

SPring-8とSACLA

理化学研究所
放射光科学研究センター
石川 哲也

理研放射光科学研究中心(RIKEN SPring-8 Center: RSC)

- 播磨地区の理化学研究所基盤研究センター
- 大型放射光施設SPring-8、X線自由電子レーザー施設SACLAを擁し、産官学の共用基盤施設として運営。
- 理化学研究所の最西端拠点



J: 播磨地区(兵庫県佐用郡)



C: 和光地区(本部所在地・埼玉県和光市)



SPring-8とSACLA

SPring-8とSACLAは電子加速器を使って、
強力な「波長の短い光」を出す施設



波長の短い光(X線)は、ナノの世界を見る光



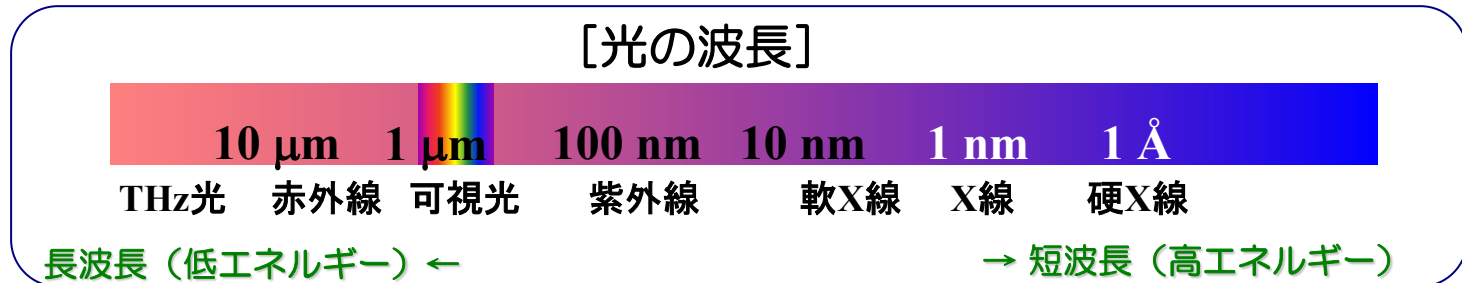
ナノテクノロジー、ナノサイエンスや、原子レベルでの
生命科学研究、物質科学研究に必須の先端科学技術基盤



