

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
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(第21回)
議事次第

1. 日時：令和2年10月15日(木) 15:00~17:00

2. 開催方法：オンライン開催

3. 議題：

- (1) 令和3年度核融合関係概算要求について
- (2) 第25回BA運営委員会の結果及びBAの状況報告
- (3) 原型炉に向けた技術基盤構築の進捗状況について
(社会連携の進捗状況に係るヒアリング)
- (4) アクションプランの進捗状況調査ーその1(方針確認)
- (5) 原型炉研究開発体制の強化のための大学等の連携強化について(非公開)

4. 配布資料：

- 資料1 令和3年度核融合関係概算要求の概要
- 資料2 第25回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の結果概要及びBA活動の現状
- 資料3 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の活動報告
- 資料4 チェックアンドレビューに向けたアクションプランの進捗状況調査について(案)
- 資料5 原型炉研究開発体制の強化のための大学等の連携強化について(非公開)

令和3年度 核融合関係概算要求の概要

文部科学省 研究開発局
研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当） 岩渕秀樹

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。

【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)
 - ビッグサイエンスに関しては、核融合分野のITER計画等や宇宙・海洋分野等の大型国際共同研究プロジェクトについて、長期的視野に立ちつつ、投資に見合った研究開発成果が得られるよう、戦略的に取組を推進する。/「統合イノベーション戦略」(令和2年7月17日閣議決定)
- その他、エネルギー基本計画(平成30年7月)や科学技術基本計画(平成28年1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)にも記載あり。

目的・概要

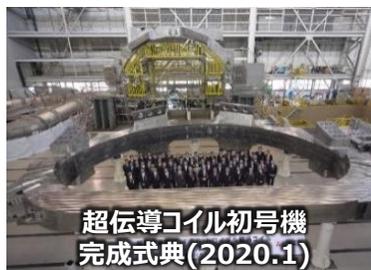
エネルギー問題と環境問題を根本的に解決するものと期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉の建設・運転を行うITER計画及び原型炉に向けた先進的研究開発を国内で行う幅広いアプローチ(BA)活動等を、長期的視野に立って計画的かつ着実に実施し、科学的・技術的実現性の確立を目指す。

ITER計画

- 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(2020年7月時点で約70%)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



実験炉ITER
(フランスに建設中)



超伝導コイル初号機
完成式典(2020.1)



中性粒子加熱試験施設
高電圧機器



ITER機構提供
ITERサイトの建設状況(2020.3)

令和3年度要求・要望額：22,711百万円(16,494百万円)

- ITER機構の活動(分担金) 4,856百万円(5,181百万円)
 - 量子科学技術研究開発機構(QST)におけるITER機器の製作や試験、人員派遣等(補助金) 17,855百万円(11,313百万円)
- ※超伝導コイルの実機製作、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

ITER(国際熱核融合実験炉)計画等の実施(2)

BA活動等

- 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国際核融合エネルギー研究センター活動(IFERC)
 - ②先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の建設と利用
 - ③国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)
- 成果：令和2年3月にJT-60SAの組立が完了するなど、主だった研究環境の整備が進展。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。



令和3年度要求・要望額：5,865百万円(4,854百万円)

▶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原型炉設計活動や計算機シミュレーション活動等 | 2,499百万円（2,452百万円） |
| ②先進超伝導トカマク装置(JT-60SA)の運転と整備 | 2,743百万円（1,779百万円） |
| ③原型加速器の連続運転に向けた整備等 | 622百万円（622百万円） |

事業概要

核融合エネルギーは 将来の核融合炉の早期実現のため、定常運転が原理的に可能なヘリカル型装置で高温プラズマを実現することにより、超高性能プラズマの定常運転の実証をする。これとともに、学術的に未解明な現象の探求とその体系化を図る。

そのために、プラズマを長時間保持できる大型ヘリカル装置（LHD）で重水素を使用した高温プラズマを実現させ、定常運転の実証による研究の推進を行う。

基礎データ

- 建設：LHD 約507億円（1990～1997年度、8年計画）
- 実験：1998年度から本格実験を開始
- 共同利用研究者数：1,592人※2019年度実績

実施体制

- 事業実施主体：自然科学研究機構核融合科学研究所
- 連携研究機関：筑波大学プラズマ研究センター、京都大学エネルギー理工学研究所等 国立大学等66機関、公立・私立大学54機関、外国機関56機関等(合計243機関)

主な成果

- 2008年度：核融合炉に必要なプラズマ密度の条件を10倍以上上回る 1,200兆個/cm³を達成 **【プラズマ密度の世界最高値(現在まで)】**
- 2013年度：2,300万度のプラズマの48分間連続保持に成功 **【プラズマ保持の世界最高値(現在まで)】**
- 2014年度：イオン温度7,000万度、電子温度8,800万度を同時達成
- 2016年度：重水素実験開始
- 2017年度：イオン温度1億2,000万度、電子温度4,200万度を同時達成、同位体効果を確認
- 2018年度：イオン温度1億2,000万度と電子温度6,400万度を同時達成
- 2019年度：電子温度1億5,000万度とイオン温度8,000万度を同時達成

研究計画

<2020年度>

- 将来の核融合炉心プラズマに最低限必要なイオン温度と電子温度がともに1億2,000万度を超える高温プラズマの実現を目指して、イオン温度1億2,000万度、電子温度1億度の同時達成を実現する。
- 核融合炉心プラズマの状態をより正確に予測するために、メカニズムが未解明の「同位体効果」(※)を明らかにするための研究を進める。

※ 軽水素よりも重水素のプラズマの性能が良くなる現象

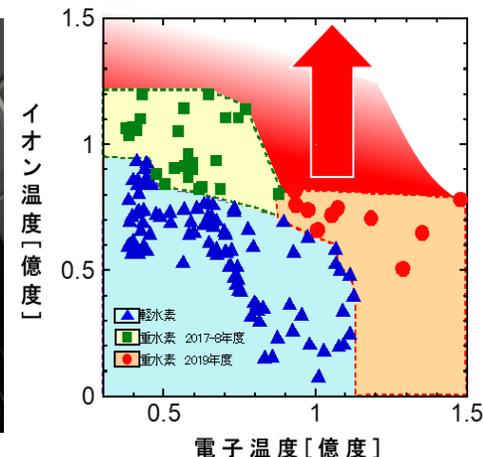
- 国際共同研究により導入した高性能レーザーを最大限に活用して計測を強化し、プラズマ中の揺らぎがプラズマ性能に及ぼす影響を明らかにする。

<2021年度以降>

- 加熱の増強・最適化を進め、核融合燃焼プラズマに必要なイオン温度と電子温度がともに1億2,000万度を超える超高性能プラズマの実現を目指して、プラズマの高温化を進める。
- プラズマ中の揺らぎ（揺動）の計測装置の整備を進め、プラズマ中の小さな渦（乱流）が関与する同位体効果などの核融合炉の早期実現に必要な現象の解明をする。



大型ヘリカル装置 (LHD)



LHDにおけるイオン温度と電子温度の変遷

第25回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の結果概要 及びBA活動の現状

岩渕 秀樹

文部科学省研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当）

(再掲) BAフェーズⅡの開始に向けた欧州との共同宣言



(令和2年6月29日 第21回核融合科学技術委員会・第20回原型炉開発総合戦略タスクフォース【資料2-2】)

- 日欧政府間のBA活動継続に対する強い意欲やBA運営委員会での議論を踏まえ、事業内容・予算見積り等について協議。
- 上記協議を踏まえ、合意した内容につき、**現行のBA協定に基づく日欧共同宣言を補完する共同宣言**として、**本年3月2日に日欧代表により署名**。



署名式 (2020年3月2日、ブリュッセル)
左：兒玉特命全権大使
右：シムソン欧州委員 (エネルギー担当)

<共同宣言のポイント>

- ✓ 事業期間中の日欧BA貢献割合は **1 : 1** とする。
- ✓ 両極は、**毎年50kBAUA (約48億円)** を上限とする貢献を行う。
- ✓ 日本はホスト分として、上記貢献分の **3分の2以上を負担**する。
- ✓ 活動は**両極の法規制及び予算の範囲内**で行う。

※ 日欧協議の結果、当面5年間は、日本側は平均で年間74億円程度 (事業貢献分46.5kBAUA、ホスト分31kBAUA)、欧州側は年間約3,825万ユーロ (46.5kBAUA) の負担を想定。

日程： 令和2年7月6日（月）

※新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から、初めてテレビ会議により開催。

出席者：

（日本）千原 由幸 文部科学省大臣官房審議官（研究開発局担当） ほか
（欧州）マッシモ・ガリバ 欧州委員会エネルギー総局副総局長代行 ほか

主な議題：

（1） 3事業の進捗状況の報告

- 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
- ②国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業
- ③サテライト・トカマク計画（STP）事業

（2） ITER計画とBA活動の連携について

（3） その他（ホストサポート状況の紹介、次回運営委員会の開催時期・場所等）

BA運営委員会（審議官級）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

- 日本と欧州の多くの研究者の協力の下、昨年7月に世界最高強度の重陽子ビーム加速に成功。
- BAフェーズⅡでは、核融合中性子源開発のための設計活動の検討を行う。

②国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業

- 原型炉R&D活動、計算機シミュレーションセンター活動、ITER遠隔実験センターは計画通りに進捗し、BAフェーズⅠの目標を達成。
- 計算機シミュレーションセンター活動では、日本と欧州のスーパーコンピュータを共有した日欧共同シミュレーションプロジェクトが開始。
- 欧州核融合実験装置JETで用いられた炉壁の評価を行い、ITERの運転シナリオを検討する上で重要な三重水素の蓄積に関するデータを世界で初めて取得。

③サテライト・トカマク計画（STP）事業

- 本年3月末にJT-60SAの組立が完了。本年内の初プラズマに向けて、各機器の健全性の確認を進める。

◆新型コロナウイルスによる今後の事業への影響は引き続き評価していくこととし、次回12月の運営委員会において評価結果を議論する予定。

④ITERとBAの協力の取組について

- 第24回BA運営委員会で報告された、ITER 機構とBA両実施機関（QST、F4E）間の協力取決めの署名式実施について報告。
- BA活動の核融合エネルギー実現に向けた重要性について確認。

⑤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及び教育支援に対する青森県及び六ヶ所村による多大な努力に感謝の意を表明。
- 次回第26回BA運営委員会は、2020年12月2,3日に独・カールスルーエにて開催予定。



組立が完了したJT-60SA

■ 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【青森】

BAフェーズⅠ 原型炉を目指した材料開発のための高性能加速器の据付・調整が大きく進展。

- 令和元年7月、8系統高周波源を用いた高周波四重極加速器（RFQ）による世界最高強度（5MeV/125mA）の重陽子ビーム加速試験に成功。
- 長パルス試験のための整備を進め、入射器からRFQ、中間エネルギー輸送系、計測プレート、高エネルギー輸送系、大電力ビームダンプまでを一つに接続した加速器系を完成。
- マイクロ波イオン源を用いた入射器の連続運転試験を行い、同型の入射器としては世界最高性能となる100KeV/140mAの重陽子ビームの1時間の連続運転に成功した。本成果は、本事業が目指す9MeV/125mAの重陽子ビームの連続運転達成に向けた大きな一歩。

BAフェーズⅡ 原型加速器を完成させ、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実施。

- RFQで5MeV/125mAの高出力ビームの長パルス加速実証試験を行い、その後、RFQの下流に接続される超伝導高周波（SRF）加速器の組立を進め、最終目標である重水素ビームを125mAで9MeVまで加速する試験を実施予定。
- 現在、長パルス運転に向けた調整を実施中。
- IFERCとの連携でIFMIF原型加速器（LIPAc）の遠隔支援が可能となるシステムの開発が進む。

■ 国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業【青森】

BAフェーズⅠ

国際核融合エネルギー研究センターが核融合エネルギーの開発拠点として形成され、着実に成果を創出。

- フェーズⅠ期間中に予定通り全ての活動を終了し、フェーズⅠの目標を達成。
- 原型炉設計およびR&Dセンター、計算機シミュレーションセンター（CSC）とITER遠隔実験センター（REC）を共同で運用することにより、日欧双方は共通の課題に対し研究リソースを集中でき、その結果、効率的に優れた成果を創出。
- 欧州の核融合装置を活用した共同研究を実施し、原型炉設計・ITER支援に関わる成果を創出。

BAフェーズⅡ

BAフェーズⅠにおける成果を基礎とし、予備的な原型炉設計活動と研究開発活動を実施。ITER事業、サテライト・トカマク事業およびIFMIF/EVEDA事業への支援に優先度を置き、計算機シミュレーションセンター（CSC）、原型炉設計及びR&D調整センター、ITER遠隔実験センター（REC）の3つの活動を展開。

- CSC：2022年3月まで六ヶ所スパコンJFRS-1から計算機資源の50%をCSCに提供し、ITER、JT-60SAへの貢献に優先度を置き日欧共同を含むシミュレーションプロジェクトを実施。
- 原型炉設計R&D：日欧共通の設計課題や実施項目を詳細に検討。欧州との作業による相乗効果が期待。

〔	設計課題	：プラズマシナリオ、ダイバータ・熱除去、増殖ブランケット、遠隔保守、安全性
	原型炉R&D	：トリチウム研究、構造材料研究、腐食研究

〕
- REC：BAフェーズⅠで整備されたシステムを基礎として、ITERや他のBA活動との連携について共同研究を実施。

■ 国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業【青森】

国際核融合エネルギー研究センターでは、日欧協力の研究環境を活用し、日本独自の原型炉設計に向けた研究開発や、ベリリウムの精製技術やリチウム回収技術の開発といった、他産業にも展開可能な日本独自の研究開発が進む。

原型炉設計R&D活動

オールジャパン体制の原型炉設計合同特別チームの活動により、核融合エネルギーによる発電プラント全体像を示すなど、日本独自の原型炉設計が進展。原型炉に向けたロードマップの着実な推進に貢献。

核融合スパコンの運用

スパコンJFRS-1（六ちゃん-Ⅱ）を運用。計算機資源の50%を国内研究者に配布し、理論・シミュレーション研究が進展。成果は日本独自の原型炉設計に反映。

ベリリウム精製技術の開発

ブランケット機能材料の研究開発から、ベリリウムの精製技術を開発。原型炉開発におけるベリリウムの安定確保に貢献するほか、産業展開が期待。

リチウム回収技術の開発

核融合炉の燃料となる三重水素の製造に必要なリチウムの安定供給を実現する、リチウム回収技術を開発。企業との共同研究を実施するとともに、外部資金を獲得するなど、スピンオフの研究開発が進展。

産業展開可能な成果の創出により、産業界と国内核融合研究との国内連携・協力を推進し、成果の相互還流が期待。

■ サテライト・トカマク計画（STP）事業【茨城】

BAフェーズ I 世界最高水準の先進超伝導トカマク装置JT-60SAの組立が完了。

- 当初の予定通り、2020年3月にJT-60SAの組立を完了。
- 主要機器の据付を高精度で実施し、組立のために開発された技術がITERの組立期間の短縮に繋がるなど、ITERを支援するという目的を着実に達成。
- 欧州の貢献により、フェーズⅡに向けた機器増強を行うなど、フェーズⅡに向けた研究環境を確立。

