

TOSHIBA

総合エンジニアリング「本体組立」成功の秘訣 と技術課題

東芝エネルギーシステムズ（株） 新技術応用プロジェクト部 早川 敦郎
2018年12月14日

東芝エネルギーシステムズ（株）の核融合研究開発に対する取組



当社は核融合研究開発の黎明期から昨今の大型装置の建設まで、各種核融合用設備の製造に取り組んでいます。その分野は装置本体から超電導コイル，電源設備，加熱装置と多岐にわたっています。

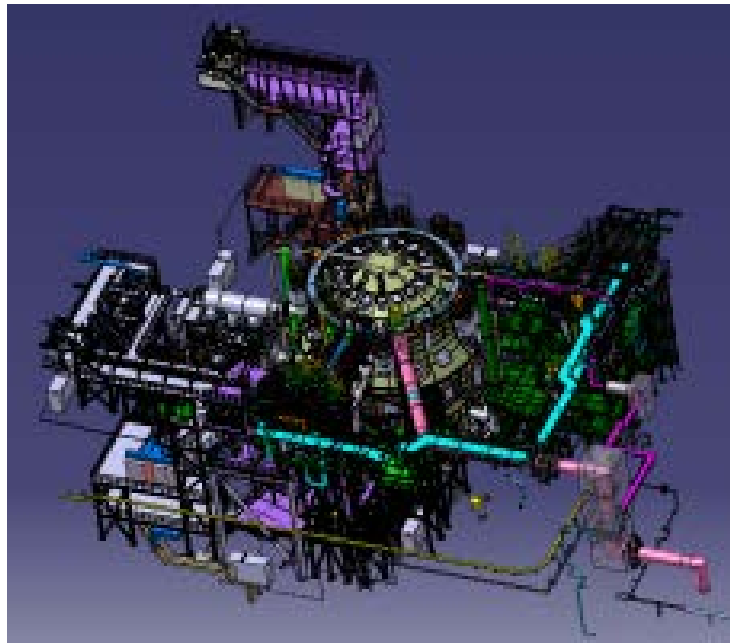
目次

1. JT-60SAプロジェクト概要
2. 本体組立工事の進捗
3. 組立の成果
4. プロジェクト成功の秘訣
5. まとめ

1.プロジェクト概要

JT-60SAプロジェクトは日欧共同プロジェクトであり、構成機器は複数の国の複数のメーカーから供給される。装置全体を組み立てるためには全体の整合をとるため、総合的なエンジニアリングが必要である。

当社はトカマクを中心となる真空容器とサーマシールドの一部を製作し、主として本体室内におけるトカマク設備の組立工事を実施。



JT-60SA全体図



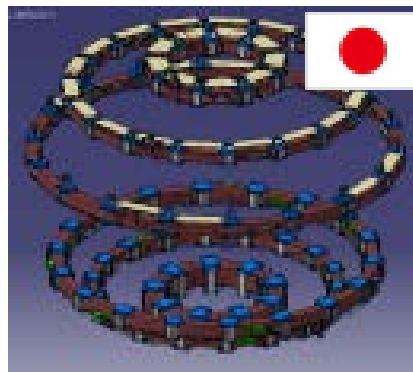
真空容器 (VV)



サーマルシールド
(一部)



TFコイル (TFC)



EFコイル
(EFC)



