

日本の核融合研究開発政策

Research and Development Policy on Fusion Energy in Japan

岩渕 秀樹

IWABUCHI Hideki

文部科学省 研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)
Director, International Nuclear and Fusion Energy Affairs Division,
Research and Development Bureau, MEXT



文部科学省
MEXT
MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

令和3年12月17日
核融合エネルギーフォーラム
ITER/BA成果報告会

- 核融合の政策的な位置付け
- 核融合研究開発の進捗状況
(ITER計画、BA活動、学術研究、産業展開)
- 原型炉に向けた検討状況
- 核融合のための人材の育成・確保

核融合エネルギーの段階的研究開発 (Staged approach toward Fusion Energy)

- 核融合エネルギーの実用化に向けて、ITER計画等への参画を通じて科学的・技術的実現性を確認した上で、原型炉への移行判断を行っていく。
- 文部科学省では、「核融合原型炉開発の推進に向けて」、「原型炉研究開発ロードマップ」(科学技術・学術審議会 核融合科学技術委員会)等を踏まえ、原型炉に必要な技術開発の進捗を定期的にチェック・アンド・レビューしつつ、研究開発を推進。



各国における核融合研究開発の動向 (Recent Policy in other countries)

核融合はエネルギー問題と環境問題を根本的に解決することから、カーボンニュートラル実現の鍵となるエネルギー源。これまで、世界7極35か国による国際協力で実施してきたITER計画が順調に進捗していることを受け、主要国はカーボンニュートラルの実現に向けて、**核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組みを2020年頃から一斉に加速**。国際競争の様相に突入している。また、米国ではバイデン政権下において更なる加速も見込まれる。併せて、各国において**核融合ベンチャーへの投資も活性化**。

政策動向の変化

- 欧州連合関連機関 (EUROfusion) が策定した「核融合エネルギー実現に向けた欧州研究ロードマップ」(2018年)において、22世紀に世界で1テラワット(100万kW発電所 1,000基分)の核融合発電所が必要と記載。フォン・デア・ライエン欧州委員長(2019年発足)の「欧州グリーンディール」政策の下で核融合は推進され、2020年5月-11月に3段階による中間評価を行い、**2050年頃に発電を行う核融合原型炉 (DEMO) を建設**すべきと評価。
- 米国エネルギー省 (DOE) の核融合エネルギー科学諮問委員会 (FESAC) が、「核融合エネルギーとプラズマ科学に関する10年間の国家戦略計画」を発表(2021年2月)。**2040年代までに核融合パイロットプラント (発電炉) を建設するための準備を整える**と記載。全米科学アカデミーは、**2028年までに実施判断し、2035~2040年に発電を目指す**と提言(2021年2月)。**安全規制**について、原子力規制委員会 (NRC) を中心に検討を開始しており、2021年中に白書を作成予定。
- 英国は、ジョンソン首相による新政策「グリーン産業革命に向けた10項目の計画」(2020年11月)、「英国政府の核融合戦略」(2021年10月)において、**2040年までに核融合原型炉の建設を目指す**と明記。発電炉の立地地域を募集し、5つの候補地を公表(2021年10月)。政府の規制政策諮問会議による今後の**核融合規制に関する勧告**(2021年5月)に対し、**政府が核融合規制に関する討議資料 (グリーンペーパー) を公表**(2021年10月)し、現在、意見募集を実施中(パブリックコメントに相当)。
- 韓国政府(国家核融合委員会)は、「第4次核融合エネルギー開発振興基本計画(2022-26)」において、**核融合発電原型炉 (K-DEMO) 建設計画の具体化**を図るべく検討中。
- 中国においても、国産の核融合発電実現に向け、イーターと並行して、イーターと同規模の**核融合工学試験炉 (CFETR) を1基建設**した後、これを2030年代までに**発電炉 (原型炉) に改造**する計画を推進中。

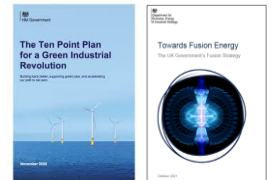
核融合ベンチャーへの投資活性化

諸外国において、核融合ベンチャーの数および投資額が増加中

- マサチューセッツ工科大学で設立されたCommonwealth Fusion Systems社は2021年12月に2050億円以上の追加資金調達を公表(累計2200億円以上)。2025年に核融合実験炉を稼働させることを目指す。
- カナダのGeneral Fusion社も2019年に合計110億円を調達(累計211億円)。英国原子力公社(UKAEA)とFusion Demonstration Plant を英国内に建設するための協定を締結(2021年6月)。



Powering the Future
Fusion & Fission



< 제3차 기후변화 정책 로드맵 >

구분	핵심 내용	주요 내용	주요 내용
1. 목표	핵심 내용	주요 내용	주요 내용
2. 전략	핵심 내용	주요 내용	주요 내용
3. 과제	핵심 내용	주요 내용	주요 내용
4. 추진 방안	핵심 내용	주요 내용	주요 내용



General Fusion (加)



Commonwealth Fusion systems (米)

英国における核融合研究開発の動向 (Recent National Policy in the UK)

2021年10月、英国政府（ビジネス・エネルギー・産業戦略省、BEIS）は、「英国政府の核融合戦略：核融合エネルギーに向けて」と題する文書を発表。

英国政府の核融合戦略（2021.10）

■ 戦略の背景

戦略策定の背景として、本年は英国がCOP26議長国であること、英国政府は電力システムの完全な脱炭素化を目指していることに触れつつ、「核融合技術の実証と商業化に成功すれば、将来の世界のエネルギー市場に持続可能な低炭素のベースロード電力を供給できる」との期待を表明している。

■ 戦略の目的

1. 電力網へのエネルギー投入を行う核融合発電原型炉を建設することにより、核融合の商業的実現性を英国として実証する。
2. 英国が世界をリードする核融合産業を構築し、その後の数十年間に核融合技術を世界に輸出できるようにする。

■ 戦略の主な内容

- 核融合に関する規格・規制の策定を先導し(※)、安全性を確保しつつ核融合の可能性と市場機会を創出すると共に、イーターに対する貢献とEUの核融合発電原型炉プログラムへの参画を継続する。

