## **3-6** 自発的に多段階で変化する電場構造を発見 - 閉じ込め改善モードの理論モデルに対する新しい知見-



図 3-15 プラズマ断面図(a) と温度分布(b) 及びプラズマ温度(c) と電場(d)の時空間構造(等高線) 閉じ込め改善モードではプラズマ境界近傍に輸送障壁(断熱層)が形成されます。理論的に予測されているように、改善モードへの 遷移時に電場が発生し輸送障壁が成長しますが、その後、プラズマの状態(温度や密度)とは無関係に(つまり自発的に)電場だけ が過渡的にかつ多段階的に大きく変動する現象が観測されました。なお、(b)の横軸、(c)及び(d)の縦軸の規格化小半径は0が プラズマ中心位置、1がプラズマ境界位置に対応し、図中ではプラズマ周辺部のみが表示されています。

ITERに代表される装置では、経済性の高い核融合炉の実現を目指して、建設コストに直接反映するプラズマ 閉じ込め用の磁場強度を極力抑えつつコンパクトで高出 力を得られるプラズマ閉じ込め方式が世界各国で開発さ れてきました。

そのひとつの手法(ITERの標準運転として規定され ている)がプラズマ境界近傍で発生する「輸送障壁」と 呼ばれる断熱層を利用するものです。図3-15プラズマ の温度分布図(b)に示すように、輸送障壁のある閉じ込 め改善モードでは、通常モードと比べてプラズマの温度 と密度が周辺部で棚上げされて、プラズマ圧力(温度× 密度)が約2倍上昇します(核融合出力は約4倍上昇)。 この現象には、プラズマ境界に発生する"電場"が重要 な役割を果たしていることが理論的にも予測されていま す(図3-15(a))。ITERのような自律性の高い核燃焼プ ラズマでも確実に閉じ込め改善モードを発生させ、その 状態を制御するためには、電場の発生機構を理解する事 が重要な鍵となります。

今回JT-60装置では、ITERに近い磁場条件を模擬して

閉じ込め改善モードを発生させて、プラズマ境界部にお ける電場の詳細な時空間構造を高時間・空間分解能を持 つ分光計測器を用いて明らかにしました。

図 3-15プラズマの温度(c) 及び電場の強度(d)の等高 線図では、時刻0.0 sで電場が発生して閉じ込め改善モー ドへの移行後に輸送障壁部の温度が上昇していますが、 その途中(0.3~0.5 s付近)で電場の強度が急激に変動 する(約2倍)複雑な振る舞いが観測されました。閉じ 込め改善モードの初期状態(時刻0.0~0.3 s)では、電 場の強度と輸送障壁部の温度とがほぼ1対1に対応して 成長していることに対して(理論モデルの予測通り)、時 刻0.3~0.5 s付近では電場の強度が約2倍変動している にもかかわらず輸送障壁はある程度成長した状態で緩や かに成長し続けている事が分かります。

これらは閉じ込め改善モードに関する従来の理論モデ ルでは予測できなかった実験結果で、世界に先駆けた新 しい知見です。現在、電場の多段階的構造の発生条件を 解明するために、外部制御によって電場を変化させた場 合のプラズマの応答に関する解析を進めています。

## ●参考文献

Kamiya, K. et al., Observation of a Complex Multistage Transition in the JT-60U H-mode Edge, Physical Review Letters, vol.105, issue 4, 2010, p.045004-1-045004-4.