

ECH/ECCDを用いた高エネルギー粒子励起MHD不安定性の制御 Control of Energetic-Particle-Driven MHD Instabilities Using ECH/ECCD

長崎百伸¹, 山本聡¹, 國分大², 小林進二¹, 門信一郎¹, 南貴司¹, 大島慎介¹, 木島滋¹,
 鈺持尚輝³, 大谷 芳明², 呂湘浚², 多和田斉興², 白波瀬一貴², 野崎勇樹², 望月聡一郎², 飯村幹²,
 山田晃生², 中村祐司², 石澤明宏², G. M. Weir⁴, 水内亨¹
 K. Nagasaki, S. Yamamoto, D. Kokubu, S. Kobayashi, et al.

京大エネ理工研¹, 京大エネ科², 東大新領域³, IPP⁴
 IAE, Kyoto Univ.¹, GSES, Kyoto Univ.², GSFS, Univ. Tokyo³, IPP⁴

高エネルギーアルファ粒子やプラズマ加熱用ビームイオンは減衰過程でアルフベン速度と同程度になるとシアールフベン波と共鳴相互作用し、高エネルギー (EP) 励起MHD不安定性を励起する。その結果、EPの径方向輸送を増大させるとともに、損失イオンがプラズマ対向材料に損傷を与える可能性がある。電子サイクロトロン加熱 (ECH) ・電流駆動 (ECCD) は径方向吸収・駆動電流分布の制御性が高く、高性能プラズマの生成・維持のためのEP励起MHD不安定性制御手法として最近注目されている。Heliotron J装置では、ECCDを用いた高エネルギー粒子モード (EPM) の安定化に成功しており、磁気シアが重要な役割を果たすこと、完全安定化に磁気シアの閾値があることを実験的に示した[1][2]。本研究では、これまでの研究を大域アルフベン固有モード(GAE)へと拡張し、ECH/ECCDの安定化効果の実験結果について報告する。

Heliotron J装置は真空での回転変換が0.56程度と小さく、また、磁気シアが弱い磁場形状を有している。そのため、1kA程度の小さな非誘導電流でも磁気シアを変えることが可能である。70GHz第2高調波X-mode ECH/ECCDを用いてEP励起MHD不安定性、特に、GAEとEPMの抑制を試みた。反転磁場の低バンピーネス配位、co-NBI (0.4 MW)、counter-NBI (0.7 MW)、 $n_e \sim 0.8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ の条件では、EPM (~100 kHz)、GAE (~130, 180, 350 kHz) が観測される。このプラズマにcounter ECCDを行い、1 kA程度の局所電流駆動を行ったところ、GAE、EPMともに弱まるとともに、130、350 kHzのGAEについては完全安定化された[4]。

また、モードのECHパワー依存性について調べた。図1は磁気プローブのパワー密度スペクトルのECHパワー依存性である。NBIはco-NBI 0.4MW、counter-NBI 0.4 MWのバランス入射、

ECHは定常入射している。ECHパワーを120 kWから280 kWへと大きくするにつれてEPM (~100 kHz)、GAE (~150 kHz, 190 kHz) のモード強度が下がる。EPMはsteady modeからbursty modeへと変化しているが、条件によって高パワーECH入射でもbursty modeが現れる場合もあり、ECHの影響は明確ではない。このECHパワースキャンではトロイダル電流がほとんど変化していないことから、電子温度、電子温度勾配、または、高エネルギー電子がモード減衰に関連していることを示唆している。

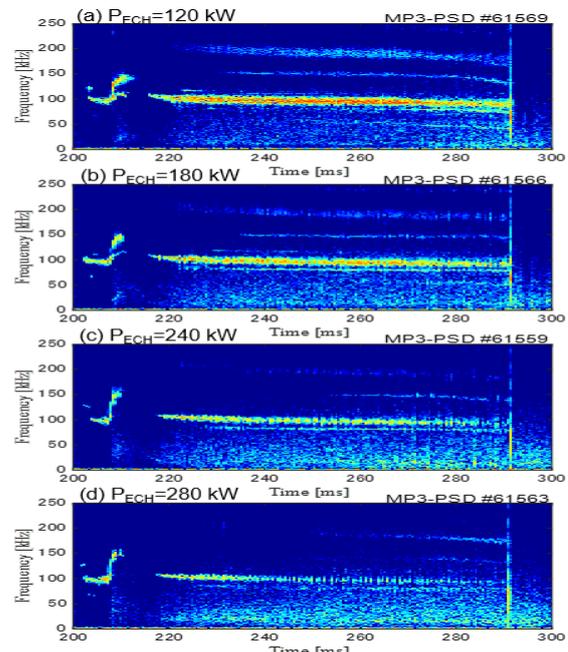


図1 磁気プローブ信号パワー密度スペクトルのECHパワー依存性

- [1] K. Nagasaki, et al., Nucl. Fusion 53 (2013) 113041
 [2] S. Yamamoto, et al., 25th IAEA FEC, 2014, Russia, 2014, EX/P4-27
 [3] K. Nagasaki, et al., 26th IAEA FEC, Kyoto, 2016, EX/P8-19
 [4] 國分大、他、本年会 30pP49