※本戦略と同時に、英国政府（BEIS）は、「核融合エネルギーに関する規制枠組みに関する英国政府提案」という文書を公表し、年末を期限に意見公募を開始した。

- 「球状トカマク（STEP）」プログラム【注】により、2040年までに、電力網へのエネルギー投入を行う核融合発電原型炉を設計・開発・建設する。2022年12月までに英国政府（BEIS）が立地地域を選定する。

【注】本戦略にはSTEP自体に関する記述はない。BEISが過去に公表したSTEPに関する情報を見ても技術的な詳細は記載されていない。引き続き調査が必要。

- 英国に活力ある核融合技術クラスターを創出し、核融合及び関連技術に関する対英投資を誘引する。サプライチェーンを確立し、世界の核融合市場(※)で競争力をもつ英国企業を育てる。

※英国政府は将来の市場規模を年間約520～1670億ポンド(約8～25兆円)と見積り。



STEPイメージ図 (出典：UKAEA)

イーターの組立据付開始（2020年）など技術の成熟や、カーボンニュートラルに向けた政策的要請の高まりを踏まえ、主要国（米英EUなど）が核融合への取組を加速中。我が国でも、総裁選の中で核融合推進が一つの論点に。

■ 岸田文雄の政策—経済政策—（9月8日）

再生可能エネルギーの最大限の導入は当然のこととして、蓄電池、新型の小型原子炉、ITER（核融合）、水素融合、自動車の電動を推進、カーボンリサイクルなど新たなクリーン・エネルギーへの投資を積極的に後押し。

特に、ITER（核融合エネルギー）について、国家戦略を策定。

■ 令和3年 自民党政権公約

・大胆な「成長投資」で、確かな未来を拓く。

究極のクリーン・エネルギーである核融合（ウランとプルトニウムが不要で、高レベル放射性廃棄物が出ない高効率発電）開発を国を挙げて推進し、次世代の安定供給電源の柱として実用化を目指します。

第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月閣議決定）

◇第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

(2) 地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進

(c) 具体的な取組

② 多様なエネルギー源の活用等のための研究開発・実証等の推進

○現在見直しに向けた議論が進められている「エネルギー基本計画」等を踏まえ、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力、核融合等に関する必要な研究開発や実証、国際協力を進める。

第6次エネルギー基本計画（令和3年10月閣議決定）

6. 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた産業・競争・イノベーション政策と一体となった戦略的な技術開発・社会実装等の推進

<「グリーン成長戦略」における成長が期待される14分野>

⑦ 原子力産業

（略）また、核融合エネルギーの実現に向け、国際協力が進められているトカマク方式のITER計画や幅広いアプローチ活動については、サイトでの建設や機器の製作が進展しており、引き続き、長期的視野に立って着実に推進するとともに、技術の多様性を確保する観点から、ヘリカル方式・レーザー方式や革新的概念の研究を並行して推進する。

■ (一社) 日本経済団体連合会 (経団連)

提言書『新成長戦略』(令和2年11月)

5. グリーン成長の実現

(3) 脱炭素化と経済性を両立する原子力の活用

脱炭素社会の実現を追求するうえで、原子力は欠くことのできない手段である。福島第一原子力発電所事故の教訓を活かし、最新の科学的知見を踏まえて安全確保を確固たるものとするを大前提に、原子力を継続的に活用していく必要がある。(中略)

将来を見据え、軽水炉の安全性向上につながる技術はもちろんのこと、安全性に優れ経済性が見込まれる新型原子炉(例: SMR※、高温ガス炉、核融合炉等)の開発を推進することもきわめて重要である。脱炭素社会の早期実現を目指し、2030年までには新型炉の建設に着手すべく、国家プロジェクトとして取り組みを進める必要がある。

※Small Modular Reactor。小型モジュール炉。

提言書『Society 5.0 with Carbon Neutral 実現に向けた電力政策

電力システムの再構築に関する第二次提言』(令和3年3月)

将来像の実現に向けた環境整備

原子力: 安全最優先の継続的活用

(前略) 中長期的な原子力利用の観点からは、既存の大型軽水炉のほか、より安全性等に優れた新型炉活用の可能性も模索すべきである。例えば小型モジュール炉(SMR)や高温ガス炉、より長期を見据えた**核融合炉**等の研究開発を、国家プロジェクトとして推進することが重要である。なお、脱炭素燃料としての水素の需要が大きく拡大すると考えられるなか、軽水炉や高温ガス炉を活用した水素製造の可能性にも注目が集まっている。利用シーンの拡大も視野に、将来の原子力利用のあり方を検討していくべきである。

■ (公社) 経済同友会 (同友会)

提言書『「エネルギー基本計画」見直しに関する意見』(令和3年3月)

おわりに

- エネルギーミックスは、技術の進展や社会・経済状況、産業構造によって大きく左右される。長期的な需給見通しを明確に示し、技術開発や投資を促す一方、あらゆる事態を想定し、複数の選択肢を用意していく必要がある。その意味で、再生可能エネルギーのみならず、ゼロエミッション電源としての原子力、火力の高効率化、省エネや蓄エネの推進などバランスを取りながら進めていくとともに、水素やアンモニア等の革新的技術や、**核融合炉**などのムーンショット技術にも挑戦していく必要がある。

第29回ITER理事会の結果概要 (Summary Report of IC-29)

1. ITER計画の進捗

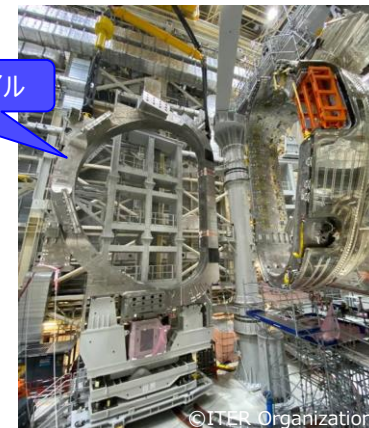
- 運転開始までの建設作業は約75%進捗。
- 新型コロナウイルスの影響下においても、**主要機器がITERサイトに納入**されるなど、**組立活動が進展**。

