

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 7 年 1 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 総研株式会社前代表取締役社長
菅野了次	東京科学大学総合研究院全固体電池研究センター センター長・特命教授
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 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ キャリアリサーチャー
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※	東海国立大学機構岐阜大学 高等研究院環境社会共生体研究センター 教授・センター長
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	追手門学院大学教授
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	長岡技術科学大学工学研究科教授
佐々木久美子	株式会社グルーヴノーツ代表取締役会長
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科教授
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

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

◎ 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

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 大阪大学核物理研究センター 特任教授

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

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

(◎：主査、○：主査代理、敬称略、五十音順)

科学技術委員会 量子ビーム利用推進小委員会 委員名簿

	石坂 香子	東京大学大学院工学系研究科 教授
	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
	川北 至信	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・J-PARC センター物質・生命科学ディビジョン 副ディビジョン長
	岸本 浩通	住友ゴム工業株式会社 フェロー 兼 研究開発本部先進技術・イノベーション研究センター センター長
◎	小杉 信博	大阪大学核物理研究センター 特任教授
	阪部 周二	京都大学化学研究所 名誉教授
	高橋 正光	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センター センター長
	高橋 瑞稀	第一三共株式会社研究開発本部研究統括部モダリティ第一研究所第七グループ グループ長
○	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
	唯 美津木	東海国立大学機構名古屋大学物質科学国際研究センター 教授
	古川 はづき	お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系 教授
	森 初果	東京大学物性研究所 教授
※	矢橋 牧名	国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター物理・化学系ビームライン基盤グループ グループディレクター
	山重 寿夫	トヨタ自動車株式会社電動化・環境材料技術部材料基盤開発室 主幹

(◎：主査、○：主査代理、敬称略、五十音順)

※利害関係を有する可能性があるとは判断した矢橋委員は、本評価に加わっていない。

大型放射光施設 (SPRING-8) / X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の整備・共用等



概要

・SPRING-8は、微細な物質構造の解析が可能な世界最高性能の放射光施設。同等性能の大型放射光施設を有するのは日米欧のみであり、平成9年の共用開始から25年以上が経過し、利用者は着実に増加。毎年約16,000人の産学官の研究者が利用。

・SACLAは、原子レベルの超微細構造や化学反応の超高運動態・変化の瞬時計測・分析が可能な世界最高性能のX線自由電子レーザー施設。国家基幹技術として平成18年度に整備開始、平成24年3月に共用開始。令和3年度からSPRING-8へのビーム入射器として、世界で初めてX線自由電子レーザー施設SACLAを利用。

事業内容

【課題実施期間及び評価時期】

SPRING-8

実施期間：平成3年度～

評価時期*1：平成14年度、平成19年度、平成25年度 *1いず7E中間評価

SACLA

実施期間：平成18年度～

評価時期：平成17年度(事前)、平成20年度(中間)、平成23年度(事後)

SPRING-8/SACLA

評価時期*2：平成31年度、令和6年度 *2SPRING-8/SACLAの評価をあわせて実施

【事業の目的・目標】

・SPRING-8/SACLAについて、安定的な運転の確保及び利用環境の充実を行い、産学官の広範な分野の研究者等の利用に供することで、世界を先導する利用成果の創出等を促進し、我が国の国際競争力の強化につなげる。

【研究開発の必要性等】

・必要性：SPRING-8/SACLAは、世界最先端の大型放射光施設、X線自由電子レーザー施設として、産学官の幅広い利用に供しており、革新的な成果を継続して生み出していることから、科学的・社会的意義は大きく、国として着実に進める必要性が高い

・有効性：最先端の基礎研究や製品開発に活用されとともに、国際連携も行いつつ、人材育成にも貢献しており、有効性が高い

・効率性：ユーザーの意見を取り入れつつ効果的な施設運営を行うとともに、計画的な経年劣化対策や運営費の効率化を図っており、効率性が高い

【課題実施機関・体制】

施設設置者：

(国研) 理化学研究所 [理研]

登録施設利用促進機関：

(公財) 高輝度光科学研究センター [JASRI]

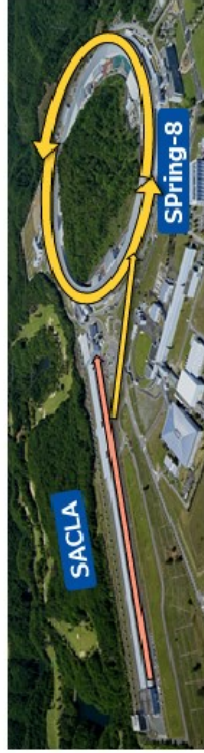
SPRING-8/SACLAの共用運転の実施

国 理研 JASRI

SPRING-8/SACLAの利用促進

大型放射光施設 (SPRING-8)

