

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

研究開発課題の事後評価について（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後評価について、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」に関する事後評価

以上

令和5年2月14日

量子エネルギー部門長 殿

事後評価業務実績に係る見解

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令和4年度の進捗状況等を聴取し、以下のとおり、当委員会の見解を取り纏めたので、貴部門の研究開発業務に関する自己評価及び次期中長期計画検討の一助にされることを期待する。

1. 第1期中長期計画期間の業務実績について

当委員会は、第1期中長期計画で設定した業務を着実に実施し、中長期計画の達成に向け順調に進んでいることを承認する。さらに、ITER 建設活動、炉心プラズマ研究開発において、中長期計画を上回る特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。

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、2のとおりである。また、当委員会の委員一覧は別紙3のとおりである

量子エネルギー研究開発評価委員会 事後評価 評価結果まとめ

1) ITER 計画の推進

a. ITER 建設活動

- 国際約束に基づいて、FOAK 機器としての必要な研究開発に着実に取り組み、要求値電流を上回る CS コイル用超電導線の開発、TF コイル 1 号機の完成と全 19 機分の製作、3 周波数対応を含む加熱用ジャイロトロン製作と量産化の実現とともに、NBTF 用機器では統合試験で問題が発生したものの、原因の調査と適切な対応を行うなど、全体として核融合技術の国際競争力を多く向上させた。
- 一部調達機器のトラブルに見舞われたものの、対策案をしっかりと構築し、当該機器の再製作手続きに着手するなど、FOAK 機器についての開発計画をおおむね順調に達成したことは大きな成果であると判断される。
- 各極調達品の中でも特に高度な技術を要する数々の FOAK 機器の調達を、開発、製造、納品に至るまで、多国間に渡る種々の調整を経て予定通り完遂した。一部トラブルによる遅延も発生しているが、可能な限りの対策が施されており、期せずして得られたノウハウは ITER をはじめとする水平展開も行われている。このような成果と努力は高く評価できる。
- コロナをはじめ困難な状況下で FOAK 機器を計画通りにやり遂げたこと、更に文部科学大臣表彰を多く得たことは賞賛に値する。一部にトラブルが発生したにせよ十分な成果といえる。
- 様々な困難を乗り越え、予定通り機器の製作やサイトへの搬入が予定通り行われたことは非常に高く評価できる。
- CS 導体・TFC 製作、NBI 機器の製作・据付・単体試験、ジャイロトロン全 8 機などの FOAK 機器をコロナ禍の中、当初想定していなかった技術的困難さを克服し、ITER 機構の要求を満足して遂行した点を高く評価する。
- NBI の欧州・日本機器を総合した定格出力試験に関し、シミュレーションにて想定外の高電圧が発生することを確認し、放電箇所を特定する技術を開発した点を、先進研究開発の実績として評価する。
- 1MW、300 秒運転が可能な 3 周波数ジャイロトロンを世界で初めて開発した点を、先進研究開発の実績として、さらに国際的にも科学的意義の高い特に顕著な研究開発成果として評価する。
- 種々の FOAK 機器について、当初想定していなかった技術的困難さやコロナ禍による影響、機器間での取合いや仕様等についての ITER 機構や多国間での調整といった様々な課題を克服し、今中長期計画期間に実施すべき設計・開発・製作を ITER 機構の要求を満足して遂行する見込みであることは高く評価できる。
- QST は、ITER プロジェクトの要となる超伝導導体、超伝導コイルなどの世界初物機器

(FOAK 機器) の設計、開発、製作に挑戦する当事者であるとともに日本の調達管理責任者として、第 1 期中長期計画期間において、QST の英知を結集し、国内メーカーや海外関係機関・関係者と連携し、機器の超高精度化を追求するなかで、技術力や指導力を一層向上させ、計画通り現地サイトでの据え付け、試験実施までこぎつけた。現地での統合試験において想定外の放電トラブルにみまわれたが、原因を究明し、結果として機器の精度向上につながる技術開発を実現し、挑戦と課題克服において成功体験を積み重ねている。これらにより、QST の ITER 建設活動には、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

