



QST

国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構



イーター

ITER

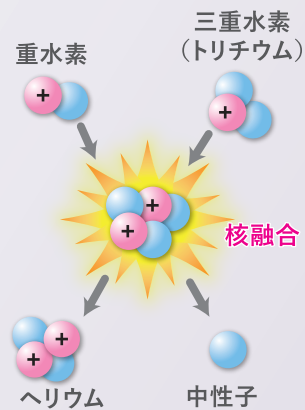
持続可能なエネルギーの探求

フュージョン(核融合)エネルギーは、21世紀の
持続可能な社会に調和する究極のエネルギーです。

持続可能なエネルギー 核融合とは

核融合とは、太陽と同じように「水素」などの軽い原子核同士が猛スピードで衝突して、より重い原子核へと融合することです。その時に大きなエネルギーが生み出されます。

太陽をはじめ宇宙の星は、この核融合のエネルギーで輝いたり光ったりしています。地上でも水素の仲間の重水素と三重水素の原子核を高温で融合させ、核融合を起こす事ができます。



(核融合) フュージョンエネルギーの優れた4つの特長

POINT01

豊富な燃料資源

燃料のもとになる重水素とトリチウムは海水中に広く存在するため、エネルギーの安定供給が可能です。燃料は無尽蔵であると考えられます。

POINT02 優れた環境性

運転により二酸化炭素は発生しません。核融合で発生する放射性廃棄物は低レベル放射性廃棄物で、安全に管理されます。

POINT03

高い安全性

非常時には核融合反応は瞬時に停止されます。燃料ガスとして放射性物質であるトリチウムを使いますが、その閉じ込めに万全を期した施設を作ります。

POINT04

発電効率が良い

少ない燃料でたくさん発電できます。

核融合燃料 1g = 石油 8t

ITER計画とは



ITER 計画は核融合エネルギーが利用可能であることを科学技術的に実証するため、核融合実験炉 ITER を世界30ヶ国以上の国が協力して建設する巨大な事業です。

ITER 協定の下、加盟しているのは日本、欧州連合 (EU)、米国、ロシア、韓国、中国、インドの7極で、その設立時の規模は全世界の人口の半分、また全世界の国内総生産 (GDP) の4分の3にもなります。

ITER日本国内機関

ITER に必要な機器の約9割は、加盟極が国内機関を通じて調達し、ITER 建設サイトに納めることが、ITER 協定で定められています。

量子科学技術研究開発機構は、ITER 計画における日本の国内機関としての指定を受け、日本が分担する超伝導コイルなどの機器・装置を製作してサイトに物納するとともに、ITER 計画に対する日本からの人的貢献の窓口としての役割を果たします。



ITER 日本国内機関は、茨城県那珂市にある那珂研の中にあります



ITER機構

プロジェクト実施のための国際機関

2007年10月24日に ITER 協定の発効と同時に発足した ITER 機構は、フランスのサン・ポール・レ・デュランスに本部を置き、ITER の建設と、完成後の ITER の運営を行う国際機関です。ITER 計画は、この ITER 機構と7極の国内機関との連携により進められています。