- 日本・欧州の超伝導トイダル磁場(TF)コイル計8機※₁がサイトに到着。後続機も順調に製作中。(※1) 予備機を含め総計19機製作
- サイトにおいても、TFコイルと真空容器の組立作業※₂が進捗するなど、**組立活動が多数進展**。(※2) 右上写真

日本が納入したTFコイル



(輸送中の日本のTFコイル)



(コイルと真空容器の組立作業)

- プロジェクトに対する新型コロナウイルスの影響は継続しているものの、**2035年核融合運転開始という現行のスケジュールは維持**。
- 引き続きITER機構において**スケジュールを維持するために必要な対策を継続**
対策の例：サイトにおいて段階的に実施することとしていた作業を同時進行で実施



(トカマクビットに据付けられるPFコイル)

2. ITER運転期の基本方針

- ITERの運転期が近付きつつあり、これを日本が主導していくべく、**運転期の基本方針**を検討する**各極担当者会議**の設置を**日本から提案**。また、**日本が議長を輩出し**、今夏複数回会議を開催。
- 取りまとめた基本方針を今回理事会に報告。今後、ITER機構において基本方針の具体案を検討。

【基本方針(一部)】

- ① 運転期のITER機構のミッションは、**研究・実験、運転・保守**の2つに大別。ITER機構にて2つのミッションに対応する組織を整備。
- ② 研究・実験等を行う運転期はITER機構のみで対応することが困難。各極から機構に**人員を派遣**し、機構の活動を支援。

第27回BA運営委員会の結果概要 (Summary Report of BASC-27)

BA運営委員会では、IFMIF/EVEDA、IFERC、サテライト・トカマク計画の3事業について、事業の進展を確認するとともに、今後の事業計画等について議論。

1. ① 国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計 活動 (IFMIF/EVEDA) 事業

- ▶ 新型コロナウイルス感染拡大によるスケジュールの遅延が生じているが、調整作業にはIFERC事業協力の下整備されたLIPAC遠隔実験制御室が効果的に活用され、長パルスビーム試運転に向けた調整が進展。
- ▶ 超伝導線形加速器の最終組立に向けて、機器の製作が着実に進んでいることを確認。

② 国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業

- ▶ 新型コロナウイルス感染拡大の影響はわずかであり、事業が順調に進展。
- ▶ ITER遠隔実験センターにおける技術を活用し、ITER機構、IFMIF/EVEDA事業、STP事業との遠隔参加システムの開発に貢献。

③ サテライト・トカマク計画 (STP) 事業 (JT-60SA)

- ▶ JT-60SA統合試験運転において、全てのコイルの超伝導状態へ転移、コイル冷却試験の成功裏の完了、ECRプラズマ生成を成功させるなど、多くのマイルストーン達成を確認。
- ▶ 本年3月に超伝導コイルの一つの給電線に予期せぬ電流の増加が生じ統合調整運転が中断しているが、事象についての根本原因の究明と回復策の検討が進んでいることを確認。

2. その他

- ▶ 六ヶ所サイトにおける欧州研究者、技術者及びその家族への高い水準の生活支援・教育支援に対する青森県及び六ヶ所村の多大な努力に感謝の意を表明。
- ▶ 次回第28回BA運営委員会は、2021年12月に欧州 (イタリア・パドヴァ) にて開催予定。



LIPAC遠隔実験制御室

【参考】ITER(国際熱核融合実験炉)計画等の実施 (Budget for FY2022)

令和4年度要求・要望額 31,360百万円
 (前年度予算額 21,876百万円)

背景・課題

- 核融合エネルギーは
 - 燃料となる資源が海水中に豊富に存在し、少量の燃料から膨大なエネルギーが発生すること
 - 連鎖反応でエネルギーを発生させるものではないため、燃料の供給を止めるとすみやかに反応が停止するという固有の安全性を有すること
 - 地球温暖化の原因となる二酸化炭素を発生しないこと
 等の特徴を有していることから、将来のエネルギー源として、その実現が期待されている。
- これまで国際協力で進めてきたITER計画の進捗も踏まえながら、2020年頃から、核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組が加速、核融合ベンチャーへの投資の活性化により、国際競争の様相に突入している。

➡ **我が国としても核融合発電に必須な機器の研究開発を加速し、諸外国に対する技術的優位性を確保するとともに、産業競争力強化する必要**

【直近の閣議決定文書等における記載】

- 核融合エネルギーについては、トカマクのITER計画や幅広いアプローチ活動の着実な推進と並行して、我が国独自のアイデアに基づくヘリカル方式等の研究を推進し、科学的・技術的実現性の確立を目指す。/「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(令和元年6月11日閣議決定)
- 具体的には、2030年までに、国際連携による小型モジュール炉技術の実証、高温ガス炉に係る要素技術確立等を進めるとともに、核融合研究開発を着実に推進する。/「成長戦略実行計画」(令和3年6月18日閣議決定)
- 多様なエネルギー源の活用のため、「エネルギー基本計画」等を踏まえ、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力、核融合等に関する必要な研究開発や実証、国際協力を進める。/「統合イノベーション戦略2021」(令和3年6月18日閣議決定)

その他、エネルギー基本計画(平成30年7月)や科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月)に記載あり。また、革新的環境イノベーション戦略(令和2年1月統合イノベーション戦略推進会議決定)、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(令和3年6月18日策定)にも記載あり。

目的・概要

～国際協調から国際競争の時代に。核融合発電に向けて機器等の研究開発を加速、産業競争力強化へ。～

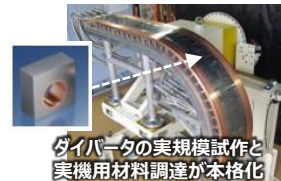
エネルギー問題と環境問題を根本的に解決することから経済安全保障を確保し、カーボンニュートラル実現の鍵として期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉の建設・運転を行うITER計画及び原型炉に向けた先進的研究開発を国内で行う幅広いアプローチ(BA)活動等を、長期的視野に立って実施し、科学的・技術的実現性の確立を目指すとともに、ITER主要機器開発を担当する我が国の技術的優位性を生かし、研究開発の加速、さらには我が国の核融合発電への動きを加速し、関連産業の国際競争力の維持・向上に取り組む。

