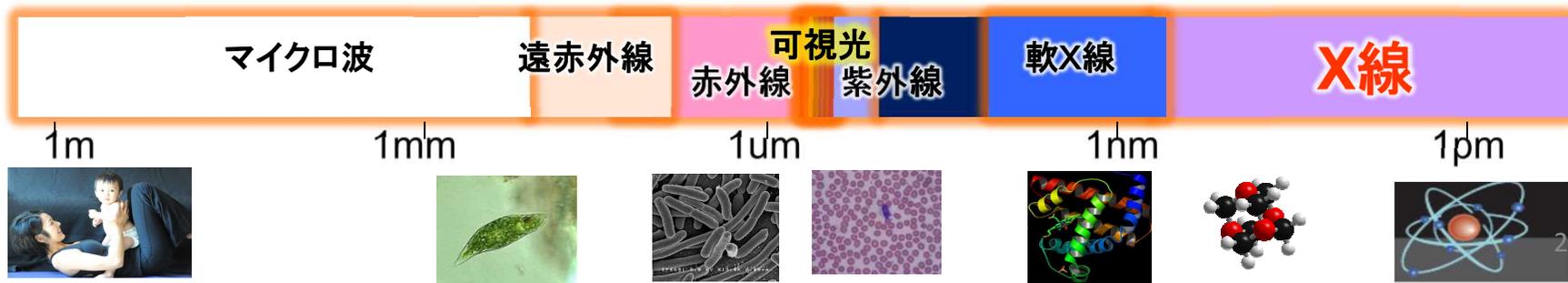


大型放射光施設 (SPring-8) / X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の概要

平成30年10月24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
センター長 石川哲也

SPring-8/SACLAのミッション

- 最先端の加速器技術を駆使して、明るい光(短波長のX線)をつくる
→ ミクロの世界を解明する「究極の顕微鏡」
- 大型基盤施設として、科学技術と社会の持続的発展を支える



SPring-8

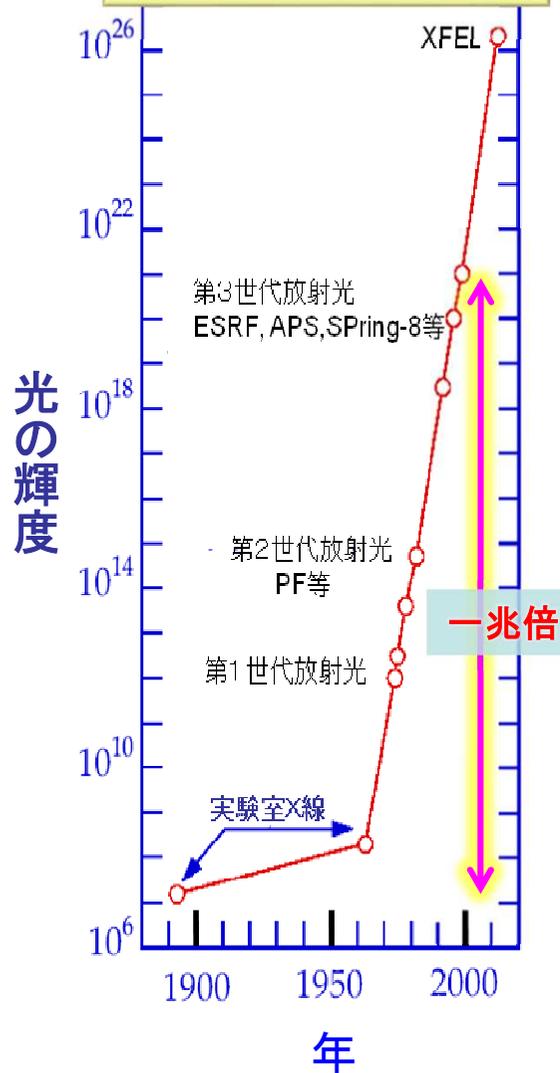
Super Photon ring-8 GeVから
Solving-Problems ring-8 GeVへ



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
2017年度 実施実験課題数:2,256 件(産業界約20%)、
利用者数 :約17,000人
総累計利用者数:約23万人 *2016年4月に20万人突破

