

Magnum-PSI非接触プラズマにおけるリサイクリング粒子が 熱パルス緩和に与える影響

Influence of recycling particles on heat pulse reduction in detached plasmas in Magnum-PSI

林祐貴¹, 田中宏彦², 大野哲靖², 梶田信², T.W. Morgan³, H.J. van der Meiden³, J. Scholten³,
J.W.M. Vernimmen³, 澤田圭司⁴, 増田翔太⁴, 夏目祥揮²
Y. Hayashi¹, H. Tanaka², N. Ohno², S. Kajita², T.W. Morgan³, et al.

¹核融合研, ²名大, ³DIFFER, ⁴信大
¹NIFS, ²Nagoya Univ., ³DIFFER, ⁴Shinshu Univ.

熱核融合炉実現のためにはダイバータ熱負荷の低減が必須の課題であり、有効な手法としてダイバータ板前面に非接触プラズマを生成することが想定されている。一方で、ELMに伴い熱粒子の放出現象が起こると、高熱流束のプラズマが間欠的にダイバータ板に飛来することとなる[1]。熱パルスが非接触プラズマへ流入した際に、電子-イオン再結合領域が破壊され、非接触プラズマによって守られていたダイバータ板が高熱負荷に曝されることが懸念される。同時に、過渡的なイオン粒子束の増加によって、ダイバータ板は低リサイクリング状態から高リサイクリング状態へと遷移する。本研究の目的は、熱パルス緩和における非接触プラズマの有効性の実証と、過渡的なリサイクリングフラックスの増加がダイバータプラズマへ与える影響の解明である。

実験は超伝導直線型装置Magnum-PSIを用いて実施した。本装置はカスケードアークプラズマ源と大容量の放電電源により、定常高密度プラズマを生成する。さらにコンデンサバンクによる瞬時的な放電電力増加によって熱パルスを ~ 1 msの間重畳することが可能である。計測系として、高精度トムソン散乱計測や高速カメラを備えているが、高い熱負荷のため静電プローブのようなプラズマの直接計測を行う計測器は常設されていなかった。そこで本研究では、日本で製作した掃引型の静電プローブ一式をオランダ DIFFER 研究所に持ち込み、Magnum-PSIへ取り付けて実験を行った。

図1に実験の概要を示す。定常プラズマと熱パルスが飛来するターゲット板近傍の同一軸方向位置にて、静電プローブ、トムソン散乱、分光計測を行なった。静電プローブはプラズマ中心のイオン飽和電流 I_{sat} を計測し、ターゲット板においてもイオン飽和電流 I_{target} を計測した。

図2に熱パルス飛来時の I_{target} の時間発展を示す。コンデンサバンクにトリガーを与えた時刻を0 msと定義した。中性粒子圧力 P_n が3 Paより低い条件(図2(a))において、熱パルスの時間幅が本来の ~ 1 msより短く、幅は P_n が低いほど短いことがわかる。静電プローブの I_{sat} からは同様の傾向は観測されなかったため、ターゲット近傍の局所的な現象であると考えられる。一方、 P_n が3 Pa以上の条件(図2(b))では、 P_n が高いほどパルス波形が全体的に小さくなり、中性粒子との相互作用による熱パルスの減衰が起きたと考えられる。低圧条件におけるパルス幅の減衰については、 P_n が低いため背景中性粒子との相互作用では説明ができない。過渡的なリサイクリングの増加による後続のパルスへの影響が考えられ、中性粒子を考慮したモデリングから明らかにする必要がある。

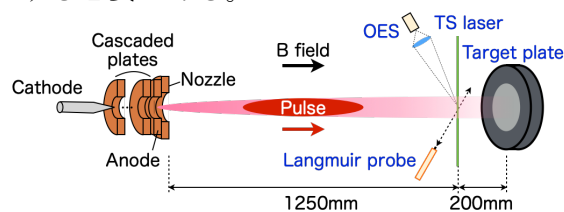


図1. Magnum-PSIにおける実験概要。

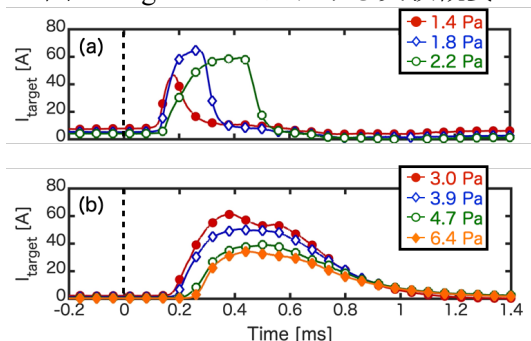


図2. 熱パルス飛来時の I_{target} 時間発展。

[1] A.R. Field, et al., *Plasma Phys. Control. Fusion* **59** (2017) 095003.