

量子科学技術に関する研究開発課題の 中間評価結果

2018年8月

量子科学技術委員会

量子科学技術委員会委員

	氏名	所属・職名
主査	雨宮 慶幸	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 特任教授
主査代理	大森 賢治	自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
	飯田 琢也	大阪府立大学大学院 理学系研究科 准教授
	岩井 伸一郎	東北大学大学院 理学研究科 教授
	岩本 敏	東京大学 生産技術研究所 准教授
	上田 正仁	東京大学大学院 理学系研究科 教授
	城石 芳博	株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術顧問
	根本 香絵	国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 教授
	早瀬 潤子	慶應義塾大学 理工学部 准教授
	平野 俊夫	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 理事長
	美濃島 薫	電気通信大学 情報理工学研究科 教授
	湯本 潤司	東京大学大学院 理学系研究科 教授

大強度陽子加速器施設評価作業部会委員

	氏名	所属・職名
主査	菊池 昇	株式会社豊田中央研究所 代表取締役所長
主査代理	福山 秀敏	東京理科大学 理事長補佐・学長特別補佐（研究担当）
	石切山 一彦	株式会社東レリサーチセンター 常務理事
	長我部 信行	株式会社日立製作所 理事・ヘルスケアビジネスユニットCSO/CTO
	鬼柳 善明	名古屋大学工学研究科 特任教授
	久保 謙哉	国際基督教大学教養学部 教授
	熊谷 教孝	東北大学多元物質科学研究所 客員教授
	住吉 孝行	首都大学東京理工学研究科長・理工学系長
	高梨 千賀子	立命館大学大学院テクノロジー・マネジメント学科 准教授
	田村 裕和	東北大学大学院理学研究科物理学専攻 教授
	山縣 ゆり子	熊本大学大学院生命科学研究部 教授
	横山 広美	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 教授

大強度陽子加速器施設の概要

1. 課題実施期間及び評価時期

平成12年度～

事前評価 平成12年度

中間評価 平成15年度及び平成19年度及び平成24年度

2. 研究開発概要・目的

大強度陽子加速器施設(以下「J-PARC」という。)は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下「JAEA」という。)と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(以下「KEK」という。)が共同で茨城県東海村に建設した、世界最高レベルの陽子加速器により様々な分野の最先端の研究を展開する施設である。具体的には、物質科学、生命科学、原子力工学、原子核・素粒子物理学など広範な研究分野を対象に、中性子、ミュオン、ニュートリノなどの多彩な二次粒子を用いた新しい研究手段を提供し、基礎科学から産業応用まで様々な研究開発を推進するものである。

3. 研究開発の必要性等

【必要性】

本事業は、J-PARC という多目的の最先端研究施設を整備・運用するものであり、中間子やニュートリノを用いた自然界の基本原理を探求する原子核・素粒子物理学や世界最大強度の中性子やミュオンを用いた物質・生命科学といった、フロンティアを拓く基礎研究から新産業創出につながる応用研究に至る幅広い分野の研究が期待されるものである。

科学技術・学術的意義等の極めて高いものであり、国際公共財としての規模の大きさ、対象とする研究分野の多様性、関連する研究者層の広がり、見込まれる成果の重要性などに鑑みれば、国として、着実に進めることが必要である。

【有効性】

原子核・素粒子物理学分野では、新しい学問体系の構築や、新しい核物質の生成と物質の質量発生機構の解明を目指しており、世界的にリードする我が国の学術的な地位を更に躍進させるものである。物質・生命科学分野では、量的・質的に新しい研究分野が開拓され、新材料の開発、学理の究明、新しい医薬品の開発等への貢献が期待される。特に中性子は、X線(放射光)と相補的な特徴を活かした研究の進展が期待される。また、J-PARC が目指す方向性は、科学技術基本計画における理念に合致するものであり、幅広い分野の研究に大きく寄与する本事業の役割は非常に大きい。さらに、国際的な研究・教育センターとしての役割も期待されている。また、加速器などの研究者や中性子利用の技術支援者等の人材育成という観点からも非常に重要であり、我が国の科学技術の推進に極めて有効である。

