

# 「ITER計画（建設段階）等の推進」 の中間評価結果（案）

平成22年 月

原子力分野の研究開発に関する委員会

## 原子力分野の研究開発に関する委員会 委員

主 査	田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
	石田 寛人	金沢学院大学名誉学長
	伊藤 聡子	フリーキャスター
	井上 信	京都大学名誉教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授
	岡崎 俊雄	前独立行政法人日本原子力研究開発機構理事長
	久米 雄二	電気事業連合会専務理事
	長崎 晋也	東京大学大学院工学系研究科教授
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	服部 拓也	社団法人日本原子力産業協会理事長
	早野 敏美	社団法人日本電機工業会専務理事
	山口 彰	大阪大学大学院工学研究科教授
	山名 元	京都大学原子炉実験所教授
	和気 洋子	慶應義塾大学商学部教授

# 「ITER計画(建設段階)等の推進」の概要

## 1. 課題実施期間及び評価時期

平成 18 年度～平成 31 年度

中間評価:平成 19 年度、事後評価:平成 32 年度を予定

## 2. 研究開発概要・目的

国際共同プロジェクトである ITER(国際熱核融合実験炉)計画において、核融合実験炉 ITER を用いた燃焼プラズマを実現し、統合された核融合工学技術の有効性の実証及び将来の核融合炉のための工学機器の試験を行うため、わが国が調達を分担する装置・機器の製作、ITER の建設・運転等の実施主体となる ITER 国際核融合エネルギー機構(以下「ITER 機構」という。)の運営の支援等を行う。

また、ITER 計画と並行して原型炉の早期実現に向けた技術基盤の構築及び ITER 計画の支援・補完的研究を目的とした研究開発プロジェクトである「幅広いアプローチ活動」(以下「BA 活動」という。)を日欧協力により我が国において実施する。BA 活動では、①国際核融合エネルギー研究センター(ITER の次の原型炉の設計・研究開発、高性能計算機による核融合シミュレーション、高速ネットワークによる ITER の遠隔実験)、②国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(原型炉や将来の核融合炉に必要な核融合材料の照射施設の工学実証・工学設計活動)、③サテライト・トカマク計画(日本原子力研究開発機構のプラズマ試験装置 JT-60 を超伝導化改修し、ITER 運転シナリオの検討や原型炉に向けた先進的プラズマ研究を実施)の 3 プロジェクトを日欧協力により実施し、核融合エネルギーの実用化に向けた大きな前進を図る。

ITER 協定は、平成 19 年 10 月に発効し、平成 22 年 7 月にコスト、スケジュールなどを定めるベースライン文書に合意。また、幅広いアプローチ協定は平成 19 年 6 月に発効し、平成 22 年 3 月には、国際核融合エネルギー研究センターの建屋が完成するなど、両事業において順調な進展が見られることから、平成 23 年度以降においては、主として以下の取組を通じて活動を推進する。

- ・ ITER機構への人材の派遣
- ・ ITER計画において我が国が分担する機器の設計・製作等
- ・ ITER機構に対する我が国の分担金の拠出
- ・ BA活動のプロジェクトに係る技術調整・研究開発活動の実施及び我が国が分担する機器の設計・製作等
- ・ BA活動のプロジェクトの実施に係る施設・設備の整備
- ・ 大学、研究機関、産業界との連携協力

## 3. 研究開発の必要性等

### (1)必要性

核融合エネルギーは、燃料資源を海水から得ることが可能で資源量が豊富であることや、発電過程で温室効果ガスを排出しないこと、高い安全性を有し、高レベル放射性廃棄物が発生しないという特長を有

