

「ITER計画(建設段階)等の推進のうち 幅広いアプローチ(BA)活動 (フェーズII)」について

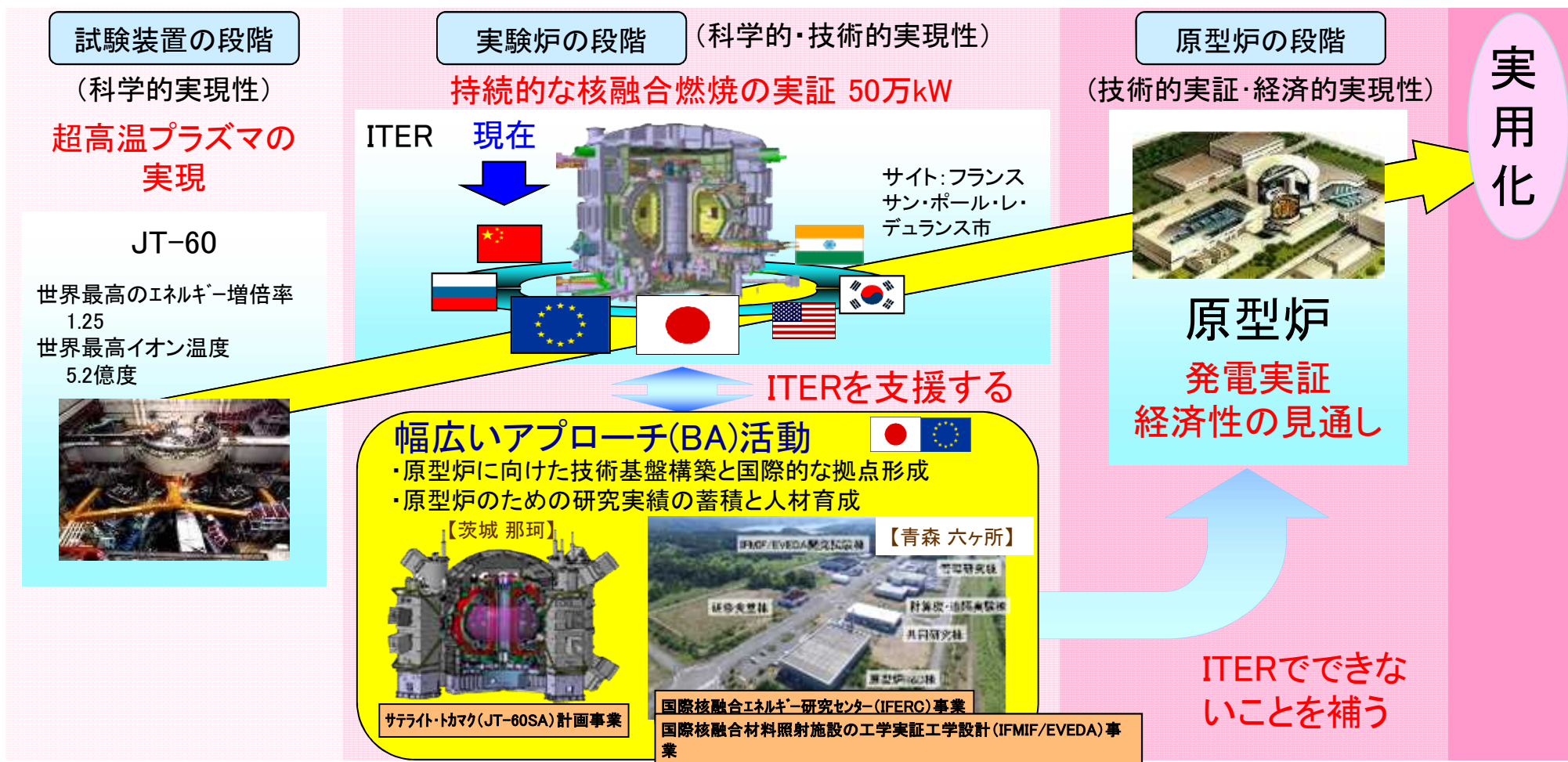
平成31年2月14日

令和元年5月15日一部修正

文部科学省 研究開発戦略官
(核融合・原子力国際協力担当)