ITER機構への派遣活動

日本からの人的貢献の窓口

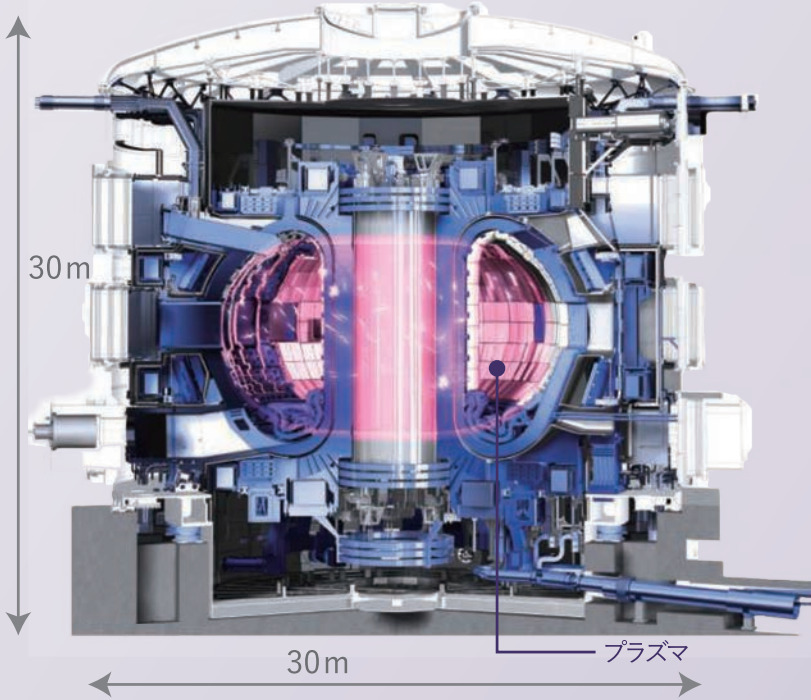
ITER 機構では、30ヶ国以上から、1,000人を超える職員が国籍の壁を飛び越えて働いています。ITER 機構は必要な職員を ITER 計画の参加国から公募しており、参加国である日本は ITER 機構職員の18%を占める権利を持っています。



ITER 日本国内機関 (ITER Japan) は、公募情報の案内、応募手続きの支援、応募者へのトレーニングなどを行い、一人でも多くの日本人職員が ITER 機構で活躍できるよう、政府と一丸となって取り組んでいます。

核融合実験炉 ITER イーター

ITER は、核融合反応が起こる条件を作り出し維持するためにドーナツ型形状をしたトカマク型の設計となっています。ITER では、ドーナツ型真空容器の周りに配置された超伝導コイルによる磁場と(高温の燃料の集まりである)プラズマ中に流れる電流との作用によりプラズマを閉じ込めます。



ITERの3つの目的

- GOAL01 核融合燃焼の実証**
実際の燃料で核融合反応を起こし、入力エネルギーの10倍以上の出力エネルギーを300～500秒持続します。
- GOAL02 炉工学技術の実証**
核融合による燃焼に必要な工学技術を実証します。
- GOAL03 核融合エネルギーの取り出し試験**
核融合による燃焼で発生する核融合エネルギーから熱を取り出す試験を行います。また、燃料であるトリチウムの自己補給を行うための試験を行います。

ITERの主要諸元

プラズマ主半径	……	6.2m ^{メートル}
本体重量	……	23,000t ^{トン}
熱出力	……	500,000kW ^{キロワット}

日本の調達活動の現状

日本の主な調達スケジュール

ITER 機構及び他極の国内機関と協力しつつ、国際合意されたスケジュールに従って調達活動を展開中です。大型超伝導コイルの実機製作、中性粒子入射加熱装置の製作など、他極を先導する貢献を果たしています。

H19 2007	H20 2008	H21 2009	H22 2010	H23 2011	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017	H30 2018	H31 R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026
トロイダル磁場 (TF) コイル用導体製作													▲ITER組立開始						
TFコイル製作										2023年7月まで									
中心ソレノイド (CS) 用導体製作																			
遠隔保守機器製作										2035年3月まで									
高周波加熱装置 (ジャイロトロン) 製作及び現地据付										2034年3月まで									
高周波加熱ランチャー製作										2031年4月まで									
中性粒子入射加熱装置 (NBI) 製作										2033年12月まで									
中性粒子ビーム試験装置 (NBTF)										2026年まで									
計測装置製作										2033年9月まで									
ダイバータ製作										2032年3月まで									