ITER計画

令和4年度要求・要望額：23,440百万円(17,803百万円)

- 協定：2007年10月発効 ○ 参加極：日、欧、米、露、中、韓、印
- 各極の費用分担(建設期)：

欧州、	日本、	米国、	ロシア、	中国、	韓国、	インド
45.5%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%	9.1%
- ※各極が分担する機器を調達・製造して持ち寄り、ITER機構が全体を組み立てる仕組み
- 計画：運転開始：2025年12月、核融合運転：2035年12月
- 成果：ITERサイトの建設作業が進捗する(2021年5月末時点で約74%)とともに、超大型で高性能の超伝導コイルの実機製作が進むなど、機器製作が着実に進展。
- 2025年の運転開始に向けて超伝導コイル等の製作を着実に進める。



➢ ITER機構の活動(分担金) 5,827百万円 (4,781百万円)
 ➢ 量子科学技術研究開発機構(QST)におけるITER機器の製作試験、人員派遣等(補助金) 17,612百万円 (13,022百万円)
 ※超伝導コイルの実機製作や、他の主要機器の実機製作(設計、試作、試験段階を含む)を継続

BA活動等

令和4年度要求・要望額：7,921百万円(4,073百万円)

- 協定：2007年6月発効 ○ 実施極：日、欧
- 実施地：青森県六ヶ所村、茨城県那珂市
- 計画：フェーズⅠ：2020年3月まで、フェーズⅡ：2020年4月～
- 実施プロジェクト
 - ① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の建設と利用
 - ② 国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)
 - ③ 国際核融合エネルギー研究センター活動(IFERC)
- 成果：令和2年3月にJT-60SAの組立完了するなど、主だった研究環境の整備が進捗。令和2年4月からBAフェーズⅡとしてITER計画を補完・支援する研究成果を創出する段階に移行。
- JT-60SAの運転本格化に必要な経費を計上



➢ QSTにおけるITER計画の補完・支援及び核融合原型炉に必要な技術基盤の確立に向けた先進的研究開発等(補助金)

① 先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の運転と整備	5,277百万円 (952百万円)
② 原型加速器の連続運転に向けた整備等	567百万円 (622百万円)
③ 原型炉設計活動や計算機シミュレーション活動等	2,077百万円 (2,499百万円)

※その他、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)計画(国立大学法人運営費交付金等に別途計上)等を実施

【参考】核融合発電の実現に向けた基幹技術の研究開発 (Supplementary Budget for FY2021)

令和3年度補正予算額(案)： 98億円

背景・課題

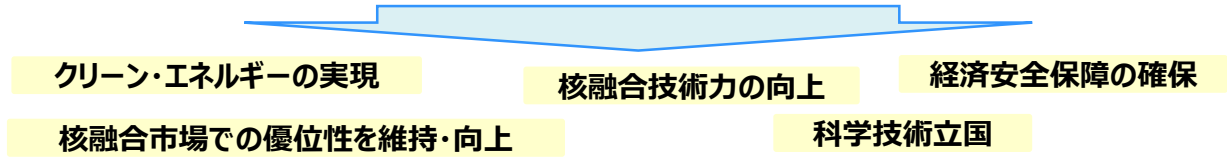
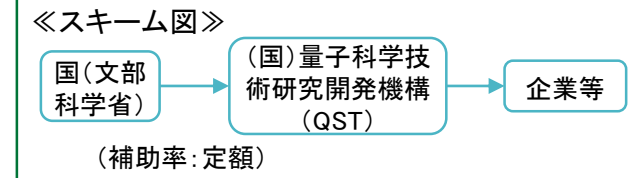
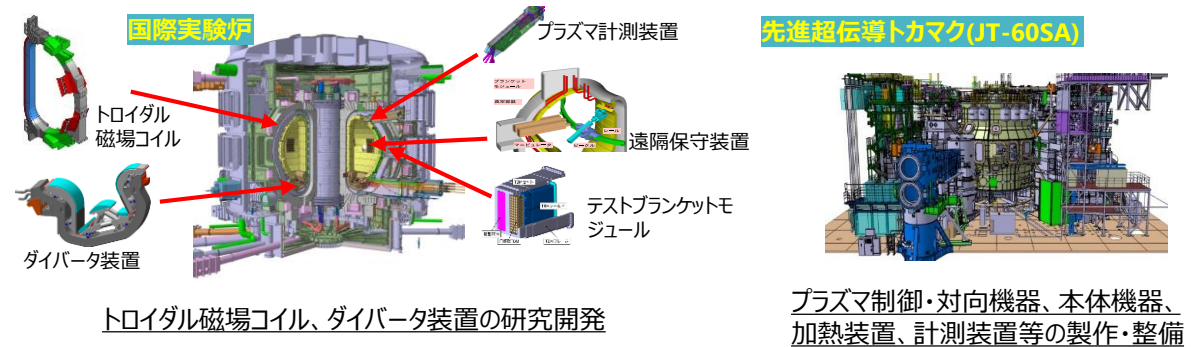
核融合の実用化に向けて、2020年頃から、核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組が加速、核融合ベンチャーへの投資が活性化するなど、国際競争時代へ突入している。我が国としても、国際熱核融合実験炉計画等を活用して研究開発を推進し、国際的な技術的優位性確保と産業競争力強化が必要。

目的、概要

グリーン・エネルギーの実現に向け、科学技術立国・日本として核融合発電に必須の基幹技術を他国に先んじて獲得するために経済安全保障にも資する研究開発を加速する必要がある。そのため国際実験炉計画等を基盤として、日本調達機器である核融合発電に必須の基幹技術の研究開発や炉の小型化に資する研究開発を加速し、核融合の実用化に必須の技術を他国に先んじて獲得する。

事業内容

- ✓ 国際実験炉計画において、日本調達機器の研究開発を加速し、準ホスト国として計画をリードしつつ、核融合の実用化に必須の技術を他国に先んじて獲得 **【60億円】**
- ✓ JT-60SAにおいて、炉の小型化等に資する高圧プラズマの研究開発を実施。世界に先立つ研究開発により、プラズマ運転ノウハウなど、国際実験炉や将来の市場を先導する技術開発に取り組む **【38億円】**



