

SPring-8・SACLA 中間評価フォローアップ

令和3年10月1日

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

ビームライン研究開発グループディレクター

物理・化学系ビームライン基盤グループディレクター

矢橋 牧名

目次

1. 新型コロナウイルス感染症拡大時の取組
2. 中長期的な施設の利活用方策
 - ①BL再編・改修
 - ②DX基盤の整備
 - ③施設インフラ系・入射器系の更新
 - ④SPring-8-II計画
3. 産業利用促進法策
4. 各種の連携
5. 利用者選定・利用支援について

参考資料9 前回中間評価の指摘事項と対応状況

1. 新型コロナウイルス感染症拡大時の取組

ウィズコロナ・アフターコロナでの 基盤施設機能の維持・増進

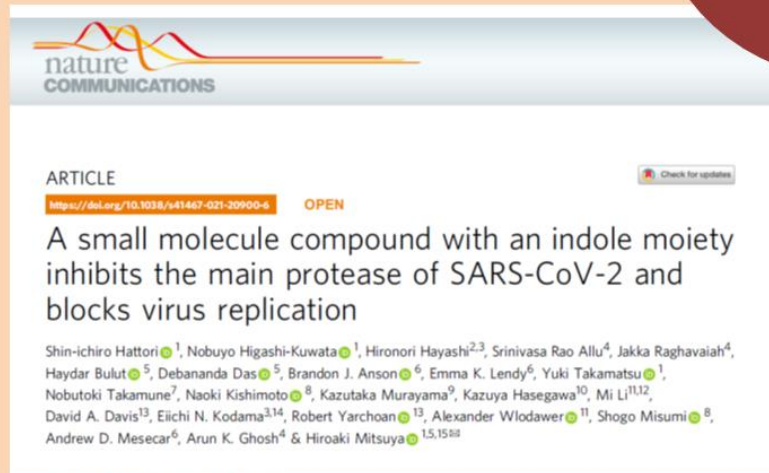
- DX化の推進
- リモート・アクセスの推進
- データ利用の効率化
- 省エネルギー対応



ビームライン自動化用汎用ロボット

コロナ治療薬の開発に 向けて

- ウィルスタンパクの構造解析
- ウィルス増殖阻害剤



BL41XU 構造生物学I

新型コロナ ウィルス感染症 への対応

コロナ患者治療器具の 改善に向けて

- 血栓生成メカニズムの解明
- 血液輸送チューブ材料の最適化

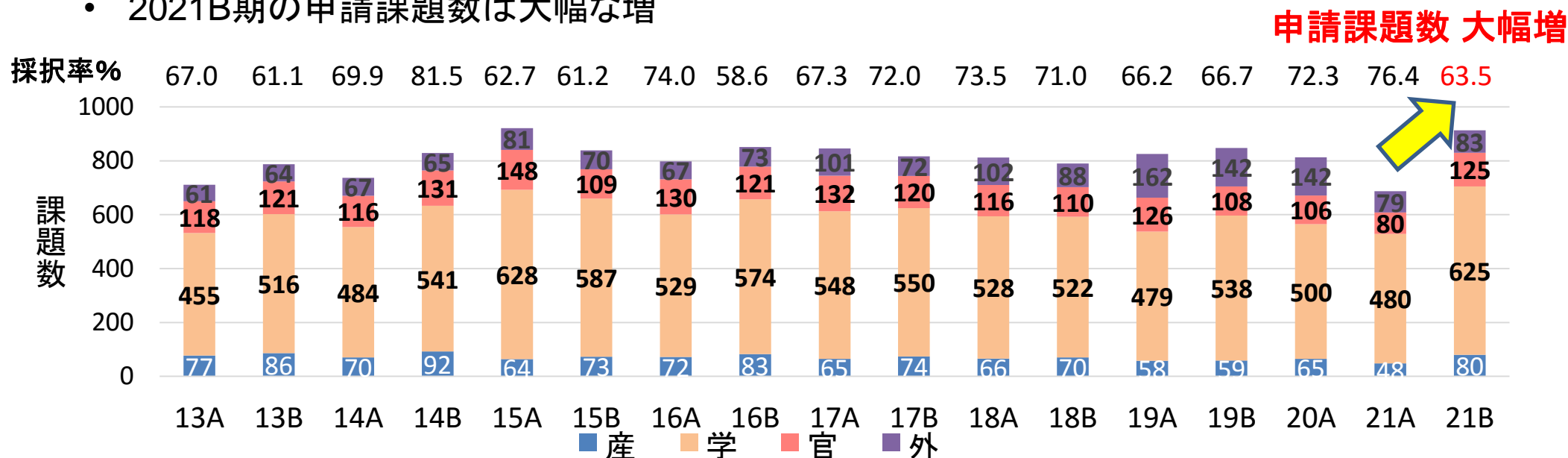


BL07LS
東京大学放射光
アウトステー
ション物質科学
BL43IR
赤外物性

体外式膜型人工肺 (ECMO)イメージ図

利用運転への影響

- 2020年度当初の緊急事態宣言を受けて、4月7日から6月15日までユーザー受け入れ停止期間。その間に利用できなかった課題数(延期措置): 約420件(SPring-8)、約25件(SACLA)
- 6月16日以降は感染対策を取りながらユーザー受け入れ。国内ユーザーは来所人数を減らしながら課題実施
 - 多くの海外施設では、各国のロックダウン措置などに伴い、ユーザー受け入れはより厳しく制限されている (例: ESRFでは、2020年8月末から制限付のユーザー受け入れを開始したが、現在も様々な制約あり)
- 海外ユーザーは来所困難のため、日本の共同研究者が実施するか、キャンセル
 - 海外機関(実験責任者)の実施課題数: 150件(2019年度) → 59件(2020年度)
 - 海外ユーザーの受け入れ再開は国の方針に従って進める
- 2020年度下期は、2020Aの延期課題の実施とともに、追加募集を行なった
- 2021B期の申請課題数は大幅な増



* 各利用期の募集締切時(課題実施前)時点の課題数を集計(20Aは追加募集分を含まず)

* 採択率は科学審査対象の課題に関する数値(一般課題成果専有、成果公開優先課題除く)

2. 中長期的な施設の利活用方策 グリーンファシリティ宣言

2021年8月23日 理研・JASRI
共同プレスリリース

→ 参考資料1

大型放射光施設SPring-8とX線自由電子レーザー施設SACLAでは、グリーン成長戦略に関連した様々な研究開発が進められている。産官学での一層の活用を進めるために「グリーンファシリティ」であることを、宣言する。