ナノの世界の姿を
詳細に見るSPring-8

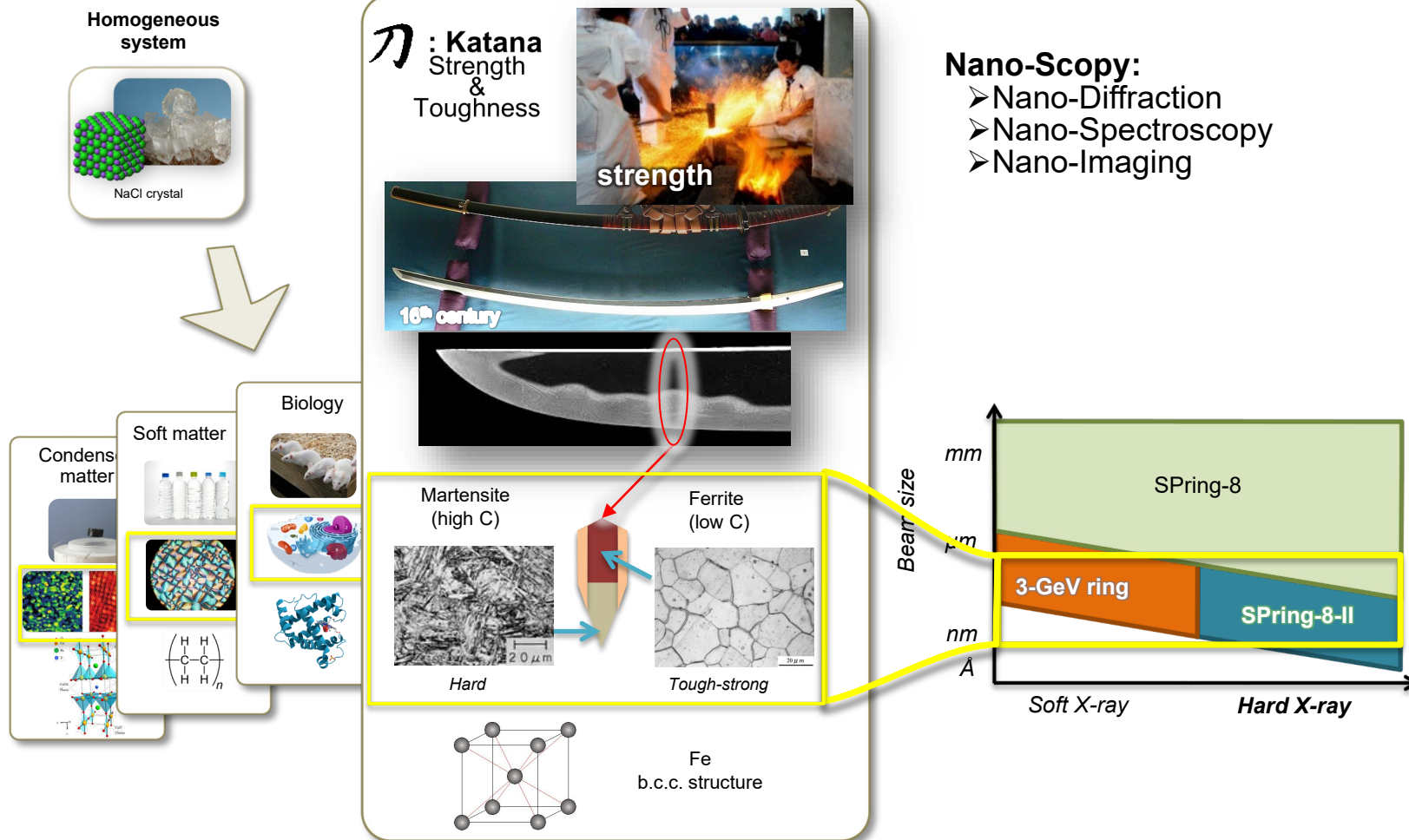


ナノの世界の高速な
動きを見るSACLA



どのように起こっているかは分っているも、何故起こるか解らない現象はたくさんある

Inhomogeneous / Hierarchic / Composite - system



何故を知ること = イノベーションの第一歩

SPring-8

Super Photon ring-8 GeVから
Solving-Problems ring-8 GeVへ



建設期間: 1991年～1997年 供用開始: 1997年10月

蓄積リング: 電子エネルギー: 8 GeV、周長: 約1,500 m

総面積: 1,410,000 m² (141 ha)、標高: 280-290 m

2019年度 実施実験課題数: 2,231件 (産業界約20%) 利用者数: 15,970人

2020年度 実施実験課題数: 1,321件 (産業界約20%) 利用者数: 9,171人

総累計利用者数: 約28万人

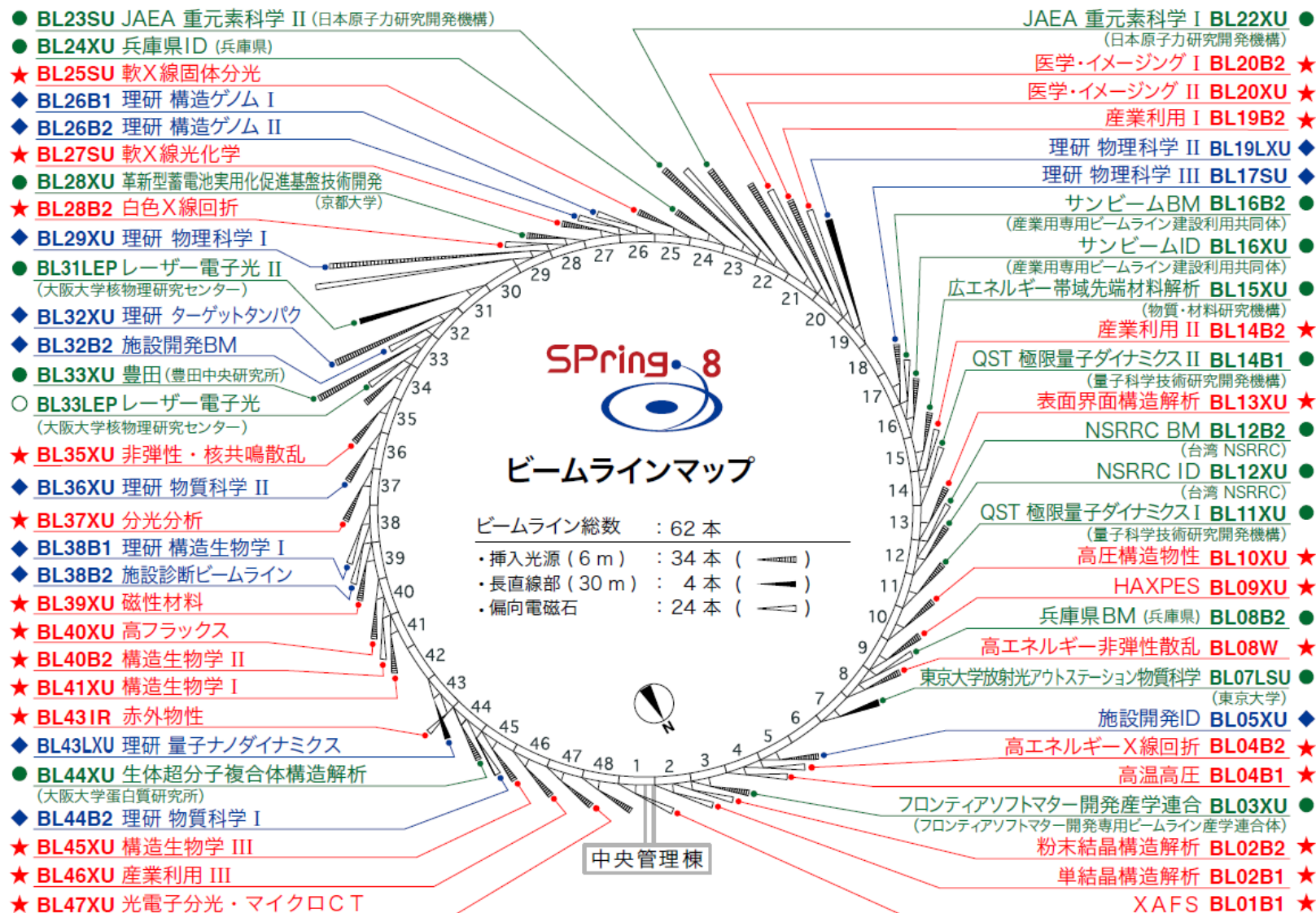
第3世代の放射光施設とは

放射光利用専用の加速器にアンジュレータを主体とした挿入光源を多数設置できるように設計された施設。大型のものとして1990年代にSPring-8、APS、ESRFの3つが建設され、2010年代に、PETRA-IIIが素粒子研究用加速器から転換された。



施設名	ESRF European Synchrotron Radiation Facility	SPring-8 Super Photon ring-8 GeV	APS Advanced Photon Source
所在地	フランス南東部 グルノーブル	兵庫県 播磨科学公園都市	米国イリノイ州 アルゴンヌ(シカゴ郊外)
運転開始年	1994年 (アップグレード2009-2022年: 第4世代)	1997年 (アップグレード 未定)	1996年 (アップグレード2012-2023年: 第4世代)
電子エネルギー	6GeV	8GeV	7GeV
蓄積電流値	200mA	100mA	100mA
エミッタンス	4nm・rad → ~0.2nm・rad	2.4nm・rad	2.5nm・rad
蓄積リング周長	844m	1,436m	1,104m
最大設置のビームライン数	56本	62本	68本

- ★：共用ビームライン
●：専用ビームライン
◆：理研ビームライン



SACLA

スリットで干渉した光

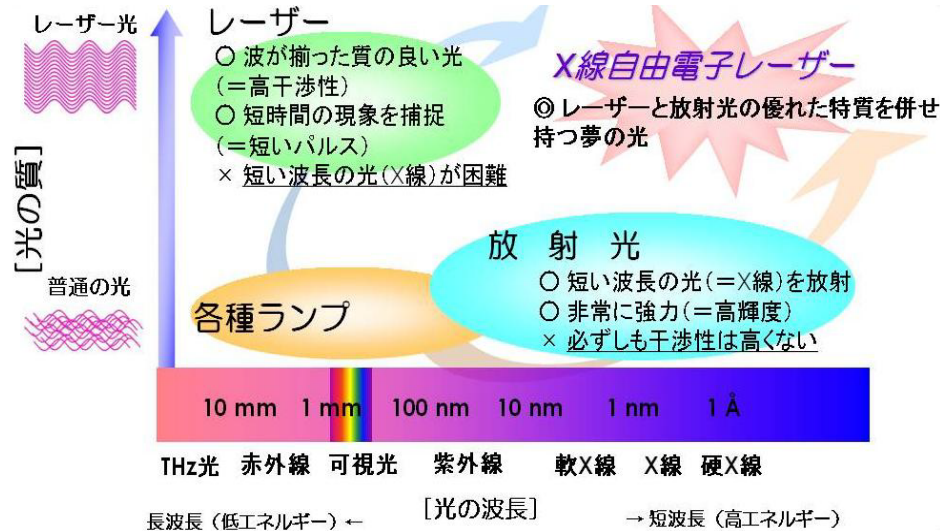


SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser

建設期間:2006～2011年 全長:700 m 2011年6月レーザー発振に成功
供用開始:2012年3月 加速電子エネルギー:8 GeV、波長:0.06nm
2019年度 実施実験課題数:113件、利用者数 :1,214人
2020年度 実施実験課題数: 54件、利用者数 : 461人

