

## Magnum-PSI非接触プラズマ中における非拡散的輸送増大現象 Enhancement of non-diffusive transport in detached plasmas in Magnum-PSI

田中宏彦<sup>1</sup>, 林祐貴<sup>2</sup>, 梶田信<sup>1</sup>, H.J. van der Meiden<sup>3</sup>, 吉川正志<sup>4</sup>,  
J.W.M. Vernimmen<sup>3</sup>, J. Scholten<sup>3</sup>, I. Classen<sup>3</sup>, T.W. Morgan<sup>3</sup>, 大野哲靖<sup>1</sup>  
H. Tanaka<sup>1</sup>, Y. Hayashi<sup>2</sup>, S. Kajita<sup>1</sup>, H.J. van der Meiden<sup>3</sup>, M. Yoshikawa<sup>4</sup>, et al.

<sup>1</sup>名大, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>DIFFER, <sup>4</sup>筑波大  
<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>DIFFER, <sup>4</sup>Univ. Tsukuba

熱核融合炉実現に向けてダイバータ熱負荷低減は必須の課題であり、特に有望な手法として『非接触ダイバータ』の採用が想定されている。炉設計の信頼性の担保には、数値シミュレーションによる事前の負荷予測が不可欠であるが、その定量的な精度の不足が認識されている。現行モデルに反映されていない粒子束低減機構の一つとして、非接触状態時に増大する磁場を横切る非拡散的輸送現象が挙げられる。

発表者らはこれまでの一連の研究で、直線型装置NAGDIS-II[1]やヘリカル装置LHD[2]などの非接触プラズマ中において輸送増大現象を確認しているが、原型炉のパラメータ条件で発現するかどうかは未知である。そこで本研究では、ITER級ダイバータプラズマ（イオン粒子束  $10^{25} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、磁場2.5 T）を模擬生成可能な超伝導直線型装置Magnum-PSIに着目した。本装置は高精度のトムソン散乱計測システムや分光・高速カメラ計測系を備えているが、その高い熱流束のために直接計測に用いられる静電プローブは常設されていなかった。

本研究では、名古屋大学から掃引型静電プローブ式およびA/D変換器をオランダDIFFER研究所へと持ち込み、揺動信号計測系を整備した。最初のステップとして、静電プローブを安定的に使用可能な弱磁場・低熱負荷条件における詳細な揺動データセットを取得した。これを解析することで、得られた揺動・輸送特性[3]をNAGDIS-IIにおける先行研究と比較した。

図1に計測系の模式図を示す。同一軸方向位置 ( $z_c = 0$ ) において、静電プローブ、高速カメラ、トムソン散乱、分光計測を行った。静電プローブは多芯電極を有し、1芯でイオン飽和電流、2芯で浮遊電位を計測した。加えて、ターゲットに流入するイオン粒子束計測を同時計測した。

ガス圧を制御して接触-非接触ヘリウムプラズマを生成し、再結合領域を磁力線に沿って

動かしてスキャンした。その結果、高励起準位からの発光強度の高い再結合フロント近傍において、イオン粒子束の径方向への広域化を確認した。周辺部で輸送されるプラズマ構造内の電場評価から、 $E \times B$ ドリフトによる径方向粒子束の増大を観測した。さらに、高速カメラ計測（図2）からは、静電揺動との有意な相関と、プラズマ中心付近の  $m = 0$  揺動と  $m = 1$  の回転揺動が捕食者-被食者関係を有して現れていることなどが明らかとなった ( $m$ : 方位角方向モード数) [3]。コロナ禍収束後に、ITER級パラメータ条件での実験計測を行うことを予定している。

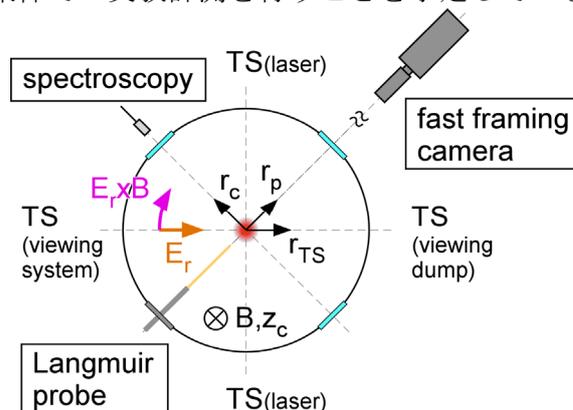


図1. 真空容器断面における計測系の模式図[3].

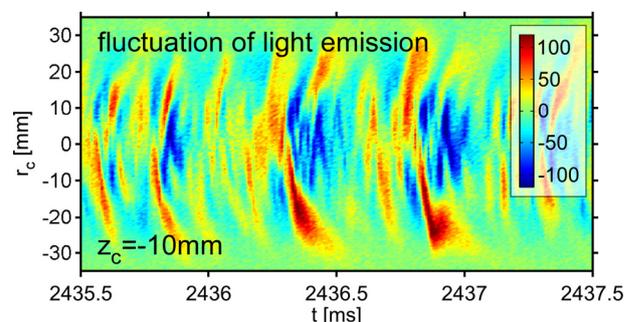


図2. 発光揺動の磁場垂直分布の時間発展[3].

[1] H. Tanaka *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **60** (2018) 075013.

[2] H. Tanaka *et al.*, Phys. Plasmas **17** (2010) 102509.

[3] H. Tanaka *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **62** (2020) 115021.