

高速イオン励起MHD揺動による高速イオン損失機構のプローブ計測

Measurement of Fast Ion Loss induced by Fast Ion Driven MHD Activities

永岡 賢一 [1]

Kenichi Nagaoka[1]

[1] 核融合研

[1] NIFS

<http://www.nifs.ac.jp/>

磁場閉じ込め核融合では、核融合反応で発生した3.5MeVの粒子がプラズマを加熱・維持して連続運転を行う。トーラスプラズマ中を周回する高速イオンと速度とアルフベン波の位相速度が一致すると共鳴が波と粒子の共鳴が起こり、波が励起される。現在多くの実験装置で中性粒子入射加熱の高速イオンが励起するMHDバーストが観測され

、それによる高速イオンの損失も観測されている。この高速イオンの異常輸送は核融合炉において大変重大な問題であり、燃焼プラズマの重要な研究課題となっており、精力的に研究されてきた。しかし、高速イオンの損失機構が完全に明らかにされておらず、国際熱核融合実験炉（ITER）における高速イオン異常輸送の正確な評価はなされていない。そこで、本研究では、高速イオンのプローブ計測により、これまで困難であった高速イオンの局所計測を行い、高速イオン損失機構を実験的に調べている。今回の報告では、コンパクトヘリカルシステム（CHS）におけるEPMモード（高速イオン励起MHDモード）による高速イオン損失過程の観測について紹介する。

CHSの中性粒子ビーム入射加熱プラズマでは、高速イオンの圧力がプラズマの圧力程度に上がってくると、高速イオン励起MHD（EPM）バーストが励起される。このとき、EPMバーストの磁場揺動が減衰するフェーズにおいて、最外殻磁気面外側で高速イオン束の増大が観測される。これは、EPMバーストによる高速イオンの排出が

起こり、EPMが安定化するためと理解されている。このEPMバーストによる高速イオンの輸送機構を明らかにするために方向性プローブ（DLP）を用いた高速イオンの計測を行った。方向性プローブはトーラス順方向（Co方向）及び逆方向（Ctr方向）の流速を別々に計測できるため高速イオンの信号をバルクプラズマの信号と区別す

ることが可能である。このDLPによる計測は、空間分解能に優れており、局所的な計測が可能である。このDLPを2次元プローブ駆動機構により駆動することで、空間的にスキャンすることが可能である。本研究では、EPMバーストによる2種類の高速度イオンの挙動を観測し、その空間分布計測を行うことに成功した。図1及び図2に最外殻磁気面の内側（ $r/a=0.83$ ）で観測されたEPMバーストに伴う高速イオンの応答を示す。バーストの成長期から磁場揺動に同期した高速イオンの速い応答が観測されている（図2）。この速い応答は、最外殻磁気面より内側（特に $r/a=0.95$ より内側）で顕著に観測され、外側になるにしたがって、小さくなる傾向がある。このEPMバーストは、重イオンビーム計測から規格化小半径 $r/a=0.6$ 付近にピークをもつ比較的広域に広がった固有関数を持つことが明らかにされている。プローブ計測を行った領域では、外側に向かって振幅は減少するため、プローブで観測された高速イオンの速い応答は、磁場に揺さぶられて高速イオンも変化していると理解することができる。一方、EPMバーストの減衰フェーズで観測される遅い応答は、周辺部でも顕著に観測され、最外殻磁気面外側での観測は、高速イオンプローブの計測結果と一致する。つまり、最終的にプラズマの外側まで輸送され、損失するのはこの遅い応答の成分であることがわかった。この遅い応答がどのように生成され、どの領域から輸送されているかなどは、現在までに理解できておらず、今後の研究で調べていく予定である。また、EPMよりも周波数の高いTAE（トロイダルアルフベンモード）に同期した高速イオンの信号もプローブ計測で観測されており、TAEに関する輸送についても今後調べていく予定である。

