

大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 中間評価報告書

令和6年1月10日

科学技術・学術審議会

大強度陽子加速器施設評価作業部会

目 次

1. はじめに	3
2. 中間評価の視点と前回中間評価以降の研究成果創出状況	3
3. 前回評価指摘事項に対する対応状況	5
4. 今後対応すべき課題	6
5. 評価指標について	15
6. 中間評価の結果について（作業部会からの提言）	16
7. おわりに	17
参考資料	19

1. はじめに

- 大強度陽子加速器施設（以下「J-PARC」という。）は、日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）と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運営している複合研究施設である。平成 13 年に建設に着手、平成 20 年から「物質・生命科学実験施設」（以下「MLF」という。）での利用実験を開始¹し、平成 21 年から「ニュートリノ実験施設」、「原子核・素粒子実験施設」（以下「ハドロン実験施設」という。）において原子核・素粒子実験を開始以降、多彩な二次粒子（ニュートリノ、中性子、ミュオン、K 中間子等）を用いた新しい研究手段を提供している。
- 本中間評価は、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月 1 日最終改訂）において、5 年ごとを目安に評価を実施することとされていることを踏まえ、前回中間評価（平成 30 年 6 月）からの 5 年間の取組状況について確認を行い、今後の施設運営の方向性を明らかにすることを目的に行ったものである。

2. 中間評価の視点と前回中間評価以降の研究成果創出状況

- 中間評価に際し、まずは中間評価に当たっての主な視点を設定した。具体的には、前回の中間評価（平成 30 年 6 月）の指摘事項への対応状況を確認するとともに、科学技術イノベーションを取り巻く状況等を踏まえて新たに取り上げるべき論点を設定した。

（参考）大強度陽子加速器施設（J-PARC）中間評価に当たっての検討事項について

（１）前回中間評価（平成 30 年 6 月）の指摘事項への対応状況

①評価のまとめより

（施設の整備・運用）

○国際競争の状況や財政環境、施設の効率的な整備・運用等も考慮した中長期的な戦略の検討も含めた、十分なビームタイム確保と、所期目標のビーム強度の早期達成・出力増強に向けた取組状況はどうか。

○生命科学用実験装置の整備について、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状況はどうか。

（施設の運営）

○施設運営に「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

¹ 平成 24 年からは、MLF は特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（平成 6 年法律第 78 号）に基づく特定中性子線施設として、中性子実験装置を広く産学官の共用に供している。同法への特定中性子線施設の施設追加は平成 21 年である。

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るか。

○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の検討状況はどうか。

（中性子・ミュオン利用の振興）

○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）について、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しているか。

○MLFにおける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資する取組状況はどうか。

○JRR-3、中・小型中性子源等の他施設との連携によるコミュニティ全体としての施設間の申請課題の連携、人材育成等の検討状況はどうか。

○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るか。

（施設安全）

○安全文化の醸成、安全管理体制の不断の見直し、地元住民・国民全体からの理解促進、J-PARCが広く開かれた施設となるような活動状況はどうか。

（将来に向けた高度化等）

○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の検討状況はどうか。

②その他指摘事項

○競争領域と非競争領域の研究開発を柔軟に実施できる体制の整備も含めた「組織」対「組織」の本格的産学連携

○高度な解析サービスの導入等の学術・産業の利用者視点に立ったサービス提供

○ミュオン施設の整備状況（Sライン・Hラインの整備推進）

○ハドロン実験施設の整備状況（学術コミュニティのニーズを踏まえた整備計画の推進）

○核変換施設の整備状況（技術蓄積等の基礎研究、国際協力や計算科学の活用等のより合理的・効率的な進め方の検討状況）

○国際研究拠点となるための方策

○高度研究人材の育成や利用者の開拓、異分野研究との連携の促進

○費用対効果の高い広報の実施

○登録施設利用促進機関の取組状況

○共用施設における評価指標の検討

（２）新たに取り上げるべき論点

- 既存施設の高度化
- 老朽化対策
- 経済安全保障、戦略分野（半導体・GX・DX・CE等）の推進
- 物価高・燃油高騰への対応 等

- また、前回中間評価以降の研究成果の創出状況について確認を行い、
 - ・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)、などの施設利用成果の創出とともに、ミュオン $g-2$ /EDM²測定と透過型ミュオン顕微鏡の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。

このように、優れた施設利用研究の成果や成果創出に資する新たな技術を獲得していることは大きく評価できる。

3. 前回評価指摘事項に対する対応状況

- 2. で設定した論点のうち、前回評価への指摘事項に対する取組状況について、本作業部会における J-PARC センターへのヒアリングやサイトビジット等を通じて確認を行い、概ね着実に対応がなされていると認められる³。進捗の状況や取組の好事例としては、以下のような事項が挙げられる。
 - ・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、パルス強度の所期目標である 1 MW 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。
 - ・JAEA 原子力科学研究所中央地区を通過することなく J-PARC サイトに入退域できるアクセス道路について、東海村との合同事業として整備計画が進捗。

