



国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構

National Institutes for Quantum Science and Technology

量子エネルギー部門

Fusion Energy Directorate

那珂研究所

Naka Fusion institute

六ヶ所研究所

Rokkasho Fusion Institute



量子エネルギー部門長
石田真一

地上に太陽を！

核融合エネルギーの実現に向け
研究開発を進めています

量子科学技術研究開発機構は、2016年4月に放射線医学総合研究所と日本原子力研究開発機構の量子ビーム部門と核融合部門（現量子エネルギー部門）が再編統合して、量子科学技術を人々の幸福につなげる研究開発機関として発足しました。具体的には、人々の幸福を実現する基本要素である、「いのち」、「安全」、「生活」、「エネルギー」の質向上に貢献することを目的としております。

量子エネルギー部門は、太陽が輝く、そのエネルギー源である「核融合エネルギー」を、地上で実現することを目指しております。核融合エネルギーは、二酸化炭素や高レベル放射性廃棄物が発生しないため地球環境に優しく、またガスコンロのように燃料を外部から供給するため、燃料供給を止めると直ちに核融合反応（燃焼）が止まるという優れた安全性を有しております。さらに、燃料は重水素と三重水素であり、重水素及び三重水素を作るために必要なリチウムは、海水から確保できるため、極めて魅力的なエネルギー源です。

この核融合反応を地上で起こすには、燃料を1億度を超える超高温状態（超高温プラズマ）にすることが必要です。そしてプラズマの保温性能が高くできると、反応で発生したエネルギーの一部により、プラズマ自らが超高温状態を保ち燃焼を持続するようになります。さらに、反応で生まれた中性子が持つ残りのエネルギーにより、プラズマを囲む壁（ブランケット）を温め、この壁から熱を取り出して発電することができます。

1950年代から世界中で始まった核融合の研究により、1990年代までには世界の幾つかの実験装置で1億度を超える超高温プラズマの生成に成功しました。当部門においてもJT-60装置で、当時の世界最高温度となる5.2億度を1996年に達成するとともに、プラズマの保温性能にも目処を立てました。

そして現在、50万キロワットの核融合エネルギー発生/持続を実証する実験炉ITER（イーター）を、日本、欧州、アメリカ、ロシア、韓国、中国、インドの国際共同プロジェクトとして南フランスで建設中です。当部門那珂研究所は、この装置の主要最先端機器の調達を担当しております。

加えて、ITERの次の段階として発電実証を目指す原型炉には、ITER計画とともにITERでは取り組めない研究開発が必要との考えから、日欧国際事業である「核融合エネルギー研究分野における幅広いアプローチ（BA）活動」として、那珂研究所で「サテライト・トカマク計画（JT-60SA）」、当部門六ヶ所研究所で「国際核融合材料照射施設/工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）」及び「国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）」のあわせて3つの事業を実施しております。

当部門では、これらの国際協力を活用しつつ、国内の大学、産業界と連携しながら我が国の原型炉（JA-DEMO）の設計やブランケットの開発等を進めるとともに、これまでに開発した様々な新技術の産業展開を図りたいと考えております。

今後も研究開発を着実に進め、原型炉の実現を目指します。引き続きのご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

核融合 エネルギー への期待

FUSION—核融合とは、軽い原子核同士が衝突してより重い原子核へと〈融合〉することです。星や太陽が輝き続けるのも、実はこの核融合エネルギーによるものです。

このエネルギーは、地球上でも発生させることができます。水素の仲間の重水素(D)と、三重水素(T)の原子核を高温で融合させるのです。

この核融合エネルギーによって、われわれ人類は環境に優しく枯渇することのないエネルギー資源を手に入れることができるのです。

豊富な燃料資源

核融合の燃料となる重水素は、海水1m³に約33g存在します。三重水素はリチウムを核融合炉の中で反応させて作ります。このリチウムは鉱石として存在するほか、海水1m³に約0.2g存在しているので、燃料は無尽蔵であると考えられます。



環境、安全性に優れたエネルギー

核融合の燃えかすは、ヘリウムです。この反応からは、二酸化炭素は発生しません。そのため、カーボンニュートラルやSDGsへの貢献が期待できます。また、ガスコンロのように、燃料の元栓を締めて反応を直ちに止めることができます。



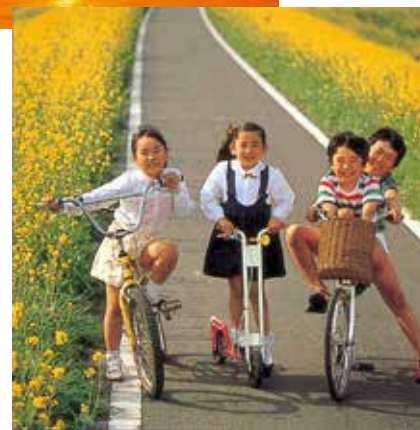
高いエネルギー発生率

核融合は、重水素と三重水素の燃料1gで石油8トンに相当するエネルギーを発生させることができます。100万kWの発電所を1年間運転するために核融合燃料はおよそ0.2トン(稼働率70%)必要です。石油の場合はおよそ140万トン必要です。



先端技術開発を促進

核融合装置は、超伝導、ロボット、耐熱材料、粒子ビーム、マイクロ波など、先端技術の集合体です。核融合エネルギーを実用化するなかで、未来に向けた最先端の技術開発を促進し、社会に広く役立たせます。



F 海の水から… 安全に… S I 強い力を… そして未来へ… N

核融合エネルギーの実用化をめざして

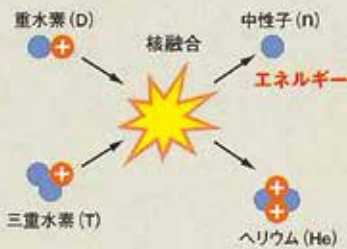
量子エネルギー部門では、国際協力により核融合エネルギーの科学的・技術的成立性を実証する「ITERの研究開発」、核融合反応で燃料を燃やし続ける研究をする「核融合プラズマの研究開発」及び核融合プラズマの実現を支える「核融合工学の研究開発」の3本の柱からなる総合的な核融合エネルギーの研究開発を行い、近年、世界をリードする著しい成果と進展を遂げています。

燃料を プラズマという状態にする。

核融合エネルギーを取り出すには、燃料を1億度以上に熱してプラズマという状態にして原子核を融合させ、核融合反応を持続させることが必要です。

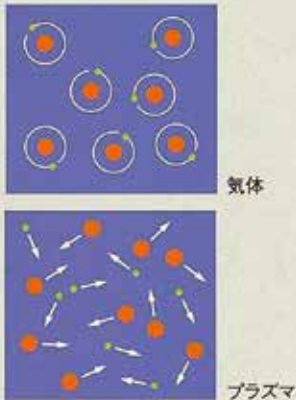
●核融合

軽い原子の原子核同士がぶつかりあって、より重い原子核になることを言います。この時、大きなエネルギーが発生します。最も起こしやすい反応は重水素(D)と三重水素(T)の反応です。



●プラズマ

気体とは物質の分子・原子が空間を自由に飛び回っている状態です。1億度以上の高温になると、原子を構成している電子と原子核が、ばらばらになって飛び回る状態(プラズマ)になります。



プラズマを 高温に保持する。

核融合反応を発生・持続させるには、プラズマを高温に保持する必要があります。

●核融合反応の発生条件

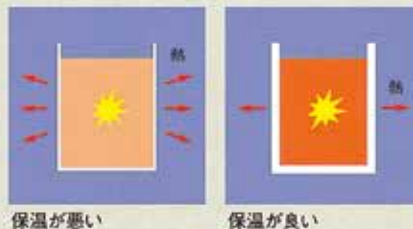
プラズマの温度を高くし、正の電気を持つ原子核同士の反発力に打ち勝って原子核同士がぶつかり合うようにします。



プラズマの密度を高くし、十分な頻度で反応が起きるようにします。



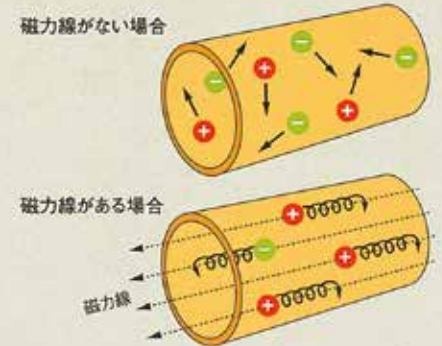
プラズマの閉じ込め(保温)を良くし、高温状態を保つようにします。



プラズマを 磁場で閉じ込める。

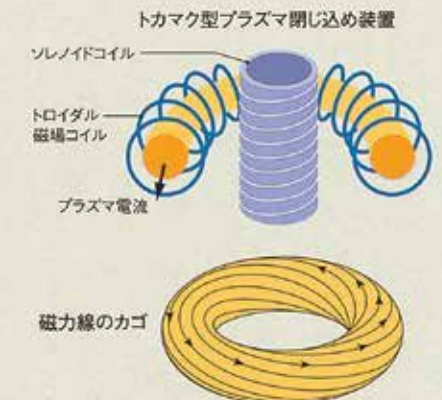
●磁場による閉じ込めの原理

プラズマを校正する原子核と電子はともに電荷を持ち、磁力線に巻きつく性質があります。



●トカマク方式

プラズマを生成・保持するのに優れているトカマク方式と呼ばれる方法を用いて核融合エネルギーの開発を進めています。トカマク方式では、高温のプラズマが容器に触れないように、容器の周りに電磁石を並べて作る磁場と、プラズマ中に大電流を流して作る磁場を合わせて磁力線のカゴを作り、プラズマを閉じ込めます。



核融合エネルギー実用化へのとりくみ

ITERの研究開発

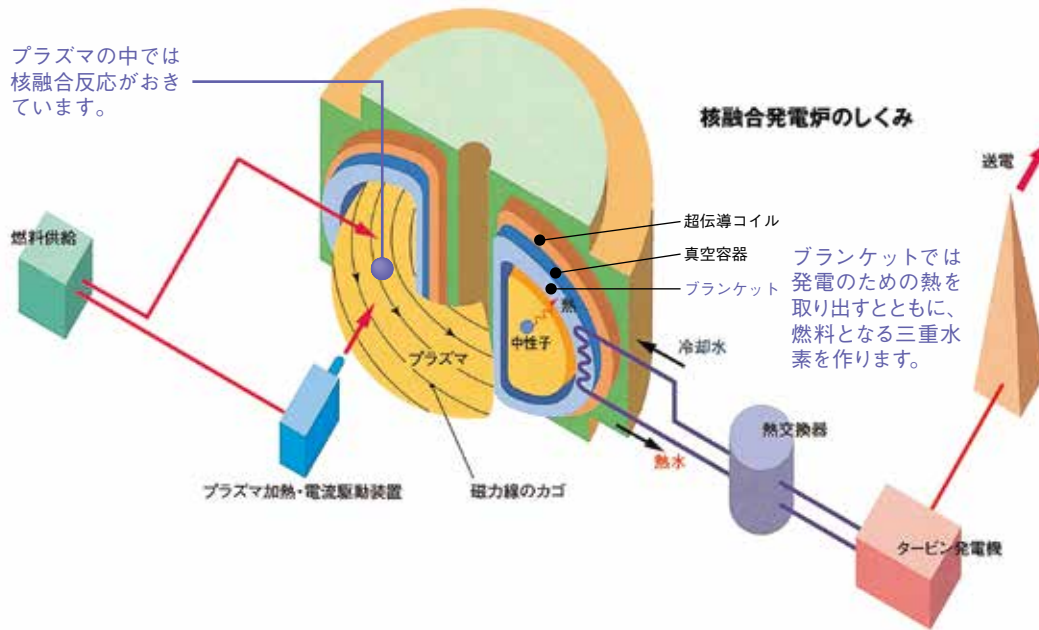
国際協力で進めているITER（イーター）計画に我が国の国内機関として貢献しています。