エネルギー関連産業

洋上風力発電

稼働時応力歪評価、接合部応力歪評価、防錆・防触、材料特性、疲労・破壊、CFRP材料、接合・接着、摩擦・潤滑

水素・燃料アンモニア産業

人工光合成触媒、アンモニア合成触媒、水素脆性抑止材料、燃料電池、NOX抑制、稼働時応力歪評価、ヒドラジン利用

次世代熱エネルギー産業

メタネーション高効率化

原子力産業

廃炉支援技術、原子炉材料評価、核廃棄物処理支援

家庭・オフィス関連産業

住宅・建築物産業

次世代電力マネジメント産業

木材由来建築材料、軽量コンクリート、山林発電、AI電力マネジメント

資源循環関連産業

次元分別回収技術、易分別設計技術

ライフスタイル関連産業

「壊れること」をデザインする＝サーキュラーエコノミーの容易化

輸送・製造関連産業

自動車・蓄電池産業

CFRP材料、接着剤、摩擦・潤滑、自動車用半導体、燃料電池、木材由来プラスチック、全固体リチウム電池、次世代リチウムフリー電池、高性能センサー、スーパー・キャパシター、ダメージ解析

半導体・情報通信産業

半導体結晶評価、オペランド機能評価、界面電子状態評価、ナノ領域物性評価、情報通信素子評価、ダメージ解析

船舶産業

応力・歪・疲労・破壊、タービンブレード、素材

航空機産業

炭素繊維素材、接着剤、バイオ燃料開発

食料・農林水産業

人工光合成による食料生産、希少天然物の人工合成、食料保存方法の改良、合成ミート、水産物完全養殖支援、水耕栽培支援、収穫時期最適化支援、リジェネラティブ農業支援

物流・人流・土木インフラ産業

強力磁石→強力モーター、自動運転・ドローン配送、空中タクシー、輸送インフラ評価、道路舗装長寿命化、鉄道車両、道路長寿命化、省CO2コンクリート、接着剤工法、鉄筋コンクリート長寿命化

カーボンリサイクル産業

触媒開発、人工光合成・炭素固定、CO2→プラスチック材料、CO2→繊維材料、CO2→構造物材料

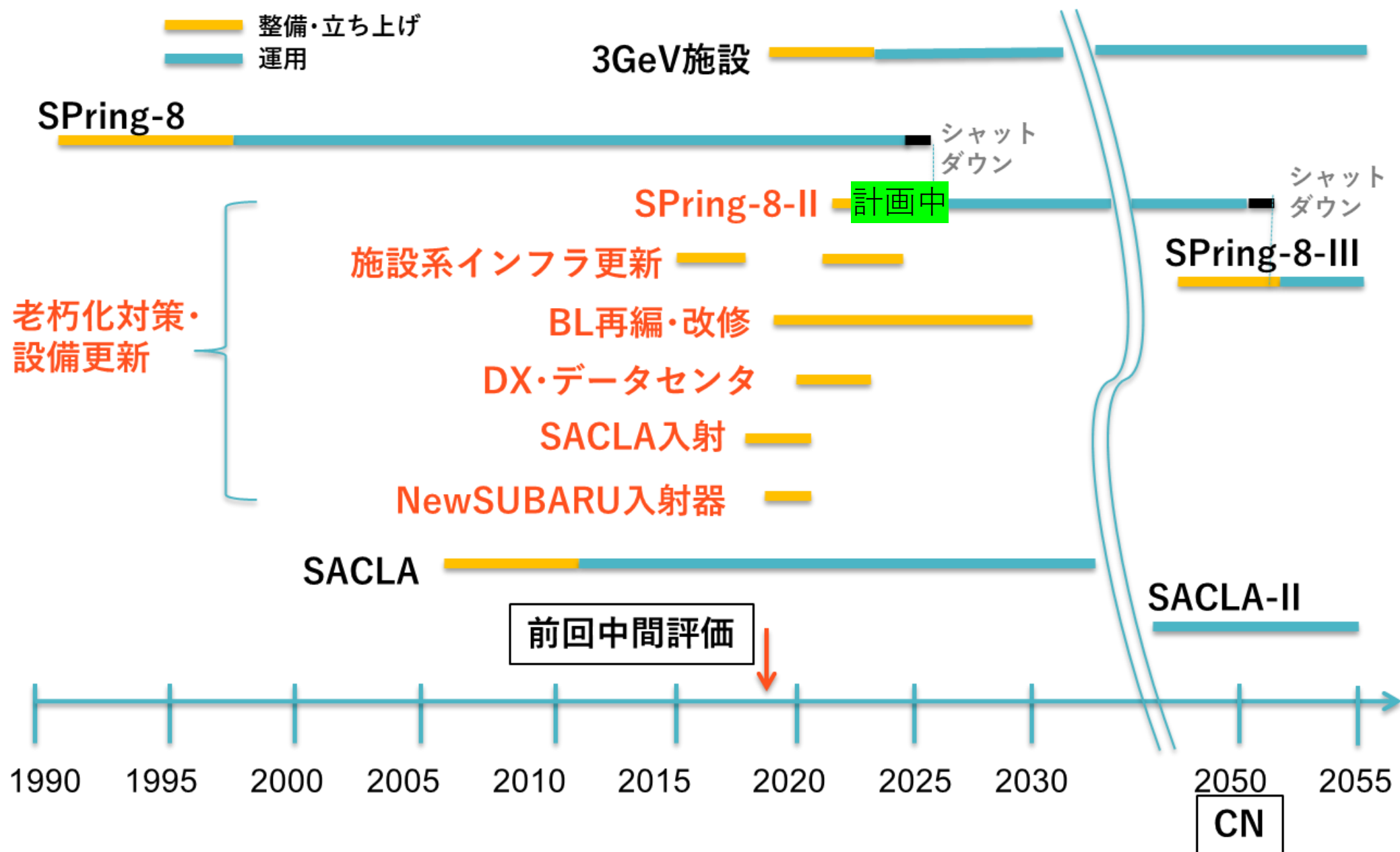
グリーンファシリティ宣言

大型放射光施設「SPring-8」とX線自由電子レーザー施設「SACLA」は持続可能な開発目標（SDGs）や、2050年カーボンニュートラル達成に向けた産官学の研究開発活動を、従来に増して強力に支援してまいります。