² $g-2$ とはミュオンの異常磁気（双極子）能率、EDM とはミュオンの電気双極子能率のこと。

³ 指摘事項への取組状況と指摘の詳細は（参考）を参照

- ・中性子やミュオンをとりまく支援組織をつなぎ学術・産業利用に関する情報を集約、提供するため、中性子利用プラットフォーム「J-JOIN」を設置し取組を開始。
- ・老朽化対策に合わせた省電力化を図るとともに、施設の安定運転のため、老朽化した機器等の交換など予防保全を計画的に実施中。

4. 今後対応すべき課題

- 一方で、課題に対する対応を進めているものの、昨今の経済社会の状況の影響もあり、以下のような事項については、今後の対応が必要である。
 - ・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）の具体化と若手人材を惹きつけるための方策
 - ・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
- さらに、2. で設定した視点のうち、科学技術イノベーションを取り巻く環境変化や国際情勢、他の特定先端大型研究施設の状況等を踏まえると、以下の点が今後の課題と認められる。
 - ・競争領域/非競争領域のデータポリシー検討も含む産業利用の拡大と社会実装実現への貢献
 - ・物価高・燃油高騰への対応を踏まえた利用料収入の自己財源化

（参考）前回中間評価（平成 30 年 6 月）の主な指摘事項に対する対応と作業部会における指摘事項

（1）施設の整備・運用

【対応状況】

- 独立行政法人通則法に基づく中長期目標においては、安全かつ安定な施設の稼働率を評価指標、ビーム出力 1 MW 相当での運転状況をモニタリング指標として定めているところ、ビームタイムの確保に関しては、MLF では 95%程度の高い稼働率（JAEA 第 4 期中長期計画上の目標値：年間を通じて 90%）を維持している。2023 年度の火災事案を踏まえれば、安全に関して更なる配慮が求められる。電気代高騰、物価高の中、施設の保守と運転時間の確保の両立が厳しい状況。
- ビーム強度は MLF では 2023A 期（2023 年 4 月～6 月）でパルス強度 1 MW 相当のビームによる利用運転を達成。メインリングシンクロトロン（MR）では 750kW 相当のビームのシングルショット加速に成功。定常運転のビーム出力は現在 540kW。ハドロン実験施設は現在 64kW 定常運転を達成。

- 加速器施設では、2030 年代を目途に、3 GeV シンクロトロン（RCS：Rapid-Cycling Synchrotron）で MLF へのビーム出力として、1.5MW 運転を目指す。MR では、2023 年度内に、ニュートリノ実験施設へビーム出力 750kW の定常運転を目指すとともに、ハイパーカミオカンデ計画（2027～）に向けて、1.3MW までのビーム増強を目指す。ハドロン実験施設へは、引き続き 100kW ビーム出力での定常運転を目指している。
- 遺伝子組み換え実験が可能な重水素化ラボや、タンパク質結晶解析が可能な分析ラボを整備し、生命科学実験促進のために取り組んでいる。また、日本医療研究開発機構（AMED）「生命科学・創薬研究支援基盤事業」（BINDS）と連携し、高度重水素化試料作製・データ解析の支援を実施。

【作業部会における指摘事項】

- ・企業ユーザーにとってビーム強度が上がると、測定時間が短くなって利用料金が安くなり、また大きな試料を作るコストが削減でき、より施設が使いやすくなることが期待できる。検出器の開発と併せて、高強度化に向けて開発していくべき。
- ・加速器施設における半導体パワースイッチの開発は MLF でのミュオンビーム開発（ $g-2$ /EDM 実験）のボトルネックの解決にも役立つと期待されるので、施設を超えて技術提携（コラボレーション）できるとよい。

（２）施設の運営

【対応状況】

- 運転開始以来 15 年が経過し、老朽化対策は今後の重要課題である。施設の運転に必須な重要機器類は年次計画を策定し、当初予算の保守費の中で計画的に対応している。一方、年度の平坦化が困難な大規模更新等は補正予算も活用しつつ実施。
- 施設空調系については 2024～2026 年度に空冷チラーを、2026～2028 年度はターボ冷凍機を整備予定。加速器については 2030 年度にかけて電磁石電源を順次入れ替え、高周波四重極加速器（RFQ）は 2027～2028 年度に置き換えが予定。MLF についてはリモートハンドリングシステムの老朽化対策のため、制御盤（2024 年度）、試験・訓練用設備の整備（2025～2026 年度）、ロボットアーム予備機調達（2028～2029 年度）を予定。
- JAEA、KEK の協力協定の元に、両機関で J-PARC センターを設置し、施設を一体的に運営している。MLF ではユーザー実験に関わる共通業務を JAEA、KEK、一般財団法人総合科学研究機構（CROSS）が一体となったチームにより推進、ユーザー利用についてもワンストップサービスを実現している。
- 財源の多様化を見据え、利用料金体系の見直しを検討し、自己財源化をすすめ、更なる利用の裾野拡大に加え、収入の拡大と利用支援の向上への充当を図るべく取り組んでいる。
- 利用者の利便性向上のため、年 2 回の J-PARC 利用者協議会においてユーザーのニーズを把握しつつ、生活環境の充実について順次取組を実施（キッチンカーによるランチ販売の開始、カーシェアリングなど）。また、J-PARC 施設利用研究の実験機器や試料開発・準備に資する共同研究拠点・実験機器開発棟について 2023 年度から整備。
- JAEA 原子力科学研究所中央地区を通過することなく J-PARC サイトに入退域できるアクセス道路について、東海村との合同事業として整備計画が進捗している。