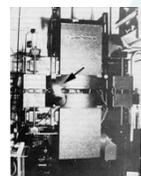
放射光源の高輝度化

より明るい光を
求めて



フォトン
ファクトリー
(PF)

INS-SOR



1947年頃



1974年



1983年



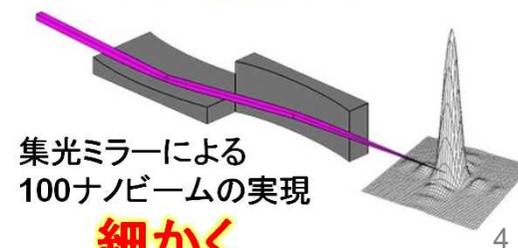
SPring-8

1997年



40ピコ秒のパルス光

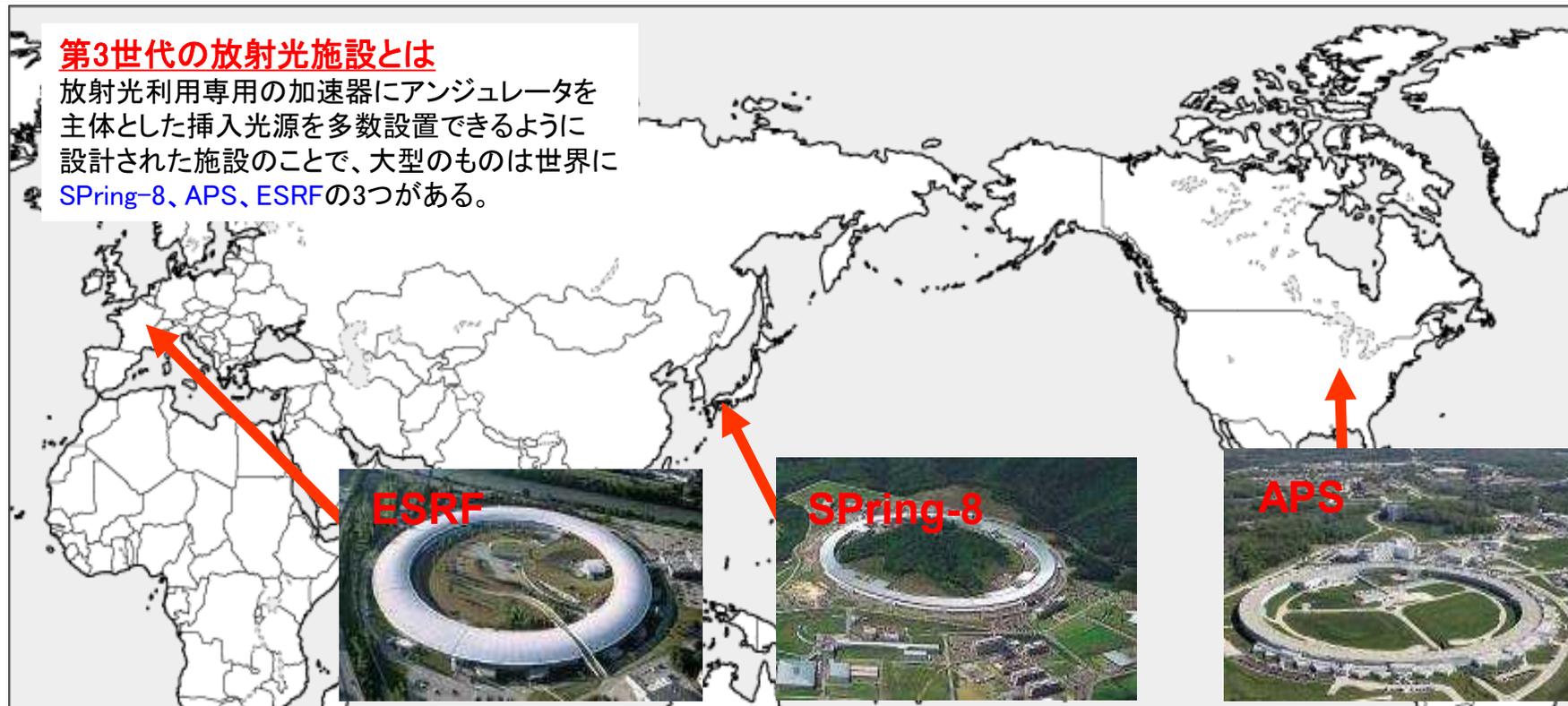
速く



細かく

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のこと、大型のものは世界にSPring-8、APS、ESRFの3つがある。