- 強磁場用超伝導導体量産技術、大型厚肉溶接構造物の高精度製作技術、大型超伝導コイル製作技術を世界に先駆けて確立し、核融合装置の最重要機器の製作技術で世界を先導したことは極めて高く評価できる。

b. ITER 計画の運営への貢献

- 日本から副機構長および機構長を輩出するとともに、ITER 理事会等への必要な人員の派遣や ITER 機構への邦人職員の増加に向けた取り組みを着実に進め、ITER 運営貢献への責務を果たしている。
- ITER 機構長や副機構長を輩出するのみならず、運営における重要なポストに大きく貢献していることは高く評価される。
- 新副機構長に日本から鎌田氏が任命されたことは、第 1 期における QST の貢献が高く評価された証であると考えられる。
- 多田氏、鎌田氏の ITER 機構長をはじめ、日本の ITER 計画への貢献が国際的に高く評価されたといえる。少ない職員数の制約の中、多くの貢献が認められる。一方で、委員会として増員の要望を盛り込む必要がある。
- 副機構長ポストを日本から出していることなどを含め、ITER 計画の運営で大きな貢献をしている。
- 多田氏の ITER 機構長への昇任、鎌田氏の副機構長への任命を、ITER 機構との連携の強化として評価する。
- ITER 理事会等必要な人員を予定通り派遣され、ITER 機構の邦人職員が平成 28 年度末の 25 名から令和 4 年度には 38 名に増加しており、着実な ITER 機構への寄与を評価する。
- ITER 機構の邦人職員は平成 28 年度末の 25 名から、令和 4 年度には、38 名に増加したこと、評価できる。
- 第 1 期中長期計画期間には、QST 多田氏が ITER 機構長に昇任、その後、QST 鎌田氏が新機構長のもとで副機構長に任命されている。これらは ITER 計画の運営への QST の直接的な貢献であり、また、これまでの QST 専門家の技術力、リーダーシップによる貢献に対する各国からの信頼の証左でもある。これらにより、ITER 計画の運営への QST の貢献

には、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

c. オールジャパン体制の構築

- 産官学が連携して ITER 建設活動に臨み、特に産業界から ITER 機構への派遣の拡大を図るとともに、ITER の統合・建設活動を中心とした関連技術情報の取得・蓄積を積極的に行うことで、今後の核融合関連技術力の向上を図ってきた。
- 産業界からの派遣を大幅に拡大したこと、および核融合エネルギーフォーラムを通して国内専門家や産業界との適切な情報交換により、オールジャパン体制を構築したことは評価される。
- 産業界や学界に活動の輪を広げる努力が認められる。
- オールジャパン体制の構築に大きな貢献が認められる。
- ITER 機構からの情報を産業界に周知し、産業界からの派遣を大幅に拡大し、ITER 活動にオールジャパン体制で当たった点を評価する。
- 調達活動を通じて、組立・据付などの建設作業に関する ITER 機構からの情報を産業界に周知するとともに、IPA を活用し、産業界からの派遣を大幅に拡大している。
- QST は、ITER 建設活動や運営貢献への産学関係者の参画を促すべく、調達・進捗情報や職員募集などに関する説明会、報告会などを計画的に開催し、この先の据付、組立、運転、保守などの現場対応を見据えてオールジャパン体制で取り組む素地を構築しており、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