【作業部会における指摘事項】

- ・有償利用で支払った利用料を J-PARC に還元し、自分たちの利用料がどこに役立っているのかが見える形にしてほしい。
- ・技術伝承について、口頭で教えるだけではなく AI 等を活用してシステムチックに伝えることができる取組が必要。
- ・DX・AI 関係の人材の確保は課題だが、様々な雇用形態を視野に入れつつ拡充する必要がある。また、民間企業では、単に外部のデータサイエンティストを採用するだけでは組織内で孤立するケースがあるので、内部人材をデータサイエンティストとして育成することも検討すべき。
- ・重水素化ラボ等の新しい取組についても、これまで J-PARC に居なかった新しい分野の研究者が必要となり、継続的な人員確保が課題となる。

（３）中性子・ミュオン利用の振興

【対応状況】

- 独立行政法人通則法に基づく中長期目標においては、産業振興への寄与を評価指標、大学・産業界における活用状況をモニタリング指標として定めているところ、直近の令和 4 年度実績では利用実験課題数のうち 13%が産業界の利用である。
- 中性子・ミュオン利用に関して、一般課題は融合的にワンストップの課題申請・施設利用を実現するとともに、KEK は大学共同利用、JAEA はプロジェクト利用、CROSS は試料環境・測定手法の開発課題など、それぞれのミッションの実現を施設枠の中で実施している。なお、施設枠課題も外部有識者を含む委員会で審議または諮問されている。
- 産学官の異業種・異分野の人材が集って新しい連携を創出し、また中性子やミュオンをとりまく支援組織をつなぎ学術・産業利用に関する情報を集約、提供するため、2021 年 8 月に中性子利用プラットフォーム「J-JOIN」を設置し取組を開始。コーディネーターが J-PARC MLF と研究用原子炉 JRR-3 の特徴に合わせ、基礎研究から産業利用まで幅広く対応。
- 中性子・ミュオン利用に関して、産学の交流の場（中性子産業利用報告会など）や情報発信の場（量子ビームサイエンスフェスタ/MLF シンポジウムやミュオン研究を進める大学と連携した輪講の開催など）を主催している。
- MLF においては、特に産業界からのユーザーの要望が高い、柔軟な利用体系を検討し、2024 年度からの本格導入を見据え、先行して 2023 年度から有償随時課題を導入。課題申請や実験環境についてユーザー満足度は高いが、生活環境についてはユーザーの満足は得られていない。利用者の利便性向上のため、年 2 回の J-PARC 利用者協議会においてユーザーのニーズを把握しつつ、生活環境の充実について順次取組を実施（キッチンカーによるランチ販売の開始、カーシェアリングなど）。【再掲】
- JRR-3 と連携した研究成果（磁気スキルミオン形成の新機構実証や小惑星リュウグウの試料分析など）が創出されている。
- 我が国の論文生産に対する MLF の関与度は改善。論文化率は 50%前後であるが論文数は増加傾向であり、論文化までの期間は若干短縮傾向にある。Top10%論文数も増加傾向にあり、MLF が関与する論文は質・量ともに向上している。

【作業部会における指摘事項】

- ・利用体系については中性子・ミュオンだけでなく、ハドロン等の基礎分野についてもビームの利用だけでなく、検出器の開発などで産業転用できる技術が多くある（放射線耐性など）ため、基礎研究から産業界に広がっていくような枠組みが必要。
- ・優先課題についてはあらかじめ Funding Agency（FA：外部資金配分機関）等に周知しておく必要がある。
- ・産業利用促進課題の導入により、今までは公開可能な形に落とし込んで成果公開で実施していた研究課題も、実条件に近い形で提案できるようになることが期待できる。
- ・学生が J-PARC で実地経験を積むことは大きな効果。こうした学生たちが、いまどのような進路についているか、産業界にどう貢献しているかを示せばよい指標になるのではないか。
- ・中性子の検出器やミラーの開発について、海外施設とも連携できるとよい。
- ・中性子とミュオンが相補的に使われているような成果の見せ方がないと良い。測定手法としてどんな魅力があるか分かるようアピールすると良い。
- ・JAEA、KEK それぞれの課題申請制度があるが、J-PARC センターとして両者の融合性を考慮する必要がある。
- ・学生 PI が採択されているビームラインの内訳や、学生に多く利用されているビームラインなどの相関を調べることで、論文創出の促進に向けた取組につなげることができるのではないか。

