

# 球状トカマク QUEST における、熱電対・静電プローブを用いた SOL プラズマ計測 Plasma measurements using thermocouple and electrostatic probes in the scrape off layer on spherical tokamak QUEST

間平陽介<sup>1</sup>, 関子秀樹<sup>2</sup>, 永岡賢一<sup>3</sup>, 長壁正樹<sup>3</sup>, 竹入康彦<sup>3</sup>, 出射浩<sup>2</sup>, etal.

九大総理工<sup>1</sup>, 九大応力研<sup>2</sup>, 核融合研<sup>3</sup>

MAHIRA Yousuke<sup>1</sup>, ZUSHI Hideki<sup>2</sup>, NAGAOKA Kenichi<sup>3</sup>, OSAKABE Masaki<sup>3</sup>, TAKEIRI Yasuhiko<sup>3</sup>,  
IDEI Hiroshi<sup>2</sup>, etal.

Kyushu univ<sup>1</sup>, RIAM<sup>2</sup>, NIFS<sup>3</sup>

## 1 背景

高周波により非誘導電流駆動を行うプラズマにおいて、高速電子のドリフト面は、最外殻閉磁気面 (LCFS) より  $\varepsilon\rho_p \sim \sqrt{\varepsilon}\rho_p$  ( $\varepsilon$ は逆アスペクト比、 $\rho_p$ はポロイダル磁場で評価したラーマー半径) 程度外れるため、高速電子の担う熱流束 (以下  $q_{hot}$ ) は LCFS より外側に出てしまう。それにより、SOL (Scrape Off Layer) 周辺において  $q_{hot}$  は急激に上昇し、真空容器壁やダイバータへの熱負荷を考える際などに重要な問題となる。そのため、本研究では  $q_{hot}$  の計測を目的として、SOL 周辺の温度計測を行う。

## 2 実験方法

本研究では球状トカマク QUEST (真空容器半径 1.4 m, 高さ 2.8 m) 内部に、真空容器壁 (100℃ にベーキング) から約 600 mm 挿入可能なシース熱電対プローブ (空間分解能 2.5 mm, SUS304 製の K-type, 測定範囲 0 ~ 1000 °C) を挿入し、閉磁気面の形成過程における SOL 周辺の温度を計測した。なお SOL 周辺は温度が指数関数的に上昇するため、装置の安全上  $T=500$  °C 程度になる位置をシース熱電対の挿入限界とした。また、シース熱電対はプローブ先端表面に周方向に 90°ずつ計 4 本設置されており、各シース熱電対はそれぞれ仕切られているため、プローブ先端への熱の流入方向が分かるようになっている。

## 3 実験条件

8.2 GHz, 45 kW の RF を真空容器内に  $t=1.4$  s から約 5 sec 間入射し、プラズマを生成した。磁場配位は、真空容器内にポロイダルヌル点を置くダイバータ配位である。トロイダル磁場は  $B_n=0.29 \times n$  [T], 各トロイダル磁場に対応するレゾナンス位置はそれぞれ  $R_n=0.29 \times n$  [m], 閉磁気面形成後のプラズマ電流は  $I_p=20$  kA である。

主半径  $R$  とし、シース熱電対プローブを  $R=1220$  mm (真空容器壁) から  $R=990$  mm (最大上昇温度  $T=463$  °C) まで 230 mm 挿入した。この時の温度をサンプリング周波数 30 KHz で計測し、熱電対に

流入する熱流束  $q_{ext}$  の指標となる、温度の時間微分  $dT/dt$  を求めた。なお、閉磁気面形成後の LCFS の位置は約  $R=830$  mm であり、プローブを最大挿入 ( $R=990$  mm) しても LCFS とは  $R$  方向に 160 mm の開きがある。

## 4 実験結果

Fig.1 は温度とプラズマ電流の時間変化の一例 ( $R=990$  mm) であり、 $I_p$  が  $t=1.46$  sec で増加が止まり、再び 1.52 sec で増加し始めていることが分かる。Fig.2 は  $dT/dt$  の挿入位置及び時間との関係性を表した等高線プロットである。Fig.2 より、 $R=1100$  mm ~  $R=1020$  mm 間においては  $dT/dt$  はほぼ変化していないが、 $R=1020$  mm ~  $R=990$  mm 間においては  $dT/dt$  が  $t=1.46$  sec, 1.53 sec 付近で 2 回に分けて大きく増加していることが分かる。よって  $dT/dt$  と  $I_p$  には関係性があるように見えるため、今後詳細に検証する必要がある。

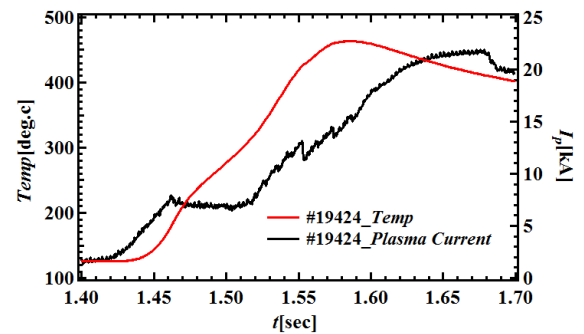


Fig.1 :  $R=990$  mm 時の温度  $T$  及びプラズマ電流  $I_p$

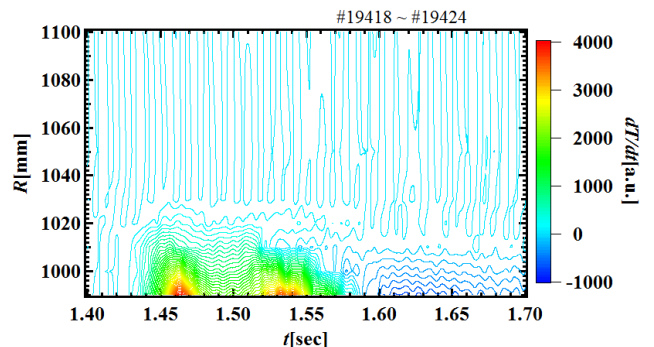


Fig.2 :  $dT/dt$  の挿入位置  $R$ , 時間  $t$  との関係