

大型ヘリカルプラズマにおける高速ビームイオン
を利用したアルヴェン固有モードスペクトロスコピーと
プラズマ計測への応用

Alfvén Eigenmode Spectroscopy Using Energetic Ions and
Its Application to the Plasma Diagnostics in the Large Helical Device

山本 聡¹⁾、東井和夫、中島徳嘉、大舘 暁、榊原 悟、
ニューレンバーグ キャロリン²⁾、渡邊清政、村上定義³⁾、長壁正樹、大藪修義、
川端一男、後藤基志、竹入康彦、田中謙治、徳沢季彦、成原一途、成嶋吉郎、
増崎 貴、森田 繁、山田一博、山田弘司、LHD 実験グループ
核融合研、京大エネ研¹⁾、IPP²⁾、京大工³⁾

YAMAMOTO Satoshi¹⁾, TOI Kazuo, NAKAJIMA Noriyoshi, OHDACHI Satoshi,
SAKAKIBARA Satoru, NUHRENBURG Carolin²⁾, WATANABE Kiyomasa, et al.
NIFS, IAE Kyoto Uni¹⁾, IPP²⁾, Kyoto Uni³⁾

将来の核融合反応炉では、D-T 反応により生成されたアルファ粒子が減速過程においてプラズマ中の高速イオン励起 MHD 不安定性と共鳴的相互作用を起こし、それらの MHD 不安定性を不安定化する可能性がある。そして不安定化した MHD 不安定性により自己点火に必要なアルファ粒子の輸送が影響を受ける共に、局所的な損失により炉壁に損傷を与える可能性があり危惧されている。このことからヘリカル型核融合炉を展望する上でこの高速イオン励起 MHD 不安定性の問題は重要であり、大型ヘリカル実験装置(LHD)において NBI による高速イオンを用いた高速イオン励起 MHD 不安定性の励起実験が行われている[1,2]。この研究においては不安定性の特性を調べると共に、それが高速イオン輸送に与える影響について研究が行われている。また、高速イオン励起 MHD 不安定性は主プラズマと高速イオンがある条件を満たした際に不安定となるため、不安定性の有無やその周波数や揺動強度の変化を調べる、いわゆるアルヴェン固有モードスペクトロスコピーによりプラズマや高速イオンの情報を推定することが可能であり、プラズマ計測への応用が期待できる。

LHD で観測される高速イオン励起 MHD 不安定性の一種であるアルヴェン固有モード(AE)は4種類に大別することができる。それはトロイダルアルヴェン固有モード(TAE)、楕円度誘起アルヴェン固有モード(EAE)、大域的アルヴェン固有モード(GAE)、そしてヘリシティ誘起アルヴェン固有モード(HAE)[3]である。これらの不安定性の観測は真空容器壁上に設置した磁気プローブで磁場揺動を計測することで主に行った。観測した不安定性を同定するために、観測周波数の時間変化とギャップ周波数の時間変化との比較や、観測周波数と3次元磁場構造を考慮したシアアルヴェンスペクトルとの比較を行うと共に、3次元理想 MHD 安定性解析コードを用いた解析も行った。観測した TAE や EAE の周波数はアルヴェン速度に比例するため、周波数から実効的なイオン質量密度を決定することが可能であり、分光計測の結果を利用することで特定の放電においては不純物の密度を推定することが可能である。さらに径方向に異なる位置に存在する TAE や EAE の観測により分布も推定可能である。また、回転変換の上昇に伴う TAE ギャップの消滅で TAE から GAE へのモード変換する現象が観測されているが、TAE ギャップの位置が回転変換により決定されることからモード変換時のプラズマ中心での回転変換を推定することが可能である。本講演では以上の内容を中心にアルヴェン固有モードスペクトロスコピーとそれを利用したプラズマ計測への応用について発表を行う。

- [1] K. Toi, *et al.*, Nucl. Fusion **40**, 1349 (2000).
- [2] S. Yamamoto, *et al.*, submitted to Nucl. Fusion.
- [3] S. Yamamoto, *et al.*, to be published Phys. Rev. Lett.