

超伝導トカマク JT-60SA の建設の現状

(1) 全体の進捗状況

Present status of construction of superconducting Tokamak JT-60SA

(1) Overall progress

* 池田佳隆¹、JT-60SA チーム^{1,2}

¹原子力機構、²欧州 Fusion for Energy

日欧共同計画である JT-60SA は、真空容器 340° 分が完成し、欧州が製作を分担している超伝導トロイダル磁場コイルの組み込みが間もなく開始される。また超伝導磁場コイル用の He 冷凍機システムの据付が完了して調整運転を開始した。このように 2019 年の運転開始を目指して順調に建設が進んでいる。

キーワード：超伝導トカマク、JT-60SA、超伝導磁場コイル、He 冷凍機システム

1. 緒言

原子力機構那珂核融合研究所では日欧共同計画として、超伝導トカマク JT-60SA の建設を進めている。JT-60SA は、臨界プラズマ試験装置 JT-60 で得られた成果を基に、プラズマ形状の最適化・大型化を行うとともに、銅コイルから超伝導コイルに改修し、数億度の高温プラズマを長時間維持する高性能プラズマの実現を目指す。これにより国際熱核融合実験炉 ITER の実験・運転手法の先導研究と原型炉のコンパクト化に向けた研究を行う。

この JT-60SA は 2007 年から個別機器の設計製作に着手し、これまでに真空容器 340° 分組立や He 冷凍機システムの現地据付作業が完了した。今後、超伝導コイルの組立等を進め、2019 年の運転開始を目指す。

2. 主な機器の特徴と製作・据付状況

日欧が分担して製作している主な機器の特徴と製作・据付状況は以下の通り。

設備	主な機器	特徴	現状
トカマク本体	真空容器 【日本】	高さ 6.6m、直径 10m のドーナツ状の真空容器。2 重壁の 3 次元構造体。10 分割セクターを現地で据付・溶接。	340° までが完成。溶接変形を測定・予測しながら設置し高い製作精度 (±5 mm) を実現。
	サマシールド 【日本】	超伝導コイル (5K) と真空容器/クライostat (室温) の間に挿入し、超伝導コイルへの熱侵入を低減する構造体。80K の低温 He ガスで冷却する薄板構造。	真空容器用のサマシールドについては、10° 毎のセクターを製作中。2016 年から現地組立を開始予定。
	超伝導トロイダル磁場コイル (TFC) 【欧州】	18 個 + 予備 2 個の計 20 個を製作。コイルとコイル支持構造を機能分離することでスリムな構造を実現。	2016 年初めに 1 個目の超伝導通電試験を実施し、所定の性能を確認後、那珂研に搬入、その後、残りの TFC が順次、搬入予定。
	超伝導トロイダル磁場コイル (PFC) 【日本】	6 個の平衡磁場コイル (EF1~6) と 1 個の中心ソリッド (CS)。EF1 は直径 12m で、世界最大径の超伝導コイル。	EF は既に 3 個が完成。現在、EF1 を含めた残り 3 個を 2016 年度中に完成予定。高い巻線精度を実現 (電流中心はコイル外径中心の 0.1% 以内)。
	クライostat 【主に欧州】	超伝導コイルの真空断熱を行うための高さ約 16m、直径約 14m の大型円筒容器。	90° 分の製作が完了。2017 年に那珂研に搬入予定。
	高温超伝導電流リード 【欧州】	ビスマス系高温超伝導材の電流導入端子。従来の銅製に比べ熱損失を 1/3 に軽減。運転温度は 50K。	全 26 個中、既に 6 個が完成、那珂研に搬入済。
	極低温機器 【日本】	クライostatに取りつけるコイル端子箱や超臨界圧 He のバルブ Box。既存設備との干渉を避けるため、コイル端子箱は 5 台、バルブ Box は 11 台に分散して設置。	2016 年から製作開始。
	組立 【日本】	上記の多種多様な機器を高精度で組立。機器の熱変形/熱遮蔽を考慮した支持、据付。	3 次元 CAD による組立シミュレーション、レーザートラッカーによる高精度位置測定により、目標 1 mm 程度の誤差で真空容器等を設置中。
He 冷凍機システム 【欧州】	パルス的な負荷変動に対して、液体 He 貯槽により負荷変動を平準化することで、超伝導トカマクの効率的な冷凍運転を目指す。また高温超伝導電流リードの導入で熱損失を軽減。冷凍能力 9kW (4.5K)。	2015 年、主要機器の据付が完了。2015 年末から液体 He 製造に向けた調整運転を開始。	
電源 【欧州、日本】	既存設備の最大限の有効利用を図りつつ、電力用半導体による 20kA/5kV のプラズマ着火用高電圧発生回路や超伝導コイルのケッチ保護回路などを開発。	2014 年末に欧州分担機器であるケッチ保護回路が搬入され、据付調整完了。2016 年春からは、高電圧発生回路、直流電源が順次搬入予定。	
制御 【日本】	リアルタイムメモリ (RM) による演算・計測データの共有化や PCI (コンパクト PCI) を基盤とした分散処理、マンマシンインターフェースを考慮した制御系。総数約 200 点の入力信号による最速 0.25m 秒周期のリアルタイム制御。	プラント監視システムの信号入出力部、放電シケストローラ、および電源制御用リアルタイム制御システムのテストスタンド等を製作中。2017 年中に主要部分のデモンストラーションを予定。	

*Yoshitaka Ikeda¹, JT-60SA Team^{1,2}

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Fusion for Energy