

令和2年4月23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

核融合エネルギー研究開発評価委員会  
委員長 寺井 隆幸

研究開発課題の評価結果について（答申）

当委員会に諮問のあった下記の研究開発課題の中間評価について、その評価結果を別紙の通り答申します。

記

「核融合エネルギー研究開発」に関する中間評価

以上



令和2年3月31日

核融合エネルギー部門長 殿

中間評価業務実績等に係る見解

核融合エネルギー研究開発評価委員会  
委員長 寺井隆幸

当委員会は、第1期中長期計画の開始（平成28年4月）以降の4年間における核融合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、核融合エネルギー研究開発部門長の求めに応じて、令和元年2月21日に第4回核融合エネルギー研究開発評価委員会を開催し、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来年度の計画検討の一助にされることを期待する。

1. 中間評価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、JT-60SA 計画において、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。

## 核融合エネルギー研究開発評価委員会 中間評価 評価結果まとめ

### 1) ITER 計画の推進

#### a. ITER 建設活動

- 多くの困難な課題や様々な想定外の事象に直面しながらも、メーカーとの十分な調整やメーカーに対する適切な指導を行い、計画通りに TF コイルの初号機の製作を完了し、ITER サイトへ出荷したことは極めて高く評価される。
- ITER における工学技術開発の多くは、前人未踏の極限技術の集積（例えば、中性粒子入射加熱（NBI）開発における 1 MV 超高電圧静電粒子加速器開発など）であり、その研究開発には、大きなリスクも当然ともなう。そのような高い目標に対して、ITER 建設の国内機関及び実施機関として、我が国の分担する機器、1) TF コイル、2) NBI 加熱装置、3) RF 加熱装置、4) ブランケット遠隔保守機器、5) 計測機器、6) ダイバータ、7) トリチウム除去系、その各々について、これまで調達および研究開発を着実に実施し、責務を履行するとともに、国際的にも科学的/工学的意義の高い研究開発成果を挙げてきている。このような大規模国際プロジェクトへの大きな貢献と高い研究開発成果は国際的にも厚い信頼、評価に繋がっており、グローバル化が進展する現在の国際情勢のなかで、核融合分野のみならず広く一般に、我が国が国際的なプレゼンスを維持し、将来的にも主導的な立場を保っていくための有形、無形の財産である。今後に向けて大きな効果、効用が期待できるものと考えられる。
- 国際的な調整の結果、本来の計画と大きく異なる多様な変更要求に対して対応し、結果として期限を守っており、その国際的な貢献は高く評価できる。特に、トロイダル磁場 (TF) コイルの製作では、日本が調達責任を有する 9 機の TF コイルの調達活動を計画通り進め、前人未到のサイズと高磁場の超伝導コイルである TF コイル初号機を世界に先駆けて完成させたことは、ニオブスズ超伝導体の産業利用を拡大するとともに、TF コイルの製作契約の締結から 9 年に渡る我が国産業界のものづくりの技術研鑽ならびにその継承に貢献するものである。さらに、当初、ITER サイトにて ITER 機構が実施する予定の作業も国内で前倒しで実施することにより、ITER サイトにおける今後の組み立て作業期間を 4 ヶ月程度短縮し、その際のノウハウを生かし、今後の製作期間の短縮とヘリウムリークのリスク低減が期待できる。また、高周波伝送・導波管・ミラー設計変更の要求に対しても適切に対応して性能を満たし、さらに 2 周波に対しても高効率伝送を可能にするなど、特に高く評価できる。
- 国際的に合意した日本の実施する事業計画に基づいて、TF 導体・コイル、CS 導体、NBI 関連機器などでは、最終設計をいずれも終了し、機器製作も順調に進展していることから、中長期計画の達成の見通しは高い確度で保障されていると判断できる。遠隔保守機

