

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について

- 次世代放射光施設のご紹介【文科省】
- 光源性能と共用ビームラインについて【量研機構】
- コアリション（有志連合）の形成について

※情報科学を含むエコシステム等について記述あり【パートナー】

次世代放射光施設のご紹介

2021年9月

文部科学省 科学技術・学術政策局

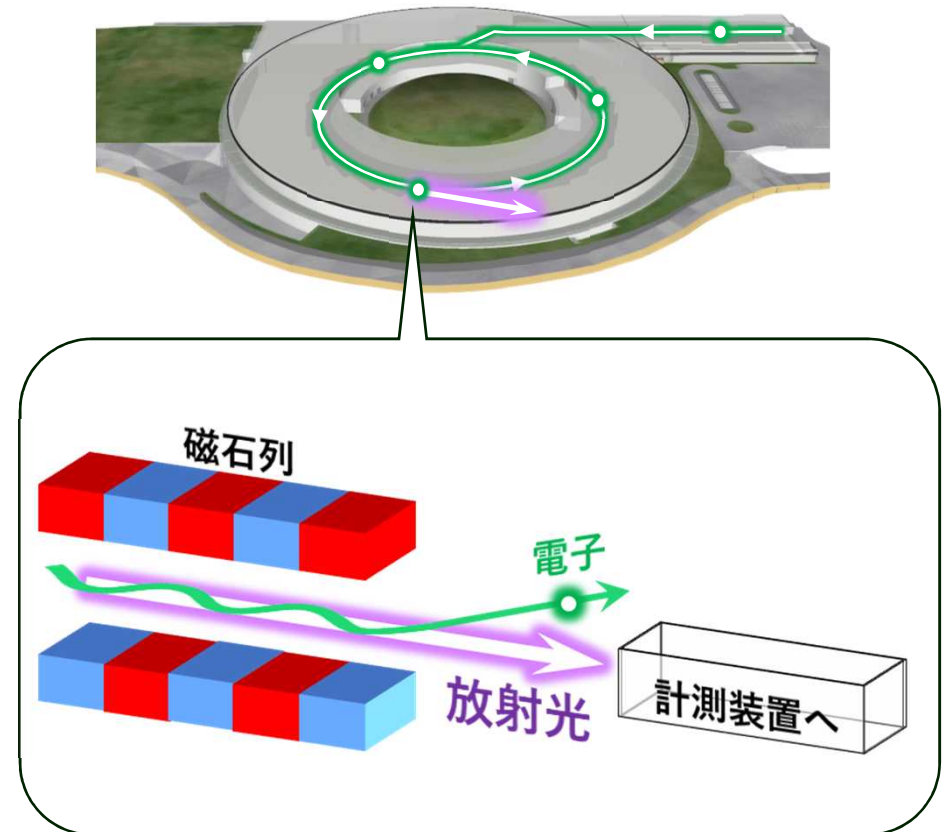
研究開発基盤課長

放射光とは？

電子加速器が生み出す、**高輝度、高指向性のX線**などの電磁波
肉眼では見分けられない**物質の性質を明らかにする光**

ほぼ光速で直進する電子が、
その進行方向を磁石などによっ
て変えられた際に発生する光を
放射光という。

電子のエネルギーが高いほど指
向性も高くなり、短い波長の光、
X線を含むようになる。



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

学術、産業ともに**高い利用ニーズ**が見込まれ、我が国の産学官の**研究力強化と生産性向上**に貢献する次世代放射光施設は、**官民地域パートナーシップ**による大型研究施設の**リーディングケース**となるもの。

(平成30年12月17日 文部科学大臣 記者会見より 整備着手に向けた予算措置に際して)

【国側の整備運用主体】

国立研究開発法人 **量子科学技術研究開発機構**
(量研機構)

【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**、
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**