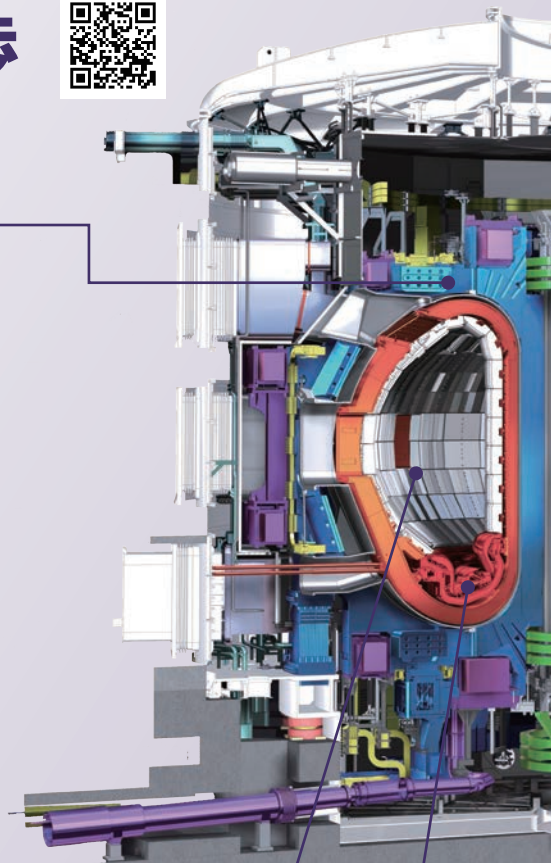
日本が分担する調達機器と進捗

日本は、ITER 機構や他の加盟極と協力して ITER の主要機器を調達し、ITER 建設に関して重要な役割を担っています。

トロイダル磁場 (TF) コイル

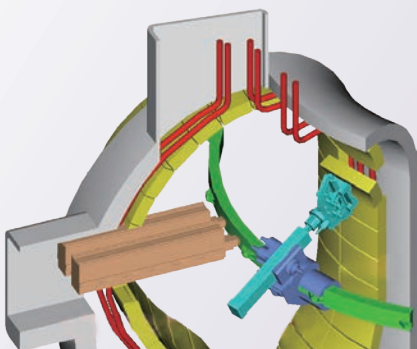
高温のプラズマを閉じ込めるための磁場を発生させる超伝導コイル

機器 (装置) 名	数量 (割合)	進捗状況
導体	33 導体 (25%)	全量製作完了 (2015 年)
構造物	予備 1 機分を含む 19 機分 (100%)	全機分製作完了 (2021 年)
TF コイル (巻線・一体化)	予備 1 機を含む 9 機 (47%)	全機製作完了 (2023 年)



