

## 大型放射光施設（SPring-8）及びX線自由電子レーザー施設（SACLA）

### 中間評価にあたっての主な論点について

平成 30 年 12 月 6 日

量子研究推進室

## 1 大型放射光施設（SPring-8）について

### (1) SPring-8 の概要

#### 【主な経緯】

- 平成 3 年 11 月 理化学研究所（以下「理研」という。）と日本原子力研究所（現・日本原子力研究開発機構）が SPring-8 の建設に着手
- 平成 6 年 10 月 「特定放射光施設の共用の促進に関する法律（共用法）」を施行  
財団法人高輝度光科学研究センター（現・公益財団法人高輝度光科学研究センター。以下「JASRI」という。）を「放射光利用研究促進機構」に指定
- 平成 9 年 10 月 共用法に基づく SPring-8 の共用開始
- 平成 14 年 9 月 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会による中間評価を実施
- 平成 17 年 10 月 独立行政法人改革を受け、SPring-8 の施設所有者を理研に一本化
- 平成 19 年 3 月 JASRI を、利用促進業務を行う登録施設利用促進機関に登録
- 7 月 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会による中間評価を実施
- 平成 24 年 4 月 SPring-8 ユーザー協同体（SPRUC）発足
- 平成 25 年 8 月 科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会による中間評価を実施

#### 【目的】

大型放射光施設として世界最先端の放射光を研究者等に提供し、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、生命科学、環境・エネルギー、材料開発など、基礎科学から産業応用までの幅広い研究開発を推進する。

#### 【施設概要】

理研と日本原子力研究所とが共同で建設した放射光施設。SPring-8 は加速器群（線型加速器、シンクロトロン、蓄積リング）及び 57 本のビームラインから構成される。現在、理研が施設の運営を、登録施設利用促進機関である JASRI が利用促進業務を行っている。

#### 【予算】

平成 25 年度：105 億円（運営費：89 億円、施設整備費：16 億円）

平成 30 年度：99 億円（運営費：99 億円）

（運営費：特定先端大型研究施設運営費等補助金、特定先端大型研究施設利用促進交付金）  
（施設整備費：特定先端大型研究施設整備費補助金）

### 【運転実績（予算上の運転時間）】

平成 25 年度※：4,330 時間（5,000 時間） → 平成 29 年度：5,282 時間（5,200 時間）

（※平成 25 年度は熱源機器更新により運転時間が減少）

### 【論文数及び TOP10%論文割合】

論文数※：781 本（平成 25 年） → 1,091 本（平成 29 年）

（※それぞれ直近 3 年間に掲載された論文数の平均値）

TOP10%論文割合：11.5%（平成 25 年） → 9.5%（平成 28 年）

### 【SPring-8 を利用した具体的な研究成果例】

- ・ 医学的・生物学的に重要な機能を持つ膜タンパク質の一つであるカルシウムポンプを構造解析し、膜タンパク質とそれを取り囲む生体膜を構成するリン脂質の相互作用の詳細を世界で初めて解明（平成 29 年 5 月 11 日,Nature）。
- ・ 高温・高圧条件下で岩石を変形させ、発生する超音波を測定することで、稍（やや）深発地震の発生原理を実験的に解明（平成 29 年 8 月 29 日,Nature Geoscience）。
- ・ SPring-8、J-PARC 及びスーパーコンピュータ「京」の連携活用により、ゴムの内部構造をナノからマイクロレベルまで連続的に解析・シミュレーションする技術を開発し、耐摩耗性能を従来製品より 51%向上させた低燃費タイヤの製品化を実現（平成 28 年,住友ゴム工業）。

### 【今回の中間評価の方向性】

- ・ 科学技術・学術審議会先端研究基盤部会にて行われた前回の中間評価（平成 25 年 8 月）から約 5 年が経過していることから、「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 14 年 6 月 20 日文部科学大臣決定、最終改定 平成 29 年 4 月 1 日）に基づき、評価を行う。
- ・ SPring-8 は共用開始から 20 年が経過しており、引き続き、最先端の放射光施設として産学官の研究活動を支える基盤施設であり続けるため、国内外の放射光施設全体の今後の方向性を俯瞰しつつ、次の 20 年間で SPring-8 として取り組むべき主要課題とその取組の方向性について取りまとめることとしてはどうか。

## (2) 前回の中間評価（平成 25 年 8 月 科学技術・学術審議会先端研究基盤部会）における主な指摘事項に対する対応

### ① 世界最先端研究施設としての更なる飛躍

#### 【指摘事項】

##### （施設、設備の高度化）

- ・ 利用者ニーズを効果的かつ効率的に把握することが期待できることから、SPRUC との連携による高度化の仕組みを構築することが求められる。

- ・ SPring-8 のアップグレードに関して、(中略)、我が国の放射光施設全体を俯瞰した整備計画を考えることが必要である。
- ・ SPring-8 がアップグレードすることで期待される新しい利用者と既存の利用者とのバランスのあり方を検討する必要がある。
- ・ 利用者の受入れについては、(中略) 我が国の放射光施設全体での役割分担をどのようにしていくのか、その中でアップグレードした SPring-8 が担うべき研究は何か、という視点で検討すべき。

