

「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について

(ワークシート)

(修正・追加提出分)

「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について（ワークシート）

氏名 疇地 宏

1. 第18回核融合研究作業部会でのロードマップ（参考資料）との関連性（批判的であってもよい）において、中長期的プランを時間軸に沿ってご記入下さい。

記入項目：

1) 課題：

- ①高速点火実証実験第1期（FIREX-I）による核融合点火温度の加熱実証。
- ②高速点火実証実験第2期（FIREX-II）による核融合点火・燃焼の実証。
- ③レーザー核融合実験炉LIFTによる正味発電実証。

2) 目的：

- ①②わが国独自の高速点火レーザー核融合により、米国立点火施設の1/10程度の規模で点火・燃焼の実証を行う。
- ③負荷変動に迅速に対応できるコンパクトな核融合エネルギー開発を行うとともに、高輝度中性子源としてブランケット開発や炉材料研究に活用する。

3) 主体となる担い手と体制（単独、国内協力・連携、国際協力、新たな組織の必要性）

- ①FIREX-I は大阪大学レーザーエネルギー学研究中心および国内外の研究者
- ②③FIREX-II および LIFT

主体となる担い手：現大阪大学レーザーエネルギー学研究中心の多数の教職員。

国内協力・連携：適切な研究機関との連携。

国際協力：わが国のリーダーシップ確保のために、一定の国内計画を確保した上での、米欧の主要研究機関との協力。例えば米国ローレンスリバモア国立研究所、英国ラザフォードアプトン研究所等。前者からは点火実験への強い参加打診があり、後者とは欧州の発電炉HiPERの設計での協力要請を受けているところである。

新組織：FIREX-II やLIFTは一つの大学ではなく全日本の計画として進めるべきであるから、新組織あるいは他機関との強い連携が必要と思われる。

4) 規模（人員、予算）

- ①FIREX-I：人員25名程度（教員クラス）、建設予算75億円、研究予算約1億円/年
- ②FIREX-II：人員60名程度（教員クラス）、建設予算300-400億円
- ③レーザー核融合実験炉LIFT：人員120名程度（教員クラス）、建設予算2000-3000億円

5) 前提となる必要条件や制約条件

FIREX-II と LIFT 工学設計開始の科学・技術的条件：

- ・ FIREX-I での点火温度の実証（2011年頃）。
- ・ 米国立点火施設 NIF での核融合点火・燃焼の実証（2012年頃）。

FIREX-II と LIFT 工学設計の仕組み上の条件：

- ・ 新組織の立ち上げあるいは連携相手との調整。

LIFT 建設開始の条件

- ・ 高速点火・燃焼の実証
- ・ 繰り返し工学試験での炉心プラズマ生成

6) いつまでに、どこまでやる必要があるか

① FIREX-I での点火温度実証（2011年度頃）

② FIREX-II での点火・燃焼実証（2012年度-2018年度頃）

③ レーザー核融合実験炉（2012年度-2031年度頃）

- ・ 実験炉 LIFT の工学設計（2012年度-2015年度頃）
- ・ 繰り返し工学試験（2016年度-2020年度頃）：FIREX-I クラスの未臨界プラズマを一秒に一回発生させる。その間に FIREX-II で検証される新しい知見を柔軟に取り入れる。
- ・ レーザー核融合実験炉 LIFT（2021年度-2031年度頃）：繰り返し工学試験が成功すれば、それをそのまま拡張して、レーザー核融合実験炉を建設し、2028年ごろに10時間程度の正味発電実証を行う。最後の3年は連続運転で1ヶ月の発電を目指す。実験炉の装置完成をもって原型炉の工学設計を開始、発電実証をもってレーザー核融合原型炉建設開始の判断を行う。
- ・ 繰り返し工学試験を高輝度中性子源（ 1×10^{13} 個/秒、実績に基づく）として運用（2020年頃から）
- ・ レーザー核融合実験炉を高輝度中性子源（ 4×10^{18} 個/秒、予測に基づく）として運用する（2025年頃から）