（４） 施設安全

【対応状況】

- 2023 年に 2 件の火災が発生。いずれも電源系が原因であったが、それぞれ原因究明及び再発防止対応を徹底。
- 規程類の改訂や緊急時対応体制の改善、作業安全管理に係る改善に取り組むとともに、訓練や教育を全職員対象に行い安全文化の醸成に努めている。

【作業部会における指摘事項】

- ・大強度ビームを受けた機器の劣化については、それ自体が学問的にも重要であるため、データを蓄積して施設の運転に活かしていくことが重要である。

（５） 将来に向けた高度化等

【対応状況】

- MLF の現行のターゲットステーションの高度化を含め、実効的強度 2 倍を目指す“MLF-double”を掲げ、現在の施設の安定的な有効利用を図るとともに、第 2 ターゲットステーション（TS2）の計画にも資する高度化の取り組みを進めている。TS2 については 2030 年代の実現を目指し、設計検討を進めている。
- ニュートリノ実験施設では、T2K 実験及びハイパーカミオカンデ計画のために、MR の大強度化(1.3 MW)のための増強や改修を進めている。
- ハドロン実験施設のターゲットについてはビーム強度の増強に対応するターゲット開発を進め

ている。また、実験施設の拡張を計画しており、より分解能や統計精度の高い実験施設の建設計画を進め、新たな研究を展開することで、物質の起源と進化を解明することを目標としている。ハドロン実験施設の拡張については、KEKの実施計画(Project Implementation Plan, 2022年6月)の中で「優先度に従って新たに予算要求するプロジェクト」の優先順位1位となった。

【作業部会における指摘事項】

- ・設計建設期に決めたバランスもあるかと思うが、現在の各施設の整備のバランス、将来計画を示してほしい。
- ・J-PARCは施設としてどのような目標（青写真）を描いているのか。ビーム強度の増強を超えた将来像を検討していく必要があるのではないかな。
- ・MLFのターゲットステーションの将来計画（TS2）について、もう少し前倒しして具体化してはどうか。若い世代が興味を持つような計画が求められる。TS2の中性子輝度も20倍ではなく100倍を目指して欲しい。

（6） その他

○競争領域と非競争領域の研究開発を柔軟に実施できる体制の整備も含めた「組織」対「組織」の本格的産学連携

【対応状況】

- 豊田中央研究所との共同研究による人材の交流・育成や住友ゴム工業との共同研究を推進しており、若手を中心とした人材の相互派遣等を推進。
- 2019年～2021年度には企業5社、5大学が参加した機能性高分子コンソーシアム、2021年度からは企業14社、2大学が参加する量子ビーム分析アライアンスを立ち上げ、企業が施設を利用する上での課題解決の支援や、人材育成・施設利用の簡便化、量子ビーム施設全体の連携の促進に資するような取組をCROSSが主導した。

【作業部会における指摘事項】

- ・企業の競争領域における研究開発を進めるに当たって、施設利用研究から創出されるデータのオープンクローズ戦略の検討は重要である。
- ・中性子産業利用報告会は企業にとって自らが抱える技術課題の解決に当たり重要であるため、継続的に取り組んでほしい。
- ・産業利用促進課題の導入により、今までは公開可能な形に落とし込んで成果公開で実施していた研究課題も、実条件に近い形で提案できるようになることが期待できる。【再掲】

○高度な解析サービスの導入等の学術・産業の利用者視点に立ったサービス提供

【対応状況】

- ビームライン側の機器類のDXを進めるとともに、データセンターの整備により解析環境の自動化・遠隔化・高効率化を推進。Web上でのデータ解析機能の整備、実験装置や計算環境の遠隔対応を行っている。
- 他方、設備の維持・保守のための人員の確保や、利便性とサイバーセキュリティのバランス等

に課題が存在。

【作業部会における指摘事項】

- ・これまで量子ビームを使ったことのない人に対して、どのような量子ビーム施設でどのような装置を使えばよいかをコンサルティングする機能が必要である。中性子・ミュオン利用の窓口として J-JOIN の枠組みが存在するが、これを放射光にまで広げるなどの方策が必要。
- ・実験におけるリモートアクセス環境の整備は、セキュリティとユーザーの理解のバランスを取りながら拡充してほしい。

○ミュオン施設の整備状況（S ライン・H ラインの整備推進）

【対応状況】

- S ライン 2 番目の実験エリア（S2 エリア）が 2021 年度に稼働開始し、ミュオニウムの精密分光実験でミュオンの質量の精密測定を実現している。
- H ライン最初の実験エリア（H1 エリア）は 2022 年 1 月に稼働開始し、ミュオン電子転換過程探索実験(DeeMe 実験)が行われている。また、透過型ミュオン顕微鏡等に利用する 2 番目の実験エリア（H2 エリア）の整備が順調に進展しており、2023 年 4 月にはエリア遮蔽やインターロックが整備された。