【効率性】

本事業は、JAEAとKEKというミッションや文化が異なる機関が共同で進めている画期的なものである。両機関は、円滑な運営の実施に向けた協力協定を締結するなど、一致協力して着実な推進に取り組んでおり、J-PARCの一体的かつ効率的・効果的な運営を行うために「J-PARCセンター」を設置している。また、J-PARCを適切に運営するため、両機関の代表及びセンター長から構成される「運営会議」を設置し、両機関の長がその合意を尊重する仕組みを構築している。ユーザーにとって使いやすい施設となり、最先端の成果を創出していくため、センターの役割は重要であり、順調な運営が期待される。

4. 予算の変遷

年度	H12(初年度)	…	H28	H29	H30	H31 ※	総額
予算額	27億	…	163億	163億	164億		—
(内訳)	JAEA 27億	…	内局 97億 JAEA 7億 KEK 63億	内局 102億 JAEA 3億 KEK 58億	内局 103億 JAEA 3億 KEK 58億	※概算要求前であり、額は調整中。	終了年度無し

※ 表内の額は全て当初予算。

5. 課題実施機関・体制

主管研究機関 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

6. その他

J-PARCのうち中性子線施設については、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」における特定中性子線施設に指定されており、広く研究者等の利用に供することとなっている。

中間評価票

(平成30年5月現在)

1. 課題名 大強度陽子加速器施設 J-PARC

2. 評価結果

(1) 課題の進捗状況

【5年間の進捗状況】

- ・ ビーム出力は、ニュートリノ実験施設で 481kW、ハドロン実験施設で 50kW、物質生命科学実験施設 (MLF) で 500kW を達成 (MLF では 1MW 相当出力での試験運転にも成功)。所期目標のビーム強度実現に向け着実に準備を進めている。
- ・ ニュートリノ実験施設では、平成 25 年に世界で初めてミュー型ニュートリノから電子型ニュートリノへの振動現象を発見し、関連する論文は 2,000 回以上引用されている。平成 28 年には、世界で初めてニュートリノの「CP 対称性の破れ」の兆候を捉え、現在は確度の向上を目指し測定を継続中である。
- ・ ハドロン実験施設では、現在 3 台の測定器が稼働中、これまでに 10 種類の実験を実施。平成 27 年にハイパー核における「荷電対称性の破れ」を発見した。
- ・ 平成 25 年 5 月 23 日、ハドロン実験施設において放射性物質漏えい事故が発生し、約9か月間、J-PARC の全施設は運転を停止した。対策として、安全を担当する副センター長を設置するなど安全管理体制を強化した。
- ・ MLF では、中性子実験装置は 20 台が、ミュオン実験装置は 3 台が稼働中であり、年間 450 件以上の実験が実施されている。1パルス当たりの中性子発生数は世界一となっている。
- ・ MLF ではこれまで累計約 970 報の論文を発表しており、米国の類似施設 (SNS) と比較すると、論文生産性の費用対効果は高い (単位出力 (GWh) あたりの論文数: 119 本 (J-PARC)、34 本 (SNS))。
- ・ MLF では、次世代太陽電池材料等に係る基礎研究、次世代電池材料や高性能タイヤの開発等に関する研究開発が実施されている。
- ・ 平成 27 年 4 月と同年 11 月、MLF にて中性子標的容器に不具合が発生し、約3か月間、MLF の利用運転を停止した。不具合の原因を解明し、中性子標的容器の設計変更を行い、現在、500kW での連続運転をおこなっている。

【前回評価の指摘事項への対応状況】

前回中間評価の指摘事項に対しては、概ね着実な取組が行われており、各実験施設においても質の高い研究成果を上げている。各項目に関する対応状況は以下のとおりである。

(1) 研究能力の更なる向上

効率的な成果創出サイクルの実現に向けた MLF 改革の実施や他の大規模先端施設との連携、産業利用促進のための講習会等が行われており、上述のとおり多くの成果が創出されている。また、広報活動も積極的に行なわれており、研究成果に関する記事数が増加している (記事数: 4 件 (H27 年度)、45 件 (H28 年度))。今後は、各施設における所期目標強度の早期実現、「組織」対「組織」の本格的産学連携の推進、費用体効果の高い戦略的な研究推進及び研究プロモーション等が課題である。