合わせて、施設自体も一層の省エネルギー化に向けての努力を進めてまいります。

引き続き、皆様方の倍旧のご活用とご支援を賜りますよう、お願い申し上げます。

老朽化対策・設備更新の取り組み



①ビームライン再編・改修

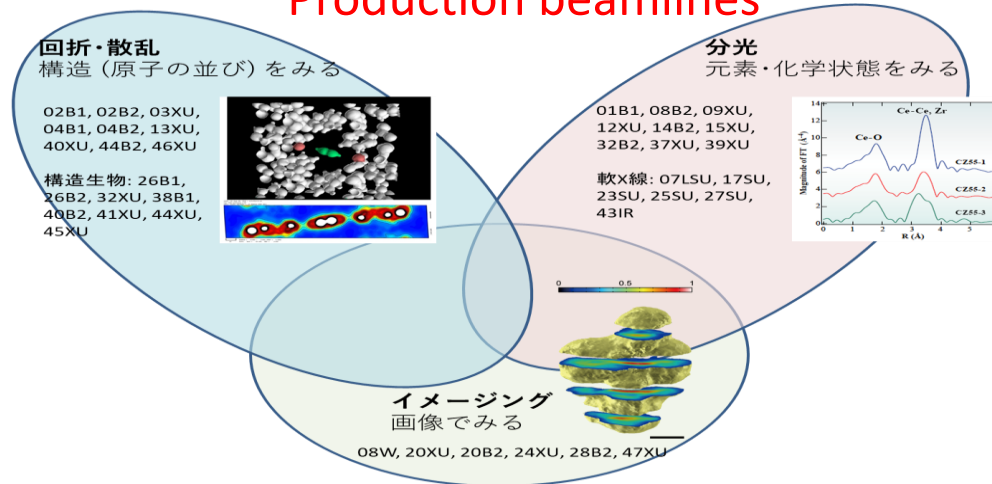
基本方針

- 加速器改修(SPring-8-II)に先立ち、ビームライン再編・改修を実施
- 既存の利用ニーズとともに、今後の潜在的なニーズも汲み取る
- 3GeV施設の運用を念頭に、高エネルギー領域をより重点的に
- ポートフォリオを設定し、部分最適ではなく総体として最適な解を探す
- BL再編・DXによる自動化により、パイ(=実効ビームタイム)を増やし、多様なニーズに応える

ポートフォリオ

カテゴリー	共用	理研	専用	割合
	特徴		評価軸	
(A) Production	<ul style="list-style-type: none"> DX/オートメーション ハイスループット 		<ul style="list-style-type: none"> 成果の広がり 潜在ユーザーへの訴求 	~60%
(B) Specific	<ul style="list-style-type: none"> 特化型・戦略的な活用 		<ul style="list-style-type: none"> Visibility/戦略性 国際的な評価 	~30%
(C) Development	<ul style="list-style-type: none"> 新技術 (X線光学系、検出器、手法) 		<ul style="list-style-type: none"> 世界一かどうか (A) (B) への波及 	~10%

Production beamlines



Specific beamlines

非弾性散乱・核共鳴散乱: 35XU, 43LXU
高圧: 10XU

プロジェクト (NEDO RISING, 触媒): 28XU, 36XU



IXS, NRS, ター
ゲット特化型複
合計測 etc

R&D beamlines

05XU, 19LXU, 29XU

SPring-8全体としての最適化・効率化を進め、既存の利用者に加えて、潜在利用者を取り込みながらイノベーションを加速 8

直近の大型改修のまとめ (Production & Specific BLs)

FY2020

FY2021

BL	内容	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
35XU	NRS移設	共用: IXS								工事	NRS移設			立ち上げ						共用: IXS、NRS					
20B2	DMM導入	共用: イメージング (DCM)								工事				立ち上げ(一部共用)			共用: イメージング (DMM,DCM)								
09XU	HAXPES専用化	共用: HAXPES、NRS												工事	立ち上げ HAXPES移設					共用: HAXPES					

BL47XUより

- SPring-8シンポジウム、ワークショップ、研究会等で利用者と議論をしながら方針策定
- 3本のビームラインを並行して改修
- 当初のスケジュールどおり実施
- 立ち上げも順調 (一部ユーザーの協力も得ながら)
- 2021Bから3本とも共用再開

②DX基盤の整備

リモート化・スマート化

(R2補正予算、内閣府PRISM)

- 試料調製から解析に至るプロセスを一気通貫で自動化
- ユーザーは所外からリモートでアクセス。来所せずとも実験可能に
- 民間企業の放射光計測の参入障壁を下げながら、SPring-8をハブとした新たな産業連携の構築

施設インフラのDX化

- インフラ設備のIOT化による施設オペレーションの効率化
- 他施設の運転も可能に

SPring-8データ創出基盤

- 幅広い産業界・アカデミアの利用者が簡便に利用できるデータセンター
- 超大容量データを迅速に解析し、従来埋もれていた「答え」を発見する
- 全国的研究データ基盤プラットフォームに接続し、データの二次利用を推進
- 2023年の稼働を計画

パイロット事例によって、放射光の有用性が広く認知されるように
但し一試料あたりのデータ量が膨大となり、解析に**年単位**の時間がかかる。
イノベーションへの貢献に限界



データ創出基盤

膨大なデータを**日単位**でAI解析し、**グリーンイノベーション**を大きく加速

- ◆ 年間延べ**16,000人以上**の産学官の研究者が利用し、日本の**総論文数の約1%**で活用されている**大型放射光施設 SPring-8**においては、**様々な分野の計測データ**が日々蓄積。
- ◆ SPring-8では、特に**実用材料の複雑な物性状態**（機能発現時の挙動、化学変化、破壊・劣化等）の**可視化**が可能であり、**需要が急増**。これらの計測データは**高精度かつ超大容量**（1実験で数十万枚の画像・テラバイト級のデータ）。

【海外トレンド】

欧州大型放射光施設（ESRF）

- ・ 施設側データストレージ・計算システムを大幅強化
- ・ EUの旗振りの下、データ管理基盤を整備、オープンデータ化・データプラットフォーム化を推進

米国大型放射光施設（APS）

- ・ 敷地内スパコンとの連携活用を推進、実験データをスパコンで解析するプラットフォームの整備を急ピッチで進行

【課題①】 SPring-8の高精度・超大容量データが **宝の持ち腐れ状態**

- ・ SPring-8にはデータセンターが存在せず、超大容量データを保存・解析することが困難。
- ・ 現状、ユーザーがごく一部のデータを外付HDD等で持ち帰り、細々と解析を実施。**高精度なデータを満足に使いこなせておらず**、かつ**解析に数か月以上かかる**など、効率が非常に悪い。

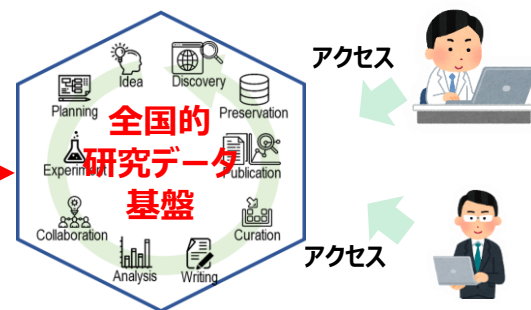
【取組①】 SPring-8にデータセンター・解析システム等のデータインフラを整備



