

ITERにおける燃焼プラズマ物理研究のための計測と制御

ITER 国際チーム 及川聡洋

ITER（国際熱核融合実験炉）計画の目標は、（1）自己加熱が支配的な領域のプラズマ、即ち、核燃焼プラズマの物理研究、プラズマの性能向上及び定常化の実証、（2）統合されたシステムとしての核融合炉運転と安全性の実証、（3）核融合炉の実用化に必要な高熱負荷と核工学要素の統合された試験等により将来の炉を見通せる技術的基盤の確立、である。特に（1）のプラズマにおける具体的な目標として以下を掲げている。

- ・ 誘導運転の重水素-三重水素(D-T)プラズマにおいて、外部加熱入力と核融合出力の比 $Q \geq 10$ と約 500MW の核融合出力を 300-500 秒間以上持続すること、
 - ・ 非誘導運転を用いて、 $Q \geq 5$ のもとで定常運転の実証を狙うこと、
- 上記目標を達成するには詳細なプラズマ診断と適切なプラズマ制御が鍵となる。

計測

計測系の役割は、（1）ITER 装置の運転、異常事象に対する装置の保護とプラズマ実時間制御のための計測診断、（2）プラズマ性能の最適化と性能評価のための計測診断、（3）核燃焼プラズマの物理研究のための計測診断である。これらの機能を果たすためのシステムは約 50 あり、計測技術による分類で 7 システム、即ち、磁気計測系、中性子計測系、光/赤外線計測系、ボロメータ系、分光/中性粒子計測系、マイクロ波計測系、プラズマ対向機器/運転監視計測系から構成されている。ITER の軽水素運転開始時までには製作を完了する計測器には磁気計測、ボロメータアレイ、干渉計、 $H\alpha$ 分光、可視連続光アレイ、ECE、広視野監視カメラや圧力ゲージ等があり、その後、中性子計測、トムソン散乱計測、荷電交換分光、動的 Stark 効果偏光計等が利用可能となる。これらの計測器のいくつかは、次に述べるプラズマ制御のためのモニタ信号としても重要な役割を果たす。ITER は豊富な計測器群を備え核燃焼プラズマの詳細な物理研究が行える唯一の機会であり、計測器開発・整備の意義は極めて大きい。

制御

プラズマ制御システムはプラズマ運転の制御を行うとともに装置保護の機能を担い、プラズマ計測系、コントローラ、アクチュエータから構成される。具体的には、プラズマ形状及び配位制御、ダイバータ制御、燃焼制御、MHD モードの回避及び抑制、ディスラプション制御がある。また、最近のトカマク実験の成果を踏まえ、電流分布制御や圧力分布制御も視野に入れている。