(2) 教育及び研究者育成の役割

大学の分室の設置による大学教員の常駐や施設の大学教育への活用、各種スクールの開催、若手研究者の受け入れ等が進められている (H30 年 4 月現在、大阪大学、京都大学、九州大学が分室を設置)。今後も各種スクールや研究会等の活動を継続的に行い、積極的に教育の機会を提供していく

べきである。

(3) 国際研究拠点化の役割

多くの外国人ユーザー(年間約 900 人)を受け入れるとともに、海外の学生が長期滞在し実習を行うことができる取組を開始している。今後は、真の国際研究拠点となるため、安定運転を実現するとともに、J-PARC としての一体的な組織運営やオープンアクセスの推進について、投資対効果を踏まえた具体的な検討を進めるべきである。

(4) 中性子線施設の共用の促進の役割

利用者支援の充実・強化のため、課題申請者への審査後のフィードバックを行う等の取組を行っている。また、新規利用者拡大のため、トライアルユース制度等を実施している。今後は、より費用対効果の高い潜在的利用者の掘り起こしの仕掛けの検討や利用者のニーズに即した課題審査、他の中性子源との連携等により、更なる利用者の開拓、人材育成、効率的な成果創出に努めるべきである。

【今後重要となる論点】

J-PARC は運転開始から凡そ 10 年を迎え、建設期から本格的な運用期へと移行している。今後は、財政環境等も踏まえた上で、既にある資産を有効に活用しつつ安定的にビームタイムを確保し、効率的に成果を創出していくために、中長期的な視点に立った運営が重要となる。また、社会・経済への更なる貢献に向けた施設のより効果的な利活用や J-PARC の価値を広く理解してもらうことにつながる取組などもより一層重要となる。このような問題意識のもと、下記の論点に関し議論を行った。

(1) 経営的視点の導入

運営に「経営的視点」を取り入れ、経年劣化や放射化対策、財源の多様化、高度化に向けた重点投資等を一体的に検討した中長期的な計画を策定し、経営基盤を強化していくべきである。MLF においては、より効率的・効果的な一体的運営に取組むとともに、コミュニティ全体として効率的・効果的な取組を検討する。

(2) 本格的産学連携の実施

非競争領域におけるコンソーシアムの設立、柔軟な利用料金設定、高度なサービスの提供等、持続的な正のサイクルが構築されるような取組が重要である。

(3) 成果指標の検討

論文の絶対数や Top10%論文数は増加傾向にあり、稼働時間や出力を考慮すると効率的に良い成果が創出されている。一方で、論文化率が海外他施設と比べ低いという課題がある。IR による組織力評価の課題審査への活用や論文化率を改善するような取組が課題である。

(2) 各観点の再評価

【必要性】

J-PARC の目指すところは、世界最高強度のビームを活用して、自然界の基本原理を探求する原子核・素粒子物理学から、産業まで応用可能な物質・生命科学等の幅広い分野の研究開発を飛躍的に発展させることであり、その科学的・学術的意義や社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての意義は変わらず深い。また、「第 5 期科学技術基本計画」(平成 28 年 1 月閣議決定)では、「世界最先端の大型研究施設や産学官が共用可能な研究施設・設備等は研究開発の進展に貢献するのみならず、科学技術イノベーションの持続的な創出や加速が期待される」とあり、我が国の科学技術

イノベーション政策の着実な推進に関して、J-PARC の貢献がますます期待されている。

【有効性】

原子核・素粒子物理学分野では、ニュートリノ振動の観測を始めとした新しい知の創出への貢献が顕著であり、当該分野において世界をリードする我が国の学術的地位を支えている。物質・生命科学分野では、物質機能の解明から実製品開発に至る、基礎研究から社会実装に至る全段階を通じた取組が行われている。また、施設全体においては、スクールの開催など人材の育成や知的基盤の整備へ貢献している。