【課題②】 データは実験ユーザーのみで囲い込まれ、**死蔵状態**

- ・ 現状、**データは実験実施者のみが利用**。多様な実験データを比較・利用（AI・シミュレーション適用等）することで新たな知見の取得が期待されるが、過去の膨大なデータを検索し効率的にアクセスするための基盤システムがない。

【取組②】 ①のSPring-8データインフラを全国的**研究データ基盤**プラットフォーム(※)に接続



(※)大学・研究機関等の研究データのメタデータを集積、我が国研究データの管理・利活用の中核的なプラットフォームとして位置づけ（「公的資金による研究データの管理・利活用に関する基本的な考え方」（2021年4月 統合イノベーション戦略推進会議決定）

全国の産学官の研究者が、プラットフォーム上からSPring-8のデータにアクセス、オープンデータ化・データ駆動型研究を推進

期待される効果

- SPring-8の超大容量データの迅速な解析が可能になり、**研究開発期間の短縮・コスト削減**が期待。
（解析時間が**1/100**に大幅短縮）
- オープンデータ化の進展により、多様な実験データを利用することで**新たな知見・機構解明**が期待。

【適用事例】

大規模構造物の劣化メカニズム解明
⇒社会インフラ保守経費の削減

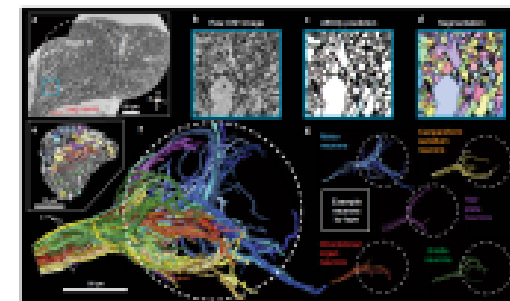
高効率な燃料電池システムの開発
⇒水素社会の基幹技術の確立

人工光合成触媒開発の加速
⇒水や二酸化炭素をエネルギー源に

破壊のデザイン
⇒リサイクル・循環型社会への貢献

データインフラの取り組みの国際比較

- ESRF
 - 従来のビームライン・加速器に加え、データも含めた3本柱で基盤的な研究開発を進めるという方針
 - データセンターで管理するデータ容量について、現状20PBが2031年に120PBと予測(データ圧縮をしない前提の設計)
 - データの2次利用は、オープンデータでの活用を重視している。成果公開の実験データに自動でDOIを振って公開するという構想。但し、実験終了後最長3年間のエンバゴが認められている
- APS
 - アルゴンヌ所内にあるスパコンとの連携活用を推進
- SPring-8/SACLA
 - SACLAのデータセンターで10年間の運用実績がある
 - 富岳・HPCIとの連携が進んでいる。データ圧縮技術も共同開発を実施



各施設ともデータの2次利用を今後重点的に推進

データ活用のためのワークショップを計画中

③施設インフラ系・入射器系の更新

1. 施設インフラ系

- 2015年に熱源機器交換を実施し、電力使用量を大幅に削減。さらなる老朽化対策を策定中

2. 「SACLA入射」→ 次頁 参考資料2

- SACLA線形加速器からの電子ビーム入射により、老朽化が進行していたSPring-8の旧入射施設の改修と、特高受電設備の更新が不要に(トータルで数十億～百億円相当)
- 2021年度より旧入射施設を完全停止し、電力使用量を削減

3. 「NewSUBARU新入射器」→ 次頁

- SACLA入射に伴い、旧入射器を利用していたNewSUBARUに新たな入射器が必要となったが、3GeV施設用入射器の実証機を兼ねて、開発・導入に貢献

4. 安全系システムの更新

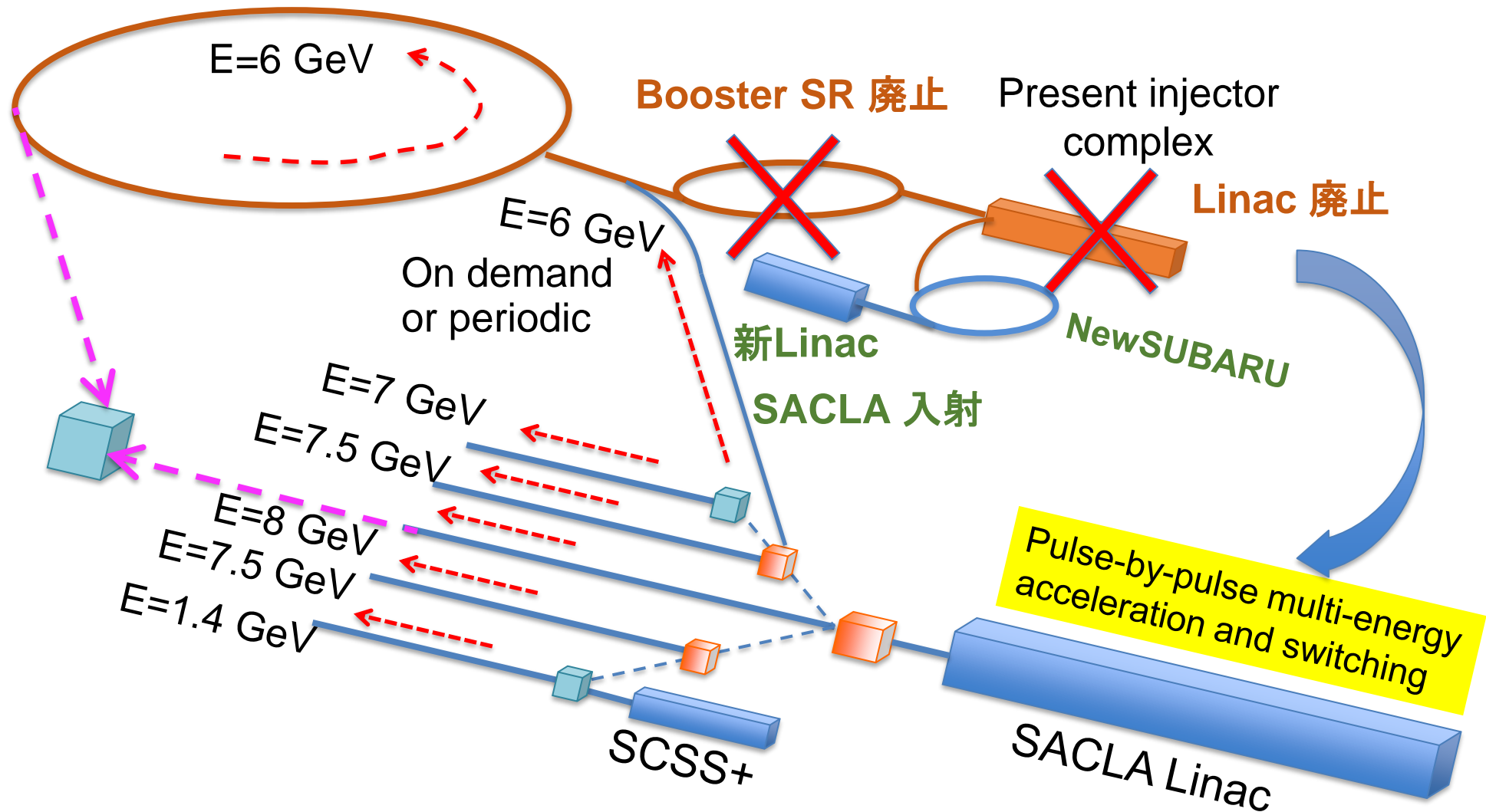
- 2019～2021年度に実施

- 多くの要素部品が25年程度経過すると、製造中止となり、入手困難になる。
- また25年の間に技術が進歩し、機器全体を交換した方が部品レベルでの交換よりも、全体として効率化が進む場合がある。