我が国の核融合研究開発におけるBA活動の位置づけ

- 核融合エネルギーの科学的・技術的実現可能性の実証、及び原型炉建設判断に必要な技術基盤構築を進めるために、ITER計画及び核融合エネルギーの研究分野における幅広いアプローチ(BA)活動を国際共同で実施。
- BA活動は原型炉の早期実現のため、ITER計画を支援・補完。日本の実施機関として量子科学技術研究開発機構が指定されている。



政策文書におけるBAフェーズIIの位置づけ

「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」(平成29年12月18日 核融合科学技術委員会)(主な抜粋)

- 原型炉計画を中心とする第四段階は、核融合エネルギーの「技術的実証・経済的実現性」を目指すものである。それへの移行に向けて、現在最も開発段階の進んだトカマク方式を炉型として、第四段階への移行条件を満足させる技術課題の達成をコミュニティ全体の共通目標として定める。技術課題を達成し、原型炉に向けた技術基盤を構築する上で、ITER計画・BA活動は最も大きな柱である。
- 開発リスクやコストを低減する上で、ITER計画・BA活動を含めた国際協力は大変有効である。わが国単独で進める課題と、国際協力で進める課題の区分は、保有すべき技術の戦略や課題の優先度、国内研究開発との相補性や、他国の開発状況を分析して決定する。そして、それらをアクションプランやロードマップに反映させる。また、国際貢献の観点から、我が国の高い研究開発ポテンシャルと人材を活用し、ITER計画や様々な国際的な取組に積極的に参画して、世界の原型炉開発の中で主導的な役割を果たして行く。ITER計画・BA活動を通して原型炉の技術課題解決が進むよう、我が国はITER計画・BA活動をリードすべきである。運営面も含めたITER計画・BA活動での実績・経験の蓄積は、その後の国際共同開発の実施にも資するものである。



「原型炉研究開発ロードマップについて(一次まとめ)」(平成30年7月24日 核融合科学技術委員会)(主な抜粋)

② 幅広いアプローチ活動 フェーズII (国際協力で実施)

我が国は、ITER計画を補完・支援することで原型炉に必要な技術基盤を確立するために、欧州との国際協力プロジェクトとして幅広いアプローチ(BA)活動を実施してきた。

これまでの取組みにより、2020年3月までに、青森県に国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)が国際的な核融合原型炉開発のための研究開発拠点として確立されるとともに、国際核融合材料照射施設(IFMIF)の開発に必要な不可欠な原型加速器が完成し、茨城県に世界最高水準の先進超伝導トカマク装置JT-60SAが完成する予定である。これまでBA活動で得られた成果を基に、研究環境の整備完了により、今後は、さらに幅広い研究成果を創出する段階となっている。

本活動は、欧州においても、国際協力の好事例と認識されており、2020年4月以降の活動を、BAフェーズIIとして位置づけ、現在、実施計画等を、日欧間で検討している。日欧で実施することを想定している具体的な取組み内容は、

【IFERC】原型炉設計活動やそれに必要なR&D、計算機シミュレーション、遠隔実験の準備等の実施

【IFMIF/EVEDA】原型加速器の長期連続運転に向けた高度化、これまでの活動を踏まえた核融合中性子源の概念設計等

【JT-60SA】ITERや原型炉のための運転シナリオ開発等及びそれに必要な装置の高度化

である。こうした取組みは、原型炉に向けた設計・開発活動として大きな役割を果たす。とりわけJT-60SAの建設を2020年3月までに完了し、その後の初プラズマ点火を着実に実現し、初期研究段階に移行することが必要である。その後ITERの技術目標達成のための支援研究や、原型炉に向けたITERの補完研究を実施する統合研究段階を経て、高性能定常プラズマの長時間維持を目指す拡大研究段階へと展開し、定常運転領域を実証することが重要である。