【作業部会における指摘事項】

- ・クライオ電頭が X 線をも凌駕しようとしている中で、透過型ミュオン顕微鏡はインパクトが大きい。Possibility ではなく Feasibility を示すことが重要。

○ハドロン実験施設の整備状況（学術コミュニティのニーズを踏まえた整備計画の推進）

【対応状況】

- B ラインは 2020 年に運転を開始し、日本で一番高いエネルギーの陽子ビーム(30 GeV)を直接使い、原子核内の ϕ 中間子の質量変化を測定している(E16 実験)。
- C ラインでは 2022 年にビームラインが完成し、2023 年 2～3 月に最初のビーム供給を実施した。ミュオンがニュートリノを伴わずに電子へ転換する「 μ -e 転換事象」を世界最高感度で探索する。

○核変換施設の整備状況（技術蓄積等の基礎研究、国際協力や計算科学の活用等のより合理的・効率的な進め方の検討状況）

【対応状況】

- J-PARC センターと JAEA 原子力基礎工学研究センターが協力し、より合理的かつ効率的な進め方（PSi 計画）の検討を行い、文部科学省 原子力科学技術委員会 に設置されたタスクフォース(令和 3 年度に実施)で、同計画を進めることは妥当であるとの評価を得た。

○国際研究拠点となるための方策

【対応状況】

○J-PARC は多種多様な大強度ビームをもつ世界的にもユニークな施設であり、世界の3極の一つであり、アジア・オセアニア圏のハブ施設となっている。パルス当たりの中性子強度や陽子数が世界一であり、質の高いビームを求めて海外ユーザーも多数来所。

○国際協力を積極的に進めており、J-PARC として9か国、10機関との個別の協力協定を締結している。また、テーマにより様々な国際的な枠組みも積極的に参加(材料照射損傷に関する国際協力枠組み RaDIATE など)。MLF では米国 SNS、豪州 ANSTO、欧州 ESS、スイス PSI との国際協力を行っている。素粒子・原子核分野は、T2K ニュートリノ振動実験など多数の国、研究者が関わる国際共同研究を行っており、各国の施設に共通する技術的課題には国際協力に対処、貢献をしている。

【作業部会における指摘事項】

- ・J-PARC の国際的プレゼンスを高めるため、海外研究者についても、良い研究は引き続きどんどん受け入れて実施すべき。
- ・国際連携については、中性子分野だけで閉じるのではなく、外側のコミュニティも参加できるようオープンにしてほしい。
- ・海外リサーチフェローなど人材交流と合わせて、若手の研究者を国際的に育成していくことが必要。

○高度研究人材の育成や利用者の開拓、異分野研究との連携の促進

【対応状況】

○JAEA 及び KEK の制度（特別研究生、インターンシップ制度等）を活用し、若手研究者のキャリアパス形成や人材育成を推進。他方で、運転維持に係る人員の多くを外部委託に依存しておりインハウスのエンジニア確保に課題があるほか、職員の年齢構成についても高齢化が課題であり、計画的な採用が不可欠となっている。

○中性子・ミュオンスクールを主催し、海外を含む大学院生、ポスドク、若手研究者を対象として国際的な人材育成に貢献している。アジア・オセアニア中性子科学会連合（AONSA）の人材育成プログラム、AONSA Young Research Fellow による人材を受け入れ、アジアのハブ機関としての役割を果たしている。また、日本とスウェーデン間の人材交流プログラム SAKURA Mobility Programme が2023年9月より本格始動し、相互の人材交流が行われている。素粒子・原子核分野に関しても、原子核物理研究者養成のための SNP school を共催、受け入れを行っている。

【作業部会における指摘事項】

- ・技術伝承について、口頭で教えるだけではなく AI 等を活用してシステマチックに伝えることができる取組が必要。【再掲】
- ・DX・AI 関係の人材の確保は課題だが、様々な雇用形態を視野に入れつつ拡充する必要がある。また、民間企業では、単に外部のデータサイエンティストを採用するだけでは組織内で孤立するケースがあるので、内部人材をデータサイエンティストとして育成することも検討すべき。

【再掲】

- ・重水素化ラボ等の新しい取組についても、これまで J-PARC に居なかった新しい分野の研究者が必要となり、継続的な人員確保が課題となる。【再掲】
- ・海外リサーチフェローなど人材交流と合わせて、若手の研究者を国際的に育成していくことが必要。【再掲】

○費用対効果の高い広報の実施

【対応状況】

- 多様なイベントを開催し、広く科学に興味を持ってもらう取組を行っている。また、地域向け対話型のアウトリーチ活動(ハローサイエンス)を定期的の実施し、地域住民への広報にも力を入れている。メディアの活用としては、プレスリリースの実施やニュートン別冊への掲載、テレビ放映も行っている。また、SNS も活用し、YouTube のチャンネル開設や X (旧 Twitter) への情報配信を継続的にしている。

