

# PK201 1. ITER 及び幅広いアプローチにおける燃焼プラズマ制御実験

## Burning Plasma Control in ITER and Broader Approach

石田 真一

日本原子力研究開発機構

Shinichi ISHIDA

Japan Atomic Energy Agency

ishida.shinichi@jaea.go.jp

国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画は昨年暮れより、カダラッシュの共同作業サイトでの準備活動の開始、機構長予定者の現地着任、そして主席副機構長予定者の決定と急ピッチで進み、共同実施協定の署名に向けた国際協議も大詰めを迎えている。また、本年3月の第53回総合科学技術会議において、核融合エネルギー：ITER計画は、戦略重点科学技術として位置づけられ、高速増殖炉サイクル技術等と並び、第3期基本計画期間中 (H18-22年度) に重点投資が必要な喫緊の課題の一つとして、基幹エネルギーである原子力の利用の推進に貢献することとなった。いよいよ本格化する ITER 及び幅広いアプローチ (BA) の推進には、燃焼プラズマ制御実験に対する戦略的な取組みが不可欠である。

ITER 計画の目的は、燃焼プラズマの達成、長時間燃焼の実現等の工学実証である。そのため、燃焼生成物である  $\alpha$  粒子による自己加熱が主要 (67%以上) になる核融合エネルギー増倍率  $Q=10$  以上のプラズマを達成し、それを制御する技術を確認する必要がある。さらに、原型炉を見据えて、自発電流割合が高く、 $Q=5$  以上 (自己加熱割合が 50%以上) の燃焼プラズマの定常運転を目指す。ITER の標準運転モードにより、前者は十分高い確率で達成できると考えられているが、後者の定常運転については、自己加熱及び自発電流割合が高く外部制御性の低い自律的な燃焼プラズマを、MHD 安定限界に近い領域で定常維持するために、非誘導電流駆動による連続運転の基礎の確立や、高い出力密度を実現するためにプラズマ圧力を高める方法の確立が必要である。特に、プラズマパラメータの複合的な帰還制御技術の確立が鍵となるため、加熱・電流・輸送が複雑に絡むプラズマを的確に捉え制御するための先進的なプラズマ計測診断及び制御ロジックの開発が重要な研究課題である。また、ITER の燃焼プラズマは、無次元量の違いと自己加熱という点で既存のトカマクプラズマと本質的に異なるため、次元相似実験のみなら

ず、理論・シミュレーション研究により予測し、外挿性の高い研究へつなげることが重要である。

それらの燃焼プラズマ制御に関わる課題は、ITER 及びその支援装置を用いた実験で解決していく必要がある。燃焼プラズマ制御に関わる議論は、すでに国際トカマク物理活動及び大型トカマク協力の枠組みによる国際装置間比較実験等において活発に行われているが、核融合開発戦略の観点から、JT-60SA は重要な位置付けにある。トカマク国内重点化装置設計における原型炉指向に加え、ITER 計画と並行して実施される BA の中のサテライトトカマクとして ITER 支援の側面が大幅に強化され、JT-60 超伝導化改修の新設計 (JT-60SA) が誕生した。これにより、ITER の技術目標の達成を支援する研究と原型炉に向けて ITER を補完する研究が、ITER の建設期間中に、装置の幅広い柔軟性と高い完成度の下に実施される。具体的には、ELMy H モードのハイブリッド運転及び完全非誘導定常運転という ITER につながる運転シナリオを開発するとともに、原型炉の実現に関わる物理課題を解決するために、高い  $\beta_N$  値 (例えば、 $\beta_N > 3.5$ ) での定常運転シナリオを開発する。それらの開発のため、加熱電流駆動、電子加熱割合、プラズマ回転、壁への熱流束、壁材料・温度、ダイバータ配位、等々の観点から ITER のみならず原型炉を見据えた燃焼プラズマで想定し得る状況を模擬し、炉心への外挿性を最大限高めた研究を行うことが JT-60SA によりはじめて可能となる。

講演では、ITER の燃焼プラズマ実験が  $Q > 10$  で、定常運転が  $Q > 5$  で行われることの意味と必要性を明らかにし、ITER で確実に達成可能な課題、実験により明らかにする課題、想定されていない課題を整理した上で、それらの課題を達成することの意味と ITER 後の研究の見通しについて議論する。