

## JT-60におけるMHD研究の現状とその課題

原研那珂、武智学、JT-60チーム

The current status and problems of MHD research on JT-60.  
Japan Atomic Energy Research Institute, Naka-machi 319-0193, Japan  
M. Takechi and JT-60U TEAM

JT-60ではITERおよび将来の高ベータ核融合炉を見据えた高ベータ長時間維持の研究を行っている。そこでは多くのMHD不安定性が問題となる。特に問題となるのは新古典テアリングモード(NTM)、アルファベン固有モード(AE)、抵抗性壁モード(RWM)である。特にNTMは自由境界理想安定性以下のベータ（正磁気シアでおおよそ $\beta N \sim 3$ 以下の領域）でも不安定となり、ITERの標準運転においても問題となる可能性が高く、緊急の課題である。JT-60ではNTMの安定化と物理機構の解明およびITERへの外挿を行うべく勢力的に研究を行い、世界の研究の最先端を担っている。NTMの安定化に関しては圧力および電流の分布制御もしくは電子サイクロトロン電流駆動(ECCD)により高ベータ（ $\beta N \sim 3$ ）においても成功している。特にNTM発生前にECを入射する早期入射により、より少ないECパワーで安定化できることを示した。また、発生及び安定化の物理機構解明のため、修正Rutherford方程式との比較を行い、これによってこれらの安定化の機構の解明とITERで必要となるECパワーの外挿を行い、EC入射角および入射幅の最適化を行うことによって十数MW程度のECパワーで安定化が可能であることを示した。また、MSEを用いた電流分布の詳細な計測により、世界ではじめてNTM発生とEC安定化時の局所的な電流分布の変化の直接計測に成功している。

AEは核融合生成物であるアルファ粒子および加熱や電流駆動に用いられる中性粒子入射加熱装置(NBI)の高速イオンによって励起され、逆にAEによってこれらの高速イオンを吐き出し、第一壁の損傷や加熱および電流駆動効率を下げるのが危惧されている。正磁気シアではおもにトロイダルアルファベン固有モード(TAE)が励起され、精力的に研究が行われて来たが、最近最も注目されているAE研究は高速イオンとAEとの相互作用と負磁気シアで新たに現れるAEである。JT-60Uでは世界で圧倒的に高い入射エネルギー(実績 $\sim 350\text{keV}$ )を持つ負イオン源NB入射によって発生する高速イオンを用いてアルファ粒子を模擬した研究を行っている。中性子分布計測および天然ダイヤモンドを用いたエネルギー分解の高い高速中性粒子計測により世界ではじめて大振幅AE(ALE)による高速イオンの再分配を確認した。また、TAEなどで説明できない、負磁気シアプラズマで観測されるAEを負磁気シア励起アルファベン固有モードを提唱し、同定を行った。このようにAE研究においても世界の最先端を担った研究を行っている。

RWMは自由境界理想安定性上のベータ（正磁気シアでおおよそ $\beta N \sim 3$ 以上の領域）において不安定となり、ITERの先進運転や将来の経済性の高い実用炉で問題となる。RWMの安定化にはプラズマ回転によるものと帰還制御コイルを用いた安定化がある。これらの研究はDIII-Dにおいて圧倒的に進んだ研究が行われている。ITERはほとんどトロイダル回転が無いと考えられているため回転の無い場合での安定化が必要であるが、DIII-Dでは回転による安定化と帰還制御コイルによる安定化の分離が出来ていない。JT-60では多彩な入射方向のNBIを有するため多彩な回転分布におけるRWMの研究可能であるため、回転に対するRWMの安定性を調べることを主目的とした研究をおこなっている。

これらJT-60Uでの他人の最近のMHD研究の成果を武智が見て来たように報告する。あわせてJT-60UにおけるMHD研究の問題点に付いて言及する。最も大きな問題は人材不足である。