核融合プラズマの研究開発

ITER計画と並行して日欧協力で実施する幅広いアプローチ（BA）活動を活用して、核融合エネルギーを取り出す高温プラズマを生成・保持するための研究開発を行っています。

核融合理工学の研究開発

BA活動等により、核融合発電炉の開発に必要な技術基盤の構築を進めています。

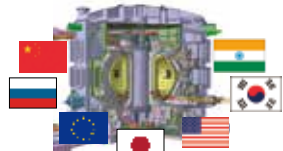


ITER計画と幅広いアプローチ活動

ITER計画

世界の7極が参加する巨大な国際共同プロジェクトです。フランスにITERを建設し、50万kWの核融合出力を300～500秒間にわたって実現することにより、核融合エネルギーの科学的・技術的実現性を実証します。

ITER



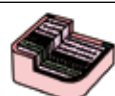
日本は準ホスト国として貢献
(約18%の機器の調達、人員の派遣)

幅広いアプローチ(BA)活動

ITER計画と並行して、日欧共同で、核融合原型炉の実現のために必要な理工学研究やITERだけでは実施できないプラズマ物理研究等、ITER計画を補完・支援する先進的核融合研究開発を行います。



炉心プラズマ
JT-60



核融合炉工学・材料、
ブランケット開発等

原型炉

核融合発電の実証



幅広いアプローチ活動

ITER建設と並行して我が国がホスト



国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)
計算機、原型炉設計R&D調整、
ITER遠隔実験への試験、準備、
早期実現への戦略的取組



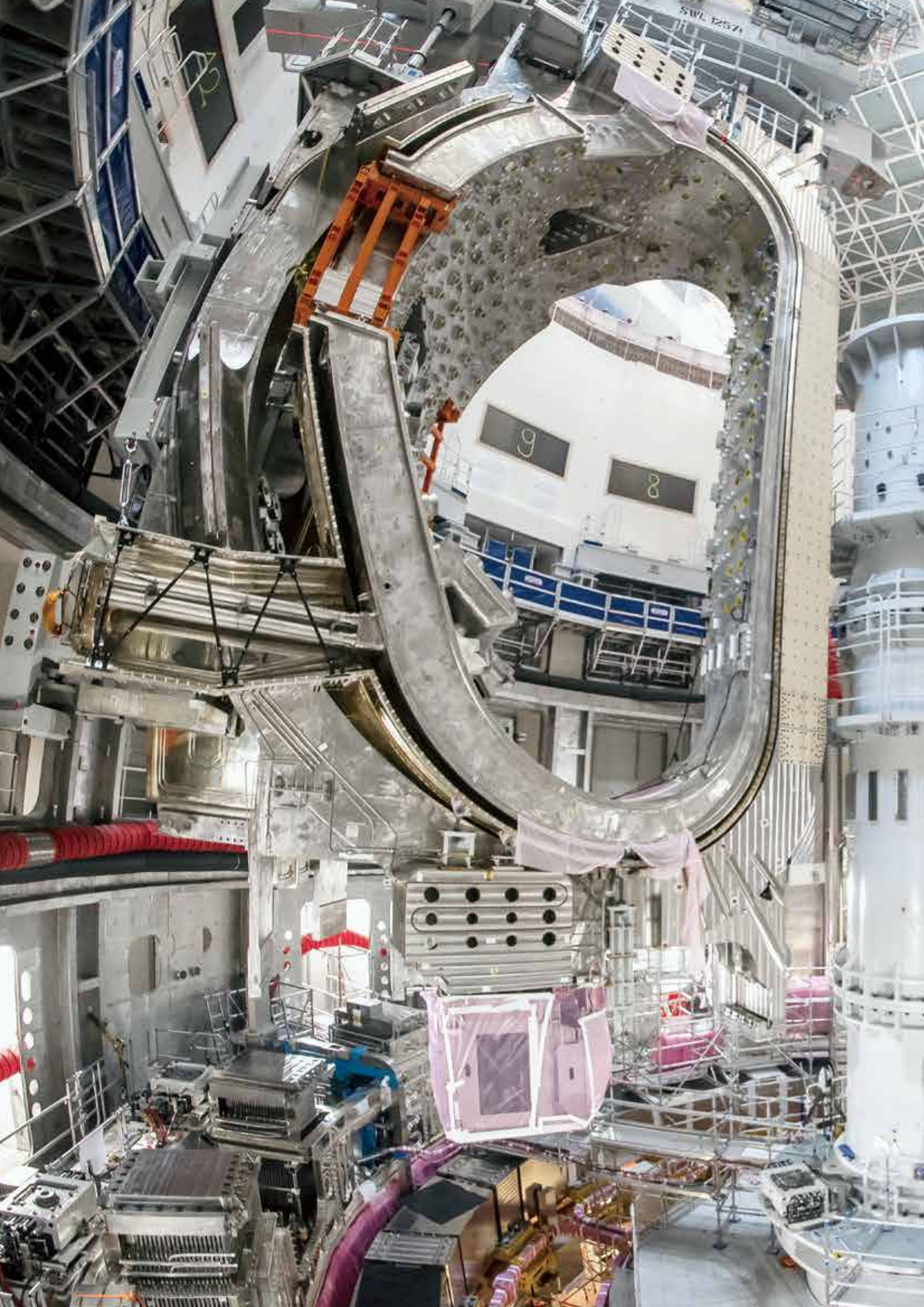
国際核融合材料照射施設の工学
実証・工学設計活動(IFMIF-EVEDA)
施設の工学設計とR&D
国際共同設計チームをホスト



サテライト・トカマク
JT-60の超伝導化(JT-60SA)
トカマク改良研究
人材育成

青森県六ヶ所村

茨城県
那珂市





南フランスのITERサイトで組立中のITER。
日本が製作した2つの高さ17メートルのトロイダル磁場コイルと、40度の真空容器セクター（トロイダル方向全周360度の9分の1）が組み合わされて、直径30メートル、深さ30メートルのトカマクピットに降ろされました。
（写真撮影：2022年5月）

© ITER Organization, <https://www.iter.org/>

核融合実験炉 ITER 計画

核融合エネルギーの利用は、将来のエネルギー確保という人類に共通の願いに応える有力な方法のひとつです。ITER（イーター）計画は、この核融合エネルギーの実現を目指して世界の人材と資金を出しあって共同で進めている研究開発活動です。

ITER主要諸元

核融合出力	50万kW
プラズマ主半径	6.2m
プラズマ電流	1500万A
トロイダル磁場	5.3テスラ(中心磁場)
	11.8テスラ(最大磁場)

燃料の循環及び安全取扱い技術

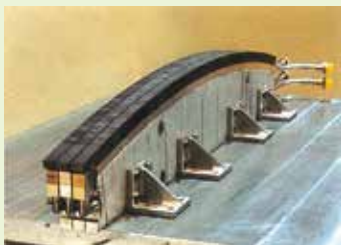
核融合反応の燃料である三重水素(トリチウム)はβ線という放射線を出す水素の同位体です。そのβ線のエネルギーは弱く紙一枚で止まりますが、管理は厳しく行わなければなりません。トリチウムの安全な取扱いと、厳格な管理のシステムを確立するための研究開発を進めています。



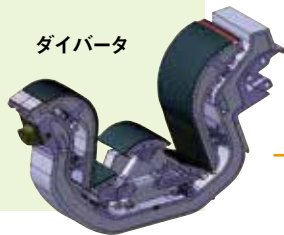
グローブボックスを用いてトリチウムを取り扱っている様子

耐高熱負荷機器の開発

プラズマの高い熱から機器を守るための表面材料と冷却の機構には特に高度な技術が必要です。火力発電所のボイラーの50倍の熱量に耐える必要があります。



耐熱タイルの実規模試験体(全長:約1.3m)



ダイバータ

ITER概念図

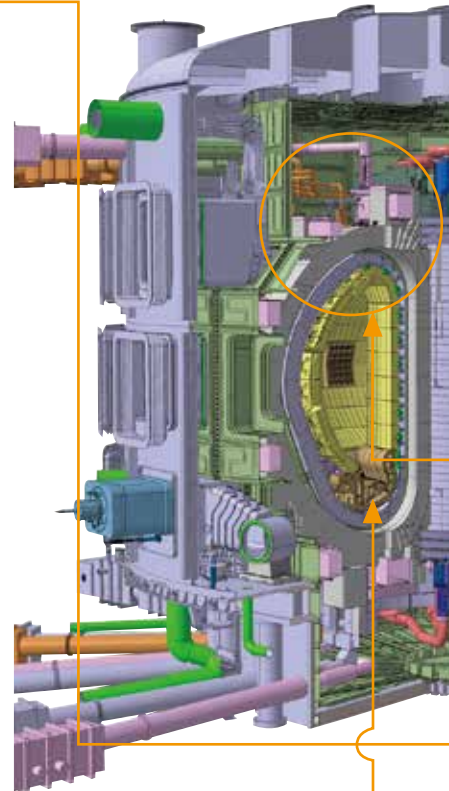
30m

トリチウムプラント設備



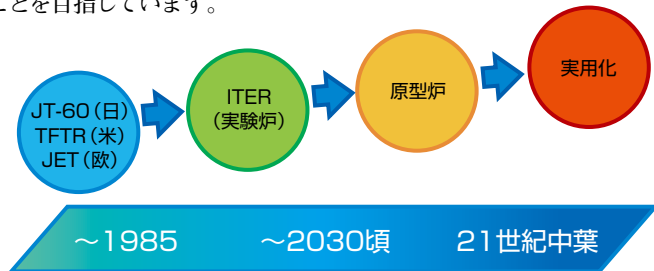
ITERの3つの目的

- ① 核融合燃焼の実証：実際の燃料で核融合による長時間燃焼(400秒程度)を実証します。また、入力エネルギーと出力エネルギーの比(エネルギー増倍率)が10を超える核融合燃焼を目指しています。
- ② 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。
- ③ 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、燃料である三重水素のリサイクルを行うための試験を行います。



核融合エネルギーの開発ステップ：ITERは実験炉

我が国では、ITERを核融合研究開発における実験炉と位置付け、その研究開発に参画しています。ITERが目的を達し、その次の開発ステップである原型炉段階を経て、今世紀中葉までに核融合エネルギーの実用化の見通しを得ることを目指しています。