#### (ビームライン整備)

- ・ 新たな利用者ニーズに基づくビームラインに置き替えるといった、既存ビームラインの改廃を戦略的に行うことを検討することが必要である。

#### (経年劣化対策)

- ・ 計画的な保守・維持管理を進めていくに当たっては、SPring-8 全体での大幅な省エネルギー化をあわせて進めていくことが重要である

#### (効果的・効率的な組織の運営)

- ・ 施設の運転委託について、更なる競争的な環境を形成し、多数の業者による応札を実現することが必要
- ・ 施設の運転以外の業務についても、業務の再編などを行い、競争的な環境を形成していくことを検討することが望まれる。

### 【対応状況】

#### (施設、設備の高度化)

- ・ ビームライン高性能化検討作業部会を SPRUC に設置 (平成 28 年 12 月～平成 30 年 3 月)  
⇒ビームラインの高性能化に関して、ユーザーの立場から機器整備や技術開発を進める方向性について報告書を取りまとめ (平成 30 年 3 月)。報告書の内容を踏まえ、理研、JASRI、SPRUC の三者による会合を定期的 (年に数回程度) に実施。
- ・ 理研において、現行の SPring-8 の 100 倍以上の輝度を実現する蓄積リングの概念設計書 (CDR) を策定 (平成 26 年 11 月)。
- ・ 理研において、SPring-8 のアップグレードへの方向性を探ることを目的として、国内外の放射光施設の情勢や SPring-8 の課題等を整理した調査報告書を取りまとめ (平成 28 年 3 月)。  
⇒我が国の放射光施設全体を俯瞰した SPring-8 の整備計画の検討については今後の課題。

#### (ビームライン整備)

- ・ SPring-8 の施設全体の整備、活用方針及び個別のビームラインの改廃等について議論するため、理研に特定放射光施設検討委員会を設置 (平成 23 年 5 月)。  
⇒微小タンパク質結晶の解析ニーズの増加に対応するため、理研ビームライン (BL45XU)をタンパ

ク質結晶構造解析ビームラインとして改修・高度化し、共用ビームラインとして運用することを決定（平成 29 年 12 月）。SPring-8 全体を俯瞰した戦略的なビームラインの改廃の議論が始まった段階。

### （経年劣化対策）

- ・蓄積リング棟における熱源機器の大規模な改修を行い、対前年度比 20%以上の電力使用量の削減を実現（平成 25 年度）。

### （効果的・効率的な組織の運営）

- ・施設の運転委託や安全管理業務について、業務の切り出しや統合、複数年契約の導入等の見直しを行うことで、競争性を確保し、運営経費を合理化。

⇒運転委託及び放射線管理業務に関する入札者数が増加

- ・関連施設の建屋・設備等運転保守業務：平成 25 年度 2 者 → 平成 27 年度 4 者
- ・放射線管理業務：平成 25 年度 1 者 → 平成 27 年度 2 者

## ② 更なる利用促進方策

### 【指摘事項】

#### （利用者支援の強化）

- ・限られた予算の中で最大限に効果的な支援業務を実施できるよう、研究系及び事務系を超えた人員配置の見直しが望まれる。
- ・パワーユーザー制度を効果的かつ効率的に活用するためにも、SPRUC と協力して、より先導的・挑戦的なテーマを研究できる利用者リーダーの発掘を進めるなど、これまで以上に戦略的に選定していくことが求められる。
- ・共用法第 12 条に基づく登録機関における調査研究について、SPRUC を活用することで（中略）利用者における研究と登録機関の調査研究等の有機的な連携の促進が期待される。

#### （運転時間の確保）

- ・運営費の効率化や調整時間の短縮などを図りつつ、（中略）年間運転時間 5,500 時間以上を実現するための取組を推進することが望まれる。
- ・専用ビームラインにおけるユーザータイムの提供の割合を前回評価で指摘された目標値である 2 割程度まで伸ばすための方策について、（中略）専用ビームラインの設置者と協議を進めることが必要である。

### 【対応状況】

#### （利用者支援の強化）

- ・JASRI に情報処理推進室を新設し、事務系職員から研究系職員への配置転換を実施（平成 28 年 4

月)。

- ・ 理研と SPRUC との共同主催により毎年開催している SPring-8 シンポジウムにおいて、意見交換等を通じた利用者リーダーの発掘を実施。

⇒パートナーユーザー※の増加：平成 26 年度 3 名 → 平成 29 年度 8 名

(※パートナーユーザー制度：放射光の先導的な利用と優れた成果を創出しつつビームライン実験設備の開発・高度化を行うユーザーを、ユーザーからの申請に基づきパートナーユーザー審査委員会で審査・選定する制度。平成 26 年度にパワーユーザー制度からパートナーユーザー制度に名称を変更。)