CSコイル



クライオスタット

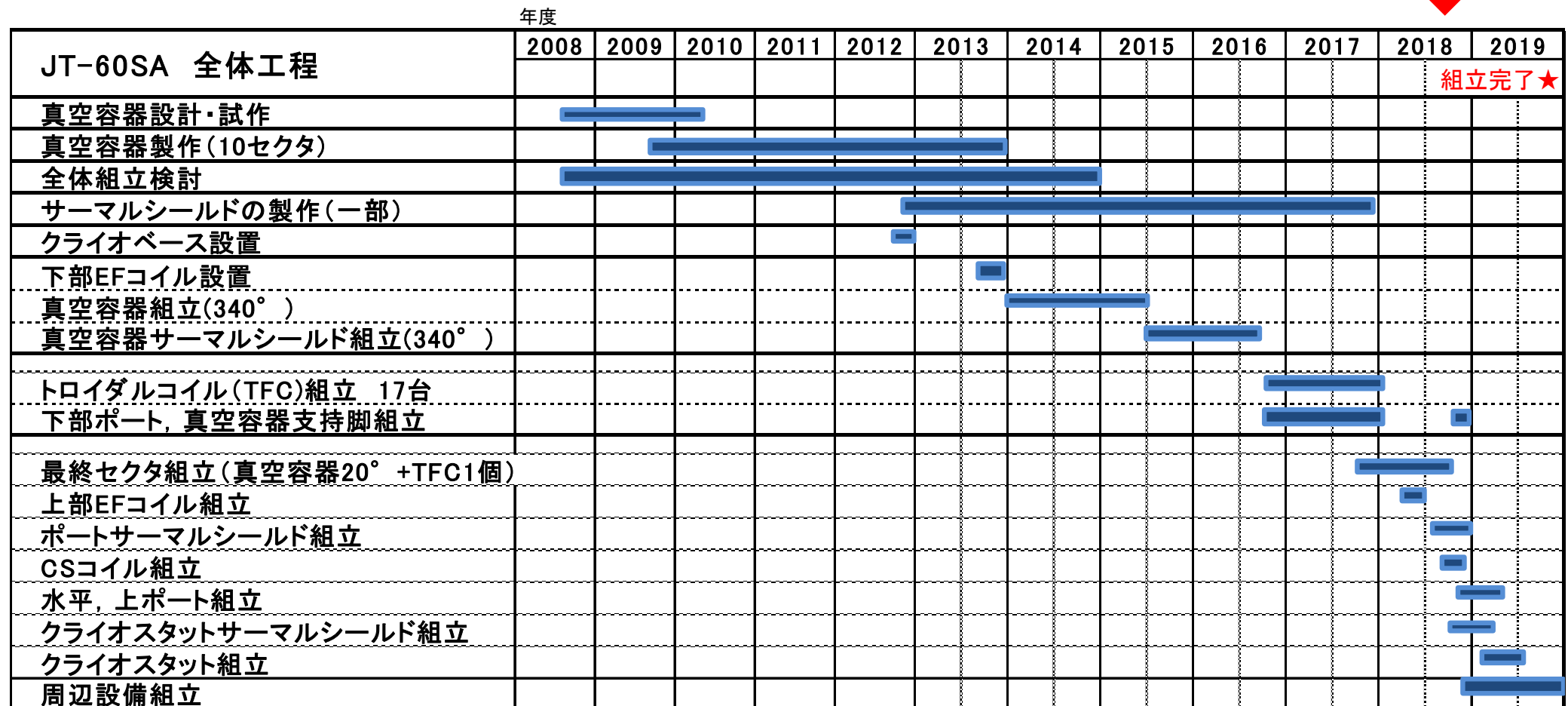
全体組立工事 : **TOSHIBA**

2. 本体組立工事の進捗

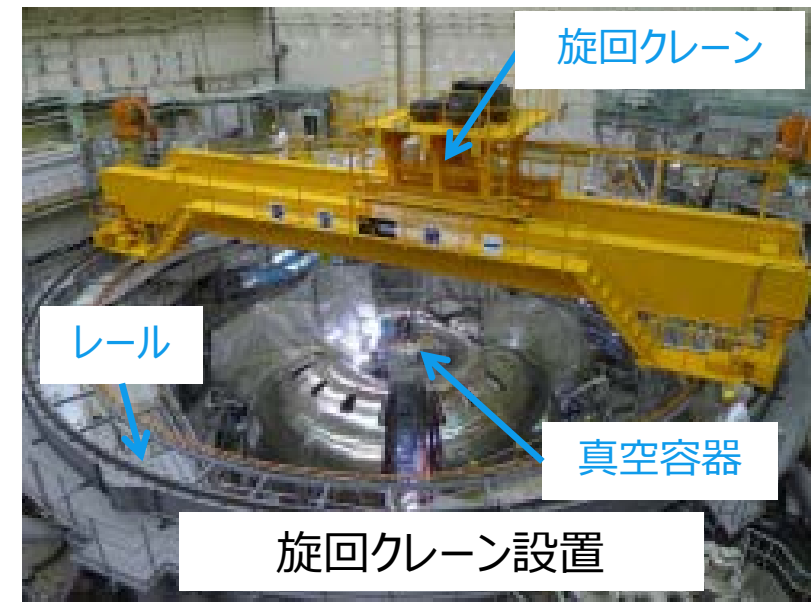
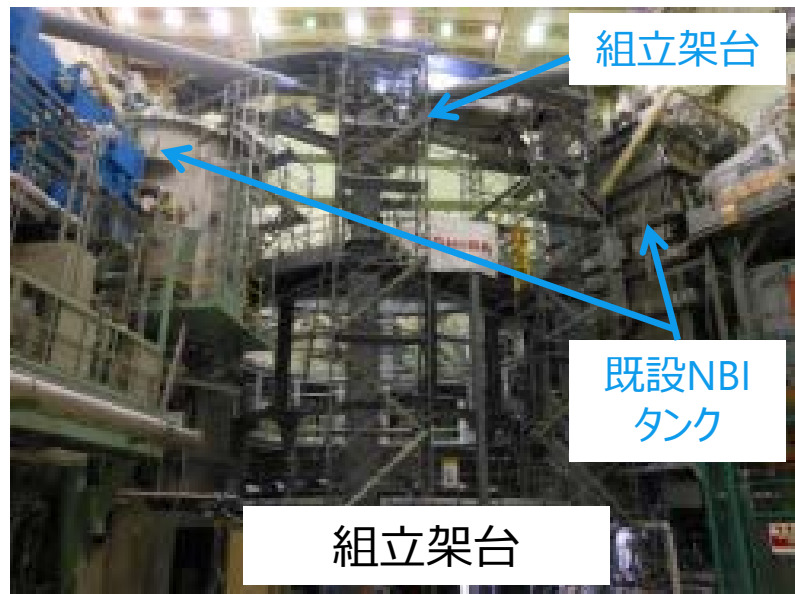
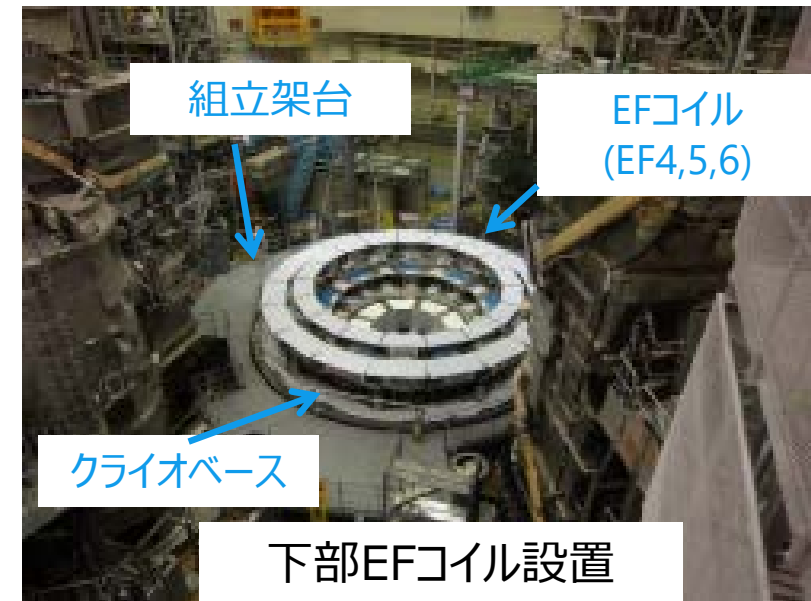
当社はJT-60SA本体組立として以下の作業に従事