器、トリチウム除去系、ダイバータなど、ITER 側での設計変更を伴う機器に関しても、要請に迅速に対応し、大幅な性能劣化なく設計変更に対応できている点も評価できる。これらの状況から、ITER 建設活動に対する日本の計画達成度は予定を上回るものであり、進め方などの見直しの必要はないと判断できる。

#### **b. ITER 計画の運営への貢献**

- 遠隔保守機器の見直しや合理化に関する新規要求に対し、ITER 機構と詳細な確認を行い、重大な設計要求の合理化・緩和とそれに伴う大規模な設計変更の必要性を明かにし、この事態に対応するためにプロジェクトチームを立ち上げ、そのリーダーに QST 職員が着任したことは、特に高く評価される。
- 平成 28 年度～令和元年度の期間において、建設を含む ITER 計画への貢献は、技術・工学面および人的資源面の双方から高いレベルにあり、ITER 計画の着実な進展と信頼に大きな貢献をしていると評価できる。特に、これまで必ずしも多くなかった ITER 機構への邦人職員数も、ITER 計画の現地組み立てが本格化する時期に他国と遜色のないレベルになりつつあることは高く評価できる。このことから、ITER 計画の運営への貢献も順調であり、現状の進め方で問題ないと判断できる。これから、ITER 装置の完成に向けて参加する邦人職員を一層増やす努力を継続いただきたい。
- 当初、法人割合が ITER 機構の専門職員の 4%未満であったが、中間評価の段階で 5%に迫るまで増加しており、情報提供等のための登録人数は、当初の 43 名から 15 倍程度の 604 名となっており、今後も法人割合を増やすための基盤を構築しており、特に高く評価できる。
- ITER 機構への我が国からの人材派遣数はここ数年微増しており、この点は国内機関としての努力の成果だとして評価できる。とは言うものの、まだ 5%以下であるので、さらなる増員に向けた努力が必要である。その場合、個人へのリクルート活動に加えて、数年後の ITER 運転開始を見据えた人材派遣の組織的な体制強化を考える必要がある。
- 評価期間にわたって、ITER 機構の要職に QST 職員が任命され、その運営に尽力するとともに、ITER 機構と各極内機関との連携強化を強く働きかけ、スケジュール管理の改善に大幅に寄与してきた点は評価される。また、ITER 機構への人材提供案内を積極的に行い、一時期減少していた ITER 機構職員全体に対する邦人の割合が回復基調にある点も評価されよう。しかしながら、未だその割合 (4.6%)は、中国(8.3%)、韓国(6.7%)に比較して少ない。さらなる改善が望まれる。

#### **c. オールジャパン体制の構築**

- ITER/BA 成果報告会や学会などでの情報発信や意見交換を活発に実施している点は評価できる。一方、ITER への人的貢献も含めて、さらなる体制強化が望まれる。また、継続して一般社会への情報発信に尽力し、国民に ITER 計画および核融合研究を情報発

信してゆくことが必要である。

- 各機器調達における成果は国内実施機関である QST のリーダーシップに加え、産業界の貢献と協力が大きいものと考えられる。核融合の研究開発には、短期的な利益ではなく、長期的な視野が必要である。今後も日本が ITER 計画で主導的な立場を維持するには、長期的な産業界の参画、協力が不可欠であり、産業界の ITER 事業への寄与、また、波及効果などを一般社会へアピールし、さらに魅力的な国際プロジェクトとしていくことが必要と思われる。また、上に述べたように ITER 計画への貢献は、我が国の国際的なプレゼンスを維持するためにも重要であるということを一般市民にも広く発信し、オールジャパンとしての理解・支持を得ることが重要である。
- 平成 28 年度～令和元年度の期間において、核融合エネルギーフォーラムを中核組織として、ITER 理事会組織である科学技術諮問委員会 (STAC) での議論や国際トカマク物理活動 (ITPA) での活動の状況を国内専門家に広報・周知するとともに、ITER の科学・技術的な課題や問題に対して関連専門分野の知見を集約する仕組みなどを構築することにより、ITER 計画の成功に向けてオールジャパン体制で取り組んでいる姿勢は高く評価できる。ITER/BA 成果報告会などを通じて核融合エネルギー実現の重要性と ITER 計画への理解を得るパブリックアクセプタンス活動を推進している点も評価できる。ITER 装置の完成に向けて、現状の国内協力体制の継続と拡充を期待する。
- 広報面では、プロジェクトの大きさ・重要性・予算規模に対して、ITER 計画の世間一般での知名度は今一步の感があり、日本全体に対する広報をより強力に進めるべきと考える。