- ・ SPRUC から示された施設の高性能化の提案を通じて、JASRI における調査研究の方向性やテーマ設定に反映。

### (運転時間の確保)

- ・ 運転時間の増加：平成 26 年度 5,099 時間 → 平成 29 年度 5,282 時間

- ・ 老朽化が進行している施設への高度なメンテナンスを実施。

⇒1%未満の低いダウンタイム率を維持：

平成 20 年～平成 24 年 5 年間の平均ダウンタイム率 0.92% →

平成 25 年～平成 29 年 5 年間の平均ダウンタイム率 0.52%

- ・ 専用ビームラインにおけるユーザータイムの提供割合を 20%に伸ばす方策について、議論を開始。(平成 29 年度～)

## ③ 革新的成果創出に向けた戦略的な取組

### 【指摘事項】

#### (利用者拡大)

- ・ 利用者の裾野を更に拡大するとともに、優れた研究課題が採択される環境を構築していくことが必要である。
- ・ 測定の自動化や遠隔実験導入を引き続き進める
- ・ 「光ビームプラットフォーム」を通じ、ほかの放射光施設と連携・協力することで、新たに開拓した業種や利用者層への支援を強化
- ・ SPring-8 だけでなく我が国全体で放射光ユーザーを定常的に拡大していくことが望まれる。

#### (先端研究拠点の形成)

- ・ 産業界のニーズと大学、研究機関等のシーズをマッチングするコーディネート機能を SPring-8 において担うことが望まれる。
- ・ 施設全体が一体となり、公開成果報告会、国際諮問委員会等の定期的な開催を通して SPring-8 のパフォーマンスを自ら評価し、その結果を施設の運営等に迅速かつ適切に反映していくことが必要である。

- 論文発表数や特許出願数に加えて、被引用論文数や経済効果といった定量的なデータを拡充することが望まれる。
- APS、ESRF を加えた三極連携により引き続き世界の放射光科学を牽引すると同時に、世界唯一の X 線自由電子レーザー施設と併設された大型放射光施設という特性を十分に生かした先端的な研究拠点形成が望まれる。

#### (教育及び研究者育成の役割)

- これまで大学院単位で個別に行われてきたカリキュラムを連携させながら、実地研修も含めた教育活動ができる仕組みを検討することが必要である。
- SPring-8 のパフォーマンス向上を支えるビームライン支援者等のスキルアップを図るため、ほかの放射光施設等と協力し、これまで以上に活発な人材の育成・交流を進めていくことが重要である。

### 【対応状況】

#### (利用者拡大)

- SPring-8 利用者の増加（延べ人数）：平成 25 年度 約 1.3 万人/年 → 平成 29 年度約 1.8 万人/年
- SPring-8 助言委員会の助言や SPRUC 利用者動向調査の検討結果を踏まえ、重点領域として「産業新分野支援」領域（平成 26 年度～平成 29 年度）及び「社会・文化」領域（平成 27 年度～平成 29 年度）を設定。
  - ⇒食品や鉱物資源等の新しい産業利用分野の実施課題数：75 課題（平成 26 年度～平成 29 年度）
  - 社会・文化領域の実施課題数の増加：27 課題（平成 27 年度） → 33 課題（平成 29 年度）
- SPring-8 と各放射光施設を横断的に利用する重点領域として「放射光施設横断産業利用」領域を設定（平成 30 年度～）。
- 複合・融合領域等における未踏分野の開拓・創成及びそれに伴う利用の裾野拡大を目的として、SPRUC と協議の上で「新分野創成利用制度」を設定（平成 27 年度～平成 29 年度）。
  - ⇒新分野創成利用制度による実施課題数：計 58 課題（平成 27 年度～平成 29 年度）
- SPring-8、J-PARC MLF、「京」の各施設を相互利用する課題について募集を実施。（平成 26 年度～、平成 29 年度より SACLA を対象施設に追加）
  - ⇒連携利用課題の実施課題数の増加：19 課題（平成 26 年度） → 22 課題（平成 29 年度）
- 産業利用において、年 2 回としていた課題募集回数を 4 回に増加し、産業界の利用機会を拡大。
  - ⇒産業利用の実施課題数の増加：253 課題（平成 25 年度） → 267 課題（平成 29 年度）
- 粉末結晶構造解析を実施している BL02B2 に自動試料交換ロボットを導入（平成 28 年 4 月）。
  - ⇒手動で行った場合と比較して、測定時間を約 25%短縮。
- BL02B2 において試料に放射光を狙い通り照射できる自動位置調整機能を付加（平成 27 年 4 月）。
  - ⇒手動で行った場合と比較して、測定時間を約 25%短縮。

- ・ BL13XU に、放射光ビームの位置調整の時間を短縮するため、光学調整フィードバックシステムを整備（平成 27 年 4 月）。  
⇒システム導入前と比較して、測定時間を約 10%短縮。
- ・ BL14B2 に、X 線吸収微細構造（XAFS）法の遠隔実験測定を整備。（平成 29 年度）
- ・ 文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 光ビームプラットフォームを活用し、放射光施設間の測定結果の規格化・標準化の取組として、測定データ等をデータベース化して公開。
- ・ SPring-8 が、我が国の放射光施設の中核として、既存の枠組みも活用しつつ、放射光利用ユーザーの拡大に関して果たすべき役割については今後の課題。

