

量子ビーム分野に関する 研究開発課題の中間評価結果

令和6年2月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員等名簿

相澤	彰子	国立情報学研究所 副所長・教授
●五十嵐	仁一	ENEOS 総研株式会社顧問
菅野	了次	東京工業大学科学技術創成研究院特命教授、全固体電池研究センター長
栗原	美津枝	株式会社価値総合研究所代表取締役会長
田中	明子	国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ長
原田	尚美	東京大学大気海洋研究所教授、国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境部門招聘上席研究員
◎観山	正見	岐阜聖徳学園大学・同短期大学部・学長
明和	政子	京都大学大学院教育学研究科教授
村岡	裕由	国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学流域圏科学研究センター教授
村山	裕三	同志社大学名誉教授
出光	一哉	東北大学特任教授
上田	良夫	大阪大学大学院工学研究科教授
大森	賢治	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所教授・研究主幹
上村	靖司	長岡技術科学大学技学研究院教授
佐々木久美子		株式会社グルーヴノーツ代表取締役会長
高梨	弘毅※	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター長、東北大学名誉教授
土屋	武司	東京大学大学院工学系研究科教授
長谷山	美紀※	北海道大学副学長、大学院情報科学研究院長
原澤	英夫	元国立研究開発法人国立環境研究所理事
宮園	浩平※	国立研究開発法人理化学研究所理事／東京大学大学院医学系研究科卓越教授

◎：分科会長、●分科会長代理

※本評価には参加していない

量子科学技術委員会委員

	氏名	所属・職名
主査	大森 賢治	自然科学研究機構 分子科学研究所 教授・研究主幹
主査代理	山田 真治	株式会社日立製作所 研究開発グループ シニアチーフエキスパート
	青木 隆朗	早稲田大学 理工学術院先進理工学部応用物理学科 教授
	岩井 伸一郎	東北大学大学院 理学研究科 教授
	川上 恵里加	理化学研究所 理研白眉チームリーダー
※	小杉 信博	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所長
	小林 研介	東京大学大学院 理学系研究科 教授
	畑中 美穂	慶應義塾大学 理工学部化学科 准教授
	早瀬 潤子	慶應義塾大学 理工学部物理情報工学科 教授
	水落 憲和	京都大学 化学研究所 教授
	美濃島 薫	電気通信大学 情報理工学研究科 教授
	向山 敬	東京工業大学 理学院物理学系 教授
	山田 真希子	量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所 チームリーダー

※ 利害関係者のため、当該委員は評価に加わらない。

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	高原 淳	九州大学ネガティブエミッションテクノロジー研究センター 特任教授
	飯沼 裕美	茨城大学大学院理工学研究科 准教授
	石切山 一彦	株式会社東レリサーチセンター シニアフェロー
	大竹 淑恵	理化学研究所光量子工学研究センター 中性子ビーム技術開発チーム チームリーダー
	上村 みどり	情報計算科学生物学会 CBI 研究機構 量子構造生命科学研究所 所長
	中野 貴志	大阪大学核物理研究センター センター長

大強度陽子加速器施設の概要

1. 事業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、平成19年度、平成24年度、平成30年度

2. 研究開発目的・概要

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¹

【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、新産業の創出等への貢献が期待され、放射光や計算科学と相補的な研究の進展も期待される。また、J-PARC の運営等は科学技術・イノベーション基本計画等の我が国の科学技術振興に係る政策と整合するものであり、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。

¹ 前回中間評価(平成30年度)における必要性等を元に時点更新等して作成。

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おり、両機関は、円滑な運営の実施に向けた協力協定の下、連携して着実に取り組んでおり、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（執行額）の変遷

年度	H12(初年度)	…	R3	R4	R5	R6	総額
予算額 ※R6は 予算案	2,662 百万	…	15,427 百万	18,369 百万	16,594 百万	16,624 百万	—
(内訳)							終了年度 なし
内局			10,923 百万	12,787 百万	10,923 百万	10,923 百万	
JAEA	2,662 百万		308 百万	363 百万	363 百万	393 百万	
KEK			4,196 百万	5,219 百万	5,308 百万	5,308 百万	
執行額	—	…			—	—	—
内局			10,821 百万	11,771 百万			
JAEA*			229 百万	230 百万			
KEK			4,196 百万	5,219 百万			

*運営費交付金であり、法人の弾力的な業務運営による使途変更の結果、J-PARC に配分された予算額が編成時よりも低くなったもの。

5. 事業実施機関・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(JAEA)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)

