

ダブル・パルス同軸ヘリシティ入射によって維持されたHIST球状トーラスの 2流体平衡の特性

Characteristics of Two-fluid Flowing Equilibria in HIST Spherical Torus Sustained by Double Pulsing Coaxial Helicity Injection

神吉隆司¹⁾, 永田正義²⁾
Takashi KANKI¹⁾, Masayoshi NAGATA²⁾

¹⁾海上保安大, ²⁾兵庫県立大院工
¹⁾Japan Coast Guard Academy, ²⁾University of Hyogo

高ベータ閉じ込めと定常化を両立させる方策として、非誘導的なマルチ・パルス同軸ヘリシティ入射 (CHI) 法が提案され、同法を球状トーラス (ST) 装置HISTに適用し、その電流駆動機構を調べている。HISTでのダブル・パルスCHIでは、最大80kA程度のトロイダル電流の生成と抵抗減衰に対して8ms程度の伸長したプラズマ寿命の実験結果を得ている。また、電流駆動と関連した磁場と流速の揺動 (ダイナモ電場)、ポロイダル流の粘性減衰と関連した選択的イオン加熱を観測している。特に高トロイダル磁場側で通常のトカマクでは見られない急峻な負の密度勾配とそれに伴うイオン反磁性ドリフトによる強いポロイダル・シア流とホール・ダイナモ電場を観測し、2流体効果が顕著に現われていることが示唆されている。

上記の特徴を有する2流体ST平衡配位の特性を調べることは、STの2流体緩和機構の解明にとって重要である。これまでプラズマ密度が不均一な場合の2流体モデルによる2次元平衡の定式化を行い、同平衡を数値的に解くコードの開発を行ってきた。HISTの境界形状の近い領域での平衡計算結果の一例を以下に示す。2ndパルス前後の実験結果を模擬するために、2ndパルス後、高トロイダル磁場側のセパトリクス付近の密度を下げ、イオン温度分布を平坦化するようにした。図1はミッドプレーンでの2ndパルス前後のトロイダル流速とポロイダル流速の径方向分布の変化を示している。2ndパルス後、トロイダル・イオン流速は $R=0.2\text{m}$ と 0.35m の間の領域でシアが強化されているが、中心オープン磁束コラム (OFC) 領域では、大きな変化は見られない。一方、ポロイダル・イオン流速は $R=0.15\text{m}$ と 0.28m の間の領域でシアが強化されており、OFC領域での同流速の上昇が、シアの強化に起因していると考えられる。上記の

計算結果は実験結果とよく一致している。電子流速に関しては2ndパルス前後で大きな変化は見られない。2ndパルス前後での一般化されたオームの法則 $\mathbf{E} + (1/\epsilon)\mathbf{u}_i \times \mathbf{B} + \mathbf{F}_{2F} = 0$ の各項の径方向成分の変化からOFC領域での径電場 E_r の変化を調べる。ここで、 ϵ は2流体パラメータであり、イオンの慣性の効果を表す。また、 \mathbf{F}_{2F} は2流体効果を表す項であり、イオンの反磁性効果 $-\nabla p_i / n$ と慣性効果 $-\mathbf{u}_i \cdot \nabla \mathbf{u}_i$ を生じる項で構成される。2ndパルス前では \mathbf{F}_{2F} はOFC領域で負であるが、2ndパルス後では負から正に変化する。それ以外の $(1/\epsilon)\mathbf{u}_i \times \mathbf{B}$ の大きな分布の変化は見られないことから、 E_r の変化に \mathbf{F}_{2F} が重要な役割をしていることが分かる。 \mathbf{F}_{2F} の内訳を見ると、イオンの反磁性効果が支配的であることが分かる。磁場、電流密度、流速、密度、温度、電場等の分布の詳細は、講演にて報告する。

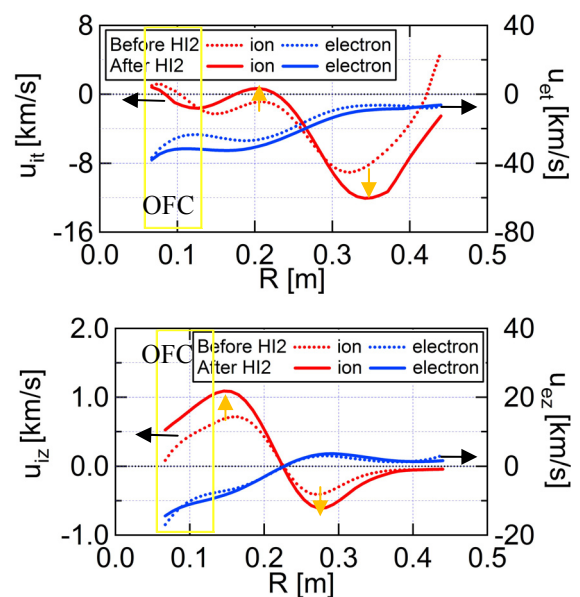


図1 ミッドプレーンでの 2nd パルス前後のトロイダル流速とポロイダル流速の径方向分布の変化