

世界最高水準の大型研究施設の整備・利活用と 研究施設・設備のリモート化・スマート化の推進

資料8 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 量子ビーム利用推進小委員会（第39回）
令和2年11月26日



令和3年度要求・要望額	97,022百万円
(前年度予算額)	49,727百万円)
令和2年度補正予算額	2,100百万円

- 我が国が世界に誇る最先端の大型研究施設等の整備・共用を進めることにより、産学官の研究開発ポテンシャルを最大限に発揮するための基盤を強化し、世界を先導する学術研究・産業利用成果の創出等を通じて、研究力強化や生産性向上に貢献するとともに、国際競争力の強化につなげる。
- また、研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化を推進し、研究者が、距離や時間の制約を超えて研究を遂行できる環境を実現する。

スーパーコンピュータ「富岳」の整備

我が国が直面する社会的・科学的課題の解決に貢献し、世界を先導する成果を創出するため、令和3年度共用開始となる世界最高水準の汎用性のあるスーパーコンピュータの整備を着実に推進する。

32,665百万円（5,975百万円）

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

科学的にも産業的にも高い利用ニーズが見込まれ、研究力強化と生産性向上に貢献する、次世代放射光施設（軟X線向け高輝度3GeV級放射光源）について、官民地域パートナーシップによる役割分担に基づき、整備を着実に進める。

6,612百万円（1,732百万円）

大型放射光施設「SPring-8」

9,518百万円※1（9,679百万円※1）

※1 SACLAL分の利用促進交付金を含む

生命科学や地球・惑星科学等の基礎研究から新規材料開発や創薬等の産業利用に至るまで幅広い分野の研究者に世界最高性能の放射光利用環境を提供し、学術的にも社会的にもインパクトの高い成果の創出を促進。



スーパーコンピュータ「富岳」・HPCIの運営

19,074百万円（14,554百万円）

令和3年度に運用開始となる「富岳」を中核とし、多様な利用者のニーズに応える革新的な計算環境（HPCI：革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ）を構築し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献。



研究施設・設備の整備・共用



X線自由電子レーザー施設「SACLA」

6,916百万円※2（6,904百万円※2）

※2 SPring-8分の利用促進交付金を含む

国家基幹技術として整備されてきたX線自由電子レーザーの性能（超高輝度、極短パルス幅、高コヒーレンス）を最大限に活かし、原子レベルの超微細構造解析や化学反応の超高速動態・変化の瞬時計測・分析等の最先端研究を実施。



大強度陽子加速器施設「J-PARC」

10,923百万円（10,923百万円）

世界最高レベルの大強度陽子ビームから生成される中性子、ミュオン等の多彩な2次粒子ビームを利用し、素粒子・原子核物理、物質・生命科学、産業利用など広範な分野において先導的な研究成果を創出。



先端研究基盤共用促進事業

1,600百万円（1,213百万円）

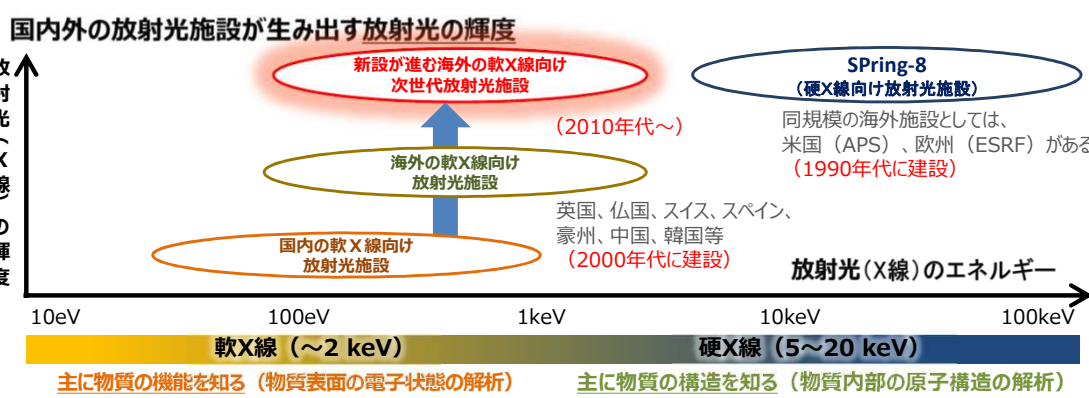
国内有数の研究基盤（産学官に共用可能な大型研究施設・設備）：プラットフォーム化により、ワンストップで全国に共用。各機関の研究設備・機器群：「統括部局」の機能を強化し、組織的な共用体制の構築（コアファシリティ化）を推進。