## **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**

- 多くの困難な課題や想定外の事象に直面し、欧州との調整にも多大な苦勞を払いながらも、JT-60SA の機器製作と組み立てを予定通り終了することができたこと、JT-60SA で新たに開発した組み立て技術や組み立て工程管理が高く評価され、ITER の建設に大きく貢献できることが、極めて高く評価される。
- ITER 同様、国際協力による機器製作及び組み立てであり、計画進捗には日本独自で計画を進められない困難さがある。また、ITER 同様、未踏の極限技術を多く含み、開発リスクを担っている。これに対して、超伝導コイルなど我が国が調達責任を有する機器製作について、評価期間にわたって着実にその責務を履行してきたと思われる。また、大強度負イオンビーム (118 秒間、500keV、154A/m<sup>2</sup>) の長時間引き出しに成功するなど、国際的にも科学的/工学的に高い研究成果をあげてきている点を評価したい。本体の組

み立てについては、工期が大幅に遅延するような想定外の事象に遭遇したにも関わらず、迅速かつ適切な対策を検討するとともに、組み立て受注メーカーとの緊密な連携を図るなど、遅延を回避し、事業計画で定める時期（令和2年3月）に、JT-60SA 建設完了の見通しを得ている。JT-60SA 計画遂行における QST の強いリーダーシップを高く評価したい。

- 日欧で連携して機器の製作および装置の組立を進め、予定通り 2020 年 3 月に組立を完了する見通しを得た。機器の製作、装置の組立とも要求を上回る高い精度を達成し、誤差磁場が少なく、磁場の印加によりその影響を広範囲に評価できる装置とした。特定機器の製作遅れや中心ソレノイド挿入に関わる想定外の事象など、工程を遅延させかねない要因もあったが、迅速かつ適切に対応し、工程を遵守した。日欧の研究者の間での議論を重ね、リサーチプランを策定し、様々な共同研究を実施するなど日欧共同の研究プロジェクトとしての体制も整えている。
- 中間評価期間の 4 年間を通し、BA 運営委員会のもと、各種会議を通して欧州と綿密に調整・連携を図るとともに、この間に発生した予期しない問題に対しても、現場での綿密な協議と打開策の提案を通じた合意形成のプロセスを通して解決策を見出し、2020 年 3 月完成を順守するスケジュールで機器製作・組立作業を行ったことは極めて高く評価できる。ここで得られた問題を迅速に分析し解決に導く対応能力は、今後の ITER の組み立て時における日本の貢献に期待を持たせるものである。また、老朽化した JT60 の資源を有効に活用するとともに、それを最先端の超伝導トカマクに甦らせ発展させた開発・整備能力は日本の科学技術のレベルの高さを示すものであり、称賛に価する。研究開発の進め方は適正であり、引き続き、継続的な努力を期待する。
- JT-60SA の建設において、要求を大きく上回る高精度で中心ソレノイドを設置し、綿密で合理的な工程管理によりスケジュール遅延も最小限に留めた。ITER 建設にも活用できる大型装置の高精度組立・設置技術や優れた工程管理を実証した。また、NBI 開発において実用化レベルの長パルス大強度負イオンビーム加速に成功し、ダイバータ遠隔保守に必要な冷却水配管溶接技術も開発が進んでいる。これらの成果は極めて高く評価でき、JT-60SA の順調な運転開始が期待される。