### （先端研究拠点の形成）

- ・ JASRI において、利用に向けてのコンサルティング、民間企業の潜在的ニーズの発掘や新規ユーザーの開拓などを行うコーディネータを増加。  
⇒コーディネータの増加：平成 25 年度：6 人 → 平成 29 年度：8 人  
産業界のニーズと大学、研究機関等のシーズのマッチングの拡大方策は今後の課題。
- ・ 平成 26 年 7 月、平成 28 年 8 月に国際諮問委員会を実施し、当該委員会における指摘に対応。
- ・ 平成 28 年度より研究成果（論文）の質的評価指標の一つとして、Top1%、及び 10%指標の分析を実施。  
⇒課題選定において、SPring-8 を利用すべき分野・課題の判断などに活用。
- ・ SPring-8、APS、ESRF、PETRA-III の日米欧 3 極・4 施設連携（平成 5 年度～）を進め、国際的な研究協力を強化。

### （教育及び研究者育成の役割）

- ・ 兵庫県立大学の「博士課程教育リーディングプログラム(平成 23～29 年度)」に協力し、大学院生の受け入れ、講座の提供を実施（平成 25 年度～平成 29 年度にかけて、R S C-兵庫県立大学リーディングプログラムセンターを設置）。  
⇒5 年間で計 27 名の大学院生を受け入れ（平成 25 年度～平成 29 年度）。
- ・ 次世代の放射光科学に貢献する人材の発掘を目的として、大学院修士課程を対象とした「SPring-8 夏の学校」を実施。平成 29 年度からは、更なる人材発掘・育成のため、より基礎的な「SPring-8 秋の学校」も実施。  
⇒SPring-8 夏の学校：計 391 名が参加。（平成 25 年度～平成 29 年度）  
SPring-8 秋の学校：計 43 名が参加。（平成 29 年度～）
- ・ ビームライン支援員のスキルアップを図るため、海外の放射光施設との人材交流する施策を実施（平成 28 年度～）。  
⇒計 5 名（平成 28 年度：3 名、平成 29 年度 2 名）を派遣。

## 2 X線自由電子レーザー施設 (SACLA) について

### (1) SACLA の概要

#### 【主な経緯】

- 平成 17 年 8 月 科学技術・学術審議会次世代放射光源評価作業部会による事前評価
- 平成 18 年 4 月 線形加速器建屋、アンジュレータ収納部建屋、入射器、加速器の設計・整備着手
- 平成 20 年 8 月 科学技術・学術審議会 X 線自由電子レーザー計画評価作業部会による中間評価
- 平成 23 年 3 月 JASRI を、特定放射光施設の利用促進業務を行う登録施設利用促進機関に登録
- 平成 23 年 9 月 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会による「X 線自由電子レーザー (XFEL) 計画」の事後評価
- 平成 24 年 3 月 共用法に基づく SACLA の共用開始
- 平成 24 年 6 月 総合科学技術会議による「X 線自由電子レーザーの開発・共用」の事後評価
- 平成 27 年 4 月 2 本目の硬 X 線 FEL ビームライン (BL2) の共用を開始
- 平成 28 年 7 月 軟 X 線 FEL ビームライン (BL1) の共用を開始
- 平成 29 年 9 月 マルチビームライン運転による 3 本のビームラインの同時共用を開始

#### 【目的】

物質の超微細構造や化学反応の超高速動態を瞬時に計測・分析可能な X 線自由電子レーザーを効果的、効率的に利用することにより、ライフサイエンス分野、ナノテクノロジー分野、材料分野等の広範な分野において多数の先端的研究成果を創出する。

#### 【施設概要】

理化学研究所と高輝度光科学研究センターが共同で開発した X 線自由電子レーザー施設。現在は、理化学研究所が施設の運営を、登録施設利用促進機関である高輝度光科学研究センターが利用促進業務を行っている。

#### 【予算】

平成 25 年度：75 億円（運営費：63 億円、施設整備費：2.3 億円、委託費：10 億円）

平成 30 年度：70 億円（運営費：56 億円）

運営費：特定先端大型研究施設運営費等補助金、特定先端大型研究施設利用促進交付金

施設整備費：特定先端大型研究施設整備費補助金

委託費：X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題

#### 【運転実績】

平成 25 年度：7,017 時間（7,000 時間） → 平成 29 年度：6,281 時間（6,250 時間）

#### 【論文数及び TOP10%論文割合】

論文数 : 39 本（平成 25 年） → 78 本（平成 29 年）

TOP10%論文割合 : 20.5%（平成 25 年） → 24.5%（平成 28 年）

#### 【具体的な研究成果例】

- ・光合成Ⅱ複合体が、光合成の水分解反応で酸素分子を発生させる直前の状態を捉えることに世界で初めて成功し、酸素分子の生成部位を特定（平成 29 年 2 月 21 日、Nature）。
- ・水が冷却され氷になる直前の過冷却状態の構造を捉えることに成功し、二つの液相間で揺らぐ「液-液気相転移の臨界点」が存在することを実証（平成 29 年 12 月 22 日、Science）。
- ・微小結晶を含んだ微小液滴を空間的・時間的に高い精度で制御する「パルス液滴法」を開発し、連続フェムト秒結晶構造解析法と組み合わせることで、タンパク質構造解析に必要な結晶の量を数百分の 1 に削減することに成功（平成 28 年 3 月 24 日、Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography）。