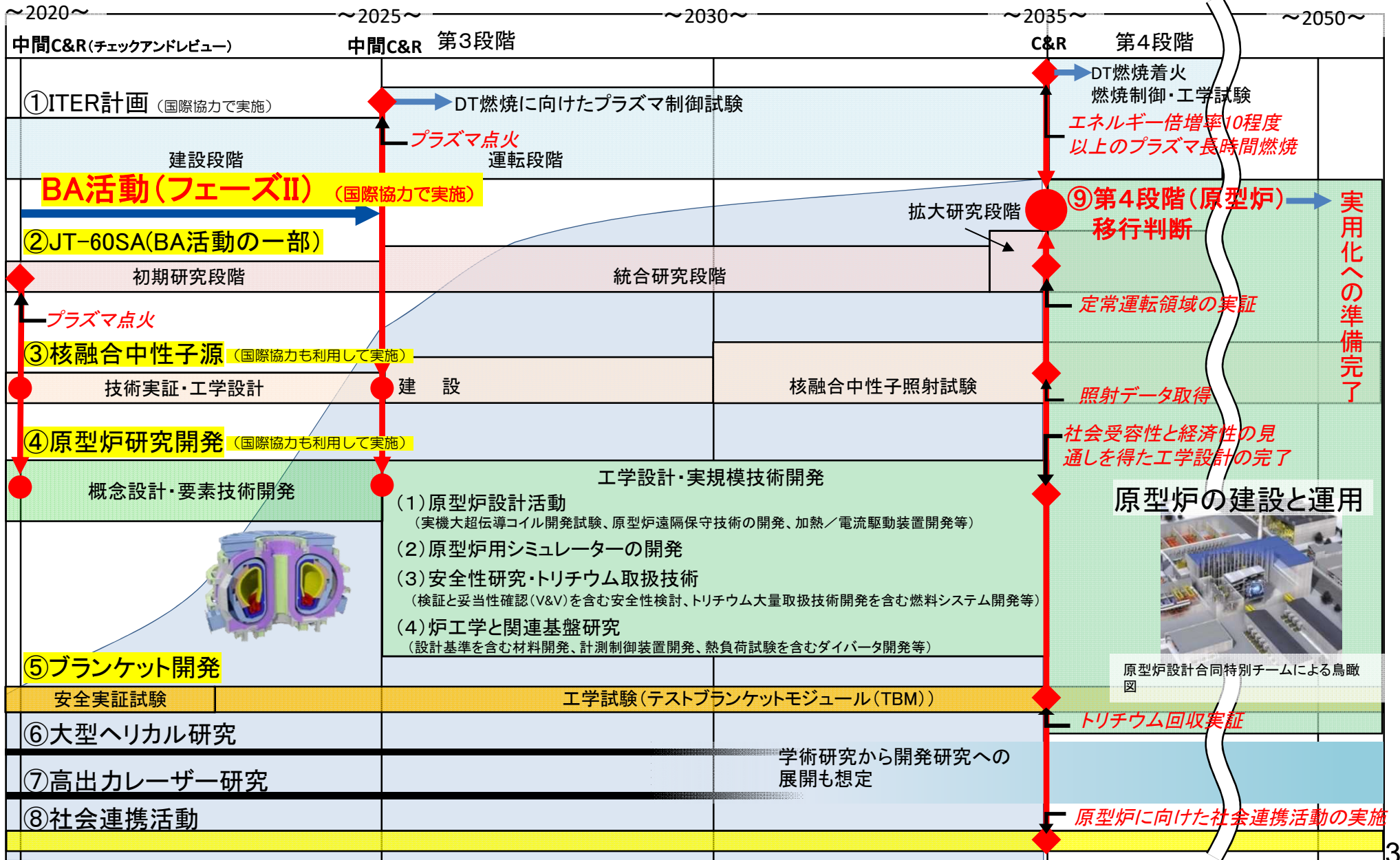
なお、JT-60SAは、トカマク国内重点化装置計画にも位置づけられる装置であり、国内の研究者コミュニティが、実施機関である量子科学技術研究開発機構とともに、JT-60SAを利用した研究計画を共同企画・立案しつつ実施していくことも重要である。

原型炉研究開発ロードマップにおけるBAフェーズIIの位置づけ

BAフェーズII関係箇所には黄色マーカー

凡例

- ◆ 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
- 例: ロードマップ遂行に必要なアクティビティの指標



幅広いアプローチ（BA）活動の概要

- 核融合エネルギーの早期実現を支援する活動として、日欧で3つの事業を共同で実施
- 期間：フェーズI(2007年6月～2020年3月)、フェーズII(2020年4月～)【検討中】