出荷状況

全量、全機出荷・納品完了



ブランケット遠隔保守機器

遮蔽ブランケットの保守・交換作業を行う遠隔操作機器

機器 (装置) 名	数量 (割合)	進捗状況
ブランケット 遠隔保守システム、 ツール類	100%	最終設計 75% 達成

ダイバータ ※一部

核融合で発生するヘリウムや不純物粒子を排出する装置

機器 (装置) 名	数量 (割合)	進捗状況
外側ターゲット	58 基 (100%) 予備 4 基を含む	機器製作 14% 達成



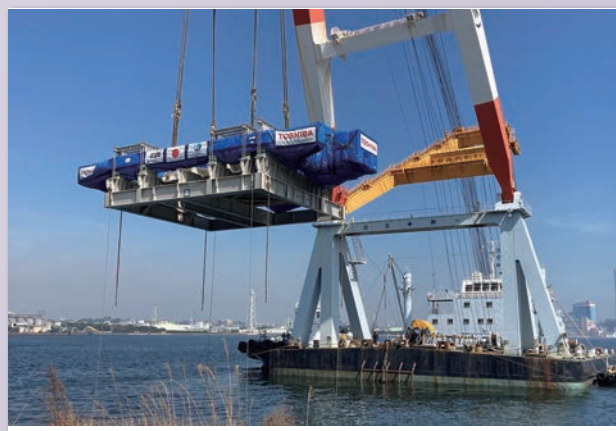
核融合炉保守点検用のロボットアーム

フュージョンくん

TF コイルの重さは約 360^{トン}、
大きさは 9×17m で、
ITER 装置の中でも
最大級の部品です。

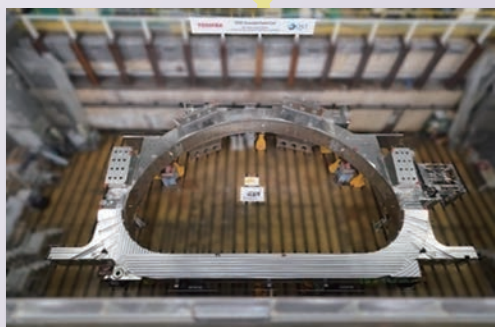


イーターちゃん



TF コイル 8 機目の出荷の様子

(2023 年 3 月)



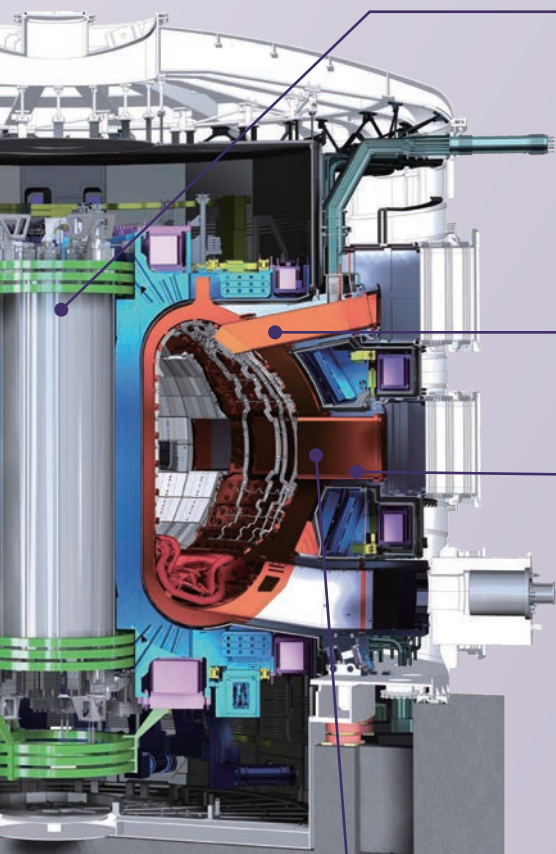
東芝エネルギーシステムズ(株)にて開催された
核融合実験炉 ITER トロイダル磁場コイル
最終号機完成 (2023 年 2 月)

日本からフランスまでは
海路で、フランスの港から
ITER 建設サイトまでは専用の
陸路で輸送が行われます。



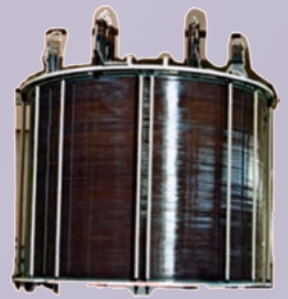
TF コイル 3 機目の陸送の様子

(2021 年 3 月)



中心ソレノイド (CS)

プラズマの立ち上げ、燃焼、立ち下げの制御に必要な磁束を発生させる超伝導コイル



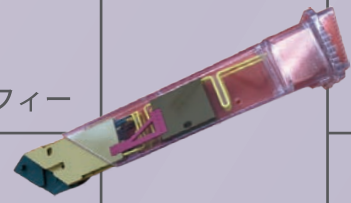
機器(装置)名	数量(割合)	進捗状況
導体	49 導体 (100%)	全量製作完了 (2017年)

出荷状況 全量出荷・納品完了

計測装置 ※一部

プラズマ中のイオンと電子の密度や温度、不純物等の分布及び中性子発生率を測定する装置

機器(装置)名	数量(割合)	進捗状況
5つの計測装置 ・マイクロフィッションチェンバー ・周辺トムソン散乱計測装置 ・ポロイダル偏光計 ・ダイバータ不純物モニター ・ダイバータ赤外サーモグラフィ	約 15%	最終設計 55% 達成 機器製作 22% 達成
下部ポート統合機器		初期設計を完了

