

# 大型ヘリカル装置における中性子発生分布計測システムの構築

河瀬広樹<sup>1)</sup>、小川国大<sup>1)2)</sup>、西谷健夫<sup>2)</sup>、磯部光孝<sup>1)2)</sup>、LHD 実験グループ<sup>2)</sup>

1) 総合研究大学院大学

2) 自然科学研究機構 核融合科学研究所

2017年3月から7月まで、大型ヘリカル装置（LHD）において重水素実験が行われた。LHD 重水素実験時に発生する中性子は、ビームイオンと背景プラズマとの相互作用に起因する中性子が支配的であることから、中性子発生分布計測を通じて、ビームイオンの径方向分布や輸送等の情報を得ることができる。本研究では、LHD における高速イオン閉じ込め研究の拡大に向けて垂直中性子カメラ（VNC）を整備し、VNC のコミッションングの一環として所期の性能を確認すると共に、中性子発生分布計測から高速イオン励起 MHD 不安定性に伴う高速イオン損失の存在を示す初期データを得た。

LHD に装備された VNC は、厚さ 1.5 m の重量コンクリート、大半径方向に 90 mm 間隔で並べられた 11 本のステンレスパイプ（ $\phi 30$  mm）から成るマルチチャンネルコリメータ、高速中性子を検出するスチルベンシンチレーション検出器、及び FPGA を搭載した高速サンプリング（1 GHz）デジタイザの採用により中性子とガンマ線のオンライン・オフライン弁別を可能とするデータ処理システムで構成されている。重水素実験前に自発核分裂中性子源  $^{252}\text{Cf}$  を用いてコリメータの中性子遮蔽評価実験を行った。隣接するコリメータにおける中性子のクロストークは、1 % 以下であることを示し、整備した VNC は、高速イオンの径方向輸送・損失研究を遂行する上で十分な性能を有していることを確認した。

VNC の性能評価・確認を行った後、接続 NBI 加熱放電において中性子発生分布の測定を行なった。線積分中性子パルス計数率の時間変化は、 $^{235}\text{U}$  核分裂計数管によって計測された総中性子発生率（ $S_n$ ）の時間変化と同様な傾向を示した。また、真空磁気軸位置  $R_{\text{ax\_vac}}=3.60$  m、3.75 m、及び 3.90 m の重水素プラズマにおいて測定を行ったところ、 $R_{\text{ax\_vac}}$  に応じて分布のピーク位置がシフトし、かつ  $S_n$  と同様に、中性子パルス計数の低下を観測した。次いで、垂直 NBI 加熱に伴い高速イオン励起 MHD 不安定性が発生した際に線積分中性子分布の測定を行った。この時、ヘリカルリップル捕捉高速イオンにより励起された抵抗性交換型 MHD 不安定性（EIC）に同期して、中心付近のコード上における中性子パルス計数に顕著な低下が観測された。このことは、EIC による EIC を励起した垂直入射ビームイオンの吐き出しを示唆しており、今後、アルヴェン固有モードなどその他の高速イオン励起 MHD 不安定性と高速イオンの相互作用に関する研究への展開が期待できる結果を得た。