茨城県那珂市

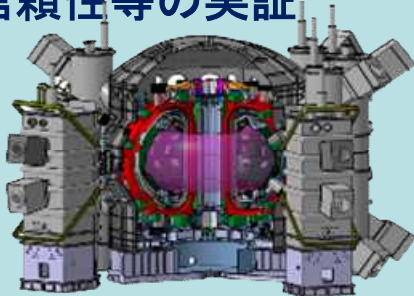
サテライト・トカマク
(JT-60SA)計画事業※

ITERの支援研究

ITERでの研究に先立ち、
プラズマ生成法を準備

原型炉のための
挑戦的研究

ITERでできない高出力運転
の信頼性等の実証



※トカマク国内重点化装置計画との共同プロジェクトとして実施

青森県六ヶ所村

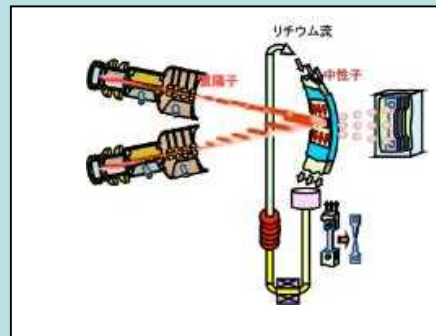
国際核融合材料照射施設
の工学実証工学設計
(IFMIF/EVEDA)事業

要素技術の工学実証

核融合材料の中性子照射施設
に必要な、原型加速器とリ
チウムターゲットの工学実証

IFMIFの工学設計

実証データに基づく工学設計



国際核融合エネルギー研究
センター(IFERC)事業

原型炉設計・研究開発

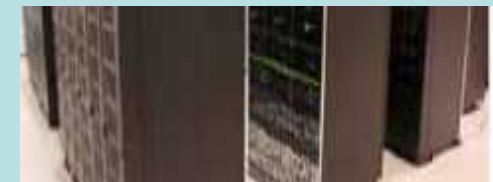
発電のための技術の研究開発



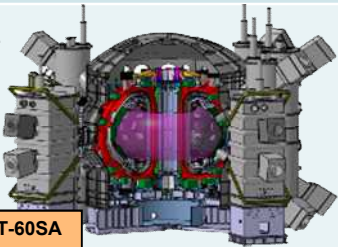
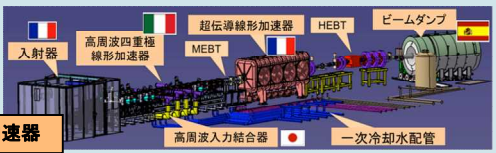