④ レーザー核融合原型炉（2025年度-2040年度頃）：経済性の実証を行う。その後、炉チャンバーを4基に増設し、実用炉とするか、新たに建設するかの判断を行う。

2. 分析に必要な指摘をご記入下さい。

記入項目：

1) 依存関係についての留意事項

2) 問題点の抽出

2-1) 時系列の矛盾

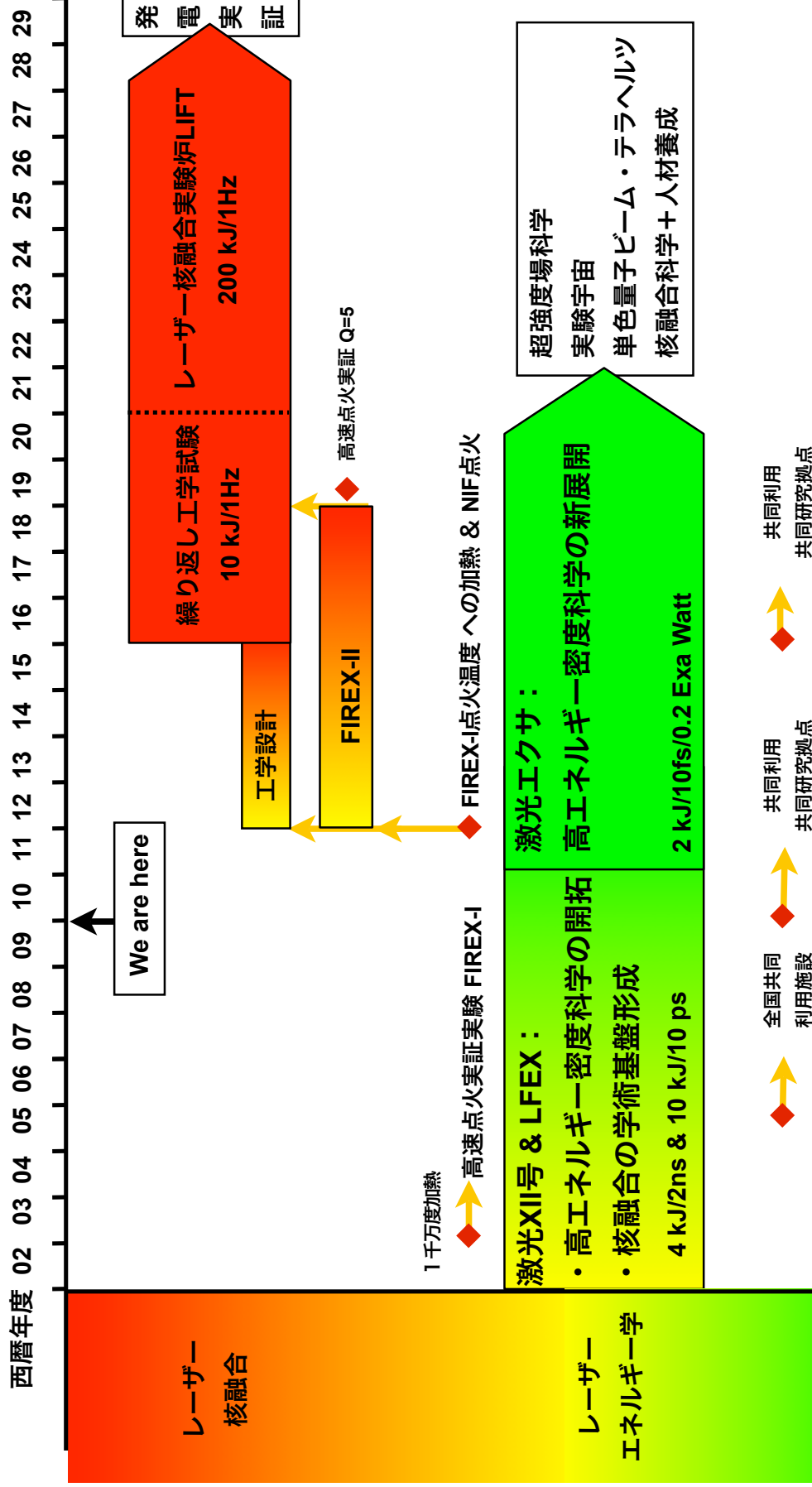
2-2) 決定的事項であるにもかかわらず、落ちていること

・主要なブレークスルーが起きた時への柔軟な対応を、ロードマップに組み込んでおくこと。

2-3) それらの理由

3. その他（ご自由にお書き下さい）

レーザー核融合とレーザーエネルギー学のロードマップ



「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について（ワークシート改訂版）

氏名 高村 秀一

1. 第18回核融合研究作業部会でのロードマップ（参考資料）との関連性（批判的であってもよい）において、中長期的プランを時間軸に沿ってご記入下さい。

記入項目：

1) 課題

我が国における原型炉戦略プロジェクト（DRSP）機構・チームの結成

2) 目的

- (1) 原型炉に関して我が国独自のコンセプト・概念設計を確立すると共にその研究戦略を立てる。
- (2) 研究課題の抽出を行い、短（ITERとも共有）、中、長に分けて明示する。
- (3) ロードマップに関する岡野レポートにある主要 R&D 9 項目を中心に中枢の研究課題を実施する。
- (4) 人材育成（DRSP 本体チームはリーダーを除いて若手で構成）
- (5) 近隣・関連分野とも協力し、大学、産業界を巻き込んだ広範な研究活動の展開により研究の活性化をはかる。