(「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」(共用促進法)の規定に基づく登録施設
利用促進機関 一般財団法人総合科学研究機構(CROSS))

6. その他

J-PARC の一部については、共用促進法における特定先端大型研究施設(特定中性子線施設)に該当し、広く研究者等の共用に供することとなっている。

中間評価票

(令和5年12月現在)

1. 事業名 大強度陽子加速器施設 (J-PARC)

2. 関係する分野別研究開発プラン名と上位施策との関係

プラン名	量子ビーム研究開発プラン
プランを推進するにあたっての大目標	オープンサイエンスとデータ駆動型研究開発等の推進(施策目標8-3) 概要: 研究の飛躍的な発展と世界に先駆けたイノベーションの創出、研究の効率化による生産性の向上を実現するため、情報科学技術の強化や研究のリモート化・スマート化を含めた大型研究施設などの整備・共用化の推進、次世代情報インフラの整備・運用を通じて、オープンサイエンスとデータ駆動型研究等を促進し、我が国の強みを活かす形で、世界の潮流である研究のデジタルトランスフォーメーション(研究DX)を推進する。
プログラム名	量子ビーム研究開発プログラム 概要: 研究DXを支える大型研究施設(SPring-8、SACLA、J-PARC、次世代放射光施設(NanoTerasu))や全国の研究施設・設備・機器の整備・共用を推進し、研究成果の一層の創出・質的向上を図る。
上位施策	第6期科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月26日閣議決定)

本事業に関する アウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和2年	令和3年	令和4年
J-PARCの年間運転時間(時間)	3,177	3,483	3,456

本事業に関する アウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和2年	令和3年	令和4年
J-PARCの年間実験課題実施数	362	398	415
J-PARCに関係した研究の発表論文数	199	225	182

3. 評価結果

(1) 事業の進捗状況

【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540kW、ハドロン実験施設で64kWの定常運転を達成。ニュートリノ実験施設では1ショットの750kWビームの受入れに成功し、所期目標のビーム強度達成が目前。物質・生命科学実験施設(MLF)では、840kW定常運転を達成し、パルス強度の初期目標である1MW相当のビームによる利用運転を実現した。
- ・ハドロン実験施設では、現在5本のビームラインが稼働中。MLFでは、中性子実験装置21台、ミュオン実験装置8台が稼働中であり、年間400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。
- ・また、前回中間評価以降の施設利用研究による成果の創出状況については、
 - 中性子利用では、燃料電池のオペランド測定や高強度マグネシウム合金の開発、磁気スキルミオン形成の新機構実証、
 - ミュオン利用では、「はやぶさ2」の持ち帰った小惑星リュウグウのサンプルや緒方洪庵の「開かずの薬瓶」の非破壊分析、ペロブスカイト太陽電池材料の高効率性メカニズムの解明、
 - ハドロン実験施設では、ストレンジ核子まで含めた核力の性質と起源の解明に資する発見、
 - ニュートリノ実験施設では、スーパーカミオカンデと連携したT2K実験におけるニュートリノCP対称性の破れの証明に資する研究成果(CP位相角の測定)の創出等があった。
- ・施設運用に係る技術開発については、透過型ミュオン顕微鏡実現に向けたミュオン加速、中性子ホログラフィー等の新たな測定技術の獲得や、鉛ビスマス標的システムの安定運転技術の確立など核変換技術に係る研究開発において成果創出が認められた。

(2) 各観点の再評価

必要性、有効性、効率性の各観点について作業部会において確認を行った結果、以下に示す通りであった。

また、作業部会では、研究環境を取り巻く状況変化や、特定先端大型研究施設間の連携等を考慮し、新たにモニタリングすべき指標について検討を行った。これらを踏まえると、独法評価等で既に設定されているものの推移に留意しつつ、以下の表にとりまとめた事項²については、今後、適切にモニタリングしていくことが必要である。

<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、科学技術・イノベーション基本計画や骨太の方針等の我が国における基本的政策と方向性を整合する³ものであるほか、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3つ目の特定先端大型研究施

² 評価指標については、必要性、有効性、効率性のそれぞれに応じて整理したもの。

³ (3)に記載のとおり

設（特定中性子線施設）として、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。

項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期 ⁴
	定性的	定量的	
論文	定性的	論文化率の改善に向けた取組の実施状況	中
	定量的	全実施課題数に対する論文に寄与した課題数（論文化率）	中
新領域	定性的	新領域を含む利用の裾野拡大 ⁵ につながる施設利用研究の開拓状況	中
	定量的	施設利用における新規利用者の数	中

