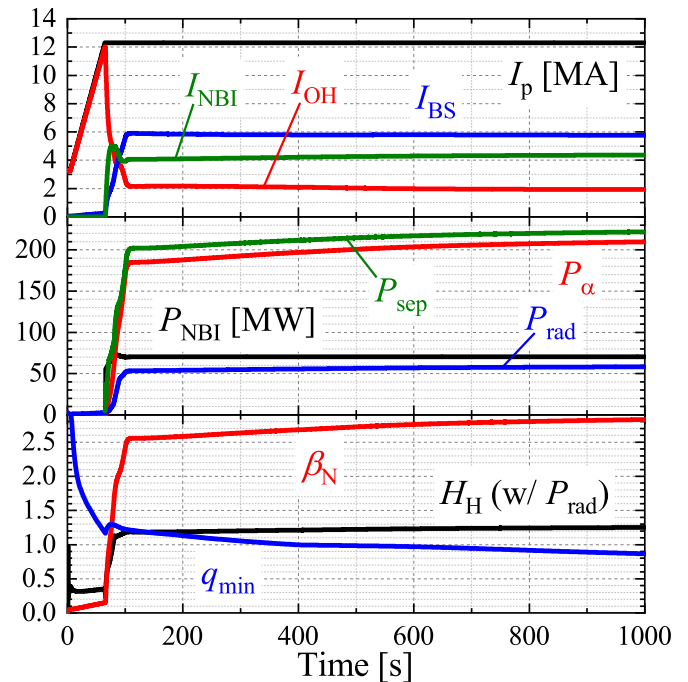


図 1: 外部電流駆動に NBI のみを用いた場合のパルス運転シナリオ例

従って、所望のプラズマ性能を実現しながら、電流分布を注意深く制御することが重要である。図 1 のシナリオでは、入射角度を変えた 3 機の NBI で電流分布を調整することを考えているが、中心の安全係数を 1 以上に維持することは困難であった。電流の染み込みに合わせて、中心電流駆動を担う NBI パワーを下げ、周辺部に EC を用いて電流を駆動する必要がある。EC のみを用いる場合には、広い駆動電流分布を形成しやすいが、プラズマの状態が大きく変化する時の電流分布の制御が難しく、NBI に比べて電流駆動効率が悪い。発表では、NBI のみ、EC のみ及び NBI と EC の両方を用いる場合のプラズマ運転性能を比較し、2 時間程度のパルス運転の実現可能性を議論する。

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

[2] N. Hayashi, et al., Phys. Plasmas **17** (2010) 056112.