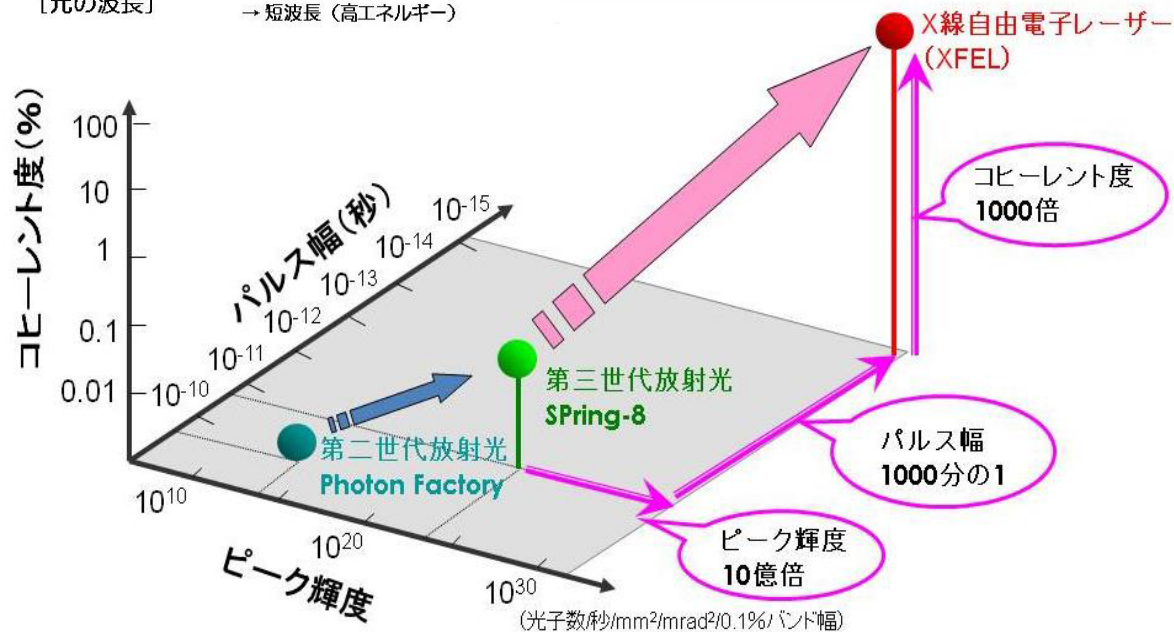
SACLAを創った日本の力

[illegible]



To see Invisible X線自由電子レーザー が実現する 三つの「見る」

- ◎ 短い波長：原子レベルを見る。
- ◎ フェムト秒パルス：原子や分子の反応を見る。
- ◎ 高干渉性：分子や物質の形をありのままに見る。



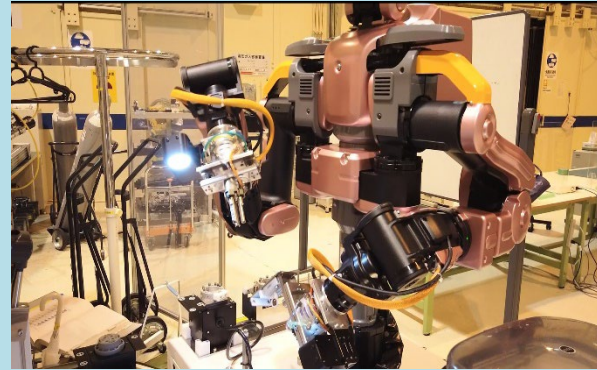


	SwissFEL Swiss Free Electron Laser	E-XFEL European X-ray Free Electron Laser	PAL-XFEL Pohang Accelerator Laboratory X-ray Free Electron Laser	SACLA SPring-8 Angstrom Compact free electron LAser	LCLS Linac Coherent Light Source
所在地	スイス フィリゲン	ドイツ ハンブルク	韓国 浦項市	兵庫県 播磨科学公園都市	米国 カリフォルニア州
運転開始年	2017年	2017年	2017年	2012年	2009年
電子エネルギー	5.8GeV	17.5GeV	10GeV	8GeV	14GeV
発振波長	0.1nm	0.06nm	0.08nm	0.063nm	0.1 nm
全長	約0.74km	約3.4km	約1.1km	約0.7km	約2.2km

→日本の技術力により、コンパクトな構造で短波長を実現。

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

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



ARTICLE

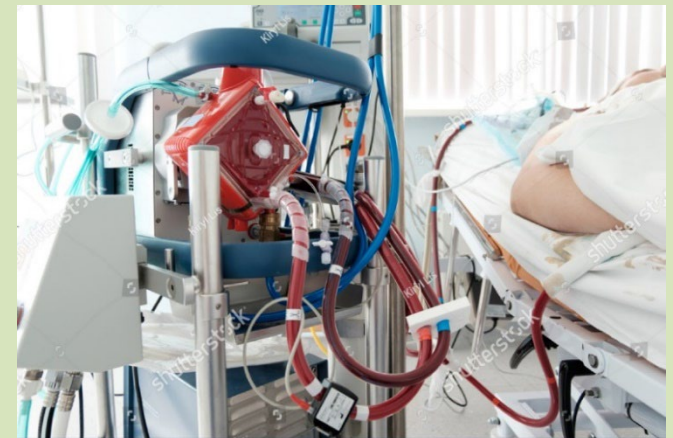
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-20900-6>

OPEN

A small molecule compound with an indole moiety inhibits the main protease of SARS-CoV-2 and blocks virus replication

Shin-ichiro Hattori¹, Nobuyo Higashi-Kuwata¹, Hironori Hayashi^{2,3}, Srinivasa Rao Allu⁴, Jakka Raghavaiah⁴, Haydar Bulut⁵, Debananda Das⁵, Brandon J. Anson⁶, Emma K. Lendy⁶, Yuki Takamatsu¹, Nobutoki Takamune⁷, Naoki Kishimoto⁸, Kazutaka Murayama⁹, Kazuya Hasegawa¹⁰, Mi Li^{11,12}, David A. Davis¹³, Eiichi N. Kodama^{3,14}, Robert Yarchoan¹³, Alexander Wlodawer¹¹, Shogo Misumi⁸, Andrew D. Mesecar⁶, Arun K. Ghosh⁴ & Hiroaki Mitsuya^{1,5,15✉}

BL41XU 構造生物学I



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

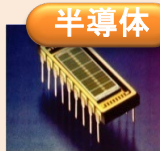
約170社、延べ：約3,200人

エレクトロニクス

三洋電機、住友電工、ソニー、東芝、NEC、日立、富士通研、富士電機HD、パナソニック、三菱電機、NTT、キヤノン、リコー、他



記録媒体



半導体

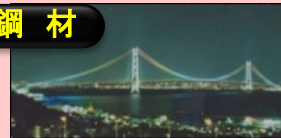


ディスプレイ



素材(金属、高分子)

鋼材



川崎重工、神戸製鋼、新日鐵、住友金属、住友電工、ダイソー、三菱マテリアル、他

繊維



ゴム



ブリヂストン、旭化成、クラレ、住友ゴム、帝人、東洋紡、三菱レイヨン、三菱化学、ユニチカ、横浜ゴム、他

環境、エネルギー

豊田中研、ダイハツ、関西電力、東京ガス、パナソニックエナジー、東邦ガス、JFEスチール、他



燃料電池

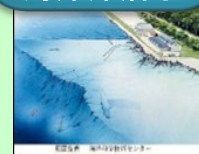


二次電池



排ガス触媒

海洋深層水



医薬品



創薬、生活用品

武田薬品、第一三共、大塚製薬、塩野義製薬、アステラス製薬、中外製薬、大正製薬、持田製薬、協和発酵キリン、他

ヘアケア用品



特定保健用食品

資生堂、花王、P&G、カネボウ化粧品、江崎グリコ、赤穂化成、アース製薬、大関化学、他

SPring-8：期待される役割と増大する社会的ニーズ

- 放射光は、ナノの世界を見る光を供給する。これは、ナノサイエンス・ナノエンジニアリングの進展に必須の光であり、多くのwhyに答えることによって、イノベーションの最初のステップを与える。原子・分子レベルでの多様な高度分析評価に適用される。
- 2050年のカーボン・ニュートラルへの貢献
 - カーボンニュートラルに向けて、グリーン・イノベーションを加速させる高度分析評価基盤の整備：具体的には東北次世代放射光施設の整備とSPring-8改修
 - 2030年までに、完成形にしないと2050年のカーボン・ニュートラルの達成とそれに伴う産業構造の変革への対応は中途半端となり、勝てる国際競争に勝てなくなる。
- レジリエント社会構築に向けた貢献
- 日本型モノづくりの進化への貢献
- 日本全体のための「分析部門」

