

資料5
 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(第4回)
 科学技術・学術審議会 量子ビーム利用推進小委員会(第26回)
 平成30年12月25日

大型放射光施設 (SPring-8) の整備・共用

2019年度予算額(案) : 9,721百万円
 (前年度予算額 : 9,909百万円)



2018年度第2次補正予算額(案) : 1,162百万円
 (SACLAからの電子ビーム入射によるSPring-8老朽化施設の廃止等 : 650百万円
 SPring-8 安全・防災対策 : 512百万円)

背景・課題

- 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**。生命科学、環境・エネルギーから新材料開発まで広範な分野で先端的・革新的な研究開発に貢献。
- 平成9年の共用開始から20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。
- 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(他に米国APS、欧州ESRF)、SPring-8は安定なビーム性能を発揮中。

事業概要

【事業の目的・目標】

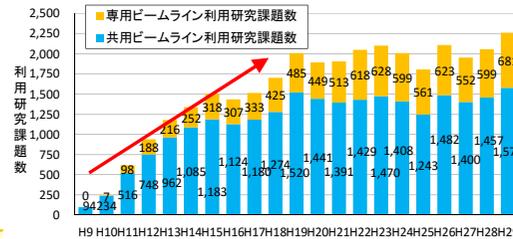
SPring-8について、安定的な運転の確保及び利用環境の充実を行い、産学の広範な分野の研究者等の利用に供することで、世界を先導する利用成果の創出等を促進し、我が国の国際競争力の強化につなげる。

【事業概要・イメージ】

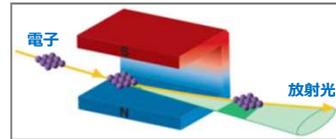
- ① **SPring-8の共用運転の実施** **8,340百万円(8,530百万円)**
 - 5,000時間運転の確保及び維持管理等
- ② **SPring-8・SACLAの利用促進*** **1,381百万円(1,379百万円)**
 - 利用者選定・利用支援業務の着実な実施 * SACLAと一体的・効率的に実施。

【これまでの成果】

- 論文発表 : ネイチャー・サイエンス誌をはじめ、SPring-8を利用した研究論文は**累計約14,000報**。
(例えば、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固有の成果。※はやぶさ試料解析、光化学系Ⅱ複合体。)
- 産業利用 : 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**。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**。



放射光の発生原理



光速近くまで加速した電子に磁場をかけて軌道を曲げるときに接線方向に放射光が発生



【事業スキーム】



創薬のブレークスルーにつながる膜タンパク質とリン脂質の相互作用を解明

[Nature (2017.5.11) 掲載]
 【使用ビームライン】BL41XU 【中心研究機関】東京大学、高輝度光科学研究センター

- SPring-8において、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**。膜タンパク質の機能発現と生体膜とが密接に関わっていることを解明。
- 創薬の重要なターゲットである膜タンパク質の機能発現に、生体膜がどのように関わるかが明らかになったことで、今後、**膜タンパク質の機能理解に基づく創薬のブレークスルーに高い期待**。



高変換効率な有機薄膜太陽電池の構造を解明

[Nature Photonics (2015.5.25) 掲載]
 【使用ビームライン】BL46XU 【中心研究機関】理化学研究所、北陸先端科学技術大学院大学等

- SPring-8のX線構造解析により、エネルギー変換効率 $>10\%$ を超える有機薄膜太陽電池内の**半導体ポリマーの向きや分布等がエネルギー変換効率の向上の鍵であることを解明**。
- エネルギー変換効率を向上させる半導体ポリマーの分子構造や分布等の条件が明らかになったため、**太陽電池の実用化の目安であるエネルギー変換効率 15% の到達に向けた研究の加速に期待**。