しており、将来のエネルギー源の一つとして有望な選択肢である。

ITER計画は、核融合エネルギー実現のための不可欠なステップとして、世界人口の半数以上を占める国と地域(日、欧、米、露、中、韓、印)により進められる国際共同プロジェクトであり、ITER協定(平成19年10月に発効)に基づき国際的に合意された内容とスケジュールに従い実施されるものである。ITERは、世界で初めて重水素・三重水素を用いた本格的な燃焼プラズマを実現させるものであり、そこで得られる知見は、ITERの次のプラント規模での発電実証を一定の経済性を念頭に置いて実現する原型炉の実現に大きく貢献することになる。

また、BA活動は、ITER計画の支援研究とともに、ITERの次の原型炉の実現を目指して、プラズマ物理研究、核融合炉材料・工学研究、原型炉の設計などを行うものであり、ITER計画を補完し、核融合エネルギーの早期実現の鍵を握る重要なプロジェクトである。BA活動についても、平成19年6月に発効したBA協定により合意された内容とスケジュールに従い実施している。

核融合は、原子力委員会ITER計画懇談会(平成13年)で「核融合エネルギーは、その特徴から将来のエネルギー源の一つとして有望な選択肢」と評価されており、21世紀後半のエネルギー選択肢の幅を広げその実現可能性を高める観点から、その研究開発の経済的・社会的意義は大きく、また、国際貢献の観点からも、国際共同事業であるITER計画及びBA活動の推進の意義は大きい。

また、本計画は、「国際熱核融合実験炉(ITER)計画について」(平成14年5月閣議了解)、「国際熱核融合実験炉(ITER)計画について」(平成14年5月総合科学技術会議)、「第三段階核融合研究開発基本計画」(平成4年6月)、「国際熱核融合実験炉(ITER)計画の推進について」(平成13年5月)、「原子力政策大綱」(平成17年10月)、「今後の核融合研究開発の推進方策について」(平成17年11月)(以上原子力委員会)、「今後の我が国の核融合研究の在り方について(報告)」(平成15年1月文部科学省科学技術・学術審議会学術分科会基本問題特別委員会核融合研究WG)、「ITER計画、BA活動をはじめとする我が国の核融合研究の推進方策について」(平成19年6月科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力分野の研究開発に関する委員会核融合研究作業部会)等に基づいて実施されるものであり、第三期科学技術基本計画期間における戦略重点科学技術として位置づけられている。

## (2)有効性

### 1)ITER計画

ITER工学設計活動(EDA)において、ITER工学設計と工学技術の実証試験が行われ、原子力委員会の下の核融合会議及びITER/EDA技術部会において国内の大学・産業界の専門家による審議、更に総合科学技術会議における審議を経て、その妥当性を確認してきた。また、ITERを構成する機器は、各極で分担して製作することとなっており、参加極全てがITERと同方式の核融合研究施設を製作した経験があるが、その中でも日本、米国、EUは特に高い技術水準を有している。したがって、ITER参加極間において技術力に見合った機器の分担を図ることにより、ITERの建設を完遂できる。

ITERは、各種の先端技術を駆使しており、その機器製作を分担実施することにより、我が国における超伝導コイルや加熱電流駆動装置等の製作技術の発展が期待できる。さらに、ITERの建設・運転を通して燃焼プラズマの制御、放射線環境下での機器の性能実証とその高度化、及び発電ブランケットの試験が可能となり、原型炉に向けた技術基盤が形成できる。

ITER計画における物理・工学分野の更なる課題解決と進展は、その成果を確実・強固なものにするものであり、特にITERの核燃焼プラズマの性能検討を国際共同研究で行っている国際トカマク物理活動(ITPA)やITERを利用した工学研究活動として実施されているテスト・ブランケット・モジュール(TBM)計画の果たす役割も大きい。他方、ITERの建設・運転を通して得られる知見は我が国の学術

研究の発展にも大きく貢献するものである。

また、ITER の建設により超伝導技術、中性粒子入射技術、高周波技術等において開発した技術が確立すれば、極低温高強度材料の大量生産、次世代半導体製造、大電力ミリ波及びマイクロ波によるセラミックス製作加工技術等への応用による新しい産業の創出が期待される。

