

令和5年2月14日

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
理事長 平野 俊夫 殿

量子エネルギー研究開発評価委員会
委員長 岸本 泰明

研究開発課題の事前評価について（答申）

令和4年7月4日付け文書にて当委員会に諮問のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

- ・研究開発課題「量子エネルギー研究」に関する事前評価

以上

令和5年2月14日

量子エネルギー部門長 殿

事前評価に係る見解

量子エネルギー研究開発評価委員会

委員長 岸本泰明

(公印省略)

当委員会は、第1期中長期計画（平成28年度～令和4年度）の7年間における量子エネルギー部門に関する活動実績及び研究成果に対し、毎年、年度評価を行い、進捗状況を確認するとともに、さまざまな改善点等を指摘してきた。それらを十分に踏まえた上で、研究開発の必要性、有効性、効率性等の観点から、重要と考えられる評価の視点に基づき、当委員会は、量子エネルギー部門長の求めに応じて、令和5年2月6日に第7回量子エネルギー研究開発評価委員会を開催し、量子科学技術研究開発機構における核融合エネルギーの実現に向けた研究開発に関する第2期中長期計画案（令和5年度～令和11年度）を聴取し、以下のとおり、当委員会の見解を取り纏めたので、貴部門の次期中長期計画の改善の一助にされることを期待する。

1. 第2期中長期計画について

第1期中長期計画の達成状況や科学技術・学術審議会核融合科学技術委員会で策定されたロードマップやアクションプランといった国の研究開発戦略を踏まえて、当委員会は、第2期中長期計画案は必要な課題を選択しており概ね妥当と評価する。ただし、要改善との指摘を受けた部分に関しては、今後の改善を期待する。

2. 研究開発に関する評価結果について

当委員会の評価結果は別紙1のとおりである。また、当委員会の委員一覧は別紙2のとおりである

量子エネルギー研究開発評価委員会 事前評価 評価結果まとめ

第 2 期中長期計画案の以下の各項目について、10 名の委員の評価と指摘・提言を記す。

(3) 核融合エネルギーの実現に向けた研究開発

核融合エネルギーは、資源量が豊富で偏在がないといった供給安定性、安全性、環境適合性、核拡散抵抗性、放射性廃棄物の処理・処分等の観点で優れた社会受容性を有するとともに、恒久的な人類のエネルギー源として有力な候補であり、長期的な視点からエネルギー確保に貢献することが期待されていることから、早期の実用化が求められている。

(中略)

研究開発の実施に当たっては、大学・研究機関・産業界等の研究者・技術者や各界の有識者等の国内意見や知識を集約して ITER 計画及び BA 活動に取り組むことにより国内連携・協力を推進し、国内核融合研究との成果の相互還流を進め、核融合エネルギーの実用化に向けた研究・技術開発を促進する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ ITER の燃焼実験および JT-60SA の高性能化実験に向けた取り組みは、21 世紀中葉に電力の安定供給と安全性等に優れた原型炉を実証するとして計画に適合するとともに、それに関わる理工学研究を相互の連携と人材の育成を図りながら進める計画は妥当である。
- ・ 21 世紀中葉の原型炉運転開始を目指し、核融合エネルギーの実現に向けた研究開発を展開する本計画を妥当と判断する。

1) ITER 計画の推進

a. ITER 建設活動

我が国が調達責任を有する遠隔保守装置本体の製作を完了するとともに、高周波加熱装置・中性粒子加熱装置ビームライン (NBDL) 遠隔保守装置・ダイバータ・中性粒子入射加熱装置・計測装置・トリチウム除去系の製作を進める。また、ITER 建設地 (フランス サン・ポール・レ・デュランス) でイーター国際核融合エネルギー機構 (以下「ITER 機構」という。) が実施する機器の据付・組立等の統合作業を支援する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ ITER は原型炉の実現に不可欠なデータベースを供給する主要装置であることから、これを完遂することは最優先の課題である。
- ・ 遠隔保守装置本体の製作完了、高周波・中性粒子加熱装置、計測装置、トリチウム除去系

の製作の進捗といった活動計画を妥当と判断する。

b. ITER 運転活動

ITER 運転期の主要貢献国の一つである日本の国内機関として、ITER の統合コミッショニング運転やプラズマ実験運転にオールジャパン体制で参画し、ITER 運転に関する技術・知見を取得する。