ITER日本国内機関のホームページ

<https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/index.html>



ITERの研究開発

超伝導コイルの開発

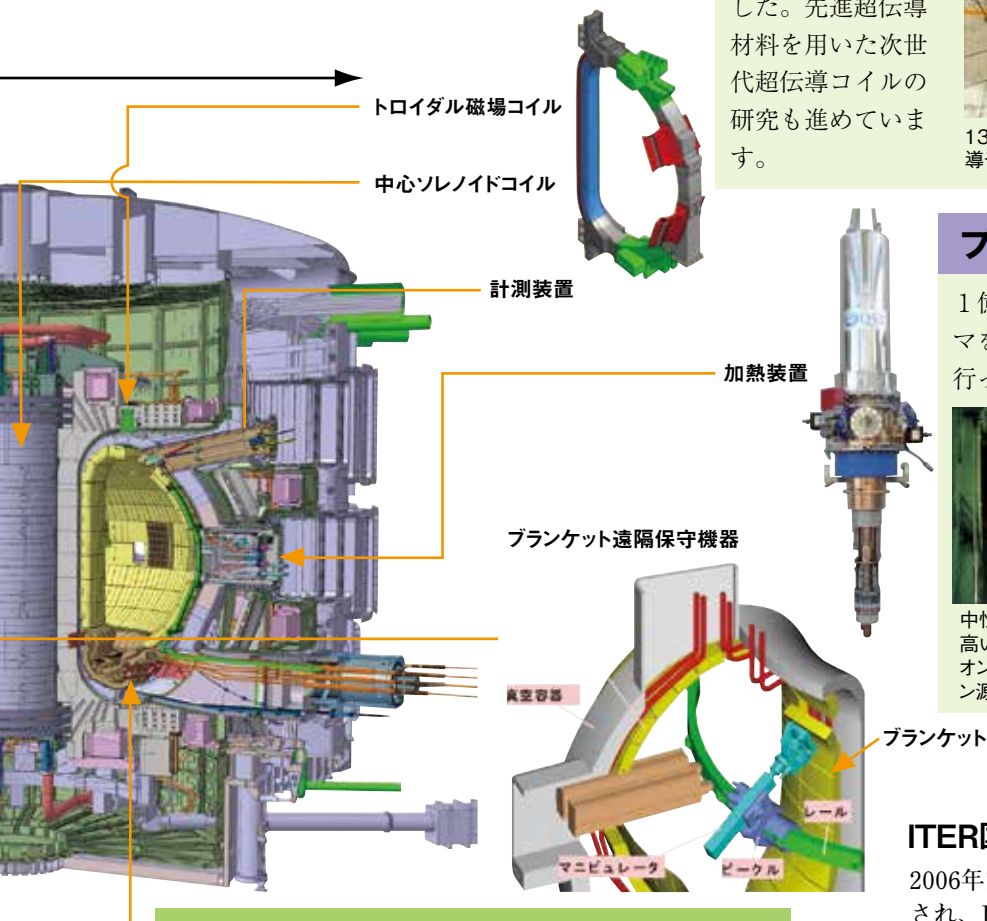
プラズマを閉じ込めるための磁場を発生する超伝導コイルの開発は、代表的な先端技術です。ITER用超伝導モデル・コイルを製作し、ITERの最大磁場13テラの発生に成功しました。先進超伝導材料を用いた次世代超伝導コイルの研究も進めています。



13テラ発生に成功したITER用超伝導モデル・コイル(外径3.6m)

日本が調達を分担する主な機器

日本は、ITER機構や他の加盟極と協力してITERの主要機器(いわゆるハイテク機器)を調達し、ITER建設に貢献します。



炉構造・遠隔保守操作技術の開発

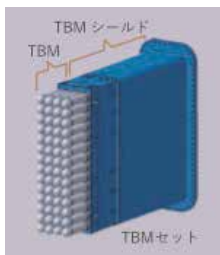
炉内部の点検保守、部品交換を遠隔操作で行う技術、遠隔操作がやり易いような炉構造の開発が不可欠です。数トンの重量物をミリ単位の精度で動かせるマニピュレータをはじめ、さまざまな機械の研究開発を進めています。



ITER実規模遠隔保守装置

テストブランケットモジュール

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)の製造を試験します。



プラズマ加熱・電流駆動装置の開発

1億度を超える高温プラズマを実現する装置の開発を行っています。



中性粒子ビーム入射加熱装置
高いエネルギーを持った水素負イオンビームを発生するMeV級イオン源試験装置



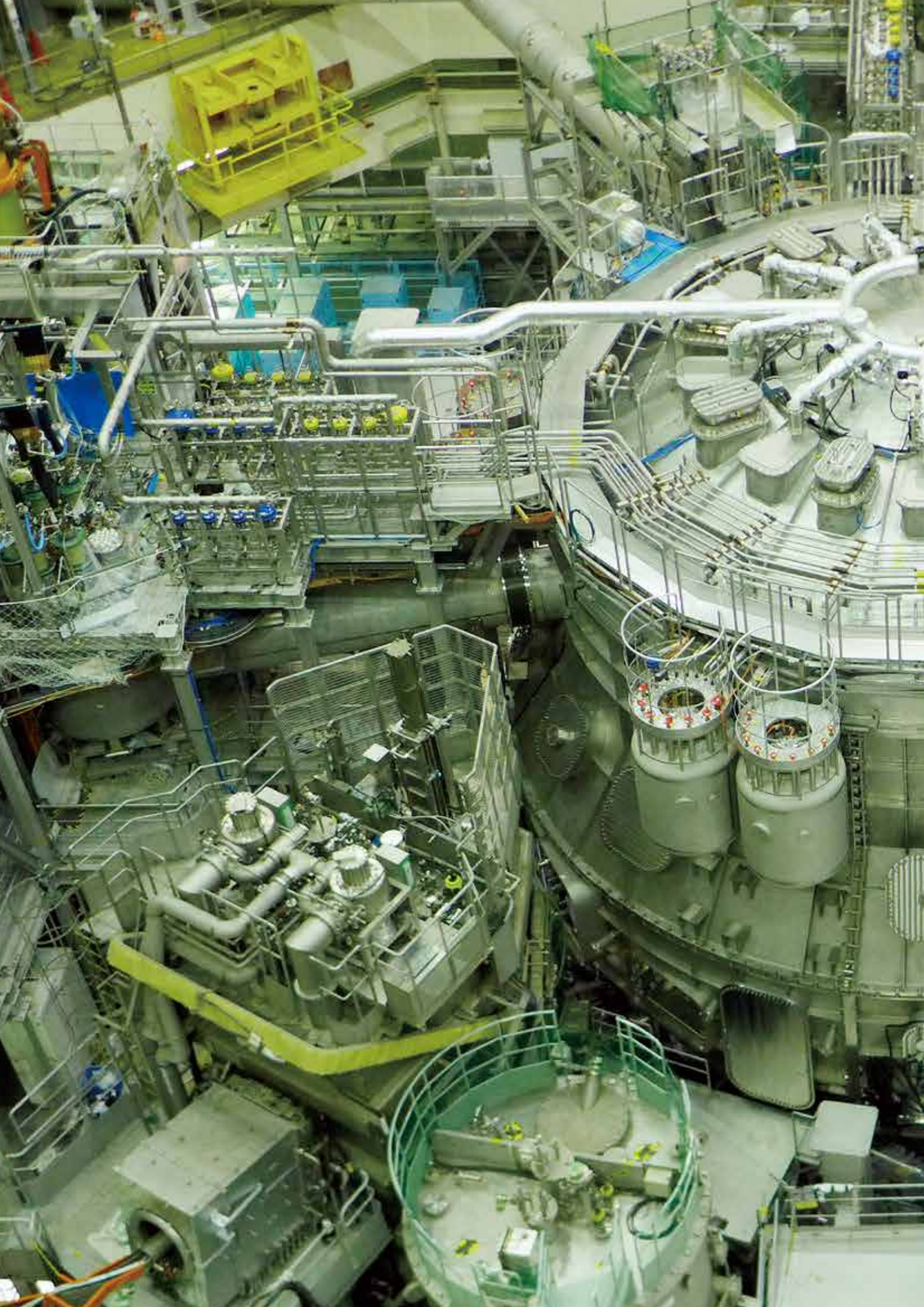
高周波加熱装置
ジャイロトロンと呼ばれる大電力ミリ波の発振管

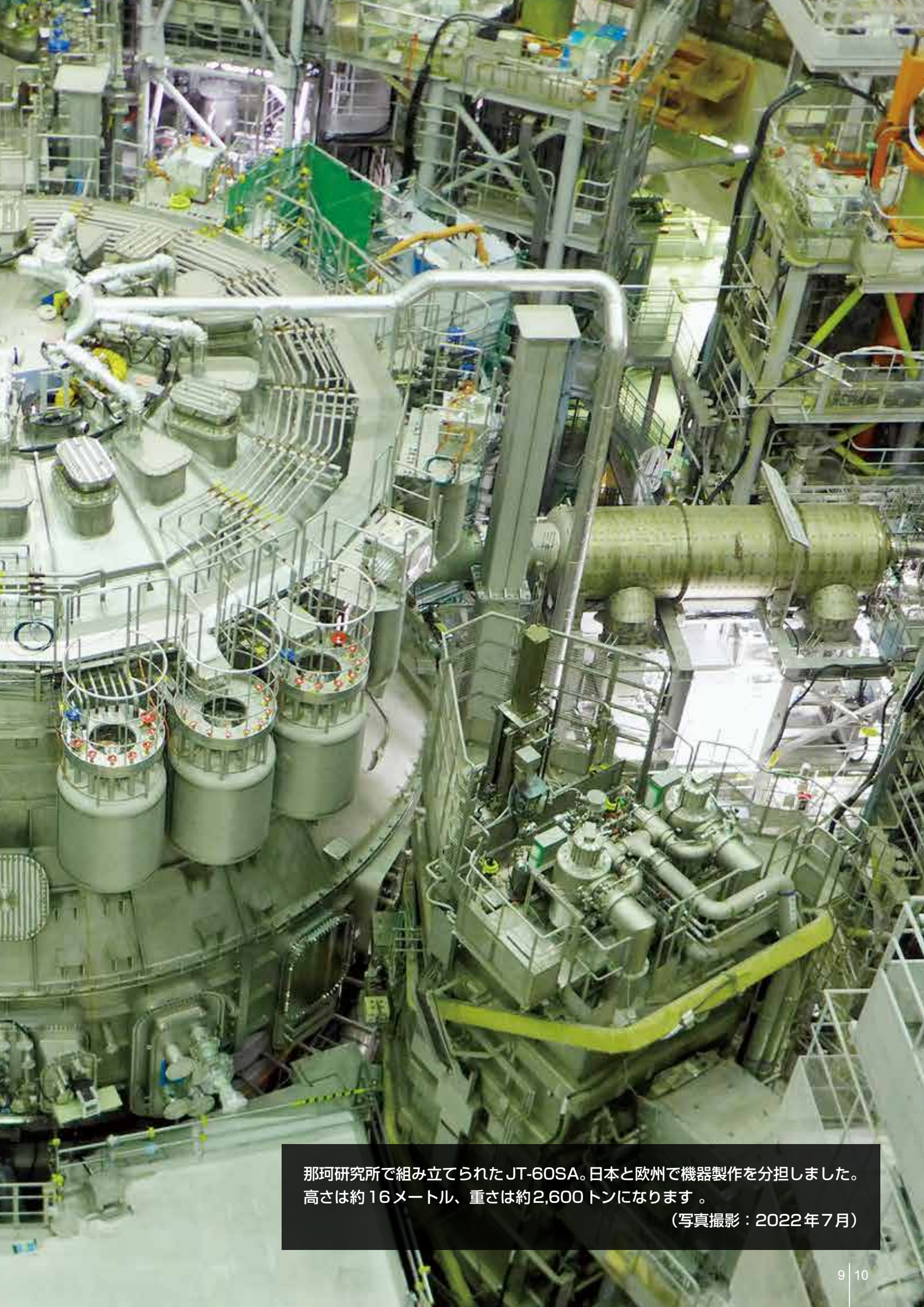
ITER国内機関活動

2006年11月に、世界の7極により、イーター協定が調印され、ITER建設サイト(フランス)に設立されたITER機構のもと、ITERを建設するための活動が行われています。量子科学技術研究開発機構は、ITER計画における我が国の国内機関としての指定を受け、我が国が分担する機器及び装置の調達を行うとともに、ITER計画に対する我が国からの人的貢献の窓口としての役割を果たしています。