研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化

大型研究施設から研究室レベルまで、あらゆる研究現場において、リモート研究を可能とする環境の構築や、実験の自動化を実現するスマートラボ等の取組を推進し、距離や時間に縛られず研究を遂行できる革新的な研究環境を整備する。

11,000百万円（新規）【令和2年度補正予算額：2,100百万円】 1

- 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。**
- 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、官民地域パートナーシップによる役割分担に基づき、整備を着実に進める。**



【経済財政運営と改革の基本方針2020 (令和2年7月17日閣議決定)】(抄)
大型研究施設の戦略的推進、最大限の産学官共用を図るとともに、民間投資の誘発効果が高い大型研究施設について官民共同の仕組みで推進し、予算を効果的に執行する

【成長戦略フォローアップ (令和2年7月17日閣議決定)】(抄)
次世代放射光施設について、官民地域パートナーシップにおける役割分担に従って着実に整備を進める

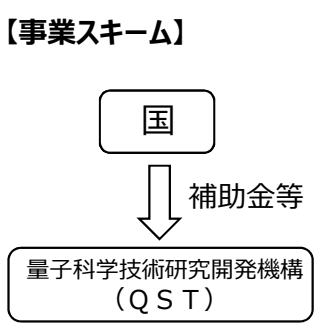
官民地域パートナーシップによる役割分担

- 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)

【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 6,092百万円 (1,358百万円)
加速器の電磁石やビームライン挿入光源等の主要構成要素および施設の将来的な自動化・遠隔化に対応できるような機器制御システム等を整備する。
- ② 業務実施費 521百万円 (373百万円)
研究者・技術者等の人件費及び現地拠点環境整備、共通基盤技術開発等を行う。



○施設概要

- ・電子エネルギー：3 GeV
- ・蓄積リング長：340 m程度



次世代放射光施設 (イメージ図)



【整備のスケジュール】

	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				ファーストビーム
ビームライン					運用開始
基本建屋 (研究準備交流棟機能を含む)					
整備用地					

国が分担 (Blue)
パートナーが分担 (Orange)

○整備費用の概算総額：約380億円 (整備用地の確保・造成の経費を含む)

- ・国の分担：約200億円
- ・パートナーの分担：約180億円

○官民地域の役割分担

項目	内訳	役割分担
加速器	ライナック、蓄積リング、輸送系、制御・安全	国において整備
ビームライン	当初10本	国及びパートナーが分担
基本建屋 (研究準備交流棟機能を含む)	建物・附帯設備	パートナーにおいて整備
整備用地	土地造成	

大型放射光施設（SPring-8）の整備・共用

令和3年度要求・要望額
(前年度予算額) 9,518百万円
9,679百万円

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年の供用開始から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、PETRA III)、SPring-8は安定なビーム性能を発揮中。

【経済財政運営と改革の基本方針2020（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)
大型研究施設の戦略的推進、最大限の産学官共用を図る

【統合イノベーション戦略2020（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)
・「SPring-8・SACLA」におけるタンパク質や材料の構造解析技術等を用いて、新型コロナウイルス感染症に関する治療薬・医療材料等の開発に資する研究課題を実施する
・特定先端大型研究施設(SPring-8・SACLA、J-PARC中性子線施設)、・・・などの先端的な大型研究施設・設備等の整備・活用

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

－ 5,000時間運転の確保及び維持管理等

8,139百万円(8,300百万円)

② SPring-8・SACLAの利用促進※

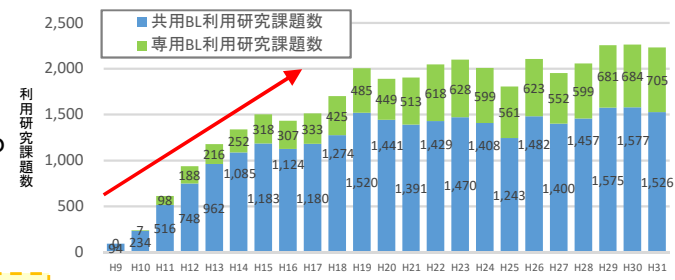
－ 利用者選定・利用支援業務の着実な実施

1,379百万円(1,379百万円)