【作業部会における指摘事項】

- ・国民の税金を使っているので一般への周知も重要。外側のコミュニティにつなげていく必要があり、馴染みの薄い学会に押しかけていくことなどが必要。
- ・ニュートリノの CP 対称性の破れに関する測定など素晴らしい成果だが、一般国民への情報提供に当たっては広報の工夫が必要。
- ・J-PARC は素粒子・原子核物理の重要課題を一気に解決できる（世界的にも珍しい）施設であるといった PR ができるとよい。
- ・中性子とミュオンが相補的に使われているような成果の見せ方がないと良い。測定手法としてどんな魅力があるか分かるようアピールすると良い。【再掲】

○登録施設利用促進機関の取組状況

【対応状況】

- CROSS では利用者選定業務に加え、利用促進業務として、JASRI や RIST⁴等の他施設の登録施設利用促進機関と連携した研究会・講習会等の開催や初心者支援、量子ビーム分析アライアンス等の企業連合体の支援などに取り組んでいる。

【作業部会における指摘事項】

- ・これまで量子ビームを使ったことのない人に対して、どのような量子ビーム施設でのどのようなビーム装置を使えばよいかをコンサルティングする機能が必要である。中性子・ミュオン利用の窓口として J-JOIN の枠組みが存在するが、これを放射光にまでに広げるなどの方策が必要。【再掲】

○既存施設の高度化

【対応状況】

- さらなる安定運転を目指し水銀ターゲット容器の高度化に継続的に取り組み、機械学習を取り

⁴ 公益財団法人高輝度光科学研究センター及び一般財団法人 高度情報科学技術研究機構

入れた設計の最適化や、容器材料の照射後特性の評価により耐久性の向上に努め、ターゲット容器 2 年運転を設計目標として、放射化物の発生量低減にも資する取組を続けている。また放射化物の減容化に向け分解型標的容器の開発にも取り組んでいる。

- 測定装置の高度化としては、中性子検出器の高度化により中性子反射率トモグラフィー法を開発した。中性子集光スーパーミラーの開発によって 20 倍の中性子輝度を実現させ、斜入射中性子小角散乱(GISANS)の実証実験を進めている。偏極中性子を用いた測定技術についてもさまざまな技術開発があり、³He スピンフィルターや偏極スーパーミラーの開発に継続的に取り組んでいる。ミュオン g-2/EDM 測定と透過型ミュオン顕微鏡の実現に向けた取組として、実験エリアの整備を進めるとともに、原理実証も進めている。

【作業部会における指摘事項】

- ・施設の新設等の大規模改修の機会に頼るのではなく、現場の工夫や新しいアイデアを常に取り入れ、不断にアップグレード・高度化を行うことが老朽化対策につながるのではないかな。こまめなアップグレードに力を入れていくことが必要。

○老朽化対策

【対応状況】

- 運転開始以来 15 年が経過し、老朽化対策は今後の重要課題である。施設の運転に必須な重要機器類は年次計画を策定し、当初予算の保守費の中で計画的に対応している。一方、年度の平坦化が困難な大規模更新等は補正予算も活用しつつ実施。【再掲】
- 老朽化対策に合わせて省電力化を図るとともに、施設の安定運転のため、老朽化した機器等の交換など予防保全に取り組む予定。
- ビームの大強度化に従い、高放射化物の保管が課題となっている。減容化の取組を進めるとともに新たな保管スペースの確保が必要。

【作業部会における指摘事項】

- ・老朽化対策に当たって施設の高効率化を合わせて行うことが効果的であり適切。利用料収入を施設の整備に充てることも検討すべき。
- ・老朽化対策は計画を策定し、必要な経費の着実な確保が必要。

○経済安全保障、戦略分野（半導体・GX・DX・CE 等）の推進

【対応状況】

- 科学技術振興機構（JST）や新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における我が国の経済安全保障に資する大型プロジェクトに参画し、利用制度においても「優先課題」を導入するなど、大型プロジェクトの利用を加速させる取り組みを進めている。

○物価高・燃油高騰への対応

【対応状況】

- 保守費を可能な限り圧縮して運転時間の確保に努めているものの、物価高騰も加わり厳しい状

況となっている。

○省電力化の取組として、加速器設備やインフラ設備等の省電力機器への交換を順次推進している。RCS の高周波加速空洞の置き換えは電気代削減効果が大きいと、最優先で取り組んでいる。その他、MR の高周波加速空洞の高度化や、ニュートリノビームラインの超伝導電磁石への置き換えや電源の置き換え、加速器冷却水設備のポンプ等の置き換えに取り組んでいる。また、制御プログラムの改良による加速器調整運転時間の短縮や保守期間中の空調の最適化などにも取り組んでいる。