#### 【今回の中間評価の方向性】

- ・科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会にて行われた X 線自由電子レーザー計画の事後評価（平成 23 年 9 月）から 7 年が経過していることから、「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 14 年 6 月 20 日文部科学大臣決定、最終改定 平成 29 年 4 月 1 日）」に基づき、評価を行う。なお、研究計画・評価分科会のみならず、関係機関におけるこれまでの評価も参照しつつ行う。
- ・上記を踏まえて、今回の中間評価は SACLA の運用開始から初となる評価であることから、世界の X 線自由電子レーザーの進展も踏まえつつ、これまでの取組状況を確認するとともに、今後の施設の安定運転による研究成果の最大化を図っていく上での課題・方策について取りまとめることとしてはどうか。

## **（2） X 線自由電子レーザー（XFEL）計画の事後評価（平成 23 年 9 月 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会）における主な指摘事項に対する対応**

### ① 開発について

#### 【指摘事項】

- ・平成 23 年度中の供用開始に向け、質の高いビームを安定的に供給できるように引き続き十分な調整を進め、我が国から世界初となる画期的な成果が早期に創出されることを期待する。
- ・XFEL の光源の更なる安定化と高品質化を実現しコヒーレント性を高めるシーディング技術については、（中略）引き続き実機への実用化に向け取り組むことが望まれる。
- ・ビームラインの増設など今後の開発・整備や開発技術の汎用化等については、利用者のニーズを十分に把握しつつ検討を進めることが必要である。
- ・中長期的な我が国独自のイノベーション創出や国際競争力強化の観点からも、戦略会議で指摘されている SPring-8 との相互利用実験基盤、「京」などの高性能スパコンとの連携、シーディング装置など我が国独自の特長を活かす研究環境の整備・充実を、国内外の研究動向等も踏まえ

つつ、引き続き推進することが望まれる。

## 【対応状況】

### （技術開発）

- ・自己シーディングスキームとして、レーザーの輝度を一桁程度向上できる可能性がある反射型のシーディングスキームを世界に先駆けて開発（平成 29 年度）。

### （利用時間の増加）

- ・ユーザーからの利用時間の増加に対するニーズに対応するため、2 本目の硬 X 線 FEL (BL2) の共用を開始（平成 27 年 4 月）。また、2 本の硬 X 線 FEL の同時利用を実現し、3 本の XFEL ビームラインで同時に利用実験できる環境を整備（平成 29 年 9 月）。
- ・軟 X 線 FEL 利用のニーズに対応するため、軟 X 線 FEL (BL1) を整備（平成 28 年 7 月）。

⇒利用時間の増加：平成 25 年度 2,955 時間 → 平成 29 年度 5,232 時間

残り 2 本のビームラインの整備については、今後、平成 29 年度から開始した硬 X 線 FEL の振り分け運転の効果を評価するとともに、関係技術の開発動向を踏まえた検討が重要。

### （相補利用の取組）

- ・相互利用実験施設の整備を進め、500TW レーザーを利用した共用課題を募集（平成 30 年度～）。  
⇒計 2 課題を実施
- ・SPring-8、SACLA、J-PARC MLF または「京」の各施設を相互利用する課題の募集（平成 29 年度～）。  
⇒SACLA と他の大型施設との相互利用により計 6 課題実施（平成 29 年度～）

## ② 利用研究について

### 【指摘事項】

- ・今後、XFEL の利用を牽引する先導的な研究成果を早期に創出し、国内外の利用者を惹きつけ、継続的に欧米に先んじた革新的な成果を創出することが重要である。
- ・XFEL があらゆる利用者にとって広く使いやすいものとなるよう、利用技術の開拓・高度化・標準化とシステムとしての統合等を進めていくことが必要である。
- ・利用研究の成果創出を目指す研究開発を、プロトタイプ機の有効活用も含め、施設設置者、登録機関及び幅広い利用者が一体となって強力に推進していくことが必要である。
- ・研究成果の早期創出には、利用支援を行う登録施設利用促進機関（登録機関）の果たす役割が非常に重要であることから、施設設置者と協力・連携しつつ必要な体制を構築していくことが必要である。
- ・欧米との激しい競争状況の中、利用研究を強力に推進し先導的な成果創出を実現するには、競争