残る大物は蓄積リング本体

④ SPring-8/SACLAのグリーン化

蓄積エネルギー 8 GeV → 6 GeV



国際情勢:

第3世代(3G)から第4世代(4G)へ進化する大型放射光施設(LSR)

イノベーション・国際競争力の新たな源泉に

→ 参考資料3

2020年代には欧州、米国、ドイツの4GLSRへのアップグレードに加え、中国、韓国でも4GLSRが新設される。各国でイノベーションを長期にわたって支える体制が確立



4GLSR

ドイツPETRA IV
中国HEPS (新設)
米国APS-U
欧州ESRF-EBS
韓国清州SR (新設)

明るさ
100倍超

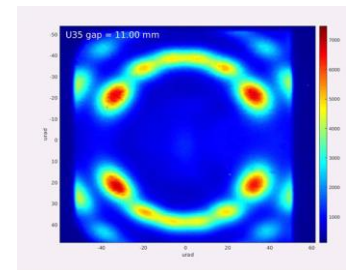
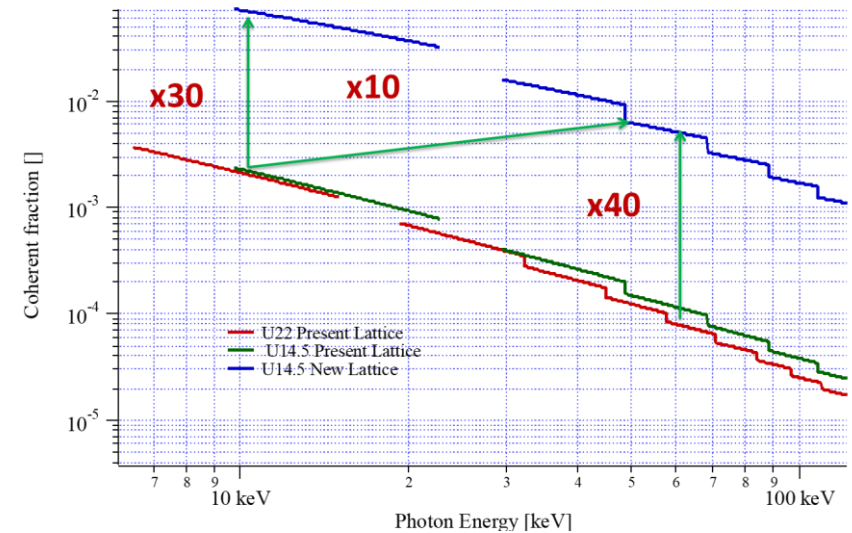
3GLSR

日本SPring-8
米国APS
ドイツPETRA III
欧州ESRF

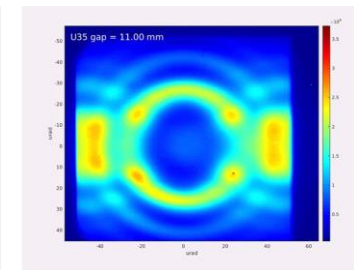


ESRFの4Gへのアップグレード

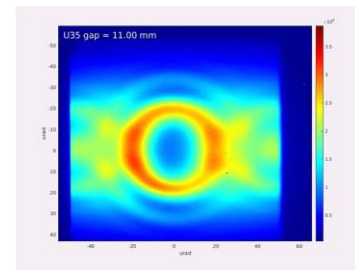
- 大型放射光施設として、世界に先駆けて第4世代アップグレードを実施
- Phase I ビームライン、Phase II 加速器 (ESRF-EBS)
- Phase II: 2015年に開始、2018年末にシャットダウンし、加速器更新、立ち上げ
- 2020年8月にユーザー運転再開
- エミッタンス: 4000 -> 134 pm.rad に低減
- 点光源からの明るい高エネルギーX線を生成
- SDGsをはじめとする、欧州のイノベーション戦略の基盤を支える



40 keV



70 keV



100 keV

1. **Health, Health Innovation**, overcoming diseases and pandemics
2. **Material for tomorrow**, and innovative and sustainable industry
3. **Clean Energy transition**, sustainable energy storage and clean hydrogen technologies
4. **Planetary research** (terrestrial and extra-terrestrial)
5. **Environmental and climatic challenges**,
6. **Bio-based economy and food security**
7. **Humanity and world cultural heritage**



SPring-8-II計画: エネルギー消費を大幅に削減しながら グリーン国際競争力の強化に貢献

省エネ

- 加速エネルギーの低減 (8GeV → 6GeV)
- 偏向部の永久磁石化と冷却系の負荷低減
- 既存入射器の停止

加速器テクノロジー

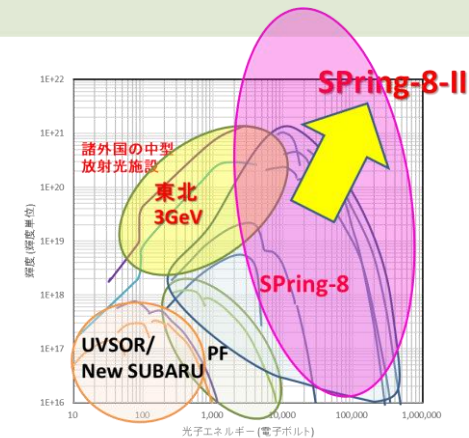
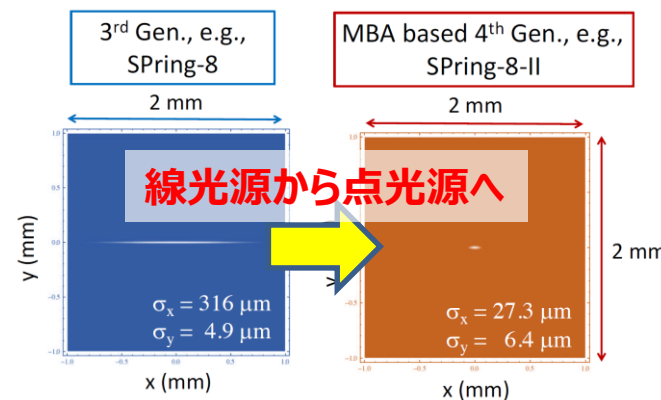
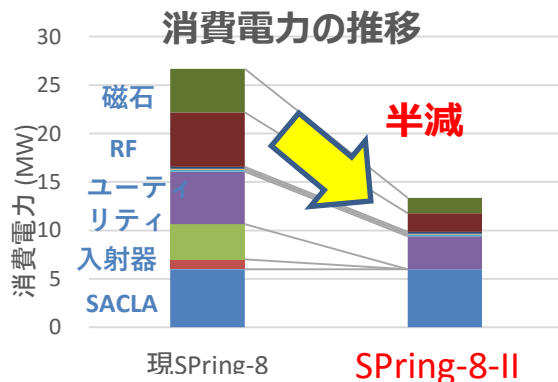
- マルチバンドアクロマツト(MBA)技術による極低エミッタンス
- 極短周期アンジュレータ
- SACLA線形加速器からのビーム入射