X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の整備・共用

2019年度予算額(案) : 6,906百万円
 (前年度予算額) : 7,019百万円



背景・課題

- SACLAは、原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・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**。放射光(波長の短い光)とレーザー(質の高い光)の両方の長を併せ持った高度な光源。
- 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。
- X線自由電子レーザーは**人類が初めて手にした革新的光源**。世界では、これまで、日本、米国(米国LCLSは平成22年に供用開始)が稼働していたが、平成29年から欧州・スイス・韓国が相次いで運転を開始。SACLAは、世界で最もコンパクトな施設で最も短い波長が得られる点で優位性を発揮。

事業概要

【事業の目的・目標】

SACLAについて、安定的な運転時間の確保及び利用環境の充実を行い、産学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。

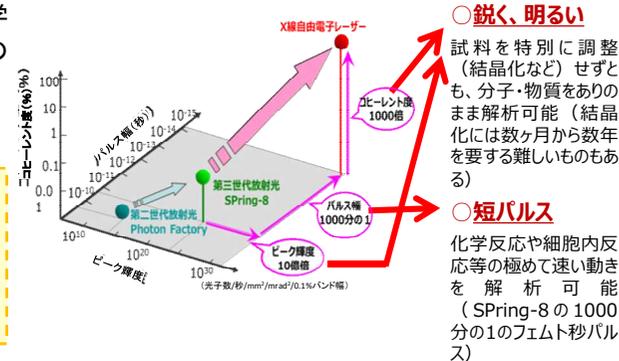
【事業概要・イメージ】

- ① **SACLAの共用運転の実施** **5,525百万円(5,639百万円)**
 - 5,815時間運転の確保及び維持管理等
- ② **SPring-8・SACLAの利用促進【再掲】** **1,381百万円(1,379百万円)**
 - 利用者選定・利用支援業務の着実な実施 ※ SPring-8と一体的・効率的に実施。

【これまでの成果】

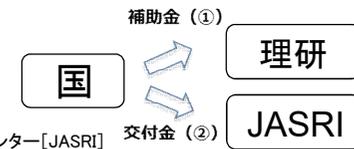
- ・ 共用開始以来、採択課題数は351課題。**ネイチャー誌をはじめとするトップ論文誌に累計44報の論文掲載**。
- ・ 平成29年9月より**3本のビームラインを同時に共用開始**しており、更なる高インパクト成果の創出に期待。

X線自由電子レーザー(放射光+レーザー)の特長



【事業スキーム】

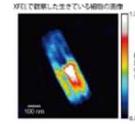
- ✓ 施設設置者: (国研)理化学研究所[理研]
- ✓ 登録施設利用促進機関: (公財)高輝度光科学研究センター[JASRI]



生きた細胞をナノレベルで観察することに成功 (ナノ: 10^{-9} = 10億分の1)

[Nature Communications (2014.1.7) 掲載]
 【使用ビームライン】BL3 【利用期間】2011年度~2014年度 【中心研究者】西野吉則(北海道大学)

- ・ 電子線やX線などを用いた従来の顕微鏡・放射光では、観察に必要な一定のビーム照射や結晶化により細胞は死んでしまっていたが、SACLAのフェムト(10^{-15})秒オーダーの発光時間を使うことで、自然な状態の生きている細胞内部のナノ構造を捉えることに成功。
- ・ **生きた細胞をナノメートルの分解能で定量的に観察できる手法を世界で初めて確立**。未だ解明されていない原核微生物のゲノム複製やそれに続く細胞分裂などの重要な細胞内現象の解明に期待。



生きた細胞内部のナノ構造を高コントラストで可視化

光合成を行う正確な3次元原子構造を解明 ~人工光合成開発への糸口~

[Nature (2015.1.1)、Nature (2017.2.21) 掲載]
 【使用ビームライン】BL3 【利用開始年】2011年度 【中心研究者】沈建仁(岡山大学)他

- ・ 植物は、光化学系II複合体というタンパク質で水分解を行い、生命が必要とする酸素を作り出すことは長く知られていたが、原子構造や機構は未知のままだった。20年来の研究とSACLAで開発した解析法により、**1.95Å分解能で全構造とその触媒中心構造を正確に解明することに世界で初めて成功**。さらに続けて、**触媒中心が水分子を分解する過程を捉え、酸素分子が発生する直前の構造を世界で初めて解明**。
- ・ **自然界の光合成が原子レベルでいかに行われているかの解明につながる重要成果であり、人工光合成開発の実現に向けて前進**。