これまでの経緯

- 1985年
米ソ首脳会談で核融合研究開発推進の共同声明
- 1988年～1990年
ITER概念設計活動(CDA)
- 1992年～2001年
ITER工学設計活動(EDA)
(米国は1999年～2003年2月の間、計画から一時撤退)
- 2001年～2002年
ITER調整技術活動(CTA)
- 2003年～2006年
ITER移行措置(ITA)
- 2006年11月
イーター協定署名式
- 2007年10月
イーター協定発効・ITER機構設立
- 2020年7月
イーター組立開始



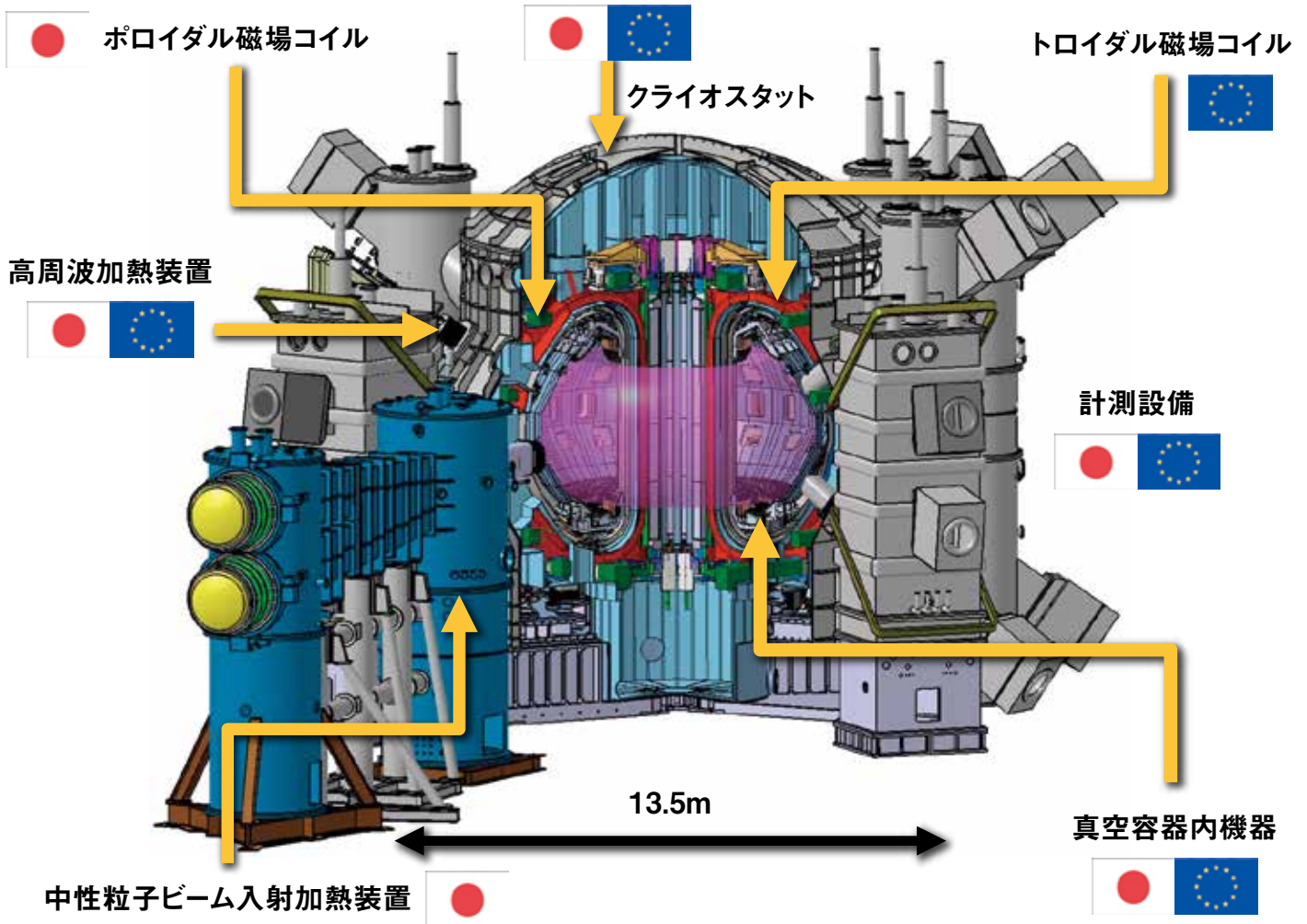


那珂研究所で組み立てられたJT-60SA。日本と欧州で機器製作を分担しました。
高さは約16メートル、重さは約2,600トンになります。

(写真撮影：2022年7月)

超伝導トカマク装置 JT-60SA

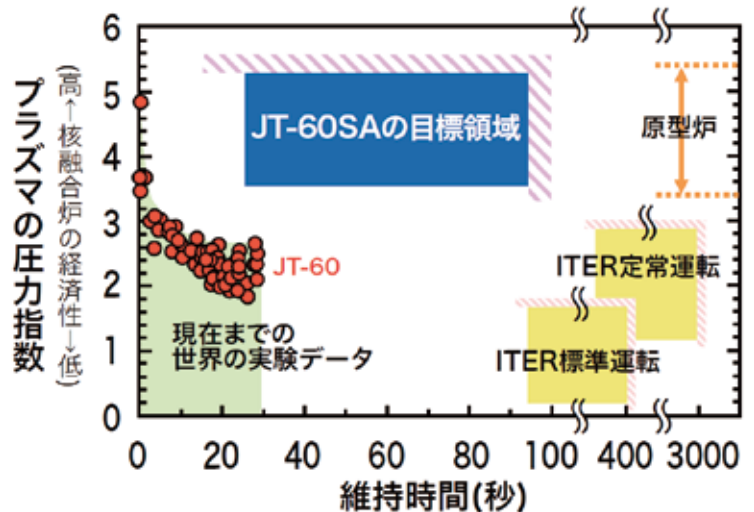
核融合エネルギーによる発電に向けて、核融合反応によって発生する熱で反応が持続する状態を実現するための研究開発を行っています。その中核となる実験装置が日欧協力で建設した大型超伝導トカマク装置 JT-60SA です。BA 活動を活用して、高性能なプラズマを長時間閉じ込める先進的な研究開発を行うため、前身装置である JT-60 を改造し、超伝導化しました。



主要パラメータ

プラズマ電流	550万アンペア
トロイダル磁場	2.25テスラ
プラズマ主半径	3メートル
加熱パワー	4万キロワット

圧力指数が大きい(発電効率が低い)プラズマを用いて、先進的な実験を行います。



核融合プラズマの研究開発

JT-60SAの特長・目的

○日本と欧州が協力して、装置設計・機器製作を行い、それぞれが製作した機器を日本においてJT-60SA装置として組み立てました。また、試験運転や実験も日本と欧州が協力して行っています。国際協力によるビッグプロジェクトです。

○ITERや原型炉を見通すことができる大型の装置サイズであることに加え、機動性が高いという特長を生かし、ITERを支援する研究だけでなく、原型炉に向けITERを補完する研究を行います。ITERを先導する役目を果たします。

○我が国唯一の大型トカマク実験装置として、ITERや原型炉の時代に向けて、世界をリードする人材を育成します。若手研究者を中心に、400名を超える日欧の研究者でITERと原型炉に向けたJT-60SAの研究計画を策定しています。

(<https://www.qst.go.jp/site/jt60/5162.html>)



