

JT-60SA におけるプラズマ着火解析 Plasma Breakdown Analysis in JT-60SA

浦野創, 鈴木隆博, 宮田良明, 吉田麻衣子, 若月琢馬, 仲野友英, 大山直幸
Hajime URANO, Takahiro SUZUKI, Yoshiaki MIYATA, Maiko YOSHIDA,
Takuma WAKATSUKI, Tomohide NAKANO, Naoyuki OYAMA

量子科学技術研究開発機構, 那珂核融合研究所
QST, Naka Fusion Institute

JT-60SA の着火と電流立ち上げシナリオを着火解析コード BDOS 及び平衡コード TOSCA を用いて検討した。導体構造物として真空容器とクライオスタットをモデル化し、BDOS コードによりポロイダルコイルの初期励磁電流を最適化した。

解析条件は、CS コイル励磁電流 20kA(定格電流の 100%)、トロイダル磁場 2.25T、着火想定時間 100ms で行った。図 1(a) に $t = 100\text{ms}$ での接続長分布を示す。着火中心付近でヌル磁場 ($\sim 10\text{G}$ 以下) を形成しており、磁力線の接続長が 1km 以上を維持されているのがわかる。このときのトロイダル電場は約 0.6V/m であり、中性粒子圧力が $1 \sim 10\text{mPa}$ 程度で電子雪崩が発生すると想定される。ヌル領域形成後は、磁束バランスを維持するように初期プラズマ平衡が成立するプラズマ電流値を探索した。図 1(b) 及び (c) に着火からプラズマ生成時における着火中心での垂直磁場 B_z と総渦電流量 I_{eddy} の時間変化を示す。着火時には CS コイルに高電圧が印加されるため、導体構造物に大きな渦電流が流れる。従って、着火時のゼロ垂直磁場 ($t = 100\text{ms}$ の点) は、コイル電流の作る上向きの垂直磁場が渦電流の作る下向きの垂直磁場で打ち消されることで形成される。

着火直後の電圧制御フェーズでは、プラズマ電流立ち上げのための磁束消費が磁束バランスを満たすようにプラズマ電流を最適化した。着火後にプラズマ平衡を成立させるには、図 1(b) が示すようにプラズマ電流値に対応した上向きの垂直磁場が必要となる。コイル電流の時間変化はコイル電源の仕様で制限されており、着火時間 60ms を想定した従来の解析 [1] では、ヌル領域形成からプラズマ平衡を生成するまでの垂直磁場の時間変化をコイル電流の時間変化で調整することが難しかった。着火時間を 60ms から 100ms に伸長すると、磁束消費が 0.35Wb から 0.70Wb に増加するが、図 1(c) に示すように渦電流は時間とともに増加率が減少するため、着火時間を 100ms に遅らせることで、コイル電流の時間変化に自由度が発生し、プラズマ平衡を成立させる垂直磁場を有する着火シナリオを作ることができた。

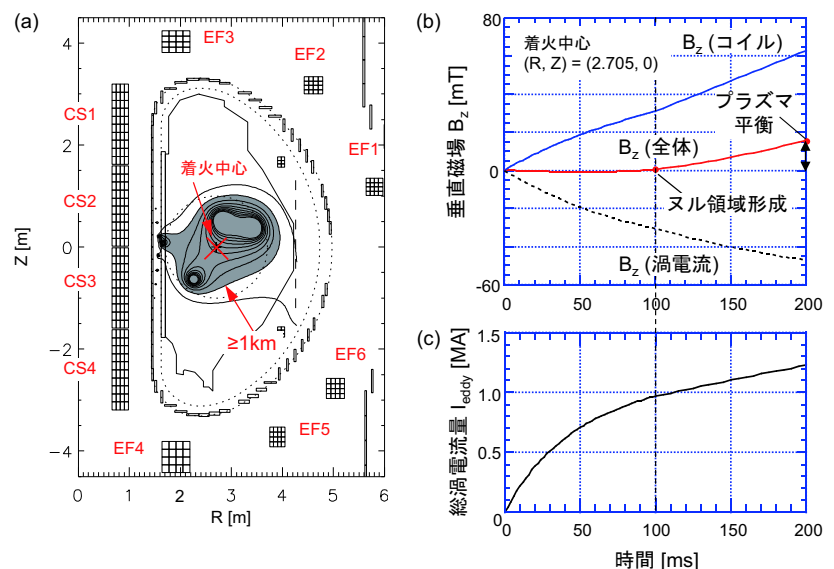


図 1: JT-60SA における CS コイル励磁電流 20kA(定格電流の 100%) での (a) ヌル領域形成時の磁力線の接続長分布、及び (b) 着火中心での垂直磁場 B_z (コイル、渦電流、全体) と (c) 総渦電流量 I_{eddy} の時間変化。