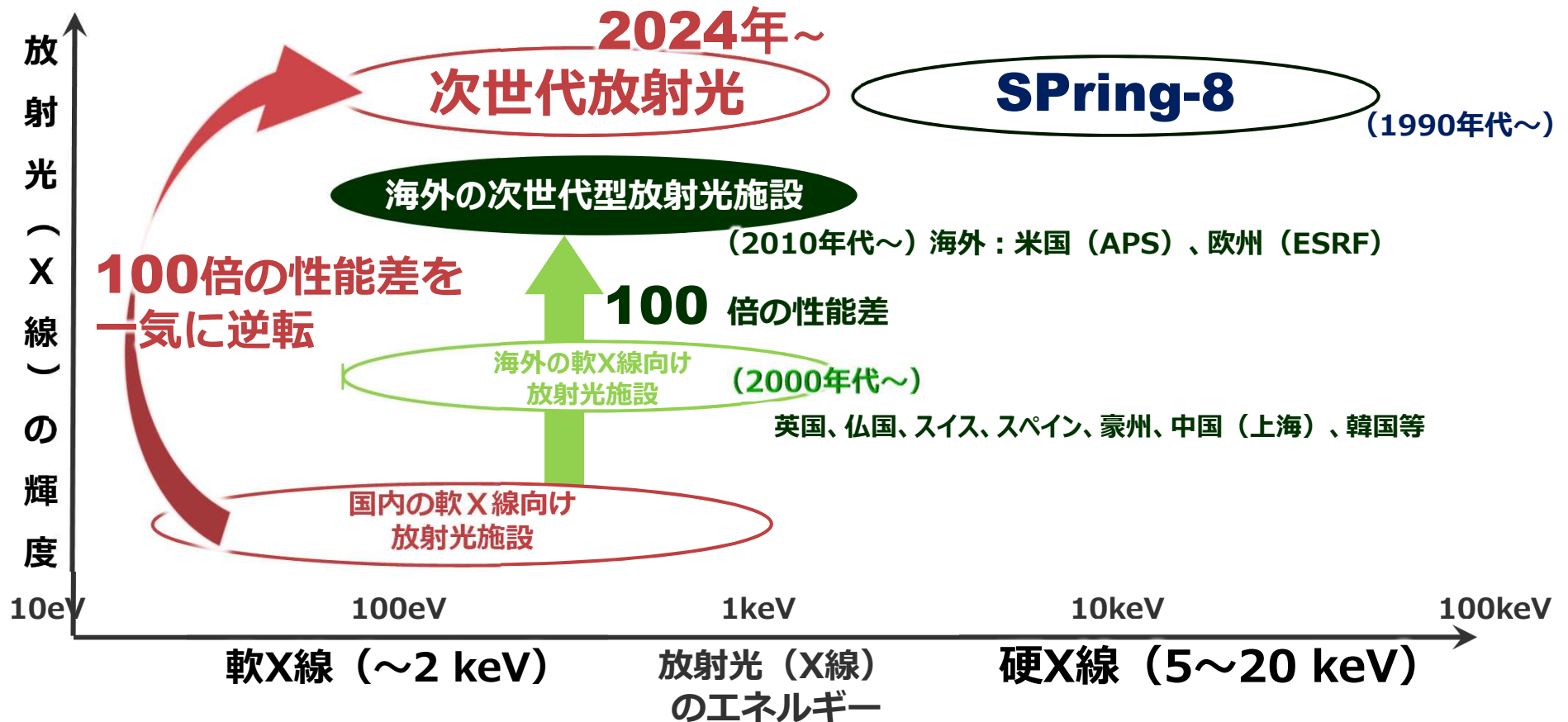
2024年度運用開始

項目	役割分担
加速器	国
ビームライン	国及びパートナーが 分担
基本建屋	パートナー
整備用地	

次世代放射光施設とSPring-8の比較

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

※輝度とは放射光の明るさ。輝度が高いと、様々なものがよりくっきりと見える。より短時間で、より微小な領域を、詳細に観察できる。



- 2018年6月 地域パートナー選定
- 2018年9月 量研機構及び地域パートナーとの間で連携協力協定締結
- 2019年度～ 量研機構側は加速器の整備、地域パートナー側用地整備開始
- 2021年1～3月 施設の愛称募集（秋以降に発表予定）
- 2021年12月 基本建屋への加速器搬入開始
- 2023年3月 基本建屋の竣工
- 2023年度中 ファーストビーム（施設の稼働）
- 2024年度 運用開始の見込み

国およびパートナーが整備するビームライン

国側

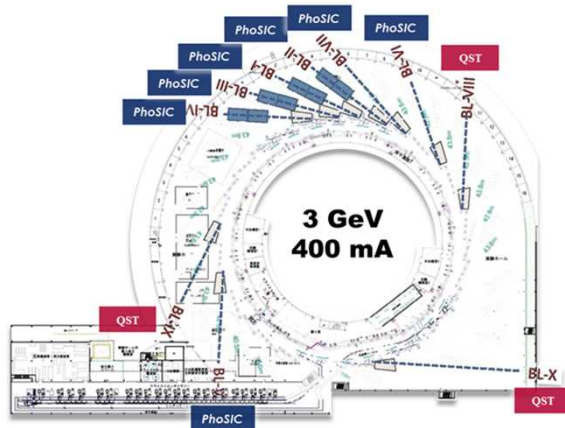
3本

世界最高性能で自然科学を先導

BL-VIII(U) : 軟X線ナノ光電子分光

BL-IX (U) : 軟X線ナノ吸収分光

**BL-X (U) : 軟X線超高分解能共鳴
非弾性散乱**



パートナー側

7本

様々な物質の機能を可視化

BL-I (U) : X線オペランド分光

BL-II (W) : X線構造-電子状態トータル解析

BL-III(W) : X線階層的構造解析

BL-IV (U) : X線コヒーレントイメージング

BL- V(U) : 軟X線磁気イメージング

BL- VI(U) : 軟X線電子状態解析

BL- VII(U) : 軟X線オペランド分光

(参考) 政策文書

次世代放射光施設の政策的位置づけ

第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月26日閣議決定）

第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

2. 知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化

(2) 新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）

(c) 具体的な取組

② 研究DXを支えるインフラ整備と高付加価値な研究の加速

○研究設備・機器については、2021年度までに、国が研究設備・機器の共用化のためのガイドライン等を策定する。なお、汎用性があり、一定規模以上の研究設備・機器については原則共用とする。また、2022年度から、大学等が、研究設備・機器の組織内外への共用方針を策定・公表する。また、研究機関は、各研究費の申請に際し、組織全体の最適なマネジメントの観点から非効率な研究設備・機器の整備がおこなわれていないか精査する。これらにより、組織的な研究設備の導入・更新・活用の仕組み（コアファシリティ化）を確立する。既に整備済みの国内有数の研究施設・設備については、施設・設備間の連携を促進するとともに、2021年度中に、全国各地からの利用ニーズや問合せにワンストップで対応する体制の構築に着手し、2025年度までに完了する。さらに、**現在、官民共同の仕組みで建設が進められている次世代放射光施設の着実な整備や活用を推進する**とともに、大型研究施設や大学、国立研究開発法人等の共用施設・設備について、リモート化・スマート化を含めた計画的整備を行う。