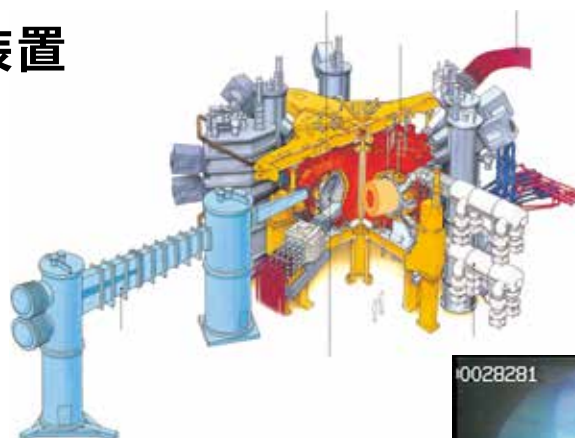
JT-60:常伝導トカマク装置

JT-60SAの前身の装置。

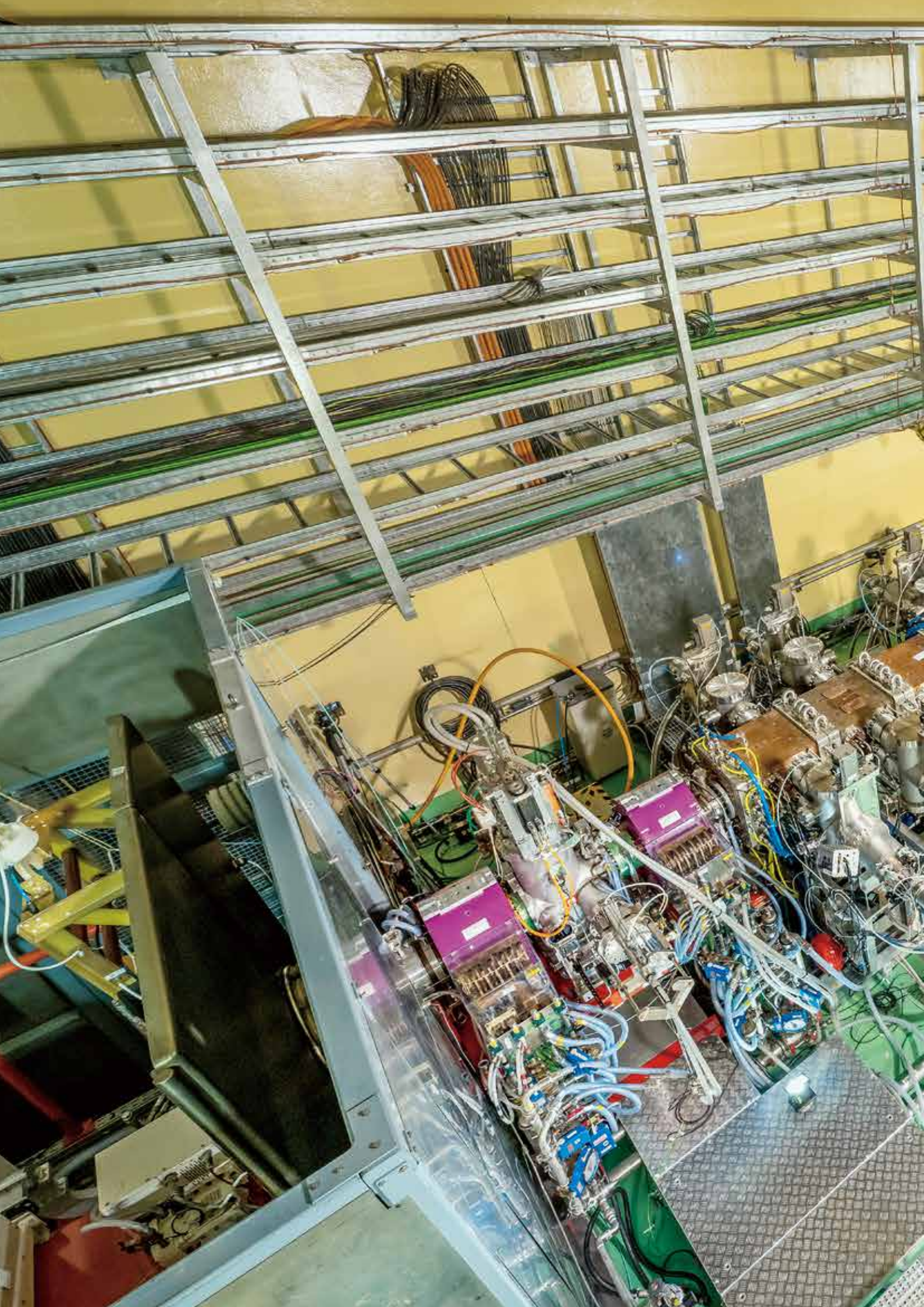
1985年実験開始、2008年実験終了。

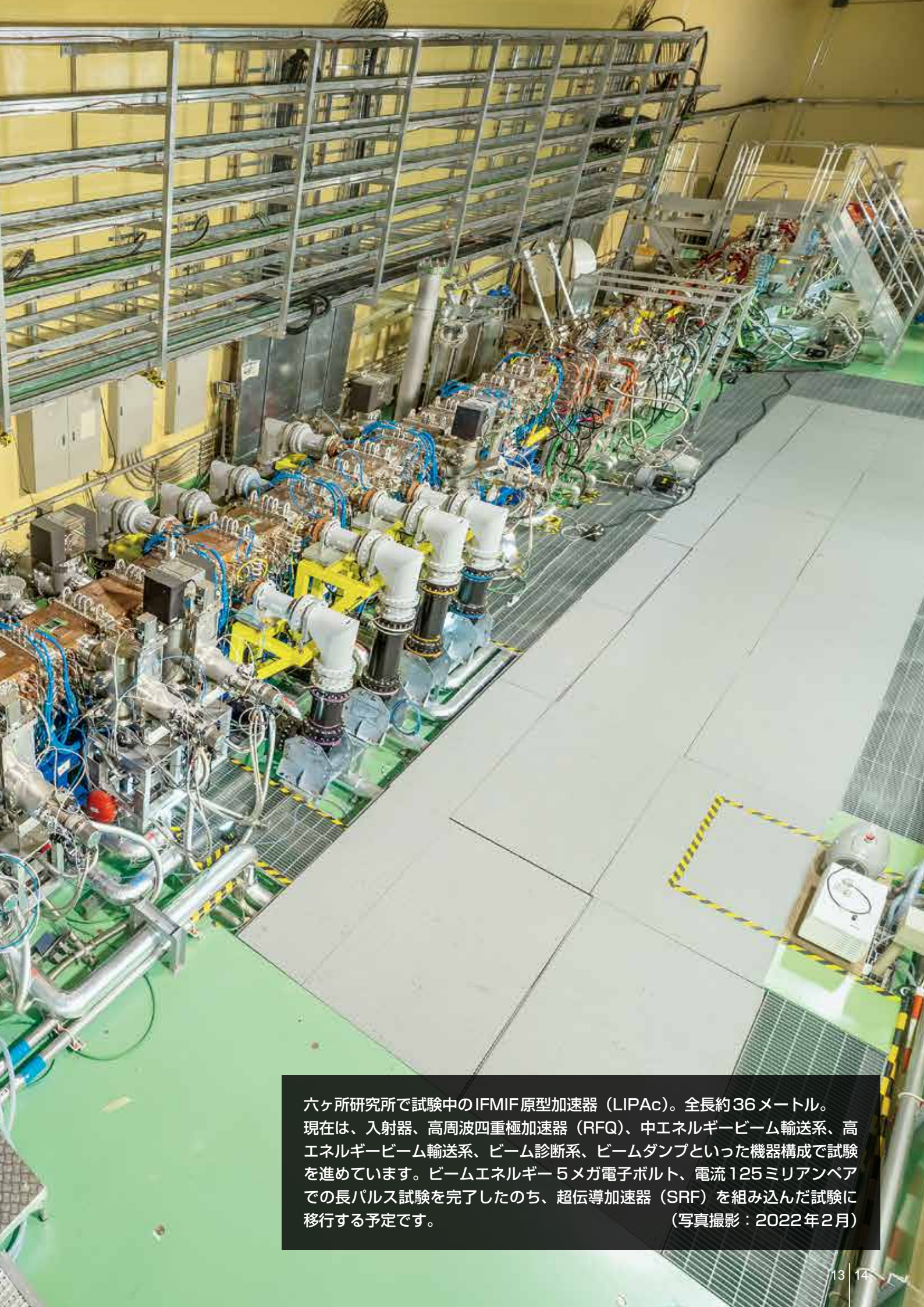
- ITERの設計や核融合研究開発への貢献
- 臨界プラズマ条件の達成
- 定常運転方式の開発

といった成果を創出し、現在も実験データを用いて研究が進められています。先進プラズマ研究の先駆けとなり、ITERへの道筋をつけるとともに、多くの研究者・技術者を輩出しました。



高温プラズマの映像



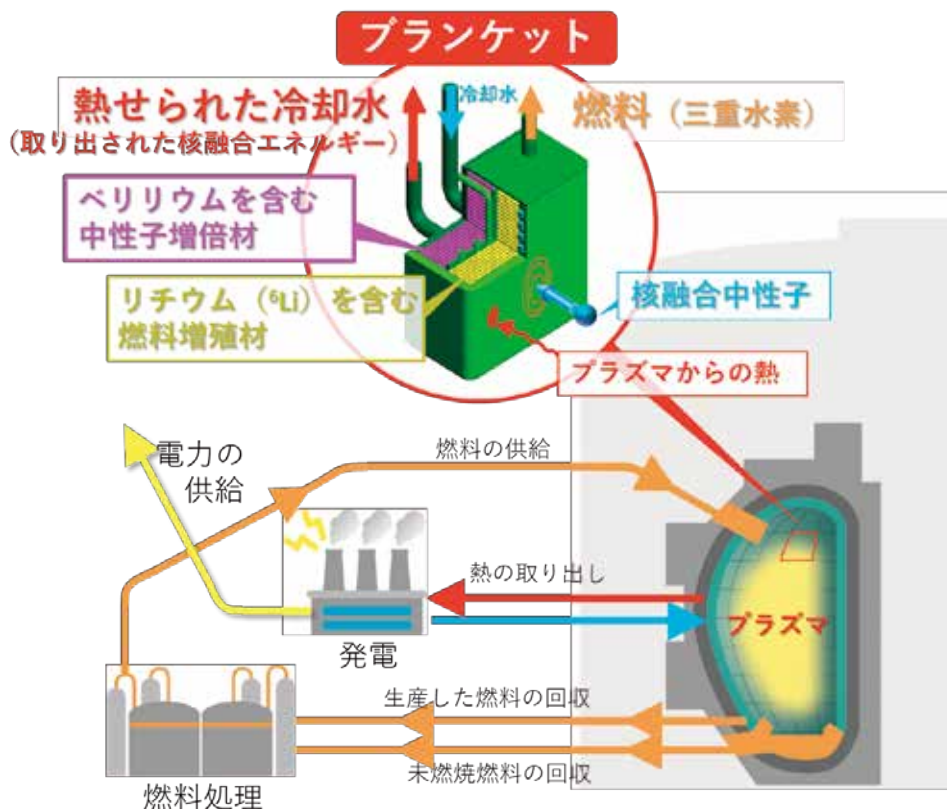


六ヶ所研究所で試験中のIFMIF原型加速器（LIPAc）。全長約36メートル。現在は、入射器、高周波四重極加速器（RFQ）、中エネルギービーム輸送系、高エネルギービーム輸送系、ビーム診断系、ビームダンプといった機器構成で試験を進めています。ビームエネルギー5メガ電子ボルト、電流125ミリアンペアでの長パルス試験を完了したのち、超伝導加速器（SRF）を組み込んだ試験に移行する予定です。（写真撮影：2022年2月）

核融合エネルギー取出し技術の研究開発

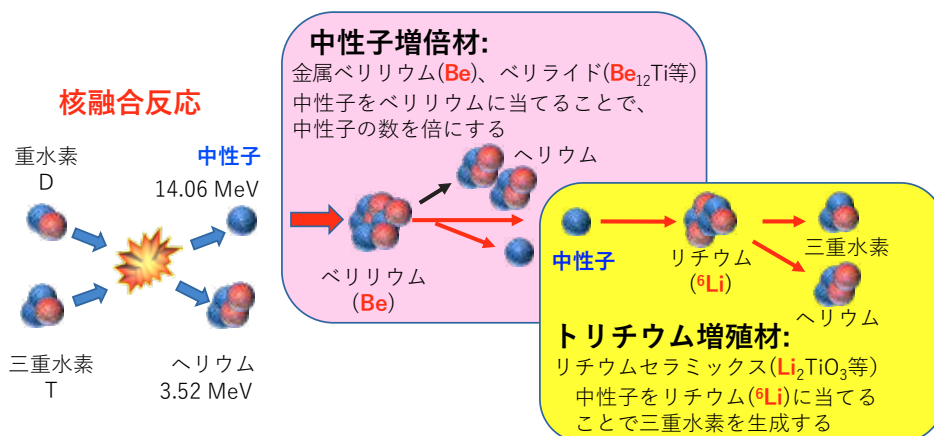
ブランケットの機能:熱の取り出し

核融合エネルギーの8割は中性子の勢い(運動エネルギー)、2割はプラズマからの熱として出てきます。核融合炉の一番内側で、ドーナツ状のプラズマを隙間なく取り囲むように配置される「ブランケット」で、プラズマから飛び出してくる中性子を受け止めることで、熱に変換します。プラズマからの熱も、ブランケットで受け止めます。この熱くなったブランケットを高温高压冷却水で冷やし、最終的には核融合エネルギーを熱エネルギーとして取り出して発電します。