#### **b. 炉心プラズマ研究開発**

- 評価期間を通して少ないマンパワーで多岐にわたる物理課題、及び、それらを統合した統合モデリングコードの開発を着実にやってきた点を高く評価する。特に、JT-60SA の運転開始実現の見通しが得られた現在、コードのさらなる妥当性検証と精度・信頼性向上が期待できる。このことは、JT-60SA 実験そのものへ寄与はもちろんのこと、将来的には ITER および原型炉の運転指針作成や ITER 計画全体の成功にとっても大きな効果・効用が見込まれる。
- JT-60SA 建設に向けた取り組みと双方向的に、JT-60 実験で得られた様々なデータに基づ

いて、実験解析コードや統合化コードの開発を中心に、この間、内部輸送障壁形成に関する磁場構造の役割や制御、異常輸送や閉じ込め改善における電子系輸送の特性や役割、乱流輸送や高エネルギー粒子駆動におけるプラズマ回転効果、新古典的電場形成や粒子輸送、ダイバータプラズマの動力学や熱負荷低減に関する研究など、高性能炉心プラズマに関わる現象の解明と予測研究を進展させてきたことは、今後の JT-60SA 研究を日本が主導していく観点から高く評価できる。一方、これまで建設活動に人員が割かれていたことも大きな要因となり、欧米に比べれば活動は限定的である。六ヶ所国際核融合エネルギーセンターの理論グループとともに、大学との連携を強め、日本総体としての競争力の向上に努めていただきたい。

- 実験研究とモデリング研究の両方で、ITER および JT-60SA における制御・安定運転に貢献する優れた成果を上げており、極めて高く評価できる。物理モデルの精密化とシミュレーション・コードの画期的な高速化も進んでおり、今後の進展が期待される。
- JT-60SA の運転開始に向けて、シミュレーション研究によるコード開発などを中心として着々と成果を挙げている点は評価する。また大学等の研究者受け入れの体制整備も進んでおり、今後のさらなる発展を期待する。ただし BA 活動での理論・シミュレーション活動との連携が見えない。理論・シミュレーション部隊が那珂研と六ヶ所研に分散している。

### **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 R&D、計算機シミュレーションセンター、ITER 遠隔実験センター、いずれの計画も着実に進展しているように思われる。特に、計算シミュレーションセンターについては、高い稼働率で運用され、国内外の幅広い利用者が価値ある学術的成果（H29年2月時点の累積で639編もの学術論文）を多数創出できたことに大きく貢献している。また、ITER 遠隔実験センターについては、1）世界最大規模の大量データの繰り返し転送試験に成功（H28年度）したこと、2）欧州核融合装置（WEST）と接続し、遠隔実験実証試験に成功（H30年度）したことなど、ITER の遠隔実験への見通しを得た点について評価したい。このような大規模データの伝送や、遠隔実験などは、今後、様々な分野への波及効果を期待したい。
- 本中間評価期間において、IFERC 事業の中核をなす原型炉設計・R&D、計算機シミュ

レーションセンター、ITER 遠隔実験センター、原型炉設計開発活動、理論・シミュレーション研究・情報集約拠点活動の各活動において、当初予定の計画を上回る顕著な成果を挙げるとともに、今後の ITER 実験や JT-60SA 実験を円滑に推進する基盤構築と原型炉実現の指針を与えている点は高く評価できる。これらの成果は、BA フェーズ 1 でのプラズマ物理やダイバータ、炉内機器等の設計検討に関する最終報告書に結実している。現状の目標と進め方に従って継続することが望ましい。

- 目標の設定が難しく、予算も制約されるという厳しい環境の中で、先進的な研究開発を進め成果を上げていると評価される。世間が注目する傑出した成果の導出、スピノフ、アウトカムにも重点を置いた位置づけを期待する。

