

非接触プラズマ分布広域化をもたらす渦状プラズマ放出現象  
**Spiraling plasma ejection contributing  
 the ion-flux broadening in the detached plasma**

田中宏彦<sup>1</sup>, 梶田信<sup>2</sup>, 大嶋啓嗣<sup>1</sup>, 関真倫<sup>1</sup>, 夏目祥揮<sup>1</sup>, 吉川正志<sup>3</sup>, 竹山紘平<sup>1</sup>, 大野哲靖<sup>1</sup>  
 Hirohiko Tanaka<sup>1</sup>, Shin Kajita<sup>2</sup>, Hiroshi Ohshima<sup>1</sup>, Masamichi Seki<sup>1</sup>, Hiroki Natsume<sup>1</sup>, et al.

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>名大未来研, <sup>3</sup>筑波大プラ研

<sup>1</sup>Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., <sup>2</sup>IMaSS, Nagoya Univ., <sup>3</sup>Plasma Res. Center, Univ. Tsukuba

### 1. 研究背景

核融合原型炉実現に向けて、ダイバータ熱負荷の低減は必須の課題であり、特に有望な解決策として“非接触ダイバータ”の採用が検討されている。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高精度予測が不可欠であるが、実験で観測される粒子束の低減が十分に再現できないなどの問題が認識されている[1]。現行の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、非接触ダイバータ状態時に観測される磁場を横切る非拡散的輸送の増大現象が挙げられる。

直線型ダイバータ模擬試験装置NAGDIS-IIでは、これまでの高速カメラを用いた計測から、非接触状態時に周辺部への渦状のプラズマ放出と径電場と磁場の $E \times B$ ドリフト方向への回転が観測されている[2]が、プラズマ柱内部との位相関係や揺動の磁力線方向分布、粒子束低減への寄与割合が未知であった。本講演では径方向・周方向分割電極を新製・採用した接触-非接触プラズマ遷移実験[3]と、最近実施している条件付き平均法を用いたプラズマパラメータの時空間分布計測の進捗について述べる。

### 2. 実験装置

図1に計測系の概要を示す。計12個の電極からなる分割電極を挿入してプラズマを終端している。定常状態から真空ポンプ手前のバルブを開閉操作し、接触-非接触状態間を遷移・計測することで、プラズマ放出の二次元的な挙動を非接触再結合プラズマに対してスキャンした。加えて、磁力線方向の揺動の局在性の調査のため、分割電極の330 mm手前、プラズマ中心から上方30 mmの位置にマイクロ波干渉計を設置した。それぞれ、イオン飽和電流および線積分電子密度をサンプリング周波数500 kHzで計測した。

### 3. 実験・解析結果

プラズマ非接触化により、接触状態と比べてプラズマ中心で40倍以上の粒子束低減がもたらされる一方、中心から35 mm離れた位置では、遷移途中のみ粒子束が約5倍に増大する結果が得られた。周波数解析により、遷移時には8 kHz未満の揺動が大振幅で現れており、マイクロ波干渉計では異なる中性ガス圧力で観測されたことから、同揺動は磁力線方向に局在していることがわかった。条件付き平均および多変量解析により、8 kHz未満の揺動はプラズマの径方向放出現象(方位角方向モード数 $m=0$ の中心部における減少と周辺部における増加)を表しており、より高周波のドリフト回転と結びついて周辺部での渦状構造を形成していることが明らかとなった。計算の仮定に依存するが、非拡散的輸送の増大がプラズマ柱の粒子束低減に寄与する割合は約8.7%と初めて見積もられた。

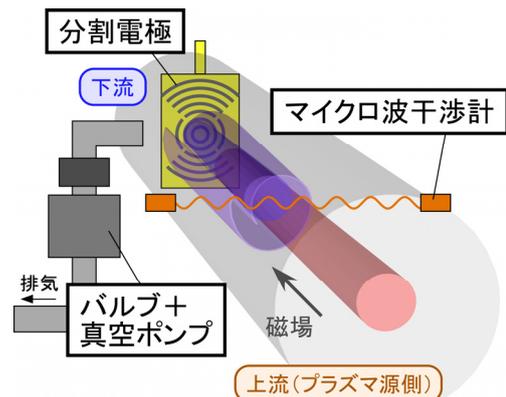


図1. 分割電極・マイクロ波干渉計計測の概要

[1] 原型炉設計合同特別チーム：「ダイバータ物理検討ワーキンググループ報告書 (QST-M-9)」(2018年5月).

[2] H. Tanaka *et al.*, *Contrib. Plasma Phys.* **50** (2010) 256.

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