世界トップ性能

- 輝度の劇的な向上
- 極めて明るい高エネルギーX線の生成 (100倍以上)
- 世界トップのナノビーム・コヒーレント利用技術

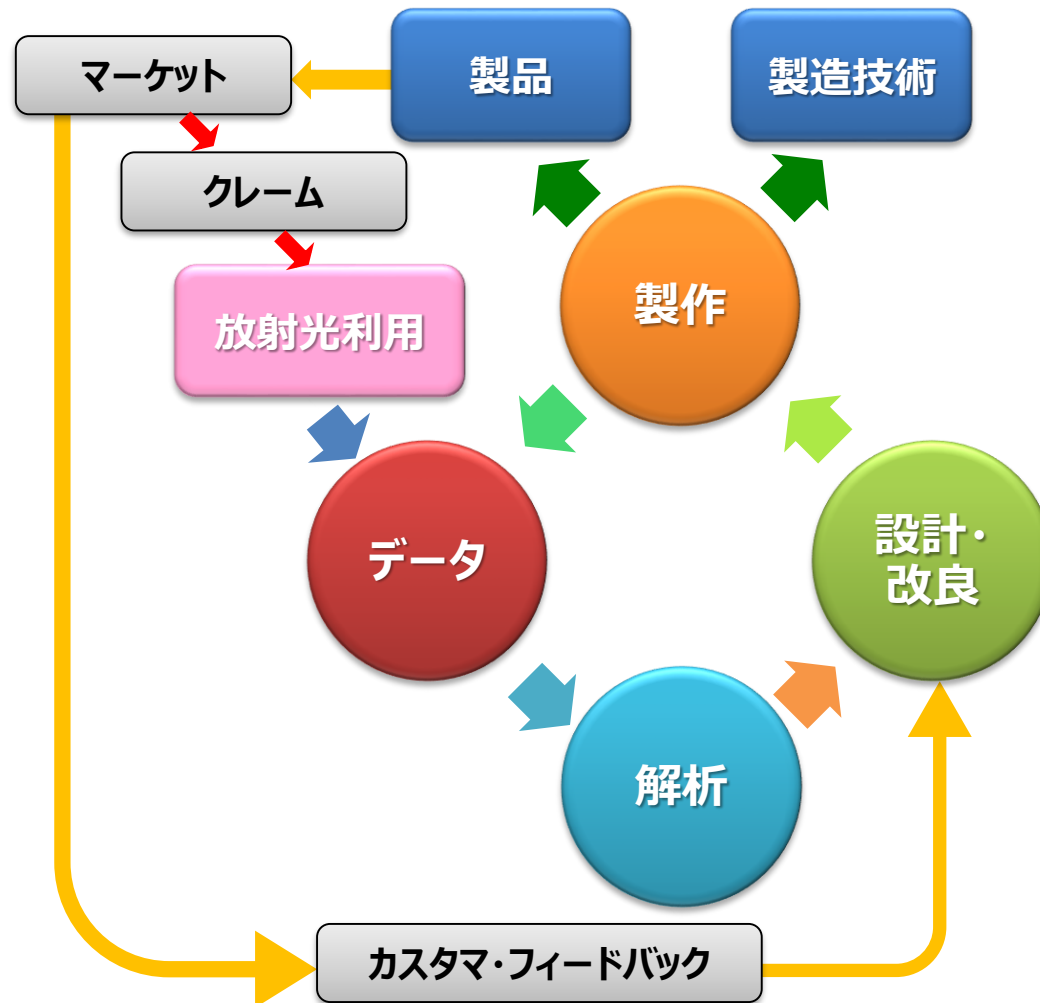
最新の状況

- 3GeV施設建設でもノウハウを蓄積
- 部品製造期間3年間、入替工事及び調整のためのシャットダウン1年以内でスケジュールがほぼ確定



現状より100倍以上明るい、世界トップ性能を、
大幅な省エネと両立させ、低コストで実現

明るい放射光でイノベーションサイクルの高速化



放射光が明るくなると

設計⇒製作⇒試験データ⇒解析⇒設計・改良と
いう

イノベーションサイクルを回す時間の短縮

↓

製品・製造技術**開発期間の短縮**

大量試料からの大量データを
短時間取得

↓

データ評価・解析手法の
高度化・精密化
(ビッグデータ解析)

↓

設計・改良プロセスの高精度化

**100倍明るい高エネルギー放射光で
100倍速いイノベーションを**

3. 産業利用促進方策 (1/2)

- 基本方針
 - オープンな利用(原則無償) と、戦略的な利用(原則有償)をともに発展させる
 - ゼロサムでなく、(BL再編・DX化等による) Capacityの増大を前提
 - 「入口課金」の実施検討
 - 課題審査を経ない形の有償利用。利用機会を確実に確保
- コンソーシアム・大口利用者
 - 従来方式: 専用BLを建設・保有し、利用する → 「ストック」
 - 新方式: 専用BLを保有せず、理研・共用BLを利用料を払って利用する → 「フロー」 参考資料4
 - 予算を (装置でなく) ビームタイムに投資いただく仕組み。ハードウェア基幹部の運用は施設側が担当し、持続的・効率的なアップデートを実施
 - 大口のフローの受け皿として、理研BLにおける「外部利用」を開始
 - 専用から理研に転換したBLを主に活用 32B2(創薬コンソ),36XU(NEDO),15XU(NIMS)
 - 定められた利用料を払う 参考資料5
 - 実施例 BL36XU (NEDO 燃料電池): 2020下期から2021上期で205シフト
BL32B2 (NEDO/京大 革新型蓄電池): 2020年度で240シフト
- 共用BLへの展開 (小口のフロー)
 - 現行の「成果公開優先利用」の応募要件の見直しを議論中
 - 「特定放射光施設の利用が欠かせない研究で、大型研究費の獲得等により一定の評価を得た課題」 → 産業界から敷居が高いという声 (例: 自己資金は不可)