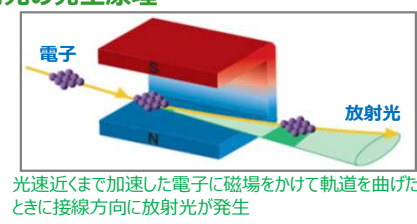
※ SACLAと一体的・効率的に実施。

【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16,800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



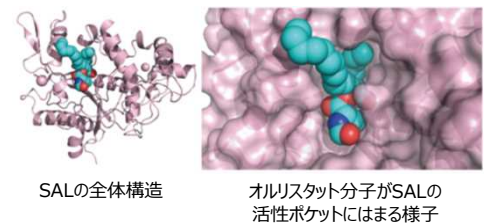
【事業スキーム】



抗肥満薬が黄色ブドウ球菌の病原因子を阻害するメカニズムを解明

[Scientific Report (2020.3.25) 掲載]
【使用ビームライン】BL41XU・BL44XU 【中心研究機関】 京都工芸繊維大学、大阪府立大学 等

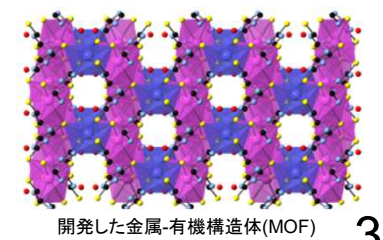
- ・ SPring-8において、黄色ブドウ球菌の病原因子「リパーゼ(SAL)」の立体構造を世界で初めて解明。**抗肥満薬「オルリスタット」が黄色ブドウ球菌のSALを阻害し、既存の阻害剤よりも200倍以上強い阻害活性を持つことを見出すとともに、阻害のメカニズムを解明。**
- ・ 薬剤耐性菌による既存抗菌薬が効かない感染症や、黄色ブドウ球菌により引き起こされるアトピー性皮膚炎等の治療薬の新規開発が期待。



光をあてることで、水を分解して水素を発生させる 新たな多孔性物質を開発

[Journal of the American Chemical Society (2019.12.23) 掲載]
【使用ビームライン】BL20XU 【研究機関】 関西学院大学、科学技術振興機構、高輝度光科学研究センター

- ・ 従来合成が難しいことが知られていた**硫黄を含む金属-有機構造体(MOF)**の合成に成功し、光を照射することで水を分解して水素を発生させる仕組みを、SPring-8の放射光を用いて解明。
- ・ クリーンな太陽エネルギーによる水素発生は、燃料電池の原料供給のための重要なテクノロジーにつながる。様々な金属と硫黄を含む分子の組み合わせから、優れた触媒や半導体材料になるMOFの開発に繋がるのが期待。



X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の整備・共用

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)の両方の特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月に供用開始。
- 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。

【経済財政運営と改革の基本方針2020(令和2年7月17日閣議決定)】(抄)
大型研究施設の戦略的推進、最大限の産学官共用を図る

【統合イノベーション戦略2020(令和2年7月17日閣議決定)】(抄)
・「SPRING-8・SACLA」におけるタンパク質や材料の構造解析技術等を用いて、新型コロナウイルス感染症に関する治療薬・医療材料等の開発に資する研究課題を実施する
・特定先端大型研究施設(SPRING-8・SACLA、J-PARC中性子線施設)、...などの先端的な大型研究施設・設備等の整備・活用