3) 主体となる担い手と体制（単独、国内協力・連携、国際協力、新たな組織の必要性）

- (1) IFERC を発展させ、JAEA の組織を超える性格を持たせる。その中に BA としての狭い意味の IFERC の機能も持たせる。
- (2) DRSP は研究上この活動に関して JAEA、NIFS、大学、産業界を統合し、機構として中枢機能を持たせる。
- (3) 機構単独での機関設置が困難であれば、組織上 NIFS を担い手とするものの、そこからの独立性も確保する。

4) 規模（人員、予算）

- (1) 予算配分については現在 NIFS が大学センター等と行っているのと類似の双方向的な機能を持たせ、JAEA、NIFS、大学、産業界の分を取りまとめる。
- (2) 人員についても双方向的かつ流動性を持たせるように努める。

5) 前提となる必要条件や制約条件

- (1) トカマク型を基本とするものの、ヘリカル系と慣性をも包含し、相互刺激を期

待して多様性を確保する。資源配分は例えば7 : 2 : 1程度。このうち7の中には共通のものを含める。

(2) 設計及び統合を行うと共に、前述重要課題研究については DRSP 内の研究を含め、関連研究機関及び産業界をまとめる。一方、独自の研究施設は共同研究に供する。

6) いつまでに、どこまでやる必要があるか

- ・平成17年10月に原子力委員会核融合専門部会が取りまとめた報告書「今後の核融合研究開発の推進方策について」にのっとり判断する。
- ・すなわち第4段階核融合開発計画がスタートするまで段階的に規模の拡充を図る。

2. 分析に必要な指摘をご記入下さい。

記入項目：

1) 依存関係についての留意事項

2) 問題点の抽出

- ・DRSP は設計を試みる事が主目的ではなく、デモ実現への戦略を立て、重要課題を実施・統合することにある。
- ・DRSP 本体メンバーはそこに閉じこもることなく、また現場意識を高めるために1～2年程度 ITER を含め国内外での実験研究に参画できる柔軟性を持たせる。

3. その他（ご自由にお書き下さい）

エネルギー問題全般の中での核融合の位置づけが変化することもありうるので、核融合エネルギー開発のみに閉じこもることなく、常に広い視野を併せ持つ必要がある。また、社会への発信、国民の意識への浸透などの点も忘れるべきではない。

現時点で予想される点としては、スマートグリッドの中での核融合発電の役割や水素生成を想定するのか等。

「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について（ワークシート）

氏名 常松 俊秀

1. 第18回核融合研究作業部会でのロードマップ（参考資料）との関連性（批判的であってもよい）において、中長期的プランを時間軸に沿ってご記入下さい。

記入項目：

1) 課題

- ・ JT-60SA 計画

2) 目的

核融合炉の早期実現のために、ITERやトカマク型の原型炉を直接見通すことのできる大型超伝導装置として以下を実施：

- ・ ITER の技術目標達成のための支援研究。
- ・ 原型炉に向けた ITER の補完研究（経済性の実証など）。
- ・ ITER の実験・運転を主導し、かつ原型炉開発を担う若手研究者の育成。
- ・ ITER 計画において非ホスト国には得がたい装置統合技術の産業界を含む蓄積。
- ・ 実地作業の経験を通じた技術者や技能者の育成及び技術継承。

3) 主体となる担い手と体制（単独、国内協力・連携、国際協力、新たな組織の必要性）

- ・ BA 活動実施機関である JAEA を拠点とし、BA 活動（サテライトトカマク計画事業）と国内計画（トカマク国内重点化装置計画）の合同計画として共同実施。

4) 規模（人員、予算）

- ・ JT-60SA 計画のコアとなる原子力機構の必要人員は約 200 名程度（博士研究員などを含み、設計・建設・研究などを分担）。国内共同研究者は 200-250 名程度を想定。併せて、欧州を中心とする海外共同研究者（200-300 名程度）を中心とする国際協力を展開する予定。
- 他に、国際協力や国内連携・協力などによる専門家の参加とその流動性を確保。