3. 産業利用促進方策 (2/2)

- 産業利用・産学連携の推進
 - 産業利用の場の拡大
 - 従来:共用BLは3本の産業利用BLにて対応 → 今後:多数のプロダクションBLにて展開
 - 公募回数:年6回を軸に検討中
 - 利用制度の見直し **参考資料6**
 - JASRIの産業利用推進部署を2室体制とし、従来の共用BLに加え、専用BLのアクティビティも俯瞰 **参考資料7**
- リサーチリンクージ
 - SPring-8をハブとして大学・国研・企業との連携を促進し、大きな課題解決を進める枠組み
 - 足下では、非専門家ユーザーの拡大に伴い、解析サービスへのニーズが増大

4. 量子ビーム施設間連携・国際連携・人材育成・アウトリーチ活動等について:

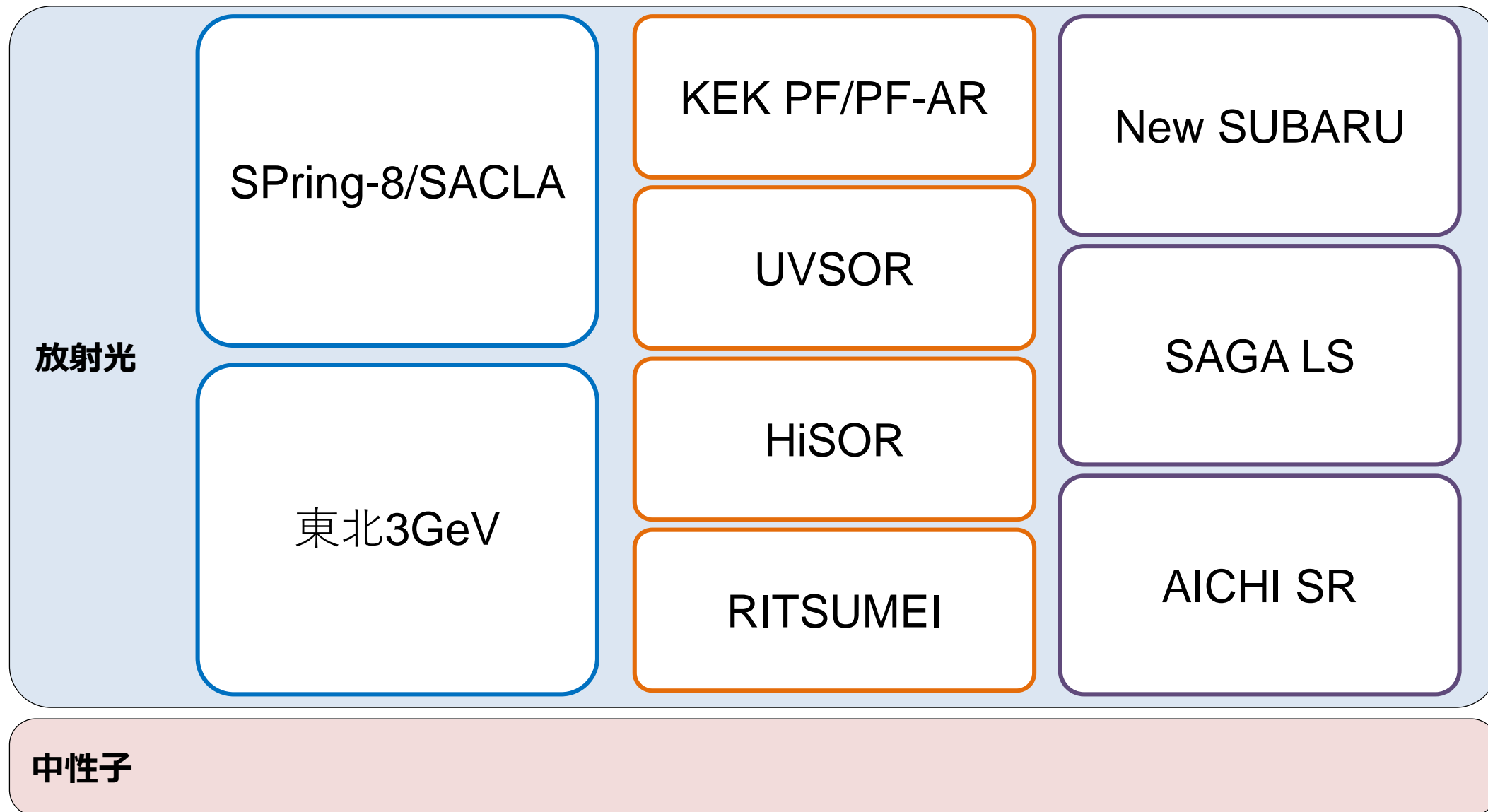
国内の量子ビーム研究基盤施設のカテゴリー(たたき台)