ブランケットのもう一つの機能:燃料生産

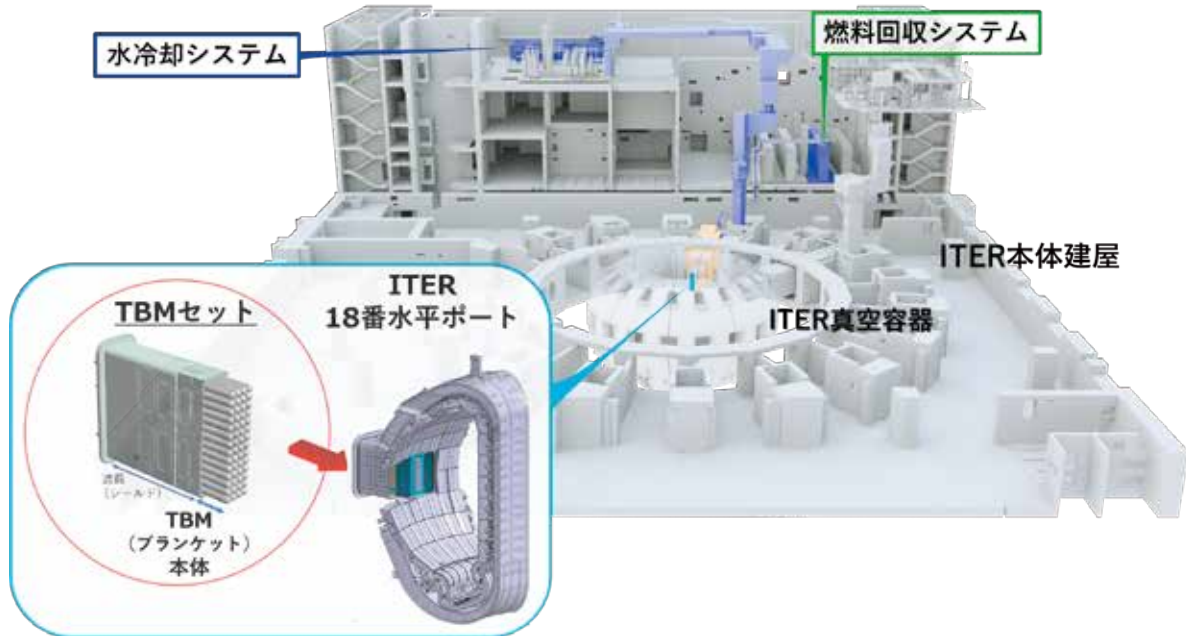
ブランケットには、燃料の一つで自然界に殆どない三重水素を作る機能も求められます。そのためには、ブランケットの中にベリリウムを含む**中性子増倍材**と、リチウムを含む**燃料増殖材**を装填する必要があります。



核融合理工学の研究開発

ITER テストブランケットモジュール(TBM: Test Blanket Module) 計画

ITER-TBM計画は、核融合実験炉イーターの炉内にテストブランケットモジュールを設置して、世界初となる核融合炉内実環境試験を行う計画です。日本も、独自に開発したブランケットを持ち込んで、その性能を実証します。



リチウム・ベリリウム資源の調達に向けた研究開発

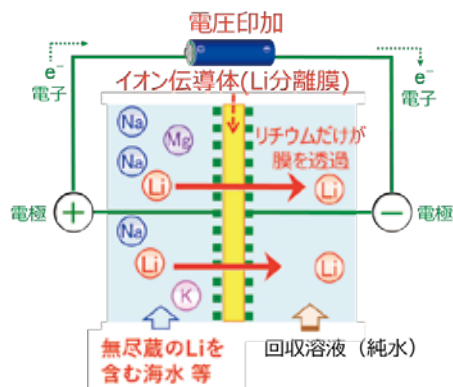
燃料増殖に必須のリチウムとベリリウムは、ともに豊富な資源ではあるものの、核融合炉に必要な資源量を調達するためには、新たな技術開発が必要です。その基盤となる先進技術の開発に成功し、実用化に向けた研究開発を進めています。

Li資源調達技術

イオン伝導体リチウム分離法*の発案

*LiSMIC (Li Separation Method by Ionic Conductor)

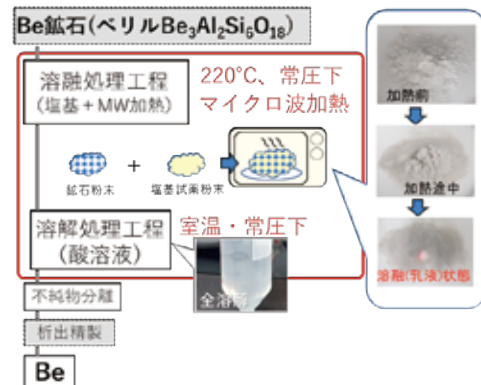
- ✓ 次世代全固体電池材料として期待されるイオン伝導体を分離膜として採用
- ✓ 一回の操作で、高純度99.99%リチウムを、低コストで回収



Be資源調達技術

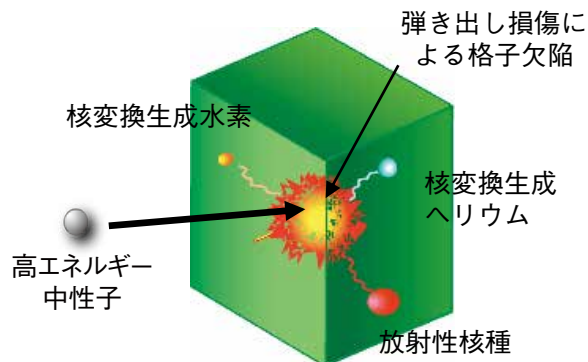
アルカリ・マイクロ波溶融技術の開発

- ✓ 常圧下・低温でベリリウム鉱石を溶解可能な技術を確立
- ✓ 難溶解鉱物全般に適用可能なので、リサイクル資源回収への適用も可能



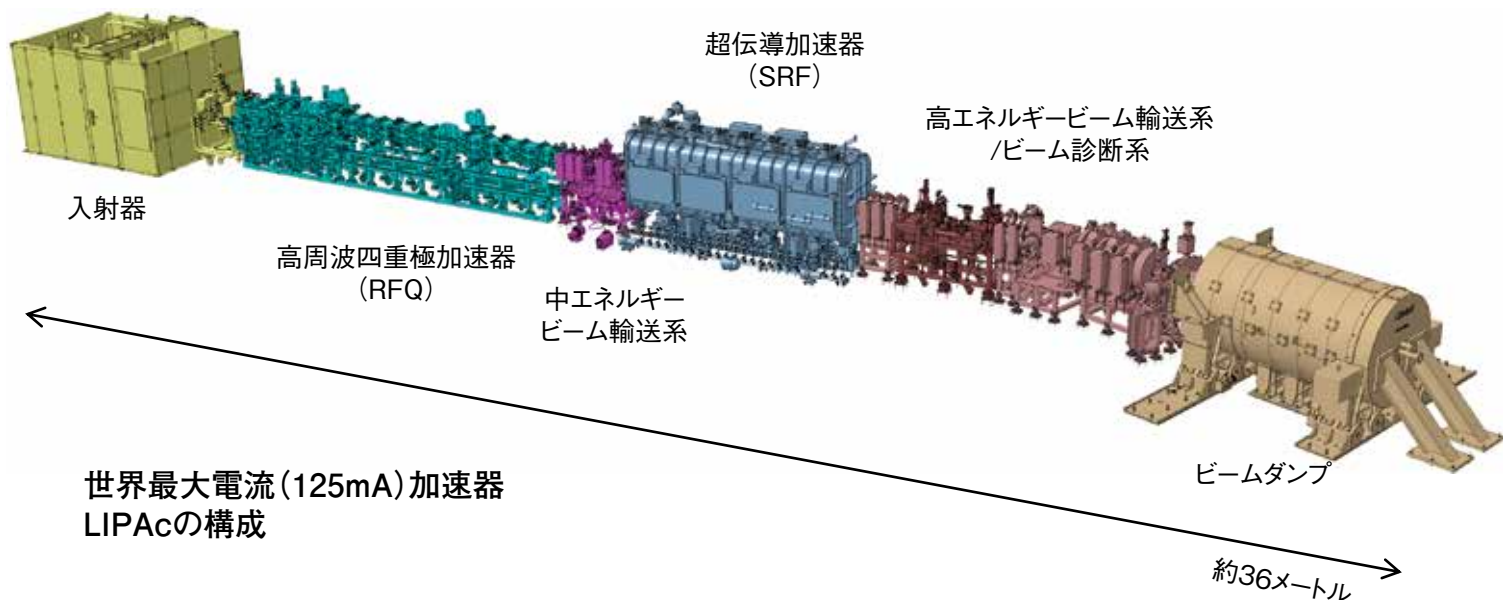
原型炉の材料開発を目指した研究開発

発電実証を行う原型炉の材料開発に向け、高エネルギー中性子が材料に照射される際の影響を調べる必要があります。核融合中性子源はその材料照射を行うための施設で、高エネルギー・高密度の中性子場を形成します。

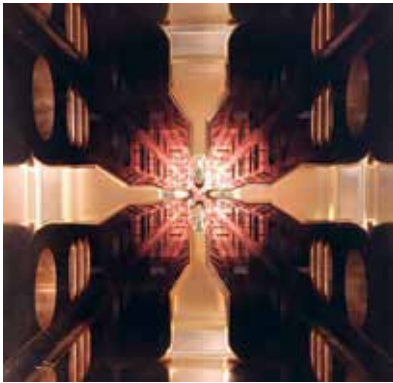


国際核融合材料照射施設の工学実証及び工学設計活動 (IFMIF/EVEDA) 事業

日欧の国際協力において、国際核融合材料照射施設IFMIF (重陽子ビームエネルギー 40メガ電子ボルト (MeV)、ビーム電流125ミリアンペア (mA) の加速器2台より構成) の工学設計を行うとともに、機器の要素技術を開発しています。加速器開発では、大電流イオン源を持つ入射器、大電流高周波四重極加速器と超伝導線形加速器で9MeV、125mAまで連続的に安定に動作することを実証します。この加速器が重陽子線形加速器であるIFMIF原型加速器 (LIPAc: Linear IFMIF Prototype Accelerator) です。



核融合理工学の研究開発

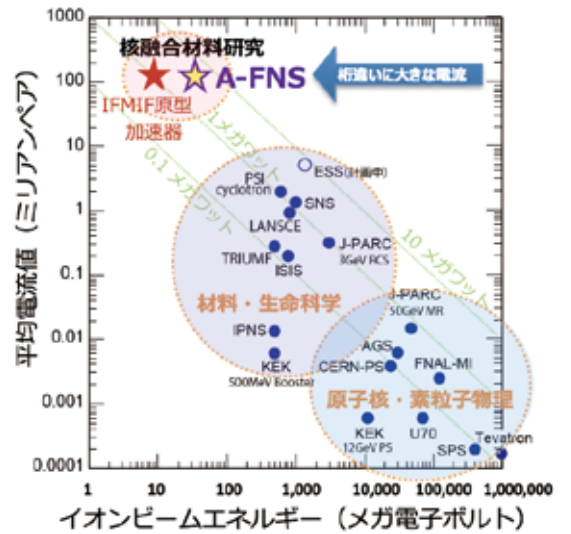


高周波四重極加速器の断面



超伝導加速器空洞の組立

上左図は、高周波四重極加速器の断面を入口側から見た様子です。その中心にある数ミリの隙間を大電流の重陽子ビームが通ります。長さ約10メートルの加速によりエネルギーが0.1MeVから5MeVと50倍になります。さらに後段の超伝導加速器(上右図)8台を用いて、9MeVまで加速されます。