2021年4月22日「地球温暖化対策推進本部」

- 2030年度の温室効果ガス削減目標を2013年度比で46%に削減。

2021年5月26日「改正温対法成立」

- 2050年の温暖化ガス排出量を実質ゼロにする目標を明記
- 脱炭素の実現には**日米欧と中国の4地域**だけでも21～50年に必要な投資が8500兆円に及ぶとの試算。
- 日本にとっては**水素の実用化**や**次世代の蓄電池**といった先行する分野で優位を保ち、出遅れるた分野で巻き返せるかが課題。

環境省
Ministry of the Environment

ホーム | 環境省のご案内 | 政策分野・行政活動 | 環境基準・法令等 | 白書・統計・資料 | 申請・届出・公募 | 報道・広報

地球環境・国際環境協力

地球温暖化対策推進法と地球温暖化対策計画

地球温暖化対策推進法

二〇五〇年までのカーボンニュートラルの実現を法律に明記することで、政策の継続性・予見性を高め、脱炭素に向けた取組・投資やイノベーションを加速させるとともに、地域の再生可能エネルギーを活用した脱炭素化の取組や企業の脱炭素経営の促進を図る「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」を、令和3年3月2日に閣議決定しました。

- 令和3年改正について
- 地球温暖化対策推進法の成立・改正の経緯

環境省のご案内

- 環境省の組織案内
- 大臣・副大臣・環境大臣政務官
- 幹部職員名簿
- 環境省の率先実行
- 採用・キャリア形成支援情報
- パンフレット一覧
- 所管法人

政策分野・行政活動

- お知らせ一覧
- 審議会・委員会等
- 重点施策・予算情報

先行分野の優位性にSPRing-8は大きく寄与



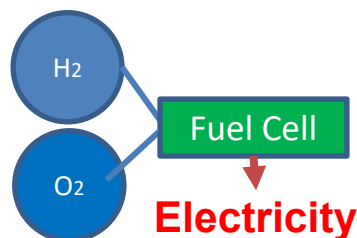
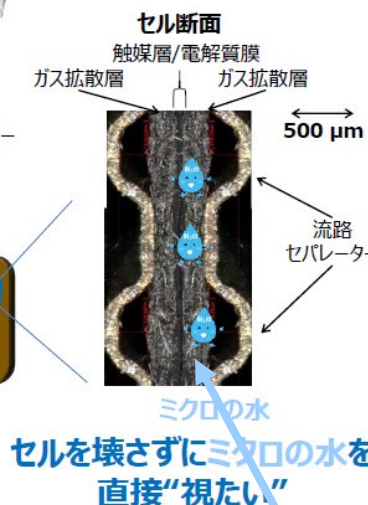
2030年度目標に向けて

- 新しい開発の時間は少ない
- 既存技術の高度化、捨てられた技術の見直し
- 基盤施設の高度活用・高性能化**

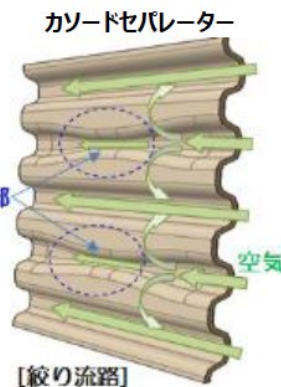
イノベーション・サイクルの高速化により
2050年目標の達成に大きく貢献

新型MIRAI燃料電池スタック

新型MIRAIの
燃料電池システム



SPring-8の**世界最高性能の放射光X線**を
使って、**水の排出とガス拡散を促進する絞り
流路形状による高出力化を検証**



燃料電池スタック

H_2 と空気中の O_2 から電気を作り、
駆動用モーターを回転させる。

高効率燃料電池スタック

ミクロンサイズの水を、効率よく排水す
ることが必要。

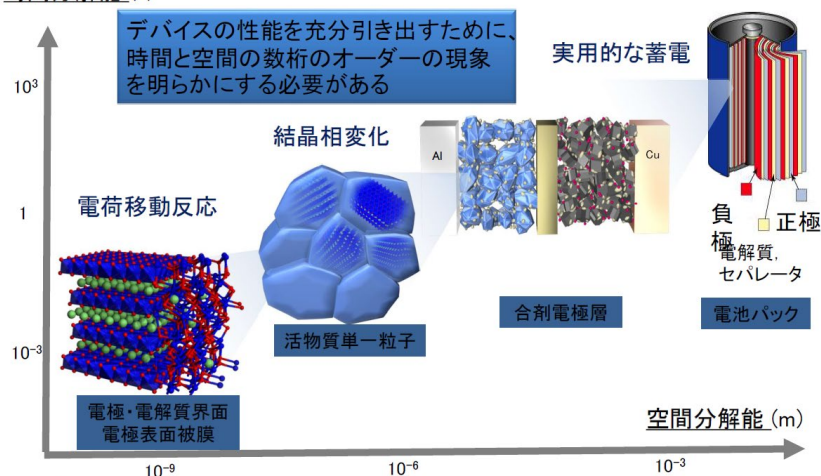
ミクロンサイズの水を非破壊で
観察することに対する強い要請



蓄電池開発

電池の解析対象

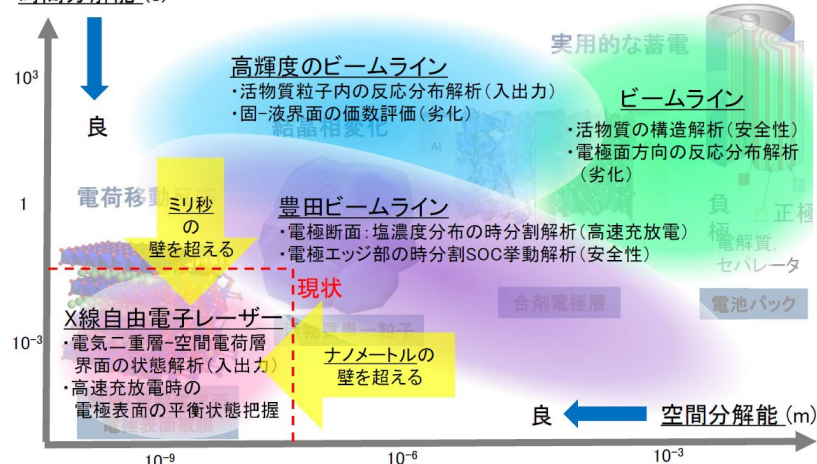
時間分解能 (s)



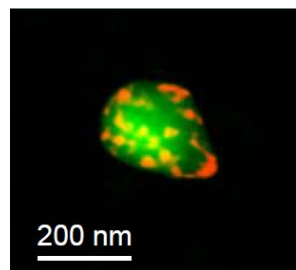
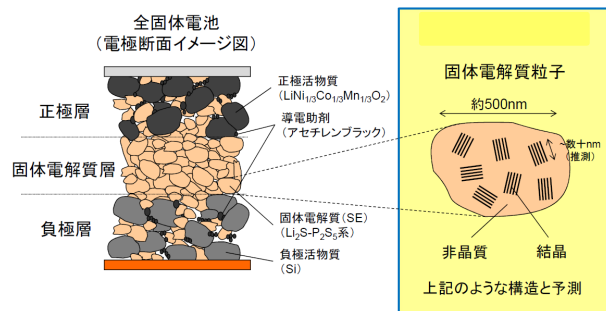
時間・空間分解が多岐にわたり、反応が複雑