BAフェーズⅡ 装置の運転を通じたITERや原型炉のための運転シナリオの開発等、及びそれに必要な加熱装置やプラズマ制御機器、計測機器の整備を実施。

- ファーストプラズマを含む統合試験運転を実施中。年内のファーストプラズマを見込む。

■ ITER・BAの協力の取組

令和元年11月のITER理事会において、ITER機構と日欧の実施機関（QST,F4E）の間で協力取決めに署名。BA活動の核融合エネルギー実現に向けた重要性について確認。

- ITER機構側はJT-60SAの運転準備等に職員を派遣・参画することを通じて得られたノウハウをITERで活用。
- 日欧は①ITER用の解析ソフトを利用できるほか、②ITER機構との人的交流が活発になり、より有利な立場でITER計画に参画できることを期待。

原型炉に向けた技術基盤構築の進捗状況について
(社会連携の進捗状況に係るヒアリング)

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の活動報告

第21回原型炉開発総合戦略タスクフォース
令和2年10月15日

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(HQ)

第1回中間チェックアンドレビュー(～2020年頃)に向けたHQの取組み

原型炉開発に向けたアクションプラン(AP、平成29年12月18日、核融合科学技術委員会)の「12.社会連携」では、第1回中間チェックアンドレビュー(～2020年頃)までにアウトリーチ活動ヘッドクォーター(HQ)による活動として、右図が示されており、これらの活動の総括として、APに示す期限(2019年度末まで)より早い平成31年2月にHQを立ち上げ、以降に示す目的、活動方針に沿って活動してきた。

【HQ目的】

大学及び研究機関が従来より個別に実施しているアウトリーチ活動を集約させ、一体となって、戦略的なアウトリーチ活動を実施すること。

【HQ実施体制】

文部科学省、量子科学技術研究開発機構、核融合科学研究所、大学等の関係者からなる。

【APに対する到達度】

APに示される

- 核融合アウトリーチ活動HQの在り方の検討(19)
- 核融合アウトリーチ活動HQの設置(20)
- 核融合アウトリーチ活動推進計画の立案(20)

については、現時点で達成できており、さらに現在の懸案であるコロナ禍における核融合アウトリーチ活動を模索すべく、「核融合アウトリーチ活動推進計画」への追加項目の議論を行っているところ。

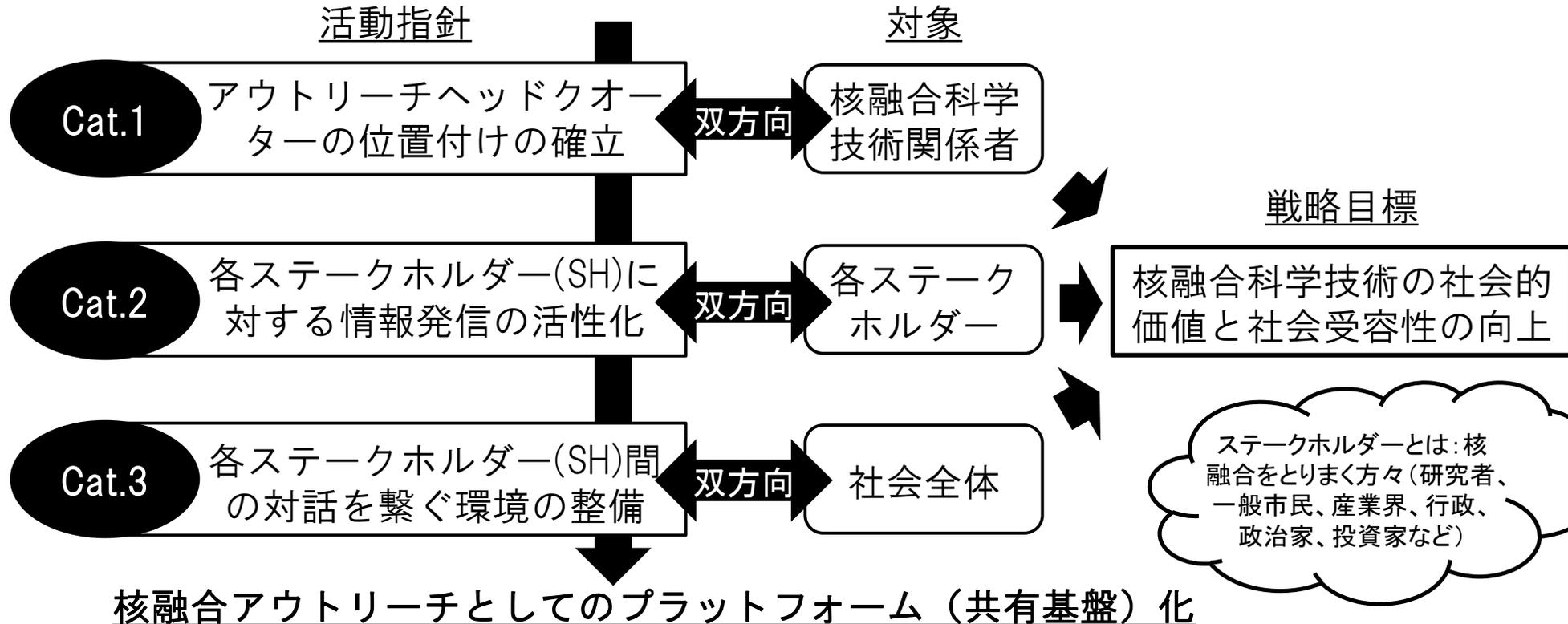
合同特別チームの活動フェーズ	概念設計の基本設計		概念設計	工学設計
	2015	2020頃	2025頃	2035頃
12.社会連携	核融合アウトリーチ活動HQの在り方検討、設置準備、計画立案 アウトリーチ教育体制及びプログラムの検討 核融合エネルギー開発ロードマップ/原型炉設計活動に関する社会連携活動の実施	▲核融合アウトリーチ活動HQの設置 核融合アウトリーチ活動の推進 アウトリーチ教育の実施	核融合アウトリーチ活動の推進 アウトリーチ教育の実施	原型炉建設・運転に関する社会連携活動の実施
アウトリーチ活動ヘッドクォーター(HQ)設置による活動の推進	(16)TF/特/Q/N/F/学:核融合OR活動HQの在り方の検討 →(19) (20)TF/特/Q/N/F/学:核融合アウトリーチ活動HQの設置 →(20) (20)TF/特/J/N/F/学:核融合アウトリーチ活動推進計画の立案 →(20)	(20)HQ/TF/特/Q/N/F/学:核融合アウトリーチ活動の推進(35)	→(20)HQ/TF/特/Q/N/F/学:核融合アウトリーチ活動の推進(35)	

APの「12.社会連携」より

HQ活動の活動戦略

戦略目標:「核融合科学技術を取り巻く幅広い層に存在するステークホルダー(SH)間の対話を可能とする環境を整備し、核融合科学技術の社会的価値と社会受容性を高めること」

アウトリーチHQの戦略目標を達成するための対象別活動指針



- それぞれの組織や個人で展開している活動の情報交換、今後立ち上げるべき企画の提案などを中心に、戦略的なアウトリーチ活動の推進方策を議論。
- それぞれの企画が、どのステークホルダー/ターゲット層(小中高生、大学生、一般など)を対象としているのか、アウトプット・アウトカムとして何が期待できるのか、などについて整理しながら、対象とするターゲット層に突き刺さる“とがった”企画を目指す。
- さらにアウトプットとして、核融合アウトリーチとしてのプラットフォーム(共有基盤)化を目指す。

アウトリーチ活動推進計画（R2年度）

ターゲット層	活動(カッコ内は行動主体)	進捗状況(2020年9月現在)
小～中学生	核融合の本、「核融合エネルギーのきほん」の出版(QST・NIFS・大学)	本文初稿はすべて入稿済。初校9月中予定。2021年1月8日出版予定。
	FUSIONフェスタin東京(NIFS)	NIFS:2020年度中止
	出前授業(NIFS)	NIFS:12月に岡崎市内の中学校で実施予定
	科学雑誌の特集ページの企画(QST・NIFS)	QST:子供の科学12月号(11月10日出版)及び子供の科学Webサイト NIFS:子供の科学3,4,5,6月号(広告記事)、9,10月号(ビーカーくんが行く)
高校生	科学実験、工作教室(NIFS)	NIFS:8月から、新型コロナウイルスの状況を見て、随時実施
	こども霞が関見学デーへの出展(QST・NIFS)	2020年度はイベント中止
	ITER見学ツアーの企画(MEXT・QST・大学)	2022年1月に延期
	高校生向けシンポジウム(プラ核学会)	プラ核学会:2021年1月23日にオンライン開催予定
高校～大学生	スーパーサイエンスハイスクール事業、その他高校との連携協力(NIFS・ITER)	NIFS:7月から今年度末までに、9校で実施予定 ITER:アウトリーチを今後検討
	青少年のための科学の祭典(QST)	QST:8月(八戸):新型コロナの影響のため開催されず、12月(日立):予定
	出前授業(NIFS・大学)	NIFS:9,10月にリモート講義を実施予定 大学:10月に核融合に関する模擬講義を都立高校で実施予定
	インターンシップ(NIFS)	NIFS:新型コロナウイルスの影響のため実施されず
大学生	核融合若手インフォーマルミーティング	大学生を対象に、5月、6月、9月と合計5回のリモートセミナーを実施。延べ400名程度が参加。
	ITERインターンシップの周知(MEXT・QST)	MEXT:HPで周知 QST: https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/internship_program.html にて周知
	体験入学(QST・NIFS)	QST:今年度サマースクールは新型コロナの影響のため実施されず NIFS:2020年8月24～28日に実施
産業界	産業界と若者の意見交換会(フォーラム)	フォーラム:2020年12月22日に、リモートで実施予定。
	講演会(MEXT)	MEXT:9月30日、新むつ小川原株式会社主催、日本経済団体連合会共催による「エネルギーに関する第3回講演会」にて岩淵戦略官が講演予定
全般	核融合に関するポータルサイトの更新(MEXT)	MEXT:ニュース&トピックスを追加
	ITER/BA成果報告会(フォーラム)	フォーラム:2020年12月22日開催予定(イイノホール及びオンライン)
	市民講演会(NIFS)	NIFS:2020年12月19日開催予定
	「一家に1枚」ポスターの企画(QST・NIFS・大学)	2021年度申請に向けて、今後検討。
	JT-60SA完成に伴うテレビ番組(NHKサイエンスゼロ)、日本科学未来館とのコラボレーション企画提案、つくばエキスポセンターでのイベント(QST)	QST:JT60-SA初プラズマ関連イベント(2020年12月頃～2021年4月頃)として検討中。
	ITER組立・据付開始式典(文科省・ITER・QST)	2020年7月28日にITER機構本部にてITERの組立・据付開始式典が開催され、参加7極から挨拶(日本は、萩生田大臣が祝辞を述べ、安倍総理のメッセージを代読)。その模様が全世界にライブ配信された。
	サイエンスカフェ(QST・NIFS)	QST:日立シビックセンター(2020年11月頃) NIFS:2019年まで、オープンキャンパス内でサイエンスカフェを実施していたが、2020年はオンライン企画として実施済み。
	施設見学(QST・NIFS)	QST:那珂研・六ヶ所研(10月25日) NIFS:火曜日～金曜日(祝日を除く)ホームページより受付
	オープンキャンパス(QST・NIFS)	QST:施設見学に含まれる NIFS:2020年9月5日にオンラインで実施
	オンラインセミナー(QST・ITER):バーチャルツアー等	QST・ITER:2020年9月4日にオンラインセミナー「ITERバーチャルツアー・1万キロかなたの声」を開催
未来のエネルギー装置デザインコンテスト(QST)	QST:新型コロナの影響のため、千葉県立産業科学館でのイベントは実施せず。	
プラ核学会誌への投稿(HQ)	HQ:アウトリーチHQに関するサロン記事(2020年5月掲載) 大学生を対象に開催したインフォーマルミーティングに関するサロン記事(2020年9月掲載)	
リスクコミュニケーションに関するマニュアルの作成(QST)	QST:未着手(年度内に着手する方向で検討中)	

Cat.2 「各SHに対する情報発信の活性化」に関するHQの活動

- 各研究機関やステークホルダーを繋ぐための活動や各研究機関・研究者が外部に向けて実施する情報発信への支援として文部科学省の果たす役割は大変重要。

→文部科学省:最初の取組みとして、核融合研究全体を紹介する核融合HP「Fusion Energy ～核融合エネルギーの実現に向けて～」を開設。

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



文部科学省の核融合HPのトップページ

- 目的:本HPはコミュニティのポータルサイトとして機能すること。
- 対象:核融合を知らない層～研究者に至る広い層に向け、各ターゲット層に有効なコンテンツや必要な情報を掲載。
- HP構成上の注意点:各メニューのターゲットの明確化、研究の中心となる研究所や大学にとって興味関心引く入口としての機能、既存のリソースの有効活用、政府の施策や様々な情報の集約など。
- 人材育成に向けて:将来の核融合研究を担う若手人材の育成も重要であり、核融合研究を学べる大学一覧や実際に核融合に携わっている研究者や技術者のキャリアパスやメッセージも多数掲載。

→昨年11月末の開設以降、文部科学省HPのトップバナーにも掲載され、高く評価。

- 文部科学省:各研究機関などが行うイベントや活動の相乗効果を狙い、それらの連携促進や共同実施への助言・支援を行うとともに、コミュニティ外への周知のため、省内他施策との連携やHQで企画した活動の小中高、大学、教育委員会などへの情報提供なども実施。

Cat.2 「各SHに対する情報発信の活性化」に関する各機関の活動(1)

- ボトムアップ活動では、核融合全体を俯瞰しつつターゲット層を意識した企画とそれぞれの研究機関・大学の特色を生かした組織主体の活動の両輪で推進。
- ターゲット層を意識：子どもを対象とした取組みとして、子どもでも読める一般向けの書籍を出版する企画が進行中。
- 核融合に関わる将来の人材育成の一環として、次世代を担う高校生・高専生などへアプローチ。

- ITER機構が実施するインターンシップ：今までとは異なる層への認知度向上を目指し、チラシを作成して国立大学・高等専門学校へ配布。
- 高校生を対象としたITERへの研修ツアーについて、全国のスーパーサイエンスハイスクール指定校、スーパーグローバルハイスクール指定校、高等専門学校へ案内。
- コロナ禍で各種イベントが中止になる中、学生を対象としたインフォーマルミーティングを実施するとともに、ITER及びLHDのバーチャルツアーを実施。

- これから大学・大学院を目指す学生向けに、核融合研究が出来る大学の研究室リストをウェブサイトにもとめ、紹介。

(<http://www.nifs.ac.jp/study/>)

随時募集 ITER機構 海外インターンシップ募集

南フランスのサン・ポール・レ・デュランスにあるITER機構(国際核融合エネルギー機構)では、核大型装置プロジェクトの中で、様々な分野の学生、大学院生に多くの知識と経験を得ていただくためのインターンシップを実施しています。多文化の環境で新たな価値観や考え方を学びながら、先進的な共同研究を体験し、今後の活躍の場を広げてみませんか。

対象	実施期間	手当(月)
S 学生(学部・専攻科など)	1ヶ月前～4ヶ月以内	費用に特に関与しない
A 修士課程学生	4～6ヶ月	13000円(税別/月)
B 修士課程以上(博士月給)	6～12ヶ月以内(延長可)	65000円(税別/月)

応募準備 → 応募書類の作成・相談 → Web応募 → ビデオ面接 → 合否判定 → 渡航準備・各手続き

ITER機構ウェブサイト: <https://www.iter.org/jobs/iter-intship/>

ITER日本区分館が応募をサポートします!

