

ヘリオトロン J における シンチレータ型損失高速イオンプローブの開発

Development of Scintillator-type Lost Fast Ion Probe in Heliotron J

多和田斉興¹⁾, 山本聡²⁾, 小川国大^{3,4)}, 磯部光孝^{3,4)}, 安井春樹¹⁾, 小林進二²⁾, 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¹⁾, 大谷芳明¹⁾, 呂湘潯¹⁾, Inklin Nutchaphol¹⁾, 白波瀬一貴¹⁾, 望月聡一郎¹⁾, 飯村幹¹⁾, 國分大¹⁾, 野崎勇樹¹⁾, 山田晃生¹⁾, 岡崎悠¹⁾, 金沢友美¹⁾, 山本皓基¹⁾, 木島滋²⁾, 水内亨²⁾

Yoshiki Tawada¹⁾, Satoshi Yamamoto²⁾, Kunihiro Ogawa^{3,4)}, Mitsutaka Isobe^{3,4)}, *et al.*

1) 京大エネ科, 2) 京大エネ理工研, 3) 核融合研, 4) 総研大
1) GSES, Kyoto Univ., 2) IAE, Kyoto Univ., 3) NIFS, 4) SOKENDAI

核融合プラズマでは、高速イオン励起MHD不安定性に起因した α 粒子の異常輸送・損失が自己点火プラズマの生成・維持を妨げる可能性がある。 α 粒子を含む高速イオンの閉じ込めおよび損失に関する研究が多く、トカマク・ヘリカル装置で行われてきた[1-2]。

著者らはHeliotron Jにおける損失高速イオンのラーマー半径 ρ ・ピッチ角 χ の分布とその相対的な損失量を計測可能なシンチレータ型損失高速イオンプローブ(SLIP)の開発・測定を進めている。検出部のSLIPヘッドにはプラズマによる損傷を防ぐカーボンカバーを取り付け、それらをプラズマ最外殻磁気面近傍に設置する。高速イオンの ρ/χ 分布(図1(a))は、2重窓によりSLIP内部に侵入する損失高速イオンを制限することで、損失高速イオンのシンチレータ面上での衝突位置が決まるため、その衝突位置のシンチレーション光の計測を行うことにより得られる。本システムの計測系(図1(b))では、イオン検出によるシンチレーション光を784芯のバンドルファイバで伝送し、それをCCD(浜松ホトニクス C4336)と光電子増倍管(PMT(浜松ホトニクス H6780-20), 9ch)で計測する。高い ρ/χ 分解能を持つCCDと高い時間分解能を持つPMTにより詳細な損失高速イオンの情報を取得できる。

本計測システムでは同方向($\chi > 90^\circ$)中性粒子ビーム入射(NBI)により生成された高速イオンが主に検出できる。これは同方向NBI入射時に揺動強度の強い高速イオン励起MHD不安定性がHeliotron Jで観測されており、高速イオン励起MHD不安定性と高速イオンの相互作用が予想されるためである。検出可能な ρ/χ 範囲は $\rho < 2.0$ cm、 $90^\circ < \chi < 140^\circ$ (同方向)で、捕捉イオンの他にプラズマ内部に再突入するような軌道を持つ周回イオンも計測できる。図2は正転磁場放電でのSLIP#1信号($1.0 < \rho < 1.2$ cm ($7.8 < E < 9.4$

keV), $136^\circ < \chi < 138^\circ$)、ECH/NBIの入射時期の時間発展、CCDで撮影されたシンチレータ面($t=0.287\sim 0.293$ s)をそれぞれ示す。同方向NBI入射(0.26 s)に同期したSLIP信号(薄紫色部分)を設計通り観測した。Heliotron Jでは閉じ込め磁場の方向により捕捉イオンのドリフト方向が異なり、正転磁場では下向きとなるため上側ポートに設置されたSLIPには到達しないと考えられる。このため、ここで示した結果は周回イオンであると考えられ、CCD画像のシンチレーション光からそれらの ρ/χ 分布が判別できる。

以上の結果から設計通りのSLIP開発を行うことができた。

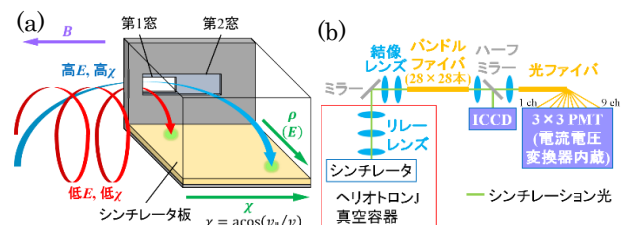


図1(a)損失高速イオンの計測原理、(b)SLIP計測システム概略図

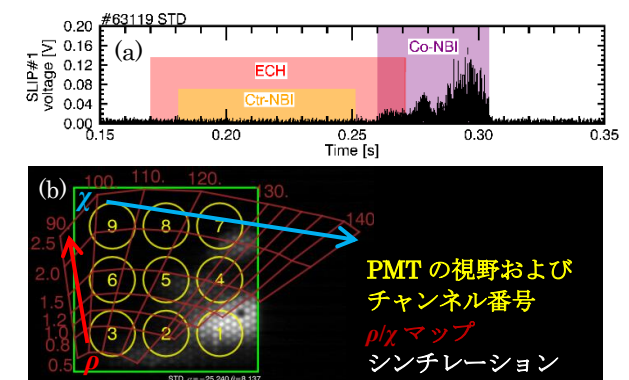


図2(a)SLIP#1信号およびECH/NBIの入射時期、(b)CCD画像($t=0.287\sim 0.293$ s)

[1] K.Ogawa, Ph. D. thesis, Nagoya Univ. (2011).

[2] M.García-Muñoz, Nucl. Fusion **50** (2010) 084004.