

JT-60UにおけるMHD不安定性とその制御

MHD instabilities and their control in JT-60U

諫山 明彦^{1*}

Akihiko Isayama^{1*}

¹日本原子力研究開発機構

¹Japan Atomic Energy Agency

核融合炉においてはベータ値(プラズマ圧力と磁場圧力の比)が高いプラズマを定常的に維持する必要があるが、ベータ値の上昇とともにさまざまな電磁流体力学的(MHD)不安定性が現れる。そのような不安定性は温度や密度の低下をもたらすのでそれらを抑制することが必要であるが、不安定性はベータ値やプラズマ中の不純物量などを制御するために利用することもできる。このことから、MHD不安定性の制御手法を確立することがトカマクにおいては重要な研究項目となっている。高ベータプラズマにおいて制御すべき不安定性の1つとして新古典テアリングモード (NTM)がある。NTMの発生によりプラズマ小半径の約10%程度の幅の磁気島が形成され、その結果その部分での閉じ込め性能が劣化しプラズマ圧力が低下する。NTMを抑制するためには、磁気島領域に磁気島幅と同程度またはそれ以下の幅で電子サイクロトロン波を入射し局所的に電流駆動(電子サイクロトロン電流駆動、ECCD)することが有効と考えられている。

JT-60Uトカマク(大半径:3.3m、小半径:1m)においては、EC波(110GHz、5秒、最大3MW)によりNTMを制御するための研究開発が精力的に行われてきた。ECCDを行う場所を精密にスキャンした結果、ECCDによるNTM安定化効果はECCD位置に強く依存すること、およびNTM発生位置から磁気島幅の半分程度(JT-60Uでは5cm程度)以上ECCD位置が外れると安定化効果が激減することが明らかとなった。また、ECCD位置が磁気島幅と同程度外れた場合はNTMが増幅することも観測された。これらの挙動は、NTM磁気島の発展を記述する修正Rutherford方程式により再現することができた。さらに、磁気島の回転に同期して約5kHzで入射EC波パワーを変調することにより磁気島のO点のみにECCDを行うことに成功した。その結果、無変調の場合に比べ2倍以上安定化効果が大きいことが明らかとなった。またX点のみに入射した場合NTMが不安定化されることも観測された。これらの安定化、不安定化の度合いは、磁気島領域におけるECCDに関するモデル計算と整合することもわかった。

キーワード:不安定性,テアリングモード,トカマク,プラズマ,核融合

Keywords: instability, tearing mode, tokamak, plasma, nuclear fusion