経済財政運営と改革の基本方針2021（骨太の方針2021）（令和2年6月18日閣議決定）

第3章 感染症で顕在化した課題等を克服する経済・財政一体改革

4. デジタル化等に対応する文教・科学技術の改革

Society 5.0の実現や社会課題の解決に向け、民間資金を拡大しつつ、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」¹⁴³をエビデンスに基づき着実に実行する。世界の学術フロンティア等を先導する国際的なものを含む**大型研究施設¹⁴⁴の戦略的推進や官民共同の仕組みで大型研究施設の整備・活用を進める**。競争的研究費の一体的改革や情報インフラ¹⁴⁵の活用促進、施設・設備の共用化等による基盤構築を図り、生産性向上を目指す。

成長戦略フォローアップ（令和3年6月18日閣議決定）

10. イノベーションへの投資の強化（2）文理融合の推進

（研究のDXの実現）

・**2023年度の次世代放射光施設の稼働に向けて、官民地域パートナーシップに基づき着実に整備を進める。**

統合イノベーション戦略2021（令和3年6月18日閣議決定）

第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策 2. 知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化

(2) 新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）

② 研究DXを支えるインフラ整備と高付加価値な研究の加速

基本計画における具体的な取組	実施状況・現状分析	今後の取組方針
○（前略）さらに、現在、官民共同の仕組みで建設が進められている次世代放射光施設の着実な整備や活用を推進するとともに、大型研究施設や大学、国立研究開発法人等の共用施設・設備について、リモート化・スマート化を含めた計画的整備を行う。【科技、文、関係府省】	・ 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従い、2019年度より整備を開始。2021年5月末現在、基本建屋工事進捗率約51%。	・ 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従い、2023年度の稼働を目指し着実に整備を推進。 【文】