2) BA 活動を活用して進める先進プラズマ研究開発

a. JT-60SA 計画

① JT-60SA の機器製作及び組立

② JT-60SA 運転のための保守・整備及び調整

③ JT-60SA の運転

- ITER に準じる FORK 機器である JT60SA (大型超電導トカマク) の組み立て・設置を ITER と同様の国際共同の枠組みで実施、装置を完成するとともに、統合運転を開始したこと意義は大きい。また、その過程で発生した超電導コイルの接続損傷に関わるトラブルも根本原因を追求するとともに、慎重を期した原理・原則に立ち返った対応を行ったことは、評価に値する。
- ITER に準じた FOAK 機器である JT-60SA の製作を完了したことは高く評価される。不測の事態により統合試験運転が中断しているが、原因究明を行い、対策を講じたことも評価される。
- JT60-SA の本体組み立て完了という大きなミッションを達成しただけに、最終的な施工管理におけるミスは遺憾である。
- コイルの絶縁不良による放電破損によって運転計画が長期にわたってストップしたこ

とはマイナスであるが、十分にはほど遠い人員数であるにもかかわらず、徹底した原因の究明とパッシェン試験等を組み合わせた再発防止策の策定・実施により、年度内の運転再開の見通しを得つつ、ITER 計画のリスク低減に貢献したことは評価できる。この点でも委員会として増員の要望を盛り込む必要がある。

- コイル接続部のトラブルを乗り越えて、全体パッシェン試験など新たな手法を確立したことなど、今後の様々な装置建設に資する重要な成果を得ていることは高く評価できる。
- 平衡磁場コイルでは要求製作精度の 1/10 以下、TF コイルの要求組立精度の 1/3、TF コイルの要求組立精度の 1/4 以下といった高い精度で製作・組立して、総合試験運転を開始し、RF プラズマを生成した点を着実な取り組みとして評価する。
- 当初計画を上回る NBI 加熱装置の研究開発を国際的にも科学的意義の高い特に顕著な研究開発成果として高く評価する。
- 超伝導コイルの電路に不具合が生じ、総合試験運転が中断したが、大型超伝導トカマク装置で初めて全体パッシェン試験を実施し、総合試験運転の再開に向けた進捗管理、先進研究開発を高く評価する。
- 国際的に合意した計画どおり進め、要求値を大きく上回る高精度の組立・据付を達成し、令和元年度末には、計画どおり JT-60SA 本体の組立を完了したことは評価できる。
- QST は、第 1 期中長期計画期間において、要求精度以上の高精度で調達機器を製作し、JT-60SA の組立を完了した。続く統合試験運転では不具合が生じ、運転を中断して調査した結果、超伝導コイルの絶縁不良による放電破損が判明し、物理的な対策を講じるとともに、他の同様箇所についても対策を行った。この不具合事象に対して再発防止計画を立案し、大型超伝導トカマク装置では初めて全体パッシェン試験を実施し、追加の絶縁強化が必要な箇所を特定することができた。こうした取り組みには、不具合の発生による時間的、コスト的なロスをプラスに転ずる顕著な成果の創出が認められると評価される。

b. 炉心プラズマ研究開発

- JT60 実験の終了と JT60SA の長期の建設期間にも関わらず、JT60 実験のデータを積極的に活用しながら、燃焼プラズマを高精度の予測するモデリング研究とそれらを繰り返した統合化コード開発を行い、今後開始される JT60SA および ITER の実験研究を推進するための基盤を構築してきたことは高く評価できる。これらを利用した燃焼プラズマの挙動や予測・制御に関する研究も着実に進展している。
- 世界の研究をリードする成果を上げるとともに、ダイバータ統合コードをはじめとする様々なコード類の整備を進め、炉心プラズマの性能予測に重要な世界初の成果を得たことは高く評価される。
- JT-60SA 建設に多くの時間が割かれる中、モデリングの改良や制御法の開発等、学術的

にも優れた多くの研究がなされている点は大いに評価できる。また、15年以上前の JT-60U のデータを利用した実験の論文が現時点でも生産されている点や、ITPA 議長を多く輩出している点も、研究者の高い研究能力とリーダーシップを反映したものとして高く評価できる。