的資金による研究資金の集中投資などを通じ、強力な推進体制により、優れた利用研究を着実に実施できるように努力することが必要である。

## 【対応状況】

### (利用研究成果)

- ・米国の LCLS に匹敵する質の高い成果を創出。  
⇒ SACLA : TOP10%論文割合 : 35.9%、TOP1%論文割合 : 6.2% (平成 26 年度～平成 28 年度)  
LCLS (米国) : TOP10%論文割合 : 35.2%、TOP1%論文割合 : 7.9% (平成 26 年度～平成 28 年度)

### (技術開発)

- ・極限集光システム(平成 25 年度)、フェムト秒アライバルタイミングモニター(平成 27 年度)、SFX 実験プラットフォーム(平成 25 年度)、大規模データ解析システム(平成 25 年度)等を開発し、SACLA のシステムとして統合。
- ・理研・XFEL 研究開発部門及び JASRI・XFEL 利用研究推進室が、それぞれ利用システムの開発・運用と、当該システムを使った利用者支援を実施する体制を構築 (平成 23 年度～)。
- ・X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題により、早期に利用技術や実験手法を開発 (平成 24 年度～平成 28 年度)。  
⇒ X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題による論文数 : 120 本 (平成 24 年度～平成 28 年度)

## ③ 情報発信について

### 【指摘事項】

- ・今後、利用研究の推進や潜在的利用者の掘り起こしにあたっては、施設設置者、登録機関及び利用者が一体となって、XFEL の利用を牽引する先導的な研究成果を早期に創出し、その取組状況や成果等についてホームページを更に充実されるなど、引き続き積極的に広報していくことが必要である。

## 【対応状況】

### (広報活動)

- ・SACLA の利用者の増加 (延べ人数) : 678 名 (平成 25 年度) → 1,219 名 (平成 29 年度)
- ・SACLA を利用した研究課題の成果について、ホームページへの掲載やパンフレットの作成 (計 2 種類、36,000 部)、シンポジウムの開催 (計 9 回) (平成 25 年度～平成 29 年度)。

## ④ 運用等について

**【指摘事項】**

- ・ 今後、国内外の研究動向等も踏まえつつ、施設設置者及び登録機関が協力して、産業界も含めた利用者のニーズを適時的確に把握し、効率的・効果的で利用者本位の運営がなされるように努めていくことが必要である。

**【対応状況】**

**(産業利用ニーズを把握し、本格的産業利用に繋げるプログラム)**

- ・ SACLA の産業利用振興に向け、「SACLA 産学連携プログラム」を設置（平成 26 年 7 月）。さらに、企業単独の応募も可能とする「SACLA 産業利用推進プログラム」に発展（平成 28 年度）。

⇒SACLA 産学連携プログラム：計 5 課題実施（平成 26 年度～平成 27 年度）

SACLA 産業利用推進プログラム：計 11 課題実施（平成 28 年度～平成 29 年度）

- ・ SACLA の成果専有利用を開始。（平成 28 年度～）

⇒計 3 件実施（平成 28 年度～）

利用者ニーズを適時的確に把握する取組や、利用者本位の運営の取組は今後の課題。

**(3) 「X線自由電子レーザーの開発・共用」の事後評価（平成 24 年 6 月 総合科学技術会議）における主な指摘事項に対する対応**

※総合科学技術イノベーション会議における評価に対する対応は、参考として取り扱う。

**① XFEL 装置の開発・整備**

**【指摘事項】**

- ・ XFEL 装置の性能を十分に発揮するためには、出力の安定化等のための技術開発、XFEL の特徴を生かすための測定装置やソフトウェアの開発等に取り組む必要がある。

**【対応状況】**

- ・ XFEL を用いた新たなタンパク質結晶構造解析方法であるシリアルフェムト秒結晶解析（SFX）の測定装置の整備(平成 25 年度)やデータ処理システムの構築(平成 25 年度)、「京」との連携のため所外ネットワークの高速化などを実施。

**② 国際連携**

**【指摘事項】**

- ・ 国内外の関係機関との協力・連携を強化していくことが必要である。
- ・ 海外の研究機関との国際共同研究なども含めて、国際貢献できる施設利用の形態を構築していくことが必要である。

## 【対応状況】

- ・国内 3 機関、国外 5 機関と協定を締結するとともに、SACLA、LCLS、European-XFEL、SwissFEL、PAL-XFEL、上海 XFEL の 6 極連携（平成 18 年度～）を進め、国際的な研究協力を強化。  
⇒XFEL5 極ワークショップを 5 回実施（平成 25 年度～平成 29 年度）
- ・海外の研究者でも利用できる利用制度を整備（成果専有利用を除く。）。  
⇒海外の研究者による利用の増加：11 課題（平成 25 年度） → 32 課題（平成 29 年度）

## ③ 人材育成

### 【指摘事項】

- ・ XFEL 施設の能力を最大限発揮するためには、装置を扱う高度な技術や経験を組織的、かつ計画的に共有する必要がある。
- ・ 研究成果のタイムリーな公表に加えて、研究計画へのアドバイス、的確な技術指導、データの解析支援等を行えるエキスパート人材を育成し、利用者への支援体制を充実していく必要がある。
- ・ 支援体制の充実に向けた取組と併せて、的確に外部評価する仕組みを構築する必要がある。