- ・ 真空容器の設計・試作・実機製作
- ・ サーマルシールドの一部の製作
- ・ 本体組立に関する設計検討
- ・ 本体組立工事（クライオベース設置から周辺設備組立まで）

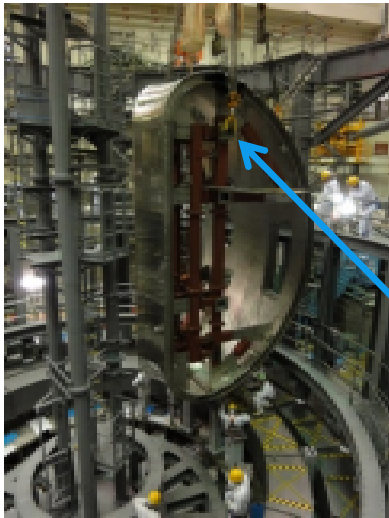
現在



2.組立工事の進捗- 1 クライオベース設置～組立架台設置



2.組立工事の進捗- 2 真空容器溶接組立～サーマルシールド設置



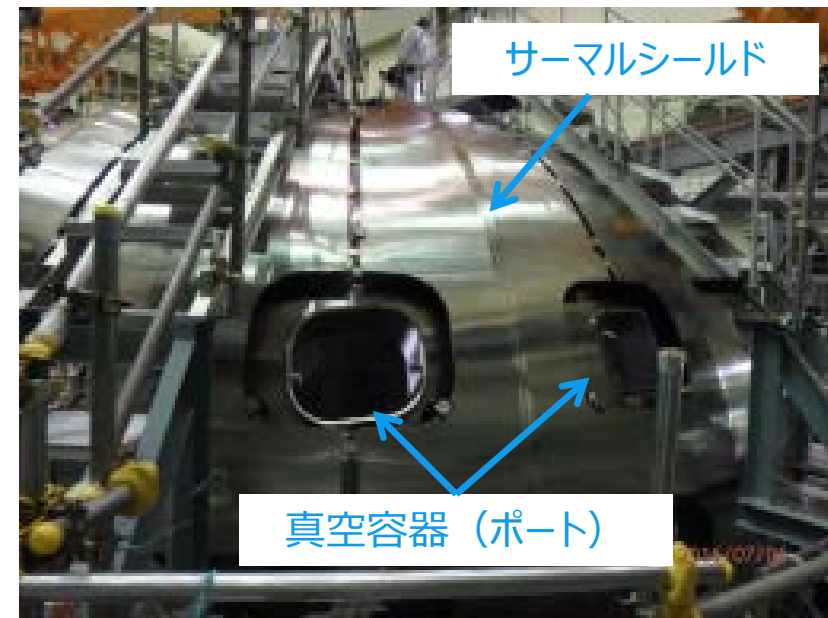
真空容器をクライオベース上に設置



真空容器340°設置完了

