

ガンマ 10 プラズマの電位・電場シア-形成による乱流抑制と輸送改善効果の X 線計測を用いた研究

Study of Electric-Field-Shear Effects on Turbulence Suppression with Confinement Improvement using X-ray Diagnostics in GAMMA 10

小波蔵 純子 [1]; 長 照二 [1]; 平田 真史 [1]; 沼倉 友晴 [1]; 檜垣 浩之 [1]; 北條 仁士 [1]; 市村 真 [1]; 石井 亀男 [1]; Islam Khairul[1]; 板倉 昭慶 [1]; 片沼 伊佐夫 [1]; 中嶋 洋輔 [1]; 立松 芳典 [1]; 渡邊 理 [1]; 吉川 正志 [1]; 今井 剛 [1]; 三好 昭一 [1]
Junko Kohagura[1]; Teruji Cho[1]; Mafumi Hirata[1]; Tomoharu Numakura[1]; Hiroyuki Higaki[1]; Hitoshi Hojo[1]; Makoto Ichimura[1]; Kameo Ishii[1]; Khairul Islam[1]; Akiyoshi Itakura[1]; Isao Katanuma[1]; Yousuke Nakashima[1]; Yoshinori Tatematsu[1]; Osamu Watanabe[1]; Masayuki Yoshikawa[1]; Tsuyoshi Imai[1]; Shoichi Miyoshi[1]

[1] 筑波大プラズマ

[1] PRC, Univ. Tsukuba

筑波大学プラズマ研究センターのタンデムミラー型プラズマ閉じ込め装置ガンマ 10 では、ミラー磁場を直線状に並べた磁場配位をもち、その両端のミラー部に中央ミラー部より高い電位を形成することにより、高温・高密度のプラズマを閉じ込めるのが特徴である。また、装置端部を持つミラー型実験装置は、電子サイクロトロン加熱 (ECH) により電子を選択的に高温・高速化し、磁力線に沿ってミラー端へ電子の一部をフローとして流れ出させ、プラズマ内部の径方向において局所的に正の電位 / 電場構造を自在に形成・制御できるというミラー独自の長所を持っている。

ガンマ 10 では、ここ 1 - 2 年間で、10 年来得られた電位最高値を 4 倍に高めることに成功し、それに伴い電位の 2 階微分量である電場の径方向シア $dE(r)/dr$ が著しく大きくなっている。この径方向電場シア-形成の効果として、プラズマ閉じ込めを劣化させる乱流渦を抑制できることを、マイクロチャンネルプレート (MCP) を用いた X 線断層撮像計測で初めて明らかにし、高電位形成 / 強い径方向電場シア-形成による「渦の抑制・晴れ渡り」に伴うプラズマの高温化・高閉じ込め化を見出した。

この成果を進展させミラー装置の長所を活かし、内部輸送障壁 ITB 形成の機構研究を念頭に、プラズマ中のフロー形成と乱流渦の抑制・閉じ込め改善の相関を調べる以下の実験を行った。ガンマ 10 では通常、装置両端部付近に位置する東・西両バリア部に、熱障壁電位形成の為第 2 高調波 ECH を行っている。今回バリア部磁場を増大させ、ECH 共鳴層位置を径方向中心から外側に移動し、片側 (東側) バリア部のみで ECH を行い「円環シェル状の高温電子層」を形成を試み、実際にホロウ状高温電子分布の形成に成功した。本高温電子リングの形状は、バリア部 X 線トモグラフィ計測により確認した。これらバリア部高温電子の一部は、クーロン衝突によりロスコーンへと散乱されるため、装置中央部であるセントラル部へと流入する円環状の $E \times B$ 電子フロー (数 keV) を形成する。実際にこの円環状高温電子層が形成されていることは、ECH を印加していないもう一方の装置端部 (西側) に於いて、半径方向にスキャンが可能である可動型の端損失電流計測器 (ELA) 等により確認した。このとき ECH 印加前に対し、印加中にはプラズマ半径 5.5 cm 付近に形成される円環シェル状の高温電子層により、セントラル部に円環状の輸送障壁様構造が形成されることを、セントラル部 X 線トモグラフィ計測により明らかにした。また、高温電子層の領域とその外側付近の半径領域ではプラズマは急峻な分布となり乱流構造は観測されなくなる。以上、X 線計測に基づくタンデムミラープラズマの閉じ込め改善の物理について報告する。