- 高速イオンによるプラズマのエネルギー閉じ込め改善や QH モード発生条件の検証など炉心プラズマの性能予測に関する一連の研究、磁気島の安定化などロックトモード制御手法の開発などは高く評価される。
- 重要な課題に対して、QH モード発生条件の同定など極めて重要な成果を得ている。
- 実験データ解析とモデリング研究を有機的に連携させ、他にないコード群の整備を進め、新たな現象や物理機構を解明し、国際的にも科学的意義の高い顕著な研究開発成果として評価する。
- QST は、第 1 中長期計画期間において、JT-60 過去実験データの解析、海外装置実験への参加、シミュレーション研究などの方策を組合せて、実験研究、モデリング研究、制御研究を進め、さまざまなコードやモデルの開発改良について成果をあげ、ITER や JT-60SA の中心課題である炉心プラズマの性能予測にとり重要な世界初の成果を獲得することができた。これには、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

c. 人材育成

※下記の人材育成に含める

3) BA 活動等による核融合理工学研究開発

IFERC 等

a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業

① IFERC 事業

- 原型炉の設計を中心に、スーパーコンピュータによるシミュレーション研究、一連の遠隔実験機能の実証、原型加速器の実験・運転データの集積と欧州との情報共有のシステム構築など、計画が着実に進められている。
- 原型炉設計最終報告書を取りまとめ、その基本概念を明らかにしたこと、低放射化フェライト鋼の設計データの取得などが高く評価される。
- 核融合エネルギーの発電実証に向けた原型炉の基本概念の明確化などで世界をリードし、ワークショップ主催等により、世界をリードしている。
- 全日本体制で原型炉開発を着実に進めている点は高く評価できる。
- 低放射化フェライト鋼の 20 万時間までの設計用クリープ線図を世界で初めて取得し、設計裕度を 10 倍に拡張させ、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果として高く評価する。

- 639 報の査読付研究論文が刊行され、シミュレーション研究の進展に大きく貢献したことは評価できる。
- QST は、第 1 中長期計画期間において、過去 25 年間（約 20 万時間）に及んだ低放射化フェライト鋼のクリープ遮断試験を完了し、その成果として、世界初の「設計用クリープ線図」を獲得した。これにより、設計裕度は 10 倍に拡張されることが証明された。これには、特に顕著な成果の創出が認められると判断される。

b. BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

① 原型炉設計研究開発活動

- 原型炉設計研究開発活動についての目標を達成するのみならず、リチウム回収技術開発やベリリウム精製技術などにおいて民間企業と実用化を志向した共同研究を開始したことが極めて高く評価される。
- 表面にリチウム吸着性能を有する革新的イオン伝導体や新たな低コスト pH 調整プロセスを開発したことは大きな成果といえ、民間企業と共同でリチウム実鉱石のベンチスケール実証試験に成功したことも社会的にインパクトがある成果と言える。
- リチウム回収技術など、核融合分野以外へも波及する技術を開発するなど、顕著な成果がみられる。
- 高純度リチウム回収技術の研究開発につき、国内外で多数の特許を登録し、核融合発電の燃料確保に必須のリチウム同位体にも利用できることを確認した点につき、国際的にも科学的意義の高い特に顕著な研究開発成果として高く評価する。
- ベリリウムの精製技術につき、国内外の特許申請し、Be 以外のレアメタル鉱石の精製、リサイクルに適用の実証試験に成功した点につき、国際的にも科学的意義の高い特に顕著な研究開発成果として高く評価する。
- 原型炉設計では最終報告書を取りまとめ、原型炉の 3 つの目標（発電、稼働率、トリチウム生産）を満たす核融合エネルギーによる発電プラントの全体像を示し、核融合エネルギーの発電実証に向けた原型炉の基本概念を明確化したことは評価できる。
- QST は、第 1 中長期計画期間において、経済性、安全性を向上させた革新的なベリリウム精製技術を世界で初めて確立した。また、リチウム回収技術については低コストプロセスの開発に成功し、製造原価の大幅低減の見通しが得られ、QST 認定ベンチャー起業に向けて前進した。これらには、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