評価：妥当（7人）、概ね妥当（2人）、要改善（1人）

指摘・提言：

- ・ ITER における燃焼実験のデータ取得は原型炉実現の要であることから、運転活動に向けた取り組みは本質的に重要である。
- ・ オールジャパン体制で参画→オールジャパン体制を主導して参画（QST の役割をいづらか明確に）
- ・ 「ITER 運転に関する技術・知見を取得する。」とありますが、”取得”のみでしょうか？提供、貢献はないのでしょうか。
- ・ 状況が許すなら、ITER から日本に与えられた派遣枠を満たす努力も加えてはどうだろうか。
- ・ これまでに構築したオールジャパン体制にて、ITER：コミッショニング・プラズマ実験運転に参画する活動計画を妥当と判断する。
- ・ 「ITER 運転に関する技術・知見を取得する」という表現は、誰かが確立した技術を学ぶような印象を受ける。ITER 運転チームの中で主導的に運転手法を作り上げるくらいの気概が感じられる表現が望ましい、それともそれは ITER 機構に所属する者が行うことであって、QST の活動とは区別される（中期計画の範囲外となる）のでしょうか？

c. ITER 計画の運営への貢献

ITER 建設地への職員等の積極的な派遣や JT-60SA での経験に基づく技術支援等により、ITER 機構及び他極国内機関との連携を強化し、ITER 計画の円滑な運営に貢献する。また、ITER 機構への我が国からの人材提供の窓口としての役割を果たす。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ ITER の建設および運転の円滑な実現は原型炉の推進に不可欠であり、これまで以上に積極的に推進する必要がある。
- ・ これまでの職員の積極的な派遣に加え、JT-60SA での経験に基づく技術支援により、ITER 機構との連携強化を図り、ITER 計画の円滑な運用に貢献する本計画を妥当と判断する。

d. テストブランケット計画の推進

ITER での増殖ブランケット試験に必要なテストブランケットシステム的设计・製作のための試験等を行うとともに、同システムの製作を進める。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ 燃焼プラズマの実現を前提とした核融合エネルギーの実証はブランケット技術によってもたらされることから、原型炉の推進・実現の要となる。
- ・ TBM による発電実証についてはどのように考えておられるか。
- ・ ITER にて実施する、我が国独自のアイデアに基づくテストブランケット計画を推進する本計画を妥当と判断する。
- ・ 1) の赤字の部分で、「我が国独自のアイデアに基づくテストブランケット計画」との記載がございますが、独自のアイデアというのは、計画のことで、テストブランケット自体ではないという理解でよろしいのでしょうか。また、どちらにしても、独自のアイデアというのは広すぎますので、一言、二言で結構ですので、具体的な内容の記載をお願い致します。

2) BA 活動等による先進プラズマ研究開発

(省略)

a. JT-60SA 計画

BA 活動で進めるサテライト・トカマク事業計画及び国内計画の合同計画である JT-60SA 計画を着実に推進し、JT-60SA の運転・実験・保守及び必要な装置増強を実施する。

① JT-60SA の機器増強及び組立

JT-60SA 加熱装置等の我が国が調達責任を有する増強機器の製作を進めるとともに、日欧が製作する機器の組立を行う。

② JT-60SA 運転のための保守・整備及び調整

JT-60SA で再使用する JT-60 既存設備の保守・改修に加え、JT-60SA をはじめ ITER や原型炉が必要とする装置技術開発・整備を進めるとともに、各機器の運転調整を実施して JT-60SA の運転に必要な総合調整を実施する。

③ JT-60SA の運転及び実験の実施

①及び②の着実な実施を踏まえ、JT-60SA の運転を行うとともに、日欧で構成する実験チームを取りまとめ JT-60SA の実験を実施する。

評価：妥当（7人）、要改善（3人）

指摘・提言：

- ・ ITER 計画の着実な遂行と原型炉建設に必要なデータ取得の観点から JT-60SA 計画の推進

は不可欠であり、妥当である。一方、「国際約束履行に不可欠な国内重点化計画（国内計画）を推進」との表現は妥当であるものの、本文章だけでは、JT-60SA の国際的履行が日本の独自計画である原型炉を包含すると受け取られる。国内重点化装置としての意義は、日本独自の多様なアイデアを原型炉に盛り込むとともに、その裕度が JT-60SA にあることを意味することから、国際的履行とは異なった基軸との理解である。