インパクト (国民・社会への影響)

- **次世代の安定供給電源の柱**として期待される核融合の実用化に資するとともに、**国内外の新たな取組や市場※において高い競争力の維持・向上**が可能
※「英国政府の核融合戦略」(2021年10月)によれば、将来的に年間約520~1,670億ポンド(約8~25兆円)の市場規模の見込み。
- 中小企業を含む受注業者への直接的な経済効果が見込まれるとともに**コロナウイルス感染症拡大で停滞する経済の活性化**につながる。
- ダイバータ関連の中小企業等が欧州の研究機関等への材料供給契約を締結した実績があるなど、**日本企業の国際競争力強化に効果的**。
- 極めて高い技術を獲得でき、**他分野への波及効果**が期待できる(例:ダイバータで得られた高い耐熱性に関する製作技術は宇宙産業等に活用可能)。
- JT-60SAのプラズマ加熱運転期間を十分確保し、**核融合の実用化に向けた科学的な成果の創出や人材育成を実施**し、日本が核融合分野での主導権を確保
- JT-60SA整備により、**世界の頭脳を日本に惹きつける国際研究開発拠点に発展**すると期待(将来的には欧州から延べ200人以上/年の研究者が来日見込み)

核融合の実験装置のため、

- ✓ 強い磁場を安定に発生するための**超伝導線**
- ✓ 大型の**超伝導磁場コイル**の製作技術
- ✓ 強力な電磁力による影響を確認する**設計・解析技術**を開発。

大型の超伝導磁場コイル



超伝導線を900本束ねた導体



直径 44mm

<波及効果>

早期難病発見、先進治療の普及、
材料開発・創薬の基礎研究の促進、電力安定供給の高度化

● 医療用MRIの高性能化・量産化

高い三次元解像度を持つ「MRI顕微鏡」の実現

● 粒子線がん治療装置の開発

重粒子線治療装置の小型化

● 核磁気共鳴装置(NMR)の開発

材料開発・創薬用高磁場NMRの小型化・低価格化

● 電力貯蔵システムの開発

MW級の瞬停補償、系統制御の実現



医療用MRI



電力貯蔵システム (イメージ)
(提供：東芝エネルギーシステムズ)



小型NMR装置



- 電気自動車だけでなく、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車や家庭・再生エネ用蓄電池に必要な**大型リチウム電池の市場は急拡大**。
- 海外リチウム生産量には限界があり、遅くとも2030年には需給バランスが崩れ、**リチウム資源が枯渇する予測**。

リチウム生産性を大幅に高める新技術「LiSMIC*」を開発



JOGMEC
委託事業

目標：電池原料の炭酸リチウム

輸入価格約1,500円/kg ⇒ **製造コスト約300円/kg**

QSTアライアンス

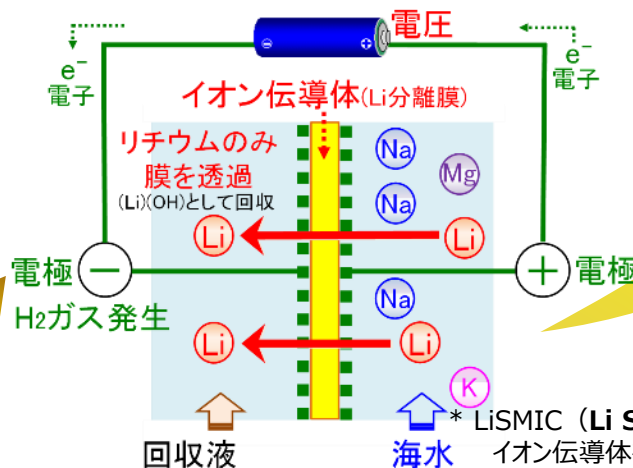


LiSMICにより、リチウム資源の枯渇問題を解決へ

海水、塩湖かん水



使用済リチウム電池



電池の原料となる
高純度リチウム

* LiSMIC (Li Separation Method by Ionic Conductor)
イオン伝導体をLi分離膜とし、Liのみを選択的に回収する技術

核融合科学技術委員会

- ・原型炉開発に向けた技術基盤構築のための体制整備について
- ・トカマク方式以外の核融合研究の在り方について
- ・原型炉開発ロードマップの策定

政策提示・評価

活動方針提示・
各要素技術の状況把握

原型炉概念設計

原型炉合同特別チーム

@QST六ヶ所研究所

QST, NIFS, 大学, 企業

- ・関連学協会と連携しつつ、原型炉概念に必要な様々な技術要素の基盤構築を目指す

原型炉開発総合戦略TF

- ・原型炉開発に向けたアクションプランの策定
- ・原型炉設計合同特別チーム等の進捗状況の把握・助言等
- ・技術基盤構築の進捗状況及び課題解決への取組の取りまとめ

情報共有・要請等

連携

公募テーマの提案・了承

原型炉に向けた共同研究

共同研究ワーキンググループ

TF, QST, NIFS, 大学, 特別チーム

- ・原型炉研究開発体制強化のための大学等の連携強化

アクションプランの策定・承認

2017年12月

➤ 「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」策定

➤ 「原型炉開発アクションプラン」改訂

※科学技術・学術審議会 核融合科学技術委員会

2018年7月

➤ 「原型炉研究開発ロードマップについて(一次まとめ)」策定

※科学技術・学術審議会 核融合科学技術委員会

原型炉段階への移行に向けた考え方

➤ ITERの核融合運転(DT)が見込まれる2030年代に原型炉移行判断

➤ 原型炉段階移行時に、実用炉段階で経済性を達成できる見通し

➤ 中間チェック・アンド・レビュー(C&R)を2回に分けて実施

#1 C&R JT-60SAの運転開始の頃に、実施予定。

核融合科学技術委員会(第10期) 令和元年度 アクションプランの進捗状況確認

令和2年度 第10期における進捗評価の取りまとめ

第1回C&Rに向けた検討

核融合科学技術委員会(第11期) 令和3年度 第1回C&Rに向けた検討

(核融合科学技術委員会で第1回C&R)