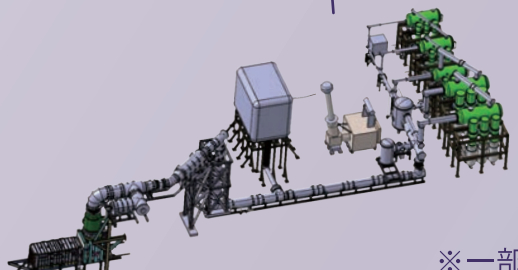


核融合実験炉
ITER (イーター)

高周波 (EC) 加熱装置 ※一部

電子レンジの原理を用いて電磁波でプラズマを加熱する装置

機器(装置)名	数量(割合)	進捗状況
ジャイロトロン	8 機 (33%)	全機製作完了 (2021年)
	追加 20 機	IOとの契約手続完了
高周波加熱ランチャー (ポートプラグを含む)	50%	最終設計 95% 達成

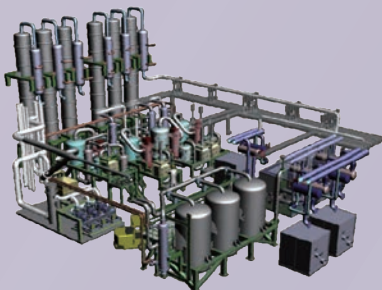


※一部

中性粒子入射加熱装置

高エネルギーの中性粒子をプラズマに入射させてプラズマを加熱する装置

機器(装置)名	数量(割合)	進捗状況	
1MV 電源高電圧部	3 基 (100%)	最終設計 90% 達成	機器製作 7% 達成
高電圧ブッシング	3 基 (100%)	最終設計 75% 達成	——
加速器	1 基 (33%)	最終設計 82% 達成	——



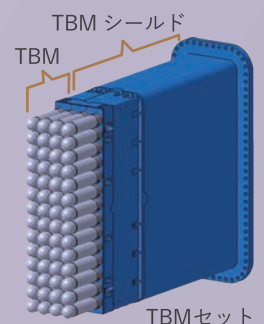
トリチウムプラント ※一部

燃料であるトリチウムの分離回収、精製、処理、プラズマへの再注入及び漏洩トリチウム除去を行うための設備

機器(装置)名	数量(割合)	進捗状況
トリチウム除去系	50%	最終設計 60% 達成

テストブランケットモジュール (TBM)

核融合反応で発生した熱エネルギーの取り出しと、核融合に必要な燃料(トリチウム)の製造を試験する装置



ITER 建設サイト

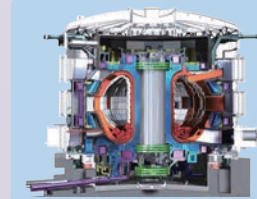


ITER 建設サイト全景 (2024 年 10 月)

南フランスのサン・ポール・レ・デュランス(マルセイユから車で約 1 時間)の ITER 建設サイトでは、2007 年から ITER の建設が進められています。180 ヘクタールの広大な敷地には、42 ヘクタールの ITER プラットフォームがあり、ITER を建設するための複数の建屋が配置されています。

ITER 建設サイトでは、1,000 人を越える ITER 機構職員のほか、世界中から集まった、多くの技術者、研究者が ITER を完成させ、エネルギーを作る研究をするために働いています。