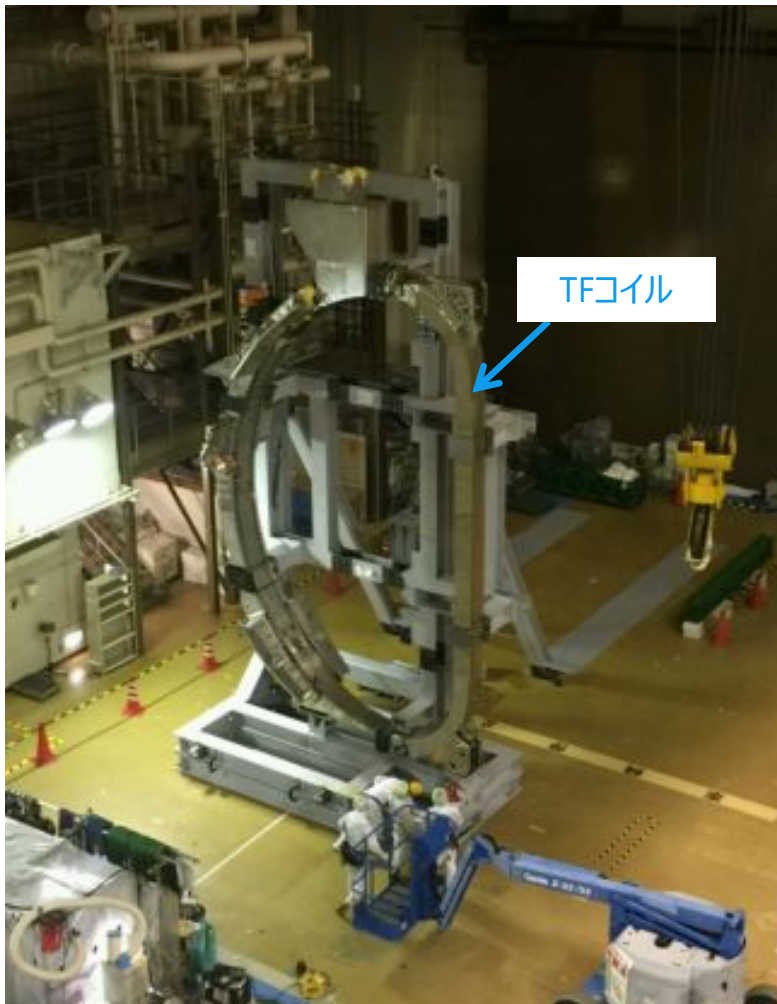


真空容器内（溶接完了後）

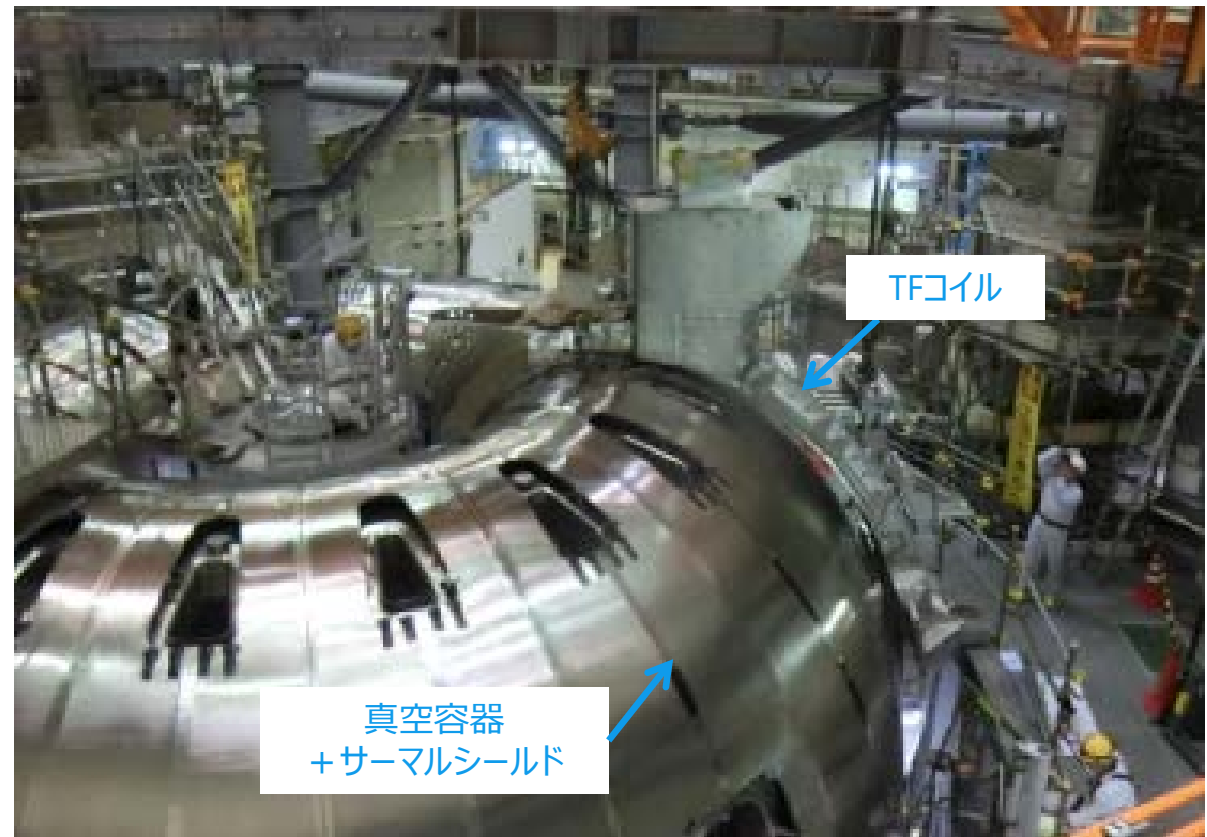


サーマルシールド設置

2.組立工事の進捗-3 TFコイル組立



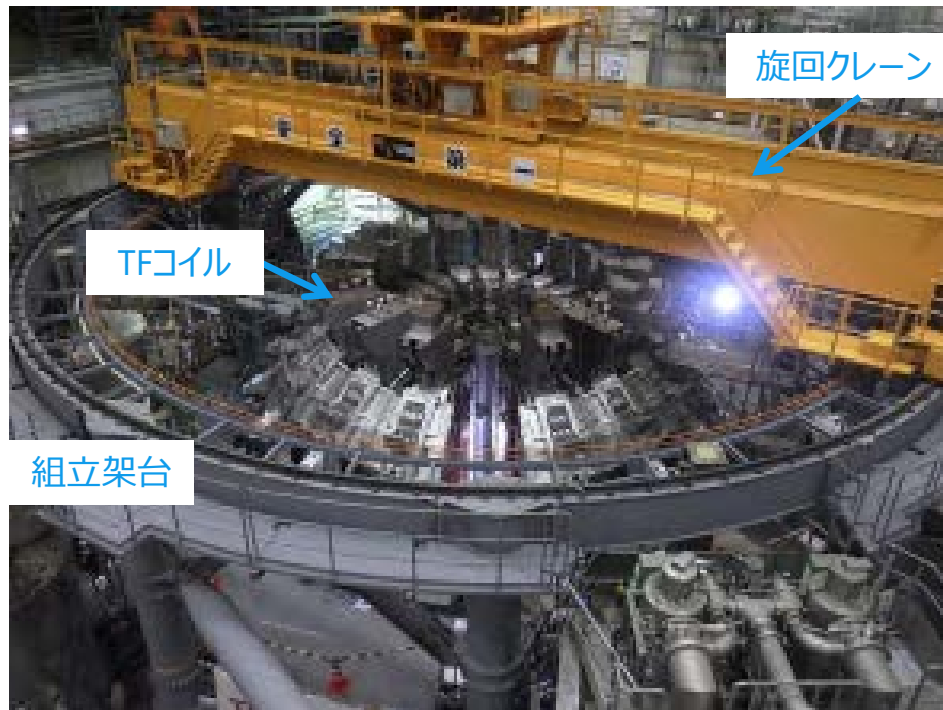
TFコイル起立



TFC移動中

340°のドーナツ状の真空容器の周りにTFコイルを
一体ずつ設置していく
TFコイルは高精度組立のためレーザートラッカー計
測点を設け，計測しながら据付を実施