光化学系II複合体の触媒中心の原子構造(Mn₄CaO₅クラスター; “歪んだ椅子”)

背景・必要性

大型放射光施設SPring-8は世界最高性能の放射光を発生、利用できる施設として、多くの学術利用・産業利用が行われる最先端の研究施設(兵庫県佐用町)。一方、SPring-8は建設から25年近くが経過し、**施設の老朽化により建屋内への漏水・溢水がたびたび発生**。特に、**電気設備や放射性物質の保有量の多い施設の老朽化により、火災等の発生及びそれによる放射性物質の外部漏洩のリスクが高まっている**。これらリスクの高い施設等の廃止や、劣化が著しい箇所の工事、装置更新等の防災・安全対策を**早急**に実施することで、火災等の発生及びそれによる放射性物質の漏洩を未然に防ぎ、**施設の防災・安全対策に貢献**。

整備の概要

SACLAからの電子ビーム入射によるSPring-8老朽化施設の廃止等 (650,000千円)

線形加速器施設やシンクロトロン施設など、**特に放射性物質を多く有する施設の老朽化により、漏水や溢水、火災等による放射性物質の外部漏洩が懸念**。これら施設に電力を供給する**第2特高変電所も老朽化が進み、火災等の発生のリスクが高まっている**。

そこで、電子エネルギーが同じ**X線自由電子レーザー施設SACLAからSPring-8に電子ビームを入射する輸送システムを整備**。H30年度補正予算 整備・試験運転 → H31年度末～ 本格運転(予定)

これまで蓄積リングに電子ビームを供給していた**線形加速器とシンクロトロンを停止**するとともに、当該施設に電気を供給していた**第2特高変電所も廃止**。

【電子ビーム輸送システム】(400,000千円)

SACLAからSPring-8の蓄積リングに電子ビームを振り分けるためのシステム及び、電子ビームを輸送するための偏向電磁石等の整備を行う。

【変電所配線等工事】(250,000千円)

第2特高変電所の廃止に向けて、これまで同変電所から受電していた施設の配線を別の**変電所に組み替える配線等工事及び配線工事に伴う関連設備の更新**を行う。

➡ **放射性物質の漏洩や火災リスクの高い施設の廃止等により、施設の防災・安全対策に貢献。**

(運営費低減効果)

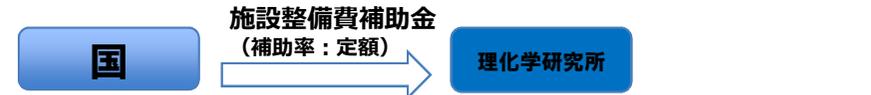
SPring-8の中でも特に電気を多く使用する線形加速器・シンクロトロンを停止することで電気代・施設保守費の大幅な効率化が可能となり約4億円/年が削減可能。また同施設の停止により第2特高変電所の老朽化対策が不要となり、変電設備等の更新費約28億円が削減可能。



電磁弁付近の雨漏りによる水たまり



既存の入射システム(線形加速器、シンクロトロン)を停止しSACLAの電子ビームを振り分け、SPring-8に電子を入射



SPring-8 安全・防災対策 (512,000千円)

蓄積リング棟などの主要施設は、**整備から25年近く経過し、防水層の劣化により建屋内への漏水もたびたび発生**。**放射線監視モニタにも不具合が出ている**。これらの施設は、各所に電気設備が設置されており、特に蓄積リングは放射性物質の保有量も多く、**災害発生時に火災や放射性物質漏洩のリスクがある**。

このため、特に**劣化が著しい箇所の防水工事や、装置更新等の防災・安全対策を早期に実施する**。

【漏水等防止】

蓄積リング棟 屋根・外壁の防水工事 (150,000千円)
火災・放射性物質漏洩リスクの高い施設等の漏水対策 (140,000千円)