## **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**

- 発電実証に向けた原型炉の基本概念を明確化したこと、JET ダストやタングステンタイル表面や側面の分析を行ったこと等が高く評価される。また、リチウム回収技術・同位体濃縮技術・ベリリウム精製技術について、極めて大きな成果が得られている。
- 原型炉総合戦略タスクフォースの提示するアクションプランに沿って、オールジャパン体制で計画を実施する「原型炉合同設計チーム」を組織し、着実な設計活動を行い、核融合エネルギーの実現に向けて、発電実証炉の基本概念を明確化した意義は大きい。ただし、今後、いかにして長期間にわたる原型炉設計活動を予算面、人材面でどのように維持・発展させていくのかが課題となる。
- 評価期間にわたって、リチウム回収技術に関し、海外特許を含め多数の特許を提案・登録を行い、また、収入型共同研究を多数実施し、数多くの成果を残してきている。その成果は、核融合開発のみでなく、EV 用 Li イオン電池リサイクル基盤技術開発への貢献が期待され、大きな効用が期待される。その実現に多額の予算と長期間を要する核融合開発にとって、一般民生用技術への波及効果や収入型共同研究の実施を常に意識しながら研究開発を継続していくことは非常に重要と思われる。その意味で、この Li 回収技術開発は一つの雛型であり、高く評価したい。
- 原型炉研究開発ロードマップに従って、原型炉設計合同特別チームにより原型炉の概念設計を進め、プラントの全体像を明らかにするなど基本概念を明確化した。リチウム回収技術、ベリリウム精製技術の開発において目覚ましい成果を上げたことは特に高く評価できる。
- この間、原型炉概念設計、構造材料重照射データベースの構築、増殖ブランケット機能材料の製造技術の開発、トリチウム取扱い技術の開発など、原型炉建設判断に必要な技術基盤構築のための研究活動を当初の計画に沿って進め、所定の成果を得たことは評価できる。全日本的な原型炉設計合同特別チームの活動を取りまとめ、大学を含む原型炉設計合同チームの枠組みを構築したことなどは高く評価できる。

### **③ 理論・シミュレーション研究**

- 高エネルギー粒子シミュレーションやディスラプション解析統合コードの開発に取り組み、国際的にも質の高い学術的成果を着実に残してきた。これらのコード開発は、ITER 核燃焼プラズマの理解と運転・制御に必須と考えられ、今後の ITER の運転、ひいては、原研炉の実現に向けて大きな効用、効果が期待できる点を評価する。
- 原型炉の特性を高精度で評価できる理論モデルやシミュレーションモデルの開発を当初の予定に沿って進め、多くの研究成果を出してきている。この間、大域的な揺らぎと逃走電子の相互作用と扱うことが可能な長時間シミュレーションの実現とそれによる逃走電子生成の物理機構の解明、高エネルギー粒子駆動の MHD モードやそれによる高エネルギー粒子の閉じ込め特性の研究などにおいて重要な成果も挙げている。これまでの目標や進め方を維持しながら、継続することが望まれる。

