

## JT-60SA統合コミッショニングの進展 Progress of the JT-60SA Integrated Commissioning

鈴木 隆博<sup>1</sup>、JT-60SA統合事業チーム  
Suzuki Takahiro<sup>1</sup> and the JT-60SA Integrated Project Team

<sup>1</sup>量研  
<sup>1</sup>QST

JT-60SA 計画は日本のトカマク国内重点化装置計画と日欧共同で実施する幅広いアプローチ活動のサテライト・トカマク計画との合同計画である。JT-60SA 計画は核融合炉の早期実現のためにあり、そのために(1)ITER が目標を速やかに達成するための先導的な支援研究、(2)DEMO に向けて ITER を補完する先進運転手法等の研究開発、そして(3)これらを国際的に主導する人材の育成を行う。大型超伝導トカマク装置 JT-60SA は 2020 年に組み立てを完了し(図 1)、JT-60SA を構成する全設備のトカマク装置としての機能と健全性を確認するための統合コミッショニング(統合試験運転)に着手した。JT-60SA を構成する最先端の機器や設備の本来の性能を試験できる環境は JT-60SA 自体を動かす以外にないためである。ITER と機器構成が類似の JT-60SA の統合コミッショニングの実績とそこで得られた知見は最大限 ITER の統合コミッショニングのリスク低減と円滑な実施に活かす計画である。本講演では JT-60SA 統合コミッショニングで現在までに達成した結果と装置の現状および今後の計画について報告する。

JT-60SA 統合コミッショニングは真空容器(VV)および超伝導コイル等を格納するクライオスタット容器(CV)の真空引きから開始した。VV、CV はそれぞれに真空排気系を有し、リ

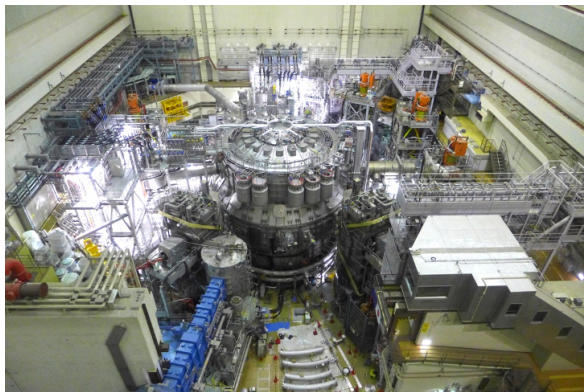


図 1：組み立ての完了した大型超伝導トカマク装置 JT-60SA。

ーク試験もそれぞれ実施した。図 2 には VV 圧力の時間変化を示す。統合コミッショニングでの実績が設計による予測と良く一致している。CV でも実績は予測と良く一致した。なお、リーク試験は VV では 261 箇所、CV では 269 箇所で行い、1 箇所の再取り付けのみで管理基準を達成した。これには装置組み立て中に個別リーク試験を徹底して逐次実施した寄与が大きい。

CV 圧力の低下により超伝導コイル等の断熱状態が確保されたこと、全流路の冷媒(ヘリウム)の純度が十分高まったこと、真空容器温度が適切に制御されていることを確認して、超伝導コイルの冷却に着手した。図 3 に超伝導コイルと冷媒等の温度の時間変化を示す。様々な箇所の互いの温度差が 50K を超えないように管理して冷却を進め 2020 年 11 月 27 日

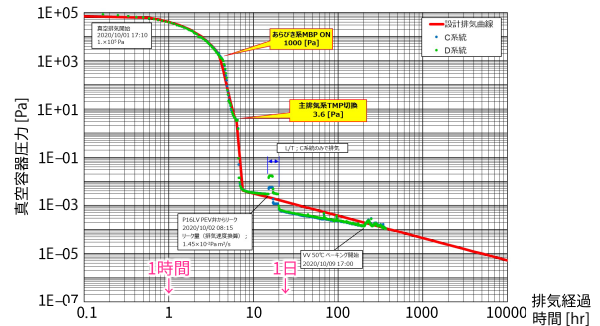


図 2：真空容器圧力の時間変化(赤線：設計による予測、緑線：実績)。

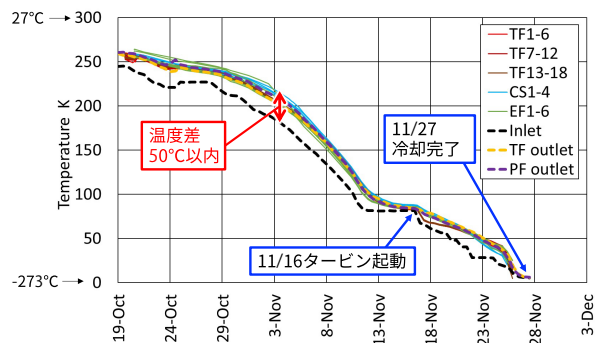


図 3：超伝導コイルと冷媒等の温度の時間変化。

に冷却を完了した。11月25-26日には、一定電流を通電して測定したコイル両端の電圧(電気抵抗に比例する)が急に低下する超伝導転移を全ての超伝導コイルについて観測した(図4)。

