

Alcator C-Mod プラズマにおける ICRF 加熱によるトロイダル流駆動と ITB 形成への影響

Study of toroidal flow generation by ICRF minority heating and related ITB formation in the Alcator C-Mod plasma

村上定義, 伊藤公孝¹, L.J. Zheng², J.W. Van Dam², P. Bonoli³, J.E. Rice³,
C.L. Fiore³, C. Gao³ and 福山淳
S. Murakami, K. Itoh¹, L.J. Zheng², J.W. Van Dam², P. Bonoli³, *et al.*

京大工, 核融合研¹, テキサス大オースティン校², マサチューセッツ工科大³
Kyoto Univ., NIFS¹, IFS TU at Austin², PSFC MIT³

プラズマ流やその速度シアなどが, 閉じ込め改善モードにおいて非常に重要な働きをすることが最近の研究により示唆されて来ている. また, 将来の核融合炉においては, NBI 加熱によりプラズマ流を駆動することが困難であり, 他の自発的/内在的なプラズマ流の駆動方法を開発する必要がある. 一方, JIPP-TIHU, JET, Alcator C-Mod 等において, NBI 加熱などの直接的な駆動がない場合でも, イオン・サイクロトロン共鳴 (ICRF) 加熱に関連する自発的なトロイダル流の発生が報告されたれ, ICRF 加熱との関連について, 多くの実験的・理論的な研究が進められて来ている. 特に, Alcator C-Mod においては, ICRF 加熱時のトロイダル流とそれに関連する ITB 形成について, 進んだ研究が行われている [1]. 彼らは ITB 形成において ICRF 共鳴位置が重要であり, 共鳴位置が磁気軸から十分離れた $|r/a| \sim 0.5$ 付近の場合に ITB(立ち上がり位置 $r/a \sim 0.5$) が観測されることを示した.

本研究では, ICRF 加熱に関連する自発的なトロイダル流の発生機構を解明するため, ICRF 加熱により発生する高エネルギーテイルイオンの振る舞いおよびその分布について GNET コード [2] を用いた数値シミュレーションにより詳細に解析を行っている. 今回の発表では, Alcator C-Mod プラズマ実験結果との比較を目標として研究を行った成果について発表を行う [3]. Alcator C-Mod で行われた共鳴位置スキャン実験と同様に共鳴位置 r_{res}/a を変化させ, 発生するトロイダル流およびその空間プロファイルの変化について調べた. 結果として, 共鳴位置外側では, 中心イオン熱速度の 40%程度に達する co 方向のトロイダル流 ($V_t \sim 300\text{km/s}$, $P_{ICRF} \sim 2\text{MW}$) が得られた (図 1). 共鳴位置を $|r_{res}/a| \sim 0.5$ に移動した場合, プラズマ中心部のトロイダル流はほぼゼロもしくは逆方向となり, $r/a \sim 0.5$ におけるトロイダル流シアが励起されることが分かった. 次に, 背景プラズマのトロイダル流について径方向拡散方程式を考え, 高エネルギーイオンからのトルクの影響を調べた. 結果として, 実験結果と同様な共鳴位置依存性が得られた (図 2, 3). これらの結果は, Alcator C-Mod における ICRF 加熱に関連する ITB 形成において, ICRF 加熱により駆動される高エネルギーテイルイオンのトロイダル流が重要な働きをしている可能性を示唆している.

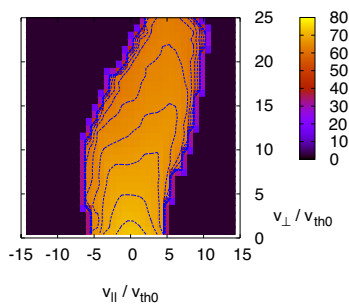


図 1 : $r_{res}/a = 0.1$ の場合の $r/a=0.5$ における少数イオンの速度空間分布

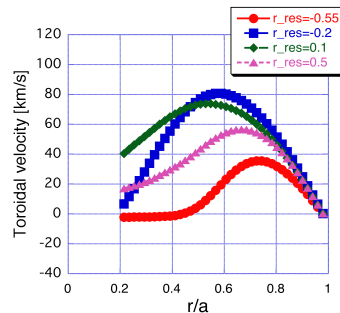


図 2 : 高エネルギー少数イオンによる駆動を考慮した背景プラズマのトロイダル流分布

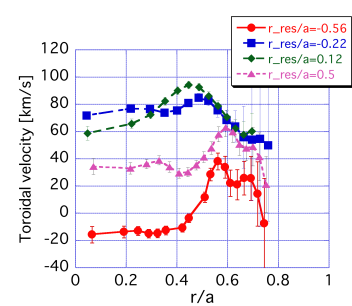


図 3 : Alcator C-Mod において実験的に観測されたトロイダル流分布の共鳴位置依存性

[1] J.E. Rice et al., Nucl. Fusion **42** (2002) 510.

[2] S. Murakami, et al., Nucl. Fusion **46** (2006) S425.

[3] S. Murakami, et al., Proc. 24th IAEA Fusion Energy Conference, **TH/1-1** (2012).