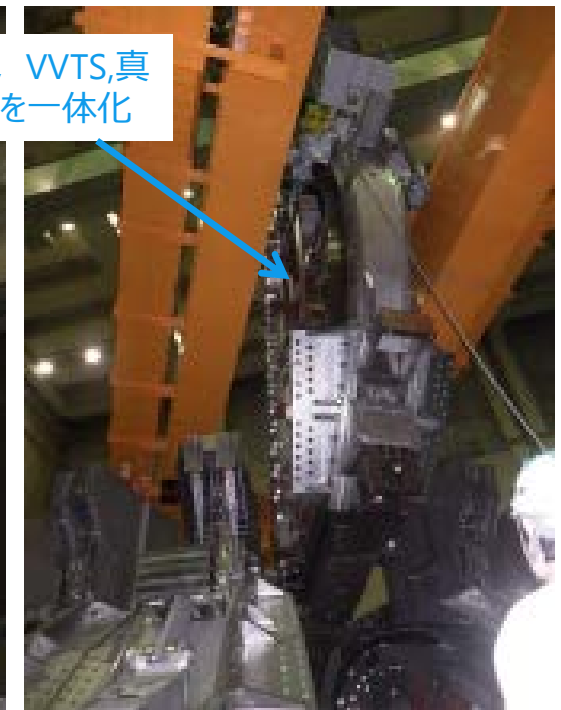
2.組立工事の進捗-4 最終セクタ組立



TFコイル17体組立完了



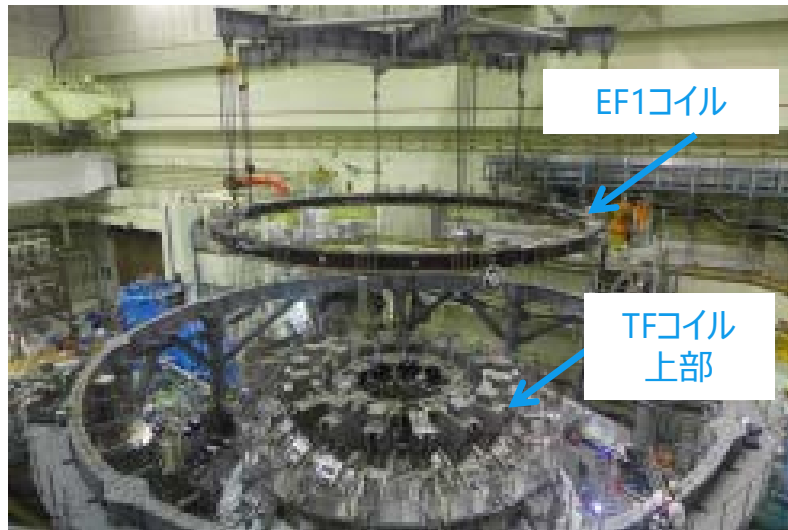
一体化最終セクタ起立



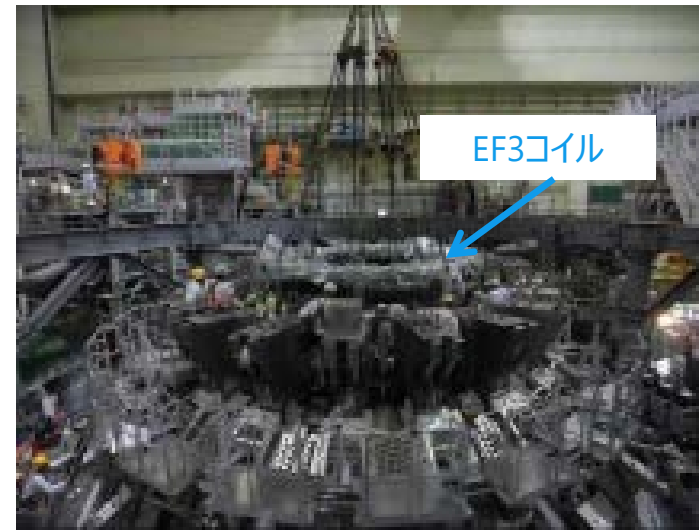
最終セクタ吊りこみ

TFコイル17体設置後、最後の20°分の真空容器、真空容器サーマルシールド (VVTS), 18体目のTFコイルを、冶具を用いて一体化して真空容器の開口部に吊り込んだ