放射光と電池解析対象の位置づけ

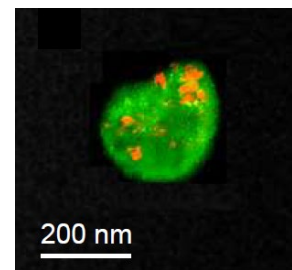
時間分解能 (s)



多岐にわたる解析対象を上記手法、施設で使い分け



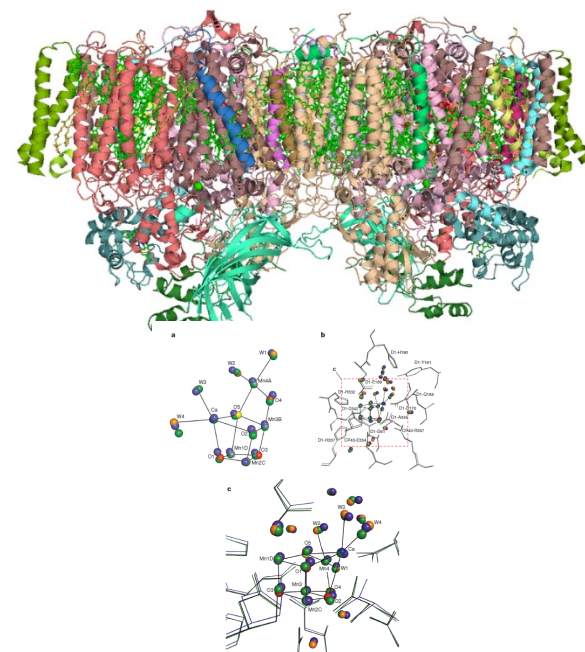
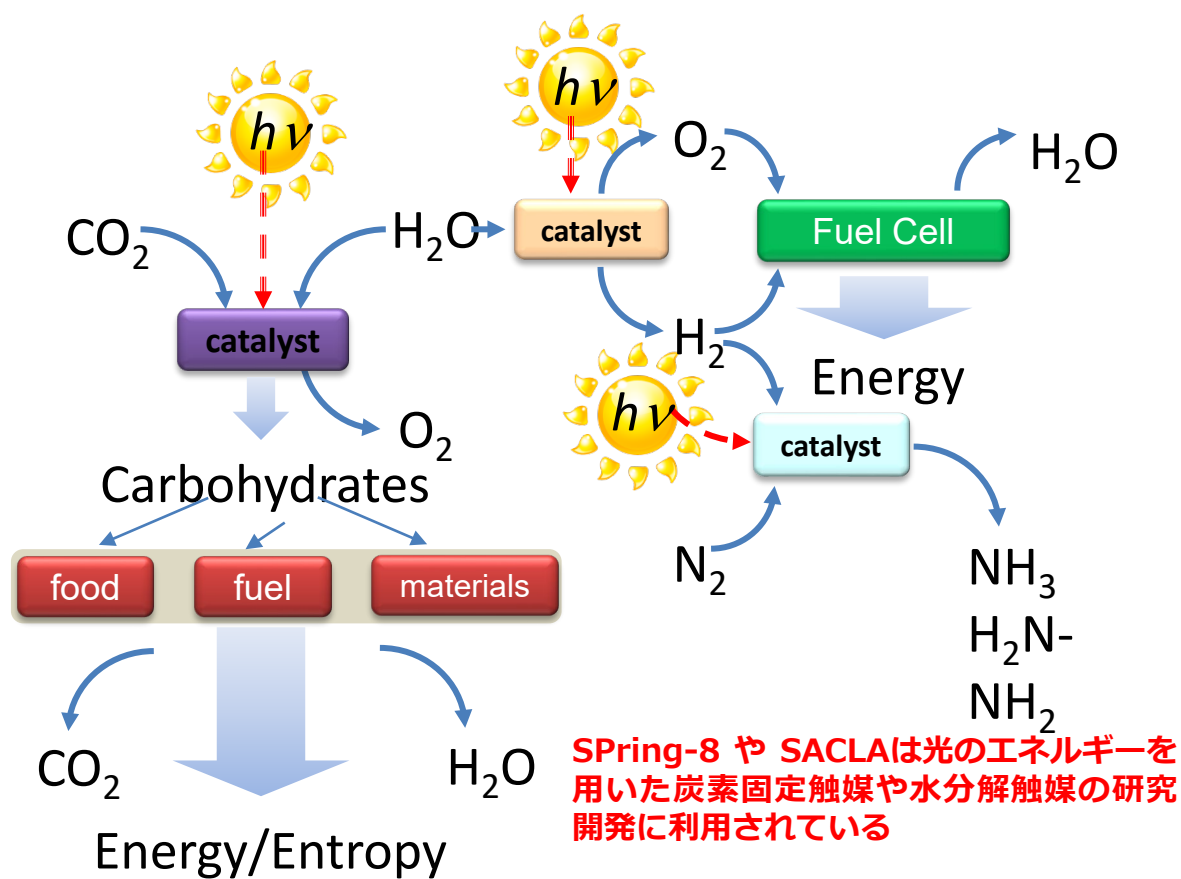
SACLAで得られた像