2020 年 7 月、参加各極が分担する重要機器が ITER 建設サイトに到着し、ITER の組立が公式に開始されました。



ここに ITER が組み立てられます



トカマク建屋内部

トカマクピット

サブセクター組立ツール

天井クレーン

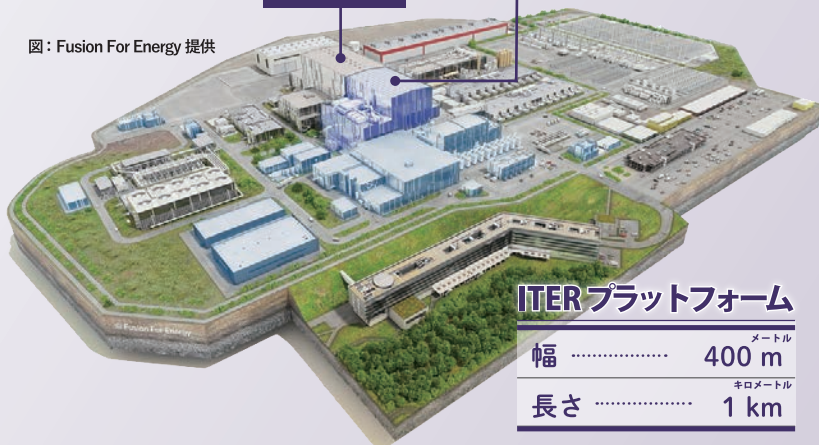
アップエンディングツール

組立建屋内部 (組立ホール)

組立建屋

トカマク建屋

図: Fusion For Energy 提供



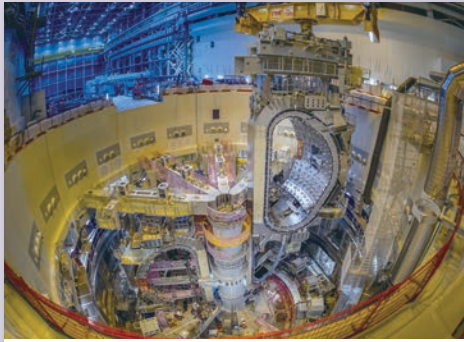
ITER プラットフォーム

幅	400 m
長さ	1 km

幅 60m、長さ 97m、高さ 60m の大きな組立建屋では、たくさんの部品の組立作業が行われています。サブセクター組立ツールは、真空容器セクターとサーマルシールド(熱遮蔽)、2つの TF コイルを装着するサブセクター組立のための巨大なツールで、組立ホールに 2つ設置されています。

アップエンディングツールは、サブセクター組立の際に 440t の真空容器セクターや 360t の TF コイルを水平から垂直に立てるためのツールです。建屋の天井には 750t のクレーンが 2 基設置されており、サブセクターをトカマクピットに運びます。

トカマク建屋 トカマクピット



5つ目のサブセクターが設置

2026年5月、5つ目のサブセクターがトカマクピットに設置されました。



ITERの最新情報は
ITER Japanの
Webページをチェック！

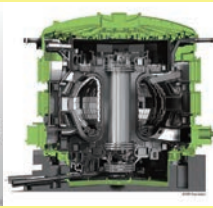
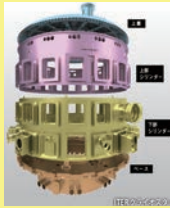


**ITERって
どこまで進んでる？**



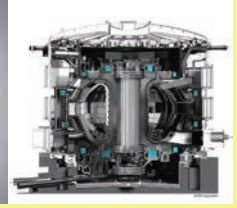
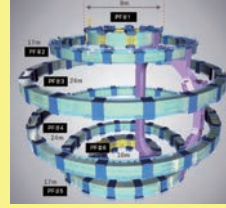
クライオスタット って？