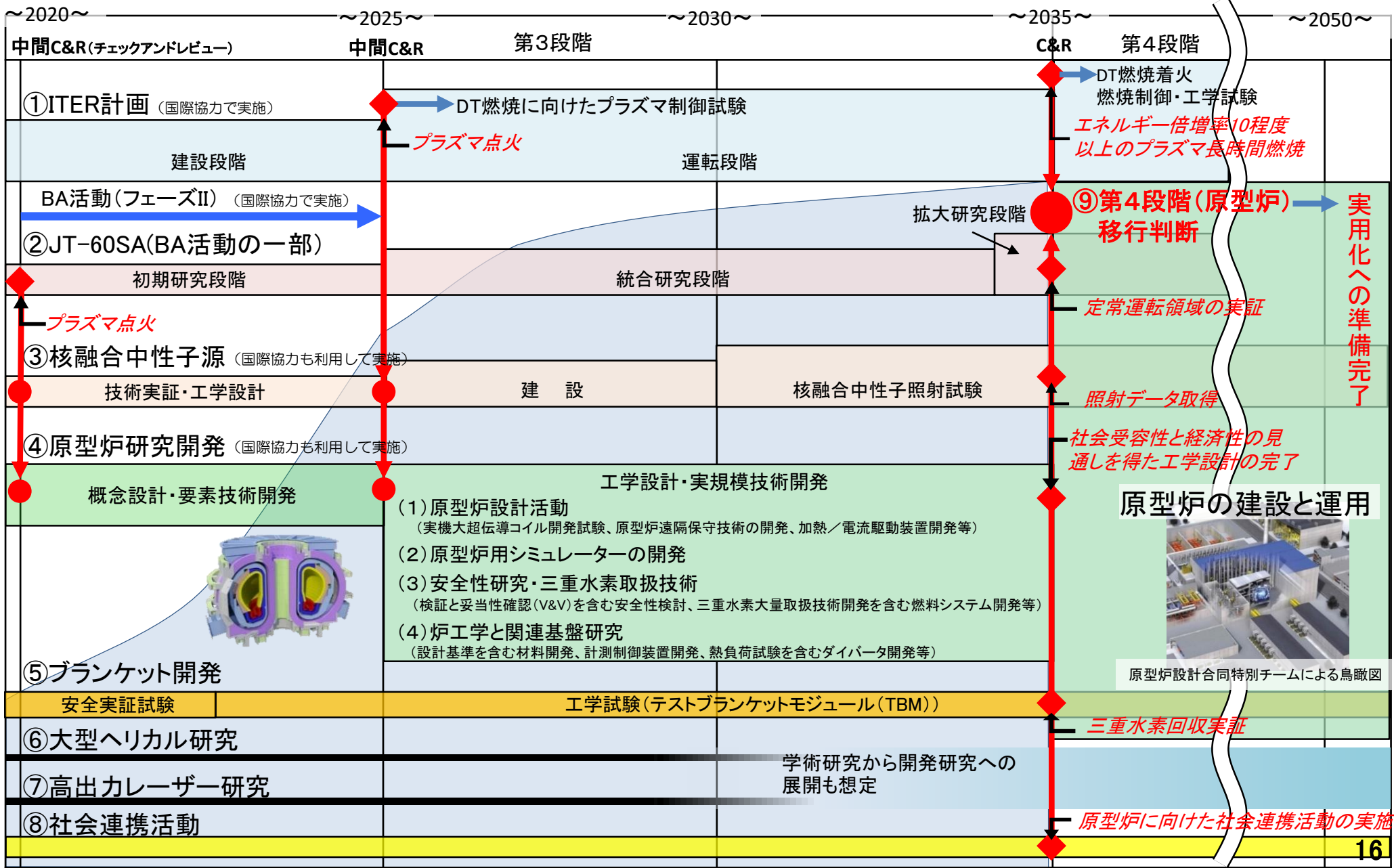
#2 C&R ITERのFP(2025年) から数年以内

*原型炉工学設計・必須のコンポーネントの工学開発活動開始も判断

➤ 産業界の意見を踏まえ、また主要国の政策動向を注視しつつ対応

原型炉研究開発ロードマップ (Roadmap toward Fusion DEMO Reactor)

- ◆ 目標達成が求められる時点 ▲ 達成すべき目標
- 次段階への移行判断が求められる時点
- ロードマップ遂行に必要なアクティビティの指標



核融合エネルギー開発の推進に向けた人材の育成・確保について (Training and securing of personnel for the promotion of fusion energy developments)

▮▶ 長期的な計画に基づき、原型炉開発を担う人材を継続的・安定的に育成・輩出し、その人材を確保し、さらに育成する環境整備が必要

大学院教育

博士課程学生を増加させるため、学術研究を推進し、基礎研究環境の維持・充実が必要

▶▶ 広範で多様な専門を習得する教育プログラムの構築や、ものづくりやシステム統合を経験するための産学の連携

人材流動性

ITER計画・BA活動と国内研究開発を連携させ、知の循環システムとして発展させることが必要

▶▶ ITER機構を含む、産学で広範囲な人材流動性構築と、魅力的なキャリアパスの確立

アウトリーチ

子供を含む広い世代に対する、核融合研究開発への興味喚起と相互理解が必要

▶▶ 即戦力・将来の人材の確保、並びに核融合の社会受容性向上の観点から、アウトリーチなどの社会連携活動

1. 現状

- ITER機構では、今後、現地における組立作業が本格化する中で、高い技術力や経験・ノウハウを有する人材がこれまで以上に必要となっているが、ITER機構職員1016名（2021年10月末時点）のうち、日本人職員の割合は加盟極中で6位（38名、3.7%）。

EU	中	印	日	韓	露	米	計
703	88	26	38	56	68	44	1023
68.7%	8.6%	2.5%	3.7%	5.5%	6.6%	4.3%	100%

- 日本人職員増のため、2017年4月にQSTに「ITER連携推進グループ」を新たに設置し、人材派遣企業との連携による企業からの職員派遣の働きかけなど、取組を強化。
- QSTでは、応募書類の添削、面接トレーニングや現地支援まで応募者を幅広くサポート。

