

石田 真一

原研那珂

ISHIDA Shinichi

JAERI, Naka

1. 先進トカマク課題への取り組み

JT-60 は、日本の National flagship tokamak として建設され、研究が進められてきた。JT-60 の計画目標は高性能閉じ込めとトカマク定常運転の実現である。この2つの目標は、JT-60 が世界に先駆けて行った高自発電流・高 β_p 放電の実現と高閉じ込め・負磁気シア放電の発見によって1つに融合し、先進トカマク研究へと発展した。これらの研究の過程で、JT-60 の実験結果に基づいた定常トカマク核融合炉 SSTR の概念が創出され、核融合炉への展望とともに JT-60 は世界の定常トカマク炉開発研究を牽引・先導してきた。同時に、これらの研究において、将来につながる高度な装置技術の開発（最近では、500keV/10MW/10 秒の N-NBI、W 型排気ダイバータ、110GHz/3MW/5 秒の ECH、等）と密接に結び付き、総合的な研究開発計画の立案・実施のもとに目的達成に向けて着実に成果が蓄積されている（下表参照）。

表：JT-60 における目標と主な成果

目標	主な成果（実施年度）
高性能閉じ込めの実現	高 β_p H モードにより現世界最高のイオン温度 5.2 億度を達成（1996）
	高 β_p H モードにより現世界最高の核融合三重積 $1.5 \times 10^{21} \text{keVsm}^{-3}$ を達成（1996）
	負磁気シアモードにより臨界プラズマ条件を達成（1996）
	負磁気シアモードにより現世界最高の核融合エネルギー増倍率 1.25 を達成（1998）
	負磁気シアモードによる現世界最高の電子温度 3 億度を達成（2001）
トカマク定常運転の実現	高 β_p モードを発見（1989）
	高 β_p モードにより自発電流 80% を達成（1989）
	高 β_p プラズマの閉じ込め改善（L モードの 3 倍）を実証（1992）
	規格化ベータ値 4.8 を達成（1993）
	高 β_p モード放電で内部輸送障壁を発見（1992）
	高 β_p H モードにより自発電流 70% およびビーム駆動電流 30% で完全電流駆動を実証（1994）
	負磁気シアモードを発見（1995）
	高 β_p H モードにより準定常状態での現世界最高の核融合三重積 $4.4 \times 10^{20} \text{keVsm}^{-3}$ を達成（1996）
	負磁気シア放電において電流ホールを発見（2000）
	自発電流 80%、ビーム駆動電流 20% により負磁気シアモードでの完全電流駆動を実証（1999）
	高 β_p H モードにより準定常状態での規格化ベータ値 3.05 を達成（2000）
	高 β_p H モードにより完全電流駆動での現世界最高の核融合三重積 $3.0 \times 10^{20} \text{keVsm}^{-3}$ を達成（2001）
	中心ソレノイドコイルを用いない先進高性能プラズマ生成（自発電流 90%）に成功（2002）
新古典テアリングモードを自動追跡帰還制御で抑制、 β 値を回復（2002）	

2. 今後の展開

JT-60 は上述の実績を踏まえ、核融合エネルギーの早期実用化に向けて ITER 計画並びに材料開発とともに炉心改良を推進するため、高ベータ定常運転を目標として今後の研究を展開していこうとしている。定常運転を特徴付ける自律性の高い臨界プラズマ条件クラスの無衝突プラズマでは非線形プラズマ物理が支配的となり、学術的にも世界を先導する数多くの成果を挙げることが期待できる。JT-60 改修計画はこれをさらに押し進め、より高いベータ値および低放射化材料の全面使用のもと具体的施策とともに高ベータ定常運転の実証を目指すものであり、トカマク型核融合炉の早期実現への鍵を握る重要な役割を担っている。この改修計画は、JT-60 施設を利用した全日本の共同研究装置（仮称：高ベータ定常トカマク実験装置）への改修として大学等との緊密な連携協力により推進されている。

JT-60 における課題募集型の協力研究件数は近年飛躍的に延びており、平成 14 年度より大学からのテーマリーダ参加も始まり、中心ソレノイドコイルを用いない先進高性能プラズマ生成の成功など、優れた成果を挙げている。すでに実験データの遠隔アクセスや情報伝達システムを整備するなど、将来 JT-60 を共用施設として運用開始するための基盤が整っている。更にシステムの拡充や利用方法の改善等が進められており、先進トカマク研究が今後更に大きく発展することが期待される。

本講演では、先進トカマク研究の課題とその解決に向けて進めてきた JT-60 実験と展望について、最近の成果を含めて発表する。