## 【対応状況】

- ・ SACLA に関する設備の維持管理及び、実験装置の開発等を一体的に行う、エンジニアリングチームを理研に設置。（平成 25 年度）
- ・ エキスパート人材の人数が増加：平成 25 年度 10 人 → 平成 29 年度 16 人
- ・ 「SACLA 大学院生研究支援プログラム」を実施し、次世代の若手研究者を育成しながら大学と施設の連携を強化。（平成 26 年度～）  
⇒博士論文 3 報、査読付論文 4 報が出版済み（平成 27 年度～平成 29 年度）。
- ・ 独立行政法人評価委員会 理化学研究所作業部会（現・国立研究開発法人審議会 理化学研究所部会）において、人材育成の取組について順調に進捗していると評価。

## ④ 研究開発マネジメントの実施状況等

### 【指摘事項】

- ・ 基礎科学、応用科学、産業にわたる広い経験と見識を備えた者をコーディネーターやアドバイザーとして参画させるなど、学術研究から産業利用に至る広い範囲での新規利用を積極的に推進できる体制を構築する必要がある。
- ・ ビームラインについて、今後の利用拡大を見越して、どのような基準、どのようなタイミングで増設の是非を判断していくのか、早急に明確にする必要がある。増設する場合には、利用者のニーズも十分に把握しつつ、ビームラインを使い分けていく必要がある。

## 【対応状況】

- ・ JASRI において、利用に向けてのコンサルティング、民間企業の潜在的ニーズ発掘や新規ユーザー開拓などを行うコーディネータを増加。

⇒コーディネータの増加：平成 25 年度：1 人 → 平成 29 年度：2 人

コーディネータ機能の活性化・拡大は今後の課題。

- ・ 第 3 期中長期目標及び中長期計画に沿って、新規ビームラインの整備・高度化を実施。
- ・ SACLA の今後の施設整備・研究の方向性等の協議・検討を目的とした SACLA ユーザーズミーティングを 2 回開催（平成 27 年度～平成 29 年度）
- ・ 幅広いニーズに効率的に対応できるよう、ライフサイエンスを軸とした定型の利用実験を行う BL2 及び開発要素の多い実験を主として行う BL3 と、BL の役割分担を明確化（平成 29 年度）。

### 3 今後の重点的な課題及び推進方策

本項では、1及び2でまとめた、SPring-8、SACLA それぞれの前回の中間評価等における主な指摘事項に対する対応状況の確認を踏まえ、共用法に基づく世界最先端の大型共用施設基盤として、学術研究のみならず産業利用においても、科学的、社会的、経済的に高いインパクトを与える研究成果を創出し続けていくことを基本的な考え方とし、これを短期、中長期にわたって実現していくための、今後の課題及びその推進方策を重点的に検討してはどうか。重点的に検討すべき今後の課題としては、以下が挙げられるのではないかと。

(：なお、評価の結果、必要であれば、文部科学省において共用法や基本方針の改正等についても検討していく方向)

#### (1) SPring-8、SACLA の政策的位置づけと今後の発展の方向性

##### i SPring-8

##### (SPring-8 の今後の発展の方向性)

・次世代放射光施設(軟 X 線向け高輝度 3 GeV 級放射光源)の今後の整備も見据えて、我が国の放射光施設全体の役割分担を俯瞰し、SPring-8 の今後の政策的位置づけと発展の方向性を検討すべきではないか。具体的には、今後 20 年間以上にわたり、主に硬 X 線を活用した高輝度放射光源として、産学官の幅広い共用に供し、最先端の科学技術の成果創出を狙える施設とすべき、ではないか。

－世界の放射光施設の発展の方向性

－硬 X 線の放射光源が拓く科学技術、他施設との連携による相補的発展

－施設全体(放射光源)の高度化の検討

##### ii SACLA

##### (SACLA の今後の発展の方向性)

・諸外国において、新たに X 線自由電子レーザー(XFEL)の運用開始、施設の高度化が進んでいる状況を踏まえ、SACLA の特長を活かした重点的な研究展開、差別化など、SACLA の今後の政策的位置づけと発展の方向性を検討すべきではないか。具体的には、安定した運転が可能な世界最高性能の XFEL として、我が国独自の技術の活用など、SACLA の施設としての特長を発展させるとともに、利用環境や利用ニーズに沿った支援等により、産・学における世界最先端の成果創出を実現するための施設とすべき、ではないか。

－世界の XFEL の発展の方向性

－SACLA の特長と SACLA が拓く科学技術、他施設との連携による相補的発展

##### iii SPring-8、SACLA 共通

##### (経営基盤の強化)

- ・中長期にわたり、学術研究のみならず産業利用においても、科学的、社会的、経済的に高いインパクトを与える研究成果を創出し続けていくことが可能な施設とするには、財政的な観点から、施設の経営基盤を強化していくことが必要ではないか。施設の経営基盤を強化するため、どのような具体的な方策を検討すべきか。