・インターンシッププログラムの相談
・応募書類の英文添削・アドバイス
・宿泊の案内、現地での生活支援
・お祝い金も付きます

ITER日本区分館(株) (東京都中央区) 〒100-0001 東京都中央区新富1-1-1
E-mail: jedo.iter@nifs.ac.jp TEL: 029-276-7739

QST 文部科学省

ITER機構インターンシップのチラシ

Home 概要 お知らせ 研究活動 共同研究 教育 大学院 一般の方へ

「プラズマ・核融合を学ぶ大学・研究室」のページを公開しました。プラズマ・核融合に関心・興味を持った高校生、大学生が、勉強や研究ができる大学、大学院を探すのに便利なポータルサイトとして、進路や進学への参考にしていただくことを目指しています。ぜひご利用いただければ幸いです。

本サイトの作成に当たり、プラズマ・核融合科学に関連する大学・大学院を担われている先生方には大学・研究室の情報を提供していただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

掲載データは、2020年3月31日現在のものです。

表の説明
 第1列「プラズマ」：核融合科学の教育が中心の機関となっているが(独自申請を要しない)が、一部の専攻として行われている
 ○：ある程度まとまった教育がなされている
 △：いくつかの領域で教育が行われている
 ☆：ほとんど、あるいは全く行っていない
 ※：大学院のみとなっている
 第2列「大学・学部」：「」：設置した大学・学部・学科・院、院、研究センター
 第3列「研究内容」：「」：核融合科学の固有研究内容
 「」：核融合科学以外の研究内容
 「」：物理、化学、工学、生命科学、材料工学、計測工学、エネルギー工学、工学・工学系(その他)
 第4列「学位」：博士課程の学位取得が可能な大学・大学院
 第5列「教育」：専攻分野がプラズマ・核融合科学のインターンシップ
 第6列「資格」：プラズマ・核融合科学の資格
 第7列「学位」：博士課程、修士課程、大学院
 第8列「人数」：プラズマ・核融合科学のテーマで共同研究を行っている学生数
 第9列「備考」：「」：プラズマ・核融合科学のテーマで共同研究を行っている学生数

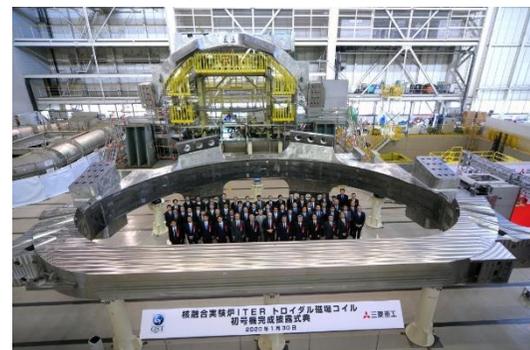
核融合研究が出来る大学の研究室リスト

Cat.2 「各SHに対する情報発信の活性化」に関する各機関の活動(2)

- 国内の研究機関や大学での活動も、ヘッドクォーターを通して核融合コミュニティ内での連携を図りつつ様々な企画を精力的に進めています。
- 量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー部門(以下QST)の取組み:
 - ▶ 特にITERの広報に努め、本年1月30日にITER超伝導トロイダル磁場コイル初号機の完成披露式典を開催するとともに、メディア向けの説明の機会を設け、いくつかの報道機関でITERの現状が取り上げられた。
 - ▶ 新たな試みとして、ITERに関するYouTubeを使った広告動画配信を行い、約48万回の視聴があった。
 - ▶ JT-60SA完成及びファーストプラズマ生成に向け、式典の開催とともに、つくばエキスポセンターとタイアップしたイベントやTV番組に取り上げてもらうなどの企画が進行中。
 - ▶ ITERを題材にした判り易いコミックは、日本語版、英語版、フランス語版が作成され、好評を博している。

(http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/comic/page1_1.html)

- 大阪大学レーザー科学研究所の取組み:
 - ▶ 国際会議に合わせて2019年9月22日に公開イベント「核融合とレーザー」を開催。親子連れを中心に550人の入場者があり、大盛況。NIFSとQSTも協力。



報道されたITER超伝導トロイダル磁場コイル初号機の完成披露式典



ITER計画を紹介するコミック



核融合とレーザーの実験教室 7

Cat.2 「各SHに対する情報発信の活性化」に関する各機関の活動(3)

- 核融合科学研究所(以下、NIFS)の取組み: 講演会や科学イベントを通して、一般市民に向けて、核融合科学の理解に努めている。
 - 毎年5月の連休シーズンに日本科学未来館で「Fusionフェスタ」、9月にはオープンキャンパスのイベントを実施。
 - 科学技術館(東京都千代田区)の科学ライブショー「ユニバーズ」やサイエンスカフェなどの場を用いて、NIFSの研究者が登壇して、一般市民と相互にコミュニケーションを持つ機会も作っている。



Fusionフェスタのライブ中継



Fusionフェスタの実験教室

Cat.3 「各SH間の対話を繋ぐ環境の整備」に関する活動

- コミュニティ内外での信頼を醸成するための地道な活動が大切であると考えている。
- その一環として、NIFSなどでは、科学技術コミュニケーション人材を非核融合分野から新たに採用しており、多様なステークホルダーの間を繋ぐ要となることを期待。
- 数名の核融合研究者が北海道大学科学技術コミュニケーター養成プログラム(CoSTEP)を修了するなど、専門性とコミュニケーションスキルを併せ持つ核融合人材の育成の足掛かりとなることを期待。

これまでのHQ活動の総括として

- 文部科学省内の各部署が行った広報活動を省内投票や審査により表彰する「広報顕彰」を実施。HQの創設及びHQのアウトリーチ活動を「核融合コミュニティ One Teamによるアウトリーチ活動への挑戦」としてエントリーし、「ターゲット毎に多様な方法でアプローチをしている点や既存のリソースを活用し継続的に行う工夫がなされている点など、他施策にも参考にすべき事例が多い」として、R元年度の萩生田大臣賞を受賞。
- これは、これまでのHQの活動は一定の評価を得ていることの証左。



まとめ

- APIに示されるHQの課題は現時点で達成。
- HQが定めた活動戦略に基づき、アウトリーチ活動推進計画を立案し、三つのカテゴリー毎に活動を展開中。
- HQ活動は、R元年度の萩生田大臣賞を受賞。
- 元来想定していなかったコロナ禍における核融合アウトリーチ活動を模索中。

参考：HQ会合の開催実績

H30年度

第1回 平成31年2月26日 アウトリーチヘッドクォーターの設置、今後の活動案について

H31/R1年度

第1回 平成31年4月8日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告

第2回 平成31年4月26日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告

第3回 令和元年7月16日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告

第4回 令和元年9月24日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

第5回 令和元年11月18日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

第6回 令和2年1月28日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

第7回 令和2年3月30日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

R2年度

第1回 平成2年5月28日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

第2回 平成2年7月20日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

第3回 令和2年9月25日 具体的な活動の提案、活動の進捗状況報告、アウトリーチ活動方針の検討

チェックアンドレビューに向けた アクションプランの進捗状況調査について（案）

1. これまでの経緯

原型炉開発総合戦略タスクフォース（以下、「タスクフォース」という。）は、平成28年2月に、「原型炉開発に向けたアクションプラン」を取りまとめるとともに、その後のITER計画のスケジュール見直し等に伴いアクションプランの再検討を行い、平成29年12月18日開催の核融合科学技術委員会において、現時点におけるアクションプランとして承認を得た。

2. チェックアンドレビューに向けた進捗状況調査の必要性

- (1) 「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）においては、第1回中間チェックアンドレビュー（C&R）を2020年頃に、第2回C&Rを2025年から数年以内に行うこととされており、それらに向けて、アクションプランが着実に実施される必要がある。
- (2) タスクフォースは、我が国の原型炉開発の司令塔として、アクションプランの実施状況について、オールジャパンの立場から把握する責任を有していると考えられることから、タスクフォースにおいてアクションプランの進捗状況を調査し、核融合科学技術委員会に報告することとする。

3. 検討スケジュール（案）

- | | | |
|------|-------|------------------------------------|
| 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 |
| 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第1回C&R) |

課題名:

0. 炉設計

2020年頃のC&Rに向けた課題はおおむね順調であるが、先進プラントをテストする原型炉TBMについては、単に先進概念を比べるだけでなく、TBM用としての成立性の判断条件が必要な点で、加速が必要。安全確保指針についても、人材の不足から2018年度からの着手となっており、C&Rに向けては加速が必要と判断した。2025年頃のC&Rに向けた課題は、現時点では順調と判断している。

別添

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの 要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
炉概念と建設計画	(15)特・物理・工学 ガイドライン	19	※	特	工学分野に関して、各コンポーネントに関する設計ガイドラインの取りまとめに着手。	順調	主要物理課題並びにキーコンポーネントから優先的に実施中。	
	基本概念設計	19	※	特	各主要コンポーネント(BLK、DIV、VV、SC等)の仕様明確化に向け検討中。	順調	概ね設計は早えつつある。 炉サイズの決定にはまだ検討の余地がある。	
	燃料サイクル戦略	26		特/TF	トカマク核融合炉設計システムコードTPCの改良。 特) 初期装置トリチウム入手法を検討中。燃料サイクルシステム設計については検討着手。	順調	26年に向けて進展中。	
	統合シミュレータ	26		Q/N/大/特	TF) 本フォローアップにて確認 Q) 平衡制御シミュレータMECSの開発を進め、3次元元流電流を考慮するように改良予定。機械学習を用いたPID制御手法を開発中。タイバータ、タイスタファンクション関連も開発中。 N、大、特は上記に協力	順調	全体統合へ向けて取り組みが必要	
	コスト評価	31		特/産	特) システムコードレベルのコスト評価モデルを改良。物量コスト/製作コストの分離、ITERに無い発電所としての機器も含めたモデル構築を実施。 産) プラントモデルの構築に着手	順調	産業界との連携して進めているが、情報開示の制約のためコスト積算の詳細化には課題有り	
	SC概念の基本設計	19	※	特/Q	特) ITER方式に基づき、低温構造材の設計耐力の向上を前提とした基本概念を検討中。 Q) 特と協力	順調	コスト低減のためITER以外の方式(ラジアルプレーン)を使わない方式の概念検討も必要	全体概念を確認するには、産業界からのさらなる参画が必須
機器設計	原型炉TBM目標	19	※	特/Q	特) 共同研究にて、先進プラントの概念の整理に着手。 Q) 特と協力	加速が必要	今ある概念を比べるだけではなく、TBM用として判断条件と制約条件が必要	合理的な目標設定のためには、先進プラントの技術的成立性の検討も必要 N、大の参画が必要
	BOPを含む機器構成案	19	※	特/産	特/産) 主熱輸送系(1次系、タービン系)、電源系の概念案を構築。	順調	核融合特有のプラントシステムについてさらに検討を進めるべき	
安全確保指針	安全確保方針案	19	※	特/産	特/産) 2018年度に着手予定。	加速が必要	安全性を担う人材が不足	中長期的な視点に立った人材の確保・育成が必要
	原型炉物理DB 工学・材料DB	26		Q/大/F/特	Q) 様々なトカマクの物理DBにJT-60SA及びITERのデータを加えることで対応予定。 材料DBについては、300、400、550℃の疲労データ及び振動特性の異方性に関するデータを拡充。 今後特性の確率関数を与えるだけのデータ整備を進める。 大) 共同研究で材料DBに参加 F) とくになし 特) とりまとめを予定	順調	確率分布に基づく構造健全性の確保手法は日本独自のアイディア。 合理的な手法であるため世界標準になる可能性があり、今後に期待できる。	今後大量の照射後試験データ取得が必要なので、そのための予算処置が必要

課題名： 1. 超伝導コイル

2020年のO&Rに向けた課題はおおむね順調と判断している。ただし、コスト削減のためのITERとは異なる方式も検討しているSC全体概念を確認するには、産業界からのさらなる参画が必要とされている。

小課題名	アクション	期限	第1回O&Rまでの完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
SC設計	SC概念基本設計	19	※	特/Q/産	特)ITER方式に基づき、低温構造材の設計耐力の向上を前提とした基本概念を検討中。 Q)特と協力	順調	コスト低減のためITER以外の方式(ラジアルブレード)を度わない方式)の概念検討も必要	全体概念を確認するには、産業界からのさらなる参画が必須
	超伝導線材検討・主案選定	19	※	特/Q/N/物/大	特) Nb3Snを主案に選定。 Q) CSモデルコイルを用いたITER TFコイル導体のインサートコイル試験結果待ち	順調	ITER TFコイル導体の試験結果の評価が必要	
	超伝導コイル試験	19	※	特/Q/大/産	超伝導コイルWVG内で予備的な検討を実施済み	順調		
高強度構造材料・耐放射線絶縁材料	超伝導導体試験設備検討	19	※	Q/N/特	最大磁場、最大電流などの仕様策定準備	順調	必要磁場、導体の最大経験磁場、絶縁電圧などの基本仕様の作成が必要	
	高強度構造材料検討	19	※	Q/物/特	物材機構、NIFSの専門家に検討依頼中	順調	HRX-19の機械的特性評価中	
関連BOP (冷却系、コイル電源)	耐放射線絶縁材検討	19	※	Q/特	KEK、NIFSの専門家に検討依頼を計画中	順調		
	冷却系、コイル電源概念基本設計	19	※	特/Q	概念設計を実施中	順調	コイル熱負荷、コイルの最大電流、最大電圧、絶縁電圧などの基本仕様の作成が必要	

課題名: 2. ブランケット

固体増殖・水冷却ブランケットについては、20年頃のC&Rに向け、増殖増倍材料のスペックを早期に明確化し基本設計を加速する必要がある。ブランケット工学試験設備については設備計画の加速が必要。トリチウム工学試験については計画の加速が必要である。先進ブランケットについては、今後、概念選択の方向性決定、及び、基礎データ取得等が必要。

