

TS-6/ST40における合体加熱型球状トカマク急速生成実験の最近の進展
 Recent progress of merging spherical tokamak formation experiments in TS-6 and ST40

田辺博士⁽¹⁾, 田中遥暁⁽¹⁾, 蔡雲漢⁽¹⁾, Mikhail Gryaznevich⁽²⁾, 井通暁⁽¹⁾, 小野靖⁽¹⁾
 H. Tanabe⁽¹⁾, H. Tanaka⁽¹⁾, Y. Cai⁽¹⁾, M. Gryaznevich⁽²⁾, M. Inomoto⁽¹⁾ and Y. Ono⁽¹⁾

(1) 東大, (2) トカマクエナジー
 (1) Univ. Tokyo, (2) Tokamak Energy Ltd.

近年、磁力線のつなぎ代わりに伴うエネルギー開放現象「磁気リコネクション」を対象とした研究は、宇宙観測/理論・シミュレーション/実験室連携によって大幅に前進し、基本的なエネルギー変換メカニズムについては理解が進みつつある。磁気リコネクションを通じてX点近傍に生成される電場による加速や電流シートにおける抵抗散逸による電子加熱、アウトフローとして下流へ放出される高速プラズマジェット熱化による下流領域のイオン加熱などはほぼ例外なくすべての系で観測され、その加熱のオーダーが再結合磁場の2乗に比例する傾向も宇宙・実験室を問わず共通である。

同現象に関する最近のトレンドは、リコネクション平面に垂直成分の磁場が存在するガイド磁場リコネクションや、プラズモイド生成時にX点近傍で高エネルギー領域の微細構造形成イベントが注目の対象となっている。東京大学では、リコネクション加熱の応用を意識した研究を過去30年にわたり行ってきたが、近年は特に英国カラム研究所MASTや核融合ベンチャーのトカマクエナジーとの連携を通じた、リコネクションで得られた加熱をリコネクション後に形成される球状トカマクプラズマ配位の中にとらえる方式の研究が特にさかんに行われている。なかでも近年の大きな進展としては、

- ST40の合体実験でMASTを超える加熱出力・同性能の定常連結、NBI追加加熱シナリオでは球状トカマク実験史上初の1億度を達成
- 東京大学TS-6実験におけるジャイロスケール空間分解能でマイクロ-マクロスケールを網羅した完全2次元計測の達成とガイド磁場極性によるグローバルな構造形成現象の発見の2つがあげられる。本講演では以上2つの話題を基軸として、フラックスチューブ合体型系における宇宙-実験室共通現象の応用研究の最新動向の紹介を行う。

本講演の概要は図1、図2に要約される。図1(a)

が示すように、太陽フレアも合体実験も共通の磁気リコネクションを扱うが、開放系の状況と比較すると合体の系では再結合した磁場が閉じた磁気面を形成するのが特徴である。モデル図が示すように合体下流の加熱の挙動は、太陽でいうところのloop top側の挙動に近い現象がみられる。アウトフロー領域の加熱スポットは、太陽では黒点と結ぶ磁力線上に伝搬する一方、実験室の系ではポロイダル磁気面を取り囲むような輸送現象が発生し、合体後のプラズマ全体を加熱する。図1(b)はこの時のイオン温度をTS-6実験の2次元計測でとらえたものであり同モデルの特徴をよくとらえていることが確認できる。図2のST40実験は、この合体を利用して得られる加熱を再結合磁場スケリング($DT_i \propto B_{rec}^2$)の発想に基づき、MASTを超える世界最大出力で応用したものである。keVオーダーの合体加熱・定常連結の実証に続き、最近では合体直後からのビーム入射追加加熱シナリオ開発が進み、球状トカマク実験史上初の1億度を達成。以上の内容で要約されるTS-6/ST40実験の最近の進展について年会では報告を行う。

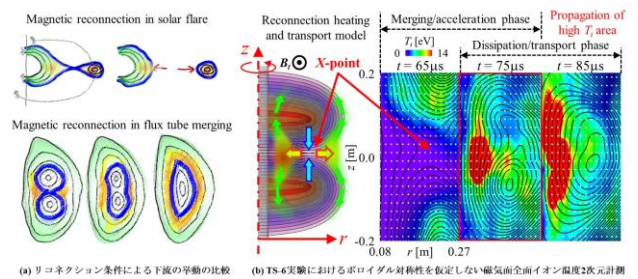


図1 合体型リコネクションの加熱構造の特徴

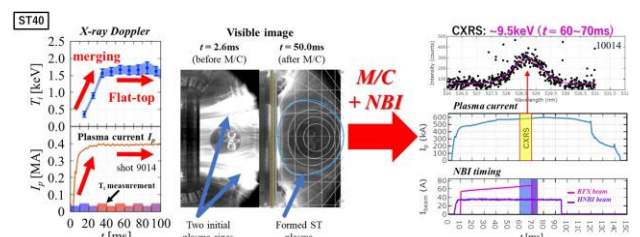


図2 ST40における世界最大出力の応用実験