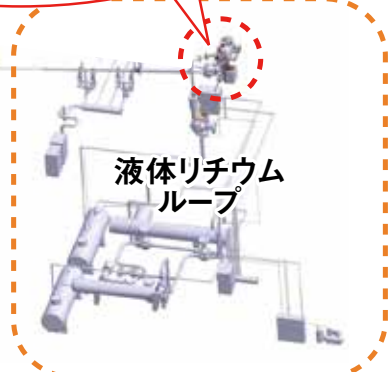
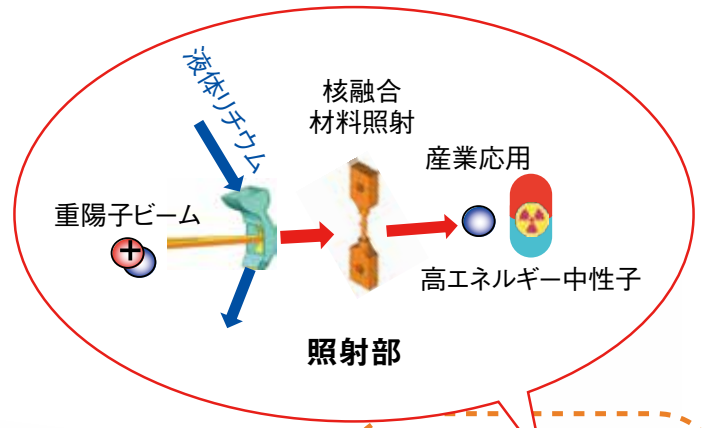
前人未到の大電流加速に挑戦

核融合中性子源用の大電流加速器は、素粒子研究に必要とされる高エネルギー加速器と対極にあります。

核融合中性子源A-FNS計画

A-FNS は、日本の原型炉研究開発ロードマップに基づき、炉内中性子環境を模擬し材料照射データを取得するための核融合中性子照射施設です。

40MeV/125mAの重陽子ビーム定常加速
 液体リチウムターゲット
 核融合反応と同等の中性子エネルギー 14MeV
 中性子発生率： 6.8×10^{16} 個/秒



IFMIF/EVEDA事業

A-FNSは、核融合材料照射試験だけでなく、国内の基礎研究・産業・医療・エネルギー応用までを網羅する汎用性の高い照射場を提供することができます。

原型炉に向けた研究開発

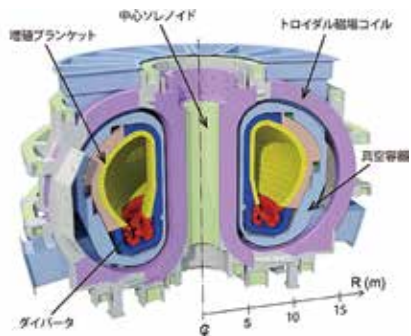
国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)事業

原型炉の基本的な設計、材料に関する研究開発、遠隔実験技術の開発、スーパーコンピュータを利用した理論・シミュレーション研究などを実施しています。

原型炉設計と関連する研究開発

- 産学連携のオールジャパン体制による原型炉設計合同特別チームが原型炉の設計活動を推進
- 核融合発電を21世紀中ごろに実証する日本独自の原型炉の基本概念を明確化
- ITERとJT-60SAの技術基盤に産業界の発電プラント技術を取り入れた技術的実現性のある基本設計を構築

原型炉本体



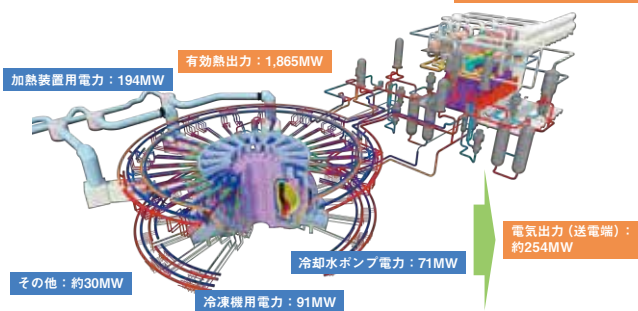
発電プラント全体像



主熱輸送系の基本概念

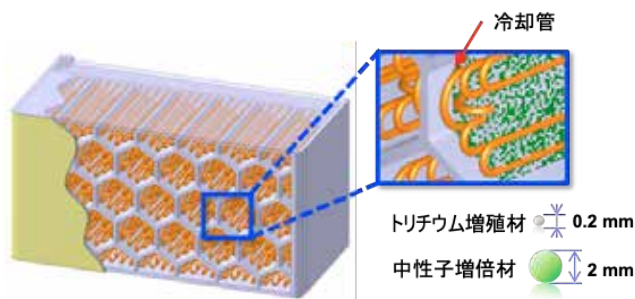
加圧水型軽水炉の主熱輸送系・発電システムを適用

電気出力(発電機): 640MW



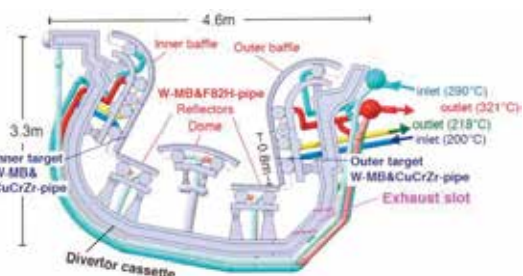
増殖ブランケットの基本概念

固体増殖・水冷却方式を採用 (ITER-TBM戦略と整合)



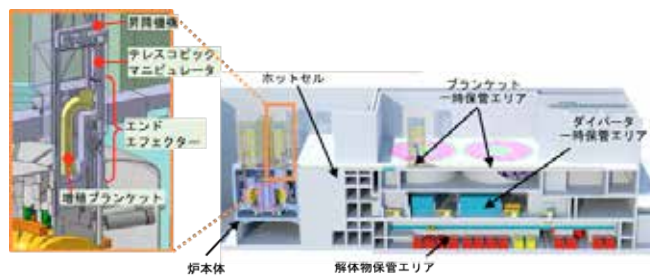
ダイバータの基本概念

ITERでの実績を重視しITER方式を採用



遠隔保守の基本概念

原型炉運転後期に稼働率~70%を実証できる見通し



原型炉に向けた三重水素技術開発

原型炉内の三重水素蓄積モデリングに向けて、JET(欧州の核融合実験装置)で使用されたプラズマ対向材と収集されたダストを、六ヶ所研究所で日欧の多くの研究者が連携して分析し、三重水素蓄積量を評価



核融合理工学の研究開発

ITER遠隔実験

ITERと専用の高速ネットワーク回線で結び、ITERとのライブ中継による実験参加及び実験結果の高速データ転送による解析を可能にするための研究開発を実施しています。

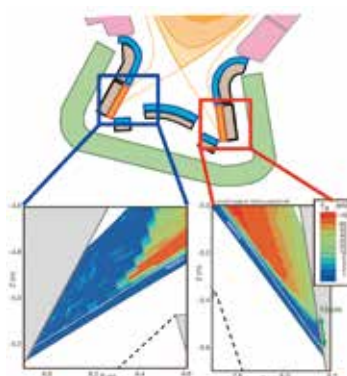


計算機シミュレーション

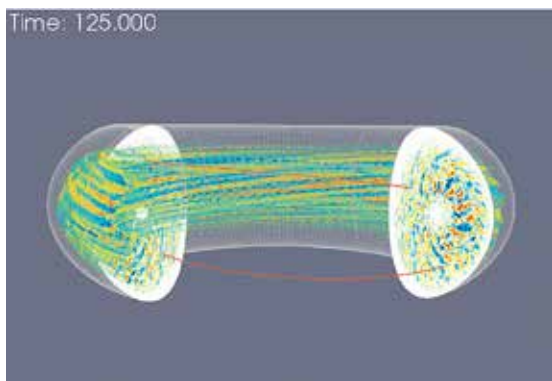
核融合研究開発専用のスーパーコンピュータを用いて、ITERをはじめとする磁場閉じ込め方式の核融合発電実現に向けた、核融合プラズマ物理、原型炉設計、核融合炉材料など幅広いシミュレーションを実施しています。



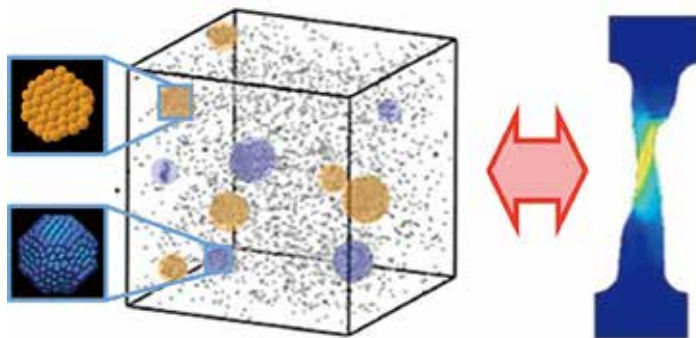
核融合専用スーパーコンピュータ



原型炉ダイバータシミュレーション



微視的乱流シミュレーション



核融合炉材料開発

核融合研究開発の歩み

核融合研究開発は、量研の前身となる日本原子力研究所で1961年に開始して以来、JFT-1、JFT-2、JFT-2a、JFT-2M、JT-60と、徐々に装置の規模を大きくしたり、先進的なアイデアを取り入れたりとしながら、発展してきました。現在は、国際協力によるITER計画や幅広いアプローチ(BA)活動に取り組みながら、環境に優しい無尽蔵のエネルギー源である核融合の実現を目指し、研究開発を進めています。

1956
日本原子力研究所設立

1961
原研で核融合研究開発開始

1969
JFT-1 運転開始

1972
JFT-2 運転開始

1973年3月、中間ベータ値トラス装置(JFT-2)で、プラズマ長時間閉じ込め(電子温度700万度・閉じ込め時間0.02秒)に成功(東海研)

1974年8月、世界で初めてのダイバータ装置を備えた高安定化磁場装置(JFT-2a)完成

1974
JFT-2a(世界初のダイバータ付トカマク)運転開始

1975
JT-60 設計開始

1979
ダブレット-III(米国)との共同実験開始

1983
JFT-2M 運転開始

1985
那珂研究所設立
JT-60 実験運転開始

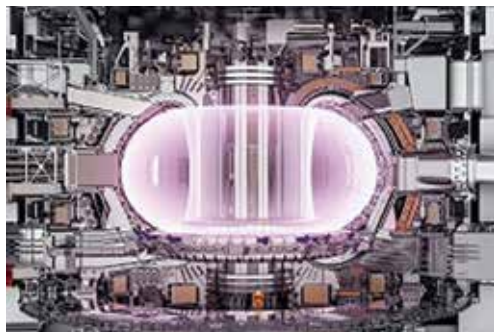
JT-60 ファースト・プラズマの点火に成功

1969年3月、低ベータトラス磁場装置(JFT-1)完成

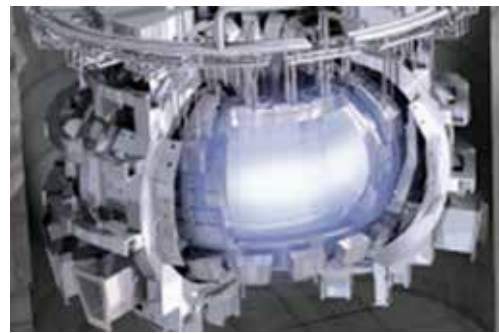
JFT-2M 機動性を生かして先駆的な研究を進める中型トカマク装置

JT-60 臨界プラズマ試験装置

核融合研究開発の歩み



ITER



原型炉

1988
ITER概念設計
活動開始

1993
JT-60 高周波により
世界最大の非誘導電流
360万Aの駆動に成功

1992
ITER工学設計活動開始

1991
JT-60 大電流化運転開始

1998
世界最高エネルギー増倍率1.25
を達成

1996
JT-60 世界最高イオン
温度5.2億度を達成
JT-60 臨界プラズマ条
件達成

2008
JT-60実験運転
完遂

2007
BA協定の発効
イーター協定の発効
六ヶ所サイト開設

2005
日本原子力研究開発機構
那珂核融合研究所発足

2025頃
ITER ファーストプラズマ(予定)