5) 前提となる必要条件や制約条件

- ・ ITER の実験を先導するために、ITER の運転開始に先行して実験を開始することが必要。
- ・ 日欧共同実施分と国内分を同割合で実施。BA 期間後にも欧州は応分の運転費を拠出して共同実施することを想定しており、欧州はその意思を有すると理解。
- ・ 原型炉の設計・製作・建設に貢献するため、BA 活動後の ITER 運転段階や原型炉設計段階およびそれ以降においても、継続することが必要。
- ・ JT-60SA、ITER、原型炉設計、国内大学などの研究、産業界での技術開発と技術継承などを総合的に進める上での人材育成システムの構築。

6) いつまでに、どこまでやる必要があるか

- ・ JT-60SA の本体、超伝導コイル、電源、加熱設備などを日欧で分担して製作し、また JT-60 施設の主要な設備機器を再利用して、2016 年 3 月にファーストプラズマを予定。
- ・ ITER 運転段階に向けて、ITER との相似性を有する大型超伝導トカマク装置の特長を生かし、ITER におけるプラズマ制御の最適化や標準運転の最適化などをあらかじめ行い、ITER 運転シナリオの構築、向上及び改善に貢献。このためには、ITER の各実験フェ

- ーズに充分先行して実験を行う必要。
- ・ ITER 運転段階においては、その機動性を活かして ITER に先行して様々なプラズマ制御の最適化を行うことで ITER の効率的な目標達成に貢献。
- ・ 原型炉設計を最終化し製作・建設段階に進むまでに、プラズマ形状配位の自由度（高非円形度／高三角度／低アスペクト比）を活かし ITER では成し得ない高圧力プラズマの定常維持を実現するとともに、第一壁高熱負荷状態での熱・粒子制御に見通しを得つつ、これらによって、自律性の高い高圧力定常プラズマの総合的理解とその制御方法を確認し、また原型炉の炉心プラズマ設計や運転シナリオ構築に寄与するとともに、ブランケットなどの工学開発や必要な機器の確認試験などにも貢献。
- ・ 原型炉建設段階においては、その運転制御手法の最適化などにも貢献。
- ・ ITER 運転段階や原型炉設計・建設の各段階に向けて、国際協力でも実施される JT-60SA 計画は建設や運転などを通じ国際的な訓練の場と成り得ることから、その後 ITER 運転への参加や原型炉開発への参画にあたって、国際感覚を備えた世界的リーダーと成り得る研究者、技術者、技能者の育成に貢献。

2. 分析に必要な指摘をご記入下さい。

記入項目：

1) 依存関係についての留意事項

- ・ BA 活動 IFERC 事業（原型炉設計・R&D 調整センター、計算機シミュレーションセンター、ITER 遠隔実験センター）や原型炉戦略設計コアチームと連携して実施。
- ・ EU 以外の ITER 参加極などの参加を視野に入れた国際協力や共同実施の在り方。
- ・ 国内計画分と日欧共同実施分における役割分担と枠組みの構築。
- ・ 国内計画としての若手人材の育成やその円滑な流れを確保する国内制度の構築。

2) 問題点の抽出

2-1) 時系列の矛盾

- ・ 計画通りに進めることで、矛盾は生じない。ITER の進捗に応じ、柔軟かつ相補的に JT-60SA を活用することで、原型炉へ向かう全体計画を矛盾無く進めることが可能。

2-2) 決定的事項であるにもかかわらず、落ちていること

- ・ JT-60 停止後、JT-60SA の運転開始まで、わが国に ITER 及び原型炉を直接見通すことのできるトカマク実験装置の存在。また、この空白期間に国内の実験研究者を維持・育成する総合的施策の存在。

2-3) それらの理由

- ・ 大型科学技術プロジェクトを進めるために必要不可欠な長期的視点からの人材育成計画とその実施に必要な予算的措置の立ち後れ。

3. その他（ご自由にお書き下さい）

- ・ 若手人材の育成に関しては、競争的環境に置きつつも、一定数の若手研究者が職員として採用できる枠の確保が必要。
- ・ JT-60SA 計画は長期に亘るが、建設期と運転・実験期に必要な（若手）人材の種類は異なることを踏まえ、核融合以外の分野との人材の流動化を図る必要。このためには、他分野に対して一層の説明が必要（例として、解体時の放射化物取扱い、超伝導、高周波、加速器、など）。

