

磁気島によるポロイダル流の生成

九大総理工、¹九大応力研、²原子力機構、³核融合研
西村征也、矢木雅敏¹、伊藤早苗¹、安積正史²、伊藤公孝³

研究の背景と目的

高 β トカマクプラズマにおいて、しばしば磁気島が観測される。磁気島が発生すると、圧力勾配は磁気島にそって平坦化されるため、ブーツストラップ電流の駆動源が失われる。ブーツストラップ電流の損失は、定常な閉じ込めにとって深刻な問題である。そのため、磁気島の制御は重要な課題となっている。

しかし、磁気島の制御は困難である。困難の要因として、磁気島が突発的に成長することや、同一条件下でも発生したり発生しなかったりすることなどが挙げられる^[1]。これらについて、乱流が磁気島の成長を加速しているという説や、鋸歯状振動や Edge Localized Mode が確率的な振る舞いに関係しているという説がある^[1]。しかし、いずれも理論的には未解明である。

磁気島を記述する理論モデルとしてドリフト-テアリングモード(DTM)がある。DTMはドリフト波と磁気島の共存状態をモデル化したものである。DTMの研究から、磁気島の発生と消滅の間にはヒステリシス特性が存在することや、(巨視的な径電場にともなう)ポロイダル流が生成されること^[2]などが明らかになった。

ところで、このポロイダル流についての詳細な解析は、あまり例がない。これは、ポロイダル流が磁気島の成長にほとんど影響を与えない、という理由からである。しかし、ポロイダル流はシアを持っており、ドリフト波以外の不安定性や乱流に影響を与えることは、十分に考

えられる。従って、ポロイダル流に関する詳細な解析が必要である

以下では、解析方法と解析結果について簡単に触れる。

解析方法

モデル方程式として、渦度方程式、Ohmの法則、密度発展則、電子温度発展則からなる簡約化2流体方程式を用いた。簡単のため、磁力線方向のイオンの速度、イオン温度、曲率、新古典効果を見捨てた。方程式にはイオン粘性や電気抵抗、熱拡散に対応した輸送係数が含まれている。円柱プラズマを仮定し、径方向に対する平衡量密度・温度は方物型、安全係数は3次関数を用い、電流は円柱平衡から計算した。今回は有理面が一つの場合を考えた。

解析結果

線形領域では、低モード数のテアリングモードが不安定であり、高モード数側のドリフト波は安定であった。

非線形領域では、磁気島の飽和後も径電場が成長し、ポロイダル流が生成される現象が観測された。ポロイダル流の飽和エネルギーは輸送係数、特にイオン粘性に強く依存し、負の相関があった。磁気島の回転周波数は反磁性ドリフトと $E \times B$ ドリフト(ポロイダル流)の和にほぼ一致し、両者のずれは輸送係数に依存することが分かった。講演ではこれらについてより詳細な議論を行う。

[1] S. -I. Itoh et. al., Plasma Phys. Control. Fusion 40 (1995) 879. Fusion 40 (1995) 879.

[2] B. Scott et. al., Phys. Fluids 28 (1985).