29aP54

同軸ヘリシティ入射による球状トーラスの維持過程において形成されるトロイダル磁場の磁性

Magnetism of Toroidal Magnetic Field Formed in Sustainment Phase of Spherical Torus Due to Coaxial Helicity Injection

神吉隆司[1)]，永田正義[2)]
Takashi KANKI[1)], Masayoshi NAGATA[2)]

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

同軸ヘリシティ入射（CHI）法は，球状トーラス（ST）に対して非誘導ソレノイドなしにプラズマ電流を立ち上げる過渡的CHI（T-CHI）と定常的な電流駆動を行う駆動的CHI（D-CHI）に分けられる．HIST装置では両方のCHI実験が行われている．T-CHI実験では，引き延ばされた電流シート中に発生するプラズモイド不安定性が高速磁気リコネクションによるXポイント形成と磁束閉鎖に影響を及ぼしていることが判明している．D-CHI実験では，キンク不安定性の非線形発展の結果生じるダイナモによる電流増幅，プラズマ寿命の伸長，イオン加熱効果等の閉じ込め特性の向上が観測されている．さらに，中心導体の周りのオープン磁束コラム（OFC）と呼ばれる領域と閉じた磁束（CF）領域の境界付近において，急峻な負の密度勾配によるイオン反磁性ドリフトと磁気軸方向の径電場による $\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}$ ドリフトが作る強いポロイダル・シア流が観測され，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．本講演では両方のCHI実験の維持過程において，OFC領域に反磁性トロイダル磁場が形成されていることから，2流体平衡の観点からポロイダル流速（流れ関数の構造）とトロイダル磁場の磁性の関係について報告する．

アンペール法則のポロイダル成分から2流体軸対称平衡のトロイダル磁場 B_θ は

$$B_\theta = \frac{\overline{\psi}_{e0}}{r} + \frac{1}{\varepsilon r}\left(\overline{\psi}_i(Y) - \overline{\psi}_e(\psi)\right) \qquad (1)$$

で表される．ここで，$\overline{\psi}_{e0}$，$\overline{\psi}_i$，$\overline{\psi}_e$，ε は，それぞれ真空トロイダル磁場に関するポロイダル電子流速に対する流れ関数，ポロイダルイオン流速に対する流れ関数，ポロイダル電子流速に対する流れ関数，2流体パラメータである．式(1)は $\overline{\psi}_e>0, \overline{\psi}_i<0$ の場合と $\overline{\psi}_e<0, \overline{\psi}_i>0$ の場合，B_θ に対してそれぞれ反磁性と常磁性に寄与していることを示している．図1はD-CHI実験で観測されているイオンと電子に関するポロイダル流速分布を再現する2流体平衡計算結果であり，ミッドプレーンでの径方向の $\overline{\psi}_i$ と $\overline{\psi}_e$ の分布を示している．また，OFC領域でのポロイダル電子流速の大きさを増大（ヘリシティ入射）させた場合の $\overline{\psi}_i$ と $\overline{\psi}_e$ の径方向分布の変化も示している．OFC領域では $\overline{\psi}_e>0, \overline{\psi}_i<0$ で，イオンと電子の流速が反磁性に寄与し，CF領域では $\overline{\psi}_e<0, \overline{\psi}_i<0$ で，電子流速が常磁性に，イオン流速が反磁性に寄与している．CF領域ではヘリシティ入射の増大に伴って，$\overline{\psi}_e$ が減少し $\overline{\psi}_i$ に近づき，トロイダル磁場が反磁性から常磁性に近づく．一方，OFC領域では $\overline{\psi}_e$ はほぼ正のままであり，反磁性トロイダル磁場が維持される．流れ関数の構造からその勾配の正負が流速の極性を決め，その勾配の大きさが流速の大きさを決めるため，電子流速の極性はイオン流速のそれと反対であり，OFC領域では電子流速の大きさはイオン流速のそれよりも大きいことが分かる．

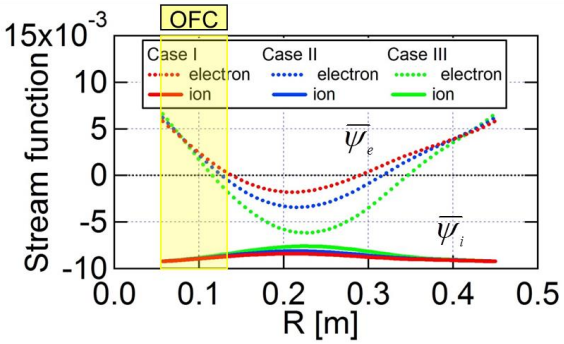

図 1 OFC 領域でのポロイダル電子流速の大きさを Case I，Case II，Case III と増大させた場合のミッドプレーンでのポロイダル電子流速に対する流れ関数 $\overline{\psi}_e$ とポロイダルイオン流速に対する流れ関数 $\overline{\psi}_i$ の径方向分布の変化