「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について（ワークシート）

氏名 常松 俊秀

1. 第18回核融合研究作業部会でのロードマップ（参考資料）との関連性（批判的であってもよい）において、中長期的プランを時間軸に沿ってご記入下さい。

記入項目：

1) 課題

- ・ブランケットや材料などの工学開発

2) 目的

- ・ ITER を利用したブランケットなど炉内機器の工学試験の実施、および原型炉に向けた設計技術の確立。
- ・ 原型炉に向けた構造材料や機能材料に関する基盤データの蓄積、および構造基準などの確立。
- ・ 原型炉概念設計や同工学設計活動（EDA）段階における原型炉工学 R&D の実施。

3) 主体となる担い手と体制（単独、国内協力・連携、国際協力、新たな組織の必要性）

- ・ JAEA あるいは NIFS を拠点とし、産業界も含めた国内協力、連携で実施。

4) 規模（人員、予算）

- ・ ブランケットや材料などの工学開発、および関連分野における研究開発のコアとなる人員は 60 名程度。
その他、必要に応じて短期、兼務の専門家による流動性を確保。
- ・ 予算は、平均すれば年間約 30 億円程度の見込み。
- ・ 但し、原型炉工学設計活動（EDA）移行後の実規模 R&D に関しては、人員、予算ともに大幅増が必要。

5) 前提となる必要条件や制約条件

- ・ 原型炉戦略設計コアチームとの密接な連携が必要。
- ・ ITER 計画および BA 活動との連携・協力。
- ・ ITER 計画と BA 活動の本格化を踏まえ、これらと有機的に連携して実施。

6) いつまでに、どこまでやる必要があるか

- ・ 原型炉の工学設計、工学技術開発などに貢献することを想定すると、ITER を利用した工学試験は、2010 年頃から ITER 運転開始後の最初の 10 年間である 2030 年頃までが主たる活動期間。
- ・ この期間は、ITER 建設、BA 活動を経て ITER 実験フェーズ及び BA 活動終了後における原型炉開発に向けた活動（Post BA）に向けた我が国の推進体制を再構築する重要な時期にあたることから、JT-60SA や ITER、テストブランケットモジュール（TBM）などの装置統合技術及びそれらを継承する人材の原型炉建設に向けた円滑な移行が不可欠。
- ・ JT-60SA や ITER での研究開発活動、TBM の実機製作や ITER での実装試験、IFMIF の建設着手など、核融合エネルギー開発に関連する要素技術開発を実施。
- ・ 原型炉工学設計活動（EDA）の本格着手、原型炉工学 R&D 課題の摘出とその基盤研究など、第四段階核融合研究開発基本計画への移行に必要な基盤構築を担う原型炉戦略

設計コアチームと密接に連携して実施。

- ・また、本格的な活動を開始するにあたっては、原型炉戦略設計チームとの密接な連携のもとに、TBM活動やBA活動のIFERC事業原型炉設計・R&D調整センター、IFMIF/EVEDA事業とも相互協力して実施。

2. 分析に必要な指摘をご記入下さい。

記入項目：

1) 依存関係についての留意事項

- ・ ITER 計画、BA 活動や TBM、更には Post BA の進捗状況に依存する面と、逆にこれらを促進する役割の両面に留意。
- ・ 原型炉概念設計の進捗状況に依存する面と、逆にそれを促進する役割の両面に留意。
- ・ 必要な工学技術R&Dの適切な役割分担と実施枠組みの構築、および全体を適切に調整する機能の構築。
- ・ 資金や人員の円滑な流れを確保する制度の構築。
- ・ 産学官の実施体制のビジョンの構築と共有。