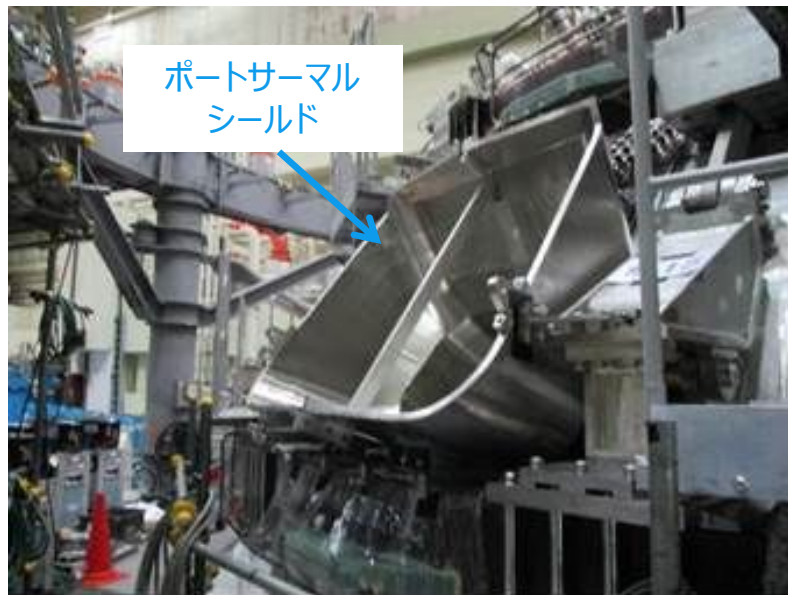
2.組立工事の進捗5 EFコイル, ポートサーマルシールド(PTS)設置



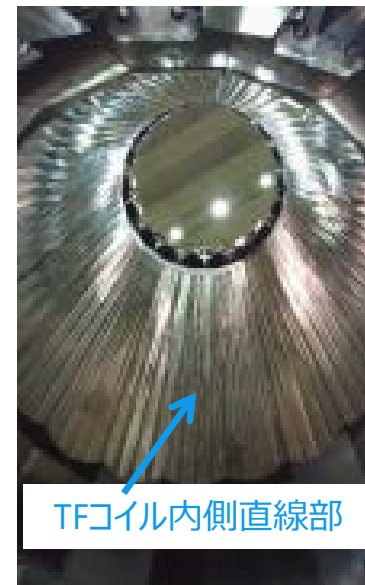
EF1コイル組立



EF3コイル組立



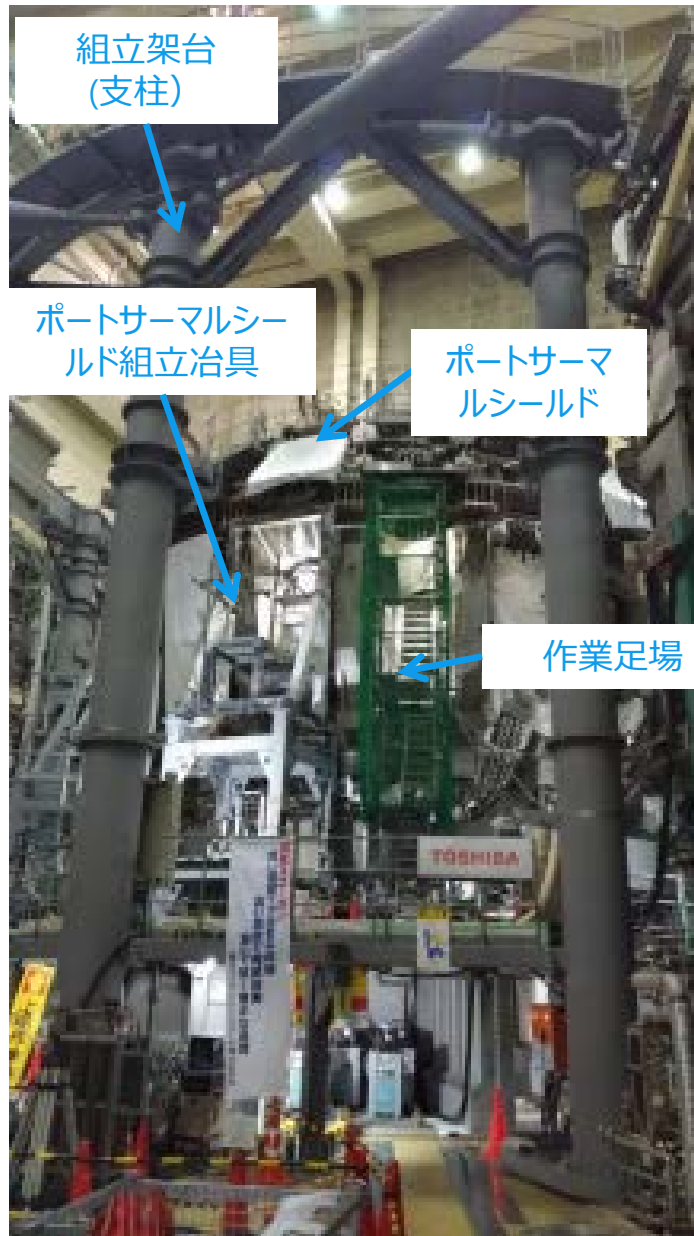
ポートサーマルシールド組立



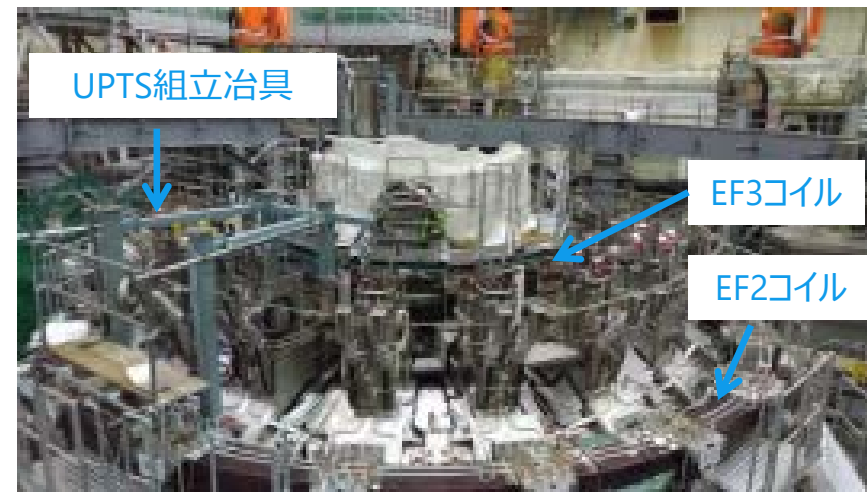
装置中心

クライオベース上のトカマク
中心に立ち上を見ている。
今後この空間にCSコイル
を設置する

2.組立工事の進捗-6 現在のJT-60SAサイト



現在のサイト組立状況



トカマク上部 上ポートサーマルシールド(UPTS) 組立準備

- TFコイル18体, EFコイル3体組立完
- クライオスタットを設置するため, 組立架台の歩廊を分解した。
- 真空容器のポート管台の溶接, ポートサーマルシールドの組立を実施中
- CSコイル, クライオスタットサーマルシールド及びクライオスタットや超電導関連機器 (フィーダ, 配管) の組立を準備中

3.組立の成果

現在までの組立の主要成果をまとめる

項目	主要パラメータ
クライオベース組立完了	中心据付精度 $\pm 1\text{mm}$ 総重量250t