- －施設の計画的な経年劣化対策、運営費の効率化

※中間評価（第3回）で議論する主な項目

- －財源の多様化検討（大型研究プロジェクトの活用、財産寄付等）、適切な利用料等の設定

- －研究開発力強化法の改正を見据えた準備、検討（ベンチャーへの出資など）

### （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 など地域がこれまで蓄積してきた研究基盤（施設、人材、ネットワーク）を最大限に活かし、イノベーションエコシステムを形成していくべきではないか。具体的には、どのような取組を推進していくべきか。

- －登録施設利用促進機関（JASRI）などによる、地域全体の利用促進マネジメント

- －遠隔による利用促進

## （2）研究成果の最大化

### i SPring-8、SACLA 共通

#### （成果指標の検討）

- ・SPring-8、SACLA の研究成果は多様な指標により総合的に評価されるべきと考えられる。社会から求められる成果の創出に向けた効果的な指標を検討するとともに、これらを活用して成果の最大化を目指すべきではないか。

#### （オープンデータ・オープンアクセス）

- ・研究成果を最大化するという観点から、各種測定データ等のデータベース化やオープン化を推進し、有効な利活用を図るべきではないか。

### ii SPring-8

#### （ビームラインの改廃と高度化の実現）

- ・中長期にわたり、学術研究のみならず産業利用においても、科学的、社会的、経済的に高いインパクトを与える研究成果を創出し続けていくことが可能な施設とするには、ビームラインの固定化を防止し、その改廃（新陳代謝）、高度化が自ら起こる仕掛けを組み入れることが必要ではないか。ビームラインの改廃と高度化の実現には、具体的にどのような取組を推進すべきか。

- －ビームラインの位置づけ再定義（改廃するうえでの方向性。例えば、「汎用」：ハイスループット、「先端開発」：先端的な研究成果、「挑戦的」：新たな領域開拓）

- ビームラインの固定化を防止し、その改廃（新陳代謝）、高度化が自ら起こる仕掛け（評価方法を含む）
- ビームラインの設置、改廃等の判断主体の明確化

### **（ビームライン有効利用による研究成果の最大化）**

- ・ 研究成果を最大化するために、これまでの「共用ビームライン」、「専用ビームライン」等の枠組みを改め、新たな考え方のもと、ビームラインの有効活用が可能となる仕組みを検討すべきではないか。
- 既存枠組みでの有効活用の方策（例：専用ビームラインと共用ビームラインのビームタイム交換（専用ビームラインに共用ビームタイムの設定）、専用ビームラインに対する施設者管理・支援の促進、既存のビームラインの種別を超えた利用促進業務の一元化、など）
- 次世代放射光施設の整備・運用等に関する検討も踏まえ、新たにビームタイムによる運用方式の導入

### **（3）産学官共用による利用促進**

#### **i SPring-8、SACLA 共通**

#### **（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）**

- ・ 産学官の利用者の増加等に伴い利用促進業務が増大、多様化している状況に鑑み、共用法に基づく共用施設として、理研（施設設置者）、JASRI（登録施設利用促進機関）は、利用者本位の施設運営を更に実践していくべきではないか。これまでの取組を踏まえ、具体的にどのような取組が有効か検討すべきではないか。

#### **（産学官の共用施設としての利用促進：多様な利用者支援）**

- ・ 民間企業などが抱える多様なニーズや課題に応えるため、共用法に基づく世界最先端の大型共用施設基盤として、これまで蓄積された知見や経験を活用しながら、多様な利用者支援の取組を実践していくべきではないか。これまでの取組を踏まえ、具体的にどのような取組が有効か検討すべきではないか。

- 産学コーディネート機能の活性化（本格的な産学連携促進のための仕組みづくりなど）

- 産学官のパワーユーザーの拡大
- オープン・イノベーションの推進

#### **（新たな利用領域の開拓）**

- ・ 科学技術の進展を踏まえつつ、SPring-8、SACLA を活用することで、新たな学術的進展や生産性向上、市場創出、社会的・文化的価値の創出につながる重点領域と、その分野の利用者を積極的に開

拓する取組を推進し、利用促進を図っていくべきではないか。特に、SACLA については、今後の産業利用の促進方策について検討が必要ではないか。

－ベンチャー企業向けトライアルユース利用の導入

#### **(4) 人材育成及び国民理解の醸成**

##### **i SPring-8、SACLA 共通**

##### **(人材育成)**

- ・大学や他の放射光施設等と協力し、我が国の放射光施設全体として、戦略的な人材の育成・確保・交流を進めていくべきではないか。今後、持続的に施設運営を行うためには、施設の利用を支える研究者・技術者のキャリアパスを明確化するとともに、若手人材や学生等の育成方針を検討する必要があるのではないか。

##### **(施設の広報、プロモーション)**

- ・世界最先端の大型研究施設であり続けるためには、国民の理解が何より重要。施設の広報、プロモーションを強化していくべきではないか。