電顕で得られた像

SACLAでダメージの影響なしに、固体電解質粒子内の結晶評価に成功

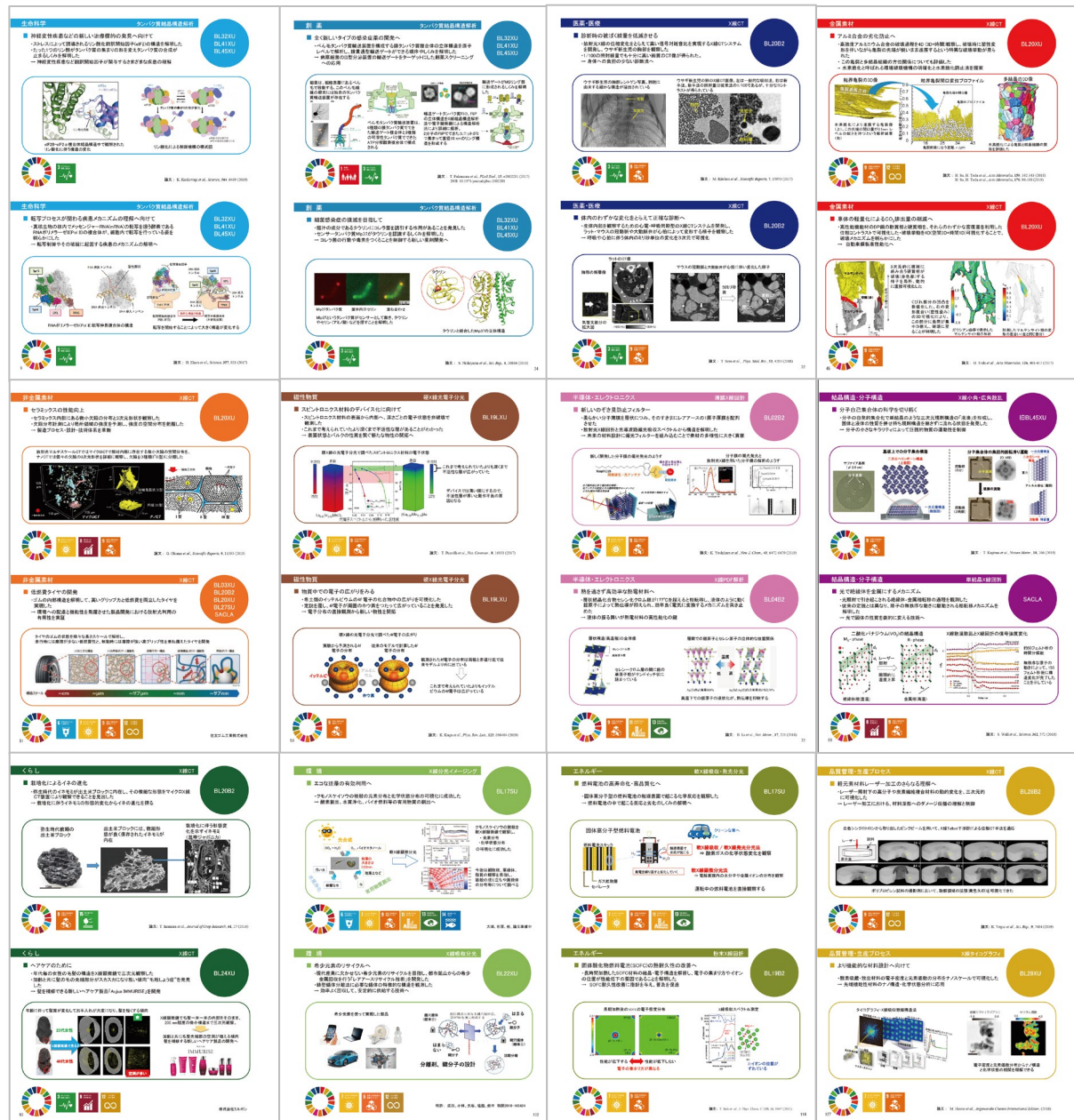
世界に先駆けたPSII構造・機能の解明



- PSII分子の構造は、SPRING-8とSACLAによって解明された。
- 反応機構もSACLAで明らかになった。
- 反応中心の構造は、水分分解人工触媒設計に大きなヒントを与える。



20



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、2021年8月23日に宣言した。

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

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→構造材料

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

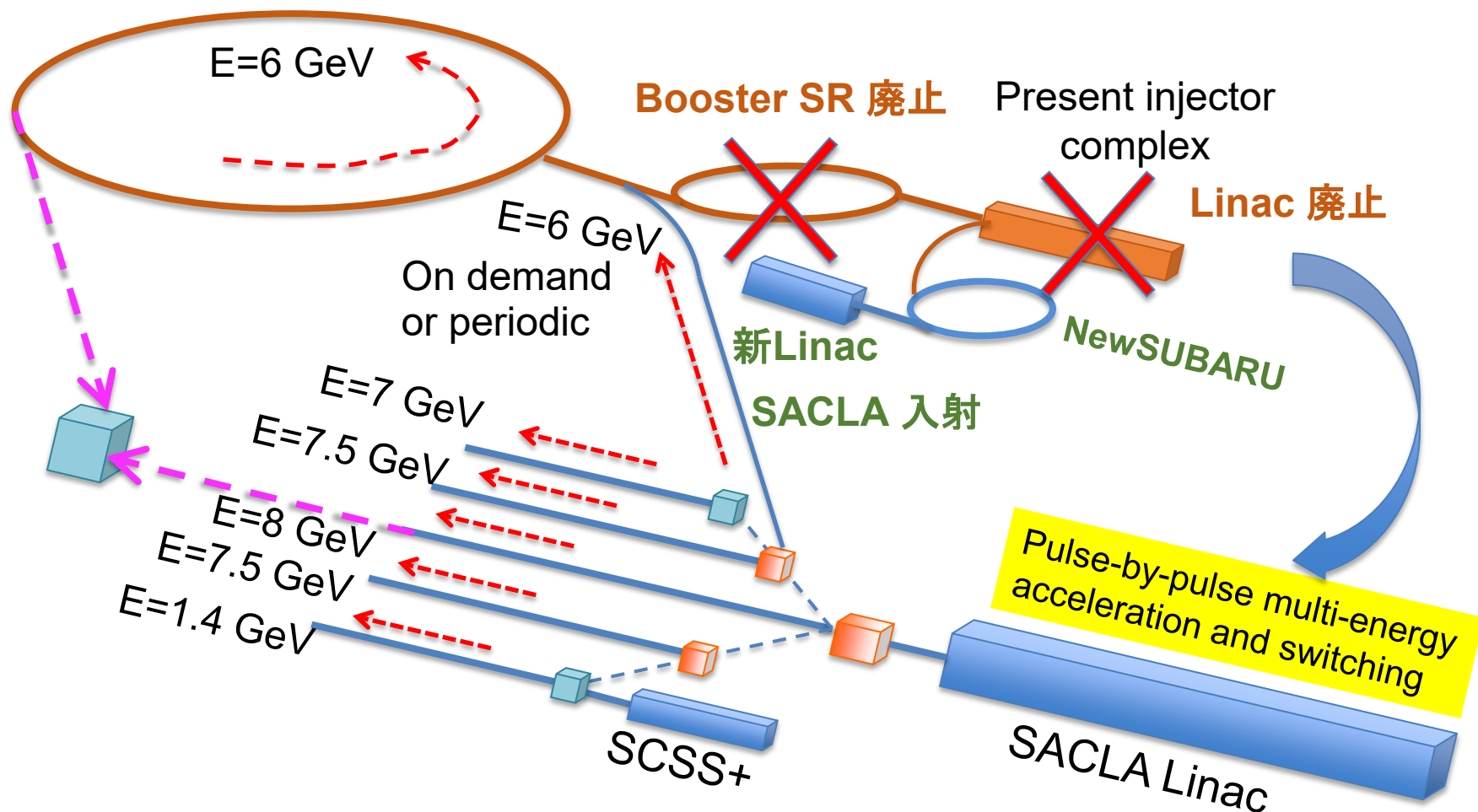
グリーンファシリティ宣言（2021年8月23日）

大型放射光施設「SPring-8」とX線自由電子レーザー施設「SACLA」は2030年の持続可能な開発目標（SDGs）や、2050年の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。