ITER遠隔実験

ITER遠隔実験センターの整備

計算機シミュレーション



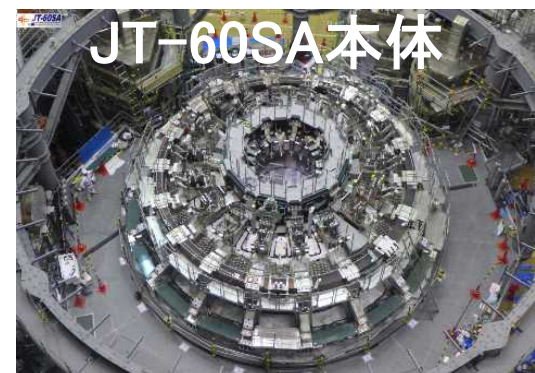
フェーズIの主要な成果とフェーズIIの主要な目標

	BAフェーズIの主要な成果(予定)	BAフェーズIIの主要な目標
<p>全般的考え方</p>	<p>BA活動に必要となる主要な研究環境の整備を完了。</p>	<p>フェーズIで整備した研究環境を活用するとともに、装置の性能等を高め、ITER計画を補完・支援する優れた研究成果をあげる。</p>
<p>サテライト・トカマク (JT-60SA) 計画事業</p>	<p>世界最高水準の先進超伝導トカマク装置JT-60SAの完成</p>  <p>先進超伝導トカマク装置JT-60SA</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「ITER支援」としてITERファーストプラズマ時のコミッショニングや、プラズマ制御性向上に貢献 原型炉研究開発ロードマップの履行や原型炉移行判断に必要な実証実施に向けて前進
<p>国際核融合材料照射施設の工学実証工学設計 (IFMIF/EVEDA) 事業</p>	<p>国際核融合材料照射施設(IFMIF)の開発に必要な不可欠な原型加速器等の完成各機器組立てを完了</p>  <p>IFMIF/EVEDA原型加速器</p>	<ul style="list-style-type: none"> 原型加速器を完成し、高精度信頼性等の実証のために連続運転ができるよう高度化を図るほか、リチウムループにおける不純物除去システムの開発を行う また、将来の中性子源に向けて必要な概念設計及び工学設計を行う
<p>国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業</p>	<p>国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)が核融合エネルギー開発の拠点として形成され、着実に成果を創出</p>  <p>国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)事業</p>	<ul style="list-style-type: none"> 予備的な原型炉設計活動と研究開発活動を完了 ITER実験、原型炉設計のためのシミュレーションコード群の開発を着実に進展 ITER遠隔実験に向けた環境を整備

フェーズの進行

サテライト・トカマク計画事業の現状

- 超伝導トカマク装置JT-60SAを建設して、大きさがITERの約半分という機動性や、実燃料を用いず発生する放射線量が低いという利点を活かし、ITERを用いた研究等に資するデータを取得する予定。
- 2018年7月までに日欧合計30件（日本調達分17件、欧州調達分13件）、全ての物納貢献分に対して調達取り決めを締結。
- JT-60SA組立を2020年3月に完了し、初プラズマの生成を2020年9月に行うべく、機器製作及び組立・設置作業を進めている。