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要完了事項	実施期待機能	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置	
固体増殖・水冷却ブランケット	基礎・標準データベースの構築	35		Q/特	ITER-TBM冷却水中のトリチウムと放射化腐食生成物濃度の評価報告書をITER機構に提出。構造材、機能材のデータベース作業実施中。	順調	データベース作業は着実に進んでいる。	不足するデータについて、新たに取得するための措置が必要である。	
	原型炉ブランケットシステムの概念基本設計	19	※	特/Q/産	箱形リブ付きBLKと円筒型BLKを平行して検討中。耐圧性に有利な円筒形状を採用した筐体について遮蔽性能、トリチウム増殖性能の評価に着手。	加速が必要	トリチウム増殖性能から求められる増殖増倍材料のスペックを早期に明確化する必要がある。	概念基本設計をO&Rまでに終了させるためには、加速が必要である。	
	ITER-TBM製作実績	35		Q	(18スタート)		-	-	-
	TBSと補完試験装置の設計と試験計画、及びコーロド試験施設によるデータ取得	21		Q	熱負荷試験装置、高温高圧水噴出試験装置の概念設計に着手。	加速が必要	実施計画は国内の専門家で構成されるQSTの諮問委員会において承認されるものの、計画を加速する必要性が指摘された。	施設整備の加速が必要。	
	トリチウム工学試験の計画と設備設計	21		Q	ITER-トリチウム除去系(DS:安全系)の設計は、ITER機構と実施中。トリチウム工学試験計画は未着手。	加速が必要	ITERのトリチウム除去系の設計は順調であるが、トリチウム工学試験計画の策定は加速する必要がある。	国内とITERにおけるトリチウム工学試験の役割を詳細化する必要がある。	
先進ブランケット	特/N/大: 原型炉TBMのための先進ブランケット概念検討と素案提示	26		特/N/大	共同研究にて、先進ブランケットの概念の整理/詳細化に着手。	加速が必要	先進ブランケットの各概念の課題については整理を進めているが、原型炉条件を模擬した磁場下熱流動、構造解析等の数値計算、定量評価には至っていない。	磁場下熱流動数値計算の早急な立ち上げ。	
	小型試験体製作、機能・特性試験	26		N/大	未着手	加速が必要	未着手	ブランケット概念検討活動度のある程度の概念選択の方向性決定、及び、統合循環ループ試験で試験体検討に必要な基礎データ取得が必要。2年程度はかかると思。	
	実環境相当の統合循環ループ試験	31		N/大	中性子以外の環境を模擬する液体金属/溶融塩統合循環ループ装置Oroshhi-2を用い、磁場下熱流動試験、腐食試験(磁場印加可能)、水素同位体回収・透過抑制試験を立ち上げ、もしくは、立ち上げ準備中。	加速が必要	試験実施項目が増えつつあるが、ブランケット概念検討に必要な冷却材の磁場下熱流動特性に関するデータ取得を急ぐ必要がある。	加速の観点からは、装置稼働に携わる研究・技術職員の増員努力。	

課題名: 3. ダイバータ

原型炉の初期フェーズでW/銅合金水冷却ダイバータを選択するのであれば、デタッチメントブラズマの実時間制御は不可欠な要素であるが、現時点ではデタッチメントブラズマの理解が不十分である。デタッチメントブラズマの素過程の理解とそれに基づく制御シナリオの確立を目指すアクシオンプランが策定され、それにそって研究開発を実施しているものの、その目標達成には多くの項目で加速が必要である。

小課題名	アクション	期限	第1回C&Pまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
ダイバータ開発目標の整合性確認と炉設計への適用	W水冷却ダイバータ機器の原型炉適用性の判断	18-26		特/Q/N/大	(特) ITERベースによるダイバータ概念の構築を実施中 (Q)実施中	順調	W/銅合金が使用可能ならば、ITERと同様な技術で対応可能である。ただし、W/銅合金が使用できない場合は、根本的な再検討が必要となる。	ITERダイバータの妥当性を実機で確認する。
	先進ダイバータの評価と開発推進の判断	15-19		特/Q/N/大	(特) 先進磁場構造に関する検討は完了。 (大/N)日米科学技術協力事業核融合分野プロジェクト研究PHENIX計画のもと、ジョージア工科大学の高温高圧He/ループを用いた熱伝達試験を行い、Heガス衝突噴流冷却による熱伝達メカニズムと課題を明らかにした。	順調	時点では、W水冷却ダイバータ機器の許容熱負荷に合わせてブラズマにおける放射割合を決めている状況。DEMOの初期ダイバータ以降のためには、先進ダイバータの継続的な検討が必要。	DEMOの初期ダイバータ以降のためには、先進ダイバータの検討を継続する。
ブラズマ運転シナリオ	中性子照射材料・機器の熱負荷試験装置の開発とコード試験	16-26		Q/N/大/特	(Q)未着手 (大)日米共同研究で中性子照射W中のT挙動を評価。高温中性子照射についても進捗中	加速が必要	ホットラボにおける熱負荷装置の必要性の指摘はなされているが、また計画の段階にも無い。	早急に、ホットラボへの熱負荷試験装置の設置の検討をする実施者を定める必要がある。
	ダイバータブラズマシミュレーション開発	16-26		Q/特/N/大	(Q/特) 特別チーム理論シミュレーションWGにて、詳細開発計画を策定中。定常運転時のダイバータモ子リングを実施中。SONICを多様な純物質化し、JT-60SAで検証予定。 (大) デイスラプション等の非定常熱負荷印加時の蒸気遮蔽効果について、PICシミュレーションの開発と、SONICとの結合を実施中	加速が必要	シミュレーションコードの開発は進められているが、その妥当性の検証は不十分、精度の高い予測のためには実験による検証が必要である。	実験結果でのシミュレーションモデルの検証を行い、シミュレーションコード開発に反映する。また、これらを行う人的措置が必要。
ダイバータ級定常高密度ブラズマ実験装置の開発と実験	ダイバータ級定常高密度ブラズマ実験装置の開発と実験	16-26		Q/N/大/Q3	(特)ダイバータWGにて議論中 (C3)原型炉ダイバータ級定常高密度ブラズマ装置の実現に向けて必要となる外挿性の高いデータベースを得ることを目標として、新たな装置(パイロット装置:Pilot GAMMA PDX-SC [仮称])の建設に向けた準備を進めている。 (C3) GAMMA 10/PDXの開放磁場配位を活用したダイバータ模擬実験において、高温ブラズマを用いた非接触ブラズマ生成・制御実験とモデル(LINDA、B2-EIRENE、中性粒子輸送)検証・開発を進めることにより、パイロット装置設計に資するブラズマ加熱手法や高密度ブラズマ生成に関わる予備的な実験を行っている。 (大)NIFS共同研究として東北大学にCDPS装置を開発し、設置。データが得られつつある。中性子照射材での実験も開始した。	加速が必要	パイロット装置建設に関しては、年次計画に基づき準備が進められているが、ダイバータ級定常高密度装置については、開発主体や予算措置が決まっておらず、必要とするブラズマのパラメータ等は検討されているものの、具体的な設計・建設計画は進んでいない。	ダイバータ級定常高密度ブラズマ実験装置の開発主体の組織とそれに対する人的予算的措置が必要。

	<p>デタッチメントブラズマの実時間制御法の開発</p>	16-26	Q/N/大	<p>(Q)デタッチメントモデルを開発中。JT-60SAで検証予定。 (Q)300、400、550℃の疲労データ及び板材種差特性の異方性に関するデータを拡充。今後特性の確率関数を与えうるだけのデータ整備を進める。 (大/N)日米科学技術協力事業核融合分野プロジェクト研究PHENIX計画のもと、米国研究所HFRを用いたタンクステンおよびタンクステン合金の大規模な中性子照射(500、800、1100℃、1 dpa、熱中性子遮蔽)を完了し、照射後試験を開始した。今後、熱伝導度、耐熱負荷特性、機械的特性、微細組織、水素同位体蓄積などに関するデータベースを取得する。 (大/N)東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター共同研究および核融合科学研究所ネットワーク型共同研究により、ベルギーの研究炉BR2炉を用いてタンクステンおよびタンクステン合金の中性子照射を行い、照射後の重水素の拡散および捕獲を実験的に明らかにするとともに、水素同位体挙動を予測するモデルの精度向上をはかった。 (大)低放射化フエライト鋼、CuCrZr合金、酸化物分散強化Cu合金について重イオン照射試験を行い、水素同位体捕獲に及ぼす照射欠陥の影響を系統的に明らかにした。</p>	<p>加速が必要</p>	<p>W/銅合金ダイバータを選択するのならば、デタッチメントブラズマの実時間制御は不可欠な要素であり、現状のままでは不十分である。</p>	<p>JT-60SAの実験開始を待たず、他の実験装置やシミュレーションを通して、早急の実施する必要がある。</p>
<p>材料・機器開発</p>	<p>ダイバータ機器構成材料の中性子照射影響</p>	15-35	Q/N/大	<p>(Q)ダイバータの遠隔保守方式や、それを考慮したカセット構造を検討中 (大)レーザー誘起超音波による表面損傷のその場観察法を開発中</p>	<p>加速が必要</p>	<p>国内の照射場が稼働していない状況下で、米国HFRやベルギーBR2を用いて、着実に研究が進められている。引き続き、データベース拡充を加速する必要がある。</p>	<p>国内の照射場の確保をし、着実にデータベースの拡充をする必要がある。</p>
	<p>ダイバータ機器の保全や補修技術の評価と開発</p>	16-26	特/Q/大/産	<p>(Q)ダイバータの遠隔保守方式や、それを考慮したカセット構造を検討中 (大)レーザー誘起超音波による表面損傷のその場観察法を開発中</p>	<p>加速が必要</p>	<p>定期的な保守のみならず、様々なイベント時を想定した補修技術の検討が不十分。</p>	<p>早急に実施責任者を決めて、検討を進める必要がある。</p>
	<p>炉内粒子挙動シミュレーションコード</p>	16-35	Q/N/大/特	<p>(Q)共同研究で炉内粒子挙動の研究を実施中。シミュレーションは長期目標であり当面実施の計画はない。</p>	<p>加速が必要</p>	<p>粒子パラメータは、燃焼制御のみならず、デタッチメントブラズマの制御にも依存するため、現時点で詳細な検討を進めるのは難しいが、その重要性を鑑みて継続的な見当が必要。</p>	<p>実施責任者を決めて、検討を進める必要がある。</p>
<p>粒子制御</p>	<p>原型炉で使用可能な排気システムの検討</p>	16-26	特/Q/N/産	<p>未着手</p>	<p>加速が必要</p>	<p>ダイバータにおける粒子排気は最も重要な機能であるが、その検討は不十分である。</p>	<p>早急に実施責任者を決めて、検討を進める必要がある。</p>

2020年頃のC&Rに向けた項目はおおむね順調であるが、高信頼性に関する項目についてはECH、NB共に加速が必要であり、そのためには、共通架台を進める枠組み整備と人員確保が必要。

課題名：4. 加熱・電流駆動システム

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの重要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
技術仕様の決定	ECH/NB技術仕様の決定	26		特/Q	NBIの仕様案を作成。ECHについては電流駆動効率の改善と共に仕様の検討に着手。	順調	物理設計に基づく要求仕様の検討が進んでいる。	今後は、炉工学的観点からの技術仕様の検討が必要。
高出力・定常化	ITER用ECHシステムにおける高出力化・長パルス化	26		Q	ITER用ジャイロトロンの実機1,2号機にて、ITER要求の1MW出力を達成。ITER用ジャイロトン実機1号機にて1MW/10秒、2号機にて0.3MW/300秒運転に成功した。引き続き1MW100秒以上の運転を目指しコンデンシングを進める。	順調	ITER, JT-60SAに向けた開発計画の中で比較的計画通り進捗している。	ITERジャイロトン8機を順次製作、試験を進めるために、試験装置や計測機器の更新や保守、運転保守のための継続的な人材確保が必要。
		ITER用NBシステムにおける高出力化・長パルス化	26	Q	ITER NB試験施設(NBT)用1MV高電圧電源は据付完了し、来年度統合試験を開始予定。1MeV負イオン加速器開発については、QST MeV級イオン源試験装置で定格電流より低い値にて0.5 MeV、100秒のビームを繰り返し実証。継続して、1 MeV、100秒級での運転実証を目指す。	順調	ITER, JT-60SAに向けた開発計画の中で比較的計画通り進捗している。	ITER実機調達に向けたNBTFで行われるR&D試験への参加とQST試験装置での原理実証試験、及びITERで新たに求められる安全・耐震性能に関わる設計確立、ITER NBの運転に貢献する60NBIの運転立上げ、のための人員確保が必要。
高信頼性	高信頼性ECHの概念設計(ミラーレス、周波数高速可変、保守)	26		Q/N	未着手	加速が必要	予算の措置が不十分	RF全般に関わる共通課題を進める枠組みと人員確保が必要。
	高信頼性NBの概念設計(メンテナンステスレス負イオン源、遠隔保守)	26		Q/N/大	メンテナンステスレス負イオン源については、JPPガリウムでRF電源を半導体化した結果、プラズマとのマッチングが改善し高パワー運転を実証したがITERの目標電流未達成。国内では、NIFS共同研究の負イオン研究会で情報交換を実施。遠隔保守については、ITER用遠隔保守についてITER機構で設計中。	加速が必要	ITER調達枠の下、RF負イオン源の開発は欧州が担っているが、ITERの要求性能を未達成。	NBI全般に関わる共通課題を進める国内の枠組みと人員確保が必要。
高効率化	第1回C&R後のアクション：NB高効率化概念設計	26		Q/N/大	第1回C&R後のアクションであるが、進捗状況を報告する。光中性化セルについては、国際会議で複数の発表があり、それらの情報収集を行い来年度も継続。DT混合ビームについては、炉設計関係者の意見を聞いて検討を実施。コンバクト化技術については、NBTFからITER実機への設計にあたり、コンバクト化要因があるか洗い出しを実施。	順調	一部の項目について概念設計が進捗。	

課題名:5. 理論・シミュレーション

アクションプランの進捗そのものは全般的に順調であり、QST六ヶ所所に核融合研究用スパコンを導入され計算機資源の確保もなされているが、ほとんどの分野で人的資源が不足している。特に、プラズマエッジ第1原理系SMCの重点開発・利用、ダイバータSMCの重点開発・利用、炉心プラズマ統合SMCの開発利用は、第2回までのQ&R項目の達成と強くリンクしているが人的資源が不足しており、今後、C&RIに向けた進捗が遅れる可能性があるため、加速が必要との評価とした。