施設名	ESRF European Synchrotron Radiation Facility	SPring-8 Super Photon ring-8GeV	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	1997年	1996年
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	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

SPring-8の沿革

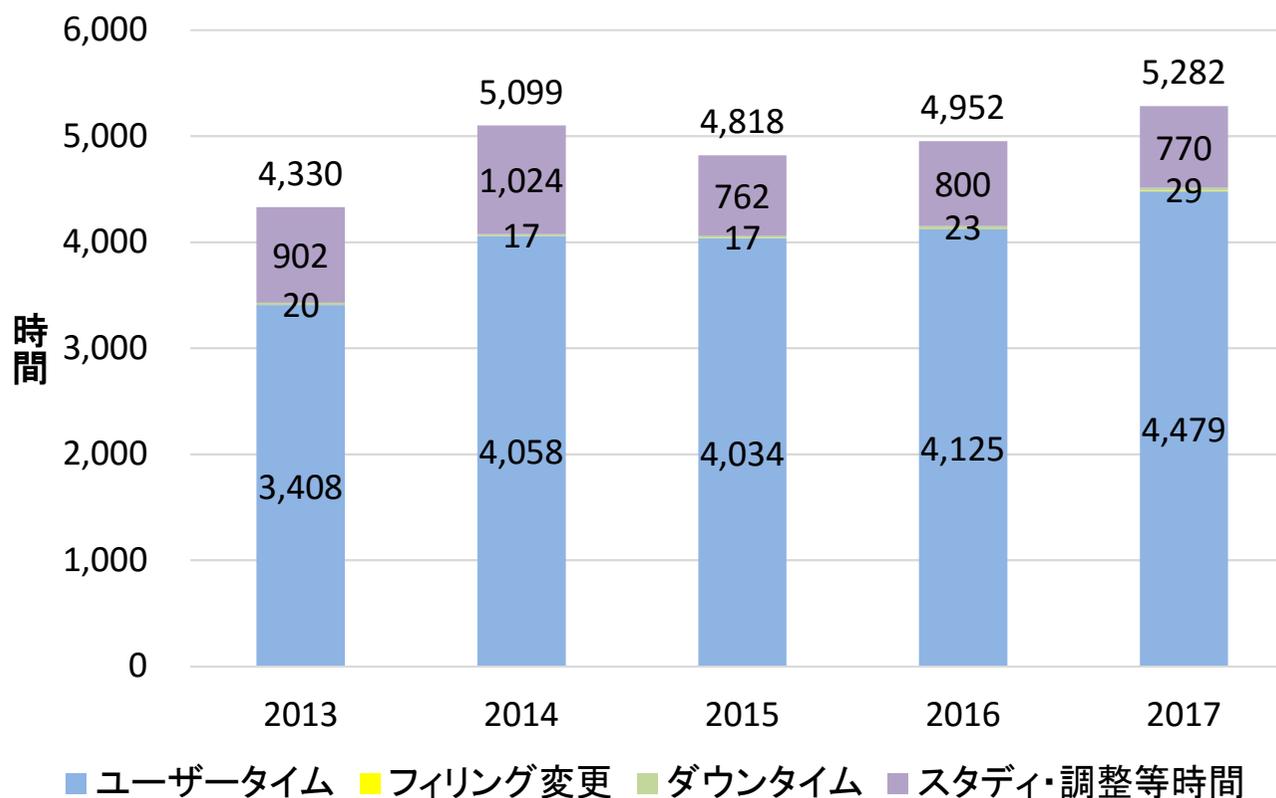
- 1991年11月 理研と原研がSPring-8の建設に着手
- 1994年10月 「特定放射光施設の共用の促進に関する法律(共用法)」を施行。JASRIを「放射光利用研究促進機構」に指定
- 1997年10月 SPring-8の共用開始
- 2002年9月 第1回中間評価
- 2005年10月 独立行政法人改革を受け、SPring-8の施設所有者を理研に一本化
- 2007年3月 JASRIを、利用促進業務を行う登録施設利用促進機関に登録
- 7月 第2回中間評価
- 2012年4月 SPring-8ユーザー協同体(SPRUC)発足
- 2013年8月 第3回中間評価
- 2017年10月 共用開始20周年
- 2018年10月 第4回中間評価(今回)