/X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の概要



【予算（執行額）の変遷】

年度	予算額 (億円)	執行額 (億円)
令和6年度	161	-
令和5年度	178	188
令和4年度	185	171
令和3年度	161	150
令和2年度	152	153

※予算額より執行額が大きい年度は、繰越によるもの。

SPRING-8-Ⅱの整備

2030年頃の次世代半導体やGX社会の実現など産業・社会の大きな転機を見据え、現行の100倍の輝度をもつ世界最高峰の放射光施設を目指し、SPRING-8-Ⅱの整備を実施。

【これまでの成果】

・論文発表：ネイチャー・サイエンス誌等、SPRING-8及びSACLAを利用した研究論文は累計約22,000報。

(サイエンス誌の2011年の世界の10大成果のうち2件がSPRING-8副産物の成果。※はやぶさ探査機、光化学系Ⅱ複合体)

・産業利用：SPRING-8において、稼働・整備中の57本のビームラインのうち4本は産業界が自ら設置(うち、2本は現在在研ビームラインに移管)。共用ビームラインにおける全実施課題に占める産業利用の割合は約2割。

・SACLAにおいて、平成29年9月より3本のビームラインの同時運転を開始して1おり、更なる高インパクト成果の創出に期待。

中間評価票

(令和 7 年 1 月現在)

1. 課題名 大型放射光施設 (SPring-8) /X 線自由電子レーザー施設 (SACLA)

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	量子ビーム分野研究開発プラン
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	量子ビーム分野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、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) 経済財政運営と改革の基本方針 2024(令和 6 年 6 月 21 日 閣議決定) 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 2024 改訂版(令和 6 年 6 月 21 日 閣議決定) 統合イノベーション戦略 2024(令和 6 年 6 月 4 日 閣議決定) デジタル社会の実現に向けた重点計画(令和 6 年 6 月 21 日 閣議決定)

プログラム全体に関連する アウトプット指標	過去 3 年程度の状況		
	令和 3 年	令和 4 年	令和 5 年
SPring-8 の年間運転時間(時間)	5,270	5,259	5,188
SACLA の年間運転時間(時間)	5,814	5,789	5,691

プログラム全体に関連する アウトカム指標	過去 3 年程度の状況		
	令和 3 年	令和 4 年	令和 5 年
SPring-8 に関係した研究の発表論文数※	1,207	1,137	956
SACLA に関係した研究の発表論文数※	80	75	70

※ 直近 3 年間に掲載された論文数の平均値

3. 評価結果

（１）課題の進捗状況

SPring-8/SACLA は、以下のとおり、安定した共用運転に基づく質の高い研究成果が創出されている。

- ・ SPring-8 では年間 5,000 時間強、SACLA では年間 5,700 時間程度の運転時間を維持。
- ・ 令和 3 年に SACLA 線形加速器から SPring-8 蓄積リングへの電子ビーム入射を実現し、旧入射器を廃止し、4.7 MW（全体の 17%）の電力を削減するなど、継続的な省エネ及び老朽化対策を実施。
- ・ 前回中間評価以降の施設利用研究によって、以下のような多数の研究成果を創出。
 - ✓ SPring-8 を用いて、0.1 ナノ～100 ナノ秒という幅広い領域で、原子運動を高精度で測定可能な新しい放射光技術を開発。詳細な原子の構造も同時に測定し、高性能タイヤなどの産業材料の開発や生命現象の理解を大きく加速。
 - ✓ SACLA を用いて、光化学系Ⅱの” ゆがんだイス” 型の触媒が水分子を取り込み、酸素分子生成の準備が完了するまでの一連の動きの立体構造をナノ秒からミリ秒の時間スケールで捉え、光化学系Ⅱにおいて、運動性が高まった水分子が、触媒に過渡的に結合した後、その内部へと取り込まれていく様子を世界で初めて観測。
- ・ 利用者本位の視点に立ち、課題募集の時期や頻度、産業利用の時間制限緩和を検討・実施。新たに代行測定・時期指定・成果準公開・試料調製といったオプション等について、令和 7 年度以降順次導入予定。
- ・ サンビーム共同体等が設置する専用ビームラインを理研ビームラインに移行するなど専用ビームラインの改廃を進めたが、評価の仕組みは継続して検討。
- ・ インターンシップ型の学生の受け入れを行うとともに、SPring-8 をハブとした大学・国研・企業等の連携を促進。

（２）各観点の再評価

<必要性>

評価項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、科学コミュニティの活性化、国費を用いた研究開発としての意義	定量的	SPring-8/SACLA に関係した研究の発表論文数	中
	定量的	SPring-8/SACLA の産官学の利用者数及び分野ごとの利用者数	中
国際競争力の向上、他国の先進研究開発との比較における妥当性	定性的	諸外国の動向を踏まえた SPring-8 の着実な高度化の状況、SACLA 高度化に向けた検討状況	中