さらに、最終的に、革新的な核融合エネルギーに関する技術開発を通じ、我が国の将来におけるエネルギー安定供給のための基盤技術の形成が期待できる。

## 2) BA 活動

BA 活動については、ITER 計画参加 6 極(当時)で構成する国際チーム及び日欧専門家グループによる検討を踏まえ、日欧間でその実施について合意したものであり、具体的なプロジェクトについては、ITER 計画参加極で検討された後、我が国内において、文部科学省内に設置された ITER 計画推進検討会(座長:有馬朗人元文部大臣・科学技術庁長官)の報告書を踏まえて決定したものである。BA 活動では、核融合研究をこれまで先導してきた日欧が分担して綿密な技術的調整を定期的に行いながら事業を実施することで、プロジェクトの目標を達成できると判断できる。

また、BA 活動は、炉心プラズマ及び核融合工学研究に優れた実績のある日欧が共同で ITER 及び原型炉のための研究開発に取り組むものであり、この実施により ITER の次の原型炉に向けた研究活動や技術基盤を発展させるとともに、ITER 計画における我が国の主導性を確保することができる。

さらに、ITER の仏・カダラッシュ、BA 活動の青森県六ヶ所村、茨城県那珂市を拠点として、我が国の学生や研究者が国際プロジェクトに参加することにより、我が国の核融合分野を担う研究者・技術者の人材育成が図られることも期待できる。

## (3) 効率性

ITER 計画を参加 7 極で共同実施することと、BA 活動を日欧協力の下我が国において実施することにより、核融合研究の先進国である各極の技術的知見を結集できるとともに、単独で行った時と比べて、より質の高い成果が得られ、リスクを軽減することができる。また、最終的に核融合エネルギー開発が成功した場合、極めて大きな経済的・社会的効果が期待できる。

ITER 計画及び BA 活動を、既存の我が国の核融合研究開発と有機的に連携させて実施することにより、総合的な核融合研究開発水準の向上と、我が国の核融合分野を担う研究者・技術者の育成に大きく資することが見込まれ、この分野における国際的な主導性を維持・向上させることが可能となる。

## 4. 予算(執行額)の変遷

年度	H18(初年度)	H19	H20	H21	H22	翌年度以降	総額
執行額	14 億円	54 億円	103 億円	136 億円	99 億円	—	—
(内訳)	エネ対費 14 億円	エネ対費 54 億円	エネ対費 103 億円	エネ対費 136 億円	エネ対費 99 億円	—	—

## 5. 課題実施機関・体制

研究代表者 独立行政法人日本原子力研究開発機構 理事長 鈴木篤之  
主管研究機関 独立行政法人日本原子力研究開発機構

## 6. その他（これまでの成果）

ITER 計画については、ITER 協定が平成 19 年 10 月 27 日に正式発効したことを受け、日本原子力研究開発機構を我が国の国内機関に指名した。そこで、我が国の調達分担の責務を果たすために、国内機関に必須とされる品質保証体制を整備して品質保証計画書を定め、活動を開始した。この品質保証計画書については、参加極国内機関のうちで最初(平成 20 年 1 月)に、ITER 機構の承認を受けた。

ITER 計画を中心とした研究開発に関しては、参加極間において、同計画と国際トカマク物理活動(ITPA)との連携の重要性が認識され、平成 20 年度からは ITER 機構長の要請に基づき、ITER 計画の枠組みのもとで ITPA 活動が進められている。また、ITER 協定のもとで実施されるテストブランケットモジュール(TBM)試験に係る協力方法等についても各極の専門家による TBM 計画委員会が組織され、検討を継続している。さらに、後述するように、ITER 機構の要請を受け、調達機器の仕様を最終化するための研究開発を進めている。