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。

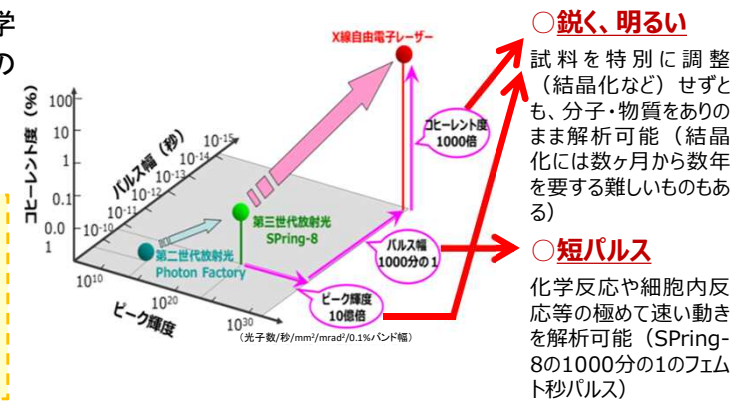
【事業概要・イメージ】

- ① **SACLAの共用運転の実施** 5,537百万円(5,525百万円)
- 5,133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】※** 1,379百万円(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】

- ・ 供用開始以来、採択課題数は676課題。**ネイチャー誌をはじめとするトップ論文誌に累計59報の論文掲載。**
- ・ 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



- **鋭く、明るい**
試料を特別に調整(結晶化など)せずとも、分子・物質をありのまま解析可能(結晶化には数ヶ月から数年を要する難しいものもある)
- **短パルス**
化学反応や細胞内反応等の極めて速い動きを解析可能(SPRING-8の1000分の1のフェムト秒パルス)

SPRING-8 Angstrom Compact Free Electron Laser



【事業スキーム】

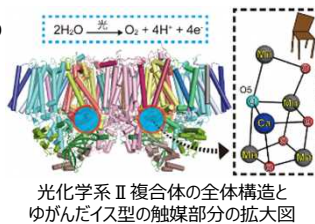
- ✓ 施設設置者:
(国研)理化学研究所[理研]
- ✓ 登録施設利用促進機関:
(公財)高輝度光科学研究センター[JASRI]



光合成で酸素分子を形成する仕組みを解明 ～人工光合成触媒の合理的設計の糸口に～

[Nature (2015.1.1)、Nature (2017.2.21)、Science (2019.10.18)掲載]
【使用ビームライン】BL2、BL3 【利用開始】2011年度 【中心研究者】沈建仁(岡山大学) 他

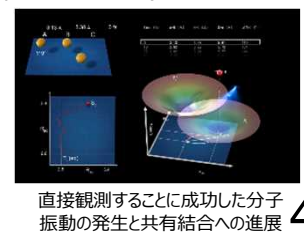
- ・ 植物が水分解を行い、酸素を作り出す**光化学系Ⅱ複合体というタンパク質**について、20年来の研究とSACLAで開発した解析法により、**1.95Å分解能で全構造とその触媒中心構造の正確な解明に世界で初めて成功**。さらに続けて、水分解反応のサイクルにおいて、酸素を形成する直前の状態の触媒の**立体構造を正確に決定し、酸素形成に必要な酸素原子の化学的性質を解明**。
- ・ 自然界の光合成が原子レベルでいかに行われているかの**解明**につながる重要成果であり、**人工光合成開発の実現に向けて前進**。



原子が振動しながら共有結合が形成されていく様子を直接観測

[Nature (2020.6.24) 掲載]
【使用ビームライン】BL3 【利用開始】2012年度 【中心研究者】足立伸一(KEK)、Hyotcherl Ihée (韓国科学技術院)

- ・ 量子ビームを高度に利用することで、光化学反応メカニズムを視覚的に解明する新しい測定手法を開発。**原子レベルの空間精度と、100フェムト秒(10兆分の1秒)の時間分解能を持つ測定を行うことで、原子の速い動きの中で結合が形成されて、光化学反応が進行していく様子を、構造変化の軌跡として実験的に可視化することに初めて成功**。
- ・ 本手法を用いて光合成等の様々な**光化学反応を明確に理解することで、その反応を制御し、より効率よく利用することが可能に**。



大強度陽子加速器施設（J-PARC）の整備・共用

令和3年度要求・要望額
(前年度予算額)

10,923百万円
10,923百万円)

背景・課題

- J-PARCは、日本原子力研究開発機構(JAEA)及び高エネルギー加速器研究機構(KEK) が共同運営し、物質・生命科学実験施設(MLF)の中性子線施設は**世界最大のパルス中性子線強度を誇る共用施設**。
- 平成24年1月から共用開始。パルスビームは0.1MWから段階的に強度を上げており、1MWの安定運転による共用を目指す。