次世代放射光施設の 光源性能と共用ビームラインについて

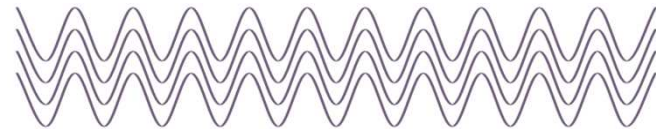
量子科学技術研究開発機構
次世代放射光施設整備開発センター

- 1. 次世代の放射光光源とは？**
- 2. 共用ビームラインについて**
- 3. 放射線管理区域について**
- 4. 共用利用制度（案）について**

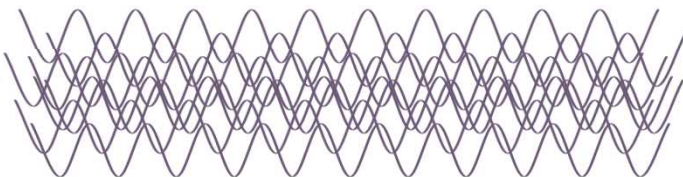
次世代の放射光光源の特長は、

1. 強度が高い（光子の数）
2. 輝度が高い（光の拡がり方が小さい、低エミッタンス）
3. 位相が揃っている成分多い（高コヒーレンス）

位相が揃っている光の波



位相が揃っていない光の波



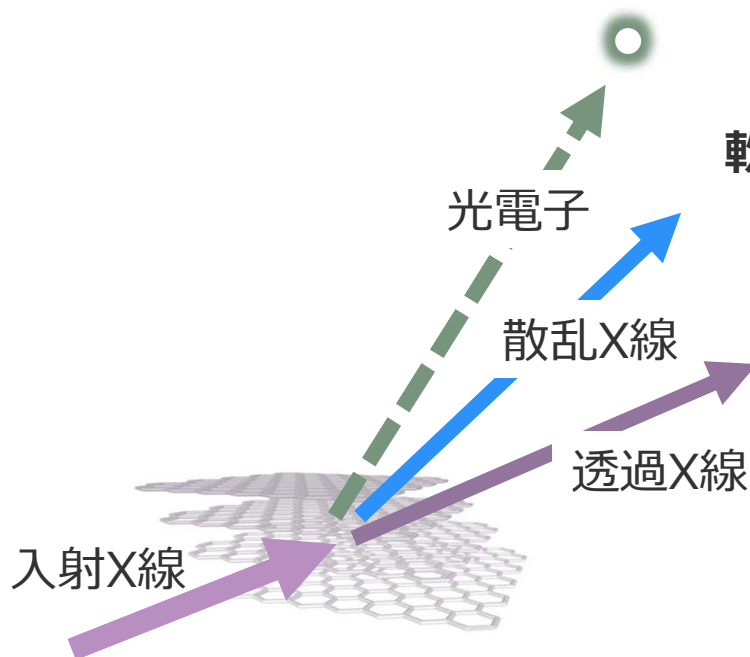
光源性能を活かし、学術の先端を開拓

量子科学技術研究開発機構が、**3本**のビームラインを整備

軟X線 ナノ光電子分光 ビームライン

軟X線 超高分解能共鳴非弾性散乱 ビームライン

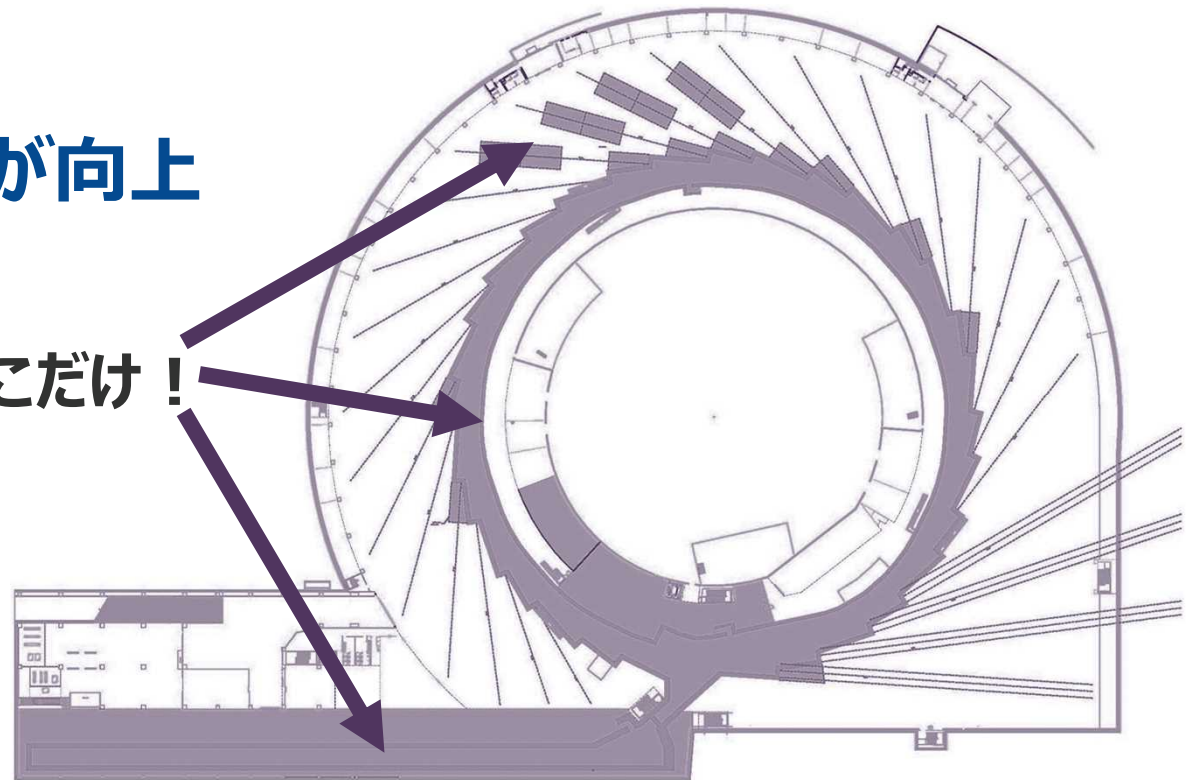
軟X線 ナノ吸収分光 ビームライン



放射線従事者登録なしに実験ホールに入れるようになります。

**国内初！
ユーザーの利便性が向上**

放射線管理区域はここだけ！



共用促進法の適用を受けた上で、
SPring-8やJ-PARCに類似した利用方法を想定

（詳細は、今後の審議会等での議論・検討による）

利用までの流れ

課題申請（約半年に**1**回）



課題選定の審査 ➡ 不採択



採択・ビームタイム配分



施設利用



報告書提出、論文発表（査読あり学術誌）

料金

- **成果公開（論文発表等）**
する課題は**原則無料**。消耗品実費のみ
- **成果非公開課題については、有料**（詳細は検討中）

量子科学技術研究開発機構は、

本施設の整備・運営を行う国側の主体として、

高性能かつ実用的な光源を開発・整備、

世界最高レベルのビームライン性能の追求と活用

を通じ、我が国の科学研究をリードしてまいります。

次世代放射光施設における コアリション（有志連合）の形成について

一般財団法人光科学イノベーションセンター PhoSIC [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

1. 次世代放射光施設におけるコアリション構想
 SPring-8との比較
2. 次世代放射光施設で何ができるのか？
3. コアリション利用するには？
4. 問い合わせ先