ITER 機構の活動開始を受け、ITER 機構の専門職員 300 名中、我が国から ITER 機構に ITER 機構長をはじめ 24 名の人員を派遣している(平成 22 年 7 月現在)。これらの人員は、中心統合・技術オフィスなど ITER 機構における計画や工程等の決定を支える枢要なポストに配置され、ITER 計画の円滑な推進という国際的貢献を果たしている。また、ITER 機構に幅広い人材を派遣するための取組みとして、ITER 機構職員募集情報の配信、募集に対応するための登録制度の運営、募集説明会の開催、面接支援等を継続して実施している。

我が国が調達を分担する装置・機器の製作に関しては、平成 19 年 11 月 28 日に ITER 計画として最初の調達取決めとなるトロイダル磁場コイル導体の調達取決めを ITER 機構と締結した。本取決めに従って製作を開始し、予定通りコイル 2 個分の超伝導素線、コイル 1 個分の撚線、及びジャケティング治具の製作を完了した。トロイダル磁場コイル導体の調達については、世界に先駆けて総長約 1km のジャケティング製作ラインを含む実機導体の量産体制の整備を平成 22 年 1 月に完了し、同年 7 月までに、415m の実機用コイル導体 4 本、760m の実機用コイル導体 1 本の製作を完了した。ITER 主要機器のうちで最大規模の機器であるトロイダル磁場コイル巻線及びトロイダル磁場コイル構造物については、平成 20 年 11 月に ITER 機構と調達取決めを締結し、これら機器の製作設計、製作用治具の製作、及び実規模試作を行う契約を締結して作業を開始した。

遠隔保守機器、加熱装置、ダイバータ、計測装置、トリチウムプラント機器等については、ITER 機構が開催する技術会合に我が国の専門家が参加して技術仕様の最終決定のための協議を進めるとともに、ITER 機構からの要請及び連携のもとで研究開発を実施し、機器製作に必要な技術を我が国において確立してきている。特に、以下については、他の ITER 参加極を上回る成果を挙げている。

- 1) ITER の加熱装置の一つである高周波加熱装置に用いるジャイロトロンの開発において、ITER の仕様を大きく上回る運転成果を実証(出力 1MW で 800 秒、出力 0.8MW で 1 時間の連続運転)し、高周波源としての主要な開発を完了した。

2) ITER の加熱装置の一つである中性粒子入射加熱装置に用いる加速器の開発において、ITER 機構の要請を受けて、単段単孔方式と多段多孔方式の比較試験を実施し、高電圧保持と電子加速抑制性能において、日本が提案する多段多孔方式の優位性を明らかにした。この結果、ITER 機構は、多段多孔方式を ITER の加速方式に採用することを決定した。また、高エネルギービームの大電流加速の世界記録(ビームエネルギー937 keV、負イオンビーム電流 0.33 A)を達成した。

BA 活動については、平成 19 年 6 月 1 日に BA 協定が発効したことを受けて、日本原子力研究開発機構をその実施機関に指定し、サイト整備を実施。同年 6 月 21 日には第 1 回 BA 運営委員会が東京において開催され、各プロジェクトの事業長(計 3 名)を指名し、正式に活動が開始された。平成 22 年 3 月には国際核融合エネルギー研究センターが完成し、六ヶ所サイトの全建屋の建設を完了し、サイト整備が完了している。

各プロジェクトについては、日欧で技術的調整を進めつつ、以下のとおり必要な準備が行われている。

- 1) 国際核融合エネルギー研究センター事業に関して、原型炉へ向けて、低放射化構造材料、SiC/SiC 複合材、トリチウム技術、先進増殖材及び先進中性子増倍材に関するそれぞれの R&D 課題について予備的な技術開発を実施したほか、大学や国内研究機関とも連携した原型炉概念設計の検討、核融合計算機シミュレーションセンターに設置するスーパーコンピューターの機種選定の検討等を進めている。
- 2) 国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動について、加速器試験計画及びターゲット試験計画を策定し、施設機器の設計及び実証試験の検討等を進めている。平成 21 年にはリチウム試験ループの建設工事を開始したほか、加速器の設計を進めるとともにそのプロトタイプ製作を開始している。
- 3) サテライト・トカマクについて、国内意見を集約しながら日欧で統合設計を完成させ、機器の設計・製作を進めている。特に超伝導コイルの製作や真空容器の組み立てを安価かつ合理的に行うため、那珂核融合研究所敷地内に 3 棟の建屋を新設し、機器製作を実施している。これまでに、日本分担機器の約 70%、欧州分担機器の約 50%に相当する機器に関する調達取決めを締結した。