2) 問題点の抽出

2-1) 時系列の矛盾

- ・ ITER 計画や BA 活動の進捗状況とリンクするため、原型炉工学設計活動（EDA）への移行にあたっては国の判断を踏まえた対応が必要。

2-2) 決定的事項であるにもかかわらず、落ちていること

- ・ TBM 試験計画は国が関与する計画であるにもかかわらず予算化が遅れていること。

2-3) それらの理由

- ・ TBM 試験計画が国の計画であることの認識の不徹底、など。

3. その他（ご自由にお書き下さい）

- ・ 本開発の遂行には若手研究者の参加が必須であるが、人材育成・確保や技術継承などの視点から世代間のバランスにも配慮が必要。

「必要な研究基盤」に関する諮問・検討事項について（ワークシート）

氏名 常松 俊秀

1. 第18回核融合研究作業部会でのロードマップ（参考資料）との関連性（批判的であってもよい）において、中長期的プランを時間軸に沿ってご記入下さい。

記入項目：

1) 課題

- ・ 原型炉戦略設計コアチーム

2) 目的

- ・ 原型炉の具体的なイメージを作り、設計作業を通じて人材を育成。
- ・ 原型炉建設に向けた戦略上の観点から、並行する各要素技術開発に必要な方向性を提言。

3) 主体となる担い手と体制（単独、国内協力・連携、国際協力、新たな組織の必要性）

- ・ JAEA あるいは NIFS を拠点とし、産業界も含めた国内協力、連携で実施。

4) 規模（人員、予算）

- ・ 原型炉戦略設計チームのコアとなる人員は10名程度。
その他、必要に応じて短期、兼務の専門家の流動性を確保。
- ・ 予算は年間約5億円程度の見込み。
- ・ 但し、原型炉工学設計活動（EDA）移行後は、人員・予算ともに増員・増額が必要。

5) 前提となる必要条件や制約条件

- ・ BA活動との連携協力、特にIFERC事業との関係を重視。
- ・ ITER計画とBA活動の本格化を踏まえ、これらと有機的に連携しつつ、我が国独自の事業として実施。
- ・ 原型炉工学R&D実施組織との密接な連携が必要。
- ・ 原型炉戦略設計コアチームは若手を中心に構成するが、人材育成・確保や技術継承などの視点から世代間のバランスにも配慮が必要。

6) いつまでに、どこまでやる必要があるか

- ・ 製造設計に到るまでに原型炉の工学設計、工学技術開発、プラント設計などの期間を8-9年と想定すれば、原型炉戦略設計コアチームの活動は2010年頃から2020年頃までの約10年間とし、原型炉の具体的なイメージを確定（概念設計の構築）。
- ・ 原型炉概念設計構築に必要なR&Dやコード開発などを一部進めつつ、設計作業を実施。
- ・ この期間は、ITER建設、BA活動を経てITER実験フェーズ及びBA活動終了後における原型炉開発に向けた活動（Post BA）に向けた我が国の推進体制を再構築する重要な時期にあたることから、JT-60SAやITER、テストブランケットモジュール（TBM）などの装置統合技術及びそれを継承する人材の原型炉建設に向けた円滑な移行が不可欠。
- ・ 原型炉の工学設計活動（EDA）の本格着手、原型炉工学R&D課題の抽出とその基盤研究など、第四段階核融合研究開発基本計画への移行に必要な基盤構築に指導的な役割を果たす必要。
- ・ 本格的な活動を開始するにあたっては、原型炉工学R&D実施組織やBA活動IFERC事業原型炉設計・R&D調整センターなどと相互連携することが特に有効。

2. 分析に必要な指摘をご記入下さい。

記入項目：

1) 依存関係についての留意事項

- ・ JT-60SA や ITER での研究開発活動、テストブランケットモジュール (TBM) の実機製作や ITER での実装試験、IFMIF の建設着手など、核融合エネルギー開発に関連する要素技術開発と密接に連携して実施。
- ・ ITER 計画、BA 活動や TBM、更には Post BA の進捗状況に依存せざるを得ない面と、逆にこれらを促進する役割の両面に留意。
- ・ 設計作業を通じて抽出されうる必要な工学技術R&Dの適切な役割分担と実施枠組みの構築、および全体を適切に調整する機能の構築。
- ・ 資金や人員の円滑な流れを確保する制度の構築。
- ・ 第四段階核融合研究開発基本計画に向けた産学官の実施体制ビジョンの構築と共有。

2) 問題点の抽出

2-1) 時系列の矛盾

- ・ ITER の進捗状況に伴う原型炉概念設計作業自身への波及は少ないものの、原型炉工学設計活動 (EDA) への移行については国の判断を踏まえた対応が必要。

2-2) 決定的事項であるにもかかわらず、落ちていること

- ・ 建設・製作に実地経験がない若手を、経験を培う場が乏しい中、どのように育成するか。

2-3) それらの理由

- ・ 核融合エネルギー開発は世代を跨る長期的な研究開発であるにも拘わらず、JT-60、LHD、ITER EDA 規模の建設・製作活動がなくなったこと、など。
- ・ JT-60SA での設計・製作・建設を通じた実地経験で若手人材の訓練と育成は、JT-60SA 計画の大きな狙いの一つ。

3. その他 (ご自由にお書き下さい)

.