SPRING-8の運転時間

SPRING-8

年度	2013	2014	2015	2016	2017
年間運転時間	4,330	5,099	4,818	4,952	5,282
スタディ・調整等時間	902	1,024	762	800	770
ユーザータイム	3,408	4,058	4,034	4,125	4,479
ダウンタイム	20	17	17	23	29
フィリング変更*			5	4	5

* 2015年度以降は、広義のユーザータイムの一部である「フィリング変更」を明示（～2014年度は当該運転時間表自体に含まず）。



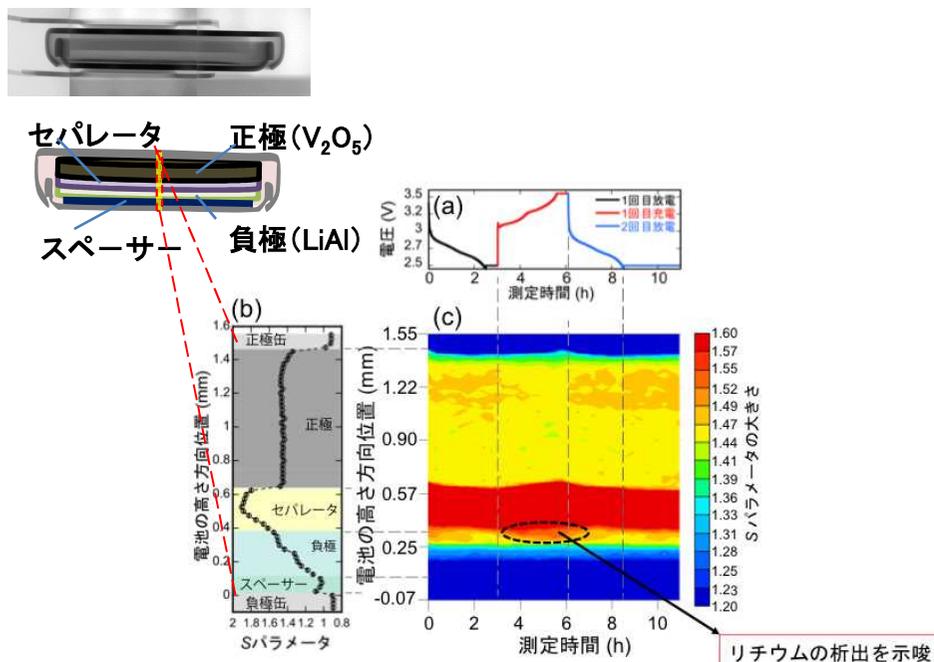
ビームライン57本で取り組む学術研究と企業の研究開発

★：共用ビームライン ●：専用ビームライン ◆：理研ビームライン



稼働中BL: 57本 (共用BL: 26本、理研BL: 12本、専用BL 19本)

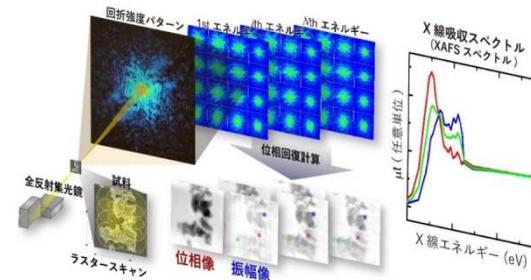
高エネルギー非弾性散乱による 筐体内部の軽元素のイメージング



- 高エネルギーX線のコンプトン散乱により、軟X線では不可能な筐体内部の軽元素を可視化
- 市販のリチウムイオン二次電池を充放電させながら、リチウムの組成変化を非破壊で計測