大学、研究機関、産業界との連携協力に関しては、ITER 建設や BA 活動の本格的な実施段階への移行を踏まえ、研究活動に関する意見の集約、国内における連携協力の調整その他技術的な諸課題への対応等を機動的に行うため、「核融合フォーラム」を発展・改組し、「核融合エネルギーフォーラム」が平成 19 年 7 月 5 日に発足した。同フォーラム内に新設された「ITER/BA 技術推進委員会」において、ITER 計画及び BA 活動に関する大学等の意見の集約が図られる枠組が構築された。さらに、BA 活動のサイトの一つである青森県六ヶ所村に大学共同利用機関法人・自然科学研究機構・核融合科学研究所六ヶ所研究センターが設置されるなど、ITER 計画及び BA 活動と大学等との連携の枠組も構築されている。

# 「ITER計画(建設段階)等の推進」の中間評価票(案)

(平成22年8月現在)

## 1. 課題名 ITER計画(建設段階)等の推進

## 2. 評価結果

### (1) 課題の進捗状況

本計画は、核融合エネルギーの実現のための不可欠な研究開発のステップであり、科学的・技術的意義のみならず、社会的・経済的意義も極めて大きく、我が国の核融合に関する技術基盤の向上やさまざまな分野への波及効果も期待される。また、本計画は国際協力の枠組により実施されることから、我が国が単独で実施するよりも、成功の可能性やリスク分散、費用対効果の面でメリットが大きいと判断される。

ITER計画については、ITER協定が平成19年10月に発効しITER機構が発足、平成22年7月には、ITER計画の基本的なコスト・スケジュール等を示すベースライン文書に全参加極が合意し、大きく進展している。我が国が分担する装置・機器の調達や必要な技術開発は、順調に進められており、特にコイル導体や加熱機器の製作について、我が国が他のITER参加極を上回る成果を挙げている点は評価できる。

さらに、BA活動については、日欧間のBA協定が平成19年6月に発効し、平成22年3月には国際核融合エネルギー研究センターの建屋が青森県六ヶ所村に完成した。BA活動の3事業については、

- 1) 国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)事業においては、核融合シミュレーションのための高性能計算機の調達活動を開始。平成22年中に原型炉の基本概念の検討やR&D活動の準備を行う第1フェーズが終了。
- 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)事業においては、リチウム試験ループ設備の設置作業を着実に実施。
- 3) サテライト・トカマク計画事業においては、関連機器(真空容器等)の設計・製作を着実に実施。

など、我が国が分担する装置・機器の調達や必要な技術開発等が順調に進捗しており評価できる。

今後も国際約束により定められたスケジュールにより本計画を実施するとともに、国内では、大学、産業界を含めた全日本体制での連携に努めながら、引き続き、両プロジェクトの成功に向けて取り組んでいくことが期待される。

以上のことから、本課題については、今後も計画どおり継続すべきである。



## (2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

### 【必要性】

#### (国が関与する理由)

エネルギー資源に乏しい我が国において、核融合エネルギーは、資源量・供給安定性、安全性、環境適合性、核拡散抵抗性、放射性廃棄物の処理・処分等の観点で恒久的なエネルギー源として有力な候補であるが、現在はまだ科学的・技術的実現性を実証する段階にある。

また、ITER 計画・BA 活動は、核融合エネルギー実現のための重要なステップであるとともに、政府間の国際協定プロジェクトとして実施されているものであり、政府として着実に推進していく必要がある。