真空容器の主要部の溶接組立完了	ポート軸精度 $\pm 5\text{mm}$, 容器壁精度 $\pm 10(\text{IB})/20(\text{OB})\text{mm}$ 総重量150t, 直径10m
トロイダルコイル設置完了	IB電流中心軸 $\pm 1\text{mm}$ ／コイル全高7m
EFコイル3体設置完了	コイル中心精度 $\pm 2\text{mm}$ ／コイル直径11m
ポートサーマルシールド組立中	全54個中32個据付完

- トカマクを構成する主要コイルの多くの設置が完了した。いずれも要求される設置精度を満たしている。
- 現在, 工程に大きな遅れは無い。19年度中の工事完了を目指して進捗中。
- 今後, CSコイル, クライオスタット, 超電導関連機器 (フィーダ, 配管) の組立を行う。現在その準備中である。

4.プロジェクト成功の秘訣

プロジェクトの円滑な進行のために重要だったこと

プロジェクトコントロール

- 量子科学技術研究開発機構殿／Fusion For Energy殿のイニシアティブにより、懸案に対して迅速に対策が打たれている。
- 現地作業中の異常値の発生時，迅速な協議を行いリカバリプランを策定，影響の最小化を行っている。
- プロジェクトの初期から組立検討を実施 → **次シートで詳細**

技術要因

- 3D-CAD及びレーザートラッカーの活用。組立工事の事前計画の精緻化や高精度組立が可能となった。
- 組立上の個別要素について事前にR&Dを実施。
- 組立を考慮した機器設計。

