

## LHD における高速イオン励起アルヴェン固有モードの研究

山本聡<sup>1)</sup>、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<sup>2)</sup>、渡邊清政、村上定義<sup>3)</sup>、長壁正樹、大藪修義、  
川端一男、後藤基志、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<sup>1)</sup>、IPP<sup>2)</sup>、京大工<sup>3)</sup>

将来の核融合反応炉では、D-T 反応により生成された高速のアルファ粒子が減速過程においてプラズマ中のアルヴェン固有モードと共鳴的相互作用を起し、アルヴェン固有モードを不安定化する可能性がある。この際、大振幅の電場、磁場揺動を伴ったアルヴェン固有モード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、局所的なアルファ粒子の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高速イオン励起アルヴェン固有モード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 により生成された高速イオンを用いて高速イオン励起アルヴェン固有モードの励起実験を行った。

LHD で観測される高速イオン励起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。それはトロイディシティ誘起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)である[1,2]。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。ま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、観測結果と 3 次元磁場構造を考慮した理想 MHD 安定性解析コード(CAS3D3)を用いた大域モード解析との比較を行った[3]。アルヴェン固有モードの存在、周波数そして安定性はシアアルヴェンスpekトルにより決定される。LHD のような全領域が負磁気シアの場合、シアアルヴェンスpekトルは典型的なトカマクのそれとは異なり、プラズマ周辺部においてモード周波数が連続spekトルと交差することでアルヴェン固有モードが連続減衰を受けることが想像できる。そのため磁気シアの異なる磁場配位でアルヴェン固有モード励起実験を行った結果、磁気シアが弱くなると多くの TAE が観測されるようになり、さらに磁気シアを弱くすると TAE がバースト的に発生、消滅を繰り返すようになった。これらの実験結果と大域モード解析との比較により、磁気シアが弱くなるとプラズマ周辺部において連続減衰を受けるような状況が実現しにくくなると共に連続減衰の減衰率が磁気シアに依存するために多数の TAE が励起されるようになり、さらに磁気シアが非常に弱い際には全く連続減衰を受けないような状況が実現され TAE がバースト的になったものと解釈できる。すなわち LHD で主要な減衰機構は連続減衰であることがわかった。

TAE の発生領域を調べることは核融合炉での TAE 励起の可能性を調べるために重要であり、TAE の安定条件( $\langle\beta_{b||}\rangle$ )および共鳴条件( $v_{b||}/v_A$ )で構成されるパラメータ領域で 2 種類の空間的構造が異なる TAE の発生領域を調べた。その結果、TAE は側帯波励起および基本波励起により励起されていること、また高速イオンベータ値に対する閾値が 2 種類の TAE で異なり、連続減衰を受けやすい TAE の方が閾値が高い結果を得た。

バースト的な TAE が発生した際に、同期した幾つかのプラズマパラメータの変化が観測された。解析の結果、この変化は減速過程中の高速イオンがバースト的な TAE により損失したことを意味しており、その NBI 入射パワーに対する損失量がおおよそ 40%程度になることがわかった。

### 参考文献

- [1] K. Toi, *et al.*, Nucl. Fusion **40**, 1349 (2000).
- [2] S. Yamamoto, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **91**, 245001 (2003).
- [3] S. Yamamoto, *et al.*, submitted to Nucl. Fusion.