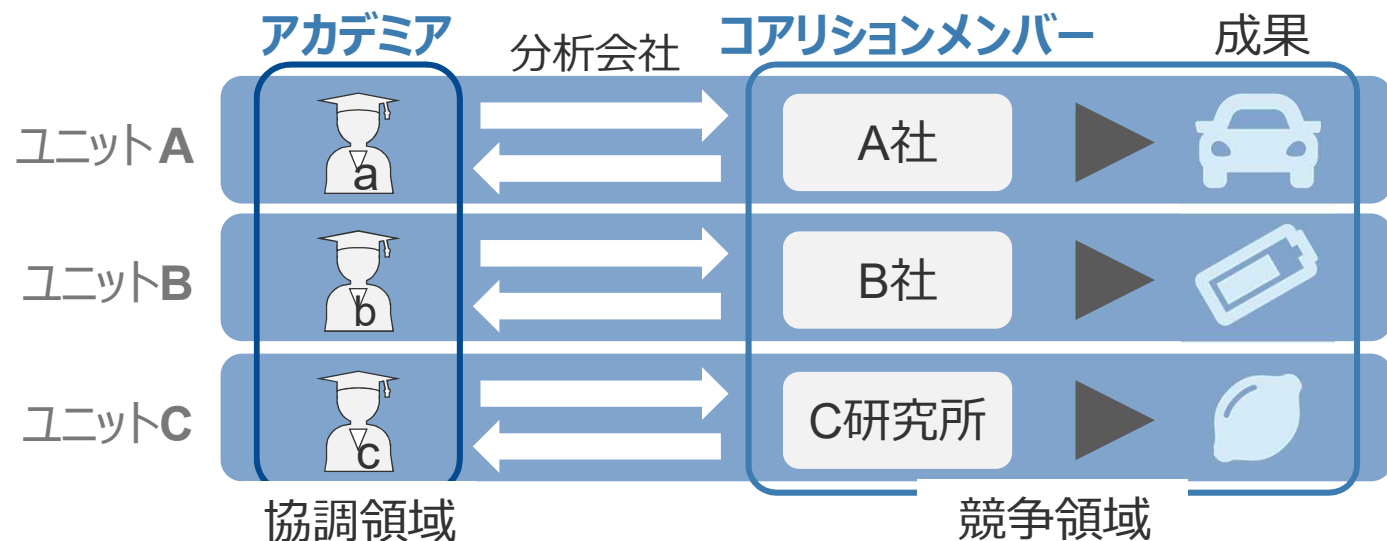


産学の“本質ニーズ”から生まれた新たな利用システム

- ① 国内外初の**コアリション（有志連合）** コンセプト
- ② **コンシェルジュ**サービス
- ③ **サイエンス・ファースト**の利用制度

出資した産学のメンバーが、開発課題毎にユニットを形成

1. 放射光の勉強は不要。多彩な分野のアカデミアとマッチング可能
2. ユニット内で開発情報を管理
3. 競争領域では、ユニット間で健全な競争
4. 協調領域では、成果を基に新たな連携構築





メンバー毎に、担当コンシェルジュ

- **ユニット形成のマッチング**
- **専門的な研究内容**
- **研究のプロジェクト化**
- **ビームライン利用・活用**
- **予約や手続き**

に関するご相談

研究開発に集中するために

専門的な課題審査は不要

毎月利用予約が可能

計測データ、成果はメンバーが専有

解析等のアフターケア（要追加費用）

米・Battery500プロジェクト：次世代Liイオン電池開発 (エネルギー省 DOE 2017～)

目標：電気自動車用の電池を、安価かつ3倍の高性能にする

組織：4国立研究所、5大学、IBMが結集



3GeV 放射光施設 **NSLS-II**
Brookhaven国立研究所



3GeV 放射光施設 **SSRL**
SLAC国立研究所

2名のノーベル賞
受賞者も参加

2019年ノーベル化学賞



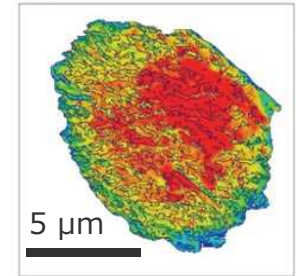
S.ウイッティンガム J.グッドイナフ

背景：

- 現在のLiイオン電池は、重量 1 kgあたり220 Whの出力が理論的限界。(現状: 170 Wh/kg程度)
- Li金属を実用化すると10倍高性能になる可能性。**しかし、寿命が極端に短い。**(寿命10サイクル)
- 弱点を克服し、現在より**3倍の高性能(500 ワット/kg程度)**で、**十分な寿命(1000サイクル)の、安価なLiイオン電池の開発を実現したい。**

次世代放射光施設で何ができるのか？（具体例）

【開発課題】 電極から高価なCoを減らしたいが、**劣化が極端に速い**

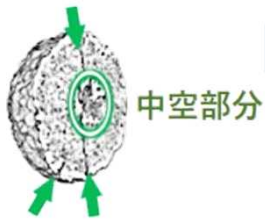


【放射光】 電極の微粒子の**化学状態を可視化**

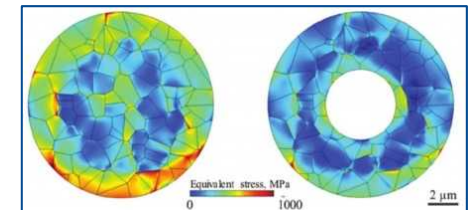
【データ科学】 **機械学習**で異常反応を2種発見。**表面やき裂の近くに分布**

