

LHDにおける高速イオンと乱流の相互作用に関する初期結果 Initial result of interaction between fast ion and turbulence in LHD

酒井彦那^[1], 田中謙治^{[1][2]}, 木下稔基^[1], 小川国大^{[2][3]}
H. Sakai^[1], K. Tanaka^{[1][2]}, T. Kinoshita^[1], K. Ogawa^{[2][3]}

九大総理工^[1], 核融合研^[2], 総研大^[3]
IGSES^[1], NIFS^[2], SOKENDAI^[3]

磁気流体力学 (Magnetohydrodynamics, MHD) 不安定性や乱流に対する高速イオンの影響を明らかにすることは、将来の核融合炉の運転予測に重要である。高速イオンはアルヴェン固有モード (Alfvén Eigenmode, AE) のような巨視的 MHD 揺動を誘起することが知られているが、微視的乱流との相互作用は明らかとなっていない。高速イオンがイオン温度勾配不安定性乱流を安定化し、イオン温度分布の硬直性が緩和することが JET において報告されているが^[1]、それに加えて最近、JET にて高速イオンが誘起した AE が帯状流を作り出し乱流を抑制するという結果が報告された^[2]。一方、ヘリカル型装置では高速イオンの乱流揺動への影響は明らかでない。そこで、今回大型ヘリカル装置 (Large Helical Device, LHD) において高速イオンと乱流揺動の相互作用に関する実験を行った。本研究において乱流は位相コントラストイメージング^[3] (Phase Contrast Imaging, PCI) により周波数領域 32~500kHz、波数領域 0.2~1mm⁻¹ を計測した。図 1(a)に示すように、電子サイクロトロン共鳴加熱 (Electron Cyclotron Resonance Heating, ECRH) をベース加熱とした重水素プラズマに短パルスの重水素中性粒子ビーム (Neutral Beam, NB) を垂直入射した。図 1 (b)に PCI で計

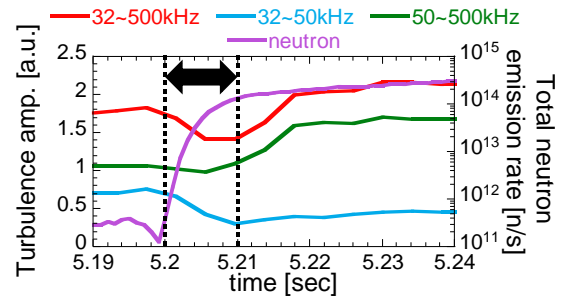


図 2. 周波数領域ごとの乱流振幅のふるまいと総中性子発生率の時間発展

測した、視線積分された乱流の周波数スペクトルの時間発展を示す。図 1 に示すように、NB 入射直後に低周波数の成分は減少し、高周波数の成分は増加することが明らかになった。図 2 に、NB 入射前後となる $t=5.19\sim 5.24$ s における乱流振幅の時間変化を周波数成分に分けて示す。低周波数成分と高周波数成分では NB 入射に対する応答速度が異なり、乱流振幅の線積分値の時間発展も異なったふるまいを見せている。低周波数成分は NB 入射に速く応答し、NB 入射前と比べて乱流振幅が減少しているのに対し、高周波数成分は NB 入射後 100 ms ほど遅れて応答し、乱流振幅は増加している。このとき、主にバルク D イオンと高速 D イオンの反応で発生する中性子発生率増加のタイムスケールが低周波数成分の乱流振幅変化のタイムスケール (破線) とほとんど一致することから、低周波数成分の乱流が高速イオンと相互作用している可能性が高いことが実験的に明らかとなった。

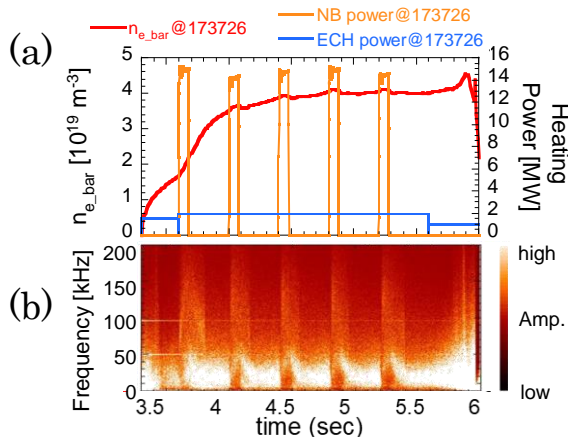


図 1. (a)電子密度、加熱パワーの時間発展と(b)乱流スペクトルの時間発展

参考文献

- [1] J. Citrin *et al.*, Phys. Rev. Lett., **111**, 2013
- [2] S. Mazzi *et al.*, Nat. Phys. **18**, 2022
- [3] K. Tanaka *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **79**, 2008