【放射性物質漏洩防止】

放射線監視モニタの補修 (222,000千円)

➡ **放射性物質の漏洩や火災リスクの高い施設等の補修工事や装置更新等により、施設の防災・安全対策に貢献。**



蓄積リング棟 屋根の劣化



屋根の腐食進行状況



放射線管理区域の床材の剥離

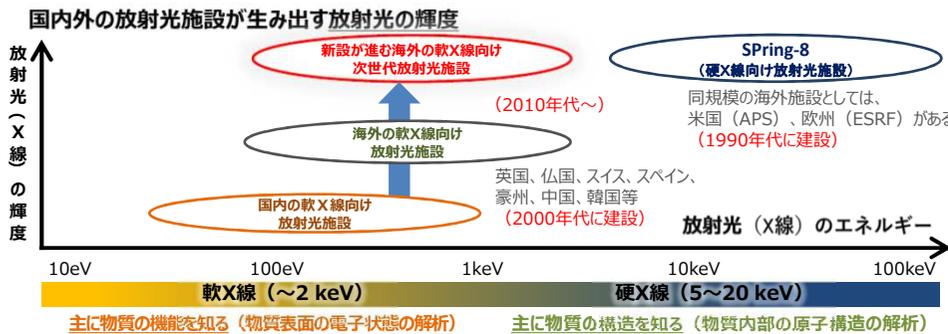
官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の推進

2019年度予算額（案）： 1,326百万円
 (前年度予算額)： 234百万円



文部科学省

- 最先端の科学技術は、物質の「構造解析」に加えて物質の「機能理解」へと向かっており、物質の電子状態やその変化を高精度で追える高輝度の軟X線利用環境の整備が重要となっている。このため、**学術・産業ともに高い利用ニーズが見込まれる次世代放射光施設（軟X線向け高輝度3GeV級放射光源）の早期整備が求められている。**
- 次世代放射光施設は、**財源負担も含めて「官民地域パートナーシップ」により整備することとされており、本年7月、文部科学省において地域・産業界のパートナーを選定。**
- これらを踏まえ、我が国の研究力強化と生産性向上に貢献する**次世代放射光施設について、既に合意した加入金全額のコミットメントを確実に得た上で、整備に着手。**



【事業概要】

<官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備>

① 施設の整備費

施設の整備着手に必要な、ライナック及び蓄積リングの電磁石、高周波空洞管等を整備する。

② 業務実施費

研究者・技術者等の人件費及び施設整備に必要なビーム測定環境等を構築する。

【事業スキーム】



【今後のスケジュール】

	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	
加速器 (ライナック及び蓄積リング)	整備着手	約170億円程度				ファーストビーム
ビームライン		最大約60億円程度				運用開始
基本建屋	約83億円程度					
研究準備交流棟			約25億円程度			
整備用地	約22億円程度					

■ 国が分担 ■ パートナーが分担

官民地域パートナーシップによる役割分担

- パートナー：一般財団法人光科学イノベーションセンター[代表機関]、宮城県、仙台市、国立大学法人東北大学、一般社団法人東北経済連合会
- 整備用地：東北大学 青葉山新キャンパス内 (下図参照)



- 整備費用の概算総額：約360億円程度 (整備用地の確保・造成の経費を含む)
- ・想定される**国の分担：最大約200億円程度** (ビームラインを5本整備する場合)
- ・**パートナーの分担：最大約170億円程度** (ビームラインを7本整備する場合)

項目	内訳	試算額	役割分担
加速器	ライナック、蓄積リング、輸送系、制御・安全	約170億円程度	国において整備
ビームライン	当初10本 (パートナーは最大7本)	約60億円程度 (パートナーは最大約40億円程度)	国及びパートナーが分担
基本建屋	建物・附属設備	約83億円程度	パートナーにおいて整備
研究準備交流棟	建物・附属設備	約25億円程度	
整備用地	土地造成	約22億円程度	

※整備期間中の業務実施費 (建設工程の管理、事務管理費等) は除く