【放射光】 **CT**で充電時にき裂が増えるのを確認。中空粒子の方が割れにくい？

【データ科学】 **シミュレーション**で中空だと歪み小さく割れにくいことを実証



【結果】 中空粒子を増やせば寿命延長の可能性

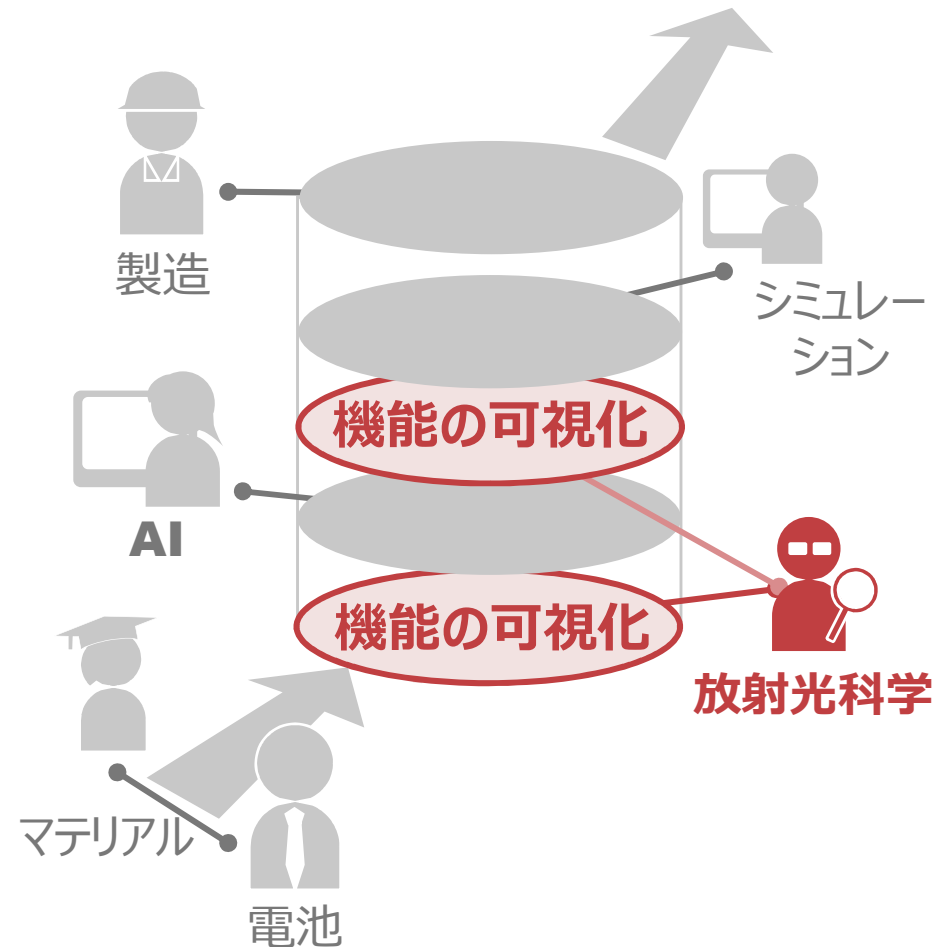


→ 実際、他の技術とも合わせて、寿命は**10サイクルから350サイクルまで延伸**、**性能も現行電池の2倍（350 Wh/kg）まで向上**。さらに高度化進行中

事例のポイント

放射光の様々な計測手法が、モノの化学状態、電子状態など、機能に直結する性質を可視化

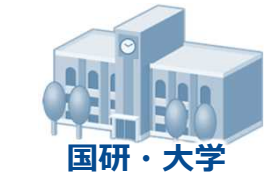
→ 一目瞭然に**可視化された結果を軸**に、産業、化学、情報科学などの**異分野の知見が集まり、イノベーションを誘発**



次世代放射光+コアリション

多彩な産学が集い、異分野融合を促す

イノベーションエコシステムの創出



情報、AI、データ、
材料、バイオ、
デバイス…



地域・自治体



分析会社

集積されたアイデアの融合
絶えず新しい研究分野
を先取り

新たな研究開発

産学で
研究開発ターゲットを
戦略的に設定

トップクラスの
研究者の集積

優秀な専門家と
のユニット形成

エコシステムへの
求心力を拡大

放射光計測データを核に
多彩な異分野の力を融合

成果の社会への
認知

卓越した成果

ユニット間の健全な競争原理の下
社会実装へ

分野を問わない利活用の可能性

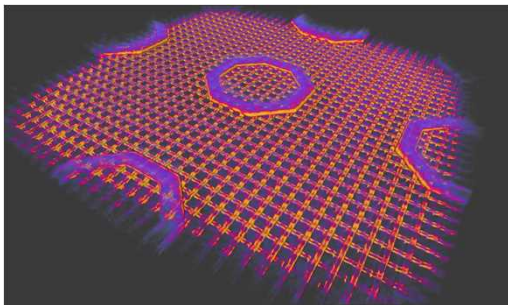
電子デバイス



高いコヒーレント性を用いた
非破壊の品質管理

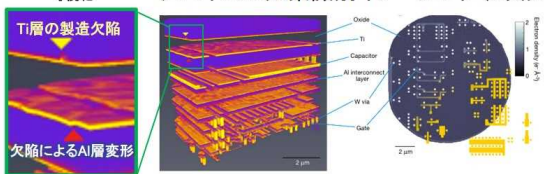
デバイス内部のナノの欠陥を見る

- ✓ 動作不良の原因となる深さ方向のナノスケールの配線の欠陥を非破壊で可視化が可能
- ✓ さらにAI技術と融合して、これまで見つけることが難しかった欠陥を診ることも



デバイス欠陥の可視化

デバイスの元素識別イメージング(3次元)