【作業部会における指摘事項】

- ・老朽化対策に当たって施設の高効率化を合わせて行うことが効果的であり適切。利用料収入を施設の整備に充てることも検討すべき。【再掲】

5. 評価指標について

- 施設の評価に当たっては、科学技術イノベーションを取り巻く環境変化や J-PARC 以外の共用促進法の対象となっている放射光施設における指標の設定状況、学術研究の特性などを踏まえて、適切に指標を設けて行うことが適切である。
- 他方で、評価とは、政策評価、行政事業レビュー、独法評価⁵、研究開発評価など、それぞれ評価の目的や階層が異なっていることから、それぞれの評価の趣旨に応じて、適切に反映していくべきである。
- 作業部会では、前回中間評価で指摘された評価指標の状況を確認するとともに、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、以下の事項については、適切にモニタリングしていくことが必要である。

(定性的指標)

- ・ 論文化率の改善に向けた取組の実施状況
- ・ 新領域を含む利用の裾野拡大⁶につながる施設利用研究の開拓状況
- ・ 産業利用成果の創出に向けた取組の実施状況

⁵ 現行の指標群（令和4～11年度）は次のとおり。

【定性的観点】

- ・ ビーム出力1 MW 相当での運転状況（モニタリング指標）
- ・ 中性子科学研究の世界的拠点の形成状況（評価指標）
- ・ 利用者ニーズへの対応状況（評価指標）
- ・ 産業振興への寄与（評価指標）
- ・ 施設点検、運転要領書等の整備の取組状況（評価指標）

【定量的観点】

- ・ 利用実験実施課題数（モニタリング指標）※R4 年度実績 415 件
- ・ 安全かつ安定な施設の稼働率（評価指標）※目標 90%、R4 年度実績 95%
- ・ 利用者による発表論文数等（モニタリング指標）※R4 年度実績 180 報
- ・ 大学・産業界における活用状況（モニタリング指標）※R4 年度実績 13%
- ・ 共用運転に係るマシンタイム（モニタリング指標）※R4 年度実績－

⁶ 学術領域や複数の量子ビーム利用研究等を含む

- ・施設の広報に関する取組状況
- ・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
- ・国際頭脳循環拠点の形成状況
- ・持続的な施設運営に向けた取組状況

(定量的指標)

- ・全実施課題数に対する論文に寄与した課題数（論文化率）
 - ・施設利用における新規利用者の数
 - ・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
 - ・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
 - ・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
 - ・海外機関との国際共同研究数等
- また、産業利用成果に対する経済効果や民間資金の誘引状況、サイバーセキュリティの観点など、今日的なアウトカム指標については今後の検討課題とすべきである。
 - なお、本作業部会としては、これらの指標は全ての評価において導入すべきであるという趣旨ではない。指標の達成にとらわれるあまりに施設側の取組の創意工夫を阻害してはならないほか、指標の達成が目的化することは避けなければならない。このため、評価指標の導入については、政策評価、行政事業レビュー、独法評価、研究開発評価など、それぞれ評価の実施者が適切に判断することが重要である。

6. 中間評価の結果について（作業部会からの提言）

- 作業部会の議論を踏まえ、中間評価の結果として、以下の事項を次回の中間評価における指摘事項として取りまとめる。

(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。

施設の運用開始から約 15 年が経ち、平均ビーム強度 1 MW の安定的な実現を達成しつつある。また、物価・燃油価格の高騰等により運転時間の確保が課題となる中で、科学技術イノベーションの創出につながる研究成果に結びつけていくためには、計画的な老朽化対策等による安定的な運転時間の確保、ビーム出力の更なる増強と更なる利用時間の確保及び次世代の要素開発が必要である。このため、

MLF の TS2 やハドロン実験施設の拡張整備など、将来計画の実現に向けた取組を進めることが必要である。その際、将来を担う若手にとって魅力的なビジョンやキャリアパスを示すとともに、さらに、技術継承等の課題に対応するため、エンジニア職の確保やデータ人材の育成などを含め、計画的な人材登用を進めることが必要である。

- (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。あわせてユーザーの利便性の更なる向上を図ること。

物価・燃油価格の高騰等により運転時間の確保が課題となっている。このため、施設の持続性確保のためには、国費のみに頼ることなく財源を多様化していくことが求められる。このため、他の特定先端大型研究施設の取組状況や、「研究設備・機器の共用推進に向けたガイドライン」なども参考にしつつ、施設運営の改善を図ることが必要である。

また、利用料収入については、施設の運営だけでなく、ユーザーの利便性の更なる向上のために充てていくことが適切である。

- (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。

中性子線やミュオンなどの量子ビーム施設は、2030 年頃の社会・産業における戦略分野の研究開発に対して新たな価値を提供できる最重要基盤施設である。このため、各種量子ビームを利用できる J-PARC の特性を十分に発揮し、産業界における中性子等利用の更なる裾野拡大を図るとともに、放射光等の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べきである。

このため、競争領域における利用も含めた施設利用の拡大を図る観点からデータポリシーの検討も含めた利用制度の充実を進めるとともに、中性子・ミュオン利用のプラットフォームを放射光にまで広げ、量子ビーム利用のゲートウェイを構築し、施設の利用促進を図ることが重要である。