小課題名	アクション	期限	第1回Q&Rまでの完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
炉心プラズマ第1原理系SMC群	プラズマエッジ第1原理系SMCの重点開発・利用	19	*	Q/N/大/特	ELM解析のための周辺MHD安定性解析コードの高度化及び炉心および周辺MHDの非線形MHDコードの開発に着手。特別チーム理論・シミュレーションWGにて具体的な開発・利用計画を策定中。	加速が必要	プラズマエッジ領域での重要な現象であるELMを解析するためのモデリング及びコード開発が進展するとともに、実験データ解析を通じて安定性解析コードの検証を開始している。また、周辺部用の非線形MHDコードの高度化も開始されている。	物理モデル及びコード開発には実験データ解析との比較が必要であるが、当該分野の人的資源の育成を考えると、そのような経験を積んだ若手研究者の育成が必要。また、エッジ領域の構造形成過程を解明するため、非線形MHDコードの開発体制の強化、輸送研究との連携強化が必要。
炉心プラズマ第1原理系SMC群	ダイラスラプション・核燃焼プラズマ・乱流輸送第1原理系SMCの重点開発・利用	*		Q/N/大/特	特別チーム理論・シミュレーションWGにて具体的な開発・利用計画を策定中。ダイラスラプション統合コードの開発を開始。高エネルギー粒子・MHDハイブリッドシミュレーションコードが開発され、トカマクおよびヘリカルプラズマにおける高エネルギー粒子駆動MHD不安定性に対する妥当性検証が行われている。	順調	APと比較して先行的に研究開発が進められているが、AP中期(2020-2025)、後期(2026-2035)では、人的資源を多く含む多くの研究資源が必要となるアクションであり、今後も現状の先行的アクションを支援していく必要がある。	ジャイロ運動にもとづく乱流輸送の第1原理計算には多大な計算コストが必要であり、計算機資源の確保が必要。一方、他の小課題で必要とされる輸送コードへの適用には計算コストの削減が必要であり、輸送係数のモデリング(第一原理計算結果のモデル化や実験データからの経験則にもとづいたモデル)が必要であるため、他の小課題とのより一層の連携が必要。
ダイバータSMC	ダイバータSMCの重点開発・利用	19	*	Q/N/大/特	特別チーム理論・シミュレーションWGにて、詳細開発計画を策定中。SONICを多層不純物化し、JT-60SAで検証。SOI上流側の低衝突度領域に適用可能な拡張カテナールを開発。今後、不純物の輸送解析に適用する予定。	加速が必要	モデル開発、シミュレーションコードの開発とも順調に進んでいるが、現時点で人的資源が増強が急務。	今後も順調な開発ペースを維持するためには、人的資源の増強が急務。
炉心プラズマ統合SMC	炉心プラズマ統合SMCの開発・利用	19	*	Q/N/大/特	特別チーム理論・シミュレーションWGに参加し、詳細開発計画を策定中。TOPICSに導入する粒子輸送モデルを開発中で、JT-60SAで検証予定。	加速が必要	トカマク用の炉心プラズマ統合コードに関しては、QSTを中心にSAでの実験検証を目指して開発が進められている。	今後も順調な開発ペースを維持するためには、人的資源の増強が急務。
核融合炉材料SMC	材料シミュレーション要素コードの開発・利用	26		Q/N/大/特	照射材料劣化因子であるHeキヤプタの形成動モデルを構築し、形成挙動の照射場影響評価に着手。フォラム炉工学・材料モデリングサブグループにて材料研究者と議論するとともに、特別チーム理論・シミュレーションWGにて具体的な開発・利用計画を策定中。	順調	モデル開発及び要素コードの開発に着手するとともに、コミュニティ内での議論も開始されている。	人的資源の少ない小課題領域であり、他分野・関連分野との連携強化も含めた人的資源の増強が必要。また、炉材料、炉工学分野間の課題の整理などを進める必要がある。
原型炉システム統合SMC	工学基礎コード群の開発・利用	20		Q/N/大/特	BLK熱核解析コード、誤差磁場評価コード、ブランケット筐体用の構造解析汎用コード、熱流体汎用コード、トリチウム燃料システムコード、トリチウム透過コード等を開発・整備中。	順調	原型炉システム統合SMC開発に必要な要素コードの開発が開始されている。	産業界の持つ知見・技術の積極的な活用なども含めた人的資源の増強が必要。
原型炉制御システム	プラズマ応答特性・制御系モデリング	19	*	Q/N/大/特	平衡制御シミュレーション・MECSの開発を進め、3次元電流を考慮するように改良予定。機械学習を用いたPID制御手法を開発中。	順調	原型炉制御シミュレーションの炉心プラズマ部分の中心的な要素コードと想定される平衡制御シミュレーションの開発が、モデル開発を含めて進んでいる。	炉心プラズマ統合SMC、原型炉システム統合SMCなどの他の課題との連携、課題整理を進める必要がある。

課題名： 6. 炉心プラズマ

ITER及びJT-60SA研究計画について、QSTを中心に大学等からの参画を得て国際的な議論が進展している。特に、JT-60SA研究計画は極めて順調に議論が進展している。LHD、ヘリオトロンJ、QUEST、GAMMA10などの装置がそれぞれの特徴を活かした研究開発を展開するとともに、プラズマ壁相互作用の基礎研究やモデリング/シミュレーション研究にも進展が見られる。

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
プラズマ設計	物理設計と炉心プラズマパラメータ設定	19	※	特	検討中	順調	特別チームでプラズマパラメータの最適化を実施中であり、現行BA活動が終了する19年度までの完了が見込まれる。	特別チームへの国内炉心プラズマ研究者の参画促進。
	プラズマ設計DB構築	19	※	特	検討中	順調	プラズマパラメータ設定の基となるDBについても、現行BA活動が終了する19年度までの完了が見込まれる。	特別チームへの国内炉心プラズマ研究者の参画促進。
ITER	ITER研究計画の改定	24		Q/N/大/1	2025年FP、2035年DTに基づいて運転計画の詳細化検討中。	順調	国際的な議論にQST及び大学等から専門家が参加。	全日本で議論する体制の構築。
JT-60SA	JT-60SA研究計画の改定	19	※	Q/N/大	2018年にJT-60SAリサーチプランVer.4.0が完成予定。(現在Ver.3.3)	極めて順調	全日本で議論する体制が構築されており、最近の研究成果を踏まえて検討中。	
	ファーストプラズマ	20	※	Q/N/大	2020年より開始			
	プラズマ制御手法確立	21		Q/N/大	2020年より開始			
LHD、ヘリオトロンJ	トラス系物理的理解	25		N/C2	(N)ヘリカルプラズマ用に開発された3次元解析ツールを用いて、トカマクプラズマの3次元磁場効果の物理機構解明に寄与。 (C2)粒子供給制御による高密度プラズマ生成と閉じ込め改善、電子輸送障壁形成、乱流輸送特性と同位体効果、高速イオン駆動MHDモード特性などの研究を通して、トラス系プラズマの3次元磁場構造の役割について理解が進展。	順調	最近トカマクで注目されている3次元磁場効果の理解について、ヘリカルの知見や解析ツールが活かされており、順調に進展している。	共同研究等によるトカマクとヘリカルの研究者間における連携強化。
	重水素実験	25		N	重水素実験が開始され、水素放電と比較してプラズマパラメータの改善が観測された。同位体効果の観点から解析が進展中。	順調	LHDにおける重水素実験は順調に進展。	
	粒子制御技術(D,He,不純物)の実証	19	※	N	水素プラズマへ固体水素ペレットやNBIで重水素を注入して、バルクのCX計測によって同位体の分布変化を調べる研究が開始された。	順調	LHDにおける重水素実験は順調に進展。	

<p>プラズマ壁相互作用研究</p>	<p>W材のPWI基礎データの獲得</p>	<p>26</p>	<p>大/C3/C4</p>	<p>(阪大)水素同位体と不純物(ヘリウム、窒素、希ガス等)同時照射時のW中の水素同位体挙動、非定常熱負荷による溶融W層挙動の研究について実施中。 (名大)中性子照射損傷W材の水素同位体吸蔵特性の基礎データ、W材の水素同位体保持の時間特性データ、熱パルス印加時のW材の損耗データについて取得中。 (C3)GAMMA10/PDXダイバータ模擬実験におけるW-Vターゲットを用いた非接触プラズマ生成に関する研究が進展中。W-Vターゲットを温度制御して高温化し、W表面温度の水素リサイクリングへの影響について評価中。小型PWI模擬実験装置APSEDASにおいて照射損傷Wの水素同位体吸蔵特性について評価中。 (C4)W母材の表面にWの再堆積層を形成して、水素同位体吸蔵特性を京都大学の核反応法により計測中。W再堆積層とW母材の水素吸蔵能の違いを基礎実験で明らかにすることが目的。</p>	<p>順調</p>	<p>九州大学応用力学研究所や大阪大学、名古屋大学等における基礎実験や基礎データ取得、並びに筑波大学プラズマ研究センターにおけるGAMMA10/PDXダイバータ模擬実験は順調に進展し、PWIに関するデータが蓄積されている。</p>	<p>各大学で得られたデータの統合に向けた大学間の連携強化。</p>
<p>モデリング/シミュレーション研究</p>	<p>W材ダイバータ長時間特性での課題の明確化</p>	<p>26</p>	<p>大/C3/C4</p>	<p>(阪大)水素同位体/不純物同時照射時の水素蓄積・透過挙動のモデリングと評価について実施中。 (名大)ヘリウムプラズマ照射によるW表面のナノ構造化条件の明確化、Wのナノ構造化に伴う水素吸蔵特性変化に関するデータ取得、ナノ構造W状のアーキング現象に伴うW損耗評価、不純物ガス(ヘリウム以外)によるW表面構造変化に関する研究が進展中。 (C4)金属プラズマ対向壁に形成された再堆積層による水素吸蔵と放出特性をQUEST実機で計測し、据え置き試料で観測した水素吸蔵特性の比較を行い、金属プラズマ対向壁装置でも、再堆積層による水素吸蔵の効果がみられることが確認された。高温壁による壁温変化により水素吸蔵能やリサイクリングが変化することが確認された。</p>	<p>順調</p>	<p>大阪大学や名古屋大学等における基礎実験やモデリング、基礎データ取得は順調に進展。九州大学応用力学研究所のQUEST装置では、高温壁の冷却能力を向上させて、長時間放電中に水素リサイクリングを制御できるかを確認。また、ダイバータ部で起こる水素吸蔵の特性を調査するとともに、ダイバータアークシヨンに対する影響を調べることになり、順調に進展。</p>	<p>基礎実験・モデリング研究と実機実験との連携強化。</p>
<p>モデリング/シミュレーション研究</p>	<p>物理モデル構築と性能予測コード高度化</p>	<p>19</p>	<p>Q/N/大</p>	<p>(Q)新古典トロイダル粘性評価機能開発、ダイバータコードの多種不純物化、ロケットモードシミュレーションコード開発が実施されるとともに、炉心粒子輸送モデルの開発が進展。デイスラプション、MHD安定性、高エネルギー粒子挙動のコードについて開発中。 (N/大)高エネルギー粒子・MHDハイブリッドシミュレーションコードが開発され、トカマクおよびヘリカルプラズマにおける高エネルギー粒子駆動MHD不安定性に対する妥当性検証について実施中。</p>	<p>順調</p>	<p>様々な現象に対するモデリング/シミュレーション研究は順調に進展。</p>	<p>モデリング/シミュレーションの統合化。</p>

課題名： 7. 燃料システム

トリチウム取り扱いに関するデータ取得は順調に進展しているものの、ITERや原型炉に向けたスケールアップの検討は加速が必要。ITERでの設計や運転情報の有効活用が必須であり、ITERのトリチウムプラント調達スケジュールを踏まえたデータ入手戦略の見直しが必要。6Lの確保方策の検討は、イオン伝導体膜による開発が極めて順調に進展している。

小課題名	アクション	期限	第1回CSRまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
燃料循環システム設計	燃料供給シナリオの策定	18	※	特/Q/大	(特/Q)数年前のSlimCSの研究はあるが、現在の原型炉設計条件ではシナリオ未検討。 (京大)一般化DEMO炉燃料系の動特性モデルを作成、動特性の解析に着手。	加速が必要	現在の原型炉設計条件で未実施であり、加速が必要。プラズマ運転側で燃料供給に必要なデータ、特にコミッションングやクワリーニングなどの実用的運転プラン策定が必要。	特別チームへの国内研究者の参画促進によるプラズマと炉設計、燃料システムの合同検討体制の確立。
	燃料インベントリーの評価	18	※	特/Q/大	(特/Q)炉心のトリチウムインベントリ評価に必要な材料中トリチウム挙動データを実験にて取得する計画について立案(大学との協力)。 (京大)一般化DEMO炉燃料系の動特性モデルを作成、動特性の解析に着手。	順調	特別チームと大学の協力で計画が立案されており、順調に進展。	特別チームと大学との連携強化。燃料システムの研究設備が必要。
	燃料循環システム仕様の決定	19	※	特/Q/大	2018年より開始			
燃料循環システム技術開発	燃料循環システム要素技術(不純物除去、同位体分離など)の開発	26		Q/C5/大	(Q)日米協力による要素試験は実施済み。 (C5)100Gトリチウム取扱システムの開発等を通して、要素技術は開発済。 (九大)料研究費特定領域(H19-H23)での研究後、各大学で基礎実験について継続実施。統合的燃料循環システム技術の確立のための対応について計画中。 (静岡大)LHD重水素実験のために膜分離を用いたシステムについてNIFSと共同で開発中。	加速が必要	要素技術の開発は進んでいるが、スケールアップ等が必要。	ITERでの設計や運転情報の有効活用が必須であり、ITERのトリチウムプラント調達スケジュールを踏まえたデータ入手戦略の見直しが必要。TBMやBPhaseIIを紹介したこれまで得られた技術知見の継承。要素技術のスケールアップや、燃料循環システム中のトリチウムインベントリーの低減に向けた検討が必要。また、同位体分離については、国内大学でほとんど研究が行われておらず、研究体制の構築が必要不可欠。
	T除去系、計量管理の確証試験	24		Q/C5/大	(Q)ITER-DSの共同調達で、設計情報などについて整備。計測関係はBA活動で実施した成果はBA-DEMOR&Dの最終報告書として纏められた(2017)。 (C5)高感度熱量計を設計・整備済。β線誘起X線計測法、液体シンチレーションカウンターの高度化が進められている。 (九大)大学RI実験室・T取扱施設で物理化学生物工学等の分野ごとにT基礎実験、計量管理試験が実施されている。 (静岡大)BA、NIFS共同研究にて実施されている。 (京大)フランクレットでの生成量の実験的評価法が開発され、DD中性子による実験開始。	順調	ITERトリチウム除去系の調達やBA活動を中心に研究が進展。富山大学水素同位体科学研究所センターでも計測装置の高度化等が進められており、順調に進展。	ITER調達やBA活動に関する大学の関与を拡大し、そこでの成果を炉設計へ反映する体制の構築。