### **IFMIF-EVEDA 等**

#### **a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業**

##### **② IFMIF-EVEDA 事業**

- 幾多の困難を乗り越えて、日欧共同のチームで計画を着実に実施するとともに、高周波四重極加速器の加速試験及び大電流引き出し(いずれも世界最高性能)に成功したことが極めて高く評価される。
- 日欧の綿密な連携・協力により、幾多の困難な課題を乗り越えて所期の性能を有するビーム引き出し・加速実験に成功したことは非常に高く評価できる。当初計画よりスケジュールの遅れがあったが、ほとんどが外的要因であり、困難を乗り越えて進めてきたと高く評価される。加速器分野、液体金属分野などでも画期的な成果が得られている。日欧の確かな協力関係を構築したことも高く評価される。
- 評価期間当初は、1)日欧の法的規制の差異、2)欧州からの納入機器の初期故障、機器破損ないし動作不良、3)日欧の職業意識/文化の差などの理由で、計画の遅延が心配される時期もあった。しかしながら、1) 欧州とのプロジェクト調整会議、スケジュール調整会議、実験ミーティングのビデオ会合を毎週開催、2) 多くの作業を QST が調整・主導し、欧州側スタッフとともに進め、24 時間体制で高周波四重極線形加速器 (RFQ) への大電力入射試験を実施、3) 作業を行うに当たっては、コミュニケーションを図るため現場ミーティングを朝夕 2 回行うとともに、欧州納入機器の初期故障や機器破損、動作不良に対しては、発生の度にミーティングを開催し、日欧で協力して対策を講じるなど、日欧研究者間での合意形成、スケジュール調整を行い、現状では計画実現についての確かな見通しが得られている。上記、1)、2)、3) などの対策を講じ、計画を推進した点を高く評価する。今後、ITER など国際共同プロジェクトにおいて、我が国が

主導的な立場をとっていく上で、この経験は参考になる点が多く、その効用は大きいものと考えられる。

#### **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**

- 中性子源開発を重点項目として進めている点が評価される。中性子源の重要性、開発研究の意義についてさらに分野内外へのアピールを強めて欲しい。
- 核融合中性子源 A-FNS プラント全体の設計検討を進め、概念設計書作成の見通しを得ていると思われる。
- 核融合炉材料開発のみならず、他分野への応用も積極的に進めてほしい。

#### **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**

- テストブランケットの設計は世界に先駆けて ITER 機構から認証されるなど、国際的な視点からも高く評価される。
- ポート数の削減など厳しい環境で、積極的に設計変更などを進めた点が高く評価できる。さらに強固な R&D 体制の構築と全日本的な研究戦略の策定、柔軟な路線の検討を期待する。特にテストブランケットに限らず広くブランケット工学全体を牽引してほしい。大学との協力も一層進めていただきたい。

#### **実施機関活動**

#### **a. IFERC 事業並びに IFMIF-EVEDA 事業**

##### **③ 実施機関活動**

- メディアへの発信や地元イベントへの積極的な参加など、アウトリーチ活動が活発になされており、またそのための仕組みづくりにも工夫がみられ、高く評価される。
- アウトリーチ HQ への協力など、理解増進のための体制強化を進めていると評価される。広く核融合全体の理解促進の活動の一環としての取り組みを、核融合科学研究所及び大学との協力の下でさらに強めていただきたい。
- 地元メディアへの発信は、もちろん、地元イベントへの積極的参加、出張授業など地道なアウトリーチ活動が継続的に行われている点を評価する。
- 目標はほぼ達成でき、実施機関としての役割は十分果たしている。研究者としての本来の役割ではないかもしれないが、世間から核融合研究の支援が得られるよう引き続き努力をしてほしい。

## 人材育成の取組

- 評価期間中の 1) ITER Project Associate (出向制度)の利用による OJT による人材育成、2) JT-60SA 建設、実験計画策定における日欧研究協力の進展、3) IFMIF-EVEDA 事業における OJT による国際研究開発プロジェクトの経験などは、中堅、若手にとっては、研究開発そのものはもちろん、国際的な人脈形成、国際的合意形成のプロセスを、直接、身近で体験する良い機会であり、今後、国際的なプロジェクトを先導する人材育成にとってきわめて有効と思われる。
- 画期的な取り組みとして、各大学の研究室の那珂研究所に置かれた“分室”としてのオンサイトラボを導入し、JT-60SA の直近で、国際的な環境の下、各大学独自の研究や教育を展開する場を提供し、すでに 1 大学と締結しており、さらに 2 つの大学とも締結予定となっているなど、JT-60SA を中心とした国内外の研究拠点の第一歩、広く人材育成に貢献している。ITER 機構は、JT-60SA の統合コミッショニングの知見に大きな関心を持っていることから、量研・ITER 機構・F4E 間で「Broader Approach と ITER プロジェクト間の協力協定」を締結し、ITER の成功を支えるための人材育成にも大きく貢献している。また、非常に多くの若手研究者が受賞しており、人材育成において多大な貢献をしている。
- JT-60SA を中心に、ITER や原型炉などで国際的に主導する人材育成は、日本の核融合研究を長期的に推進する観点から最重要課題であり、これまで JT-60SA の建設に多くの人員を割く必要があった中においても、大学等と連携・協力を通して国内若手研究者や大学院生の育成に注力してきたことは高く評価できる。また、公募型委託研究などを実施するとともに、若手科学者の研究会などを通して大学院生などの教育研究活動にも貢献している点は高く評価できる。これらの観点からも大学の研究拠点を置くオンサイトラボラトリーの取り組みは高く評価できる。現行の目標や進め方を維持しつつ、今後、炉心プラズマ研究に資源が投入されることを期待する。