2. 日本人職員の詳細

- ITER機構職員（直接雇用職員※1）：

計38名

（うちProfessional Staff：35名、Support Staff：3名）

- IPA（ITER Project Associates）スタッフ※2：

計10名



©（国研）量子科学技術研究開発機構

※1 最大5年間（更新可）

※2 「ITERプロジェクトアソシエイト計画」（2015年7月機構長決定）及び「ITER機構とQSTとの実施取決め」に基づき、ITER機構に派遣されるスタッフ。

- ・スタッフの位置づけ：派遣元機関の被雇用者

- ・派遣期間：原則4年未満

- ・ITER機構からの支援：赴任等手当、PACA（マノスク）国際学校への入学資格の付与

ITERプロジェクトアソシエイト(IPA)等について (ITER Project Associates (IPA))

1. 概要

現在の勤務先を退職せず、QSTに出向した上で、ITER機構で勤務する仕組み。

最先端の技術に触れ、多様な技術者・市場関係者と交流する機会であるとともに、多国籍・英語使用という環境を通じて国際交渉・マネジメントを経験する機会。

- ・求められる経験：プラント技術、人事、広報、調達、法務、知財等
- ・派遣期間：原則4年未満
- ・ITER機構からの支援：赴任等手当、PACA(マノスク)国際学校への入学資格の付与
- ・QSTからの支援：給与、応募時・滞在時のサポート

2. 応募方法

ITER国内機関(QST)窓口に、履歴書・経歴書を添えて、連絡

※窓口 (ITER Japan) E-mail : jada-recruiting@iter.jp TEL : 029-270-7739

3. PACA(マノスク)国際学校について

概要: ITER協定に基づき、各極から集まるITER機構職員の子弟に教育を提供するため、フランスがマノスク市に設置した国際学校

形態: フランスの公立学校 (授業料は無料)

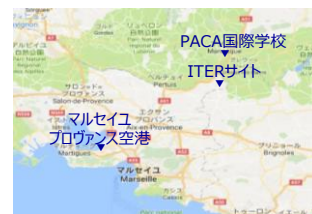
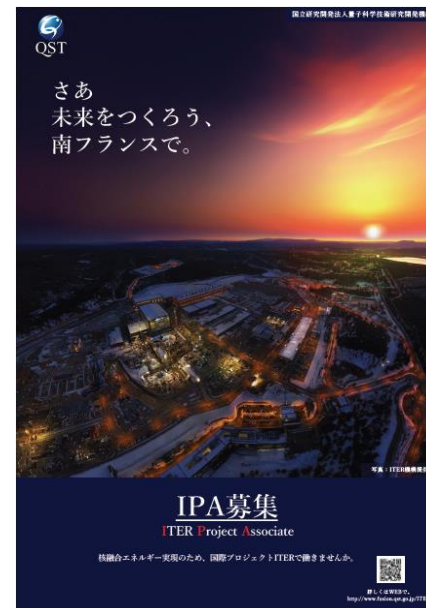
学校種別: 幼稚園、小学校、中学校、高等学校

学校年度: 9月1日 ~ 8月31日

特徴: フランス語教育を基本としつつも、日本語等の各言語セッションも設けたインターナショナルスクール

○日本語セッション児童生徒数 (2021年10月時点)

種別	幼稚園部 (4~6歳)	小学部 (7~11歳)	中学部 (12~15歳)	高等部 (16~18歳)	合計
日本語 セッション 児童生徒数	10	14	9	9	42



2022年ITER機構 インターンシップ募集について (2022 ITER Internship Program)

【背景】

様々な分野の学生、大学院生が ITERにおける実践的な仕事を通して、今までの教育的経験で得た知識を活用できる枠組みを提供。

【目的】

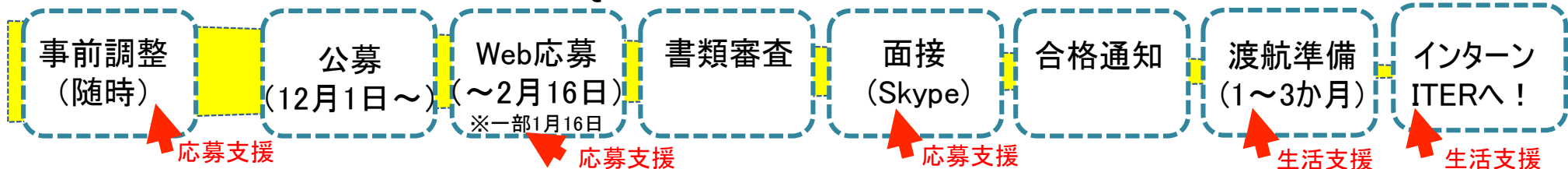
・国際的な科学と多様な文化的環境下で、実務経験を積む。



【応募の枠組み】

カテゴリー	対象	期間	手当
A	修士課程最終学年	6か月以内 (1年まで延長可)	1300ユーロ/月 ※5ヶ月未満の場合は650ユーロ/月 ※2ヶ月未満の場合は手当なし
B	学部2年生以上	6か月以内 (1年まで延長可)	650ユーロ/月 ※2ヶ月未満の場合は手当なし
C	高校生(国際学校等)	1~4週間	無し
S	博士課程・一般	最大4年 (個別に相談可能)	個別に対応

■ 応募の流れ ITER 日本国内機関 (QST) が窓口となり、テーマの選択支援、応募支援を実施。



2022年インターンシップは2022年2月16日まで募集中(一部1月16日締め切り有り)

- 詳細は...
- 核融合実験炉ITER日本国内機関・量子科学技術研究開発機構HP インターンシップ募集
https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/internship_program.html
 - ITER機構 インターンシップ募集 (英語)
<https://www.iter.org/jobs/internships>

インターン紹介動画等を掲載



<https://youtu.be/M4As3d7JAOI>

2022年 モナコ公国/ITER機構ポスドクフェローシップ募集について (MONACO/ITER Postdoctoral Fellowships 2022)

