

ST40・TS-6における高磁場リコネクション加熱を応用した
CS-free球状トカマク急速立ち上げシナリオの開拓
**Exploration/application of high field reconnection heating
for CS-free merging spherical tokamak formation scenario in ST40 and TS-6**

田辺博士⁽¹⁾, 曹慶紅⁽²⁾, 秋光萌⁽²⁾, 田中遥暁⁽²⁾, Tara Ahmadi⁽²⁾, 染谷諒⁽¹⁾, 蔡雲漢⁽²⁾, Mikhail Gryaznevich⁽³⁾, Vladimir Shevchenko⁽³⁾, Chio-Zong Cheng⁽¹⁾, 井通暁⁽¹⁾, 小野靖⁽¹⁾, H. Tanabe⁽¹⁾, Q. Cao⁽¹⁾, M. Akimitsu⁽¹⁾, H. Tanaka⁽¹⁾, T. Ahmadi⁽¹⁾, R. Someya⁽¹⁾, Y. Cai⁽¹⁾, M. Gryaznevich⁽²⁾, V. Shevchenko⁽²⁾, C. Z. Cheng⁽¹⁾, M. Inomoto⁽¹⁾ and Y. Ono⁽¹⁾

(1)東大新領域, (2)東大工, (3)トカマクエナジー
(1) Univ. Tokyo, (2) Tokamak Energy Ltd.

2018年、ポストMAST実験として東京大学TS-3U(TS-6)および英国核融合ベンチャートカマクエナジーST40において、高ガイド磁場条件あるいは高 q トカマク合体によるソレノイドフリー立ち上げを基本シナリオとして採用した新しい球状トカマク実験が開始された。リコネクション加熱スケーリング則($\Delta T_i \propto B_{rec}^2 \propto B_p^2 \propto I_p^2 \propto I_{MC}^2$)の予測に基づき、合体駆動コイル電流 I_{MC} の最大値拡張により、MASTを超えるパラメータをコンパクト装置で狙う野心的な実験が推進されている。

図1に2019年度段階のST40のプラズマシナリオの代表例を示す。ST40実験の合体運転では、

- 合体駆動コイル電流の誘導で装置上下に2つの合体前初期プラズマ生成($I_p \propto I_{MC}$)
- 合体・磁気リコネクションの加熱により高温プラズマ急速立ち上げ(最適化進行中)
- 合体完了後センターソレノイド(CS)コイルの低速ランプダウン開始 → 定常実験連結
- 電流駆動終了後100ms程度かけて立下げのような運転がなされている。時刻3ms頃に合体駆動用MCコイル周辺にプラズマが生成され、それらが合体している様子が高速度カメラ画像と磁気面再構成でも確認できる。

参考記録ながら最大2.3keVを記録した2018年度に対して、2019年度はTFコイル電流増強($B_T \sim 2T$ 達成)、CSコイル試験運転開始、各種計測系整備といった形でST装置としての実験環境整備が重点的に行われた年にあたり、東大からも著者らの長期派遣が行われ、1次元イオンドップラートモグラフィ計測が現在使用可能である。MASTや東大の合体実験同様、合体中のイオン温度はアウトフロー加熱に特徴的なダブルピーク型の分布を形成し、その後径方向圧縮を経て空間分布は磁気軸にピークしたイオン

温度分布に遷移し、その後CSコイルの電流駆動のもと温度分布が定常維持されているのが確認できる。現在コロナ禍中の2020年度は、3系統NBI(>4MW)導入準備が進められており、順次CS-less運転への移行が計画されている。

ST40実験は、合体駆動運転の心臓部である合体駆動コイル電流 I_{MC} について、MASTを超える大電流が印加可能な設計とはなっているが、同装置2年度目段階のパフォーマンスでは、MAST実験と比較して電流駆動効率・加熱効率の最大性能を引き出せていない状態のため、類似オペレーションでより詳細な計測系導入が可能な東京大学TS-6実験と連携しながら原因の特定を進めているところである。TS-6実験では2019年度に報告した磁気面全面網羅型のfull-2D二次元イオンドップラートモグラフィ計測を駆使した詳細な計測が利用可能であり、2020年度は短パルスながらMAST/ST40型の定常運転連結モードのテストを開始。アウトフロー領域に生成された高温領域の伝搬特性の調査および、発生しうるロスのシナリオ同定等が精力的に行われている。本年会では両実験における炉心シナリオ開拓の最新の研究動向を報告する。

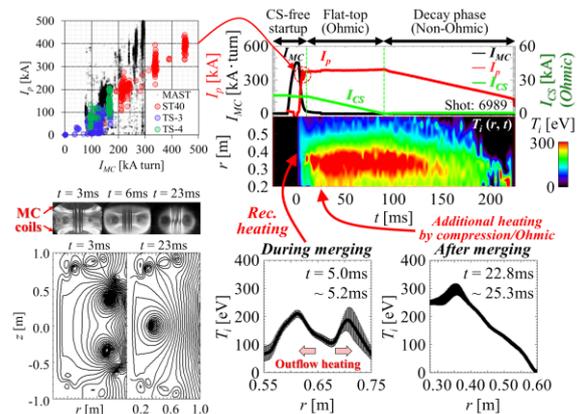


図1 ST40の合体生成球状トカマク運転シナリオ例