③ 理論・シミュレーション研究

- 核燃焼プラズマを高精度で予測・制御するためのシミュレーションコード群の開発を進め、燃焼プラズマにおけるヘリウム灰の制御を含む粒子制御やディスラプションの予測・制御、大域的な乱流輸送のダイナミクスや構造の同定やそれらの制御に関する顕著な成果を挙げている。

- BA 活動で整備した施設を活用し、プラズマ物理の難問である突發現象を解明したことは高く評価される。
- 炉内機器の保護等、実験や原型炉の運転に直接関与（貢献）する、実用レベルのシミュレーション開発が行われたことは評価に値する。
- ペレット溶発で生じる高密度プラズマ雲の動的挙動を物理モデル化することに成功し、米 DIII-D 装置のプラズマ密度分布の計測データの定量的な再現に初めて成功したことは高く評価できる。プラズマの強制消滅装置として ITER に導入予定のペレット粉碎入射を解析するモデルの考案や、粒子供給率等、入射装置の設計最適化に関する成果は高く評価できる。
- 核融合プラズマ挙動の理解や制御につながる重要なシミュレーションコードを開発するなど顕著な成果を得ている。
- ディスラプション研究でのペレットに関する解析、DIII-D 装置での密度計測分布の定量的な再現、突発大現象のシミュレーション研究につき、国際的にも科学的意義の高い顕著な研究開発成果として評価する。
- 核燃焼プラズマ予測確度の向上のため、炉心から周辺にわたる核融合プラズマシミュレーションコードの物理モデルやコードの開発、実験検証を推進し世界の研究をリードする成果を挙げている。
- QST では、第 1 中長期計画期間において、プラズマの強制消滅装置として、ITER に導入予定のペレット粉碎入射解析モデルを考案し、粒子供給率等の入射装置の設計最適化にとり重要な特性を世界に先駆けて解析したことなど、ITER リサーチプラン実施のための最重要研究開発項目に貢献する成果を得たことは、特に顕著な成果の創出が認められると評価される。

IFMIF-EVEDA 等

a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業

② IFMIF-EVEDA 事業

- 一部の実証試験が未完に終わっていることは残念だが、RFQ による前人未到条件での重陽子ビームの短パルス加速試験に成功したことは高く評価される。
- 原型加速器による大強度陽子ビーム加速に成功しており、定常動作に関しても、コロナ禍にも関わらず計画を前倒しで達成した点は高く評価できる。
- 高周波の 8 系統同時入射による 2.5MeV 水素ビーム加速、RFQ による重陽子ビームの 125mA、5 MeV 短パルス加速記録の樹立など顕著な成果をあげており、評価できる。
- RFQ による大強度ビームの短パルス加速など、顕著な成果を得ている。
- 世界初となる 8 系統高周波同時入射による 2.5 MeV 加速の成功、RFQ による前人未到の重陽子ビームを 125 mA、5 MeV 短パルス加速試験に成功につき、国際的にも科学的意義の高い特に顕著な研究開発成果として高く評価する。

- 5 MeV 長パルス加速で定格 80% までのコンディショニングに成功したが、定格実証試験完了が未達となるのが残念。
- 高周波四重極加速器 (RFQ) による前人未到の大強度重陽子ビームの短パルス加速試験に成功したものの、フェーズ B+の 5MeV 長パルス加速の実証試験は高周波カプラ故障のため未完であった。
- QST は、第 1 中長期計画期間において、世界初となる高周波四重極加速器による水素重陽子ビーム 125mA、5MeV 短パルス加速試験に成功し、フェーズ B の実証試験を完了した。フェーズ B プラスの 5 MeV 長パルス加速の実証試験に着手したが高周波カプラ故障のため期間内での達成は難しいものの、一連の取組には顕著な成果の創出が認められると評価される。

b. BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

④ 核融合中性子源開発

- 核融合中性子源の概念設計書を計画通りに完成させたことは評価される。
- 核融合中性子源 A-FNS プラント全体の設計検討を進め、概念設計書を完成したことは評価できる。
- 核融合中性子源 A-FNS の概念設計書の完成、さらに A-FNS 工学設計活動計画書の作成など、着実な成果の創出、業務運営を評価する。
- 加速器系、ターゲット系、試験モジュール、照射後試験設備等の核融合中性子源 A-FNS プラント全体の設計検討を進め、概念設計書を完成したことは評価できる。
- QST では、第 1 中長期計画期間において、「中性子照射利用計画書」を作成した。また、加速器系、ターゲット系、試験モジュール、照射後試験設備等の核融合中性子源 A-FNS プラント全体の設計検討を進め、概念設計書を完成し、これに基づく A-FNS 工学設計活動計画書を作成した。これらには、成果の創出が認められ、着実な業務運営がなされていると評価される。

テストブランケット

b. BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

② テストブランケット計画

- 計画通り、安全実証試験を開始するとともに、わが国が提案するテストブランケットモジュールが ITER 理事会で公式に選択されたことは高く評価できる。
- 日本の提案する水冷却固体増殖方式が認められ、令和 2 年度の ITER 理事会で初期の 4 計画の 1 つとして公式に選択された点は評価に値する。
- 日本が提案する水冷却固体増殖方式において、水冷却の実績と異常時の高温高压水の安全実証計画などが国際的に評価され、令和 2 年度の ITER 理事会で初期の 4 計画の 1 つとして公式に選択されたことは特筆できる。

- 世界的に見て、最もブランケットの開発が進んでおり、顕著な成果を得ている。
- TBM ポート削減の中、18 番ポートマスターとして指名され、詳細設計を進め、試作を含む製作性検証に着手した点につき、先進研究開発の実績として顕著な成果として評価する。
- ブランケット工学試験棟は令和 3 年度に竣工し、令和 4 年度には試験装置群の設置と調整を完了し、安全実証試験を開始したことは評価できる。
- 第 1 中長期計画期間において、TBM ポート削減の中、2 年にわたる国際協議を経て、QST が提案した水冷却固体増殖方式において、安全実証計画などが初期計画の 1 つとして正式採択された。18 番ポートを中国と日本で共有することとなり、日本がポートマスターに指名されたことで、QST は中国との設計協議を主導的に進めている。これらには、顕著な成果の創出が認められると評価される。

実施機関活動

a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業

③ 実施機関活動

- この間、JT60SA のサマースクール企画やオンサイトラボの仕組みなどを導入することで、人材育成・確保のフレームを形成してきたことは高く評価できる。
- アウトリーチ活動を適切に行うとともに、六ヶ所サイトの管理運営が適切に実施されたことは評価できる。
- 全日本で進める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中核を務めている。
- 地元との交流などを通じ着実な活動実績を積み上げている。
- 自治体イベント参加、レクチャーに加え、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中核としての理解増進活動の遂行といった着実な活動を評価する。
- 六ヶ所研の維持・管理、保管庫・試験棟の建設といった着実な活動を評価する。
- 地元自治体等が主催するイベントに協力参加するとともに、六ヶ所村近隣住民を対象に施設公開を実施している。
- QST は、第 1 中長期計画期間において、オールジャパン体制で推進する核融合エネルギーに関するアウトリーチ活動の中核組織として、日本科学未来館の展示協力、六ヶ所サイトの施設維持・設備運転保守、地元や近隣住民向けに施設公開なども含め種々の活動を実施した。これらには、成果の創出が認められ、着実な業務運営がなされていると評価される。