【背景】

若手研究者が21世紀の科学技術分野で最も挑戦的なプロジェクト、かつユニークな国際的枠組みの中で核融合科学技術分野の先進的な専門家と密に働ける機会を提供したい

【目的】

ITERの枠組みにおいて核融合科学技術の著しい研究成果を上げること。



【応募資格】

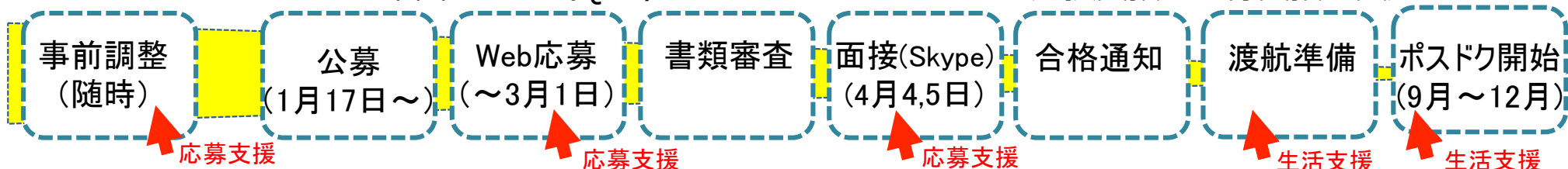
- ✓ ITERメンバー国の国籍を有すること、またはモナコ公国の国民であること。
- ✓ 「博士」の学位を2019年1月以降取得済、またはポスドクフェローシップ開始前までの取得が見込まれる方。

【公募テーマの一例】

- 制御技術
- プラズマ対向機器・材料・構成
- 燃焼プラズマ物理学(閉じ込め、安定性、プラズマ壁相互作用、制御、エネルギー粒子物理学)
- 加熱電流駆動物理・技術
- 核融合プラズマ計測
- 超伝導マグネット技術
- 電気工学
- 機械工学/構造解析
- 遠隔保守技術
- 真空技術及びプラズマ燃料技術
- 低温工学
- トカマクオペレーション
- 三重水素の増殖・取扱技術
- 熱水力学

具体的なテーマは1月17日以降ITERウェブサイトにて公開予定

■ **応募の流れ** ITER 日本国内機関 (QST) が窓口となり、テーマの選択支援、応募支援を実施。



応募期間：2022年1月17日~3月1日

- 詳細は・・・
- ITER機構日本国内機関・量子科学技術研究開発機構HP モナコ公国/ITERポスドク募集 <https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/PostDoc.html>
 - ITER機構 モナコ公国/ITERポスドク募集 (英語) <https://www.iter.org/monaco2022>

2020年ポスドク紹介動画(Youtube)



<https://www.youtube.com/watch?v=WNpt1IFWchs>

核融合のアウトリーチ活動 (Outreach Activities on Fusion Energy)

アウトリーチヘッドクォーターの設置

■ 目的

戦略的なアウトリーチ活動を立案し、機動的に推進することを目的として、核融合エネルギーに関するアウトリーチヘッドクォーターを設置（平成31年2月）。

■ 活動方針

一般国民・産業界・学術コミュニティなど、異なる対象に合った多様なアプローチ、いわゆる「刺さる」アプローチを戦略的に進める。

■ 実施体制

- 核融合科学技術委員会
- 原型炉開発総合戦略タスクフォース
- 文部科学省
- 量子科学技術研究開発機構
- 自然科学研究機構核融合科学研究所
- 大学等

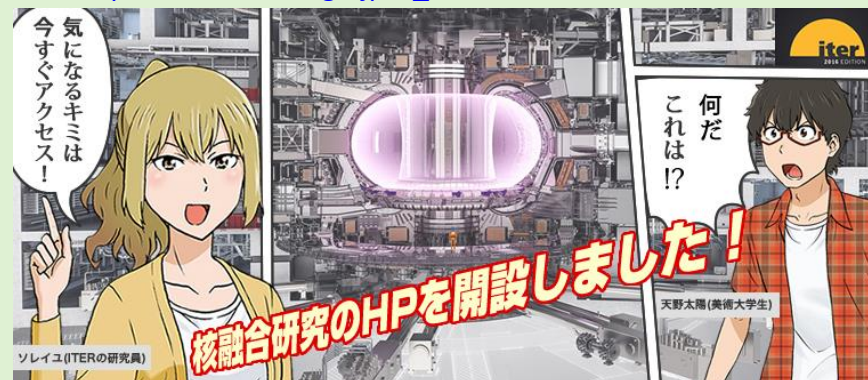
の若干名で、情報共有や意見交換を実施。

⇒コミュニティ全体が一体感を持って活動していくことを念頭に、プラズマ・核融合学会誌において、コミュニティからの要望や企画等を募集。

具体的な活動

■ 核融合研究のホームページ開設

https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/fusion/



- ◆ 核融合エネルギーを理解する10のキーワード
 - ◆ 国内装置のPhoto Gallery
 - ◆ 研究者・技術者・企業の皆さんからのメッセージ、キャリアパス紹介
 - ◆ 国内の研究所見学
 - ◆ プラズマ・核融合を学べる大学一覧 (NIFSのHP)
 - ◆ 関連施策 など
- スマートフォンからも閲覧可能→



■ 高校生向け

ITERサイトツアー企画

■ 大学生向け

ITERインターンシップ周知

■ H Q有志による

核融合書籍出版



SSH・SGH・高専等に配布



体験談や応募の流れを掲載



核融合のきほんを図解で説明

まとめ (Summary)

原型炉を実現し、核融合エネルギーの実用化を目指すために、

➤ ITER計画、BA活動の着実な遂行

- ITER計画における2025年FP、2035年DTの達成
- BAフェーズⅡ(2020年4月以降)の本格運用 (IFMIF/EVEDA、IFERC、JT-60SA)

➤ 中長期的視点に立ち、原型炉を見据えた研究開発・人材育成の展開

- 原型炉段階への移行判断に向けた、チェックアンドレビューの実施
- 産学官が一体となり、人材流動性を確保した人材育成
- 戦略的なアウトリーチ活動の展開・体制整備



ご清聴、ありがとうございました。

Thank you for your kind attention.