【経済財政運営と改革の基本方針2020（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)
大型研究施設の戦略的推進、最大限の産学官共用を図る

【統合イノベーション戦略2020（令和2年7月17日閣議決定）】(抄)
・特定先端大型研究施設(SPring-8・SACLA、J-PARC中性子線施設)、…
などの先端的な大型研究施設・設備等の整備・活用

事業概要

【事業の目的・目標】

J-PARC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 **J-PARCの共用運転の実施** 10,183百万円(10,183百万円)
 - 7.2サイクル運転の確保及び維持管理等
- ② **J-PARCの利用促進** 740百万円(740百万円)
 - 利用者選定・利用支援業務の着実な実施



中性子ビームの特長

- **壊さず透過する**
電子殻とほぼ相互作用しないため、物質を破壊せず内部構造が観察可能
- **原子核の動きや軽元素を見る**
原子核と相互作用し、特に水素やリチウムなどの軽元素の観察に強み
- **磁気構造を見る**
スピンを持つため、微小磁石として振る舞い、物質の磁気構造が観察可能

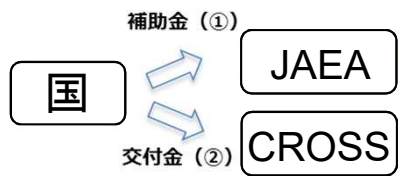


【これまでの成果】

- ・利用者数: 令和元年度のMLF延べ利用者数は**約 16,200人**。
- ・論文発表: 共用開始(H24.1)以来のネイチャー・サイエンス誌を含む研究論文数は**累計約 1,100 報**。
- ・産業利用: 中性子線施設の全実施課題のうち**2～3割が民間企業による産業利用**。

【事業スキーム】

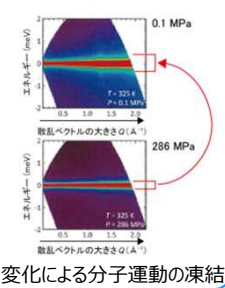
- ✓ 施設設置者:
(国研)日本原子力研究開発機構[JAEA]
- ✓ 登録施設利用促進機関:
(一財)総合科学研究機構[CROSS]



次世代の固体冷媒の候補と注目される柔粘性結晶の巨大な圧力熱量効果を解明

[Nature (2019.3.28) 掲載]
【使用ビームライン】BL14 【利用期間】2018年度
【中心機関】中国科学院、JAEA、J-PARCセンター、大阪大学、上海交通大学、フロリダ州立大学、JASRI、オーストラリア原子力科学技術機構、国家同步輻射研究中心

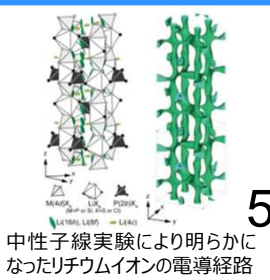
- ・ **J-PARCの中性子線実験により、柔粘性結晶の巨大な圧力熱量効果が分子回転の凍結・解放により生じていることを解明。**
- ・ メカニズムを原子レベルで解明したことで、より優れた性能を持つ圧力熱量効果材料の探索や設計などが進み、**環境負荷が懸念される従来の蒸気圧縮式に代わる「熱量効果」に基づく固体冷媒での冷却技術が期待。**



長距離航続が可能な電気自動車を実現する全固体型セラミックス電池の開発

[Nature energy (2016.3.21オンライン版) 掲載]
【使用ビームライン】BL09、BL20 【利用期間】2011～2016年度
【中心機関】東京工業大学、トヨタ自動車(株)、KEK、他

- ・ 電気自動車の実現に向け、高出力・高容量かつ安全な電池開発が重要な中、**中性子線実験による電池材料の詳細解明により高性能電池材料が開発され全固体セラミックス電池が実現。**
- ・ トヨタ自動車は2022年に**全固体セラミックス電池を搭載した電気自動車**を日本国内で発売する方針。



中性子線実験により明らかに
なったリチウムイオンの電導経路

令和3年度要求・要望額 12,600百万円
(前年度予算額 1,213百万円)