- ・ JT-60SA 運転の具体的な短期目標（マイルストーン）を設定することが重要ではないだろうか。
- ・ ITER 計画には最初の部分に「大学・研究機関・産業界等と協力し、」という文言がありますが、JT-60SA 計画にはありません。国内重点化装置ということで不要という判断でしょうか。
- ・ 運転・実験・保守及び必要な装置増強を実施し、日欧で構成する実験チームで実験を遂行する本計画を妥当と判断する。
- ・ 中期計画期間中に達成する加熱装置や真空容器内機器の増強・整備などについてより具体的な記述が望まれる。LHD の運転が停止される見込みであること、JT-60SA の実験運転が開始されることから、国内重点化装置としての役割は、従来の中期計画期間に比べてより大きなものとなる。前文において、そのことを強調するような表現にできないか。

b. 炉心プラズマ研究開発

ITER 計画に必要な燃焼プラズマ制御研究や JT-60SA の中心的課題の解決に必要な定常高ベータ化研究を進めるとともに、統合予測コードの改良を進め、精度の高い両装置の総合性能の予測を行う。JT-60SA を活用し、今後開始される ITER の非燃焼運転を対象にその運転のリスク低減や効率化に資する研究開発を進める。さらに JT-60SA や ITER を有機的に活用し、原型炉プラズマ実現の妨げとなる課題の解決に必要な炉心プラズマ研究開発を進める。

評価：妥当（8人）、要改善（2人）

指摘・提言：

- ・ 炉心プラズマの推進が「ITER の非燃焼運転を対象」に貢献することは間違いないが、燃焼プラズマ実現・制御の学術基盤の観点からも ITER の燃焼プラズマに対しても本質的な貢献が期待されることから、非燃焼と燃焼を区別するのは多少の違和感がある。
- ・ 統合予測コードの改良についても、具体的な短期目標（マイルストーン）を設定することが重要ではないだろうか。
- ・ JT-60SA を活用し、ITER 運転でのリスク軽減・効率化に貢献し、ITER との有機的な連携のもと、原型炉プラズマの実現に向けた炉心プラズマ研究開発を展開する本計画を妥当と判断する。
- ・ 中期計画期間中に JT-60SA 実験で明らかにしようとする研究課題について何か具体的に示すことはできないか。

3) BA 活動等による核融合理工学研究開発

(省略)

a. 国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業及び関連する研究開発

① 原型炉設計研究開発活動

BA 活動で進める IFERC 事業の一環として、原型炉建設に必要な設計活動と研究開発活動を実施する。また、我が国の原型炉建設判断に必要な技術基盤構築のため、原型炉・機器の設計、低放射化フェライト鋼等の構造材料重照射データベース整備、増殖ブランケット機能材料の製造技術及びトリチウム取扱技術の開発を推進する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ BA 活動で進める IFERC で実施する内容と我が国固有の研究開発内容（リチウム回収技術や Li-6 濃縮技術、ベリリウムリサイクル技術など）を分けて、整理する必要があるのではないだろうか。
- ・ 原型炉設計に必要な設計活動と研究開発活動を実施する本計画を妥当と判断する。

② 理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動

BA 活動で進める IFERC 事業の一環として、ITER 遠隔実験センターの運用を行う。計算機シミュレーションセンターを活用し、燃焼プラズマのシミュレーション研究を推進する。また、ITER 遠隔実験センターを国際的情報集約拠点として活用する。さらに、核融合科学データセンター（仮称）を構築し、ITER 遠隔実験センター及び計算機シミュレーションセンターとあわせて、核融合情報科学センター（仮称）へ展開する。

評価：妥当（8人）、要改善（2人）

指摘・提言：

- ・ 理論・シミュレーションは ITER・BA 活動および原型炉設計活動の要であるとともに、それらは、人材育成とともにスーパーコンピュータを中心とした最先端の計算科学環境のもとになされることから、それら二つの観点への言及があることが望まれる。
- ・ 計算機シミュレーションセンターを活用し、燃焼プラズマのシミュレーション研究を推進する本計画を妥当と判断する。
- ・ 具体的な研究に関する内容の記載を追加して欲しい。

③ 原型炉安全確保のための規制及び規格・基準の確立に向けた研究開発

原型炉の安全性を確保するために必要な放射性物質の閉じ込め機器の国内技術検証に向けた準備及び主要な機器の規格・基準の確立に向けた準備を進める。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・規格基準について、どういった場（学協会？）で議論を行うのかを検討する必要があると思われる。
- ・放射性物質の閉じ込め機器の国内技術検証、さらに機器規格・基準確立に向けた準備を進める本計画を妥当と判断する。