【効率性】

J-PARC は JAEA と KEK の 2 つの機関が共同運営しているが、運営の効率性や利用者の利便性の観点から、J-PARC として一体的な運営に取り組んでいる。また、外部委員会による評価を定期的に行い、研究開発の手段やアプローチの改善に取り組んでいる。今後は中長期的な計画のもと、安定的で持続的な運営に努めていくことが重要である。

（3）今後の研究開発の方向性

本課題は、「**継続**」「中止」、「方向転換」とする。

J-PARC は、学術・産業の幅広い研究分野において数多くの利用と成果の創出が期待され、我が国の科学技術イノベーション政策における重要な大型研究基盤施設として、引き続き開発、利用を行っていくことが重要である。

【今後の方向性】

運転開始から約 10 年が経過し、施設の安定運転を見越した先見的な取組を実施していくべき時期に来ており、施設全体を通じた今後の展開としては、特に以下の点に留意し取組むべきである。

（施設の整備・運用）

- 利用者の獲得、成果の創出、国際研究拠点化等の最も重要な基盤となる安定運転の実現を第一としつつ、世界トップの成果を創出し続けていくため、十分なビームタイムを確保するとともに、所期目標のビーム強度（ニュートリノ実験施設：750kW、ハドロン実験施設：100kW、MLF：1MW）の早期達成を目指す。ニュートリノ実験施設については、今後も世界をリードする研究を続けるため、1.3MW への増強に向け引き続き努力すべき。但し、国際競争の状況や財政環境、施設の効率的な整備・運用等も考慮し、中長期的な戦略を立てて取組むことが重要である。
- 学術コミュニティからの期待が高く、世界的にも熾烈な競争下にある生命科学用実験装置の整備については、重要な研究開発課題やイノベーション創出を加速する仕組等の検討を、ユーザーコミュニティが主体となり施設とともに進めていくことが求められる。

（施設の運営）

- 今まで獲得してきた競争優位性を更に高め、様々な研究を進展させるとともに、施設の安定的な有効利用を促進するため、J-PARC の運営に「経営的視点」を取り入れ、経年劣化対策や更なる財源の多様化、施設の高度化に向けた重点投資等を一体的に検討した中長期的な経営計画を策定し、施設の経営基盤を強化していくべき。その際、経営の専門家の活用が重要である。
- 利用者の利便性向上および効率的な運営のため、J-PARC としての一体的な組織運営やオープンアクセスの推進（アクセス道路の整備等）について、投資対効果を踏まえた具体的な検討

を進めるべき。

(中性子・ミュオン利用の振興)

- J-PARC は、日本全体の中性子・ミュオン利用の振興に係る課題（成果創出、人材育成、産業利用、国際化など）を、大学、施設、企業等の組織横断的に議論する場を提供し、その中核として主導的役割を果たすべき。これまでに蓄積された人材、施設、ネットワークを最大限有効に活用することが重要である。
- MLF においては、共通基盤技術等の一元管理、定型業務の外部委託、共用ビームタイム枠の導入など、利用者の利便性向上にも資する、より効率的・効果的な一体的運営に取り組むべき。また、他施設（JRR-3、中・小型中性子源等）との連携により、コミュニティ全体として効率的・効果的な取組（施設間の申請課題の連携、人材育成等）を検討する。
- 質の高い研究成果を効率的に創出していくため、IR（論文分析を含めた研究力分析、ベンチマーク）による研究組織評価や、MLF の特長を適切に評価できる指標の検討を行い、課題審査等に活用していくべき。

上記に加え、J-PARC の運営は安全第一として行われるべきであり、安全文化の醸成、安全管理体制の不断の見直しを継続するとともに、地元住民をはじめ、国民全体からの理解を促進し、J-PARC が広く開かれた施設となるよう活動を継続していくことが重要である。

また、J-PARC が将来にわたり世界をリードする成果を継続的に創出するため、将来的なニーズや国際動向を見据えた施設・設備の高度化や施設の更なる効率的利用方法等について常に検討を進めることが重要である。