## 全体評価、特記すべき事項（顕著な成果、進言など）

- 核融合研究における科学技術開発の多くは未踏の極限技術の集積であり、その研究開発には大きなリスクも伴うし、ITER や BA など国際プロジェクトの計画進捗には、日本独自で計画を進められない困難さや国際的な合意形成の難しさがあるが、幾多の困難を乗り越えて、ほぼスケジュール通りにプロジェクトを進めてきていることは、高く評価される。特に、長期間に及んだ大型超伝導トカマク装置 JT-60SA の建設が、技術的・予算上の制約を乗り越えて、当初目標を達成する形で完成に至ったことは極めて高く評価される。
- TF 磁場コイル、ジャイラトロン、NBI などの最先端技術を要する調達機器を、我が国の産業界と連携しスケジュール通り完成させたことは、特筆に値すると言え、ITER 機

構のみならず ITER 参加の他極からも高く評価されている。所期の成果を挙げて BA Phase I を完結させ、その成果をさらに発展することの意義を日欧が高く評価した結果、2020 年度から BA Phase II へと移行する事になった点は、日欧の本格的なプロジェクトが成功裡に進んでいる事の証左であると言え、非常に高く評価できる。JT-60SA の実験開始、ITER の運転、さらには原型炉の炉心プラズマ設計において理論・シミュレーション研究の役割は非常に重要である。現在は少ない人数で頑張っている点は評価するが、那珂研と六ヶ所研に活動が分散されていて相互の連携などが弱いように感じる。当該分野への人的増員を図ると共に理論・シミュレーション分野の QST 全体としての連携および体制強化を期待する。人材育成の取り組みにおいて、国内外や多分野からの人材の確保が重要であり、その為には若い人材の参入や社会からの支援の醸成が必須であるので、社会の多方面・多階層へのアウトリーチ活動のより一層の活性化が不可欠である。特に今後はアウトリーチヘッドクォーター活動の中核としての役割を果たしながら推進してゆくことを期待する。