2023
JT-60SA ファーストプラズマ(予定)

2016
量子科学技術研究開発機構発足

実用プラント

原型炉

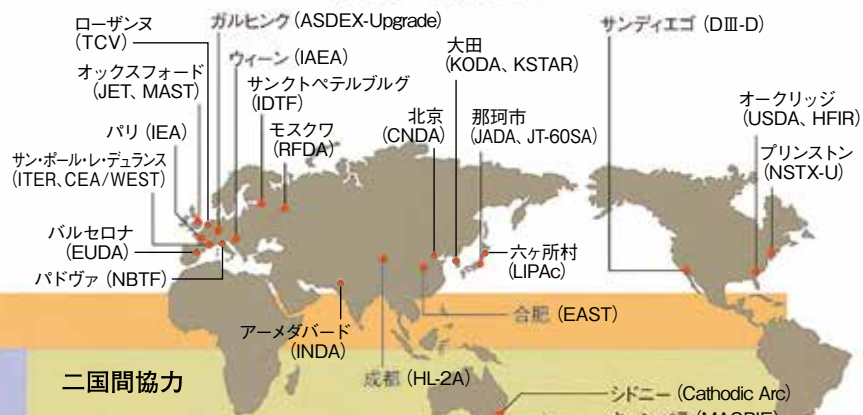


JT-60 中央制御室
(2008年8月29日 JT-60 実験運転完遂の様子)



JT-60SA

核融合の国際協力



核融合の国際協力

多国間協力

ITER計画

(ITER機構、本部：サン・ポール・レ・デュランズ)
●ITER機構・各加盟極国内機関 (DA) との協力

OECD/IEA

(経済協力開発機構／国際エネルギー機関、本部：パリ)

- トカマク計画の協力
- 核融合材料照射損傷研究開発計画
- 核融合の環境・安全・経済性協力計画
- 核融合炉工学協力計画

IAEA (国際原子力機関、本部：ウィーン)

- 核融合エネルギー会議
- 原子分子データ情報交換
- その他専門家会合

二国間協力

日欧協力

- 幅広いアプローチ活動
- QST-CEA協力
[サン・ポール・レ・デュランズ]

日米協力

- ダブルレットⅢ計画 [サンディエゴ]
- HFIR共同実験 [オークリッジ]

日豪協力

- 日豪ワークショップ
[シドニー、キャンベラ]

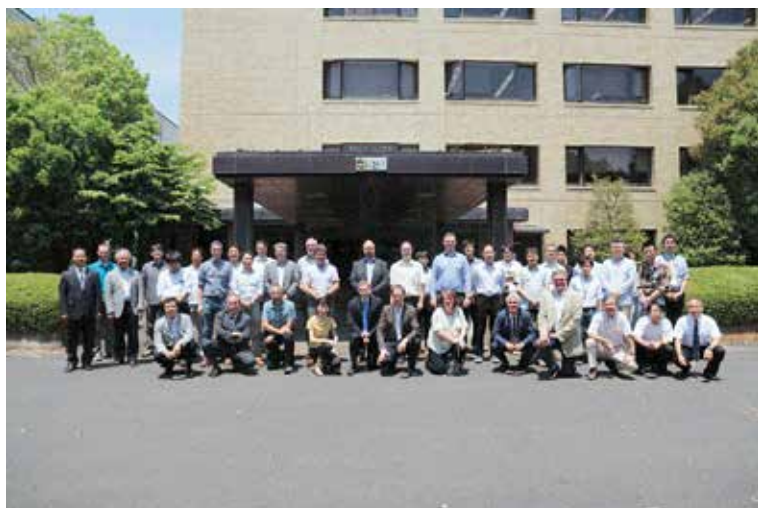
日韓協力

- QST-NFRI協力 [大田]

日中協力

- QST-ASIPP協力 [合肥]
- QST-SWIP協力 [成都]

世界30か国以上が協力して、南フランスでITERを建設しています。ITER協定のもと、3つの大陸、40以上の言語、世界の人口の半分以上の国々から、さまざまな背景や文化をもった人々が核融合という1つの目標に向かっていきます。この幅広い多様の視点と背景が、ITER独自の価値を与えています。



日本と欧州の研究者が、核融合の様々な研究領域について幅広く議論を行い、JT-60SAを用いてどのような研究を進めていくかについて研究計画をまとめました。これは、JT-60SAの実験研究を担う若手研究者を中心に企画・提案したものです。

施設見学会に多数ご参加いただいています。那珂研究所では、JT-60SA見学ツアーや、実験に必要な電力を供給する中央変電所の公開を行っています。各研究グループによる実験・体験コーナーとあわせて、幅広い年代の皆様が核融合に親しんでいただいています。

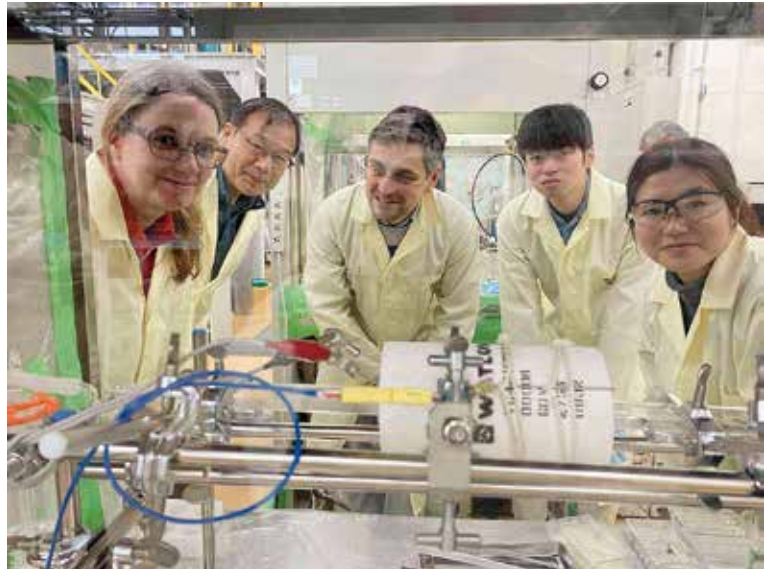


多様性豊かな協力・交流



欧州各国の研究者や技術者がIFMIF/EVEDA事業に参加しています。一部のメンバーは六ヶ所研究所に長期滞在するとともに、新しく構築した遠隔データ転送システムを用いて欧州から遠隔実験参加しています。

日本と欧州の研究者が協力して、欧州の核融合実験装置JETから真空容器保護タイルの一部及び装置内部から採取されたダスト粒子を取り出して六ヶ所研に輸送し、様々な分析を行いました。



国際学校が六ヶ所村では開設されていません。幅広いアプローチ活動で六ヶ所研究所に滞在する外国人研究者のご子息を受け入れるためです。現在、初等部、幼少部クラスが開校しています。

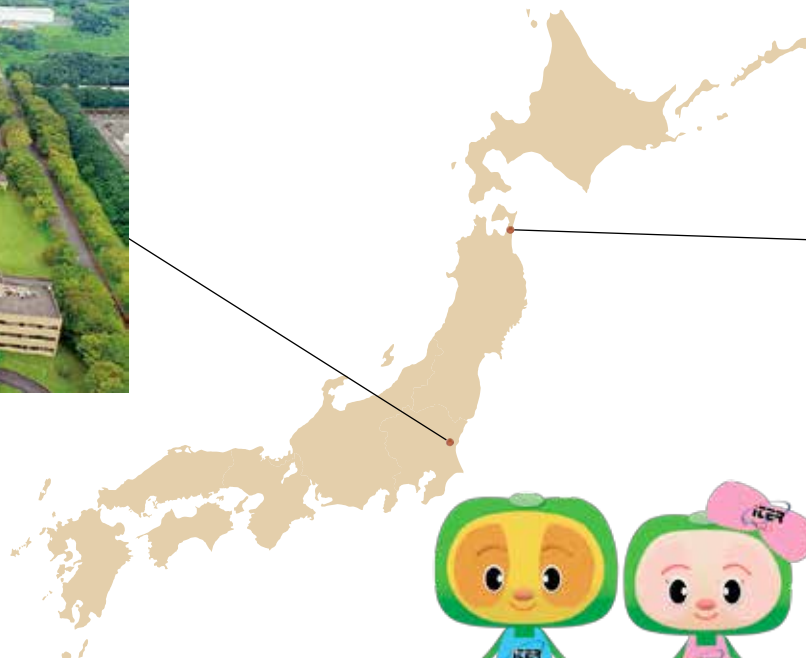


那珂研究所

1985年に設立され、臨界プラズマ試験装置JT-60を中心とする
さまざまな核融合試験研究施設を用いて研究開発を実施してきました。
現在は、ITERとJT-60SAを中心に研究開発を進めています。



カナちゃん
那珂研究所
マスコットキャラクター



フュージョンくん イーターちゃん
ITER Japan 公式キャラクター



ITER 建設サイト (フランス、サン・ポール・レ・デュランス)

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。広さ180ヘクタールの広大な敷地の中には、長さ1キロメートル、幅400メートルのプラットフォームがあり、数多くの建屋が配置され、その内部では装置の組み立てが行われています。



写真：ITER 機構提供

研究開発の拠点

六ヶ所研究所

2007年にBA活動を実施する国際研究開発拠点として開設され、先進的な核融合研究開発を実施しています。

エネギューン
六ヶ所研究所
マスコットキャラクター



茨城県



県花<ばら>



県鳥<ひばり>



県木<うめ>

那珂市



市花<ひまわり>



市鳥<白鳥>



市木<八重桜>

青森県



県の花<リンゴの花>



県民鳥<白鳥>



県の木<ヒバ>

六ヶ所村



村の花<ニッコウキスゲ>



村の鳥<オジロワシ>



村の木<黒松>



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
量子エネルギー部門

<https://www.fusion.qst.go.jp>



那珂研究所

〒311-0193 茨城県那珂市向山801-1
TEL:029-270-7213 (代表)
FAX:029-270-7219



六ヶ所研究所

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館2-166
TEL:0175-71-6500 (代表)
FAX:0175-71-6501



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

National Institutes for Quantum Science and Technology

〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1 (本部) ☎043-382-8001 (代表)

〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-2富国生命ビル22階 (東京事務所)

URL : <https://www.qst.go.jp>