人的要因

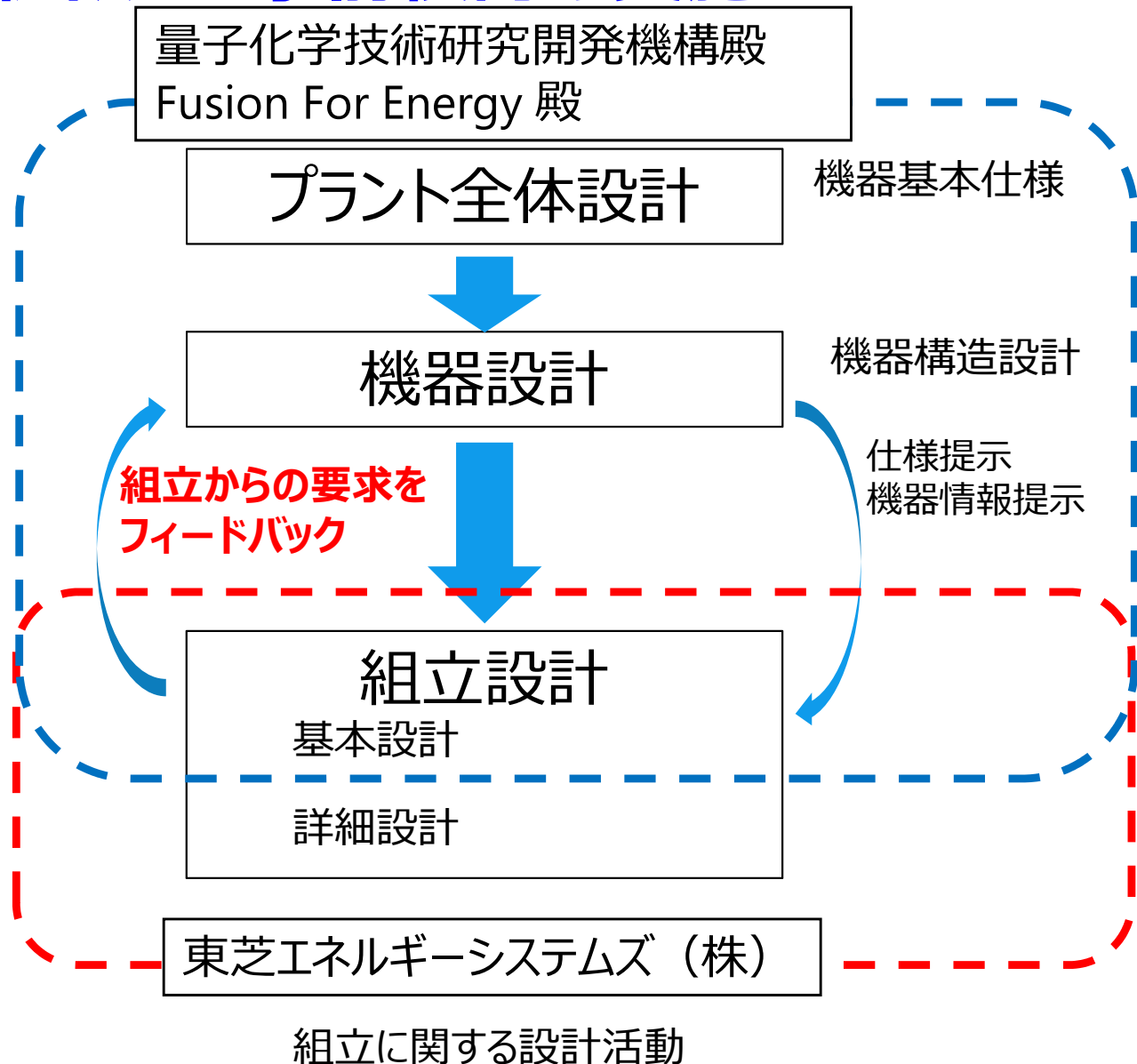
- 主要なエンジニアが継続してプロジェクトに従事しており，知見が積み重なってきている。

4.プロジェクト成功の秘訣・・・事前検討の実施

- 機器設計・製作フェイズから組立に関する検討を量子化学技術研究開発機構殿／Fusion For Energy殿と実施
- 機器設計に組立上の要求を提示，機器構造に反映
- 特にTFコイルに関しては2010年頃からEUチームと技術打合せを行い，組立コンセプトをまとめ上げた。



TCM-8 2010 Frascati, Italy



機器設計⇔組立設計間での事前協議，フィードバックがPJ推進
にあたり重要であった

5.まとめ

- JT-60SA組立工事は2019年度中の工事完了を目指して進捗中。現在までに18体のTFコイル, 3体のEFコイルの組立および真空容器の主要部の溶接が完了している。
- 主要コイルはすべて目標の高い設置精度を達成している。
- 今後, CSコイル, クライオスタット, 超電導関連機器 (フィーダ, 配管) の組立を行う。現在, 準備中である。
- 機器設計時から組立設計を行い, 機器設計に組立上の要求を反映させることができた。
特に高精度が必要なTFコイルについてはEUチーム組立コンセプトを協議してまとめ上げた。実際の組立でも目標の精度を達成。

TOSHIBA