人材育成の取組

- 那珂研におけるオンサイトラボの設置、国際核融合スクール開設に向けた準備活動、共同研究の実施などを通じた人材育成活動は高く評価される。

- ITPA 活動や ITER 機構における国際的なリーダーの養成・輩出という点においては大いに評価できる。大学院生等、若手の育成に関して、現在様々な準備がなされている点も評価に値する。
- 国際トカマク物理活動の7つのグループのうち3グループの議長を令和3年度からQST研究者がつとめるなど、これまでの人材育成の効果がはっきり現れており、評価できる。
- ITPA 活動などにおいて、重要なポジションでグループをけん引していることは高く評価できる。
- 大学等と協定を締結して、オンサイトラボを設置し、国際的に活躍する人材育成に向けた着実な取り組みを高く評価する。
- 令和3年より、国際トカマク物理活動の7グループ中、3グループの議長を部門の中堅研究者が担っており、着実な国際的な研究開発プロジェクトを主導する人材の育成を高く評価する。
- 国際トカマク物理活動では、7つのグループのうち3グループの議長を QST の中堅職員が担うなど、国際的な人材を輩出したことは評価できる。
- QST は、第1中長期計画期間において、所内中堅・若手人材はじめ、大学生・大学院生や他組織の若手人材やベンチャーなどを含め、当該事業への参画を促す種々の取り組みを実施することで人材育成を継続した。人材育成には継続的な取組が求められることから、QST の人材育成の取組には工夫と成果の創出が認められ、着実な業務運営がなされていると評価される。

全体評価、特記すべき事項（顕著な成果、進言など）

- ITER 計画においては国際約束を厳格に履行するとともに、運営面を含め、本計画期間中に日本が果たした役割は賞賛に値する。また、JT-60SA の建設に当たっては、日本の技術レベルの高さと運営面を含む宿主国としての当事者能力を世界に示したと言える。特に、超伝導の絶縁に関係した問題が発生したものの、根本原因を突き止め、問題の解決を迅速に図ったことは、FOKR 機器としての開発研究の在り方や進め方を積極的に示した事例として、核融合に止まらない FORK 機器を伴う大型開発研究に関わる貴重な財産と位置付けられる。ITER に対する重要な情報提供のとして意義も大きく、ITER に対して先導的役割を果たしたと言えることから、一連の対応は高く評価できる。
- また、JT-60SA の建設に伴って、長期に渡って実験ができない期間が続いたため、若手研究者を中心に、厳しい研究環境に置かれることとなったが、10年以上渡ってJT60のデータ解析から様々な新しい成果を見出し、最先端の研究を継続・維持・発展させてきたことも賞賛に値する。これらの研究は、1985年に運転を開始したJT60の意義の再評価につながったと言える。
- 一方、JT-60SA や ITER の実験を間近に控え、実験・理論・シミュレーション研究者を

中心に、それらに関与する研究者が少ない点は大きな懸念材料である。人材育成・確保の観点を含めた根本的な方策と国内の大学研究期間との有機的な連携活動が一層期待される。その一つとしてのオンサイト活動の取り組みは高く評価できるものであり、積極的な支援が望まれる。人材確保の観点からは、人生 100 年時代を想定した様々な国の施策とも連携・連動してシニアな研究者や高いノウハウを持った退職者などを積極的に活用するシステムの検討なども期待される。