<有効性>

原子核・素粒子物理学分野では、ニュートリノ CP 対称性の破れの証明への貢献を始めとした新しい知の創出への貢献⁶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、燃料電池のオペランド測定など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、新たな計測技術の実現に向けた技術獲得などの基盤整備へ貢献している。

項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
	定性的	定量的	
産業利用	定性的	産業利用成果の創出に向けた取組の実施状況	中
	定量的	施設を活用した産業界との共同研究の件数、産業界による利用の件数、特許等知財件数	中
国際	定性的	国際頭脳循環拠点の形成状況	中
	定量的	海外機関との国際共同研究数等	中

<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。今後は人材の育成・確保に係る中長期的な計画や魅力的な将来計画のもと、利用料収入の施設還元等により安定的で持続的な運営に努めていくことが重要である。

⁴ 「評価項目・評価基準の適用時期」欄については、本中間評価において指摘された事項であることを踏まえ「中」とした。以下表において同様。

⁵ 学術領域や複数の量子ビーム利用研究等を含む

⁶ (1) に記載のとおり

項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
	定性的	定量的	
広報	定性的	施設の広報に関する取組状況	中
	定量的	報道発表・コンテンツ発信件数、ホームページ等アクセス数・SNS フォロワー数、見学者数	中
利用環境	定性的	利用環境の充実など施設を取り巻くエコシステムの形成状況	中
	定量的	ビジター向けサービス（ネットワークアクセス等）の満足度	中
その他	定性的	持続的な施設運営に向けた取組状況	中

（３）科学技術・イノベーション基本計画等の上位施策への貢献状況

J-PARC は、以下のとおり上位施策に対する貢献が認められる。

- ・第5期科学技術基本計画（平成28年1月閣議決定）：「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」等

J-PARC の主な貢献：J-PARC は世界最先端の大型研究施設として産学の研究者等の共用に供され、研究成果の持続的な創出に貢献している。

- ・第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月閣議決定）：「大型研究施設や大学、国立研究開発法人等の共用施設・設備について、リモート化・スマート化を含めた計画的整備を行う」等

J-PARC の主な貢献：J-PARC は毎年度計画的な整備を進めており、リモート化・スマート化等のDX対応については令和4年度措置。

（４）事前評価結果時の指摘事項とその対応状況

前回評価への指摘事項に対する取組状況を確認したところ、概ね着実に対応がなされている⁷が、以下の事項については課題が指摘された。

- ・継続的かつ計画的な人員確保
- ・高放射化物の減容化に資する技術（分解型標的容器の開発など）の獲得や老朽化・高経年化対策など安全かつ安定な施設運営
- ・施設の将来計画（青写真）の具体化
- ・ユーザーの利便性の更なる向上とサイバーセキュリティのバランス
- ・施設の持続性に貢献する利用体系の整備や自己収入の獲得
- ・J-JOIN など中性子・ミュオン利用のプラットフォームの放射光への拡大
- ・一般国民向けも含めた効果的な施設の広報や国際連携

⁷ 所期目標のビーム強度の早期達成・出力増強、一体的な組織運営やオープンアクセスの推進、日本全体の中性子・ミュオン利用の振興に係る課題を議論する場の提供など

(5) 今後の研究開発の方向性

本事業は「継続」、「中止」、「方向転換」する（いずれかに丸をつける）。

理由：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、引き続き研究開発等を推進していくことが適当である。

その際、以下について留意しつつ具体的な対応を進めていく必要がある。

- (1) MLF-第2ターゲットステーション (TS2) 等の将来計画の実現に向けた取組を具体的に進めること。その際、将来を担う若手に魅力的なビジョンやキャリアパスを示すとともに、技術継承等の課題に対応するため計画的な人材登用を進めること。
- (2) 燃油高騰等を踏まえた利用料収入の自己財源化を含め施設運営の改善を図ること。併せてユーザーの利便性の更なる向上を図ること。
- (3) GX 社会等戦略分野も含めて、産業界における中性子等利用の更なる裾野拡大や他の計測手法との融合・連携を通じて社会実装例の創出につなげ、国民生活への還元を図ること。

(6) その他

特になし