

ヘリオトロンJにおけるファラデーカップ型損失高速イオンプローブの開発 Development of Faraday Cup Type Lost Fast Ion Probe in Heliotron J

佐野匠¹、山本聡²、中山裕介¹、小川国大³、磯部光孝³、Douglass S. Darrow⁴、小林進二²、水内亨²、長崎百伸²、岡田浩之²、門信一郎²、南貴司²、大島慎介²、中村祐司²、木島滋²、史楠²、臧臨閣¹、釧持尚輝¹、大谷芳明¹、笠嶋慶純¹、野口直樹¹、原田伴誉¹丸山正人¹、佐野史道²

T. Sano¹, S. Yamamoto², Y. Nakayama¹, K. Ogawa³, M. Isobe³ *et al.*

京大エネ科¹、京大エネ研²、核融合研³、PPPL⁴

GESE Kyoto Univ¹, IAE Kyoto Univ², NIFS³, PPPL⁴

磁場閉じ込め核融合装置において、アルヴェン固有モード(AE)に代表されるMHD不安定性と α 粒子などの高速イオンとの共鳴的相互作用は、熱化前の高速イオンの異常輸送や閉じ込め領域外への損失を導く可能性がある。その結果、自己点火プラズマの保持が困難になるとともに、局所的な損失による第一壁の損傷が起こる可能性があるため、高速イオンとMHD不安定性との相互作用の物理機構解明とその低減化が求められている。

京都大学エネルギー理工学研究所のヘリカル軸ヘリオトロン装置、ヘリオトロンJでは、中性粒子ビーム入射(NBI)による高速イオンで励起されたAEが観測されるとともに[1]、静電プローブ計測によりAEに起因した高速イオン輸送・損失が観測されている[2]。本研究では、ヘリオトロンJにおける高速イオン損失を直接計測し、その損失イオンの特性を調べるとともに、高速イオン励起MHD不安定性との相関性をより詳しく調べる目的でファラデーカップ型損失高速イオンプローブ(Faraday cup type Lost fast Ion Probe: FLIP)を開発した[3]。

FLIPはMo製プローブヘッド、アルミ薄膜と二重スリットから構成されている。FLIPの二重スリットから流入した高速イオンはFLIP底部に電極として設置されたアルミニウム薄膜に衝突し、発生した電流を測定する。各チャンネル(Ch)に対応するアルミニウム薄膜は8枚がそれぞれが絶縁された形で設置されており、各電極で得られた電流から流入してきた高速イオンの運動エネルギーとピッチ角が調べられる。各電極に対応する高速イオンのピッチ角と運動エネルギー領域を図1に示す。図1中のメッシュが計算で得られたエネルギー(縦軸)とピッチ角 χ ($\chi = \cos^{-1}(v_{\parallel}/v)$)(横軸)であり、平板状の8領域がその計算を元に設計した電極である。なお、本研究では、AEとの共鳴的相互作用の観点から、順方向の周回高速イオンの検出に主眼をおいた。

図2に電子サイクロトロン加熱(ECH)プラズマに順方向、逆方向それぞれのNBIを重畳した放電(shot.51760)で観測されたFLIPの信号を示す。FLIPは最外殻磁気面近傍に設置する。この放電では、最外殻磁気面から鉛直上方に1.0 cm離れた位置にFLIPを設置した。図2においてCh.B($14.2 < E_b [\text{keV}] < 41.7$, $48^\circ < \chi < 62^\circ$) Ch.E($14.2 < E_b [\text{keV}] < 41.7$, $10^\circ < \chi < 22^\circ$)の

検出信号の時間変化と各加熱の時間変化を表す。プラズマ生成に合わせ、多くのCh.は正の値をとるが、203 msから270 msにおいてCh.Eに順方向入射のNBI-BL2の入射と同期した負の信号変化(イオンによる電流に対応)を検出した。Ch.Eは入射エネルギー近傍かつ順方向周回イオンの領域に対応しており、理論予測と矛盾しない測定結果が得られた。

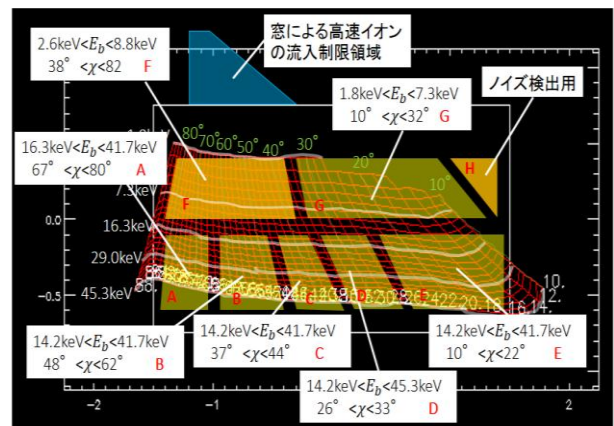


図1.各電極のピッチ角とエネルギーマップ

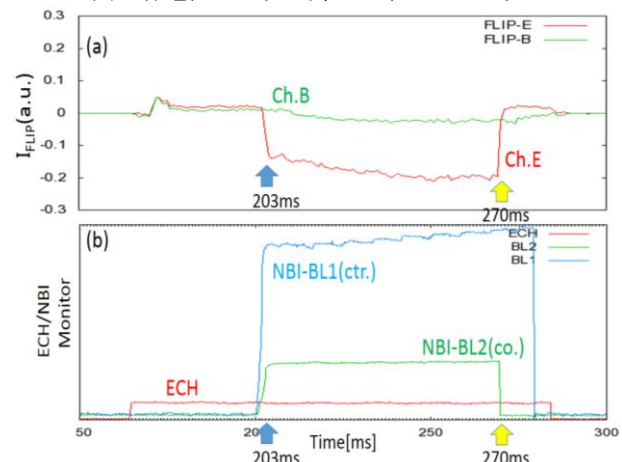


図2.(a)Ch.B と Ch.E の検出信号(b)各加熱の時間変化

Reference

- [1] S. Yamamoto, K. Nagasaki *et al.*, Fusion Science and Technology **51**, 92 (2007).-
- [2] K. Nagaoka, S. Kobayashi, *et al.*, Journal of Plasma Fusion Research SERIES **8**, 1100 (2009).
- [3] K. Ogawa, S. Yamamoto, *et al.*, Plasma and Fusion Research **8**, 2402128 (2013).