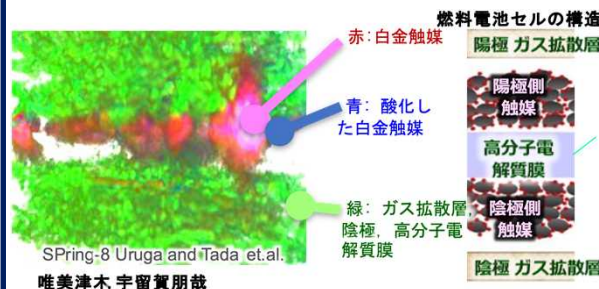
電池



機能に関わる電子状態の変化をリアルタイムで可視化

燃料電池の白金触媒の酸化還元反応を「その場観察」

- ✓ 燃料電池内部の白金触媒の酸化還元反応を発電しながら観察可能
- ✓ 電池の材料が劣化する要因を突き止めることで、コストを下げる事が可能



SPring-8 Uruga and Tada et al.
唯美津木, 宇留賀朋哉

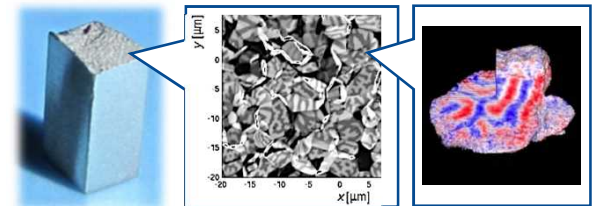
磁気デバイス



電子のスピンが見える(偏光で磁気分布を可視化)

磁区構造を可視化して強力な磁石をつくる

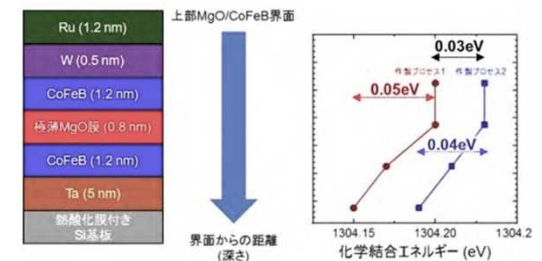
- ✓ 磁石のN極とS極を見分け、高性能なデザインが可能に



資料: 東北大・中村哲也

スピントロニクスメモリの製造を最適化

- ✓ デバイス中の0.8nmの酸化膜の電子状態を光電子分光で分析、成膜プロセスの影響を特定。



資料: 東北大・遠藤哲朗

分野を問わない利活用の可能性

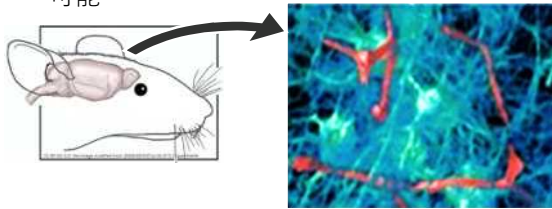
医療



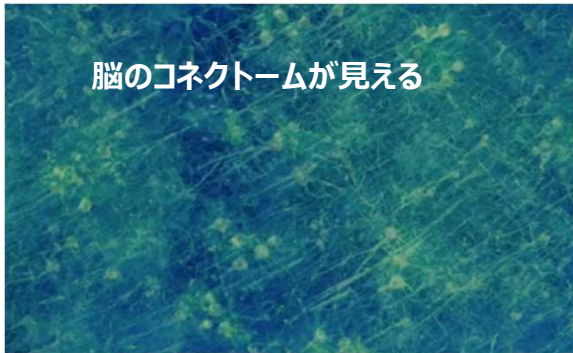
軽元素からなる組織の可視化
医用材料の生体適合性解明

マウス脳内の神経網構造を自然に近い形で観察

- ✓ コヒーレントX線を用いることで、脳や細胞のように結晶化できない試料も薄切片にすることなく、丸ごと三次元的なイメージングが可能



脳のコネクトームが見える



資料：TPS（台湾）

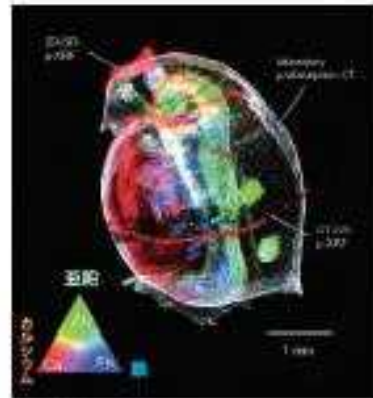
環境



軽元素の分布や状態が直接的
かつリアルタイムで可視化

ミジンコの微量元素を細胞レベルで可視化

- ✓ 環境毒性変化に用いられるミジンコは体が小さく解剖は難しかったが、放射光により環境中から取り込んだ微量の元素（Fe、Ca、Zn等）がどの臓器にどのように蓄積されるか細胞レベルで分析
- ✓ 生体物を構成するC、N、P等の軽元素の分布も識別



資料提供：B. De Santis et al. Journal of Analytical Atomic Spectrometry.