④ 実施機関活動

理解増進、六ヶ所サイト管理等を BA 活動のホスト国として実施する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・ITERのみならず、BA活動においても、PR活動やアウトリーチ活動を、さらに一層全国規模で行う必要があるのではないだろうか。
- ・BA活動のホスト国としての理解増進、六ヶ所サイト管理の活動を妥当と判断する。

b. 国際核融合材料照射施設（IFMIF）に関する工学実証及び工学設計活動（EVEDA）事業及び関連する研究開発

① IFMIF-EVEDA 事業

BA 活動で進める国際核融合材料照射施設（IFMIF）に関する工学実証及び工学設計活動（EVEDA）事業の一環として、IFMIF 原型加速器の安定な運転・性能向上を目指した高信頼性実証試験を行うとともに、IFMIF 原型加速器を活用した研究開発を展開する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・欧州の動きをよく見ながら、欧州との議論も積み重ね、どの段階で核融合中性子源へ移行するのかについて、検討する必要があると思われる。
- ・加速器の安定な運転・性能向上に向けた高信頼性実証実験、さらに加速器を活用した研究開発の展開といった本計画を妥当と判断する。

② 核融合中性子源開発

核融合中性子源 A-FNS の概念設計を基に、原型炉の材料開発に必要な核融合中性子源の工学設計を実施する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・中性子源としての多目的利用も視野に入れておられるようであるが、そのためには周辺設備も必要になると考えられることから、もしそうであれば、「核融合」中性子源から、どのように展開してゆくのかについての検討を深めることが望まれる。
- ・原型炉の材料開発に必要な中性子源の工学設計を実施する本計画を妥当と判断する。

4) 核融合研究開発を担う人材の育成・確保

国際機関活動への協力・人的貢献等の国際連携や ITER 計画や JT-60SA 計画をはじめとする国際的な研究開発を主導できる人材の育成を行う。また、国際協力や大学等との共同研究等の推進やアウトリーチを通じて、次世代の研究者・技術者の育成・確保を行う。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・六ヶ所サイトでも那珂サイトと同じく、オンサイトラボの設置や国際核融合スクールなどへの参画などが期待される。
- ・ITER・JT-60SA 計画をはじめとする国際連携・協力、大学等との共同研究の推進等を通じ、次世代の研究者・技術者の育成を目指す本計画を妥当と判断する。

5) 原型炉建設に向けた社会連携活動の実施

原型炉の建設サイトの選定やその建設・運転に向け、国民や産業界等各ステークホルダーの理解を得るとともに、そのためのアウトリーチ活動及び社会連携活動を実施する。

評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・原型炉のサイト選定、建設、運転に向けた社会連携活動を推進する本計画を妥当と判断する。

最後に全体を通しての評価と指摘・提言を示す。

全体を通しての評価：妥当（10人）

指摘・提言：

- ・JT-60SA に関して、ITER および原型炉に対する貢献は妥当である一方、国内重点化装置としての積極的な役割と位置付け、特に、「国際約束履行に不可欠な重点化計画（国内計画）」との表現は妥当である一方、日本独自の取り組みやそれに向けての環境整備の観点が弱い印象を受ける。
- ・実施内容は時宜を得たものであり、基本計画と合致しており適切であるが、予算や人員

が十分に手当てされるのかがやや気になる。

- ・テストブランケット計画を ITER のカテゴリーとしたことは妥当である。

量子エネルギー研究開発評価委員会 委員名簿

氏名	所属及び職位
岸本 泰明	国立大学法人 京都大学大学院 エネルギー科学研究科 名誉教授
出射 浩	国立大学法人 九州大学 高温プラズマ理工学研究センター センター長・教授
上田 良夫	国立大学法人 大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報通信工学専攻 教授
小野 靖	国立大学法人 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授
木藤 啓子	一般社団法人 日本原子力産業協会 地域交流部 課長
寺井 隆幸	一般財団法人 エネルギー総合工学研究所 理事長
橋爪 秀利	国立大学法人 東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授
藤田 隆明	国立大学法人 名古屋大学大学院 工学研究科 総合エネルギー工学専攻 教授
道園 真一郎	大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 応用超伝導加速器イノベーションセンター センター長・教授
森崎 友宏	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 ヘリカル研究部 高密度プラズマ物理研究系 教授