全コイルの超伝導化を受けてコイルに電流を流し磁場を発生するための通電試験に進んだ。発生する磁場には膨大なエネルギーが蓄えられコイルや様々な機器に大きな応力が発生する。慎重を期して通電は各コイル単独から始め、コイル電流も徐々に増加させ機器の健全性を確認しつつ進めた。

18体のトロイダル磁場コイルについては1、3、5、10、15、18、20kAと徐々に電流値を増加させ、定格の25.7kA(真空容器中心の磁場は2.25T)を約35分間保持することに成功した(図5)。この際のトロイダル磁場のエネルギーは設計値で1.06GJに達した。統合コミッショニングの重要なマイルストーンを達成した。

このトロイダル磁場コイルへの単独通電時

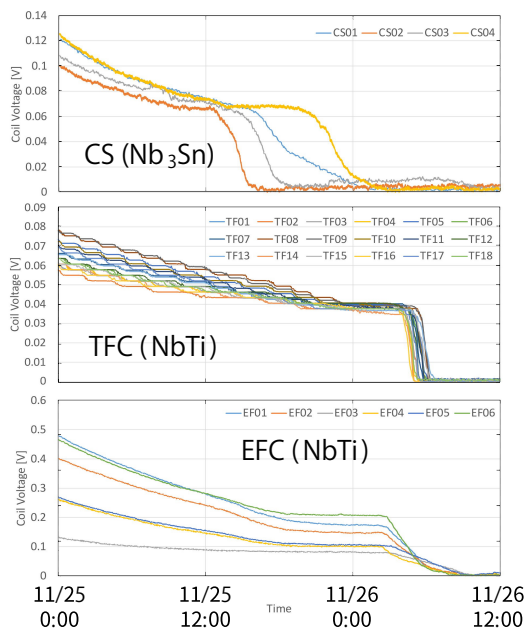


図4：超伝導コイルに一定電流を流した際の両端電圧の時間変化(超伝導転移時の前後)。

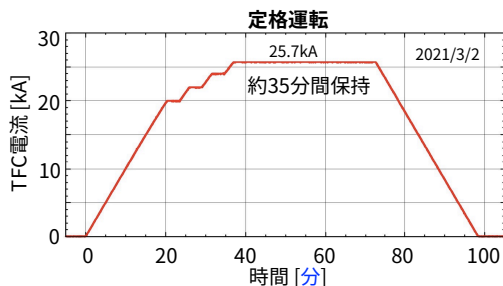


図5：トロイダル磁場コイルに定格の25.7kAを通電し約35分間の保持に成功した。

に電子サイクロトロン共鳴(ECR)によるプラズマ生成に挑戦した。試験はトカマクプラズマ生成時に使用すると同様に、統括制御設備によるシーケンス制御で全設備を連携動作させた。全設備を同期して水素ガスと82GHzのマイクロ波をVVに入射してECRプラズマの生成に成功し(図6)、さらに計測器で測定しデータベースに保管するまでの制御全体の正常動作を確認した。

一方でポロイダル磁場コイル(4体の中心ソレノイドCSと6体の平衡磁場コイルEFC)についても通電試験を行い、徐々に電流を増加させて全てのコイルで5kAまでの通電を完了した。次にプラズマ制御を模擬して±5kVの電圧制御試験を実施した。EFC1以外の9体は完了したが、EFC1を実施中にコイルと電路を繋ぐ接続部で絶縁破壊により短絡が発生し接続部が損傷したため統合コミッショニングを中断した(2021年3月9日)。

現在は損傷部に加え、再発防止の徹底化の観点から、損傷は受けていないものの同等の構造を有する箇所や、構造の異なる同種の箇所も改修を進めている。パッセン試験を全ての改修箇所を実施して絶縁性能の確認を厳格に実施した上で統合コミッショニングを再開する計画である。再開後は初トカマクプラズマの生成に必要な通電試験(特に未実施の、全超伝導コイルに通電する複合通電試験)を完了させた上で、初トカマクプラズマを生成する。プラズマ電流2.5MAまでのプラズマを用いた装置の健全性の確認(通常放電時と特にディスラプション時)とプラズマ制御試験を行い、リミター配位から上シングルヌルダイバータ配位までのMAクラスのプラズマ制御性を確認する。加えて、定格までのポロイダル磁場コイルの通電試験も完了させ、超伝導コイルの交流損失等の特性も取得する計画である。

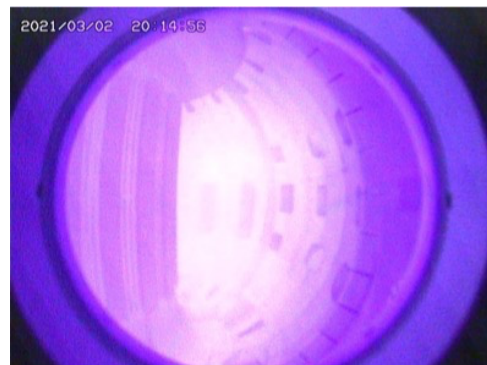


図6：真空容器内を見込む可視光カメラ計測の画像。水素のECRプラズマ生成に成功。