令和2年度補正予算額 2,100百万円

研究基盤の整備・共用とリモート化・スマート化の推進 (先端研究基盤共用促進事業、先端研究設備整備補助事業)

背景・課題

- 産学官が有する研究施設・設備・機器は、あらゆる科学技術イノベーション活動の原動力である重要なインフラ。
- コロナ禍において、研究活動を継続する上で、感染拡大防止を図りつつ、研究基盤の運用継続・共用を図る重要性が改めて浮き彫りに。
- 基盤的及び先端的研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化により、遠隔での設備利用や実験の効率化を可能とし、3密を防止しつつ、研究活動の継続を図る必要。更に、組織として、これら研究基盤の持続的な整備、幅広い研究者への共用、運営の要である専門性を有する人材の持続的な確保・資質向上を図ることが不可欠。

【政策文書における記載】

- 研究設備・機器等の計画的な共用の推進、研究のデジタル化・リモート化・スマート化の推進に向けた基盤の構築等を図る。《経済財政運営と改革の基本方針2020(R2.7.17)》
- 集約配置等による研究設備の整備・共用（コアファシリティの強化）等を促進するとともに、効率的な研究体制の構築のため、遠隔操作可能な実験装置の導入など、共用研究設備等のデジタル化・リモート化を推進する。さらに、先端的な大型研究施設・設備や研究機器を戦略的に活用する。《成長戦略フォローアップ(R2.7.17)》
- 全国規模で研究開発をシームレスに連動させ、その活動を継続できる環境の実現に向け、AI、ロボット技術を活用した実験の自動化などスマートラボの取組や、遠隔地からネットワークを介して研究インフラにアクセスし分析等を実施する取組の推進。研究開発環境と研究手法のデジタル転換を推進する。《統合イノベーション戦略2020(R2.7.17)》

事業概要

分野・組織に応じた研究基盤の共用と、重要設備のリモート化・スマート化を推進。研究基盤の利用可能性と利用効率を抜本的に向上。

先端研究基盤共用促進事業 1,600百万円

【事業スキーム】



先端研究設備プラットフォームプログラム（新規）（2021年～、5年間支援）

国内有数の研究基盤（産学官に共用可能な大型研究施設・設備）について、全国からの利用可能性を確保するため、遠隔利用・自動化を図りつつ、ワンストップサービスによる利便性向上を図る。

（主な取組）

- 取りまとめ機関を中核としたワンストップサービスの設置、各機関の設備の相互利用の推進
- 遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの共有、技術の高度化
- 専門スタッフの配置・育成

コアファシリティ構築支援プログラム（2020年～、5年間支援）

大学・研究機関全体の「統括部局」の機能を強化し、機関全体として、研究設備・機器群を戦略的に導入・更新・共用する仕組みを構築する。

（主な取組）

- 学内共用設備群の集約・ネットワーク化、統一的な規定・システム整備
- 技術職員の集約・組織化、分野や組織を越えた交流機会の提供
- 近隣の大学・企業・公設試等との機器の相互利用等による地域の研究力向上



- ✓ 支援対象機関：
大学、国立研究開発法人等
- ✓ 事業規模：
先端PF：約100百万円／年
コアファシリティ：約60百万円／年

先端研究設備整備補助事業 11,000百万円（新規）

【事業スキーム】



幅広い研究者への共用体制を構築している機関に対して、遠隔利用や実験の自動化を図るための研究設備・機器の導入を支援し、時間や距離に縛られず研究を遂行できる研究環境を整備する。

- ・ 既存設備の改修（1億円×70件程度）
- ・ 新規設備の導入（8億円×5件程度）



遠隔観察

- ✓ 支援対象機関：
大学、国立研究開発法人等

【事業の波及効果】

- ✓ 機器所有者・利用者双方の負担軽減（メンテナンス一元化、サポート充実）
- ✓ リモート化・スマート化による利用者・利用時間の拡大、利用効率の向上
→ コロナの影響で生じた研究遅延の取り戻し、Afterコロナでの更なる研究成果創出
- ✓ 3密を防止しつつ、研究活動の再開・継続を強力にサポート
- ✓ 分野融合や新興領域の拡大、産学連携の強化（他分野からの利用、共同研究への進展）
- ✓ 若手研究者等の速やかな研究体制構築（スタートアップ支援）