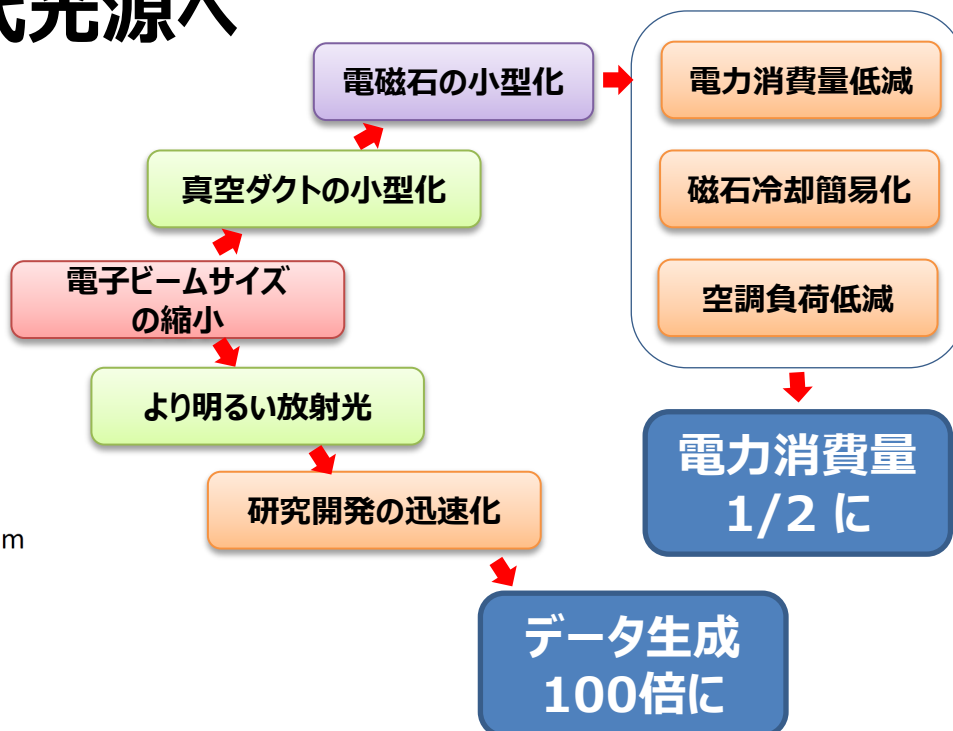
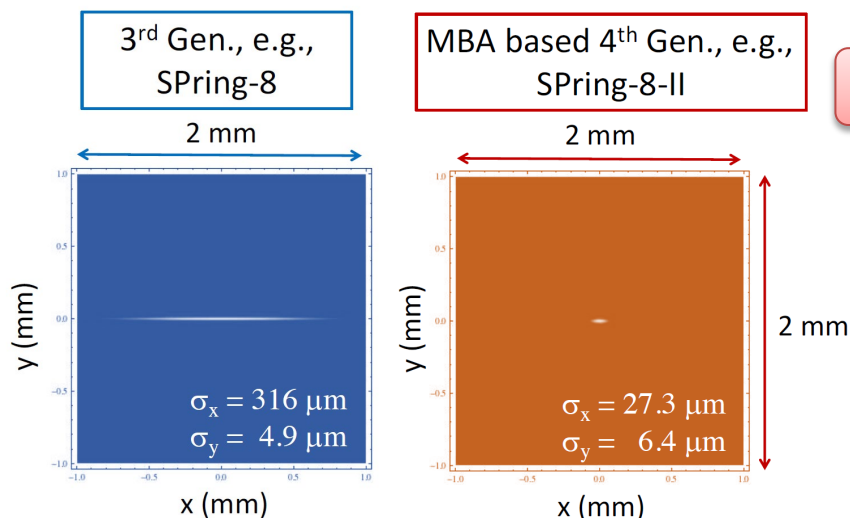
引き続き、皆様方の倍旧のご活用とご支援を賜りますよう、お願い申し上げます。