クライオスタットは、真空容器と超伝導コイルを囲み、超低温の真空環境を保つため稼働します。



ポロイダル磁場コイル (PFコイル) って？

真空容器の周りに配置された6つのポロイダル磁場コイル(PFコイル)は、超高温プラズマの形状と安定性を確保するため稼働します。

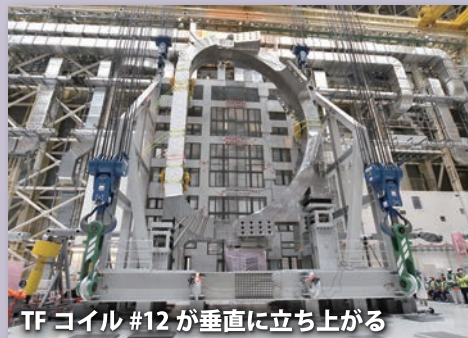


組立建屋 サブセクター組立



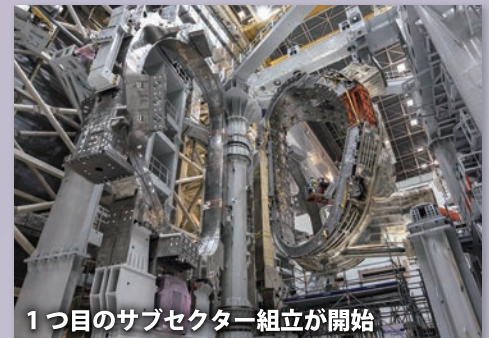
真空容器セクターが配置

2021年4月、1つ目の真空容器セクター(440t)がサブセクター組立ツールに配置されました。



TFコイル#12が垂直に立ち上がる

2021年6月、TFコイル初号機がアップエンディングツールで水平から垂直に立てられました。



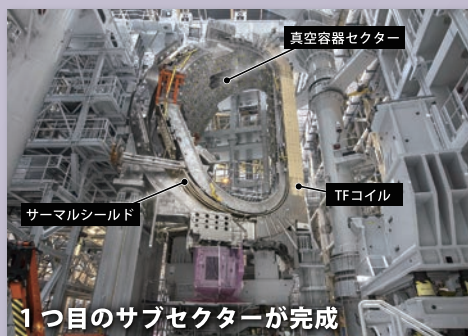
1つ目のサブセクター組立が開始

2021年9月、2つ目のTFコイルも取付けられ、サブセクター組立準備が整いました。



真空容器セクターのサーマルシールド取付

2021年9月、真空容器セクターにサーマルシールド(熱遮蔽)パネルが取付けられました。



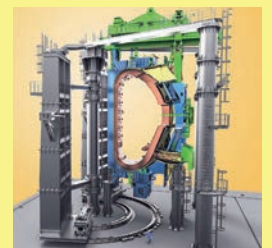
1つ目のサブセクターが完成

2021年11月、1つ目のサブセクター組立はmm単位で位置調整され完成しました。

サブセクター組立って？

ITER トカマクは桁違いに重いので、1つの真空容器セクターに、2つのTFコイルを取り付けるサブセクター組立を行い組み立てていきます。

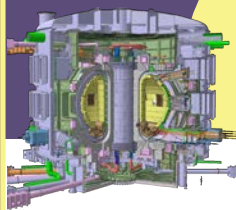
最終的には全部で9つのサブセクターが作られ、順次トカマクピットに設置され、サブセクター間を繋ぎ、ドーナツ型のトラスが完成します。



核融合の資料やコンテンツをまとめたページを公開中！

フランスにある

ITER

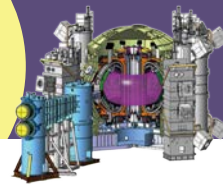


太陽が執筆！
ITER Japan
ニュース

QSTって？
那珂研って？
ITERとJT-60SAは
何が違うの？

那珂研にある

JT-60SA



ITERマンガの
主人公が
分かりやすく
まとめました！

ITER Japanの
SNSは
日々更新中！
見に来てね♪



QRコードは裏表紙に 6



国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所

〒311-0193 茨城県那珂市向山 801 番地 1

電話（代表）：(029) 270-7213

www.qst.go.jp/site/quantenergy/
(量子エネルギー研究分野)



ITER 日本国内機関

www.fusion.qst.go.jp/ITER/

ITER Japan HP



@iterjapan



@iterjapan



@iterjapan_qst



ITER 計画をわかりやすく解説したマンガ
地上につくる小さな太陽
「ITER(イーター)」

www.fusion.qst.go.jp/ITER/comic/page1_1.html

HPに掲載中!!