- 概ね計画が達成され、顕著な成果も多数得られており、当初の計画を超えて、核融合研究開発に大きく貢献しているものと判断される。
- コロナ禍という想定外の障害を、様々な工夫と努力によって乗り越え、その影響を最小限に抑えて計画を達成できた点は評価に値する。また、限られたマンパワーを適切に配置し、開発から研究まで高いアクティビティを維持した点も大いに評価できる。
- 全般として、ITER 計画、JT-60SA、IFMIF などの大型実験の建設・保守から最先端研究までを少ない職員数でカバーし、ほぼ順調に建設を進めつつ、第一級の成果を継続的にあげていることは賞賛に値する。評価の一方で、早急な増員を委員会として要望すべきと考える。
- ITER 活動の日本担当分について、様々な困難を乗り越えて予定通り進めたことや、さらにそこから新たな技術を生み出していることは高く評価できる。
- 近年のコロナ禍の中、7 年間を通じて全般的に当初のスケジュールを維持できたことは高く評価したい。
- QST は、人類初の大型国際プロジェクトに挑戦する当事者であり、かつ日本を代表する管理責任者の任にあり、その上オールジャパン体制の舞台回しの役割を担うことも期待されながら、それらの事業規模に対する人的資源や予算規模は適正な状態なのでしょうか。人的資源は足りていないとのご説明がありましたが、人員をやりくりして技術成果をあげつつ着実に事業を実施されていることが理解され、特に顕著な成果の創出が認められると評価されます。
- QST には、ITER 計画や BA 活動の牽引役、日本の核融合開発のリーダーとして気概を持ってのぞんでいただけることを期待いたします。
- 門外漢でするので場違いな内容でしたらご放念ください。研究開発の実績と評価についてお伺いしました。設備機械や技術について説明され、それを担う研究者や技術者の姿、恩恵を受けることになる人々の姿が、私にはほとんど見えませんでした。そういったことを今回求めるのは適切でないのかもしれませんが 2 年ほど前当時のビゴ機構長の報告会でのお話しが印象に残っています。主役は人であるとの明確なメッセージが語られたのを感じたのだと思います。

第1期中長期計画 事後評価 量子エネルギー研究開発評価委員会 評価レベルのまとめ

第1期中長期計画上の区分		評価の観点	評価結果	
1) ITER 計画の推進	a. ITER 建設活動	国際約束に基づき、必要な研究開発に着実に取り組んでいるか(評価軸) ITER 計画の進捗管理の状況、先進研究開発の実績(評価指標) 我が国分担機器の調達達成度(モニタリング指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	S	
	b. ITER 計画の運営への貢献	ITER 機構との連携を強化しているか。	A	
	c. オールジャパン体制の構築	ITER を活用した研究開発をオールジャパン体制で実施する準備は進んでいるか。	B	
2) BA 活動を活用して進める先進プラズマ研究開発	a. JT-60SA 計画 ① JT-60SA の機器製作及び組立 ② JT-60SA 運転のための保守・整備及び調整 ③ JT-60SA の運転	国際約束に基づき、必要な研究開発に着実に取り組んでいるか(評価軸) BA 活動の進捗管理の状況、先進研究開発の実績(評価指標) 我が国分担機器の調達達成度(モニタリング指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A	
	b. 炉心プラズマ研究開発	先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	S	
	c. 人材育成	※下記の人材育成に含める		
3) BA 活動等による核融合理工学研究開発	IFERC 等	a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業 ①IFERC 事業	国際約束に基づき、必要な研究開発に着実に取り組んでいるか(評価軸) BA 活動の進捗管理の状況、先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A
		b.BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ①原型炉設計研究開発活動	先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A
		b.BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ③理論・シミュレーション研究	先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A
	IFMIF-EVEDA 等	a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業 ② IFMIF-EVEDA 事業	国際約束に基づき、必要な研究開発に着実に取り組んでいるか(評価軸) BA 活動の進捗管理の状況、先進研究開発の実績(評価指標) 我が国分担機器の調達達成度(モニタリング指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A
		b.BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ④核融合中性子源開発	先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	B
	テストプランケット	b.BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ②テストプランケット計画	先進研究開発の実績(評価指標) 先進研究開発を実施し、国際的にも科学的意義の高い研究開発成果が得られているか。 アウトプット(成果)のみならず、アウトカム(効果・効用)が得られているか。	A
	実施機関活動	a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業 ③実施機関活動	BA 活動及び核融合についての理解促進の取組は十分か。	B
	人材育成の取組		BA 活動及び核融合についての理解促進の取組は十分か。	A
	全体評価			A

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