また、施設利用の成果を効果的に広報し、国民や将来を担う児童生徒・学生に対する周知を図ることで、納税者への説明責任を果たすことが、施設への理解や支援を呼ぶことにつながる。

7. おわりに

- J-PARC が、科学技術及び学術の振興、産業の発展に大いに貢献し、我が国の未来を築いていくことを期待する。関係者においては、本中間評価の結果を踏まえ、課題に適切に対応し、J-PARC による研究開発成果の最大化が図れるよう、取組を進めて頂くことを期待する。
- 今後、内外の動向等を踏まえつつ、概ね 5 年後（2028 年度）を目安に、本中間評

価報告書での指摘事項や課題等について、改めて評価を実施することが適当である。

参考資料

- 参考資料 1 大強度陽子加速器施設（J-PARC）のこれまでの評価の経緯
- 参考資料 2 大強度陽子加速器施設評価作業部会の設置について
- 参考資料 3 大強度陽子加速器施設評価作業部会 開催経緯
- 参考資料 4 大強度陽子加速器施設評価作業部会 委員名簿

大強度陽子加速器施設（J-PARC）のこれまでの評価の経緯

平成 12 年 8 月

「大強度陽子加速器計画評価報告書」（大強度陽子加速器施設計画評価専門部会^{※1}）

※1：原子力委員会、学術審議会加速器科学部会のもとに共同設置

平成 15 年 12 月

「大強度陽子加速器計画中間評価報告書」（大強度陽子加速器計画評価作業部会^{※2}）

※2：科学技術・学術審議会学術分科会基本問題特別委員会、研究計画・評価分科会原子力分野の研究開発の評価に関する委員会のもとに共同設置

平成 19 年 6 月

「大強度陽子加速器計画中間評価報告書」（大強度陽子加速器計画評価作業部会^{※3}）

※3：科学技術・学術審議会学術分科会学術研究推進部会、研究計画・評価分科会原子力分野の研究開発の評価に関する委員会のもとに共同設置

平成 24 年 6 月

「大強度陽子加速器施設中間評価報告書」（大強度陽子加速器施設評価作業部会^{※4}）

※4：科学技術・学術審議会先端研究基盤部会、学術分科会研究環境基盤部会、研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会のもとに共同設置

平成 30 年 6 月

「大強度陽子加速器施設中間評価報告書」（大強度陽子加速器施設評価作業部会^{※5}）

※5：研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会及び量子科学技術委員会、学術分科会研究環境基盤部会のもとに共同設置

大強度陽子加速器施設評価作業部会の設置について

研究計画・評価分科会量子科学技術委員会
研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会
学術分科会研究環境基盤部会

1. 設置の趣旨

大強度陽子加速器施設（J-PARC）は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構の共同プロジェクトとして、平成 13 年より建設が着手され、平成 20 年から中性子ビームの供用を開始、平成 21 年から原子核・素粒子実験を開始した。

「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月 1 日最終改訂）により、研究開発プログラムは 5 年ごとを目安に中間評価を実施することとなっているところ、前回の中間評価（平成 30 年 6 月）から凡そ 5 年が経過しているため、前回評価における指摘事項への対応状況等について評価を行うとともに、今後の課題と方向性について検討を行う。

2. 主な検討事項

- （1）前回の中間評価における指摘事項への対応状況等についての評価
- （2）今後の課題と方向性についての検討

3. 設置の形態

「大強度陽子加速器施設評価作業部会」を科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会量子科学技術委員会及び原子力科学技術委員会並びに学術分科会研究環境基盤部会の下に合同で設置する。

4. 庶務

関係課室の協力の下、科学技術・学術政策局研究環境課が処理する。

5. 当面の予定

令和 5 年 11 月に第 1 回を開催予定（全 5 回程度を予定）

大強度陽子加速器施設評価作業部会 開催経緯

○第 1 回 11 月 2 日（木） 10:00～12:00

- ・ 部会の設置趣旨・運営等について
- ・ 中間評価に当たっての主な論点について
- ・ J-PARC の概要と現状
- ・ 作業部会の今後の進め方等
- ・ その他

○現地調査 11 月 16 日（木） 13:00～16:00

○第 2 回 11 月 24 日（金） 14:00～16:00

- ・ 前回中間評価以降の主な成果
- ・ 前回中間評価の主な指摘事項に対する対応（1）
- ・ その他

○第 3 回 12 月 11 日（月） 15:00～17:00

- ・ 前回中間評価の主な指摘事項に対する対応（2）
- ・ 評価指標の検討について
- ・ その他

○第 4 回 12 月 25 日（月） 16:00～18:00

- ・ これまでの作業部会の質疑に対する回答
- ・ 報告書（案）について
- ・ 中間評価票（案）について
- ・ その他

大強度陽子加速器施設評価作業部会 委員名簿

◎：主査

氏名	所属・役職
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	国立研究開発法人理化学研究所 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	特定非営利活動法人 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
◎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
中野 貴志	大阪大学核物理研究センター センター長

(敬称略、五十音順)