<p>T安全取扱技術・機器開発</p>	<p>Tと材料の相互作用など基礎データ取得</p>	<p>19</p>	<p>※</p>	<p>Q/C5/大</p>	<p>(Q)BA活動において、大学との共同研究を含め、データが蓄積されている。成果はBA-DEMO-R&Dの最終報告書として纏められた(2017)。JET-ILWのタイトルストについては日欧で分析しデータ蓄積中。(C5)タンクステン及びその合金、低放射化フェライト鋼、Cu合金中のトリチウムを含む水素同位体の溶解・拡散・捕獲挙動及び同位体効果に関するデータについて蓄積中。また、JET-ILWタイトル中のトリチウム分布に関して体系的なデータについて取得。(九大)プラズマ対向壁、特にWへのT保持インベントリ研究の多様化により研究進展が図られ、固体・液体各種増殖材料についても大学での基礎研究が精力的に実施されている。(静岡大)日米共同研究、BA共同研究、NIFS共同研究などでデータが蓄積されている。中性子照射WIについても基礎的な知見が得られつつある。(筑城大)BA共同研究及びDEMO共同研究において、核融合炉材料の基礎物性(溶解度・拡散係数)と運転条件下における動的な炉内蓄積と除染に関する研究が行われており、DEMOの設計に貢献。(京大)SiC系材料のトリチウム透過拡散データについて取得。</p>	<p>順調</p>	<p>順調にデータ取得が進展。</p>	<p>各大学・QSTで得られたデータの統合に向けた連携強化。</p>
	<p>⁶Liの確保方策の検討</p>	<p>17</p>	<p>※</p>	<p>Q</p>	<p>イオン伝導体膜による海水からのLi回収、6Li濃縮技術開発の基礎研究が進められ、特許について取得。多くの産業界及び公的機関との連携が進展中。</p>	<p>極めて順調</p>	<p>特許を取得するなど順調に進展。</p>	<p>産業界との連携によるスケールアップ。</p>
<p>Li確保</p>	<p>パイロットプラント規模でのLi確保技術確立</p>	<p>26</p>		<p>Q/産</p>	<p>2018年より開始</p>			
	<p>⁶Li濃縮基盤技術開発</p>	<p>26</p>		<p>Q</p>	<p>2018年より開始</p>			
<p>初期装荷T</p>	<p>T製造プロセスの検討</p>	<p>19</p>	<p>※</p>	<p>特/大</p>	<p>(Q)BA共同研究にて初期装荷入手方法について検討中。(京大)DEMO炉における運転計画について検討。想定されるコミッション過程で運転に必要なトリチウムはほとんど外部供給不要である可能性が示された。(九大)高温ガス炉での製造技術に見通し。</p>	<p>順調</p>	<p>BA活動や大学の活動にて順調に進展。</p>	<p>国際的な枠組みでの検討が必要。</p>

課題名: 8. 核融合炉材料と規格・基準(1)
 プランケット構造材料

- (1) 低放射化フェライト鋼に関しては、大量製造技術の確立や関連する要素技術開発など概ね順調であると言えるが、照射効果に関するデータ取得や照射による劣化モデルや関連する規格基準の構築については加速が必要な状況である。
 (2) 先進プランケット材料については、利用方法やデータベースの構築についてはNIFSや大学の協力を得つつ検討が始まっているものの、加速が必要である。その他、ダイバータ材料や計測・制御機能材料についても、照射に関して加速が必要である。
 (3) 核融合中性子源の設計に関しては順調に進捗している。

小課題名	アクション	期限	第1回O&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
低放射化フェライト鋼	原型炉に要求される材料スペースの明確化、技術仕様様の提示	26		Q/特/大	これまでの低放射化フェライト鋼F82Hの板材製作実績を整理し、現状での許容値及び熱処理条件を設定。今後管材・鍛造材等の他形状の技術仕様様の明確化を進める。	順調	板材を中心に順調に進捗している。	原型炉に用いられる形状を設計活動において明確化していく必要がある。
	大量製造技術の確立	26		Q/産	欠陥除去のための再溶解工程における組成制御性の課題を検討した。20t級溶解を実施し、適用製造技術の確立を進める。	極めて順調	EA活動等を通じた大きな成果である。	原型炉に要求されるスペースを参照しつつ適用製造技術の確立を進める。
	Q/産: プランケット構造体製作技術の確立	26		Q/産	HIP接合及び鍛造によるプランケット構造製作技術の適用可能性を検討した。プランケット設計検討と連動して、製作技術の確立を進める。F82Hを用いたTBM構造部材の試作を実施。	順調	順調であるがHIP接合体の評価については方針を定める必要がある。	HIP接合体の健全性評価法の確立を進める
	微小試験片技術の信頼性評価・規格化	26		Q/産/学	主要な微小試験片技術についてQST/大学の共同研究で信頼性評価を進めるとともに、微小試験片技術に関するIAEA-CRP活動に参加してガイドライン整備活動を開始。今後さらに日欧、日米協力を通じて規格化を進める。	順調	国内外の枠組みによって広く進められている。	国内外における規格化に向けてステークホルダーとの継続的な関与が重要である。
	ワールド試験による接合被覆部・環境影響データ取得	22		Q	溶加材を用いたレーザー接合技術の適合性検討を実施。強度特性も含めた技術適合性を検討する。また、高温・高圧水腐食に関するデータ蓄積を進め、水化学管理指針の検討に着手。	加速が必要	大学等との協力により接合技術の進展が見られる。一方、環境影響については材料側、プラント設計両者からの水化学管理指針の検討が必要。	水化学管理指針の検討を設計チームとともに進める。
	原子炉による80dpa照射データの取得	19	※	Q	70~80dpa/300~350°Cの引張・韌性評価を実施した。今後は微細組織の評価を進めるとともに、より信頼性の高い80dpa/300~500°Cデータ取得を目標とする照射実験を進める。	順調	機械的特性評価の結果が得られており順調であるが、照射条件の影響について精査が必要である。	機械的特性データを有効に活用するためにも、微細組織評価を進めることが必要。信頼性の高いデータ取得も必要である。
	接合被覆部・環境影響に関する照射データ取得	31		Q	TIB、EB接合部に対する20dpaまでの照射を終了した。今後データ取得を進めるとともに、設計に対応したデータ取得及び照射環境下腐食試験を進める。	順調	原子炉照射実験は順調に進んでいるが、想定される接合被覆部の照射全てをカバーしているわけではない。	照射環境下腐食試験については、要件を精査して進める必要がある。
	He影響の理解の進展、核融合中性子照射影響の解明、照射劣化モデルの構築	35		Q/N/大	照射材料劣化因子であるHeキヤビテリの形成動向モデルを構築し、形成挙動の照射場影響評価に着手。	加速が必要	モデル構築については順調に進んでいるものの、モデルの妥当性、外挿性を含めてどこまで利用可能なのかという考え方をの確立する必要がある。	大学等の共同研究者をより巻き込んでいく必要がある。
	照射効果を踏まえた構造設計基準の在り方を提示	26		Q/産/学	確率論設計による炉内構造機器の構造設計基準の検討を開始。今後日欧協力での設計基準の検討、日米協力でのこれに対応したDB整備を進める。	加速が必要	重要な取り組みであり、基本的な考え方にについては提示されている。	具体的に構造設計基準として落とし込んでいくための統合的な戦略を明確化する必要がある。
	材料規格化に向けた学協会活動	35		Q/産/学	米国ASTM-A01(鉄鋼材料)会合に参加しF82Hについての説明を実施した。国内外の規格での活動を順次進めていく。	加速が必要	規格化に向けた学協会活動が開始された。	継続的な関与が必要である。

<p>先進ブランケット材</p>	<p>特/Q/N/大: 先進材料の利用方法を明確化</p>	<p>26</p>		<p>特/Q/N/大</p>	<p>先進ブランケットに関して、共同研究の枠内にて検討開始。SiC材料の液体増殖ブランケット流路インサート応用に係る主要な機能データの取得を進め、特に電気特性の照射効果、水素透過、リチウム鉛腐食に関する挙動理解が進展。バナジウム合金については液体リチウム増殖ブランケットへの適用が明確化されている。耐環境性、耐照射性向上が期待される酸化物分散強化(ODS)鋼の利用可能性について調査を開始。</p>	<p>加速が必要</p>	<p>先進材料の利用方法を、先進ブランケット概念の検討等とともに開始したところである。</p>	<p>先進ブランケット設計や関連する要素技術と併せて開発を促進するとともに、設計案の絞り込みに向けて先進材料の利用方法を明確化するための枠組みを構築する必要がある。</p>
	<p>先進材料のデータベースの充実</p>	<p>35</p>		<p>Q/N/大</p>	<p>SiC/SiC複合材料の機械的・物理的・化学的データの蓄積とともに、複合材料特性ハンドブックの整備に着手。バナジウム合金については、接合法、低放射線性の向上、高温強度特性データの充実が進められている。酸化物分散強化(ODS)鋼については、先進原子力システムや事故耐性燃料開発のデータを参照している。</p>	<p>加速が必要</p>	<p>現状の枠組みにおいては最大限の努力が払われているが、アキュオンブランで想定されている先進ブランケットの位置付けに対応可能なデータベースとはなっていない。</p>	<p>先進材料に関するデータベースをまとめるハンドブックの方針を決定する必要がある。</p>

課題名：8. 核融合炉材料と規格・基準(2)その他の材料

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
増殖機能材料(中性増殖材料及びトリウム増殖材料)	増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化	22		Q	BAIにおいて増殖機能材料の製造及び再使用技術の開発を進め、実施した成果をBA-DEMO-R&Dの最終報告書として纏めた(2017)。材料ハンドブックの整理に向け、継続中。	順調	BAの具体的な成果として特筆される。	材料ハンドブックの整理に向けた活動を推進すべきである。
	増殖機能材料充填体の機械特性評価/製作技術確立	30		Q	(18スタート)		-	-
	L:確保技術開発	35		Q	(18スタート)			-
ダイバータ材料	原子炉照射影響評価	26		特/Q/N/大	ITERグレードに準拠したCuCrZr合金の板材を製作し、ITER実規模プロトタイプ冷却管用CuCrZrと共に諸特性評価を実施。微小引張試験片の製作が完了し、HFIR炉を用いた照射試験を開始する予定。腐蝕増強強化(FSP強化)溶解Wの繰返し熱負荷試験後の次階評価を実施。今後は耐酸化性を含めた高性能化を進める。	加速が必要	CuCrZr合金の照射試験の準備は引張試験を中心に進んでいるが、原型炉環境でのコンポーネントとしての照射影響については多角的な検討が必要。	健全性評価に関連する特性評価を進めるための照射試験計画の策定
	耐照射性材料開発と評価	35		Q/N/大	ヒートシंक材料については、大学、NIFSを中心にODS-Cuの開発に着手も基礎的検討段階である。Wについても、大学、NIFSを中心に開発が進められているものの素材研究段階である。	加速が必要	基礎研究に留まる。	設計の進展とともに、必要スペックの詳細化を進め、材料開発に反映させることが必要。
計測・制御機器材料	照射劣化データベースの整理	19	※	Q/特	未着手。NIFS研究会で整理したものが報告書になっている。それ以上の整理は、原型炉工学フェーズと考える。	加速が必要	現状では、NIFS研究会報告書以上のものは得られない状況である。	NIFS研究会報告書を元に、照射劣化データベースとして整理し、原型炉環境で用いられる計測・制御機器材料が同定された後に、必要に応じて照射試験、代替材料の開発などを進める。
	その他	19	※	Q/N/大	低放射化フェライト鋼の物理特性・引張特性を中心としたハンドブックを整備。今後は靱性・疲労・クリープ等の特性について順次策定を進める。また、他の材料についても整備に着手する。	加速が必要	構造材料については、低放射化フェライト鋼以外の材料については未着手である。	関係各所の協力を求める。

課題名：8. 核融合炉材料と規格・基準(3)核融合中性子源

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要項了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
核融合中性子源	核融合中性子源の設計・建設	30		Q	2025年頃の建設を目標に中性子源設計活動を進めている。本年度は中性子源用リチウムターゲットの機器検討、材料片照射用のテストモジュール設計並びにターゲットアッセンブリー交換に係る遠隔設計実施し、それらの設計仕様要求を明確にした。また、設計に関連するリチウムターゲット機器の分解並びにニュートロニクス実験を実施した。今後も引き続き試験施設内の機器設計を中心に中性子源の全体設計のための要求仕様検討を進める。	順調	要素設計検討は順調に進んでいる。統合化のための方針を明確化する必要がある。	核融合中性子源の必要性を広く認識されることと、中性子源ニーズの拡大のために多様なコミュニティとの対話活動を推進する必要がある。

9. 安全性

安全法令規制に関する活動については、BA活動の一部として実施されており、順調に推移しており、安全性解析・評価に関しても特別チームにおいて基本的なコードを整備がなされつつある。核融合炉の安全性の議論が深まるにつれ、安全を担う人材の拡充が必要と考えられるので、長期的な観点で若手人材の確保が急務である。

課題名:

小課題名	アクション	期限	第1回CRPまでの 要了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
安全法令規制	(15)原型炉プラントの安全上の特徴整理 [既存コードでの評価]	16	※	特/産	BA活動の一環として一部実施した。	順調	18年度からの安全確保方針検討に展開されていく 予定。	
	(17)原型炉プラントの安全上の特徴整理 [安全確保方針策定]	19	※	特/産	機器の安全重要度分類を検討中。	順調		
	(20)原型炉プラントの安全上の特徴整理 [方針に基づく解析評価]	26		特/産	— (20年度より開始予定)			
	(20)TF/特:安全規制法令予備検討	26		TF/特	— (20年度より開始予定)			
	(27)安全規制法令 法規制方針策定 → (31)	31		学	— (27年度より開始予定)			
工学安全課題の整理	(15)機器故障のシナリオ確立	26		特/Q/I/N/大/ 産	特別チーム/QSTにて機器故障のシナリオ検討に着手し た。	順調	長期的な取り組みであり、現時点では計画通りと 考えられる。	特になし
安全性解析・評価	(15)特/Q/産:安全性評価コードの開発 (31)	31		特	特)特別チームは、トリチウム、ダストの環境挙動、熱水力 解析など基本的なコードを整備済み。あるTBMは、特別 Q)ITERの安全要件を満足する必要がある。初期的な安全解析はTRACコード チームと独立して実施中。初期的な安全解析はTRACコード で実施。MELCORコード(ITER指定バージョン)を入手中。	順調	長期的な取り組みであり、現時点では計画通りと 考えられる。	核融合炉の安全を担う人材が研究機関、産業界と も不足しているため、若手の確保が急務。
	(20)V&V実験 [化学反応、 ダスト挙動評価等]	26		Q/大/特	— (20年度より開始予定)			
	(27)V&V実験 [安全評価への反映]	31		Q/大/特	— (27年度より開始予定)			
	(20)原型炉プラントの安全性評価	31		特/産	— (20年度より開始予定)			
	(20)安全性確保の方針と整合する設計 条件の策定 [概念設計]	26		特/産	— (20年度より開始予定)			
	(27)安全性確保の方針と整合する設計 条件の策定 [工学設計]	31		特/産	— (27年度より開始予定)			
環境トリチウムの挙動 評価	(15)環境トリチウムの規制目標の調査・ 検討	19	※	特/Q/N/大	国内学会に調査依頼したが、国内に経験が無く、対応不可 との回答が得られた。EUから入手した重水炉での環境トリ チウム管理に関する関連資料をもとに分析していく予定。	順調	規制という不確定要素を含む課題であるので、早 期に検討に着手し、全体の作業量を把握する必要 がある。	
	(20)定常・異常時の環境への放出量評 価と制御	34		特/大/N/産	— (20年度より開始予定)			