蓄積エネルギー 8 GeV → 6 GeV

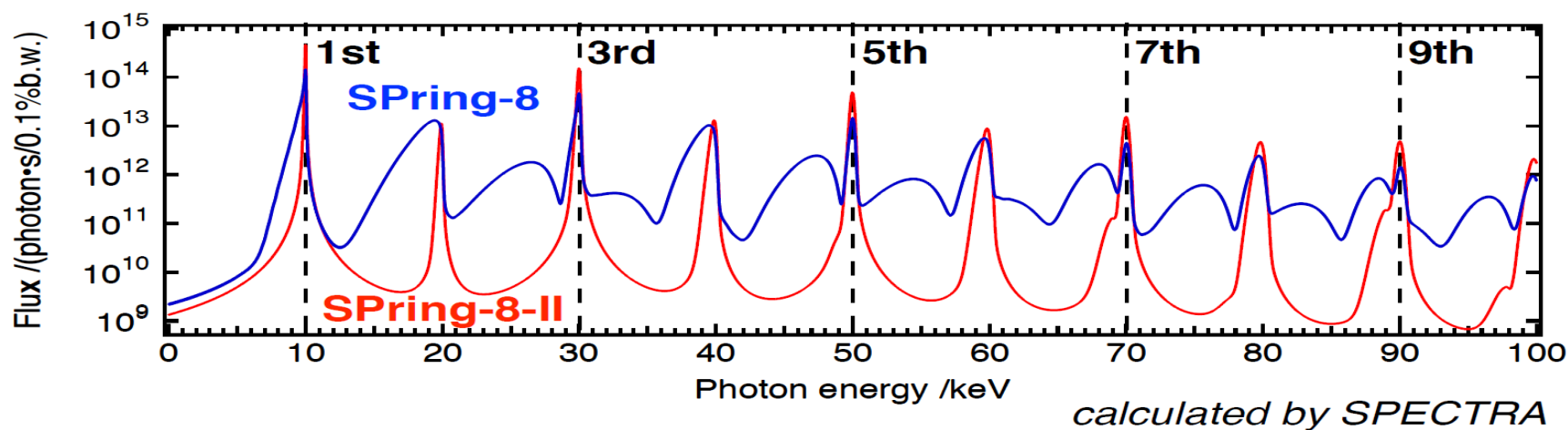


第三世代光源から第四世代光源へ

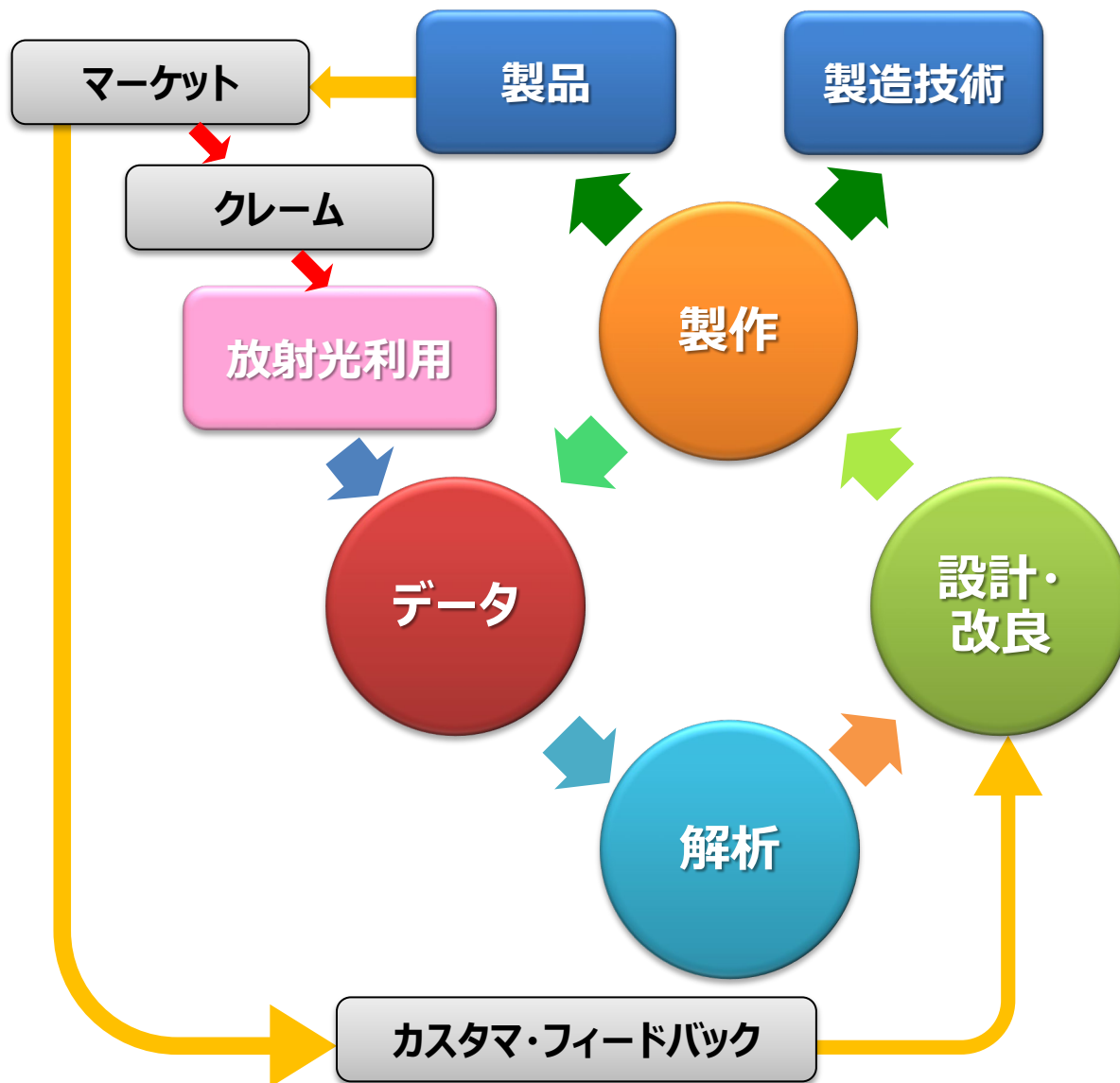
電子ビームサイズ



アンジュレートスペクトル



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

世界一の基盤施設性能が日本の科学技術力を支える

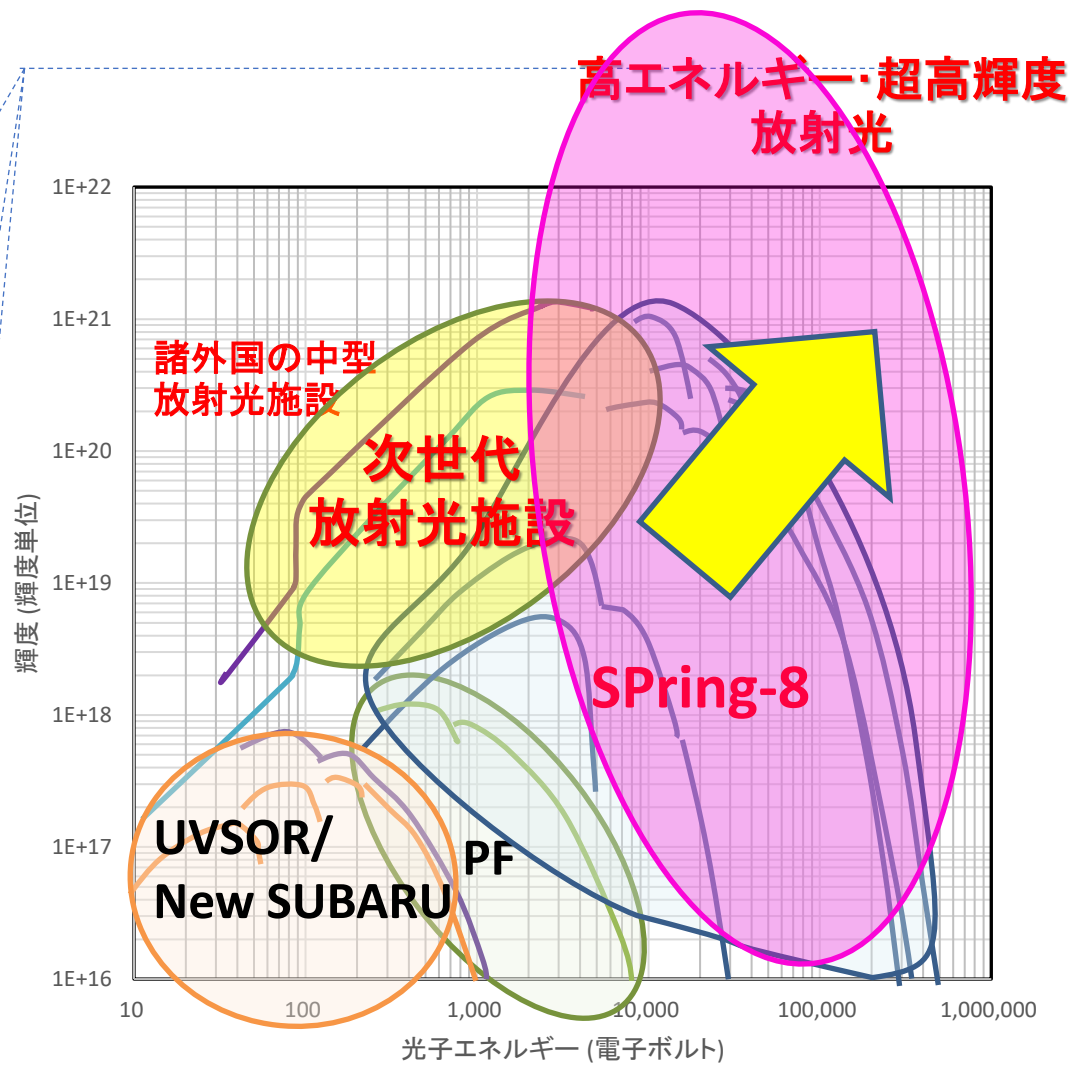
EU



US



中国



SPring-8のアップグレード:SPring-8-II

省エネ

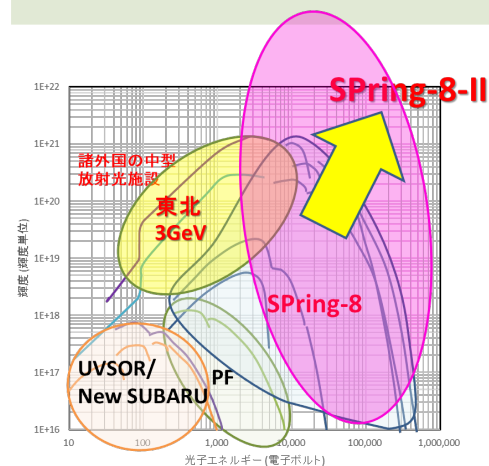
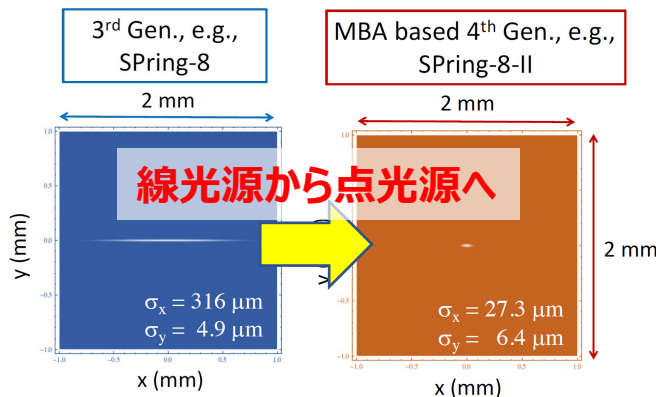
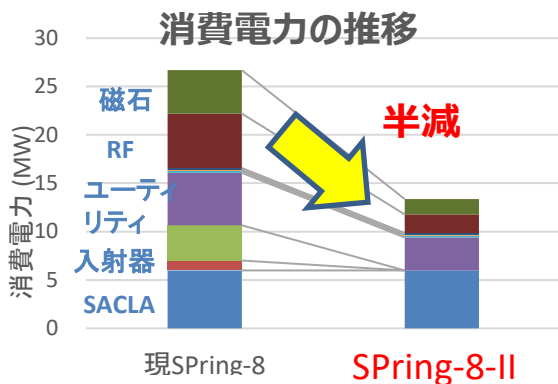
- 加速エネルギーの低減 (8GeV → 6GeV)
- 偏向部の永久磁石化と冷却系の負荷低減
- 既存入射器の停止

加速器テクノロジー

- マルチバンドクロマット(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



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

おわりに

百聞不如一見
百見不如一考
百考不如一行
百行不如一果
百果不如一幸
百幸不如一皇

ご清聴ありがとうございました。