SPring-8/SACLA は世界最先端の大型放射光施設、X 線自由電子レーザー施設として、産学官の利用者の幅広い利用に供しており、学術研究だけではなく、産業利用においても革新的な成果を継続して生み出していることから、科学的・技術的・社会的・経済的意義は大きく、国費を用いた研究開発としての意義も変わるものではない。

さらに、海外において、硬 X 線領域の放射光施設の第 4 世代へのアップグレード及び新規建設や XFEL の第 2 世代へのアップグレードが進んでいる状況を踏まえ、SPring-8 の着実な高度化を進めるとともに、SACLA の高度化に向けた検討を行い、国際競争力を向上し続けることが必要である。

以上のことから、本事業は必要性の高い事業であると評価される。

<有効性>

評価項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上、知的基盤の整備への貢献や寄与の程度	定量的	SPring-8/SACLA に関係した研究の発表論文数	中
	定性的	産業界の利用拡大に向けた環境整備の状況	中
	定性的	海外施設との継続的な共同研究、情報交換、人材交流等の推進状況	中
研究データの管理等に係る取組	定性的	他の研究データ基盤との連携に係る状況	中
人材育成	定性的	大学・企業・他機関と連携した人材育成・交流の状況	中

SPring-8/SACLA では、施設の特長を生かした最先端の研究開発や利用領域の開拓に向けた取組が行われており、新しい知の創出基盤となっている。また、基礎研究だけでなく、製品開発のツールとしても活用されており、社会実装に向けた利用支援が行われている。

また、海外の施設と継続的に国際共同研究の実施やワークショップの開催を行い、国際連携を構築できている。

さらに、広範な分野で利活用され、膨大なデータが蓄積されることから、「SPring-8 データセンター構想」を策定し、施設の外からでも実験で取得したデータへのアクセスを可能とするネットワークの強化等を行い、他の研究データ基盤との連携促進を図り、知的基盤の整備に貢献した。

加えて、SPring-8/SACLA は、我が国を代表する大型研究施設として、人材育成に大きく貢献しており、今後、NanoTerasu や J-PARC を含めた国内の他施設との更なる連携やこれによる波及効果が期待される。

以上のことから、本事業は有効性の高い事業であると評価される。

<効率性>

評価項目	評価基準	評価項目・評価基準の適用時期
------	------	----------------

費用構造や費用対効果向上方策の妥当性、計画・実施体制の妥当性	定量的	SPring-8-Ⅱの整備など技術革新等を通じた運営費の効率化、安定的運転時間、利用時間の確保状況	中
研究開発の手段やアプローチの妥当性	定性的	利用者の拡大や人材育成等に資する施設の広報に関する取組状況	中

SPring-8/SACLAの整備・運用主体である理研は、JASRI等と適切に連携し、ユーザーの意見を取り入れた効果的・効率的な施設運営を行った。また、計画的な経年劣化対策や設備の高度化等により、運営費の効率化及びこれに伴う運転時間、利用時間の確保を実現するなど、費用対効果向上のための有効な取組が行われている。

さらに、情報支援と普及啓発の観点から、継続的な情報提供を実施するとともに、ウェブサイトや施設見学会などを活用したアウトリーチも実施した。

以上のことから、本事業は効率性の高い事業であると評価される。

(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

「経済財政運営と改革の基本方針2024」における研究の質を高める仕組みの構築や、「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」における研究開発段階から量産段階に至るまで長期にわたり継続的に成長できる仕組みの構築、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」における研究DXを支えるインフラ整備と高付加価値な研究の加速への貢献が期待される。

(4) 事前評価結果時又は直近の中間評価結果時の指摘事項とその対応状況

<指摘事項>

SPring-8、SACLAの政策的位置付けと発展の方向性

【SPring-8の発展の方向性】

SPring-8は、供用開始から20年を過ぎて成熟期を迎えており、今後も世界最先端の研究開発基盤であり続けるため、我が国の放射光施設の役割分担を踏まえ、SPring-8の政策的位置付け及び施設・設備の高性能化などの発展の方向性を検討することが重要である。諸外国においては、ESRF（欧州）、APS（米国）など硬X線向けの施設において、低エミッタンスで回折限界を目指した施設の高性能化が進められていることから、施設の高性能化を含むSPring-8の位置付け・発展の方向性を検討する時期に来ている。また、次世代放射光施設の整備を踏まえ、学術研究だけでなく産業利用の観点でも、高輝度の軟X線と硬X線を相補的に利用する研究開発を支えていくことが求められる。