課題名： 10.稼働率と保守

2020年頃のC&Rに向けた課題はおおむね順調と評価している。しかしながら、保守方式と炉構造設計は表裏一体であり、炉構造側の成り立ちとセットで見極める必要がある(炉構造側の成り立ちが厳しい場合、保守方式の見直しが必要)

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
原型炉設計	保守方式暫定	17	※	特/産/Q	特：垂直引き抜き方式を主案として、BLK・DIV双方の保守方式を詳細化中。BLKについては、保守シナリオ検討による保守条件の明確化、上部引き抜き方式の技術課題と対策設計、保守中の放射化ダストの拡散を防止する保守セルとキャスクの考え方を取り纏めた。DIVに関しては、ITER EDAの日本案であるラジアルムーバードライダルムーバで構成するダイハータ保守機器概念(炉外に引き出す)を提案。	順調	炉概念の決定に関わるアクションであり、順調に進捗している。	
	炉構造・パラメータ決定	17	※	特/産/Q	特：垂直引き抜き方式を主案とした炉構造設計を実施	順調	主案の炉構造・パラメータに基づいた炉構造設計が実施されている	
	保守R&D対象の検討・選択	18	※	特/産/Q	特：上記の「保守方式暫定」の一環として行っている設計検討の中で、技術課題を取り纏める予定。	順調	(18)までのアクションであり、設計検討の中でそれまでに取り纏め可能と評価	特になし
	作業手順、炉停止期間の検討	24		特/産/Q	(20)開始予定		-	
バックエンド検討	バックエンドシナリオ検討	19		特/大/産	特：バックエンドシナリオ案を策定し、日本の規制において埋設の可能性を示した。	極めて順調	(18)開始予定であったが、前倒しで検討開始	特になし
	放射性廃棄物の処分・再利用基準の検討	22		Q/大/産	(20)開始予定		-	
保守技術開発・蓄積	原子力施設機器取扱、検査	19		産	産：福島の高止措置に関連して遠隔技術Gの開発がなされている。 http://www.drd-portal.jp/r_and_d/remote/index.html	極めて順調	各種技術の調査、開発、適用試験が実施されている。	核融合原型炉への展開、適用性についての考察が必要
	遠隔作業、検査、保守技術の調査	21		特/Q/産	(20)開始予定		-	

11. 計測・制御

原型炉に向けた計装制御の検討は核融合研究会の報告書としてまとめられており、磁気計測や平衡解析などは一部大学の寄与が期待され、全日本的に情報交換や議論の場が作られつつある。そのため、該当項目は「順調」とした。今後は特別チームの炉設計との整合性や検討の精度を高める必要があり、特別チームとの共同活動が求められる。一方で、照射試験を個人レベルで実施することは非効率であり、ITER用機器の照射試験と併せて、実施する体制作りと効率的な照射試験リストの作成、国内外の照射施設の利用計画を検討すべきである。オンライン予測についてはシミュレーション研究者との共同が必要であるが、現状ではその体制ができていない。そのため、箇所は「加速が必要」とした。

小課題名	アクション	期限	第1回C&Fまでの要項了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
理論・既存・海外実験による予測、実験による検証	(15) 安定限界の理論特性の理解→(19)	19	※	Q/N/大/特	(Q)トトロダイダル回転と高エネルギー粒子を考慮したRWM理論構築・コード開発、ロケットモード解析コード開発を実施。コードを利用した限界評価を実施。RWM安定化の方策も含め、今後詳細に検討する。 (大)特に無し	順調	主要な不安定性の解析コードの開発が進んでおり、2019年に向けて順調に進んでいると考えられる。	今後、コード開発を終えた後、コードの妥当性を検証すると共に、限界評価を進め、理論特性の理解を図ることが望まれる。コードの検証については、JT-60Uのデータを利用するほか、必要に応じて共同研究による海外装置の利用も挙げられる。
	(15) 被制御量の検討→(19)	19	※	Q/N/大/特	(Q)CS磁束低減のための電子温度分布制御を検討した。 (Q/N/大)核融合共同研究「環状核融合原型炉運転のための計装制御システム検討評価」(2012-2013年、代表者：松田慎三郎)にて、トカマク及びヘリカルそれぞれで測定すべきプラズマ諸量が定性的な観点から検討がなされ、報告書(NIFS-memo68)にまとめられた。	順調	被制御量の定性的な検討が実施され、報告書としてまとめられており、よく進展していると言える。	今後は特別チームが中心となり、関係者と共に検討会を開催し、報告書でまとめられた検討結果を参考にしながら、設計中の原型炉での運転シナリオとの整合性を検討し、2019年の期限に向けて被制御量を確定させることが必要。
	(17) 遠隔位置磁気計測での平衡精度のシミュレーション→(19)	19	※	Q/大	(Q)ITERを対象として実施済み。現在、JT-60SAを対象として実施中。 (Q/大)東京大学江尻准教授より、平成30年度核融合科学研究所共同研究(研究会)「平衡再構成のための計測技術と解析手法」が提案され、29名の研究協力者と申請中である。本研究会は国内の大学、量研機構・核融合研の磁気計測関係者を広く集め、平衡再構成の課題について情報交換し議論することを目的としている。これにより、新しいアイデアの創出、今後の開発研究の指針の決定、全日本の研究組織の構築をねらっている。 (大)東工大高井研では、真空容器内磁気体・鉄心を考慮したフィラメント法の開発中	順調	ITERやJT-60SAでシミュレーションが実施され、全日本的な議論を行う研究会も組織されており、よく進捗していると言える。	シミュレーション結果の妥当性の検証を行うと共に、研究会を利用した議論と、必要に応じて大学との共同研究を実施し、遠隔位置磁気計測でも十分な平衡制御ができるための方策を明らかにする必要がある。
	安定限界、被制御量の検証	26		Q/N/大/U/特	2020年より開始			

	ITER/JT-60SA等での制御実績(手法、成功率等)と応答時間のDB構築	35		Q/大/U/特	2020年より開始								
	遠隔位置磁気計測での平衡精度の検証	26		Q/大	2020年より開始								
	ITER/JT-60SA等における計測運用保守実績DB構築	35		Q/大/U/特	2027年より開始								
	ITER/JT-60SA等における計測運用保守実績DB構築	35		Q/大/U/特	2027年より開始								
計測開発	(15) 炉設計と整合した候補計測分類と選定一(19)	19	※	Q/N/大/特	(Q)未実施。 (Q/N/大)NIFS共同研究(発電実証原型炉の運転制御のためのシステム的検討)(2014-2016年、代表者:松田慎三郎)にて、特別チームによる現在の原型炉設計で計測器に許容される面積、及び各計測器が必要とする面積・体積を考慮して、必須となる計測器が設置できるかの検討を行っている。 (特)	加速が必要	研究会には大学、NIFS、OIST、特別チームから参加され、候補計測器の選定がされ、許容される占有面積に収まるかなどの検討がなされ、進展がある。更に立ち上げ、立ち下げも含めて、現在特別チームで検討されている運転シナリオと整合するか等、踏み込んだ検討が期待される。 また、研究会では対象外であった、装置保護に関連した計測(表面温度計測、真空度、損耗モニター等)についても検討を開始すべき。	特別チームを中心に、必要に応じて大学やNIFSからの参加者を含めて検討会等を開催し、より現在の原型炉設計と整合した計測器の検討を進め、2020年からの候補計測器決定のため基盤を早急に作るべきである。					
	(16) 照射試験も含む計測開発体制の構築→(19)	19	※	Q/N/大/TF	(Q)計測機器の放射線性に関する照射計画の検討を始めた。 (Q/N/大/TF)大阪大学のオクダピアンで14 MeV中性子照射(3×10^{12} n/sec)が可能であり、ITERやLHD等の機器の照射試験が実施されている。計測開発の体制はまだ組織されるに至っていない。	加速が必要	現在は比較的人ベース、一機関での照射試験や照射装置の維持となっている。また、計測器開発の課題も上記NIFS共同研究会報告書から更に精査すべきである。何ぞどのような照射試験を実施するか、計測器開発の検討を実施するための開発体制が必要であるが、また全日本的な協力体制には至っていない。 原型炉、及びITER用機器の中性子照射試験では、オクダピアンよりも大面積での照射が必要なる場合があるため、海外の原子炉等が考えられる。効率的な照射試験のためには組織的な取り組みが必要と考えられ、現在開始された検討を中心に、2019年に向け早急に体制を構築が成されるべきである。	上記課題の検討会等、組織的に検討する体制を早急に構築するべき。特別チームが中心となることを望ましい。					
	候補計測器の決定と開発	26		Q/N/大/産/特	2020年より開始								
	計測器のプラズマ試験、照射試験、寿命評価	35		Q/N/大/産/特	2020年より開始								
	候補計測器の開発と評価	35		Q/N/大/産/特	2027年より開始								

	実時間制御の運用	35	Q/大	2020年より開始 (Q)CCS法のKSTARへの適用、JT-60SAでのCCCS法適用時の誤差を評価 (大)QUESTではプラズマ発光によるガス供給制御・位相同定、FPGAの使用、実時間密度測定制御が進められ、東大井研は多数の装置へのCCS法を適用中。		大学でツール開発等が可能分野であり、共同研究によって大型装置へ適用するなど、更なる進展が期待される。	
	第一原理計算、シミュレータ、実時間制御の相互検証と高度化	26	Q/N/大/特	2020年より開始			
	学習・推定ツールの開発	26	Q/N/大/特	2020年より開始 (大)東大/小川研にてJT-60UIにおけるディスプレイラプションへの機械学習を適用中		大学で先行研究がなされ、今後も共同研究等を通してJT-60SAや他の大型装置での検証、ITER用推定ツールの開発に進展することが期待される。	
	実時間制御の運用	35	Q/大	2020年より開始			
	統合コード、シミュレータ、実時間制御の性能(精度、成功率等)評価	35	Q/大/特	2020年より開始			
	実時間制御の仕様作成	35	Q/大/特	2030年より開始			

課題名:

12. 社会連携

アウトリーチHQの設置に向けては、加速が必要であるものの、関係機関による準備委員会が設置されるなど、必要な措置について検討が開始されたところである。

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
アウトリーチ活動 ヘッドクォーター (HQ)設置による活 動の推進	核融合OR活動HQの 在り方の検討	19	※	TF/特 /Q/N/F/学	関係機関とHQの役割について議論を開始。	加速が必要	アウトリーチHQの体制について意見交換が進められている。	アウトリーチHQのミッションの確定と、必要な措置について早急にまとめて提案する必要がある。
	核融合アウトリーチ活 動HQの設置	20	※	TF/特 /Q/N/F/学	(20年に設置を目標)			
	核融合アウトリーチ活 動推進計画の立案	20	※	TF/特 /Q/N/F/学	JAXA、JAMSTEC等のアウトリーチ状況調査を実施し、アウトリーチ活動強化を検討中。			
アウトリーチ人材 育成	アウトリーチ教育体制 及びプログラムの検討	19	※	TF/特 /Q/N/F/学	TFメンバーによる調査が一部はじまっているものの、具体的なアクションは未着手	加速が必要	科学全般のアウトリーチ人材の教育に関する調査は進められたものの、アウトリーチHQの体制についての意見交換に留まっている。	アウトリーチHQの体制を構築して、早急に具体的な検討に移ることが必要
社会連携活動	核融合エネルギー開 発ロードマップ/原型 炉設計活動に関する 社会連携活動の実施	19	※	TF/特	未着手	加速が必要	社会連携活動の加速の必要性の認識は各所で高まっているものの、具体的なアクションに繋がっていない。	アウトリーチHQの体制を構築して、早急に具体的なアクションに移ることが必要

課題名: 13. ヘリカル

小課題名	アクション	期限	第1回O&Rまでの要項了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置	
ヘリカルプラズマ 炉工学・炉設計	ダイバータ部の熱負荷低減と粒子制御	15-25		N/大	不純物ガスバフや共鳴磁場を用いたデタッチメント放電に関する研究を実施し、デタッチメントプラズマの特性評価を行っている。	順調	LHDを用いたダイバータ熱負荷低減運転に関する実験が進められている。	原型炉ダイバータへの寄与の観点からは、ヘリカルとトカマクのダイバータ磁気線構造の違いに着目した分析が必要である。	
	輸送特性と高エネルギー粒子の閉じ込め特性	15-25		N/大	NBの損失イオン計測や、重水素放電に伴い発生する高エネルギー粒子の計測により、高エネルギー粒子の閉じ込め特性を研究している。	順調	LHDを用いた重水素実験が開始され、高エネルギー粒子研究が順調に進展している。	LHD実験を環状プラズマの体系化に発展させ、原型炉プラズマの予測に寄与することが必要である。	
	3次元解析によるヘリカル炉の成立性	15-19		N/大	小型強磁場化による早期実現炉概念の設計解析を進め、正味電力出力の見通しを得た。自己点火条件までの到達のため磁場配位の最適化も検討。	順調	LHDのグローバルな閉じ込め特性の相似性に基づいた概念設計が進展している。	LHD実験で得られた物理的知見を取り入れた詳細な分析が必要である。	
	大型高磁場超伝導ヘリカルマグネットの成立性	15-25		N/大	高温超伝導体を用いた接続方式ヘリカルコイル巻線の検討と要素開発が進展。大口径高磁場導体試験装置を用いた大電流導体試験を遂行。	順調	連続巻大型コイルの成立性に関して、先進的な概念研究は進んでいるが、R&Dを通じた実行可能性に関する検討も必要。	関連するR&Dを行うことにより、成立性を示す必要がある。	
	長寿命液体ブランケットの成立性	15-25		N/大	溶融塩ブランケットの設計検討と熱・物質流動試験装置を用いた高温磁場腐食試験の実施。同装置を用いた液体リチウム鉛のMHD圧力損失の特性試験。	順調	熱・物質流動試験装置を用いて、新概念を含む様々な実験が進んでいる。	研究の進展を装置設計に反映し、その成果を開発研究にフィードバックさせる必要がある。	
	低放射化構造材料開発研究	15-25		N/大	低放射化バナジウム合金を高純度化することにより、高温強度を維持しつつ接合性、加工性が格段に向上することを実証。	順調	RAFM鋼の代替案となる低放射化構造材料の研究が進展している。	研究成果を装置設計に反映し、先進材料の利用方法を明確化することが必要である。	
	高熱流プラズマ対向機器・材料開発研究	15-25		N/大	機械的合金化法と高温静水圧ブレ法の組み合わせでナノ粒子分散ダイバータ用銅合金の試作に成功。電子ビーム熱負荷試験。液体ダイバータの流動基礎実験。	順調	原型炉の初期ダイバータを想定した銅合金の開発研究が進展している。さらなる進展のためには、中性子照射特性を調べることが必要。	研究成果を装置設計に反映し、銅合金に求められている性能を明確化することが必要である。	
	ヘリカル炉概念設計		15-26		N/大	先進ダイバータ及びブランケット概念を用いた新たな遠隔保守交換のシナリオを検討。	順調	新たなアイデアに基づく概念研究が進んでいるが、R&Dを通じた実行可能性に関する検討も必要。	関連するR&Dを行うことにより、成立性を示す必要がある。
	物理素過程のシミュレーション		15-26		N/大	プラズマシミュレータ(スーパーコンピュータシステム)を有効活用して、LHD等ヘリカル系装置のコアプラズマから周辺プラズマ・プラズマ対向壁までを含む領域における平衡・安定性・輸送・加熱等の物理過程を扱うシミュレーションコード群や使用する物理モデル群の整備・拡張が進められ、シミュレーション結果とLHD等の実験装置の結果との比較によるモデルやコードの検証が行われている。	順調	様々な現象に対するモデリング/シミュレーション研究が順調に進展している。	理論シミュレーション研究と実験研究とのより一層の連携強化が必要。