食品・畜産・農・漁業業



軽元素の分布や状態が直接的
かつリアルタイムで可視化

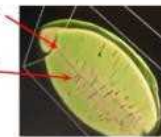
食の安全と高付加価値化の実現

- ✓ 食品に含まれる微量の元素分布や蓄積過程の可視化、果実の通道組織の可視化が可能
- ✓ 食品の栄養素研究や栽培法の確立につながる事が期待されている

枝豆

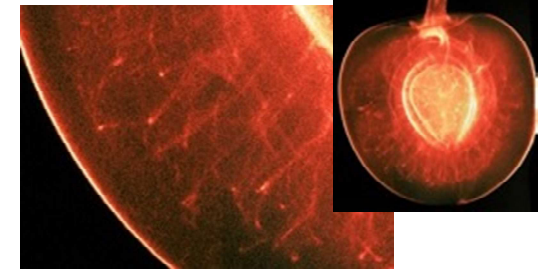
子葉間の葉の広がり

可食部の細胞の増加



（面や断面部分のサンガル）
（赤）密度が低い部分
（白）密度が高い部分の可視化により、明確な可視化

サクランボ



資料：東北大・原田昌彦

自動測定とユーザカスタム測定を使い分け 仮説・検証のサイクルの高速化・高度化

ブランチBL：ルーチン計測

定型的な計測で研究者を拘束しない

メインBL：特殊ベンチ導入

大学、国研、企業、分析会社の知恵の融合



リモート計測、ロボット測定代行
研究生産性の向上



ユーザーが様々な機能追加、カスタマイズ実験が可能
研究開発の差別化



イメージ炉



燃料電池モデル

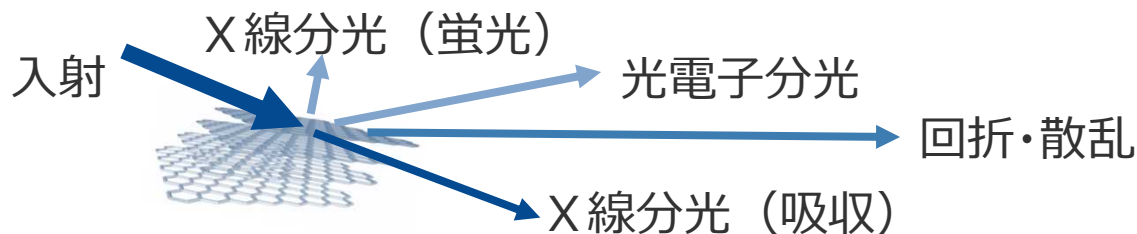


紡糸システム



超臨界加圧装置

多岐にわたる課題に，7つの計測手法を提供



	機能を見る	壊れを見る	安心を見る	品質を見る
X線分光	機能を担う 化学状態を解析	壊れの原因となる 元素の動きを分析	安心を脅かす 微量元素を同定	品質を損なう 微量不純物を同定
光電子分光	機能を担う 電子の動きを解析	劣化を引き起こす 化学変化を分析	毒性の元となる 化学状態を検知	性能を低下させる 材料の欠陥を発見
回折・散乱	原子，分子の 種類と配列を決定	分子レベルでの 乱れや歪を分析	原子分子の配列の 環境・時間変化を解析	製造・加工精度を 原子・分子レベルで評価
3次元 イメージング	性能を発揮する 3次元形状をナノで見える	壊れの始まりを 3次元で，ナノで見える	形状組織の 経時変化をナノで見える	形状・組織の 加工精度をナノで見える

7本のビームラインで 化学状態，電子状態，磁性，配向・凝集，歪み，分子構造 の可視化をカバー

	機能（エネルギー）	計測手法	応用分野
BL-I	結晶構造と電子状態 (5.0-15 keV)	回折, 準大気圧光電子分光, 準大気圧 吸収分光,	触媒, 電池, 金属材料, 構造材, バイオ, 環境科学など
BL-II	配向・凝集と電子状態 (2.1-13 keV)	走査顕微, 吸収分光, 小角・広角散乱	フィルム, タイヤ, ポリマー, 繊維, バイオ, 光学材料, 金属材料, 構造材など
BL-III	物質と機能の階層構造 (4.5-30 keV)	CT, 蛍光・位相コントラスト・ホログ ラムイメージング, 走査顕微, 小角・ 広角散乱, 回折	触媒, 複合材料, 接着, 構造材, バイオ・脳構造など
BL-IV	3次元ナノ構造-機能相関 (2.1-15 keV)	吸収分光タイコグラフィ	触媒, 電池, バイオ, ナノ材料, 集積回路など
BL-V	磁性・旋光・生体活性 (0.2-1.4 keV)	走査型円二色性吸収分光, 位相コン トラストイメージング	スピントロニクス, 磁石, モータ, 生体分子など
BL-VI	ナノ空間の機能-電子状態 (0.05-1.0 keV)	準大気圧光電子分光, 共鳴非弾性散乱	触媒, 電池, 水処理膜, 生体親和材料など
BL-VII	表面の電子・化学状態 (0.18-2.1keV)	準大気圧光電子分光, 準大気圧吸収分 光	触媒, 電池, バイオ材, 水素エネルギーなど

コアリション利用するには？

一般財団法人 光科学イノベーションセンター

〒980-0845
仙台市青葉区荒巻字青葉468番地1
レジリエント社会構築イノベーションセンター507

担当：井澤和幸：[k - isawa@phosic.or.jp](mailto:k-isawa@phosic.or.jp)

TEL/FAX: **022 - 752 - 2210**

E-mail: info@phosic.or.jp

次世代放射光では、モノの見え方が変わります。

新しいモノの見え方は、これまでの研究開発を変えます。

そして、コアリションによる産と学が対話する

異分野融合イノベーション・エコシステムを生み出します。

そこに形成する**リサーチコンプレックス**

それが、私たちの目標です。

ご清聴ありがとうございました

将来の研究複合形成へ向け、邁進して参ります