- 核融合研究における科学技術開発の多くは、未踏の極限技術の集積であり、その研究開発には大きなリスクも当然ともなう。さらに、ITER, JT-60SA など国際プロジェクト研究としての計画進捗には、日本独自で計画を進められない困難さ、国際的な合意形成の難しさがある。しかしながら、そのような高い目標と多岐にわたる開発項目に対して、個々の現場における研究・開発者数が限られる中で、国内外の連携をとりつつ、真摯に取り組み、当該中間評価期間にわたって QST 核融合部門は先導的な立場で、着実に成果を残してきているように思われる。また、人材育成についても、JT-60SA プロジェクトへの若手の参加、ITER 機構への邦人人材派遣の増強など、将来的に真に国際的プロジェクトを先導するにたる人材育成に貢献していると思われ、我が国の科学技術開発の今後の国際競争力の維持、向上にとっても大きく貢献していくことが期待される。
- 長期に及んだ大型超伝導トカマク装置 JT-60SA の建設が、技術的・予算上の制約を乗り越えて、当初目標を達成する形で完成に至ったことは、社会的にも意義が大きく、この間の関係者の継続的・献身的努力には敬意を表したい。ITER 計画に参加するとともに、それに次ぐ大型装置の建設は、国内の核融合研究の在り方と関係し、多くの議論を通して国内重点化装置としての合意を図った経緯がある。また、BA の枠組みと連動して EU との国際プロジェクトとして位置付けられたことも喜ばしいことである。この間、QST の多くの研究者が JT-60SA 建設に従事する必要から、理論・シミュレーション研究を含む炉心プラズマ研究などを中心に、研究者数が激減した経緯がある。この間、EU は、JT-60SA を実質的な EU の主力装置として位置付け、予算の枠組みとともに、研究体制を充実させている。このため、日本は、JT-60SA を使用した研究活動を活性化する方策を講じる必要がある。このためには、大学等の活力を十分に生かすとともに、特に、大学院生や助教・准教授を含む若手研究者の育成・支援とセットで JT-60SA のプログラムを全日本的な観点から構築する必要がある。JT-60SA を大学の資源として位置付け、大

学に積極的に研究活動の参加を促すオンサイトラボラトリーの仕組みはこれを推進する手法として強く推奨される。これに限ることなく、QSTの人的・予算的資源を部分的に大学に移動・委嘱したり、複数雇用などの制度を導入し、QSTと大学が同等の立場で核融合研究を推進する体制を検討することが求められる。

## 中間評価 核融合エネルギー研究開発評価委員会 評価レベルのまとめ

評価レベル	記号	
特に顕著な成果の創出が認められる	S	1. 全委員(11名)により、5段階で評価
顕著な成果の創出が認められる	A	2. 項目毎に平均点を算出
成果の創出が認められ、着実な業務運営	B	配点: S: 100, A: 90, B: 80, C: 70, D: 60
一層の工夫、改善等を期待	C	
抜本的な見直しと特段の工夫、改善等を求める	D	

中長期計画上の区分		評価の観点、評価レベル及び評価コメント	評価結果 (平均点)	
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手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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	97.3	
	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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	90.9	
	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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	87.3	
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手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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	97.3	
	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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	90.9	
	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手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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	90.9
		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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	91.8
		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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	90.9
	IFMIF-EVEDA等	a. IFERC事業並びにIFMIF-EVEDA事業 ②IFMIF-EVEDA事業	国際約束に基づき、必要な研究開発に着手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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	93.6
		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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	87.3
	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	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。 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	90.9
	実施機関活動	a. IFERC事業並びにIFMIF-EVEDA事業 ③実施機関活動	先進研究開発を実施し、国際的な研究開発プロジェクトを主導できる人材育成に取り組んでいるか(評価軸) 人材育成の取組の実績(評価指標) 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	88.2
人材育成の取組		先進研究開発を実施し、国際的な研究開発プロジェクトを主導できる人材育成に取り組んでいるか(評価軸) 人材育成の取組の実績(評価指標) 計画の進行状況及び中長期計画の達成見通し 研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性(継続、変更、中止等)	89.1	
全体評価、特記すべき事項(顕著な成果、進言など)			95.5	

## 核融合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
寺井 隆幸	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構 機構長・教授
小川 雄一	国立大学法人東京大学 名誉教授
岸本 泰明	国立大学法人京都大学エネルギー理工学研究所 所長・教授
小磯 晴代	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 特別教授
立松 健一	大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 所長・教授
時松 宏治	国立大学法人東京工業大学大学院 環境・社会理工学院 融合理工学系 准教授
乗松 孝好	国立大学法人大阪大学 レーザー科学研究所 特任教授
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
畑山 明聖	学校法人慶應義塾大学 理工学部 名誉教授
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
室賀 健夫	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 副所長・教授