※予算による分類

研究開発基盤施設

教育研究基盤施設

地域支援基盤施設

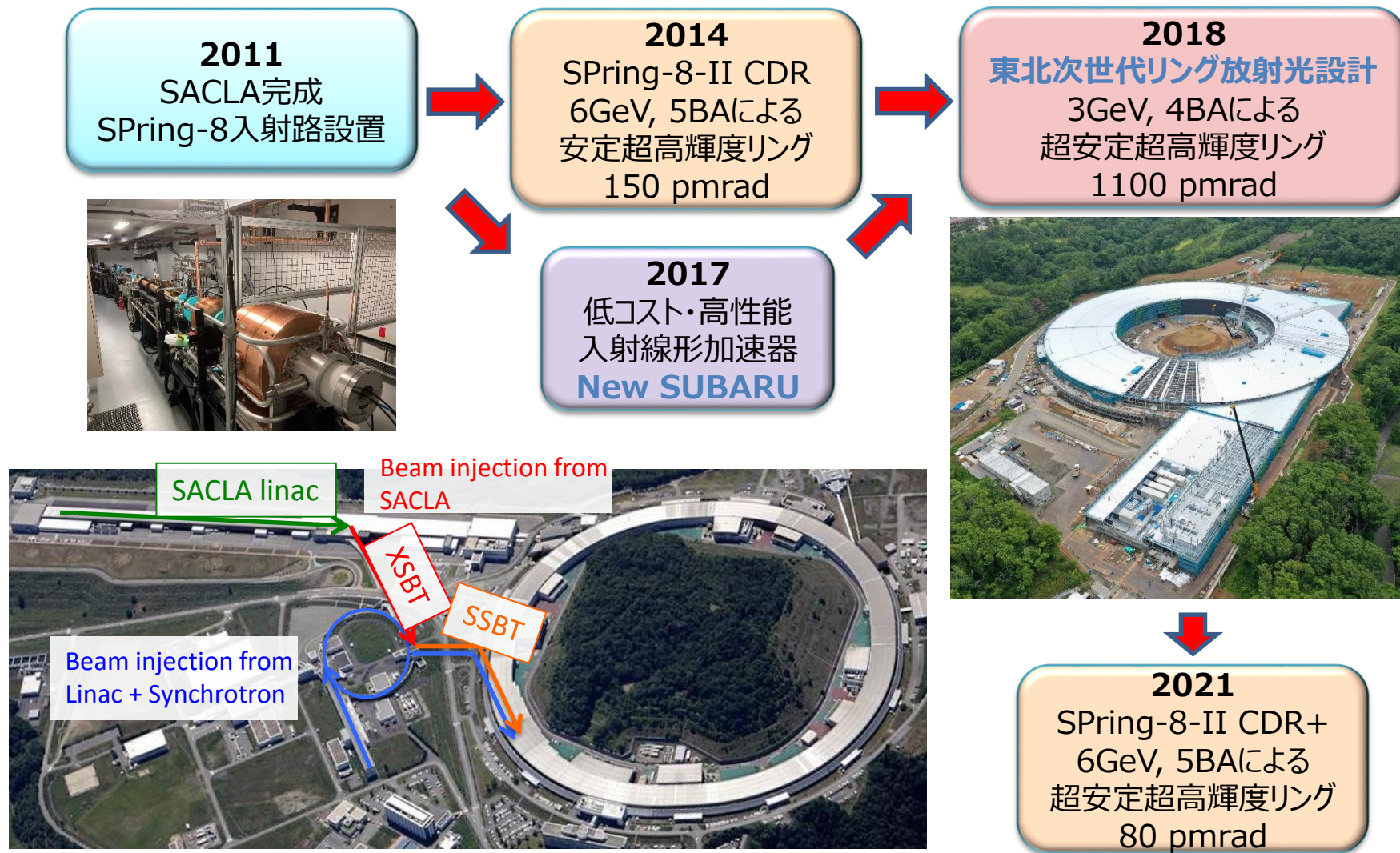


国

国 (+私立大学)

地方自治体

光源加速器開発のハブとしてのSPring-8/SACLA



東北3GeV加速器の建設・立ち上げ：理研・JASRIのチームが全面的に協力

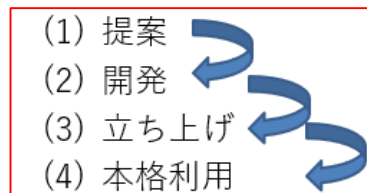
ビームラインポートフォリオ: “Development”

カテゴリー	共用	理研	専用	割合
	特徴		評価軸	
(A) Production	<ul style="list-style-type: none">DX/オートメーションハイスループット		<ul style="list-style-type: none">成果の広がり潜在ユーザーへの訴求	~60%
(B) Specific	<ul style="list-style-type: none">特化型・戦略的な活用		<ul style="list-style-type: none">Visibility/戦略性国際的な評価	~30%
(C) Development	<ul style="list-style-type: none">新技術 (X線光学系、検出器、手法)		<ul style="list-style-type: none">世界一かどうか(A) (B) への波及	~10%

- 特に、放射光専門家から強い要請
- コアの人材育成にも有効
- 一方で、もはや皆がこぞってDevelopmentをする時代ではない
- やるのであれば、世界に伍する高いレベルが必要
 - 土俵づくり
 - ユーザー・施設が連携して開発を促進する仕掛け

SACLA/SPring-8基盤開発プログラム

- SACLA基盤開発プログラム (FY2018~): ユーザーニーズを取り込みながら迅速に実験装置の高度化を実施
- (1) 公募により**利用者から**新装置の提案をいただく
- (2) 採択された課題に対し、**施設が予算計画を策定し、提案者と連携しながら開発**を実施 (提案グループへの予算配分はなし)
- (3) 装置の**コミッショニングを施設者・提案者が共同**で実施 (@理研/共用BL)
- (4) 立ち上げ後には**広く共用に供する** (提案者の独り占めはダメ)
- 2021年度の公募からSPring-8も対象に。採択13件中4件がSPring-8



	代表者	課題名
採択I	河野 義生(愛媛大学)	高圧高温下における液体・非晶質物質の動径分布関数測定システムの開発
採択II	鈴木 宏輔 (群馬大学)	Development of Compton scattering image technique with a coded mask
	三村 秀和 (東京大学)	マテリアルプロセッシングの現象観察のための高速X線撮像システム
	小原 真司 (NIMS)	マイクロビームX線異常散乱、X線ホログラフィー複合計測装置の開発

5. 利用者選定・利用支援業務の実情と課題について

➤ 利用支援に係る人材の確保

現状) 海外施設に比べ、当初よりBL支援員が不足していることに加え高齢化が進んでいる

課題) 後継者となるBL支援員の確保と育成

→ テニユアトラック制度を新設し、次世代を担う若手研究者の積極的な採用を進めており、人数の拡充は進んでいるが、育成には時間を要する。

→ テニユアトラック研究員にはメンター制度により手厚い支援・養成ができるよう配慮している。

→ 大学院生提案型課題(長期型)等の新設、大学との連携協定に基づく活動の拡大により、放射光分野の研究者の育成を推進している。

➤ DX化の効果と影響

現状) 自動化、リモート測定環境整備等のDX化の推進により、ハードウェア面は整いつつある

課題1) 施設者が進めているDX化の設備を最大限に活用するための体制及び人員が不足。

→ 情報支援などにより、データに付加価値をつけるための仕組みの検討、および支援に必要な人員の確保が必要。

課題2) 大学等教育を担う機関からは、実際にBL現場を経験することによって得られる教育効果が失われることへの懸念がある。

課題3) 施設側研究者がこれまで蓄積した知識・経験、ノウハウが、DX化の推進によりブラックボックス化され、その継承が困難になる懸念がある。

→ DXによる効率化の一方、若手研究者および施設側人材の育成への影響が中長期的課題。

まとめ

- グリーンイノベーションを将来にわたって支え続けるSPring-8/SACLA
- 老朽化対策・設備更新を計画的に実施。性能向上と効率化を進め利用機会を増やしながら、多様な利用ニーズに応えてきた
 - ビームライン再編・更新
 - DX・データセンター
 - 施設系・入射器系
- 残る大物は、加速器本体 → SPring-8-II計画
 - 1/2の消費電力で、100倍明るい高エネルギー放射光を生成
 - イノベーションを100倍速く
- 利用制度のアップデートと戦略利用の促進
 - 特に「入口課金」の要件について