【SACLAの発展の方向性】

SACLAは、安定運転が可能な世界最高性能のXFEL施設としての特長を発展させ、諸外国のXFEL施設との差別化を図るとともに、利用環境や利用ニーズに応じたユーザー支援等を通じて、世界最先端の成果創出を実現できる研究開発基盤とすべきである。

【SPring-8及びSACLAの発展の方向性】

我が国を代表する放射光・XFEL 施設が近接して立地しているという特徴を生かし、両施設の相補的・相乗的利用による世界最先端の成果創出に向けた取組を推進すべきである。

【経営基盤の強化】

SPring-8、SACLA が中長期にわたり、科学的、社会的に高いインパクトを与える研究成果を創出し続けるためには、継続的な安定運転により幅広いユーザーに施設を供用することが重要であり、財政的な観点から施設の経営基盤を強化する必要がある。

【施設を最大限に活用したイノベーション・エコシステムの形成】

SPring-8、SACLA に集積された人材や研究成果を最大限有効活用するため、周辺に集積する施設（ニュースバル、兵庫県放射光ナノテク研究所等）を活用した、SPring-8、SACLA を含むイノベーション・エコシステムの形成について検討すべきである。

【国際連携・国際協力】

SPring-8、SACLA が、国際的に開かれた研究開発基盤として高いプレゼンスを保つため、引き続き、海外施設との連携・協力等を行うことが求められる。

研究成果の最大化

【成果指標の検討】

SPring-8、SACLA の研究開発基盤としての位置付けを踏まえ、一般的な研究開発課題のように論文の質・量のみを指標とするのではなく、学術・産業から求められる研究開発基盤となっているかについて、多様な指標を用いて総合的に評価するべきである。

【オープンデータ・オープンアクセス】

産学連携研究の促進や研究成果の最大化を図るため、マテリアルズ・インフォマティクス等のデータサイエンスとの連携も見据えて、研究開発により得られたデータについて、データベース化やオープン化等を推進することが必要である。

【ビームラインの改廃と高度化の実現】

SPring-8 のビームラインは整備が進み、設置可能な本数の限界に達している。今後、ビームラインの固定化を防止し、改廃（新陳代謝）や高度化が自ら起こるような仕組みを導入することが重要である。

【ビームラインの有効利用による研究成果の最大化】

次世代放射光施設の整備・運用等に関する検討も踏まえ、現行のビームラインを更に有効活用するため、共用・専用・理研ビームラインの枠組を超えた仕組みを検討すべきである。

産学官共用による利用促進

【産学官の共用施設としての利用促進：利用者本位の施設運営】

利用者の増加等に伴い、利用支援のニーズが多様化している状況を踏まえ、産業界が更に参入しやすい利用環境や支援の在り方を検討するなど、共用施設として利用者本位の施設運営を推進するべきである。また、従前、企業の分析部門が中心であった産業利用ユーザーについて、測定対象、分析手法などが多様化している状況に鑑み、企業の課題解決に貢献するため、オープン・イノベーションに関する取組を推進すべきである。

【新たな研究領域の開拓及び利用者の拡大】

新たな科学的・社会的価値の創出に向けて、引き続き SPring-8、SACLA のパワーユーザーを中心に重点的な研究領域を開拓するとともに、潜在的な新規ユーザーの抱える課題解決

に向けた支援を行い、研究領域を拡大していくことが必要である。

人材育成及び国民理解の醸成

【人材育成】

大学における放射光科学関連のカリキュラムは年々減少しており、施設を支える人材の育成・確保は喫緊の課題であることから、施設の高度化やビームラインの改廃等の計画とも関連させた、戦略的な人材の育成・確保・交流を進めるべきである。また、利用支援を含む施設運営の質を高めるため、ビームラインスタッフ等の施設を支える研究者・技術者のモチベーションを維持し、アクティビティを向上させることが重要である。

【施設の広報、利用支援のための情報発信】

SPRING-8、SACLA のユーザーの裾野を拡大するとともに、納税者への説明責任を果たす観点から、利用制度や利用支援に関するプロモーションの強化に加え、国民理解醸成のための広報活動を行うことが重要である。

<対応状況>

いずれに対しても、概ね着実に対応がなされていた。

(5) 今後の研究開発の方向性

本課題は「継続」、「中止」、「方向転換」する（いずれかに丸をつける）。

理由：SPRING-8/SACLA 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妥当である。

その際に、SPRING-8 の共用開始から 25 年以上が経過していることから、SPRING-8-II への高度化を見据え、最先端の放射光施設として産学官の研究活動を支える研究開発基盤であり続けるために、以下の推進方策を具体化していくことが必要である。

- ・ SPRING-8-II を見据えてより有効かつ高効率な利用制度・利用環境
- ・ 放射光の利用を推進する人材及び基盤を支える人材についての効果的な育成・交流

<本課題の改善に向けた指摘事項>

なし。

(6) その他

なし