#### (我が国の科学的・経済的・社会的ニーズの反映)

ITER は世界で初めて本格的に重水素・三重水素を用いた核燃焼を実現させるもので科学的意義が大きいとともに、ITER (実験炉) の次段階の原型炉で経済性を実証するための研究に大きく貢献することとなる。また、BA 活動は、ITER 計画への支援とともに原型炉の研究開発を実施し、ITER 計画を我が国が主導する上で必要な活動である。

また、核融合エネルギーは、前述の特徴により、人類の恒久的なエネルギー源として有力な候補であり、エネルギーの選択肢の幅を広げ、その実現可能性を高める観点から ITER 計画・BA 活動の経済的・社会的意義は大きい。

#### (国際的視点からの必要性)

ITER 計画については、日、欧、米、露、韓、中、印の 7 極、BA 活動については、日、欧が参加する国際共同プロジェクトに我が国が参加することは国際貢献の観点からも意義が大きいとともに、本計画において我が国が主導的な役割を果たすことにより、最先端の科学技術における国際的な優位性を確保することができる。また、ITER 計画や BA 活動における機器の製作を分担することにより、最新の核融合機器に関する知見を集積することが可能となり、将来的な核融合機器の国際市場における競争力の確保が期待できる。

### 【有効性】

#### (研究開発の質の向上への貢献)

ITER 計画は、世界人口の半数以上を占める 7 極が国際協力で実施する大型科学プロジェクトであり、今後の同様の国際協力による科学プロジェクトの試金石となるものであり、今後の大型研究開発の在り方や質の向上の貢献に資することが期待される。

#### (実用化・事業化への貢献)

ITER 計画において世界で初めて重水素・三重水素を用いた本格的な核燃焼を実現させることで得られる知見は、ITER (実験炉) の次の原型炉の実現に大きく貢献するものと期待され、また同時に BA 活動においては、原型炉のための研究開発等が実施されており、核融

合エネルギーの早期実現に貢献するものと期待される。

(人材の養成)

我が国から ITER 機構に機構長をはじめ 24 人の人員を派遣 (平成 22 年 7 月現在) しており、これらの人員は、ITER 機構内の枢要なポストに配置されている。派遣者数の増加も図られており、こうした経験を積んだ人材は、今後の国際協力科学プロジェクトにおける我が国の主導性の確保に貢献することが期待される。

(見込まれる波及効果等)

ITER の建設により超伝導技術、中性粒子入射技術、高周波技術、トリチウム技術等において開発した技術が確立すれば、極低温高強度材料の大量生産、次世代半導体製造、大電力ミリ波及びマイクロ波によるセラミックス製作加工技術等への応用による新しい産業や市場の創出が予想される。

【効率性】

(計画・実施体制の妥当性)

ITER 計画を参加 7 極で共同実施することと、BA 活動を日欧協力により我が国で実施することにより、財政負担の軽減を図りつつ、成果を得ることができる。

国内では、核融合エネルギーフォーラムに ITER・BA 技術推進委員会が設置され、大学、研究機関、産業界などの研究者、技術者等の参加を得て、国内の意見の集約・調整が図られており、実施体制が整備されている。既存の我が国の核融合研究開発と有機的に連携させて実施することにより、総合的な核融合研究開発水準の向上と、我が国の研究者・技術者の育成に資する。

(費用構造や費用対効果向上方策の妥当性)

平成 22 年 7 月の臨時 ITER 理事会において、スケジュール・コスト等を定めるベースライン文書に合意した。我が国が調達責任を有する物納機器については、これまでも実機製作前の R&D 等によりコスト削減が図られてきたが、今後もできる限りコスト削減を図りつつ、決められた分担機器の製作について責任を持って対応する必要がある。

(3) その他

大きな予算を必要とし、長期間にわたる事業であることから、核融合研究開発の意義や重要性等について国民の理解を得ながら進めることが必要。