電源機器

冷凍機システム

中性粒子 ビーム

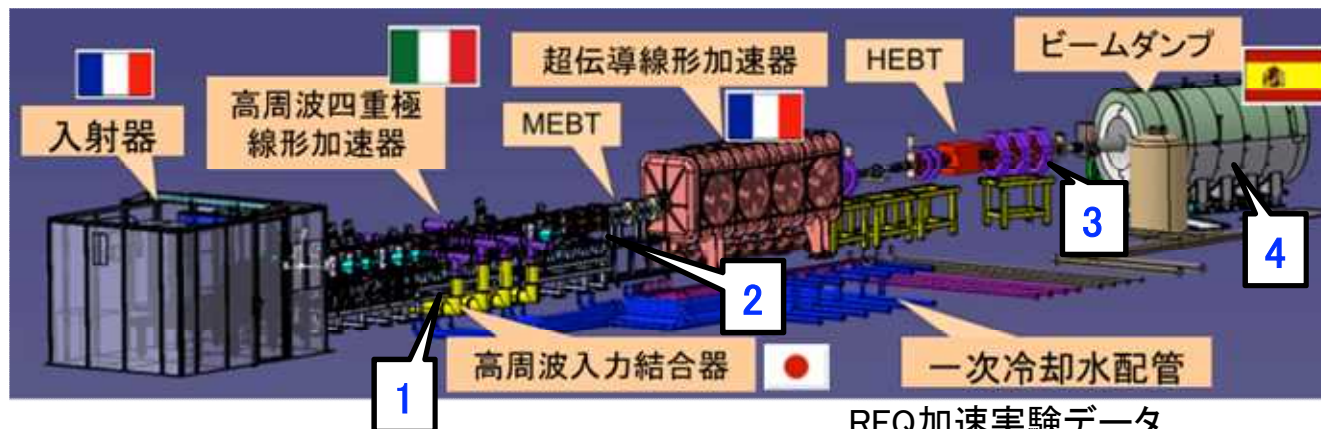
高周波 加熱

現状(2018年9月現在) 計測装置等 リサーチプラン

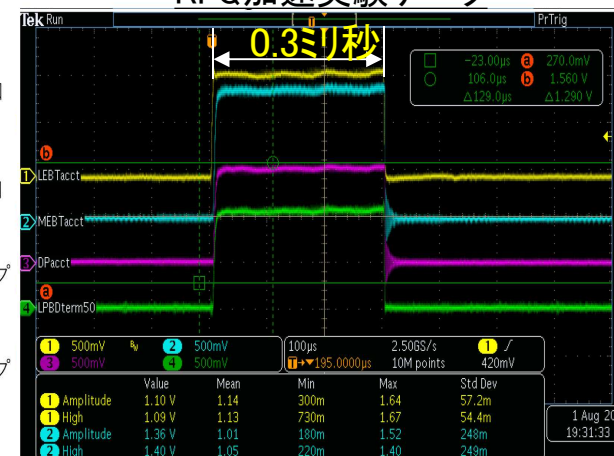


IFMIF/EVEDA事業の現状

- ◆ 原型炉用の材料開発のためには、原型炉と同様の高エネルギー中性子照射環境での開発・検証が必要。そのため中性子源の開発に向けて、高性能原型加速器を製作して技術実証等を行う。
- ◆ 現在、原型加速器の据付・調整が完成目前であり、2018年6月には、8系統高周波源を用いた高周波四重極線形加速器による陽子ビーム加速試験に世界で初めて成功
- ◆ 2019年は、超伝導線形加速器を含む**全機器の組立てを完成させて据え付け**、各機器を用いた**統合試験を実施する原型加速器全体を完成させる**予定。



RFQ加速実験データ



50keVのエネルギーの入射ビームがRFQで加速され2.5MeVになって出力(陽子ビーム電流25mA)。



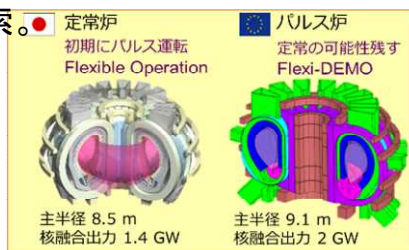
現状(2018年6月現在)

IFERC事業の現状

- ◆ IFERCは、原型炉設計・研究開発、遠隔実験、計算機の各センターから構成され、これらセンターを六ヶ所サイトに集積した相乗効果も生み出しつつ、核融合エネルギーの実現に向けた研究開発を実施。
- ◆ さらに、同じ敷地に設置された原型炉設計特別チームなど、日本国内の活動にも成果が波及。

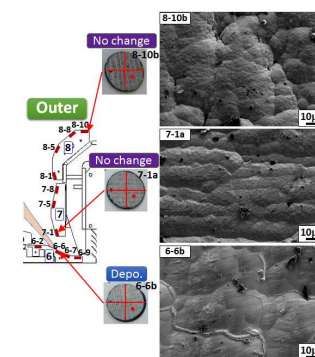
原型炉設計活動

- ◆ 原型炉を構成する技術要素案を日欧共同で検討
- ◆ ダイバータ、遠隔保守などの重要な技術課題の検討を行うほか、原型炉基本概念を探索。
- ◆ 日欧共同による設計報告書を、2020年3月までにまとめる予定。



原型炉に向けた研究開発

- ◆ 原型炉に必要となる重要機器の設計活動、研究開発が進展。
- ◆ 例えば、トリチウム技術の開発のため、英国にあるトカマク装置JETのタイル試料を六ヶ所施設に搬入し分析。ITERや原型炉でのトリチウム計量管理にとって貴重なデータを取得。



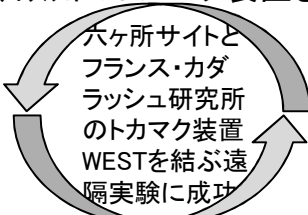
JETダイバータ外側タイルの表面観察結果の例

遠隔実験センター

- ◆ 六ヶ所サイトとITER等を高速インターネットで接続、六ヶ所に居ながら遠隔実験を可能にするシステムを整備。2017年から、遠隔実験の実証試験を開始。
- ◆ 2018年11月には、欧州のトカマク装置を用いた遠隔実験に成功



WEST(フランス)



遠隔実験センター(六ヶ所)

計算機シミュレーション

- ◆ 日欧の研究者による600編以上の学術論文刊行に寄与したスパコン「六ちゃん」の運用を2016年末に終了。
- ◆ 六ヶ所研に新たなスパコンが導入され、2018年7月に本格運用を開始。



旧スパコン「六ちゃん」

新スパコン「六ちゃん-II」

BAフェーズIIのスケジュール（検討中）



文部科学省

第2回中間チェックアンドレビュー
(2025年から数年以内)