<p>複合物理結合・階層間結合シミュレーション</p>	<p>15-26</p>	<p>N/大</p>	<p>MHD・高エネルギー粒子シミュレーションコードが開発され、LHDやトカマクの高エネルギー粒子駆動不安定性の解析に活用されている。ヘリカル系プラズマの統合輸送コード(task3D)の開発が進められ、LHD実験の輸送解析や輸送モデルの検証に用いられている。統合輸送コードに組み込むため、ジャイロ運動論的シミュレーション結果に基づく乱流輸送モデルの開発が進められている。</p>	<p>順調</p>	<p>様々な現象に対するモデリング/シミュレーション研究が順調に進展している。</p>	<p>理論シミュレーション研究と実験研究とのより一層の連携強化が必要。</p>
-----------------------------	--------------	------------	---	-----------	---	---

課題名: 14. レーザー方式

小課題名	アクション	期限	第10回C&Rまでの要完了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
物質・プラズマ相互作用の総合的理解	プラズマによる物体損耗の数値モデル化	27		C1/大/N	C1: 大阪大学レーザー科学研究所において、既存のシミュレーションコードを用いたベンチマーク準備を行っている。下記項目(モデル実験)を基に、MW/m ² 級の熱負荷を模擬する条件での計算条件の調査を開始した。	順調	下記モデル実験の環境整備とともに、準備段階となる項目の整理はほぼ終了していることは評価できる。今後はより具体的な条件下での計算(コード開発も含む)の実施を開始し、期限までに下記実験との連携を通じた数値モデル化を完了する見込みである。	ダイバータ材料の高温条件下での挙動に関して、固相・液相・気相が混合した複雑な条件であることが予想され、今後は分子動力学シミュレーションの導入など、幅広い展開が求められる。
	プラズマによる物体損耗のモデル実験	27		C1/大/N	C1: 大阪大学レーザー科学研究所において、ディスプレイを模擬するための材料試験装置として、サブミリ秒パルス幅をもつレーザー装置の整備を開始した。約MW/m ² の熱負荷に相当する金属試料の照射試験を行い、ディスプレイ動作時にダイバータが経験する熱負荷条件を達成できることを確認した。	順調	既存レーザー装置の整備により、シングルショット・低繰り返し条件下におけるサンプル回収を主とした実験スキームは確立したことは評価できる。今後はポンプ・プローブ計測系の構築により、期限内に目標を達成させるべく計画をすすめている。	物体摩擦の模擬実験を行う試験装置としては、より高頻度で熱負荷を加えること、および多くのサンプルで多種多様な条件下でデータを取得することが必須であり、このための高繰り返し・高出力(100~200 kW級)レーザーによる材料試験装置の提供が強く望まれる。
	材料試験装置部詳細設計	20		C1/大/N	C1: 大阪大学レーザー科学研究所において、熱負荷試験を主眼とした装置設計を行っている。現状の熱負荷試験装置(サブミリ秒パルスレーザー)をベースに、より高繰り返し・高出力の材料試験装置を想定した設計を実施している。	順調	既存の装置をベンチマークとした材料試験装置(レーザー装置)の設計へと移行したことは評価できる。より高繰り返し、高熱負荷の条件が達成可能な100~200 kW級のパルスレーザーの設計を実施しており、期限内に達成できる見込みである。	本試験装置は核融合炉壁の材料試験装置のみならず、パルス熱源・パルス圧力源として一般化した標準装置として広い応用領域が見込まれる。想定される応用領域の関係者を含めた開発が期待される。
液体金属壁開発	液体金属壁基礎実験装置詳細設計	20		C1/大/N	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		金属蒸気が核融合プラズマにどのように影響するかきちんと評価してから詳細設計に移るべき。	重元素の磁場中での挙動評価。核融合プラズマ径の影響評価
ペレット製造・入射技術	ペレット製造法の詳細設計	19		C1/N/大/産	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		磁場核融合用ペレット入射技術は基本的には存在すると考えられる。実際に必要とする者がメーカーと協力して進める段階にある。	DTを用いた実験
	ペレット入射装置の詳細設計	19		C1/N/大/産	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。	同上		
トリチウム貯蔵・ハンドリング技術	トリチウム貯蔵/供給系の詳細設計	18		C1/C5/N/大/Q	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。			
	トリチウム回収系の概念設計	18		C1/C5/N/大/Q	C1: 大阪大学レーザー科学研究所において、熱交換器におけるトリチウムの拡散漏洩に関する評価が行われた。	加速が必要	トリチウム拡散の熱値評価を行ったことは評価できる。今後は熱サイクルに水以外の物質も検討する必要がある。	今後は拡散トリチウムの化学形態の評価が必要である。
	トリチウム回収系の詳細設計	22		C1/N/大/Q	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。			
過酷環境下における計測技術	レーザー生成過酷環境の特性評価	18		C1/C5/N/大	C1: 大阪大学レーザー科学研究所において同所の超短パルス超強度LFEXレーザーによる2kVレベルでのターゲット照射時に発生する中性子・γ線過酷環境を実現し、核融合科学研究所との協力により実験とシミュレーションにおいてそれぞれの強度と特性を評価している。DT中性子発生ターゲットとしては富山大学との協力によりトリチウムの導入準備を進めている。さらに、生成した過酷環境下で動作可能な計測器群を開発し、プラズマデータ取得の手法を確立しつつある。なお、マシンタイムは不足している。	順調	現在のレーザー装置を活用して既に一定の成果を得ていることは評価出来る。トリチウムの導入、コンパチブルな計測機器の開発は先進的であり、さらに強化が期待される。	現状での研究開発においても十分なシミュレーションを確保するための予算措置が望まれる。炉工研究者との連携協力が望まれる。

レーザー生成過酷環境の提供	35		C1/N/大	<p>C1: 上記により現状レベルでの中性子・γ線過酷環境を再現している。レーザーおよびターゲット照射条件により多様な過酷環境の生成を検討し、発生条件と特性をサーベイしている。10kLレベルでの過酷環境生成手法を評価している。</p>	順調	既に成果が上がりつつあり、次ステップへの発展が期待される。	<p>原型炉レベルでの過酷環境試験装置として大出力エネルギーかつ高繰り返し回数のレーザーを建設するには、予算措置が必要である。</p>
---------------	----	--	--------	---	----	-------------------------------	---

課題名: 参考 レーザ炉特有

小課題名	アクション	期限	第1回C&Rまでの要項了事項	実施期待機関	進捗状況	進捗度	進捗状況の評価	課題達成のために必要な措置
炉心プラズマ	炉心プラズマ基礎実験	17		C1/大/N	C1/N: 大阪大学レーザー科学研究所と核融合科学研究所の連携に数大学の研究者を加えて、高速点火方式による点火温度5 keVの高速燃料プラズマ加熱を実証することを目的としたFIREX-1プロジェクトを遂行している。加熱媒体となるレーザー照射生成電子スベクトルの制御およびレーザー生成外部磁場の導入による電子流束制御により2 keVまでの加熱を達成した。加熱電子流の輸送過程を実験及びシミュレーションにより評価し、物理機構のモデル化および加熱比例則の確立を図っている。	順調	目標の5 keVについては未だ達成されていないが、加熱の基礎物理の理解・モデル化と加熱過程の制御に関する見通しを得つつあることは高く評価される。	現状の実験装置での十分なデータ取得シヨット数を得るためには、マシンタイム確保のため予算措置が必要である。また、現有実験装置自体の改良も望まれる。
	国際連携検討	18		C1/N/大	C1: 2017年度、米国との連携強化を目的にローレンスリバモア国立研究所内に大阪大学レーザー科学研究所連携オフィスを設置するとともに在外研究員を現地に11年派遣した。2017年度、現地で関連するワークショップを開催するとしより具体的な連携が検討された。	極めて順調	連携オフィスを設置したことで議論が加速できたことは高く評価できる	連携オフィスは有効に機能しているが、現地滞在者や現地スタッフの経費が今後課題となり措置が必要である。
	国際連携準備	22		C1/N/大	C1: 2017年度大阪大学と米國ローレンスリバモア国立研究所と大学間協定が結ばれた。さらにレーザーによる高エネルギー密度科学などに関して全日本一全米での連携に関する議論が進むとともに文科省-米國DOEとの連携に向けた議論も開始され、今後正式な協議へ向けた検討が始まっている。	極めて順調	阪大-リバモアから全日本一全米での連携へ向けた取り組みが開始されようとしていることは高く評価できる。	米國との具体的な取り組みを進めるうえで研究者レベルの連携に加え、政府間レベルの協議が必要不可欠である。
	自己点火炉心プラズマ数値設計	21		C1/N/大	C1: 上記FIREX-1プロジェクトにおいて得られた燃料プラズマ加熱と基礎過程の理解に基づき、実験でベンチマークされた多階層シミュレーションを用いて、点火燃焼ターゲットの設計を行っている。ターゲット設計案件による点火燃焼過程及び核融合出力に関する知見をもとに、自己点火と高利得への外挿性を評価しつつある。	順調	実験と理論シミュレーションを常に比較検討しながら研究開発を進めている点は優れた手法であり、評価出来る。高速加熱には非線形現象を多く伴うので、物理過程の精緻なモデル化を期待する。	コードのベンチマークのための十分な実験データを得る必要があり、現行実験に対してもマシンタイム確保のための予算措置が必要である。高性能計算機の強化が必要である。
繰り返し炉工試験装置	繰り返し炉工試験装置概念設計	18		C1/N/大/産	C1/N/大/産: IFEフォーラムレーザー-核融合技術振興会の支援で大阪大学レーザー科学研究所、核融合科学研究所、光産業創成大学院大学、茨城大学、岐阜大学等共同で概念設計が行われた。	順調	システムを構成する要素技術については技術的原通しがつき、それにより概念設計が行われたことは評価できる。残された課題は投入ターゲットの傾きの抑制等である。	概念設計の技術的裏付けを取るためには試験装置の加工、組み立て精度の向上などが必要であり、適正な投資が必要である。

炉工技術	20 kJ/10 Hzレーザー詳細設計	19		C1/大/産/0W/N	C1/産/大/阪大学レーザー科学研究所、浜松ホトニクス等で詳細設計が進められている。	順調	段階的に試作を重ね、冷却能力、信頼性、耐久性の試算を行っていることが評価できる。今後実機スペースでの評価を重ねる必要がある。	繰り返し熱歪み応力による疲労、熱による共振波長のシフト等、建設資金の確保が課題。
	大量ペレット製造法の詳細設計	19		C1/N/大/産	C1:大阪大学レーザー科学研究所で実験室レベルの要素技術、概念設計を行った。	加速が必要	ペレット製造法の基礎技術を確認したことは評価できる。今後は利得を担保できるターゲット設計を早急に行う必要がある。	開発資金の確保、加熱効率の向上。および詳細設計に移行するための人的・財政的支援が必要。
	ペレット入射装置の詳細設計	19		C1/N/大/産	C1:大阪大学レーザー科学研究所で単ショットベースの入射装置で技術的課題を検証している。	加速が必要	単ショットベースの基礎装置が完成したことは評価できる。今後はターゲット設計が完成した時点でそれぞれに対応できる装置の設計を進める。	円柱対象系のターゲットにおける入射時の対称軸の傾き抑制。および詳細設計に移行するための人的・財政的支援が必要。
	ペレット追尾装置の詳細設計	22		C1/N/大/産	大:茨城大学で原理検証実験は行われ、それに基づく概念設計が行われた。	加速が必要	概念設計と基本技術を確認したことは評価できる。今後、ターゲット設計が完成した段階でそれに応じた詳細設計を行う。	観測系への放射線の影響評価。および詳細設計に移行するための人的・財政的支援が必要。
	壁/ブラズマ相互作用の総合的理解	27		C1/大/N	C1:大阪大学レーザー科学研究所、レーザー技術総合研究所等で液体壁適用炉を念頭に置いたシミュレーション研究を中心に行っている。これまでのところ、一時期問題視されたエアロソルの形成は放電を用いたα粒子によるアブレージョン模擬実験などでは問題ないのではないかとの理解に至っている。	順調	シミュレーションにより壁/ブラズマ相互作用の理解が進んだことは評価できる。レーザー核融合炉はプラントの位置づけ(実験炉、デモ炉、商用炉)に応じて設計可能であり、ブラズマ、壁相互作用はそれほど重要な課題ではない。最終結論は実験炉のPhaseIII程度まで行う必要がある。	単ショットベースの点火燃焼、連続照射技術の証明、国策としての開発の促進。
	液体金属壁基礎実験装置詳細設計	20		C1/N/大/産	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		単ショットベースの点火燃焼が実証された段階でスタートしても対応可能と考える。	単ショットベースの点火燃焼、連続照射技術の証明、国策としての開発の促進。
	材料試験装置部詳細設計	20		C1/N/大	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		実験炉自体が材料試験装置であり、連続運転により磁場核融合で言うデモ炉までの機能を果たせることができる。	単ショットベースの点火燃焼、連続照射技術の証明、国策としての開発の促進。
	トリチウム回収系の詳細設計	22		C1/N/大/産	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		単ショットベースの点火燃焼が実証された段階でスタートしても対応可能と考える。	単ショットベースの点火燃焼、連続照射技術の証明、国策としての開発の促進。
	トリチウム貯蔵/供給系の製造	21		C1/N/大/産	大阪大学レーザー科学研究所では特になし。		立ち上げ時にはいろいろなる供給ルールを確保する必要があるが、それ以降は自給自足可能。	単ショットベースの点火燃焼、連続照射技術の証明、国策としての開発の促進。