K. Suzuki *et al.*, *J. Synchrotron Rad.* **24**, 1006-1011 (2017)

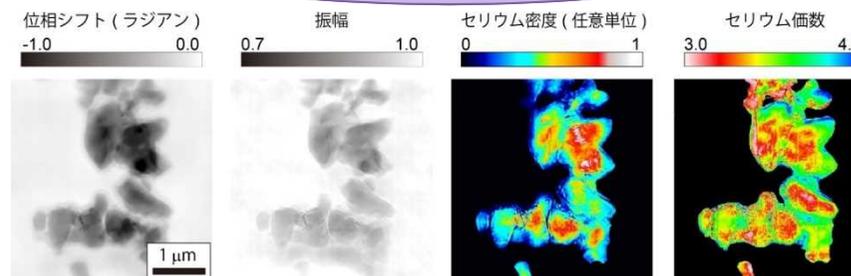
コヒーレントイメージングを利用した 化学状態のナノスケールマッピング



タイコグラフィ法による
ナノイメージング

融合

XAFS法による
化学状態分析



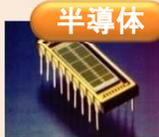
- 2つの手法の融合により、化学状態をナノスケールでマッピング
- 自動車排ガス浄化触媒中のCe系酸素吸蔵・放出材料に対し、ナノ構造・Ce密度・価数分布を同時に可視化

M. Hirose, N. Ishiguro, M. Tada, Y. Takahashi *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **130**, 1490-1495

産業界の利用課題数は全体の20%前後

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



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



排ガス触媒

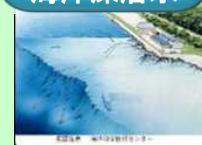


二次電池



医薬品

海洋深層水



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

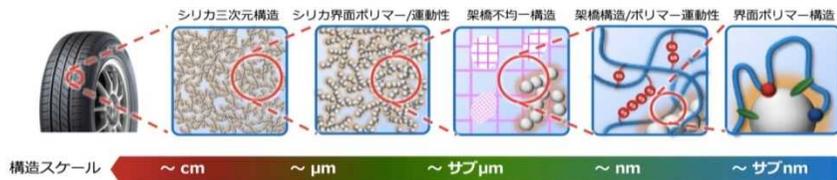


特定保健用食品

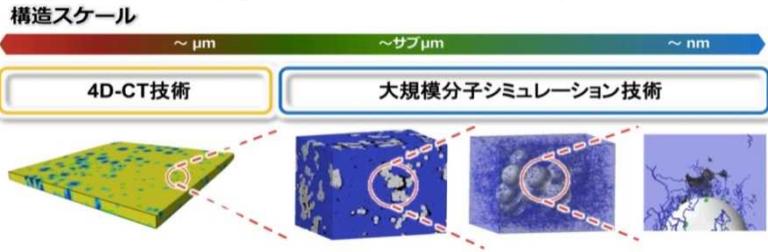
資生堂、花王、P&G、カネボウ化粧品、江崎グリコ、赤穂化成、アース製薬、大関化学、他

SPring-8、J-PARCの光の性能、スパコン「京」のシミュレーションを活用し、低燃費性能・グリップ性能に加え高い耐摩耗性能のタイヤを実現

SPring-8、J-PARCにて、シリカ界面ポリマー構造と運動性を解析。



新材料ゴムの耐破壊性について、マクロな破壊現象をSPring-8(BL20B2)の4D-CT法で、分子レベルの破壊現象をスパコン「京」のシミュレーションで解析。



新材料開発技術「Advanced 4D Nano Design」として、東京モーターショー2015で発表。



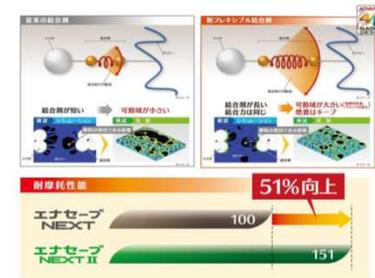
東京モーターショー(2015)で発表する池田社長

SPring-8・J-PARC・スパコン「京」を連携活用



2017年2月に欧州の技術発表・展示会「Tire Technology Expo 2017」で「Tire Technology of the Year」を受賞。

2016年11月1日に本技術を採用した第一弾商品「エナセーブ NEXT II」が販売開始。低燃費性能とグリップ性能を高次元で維持しながら、**耐摩耗性能を従来品から51%向上**。



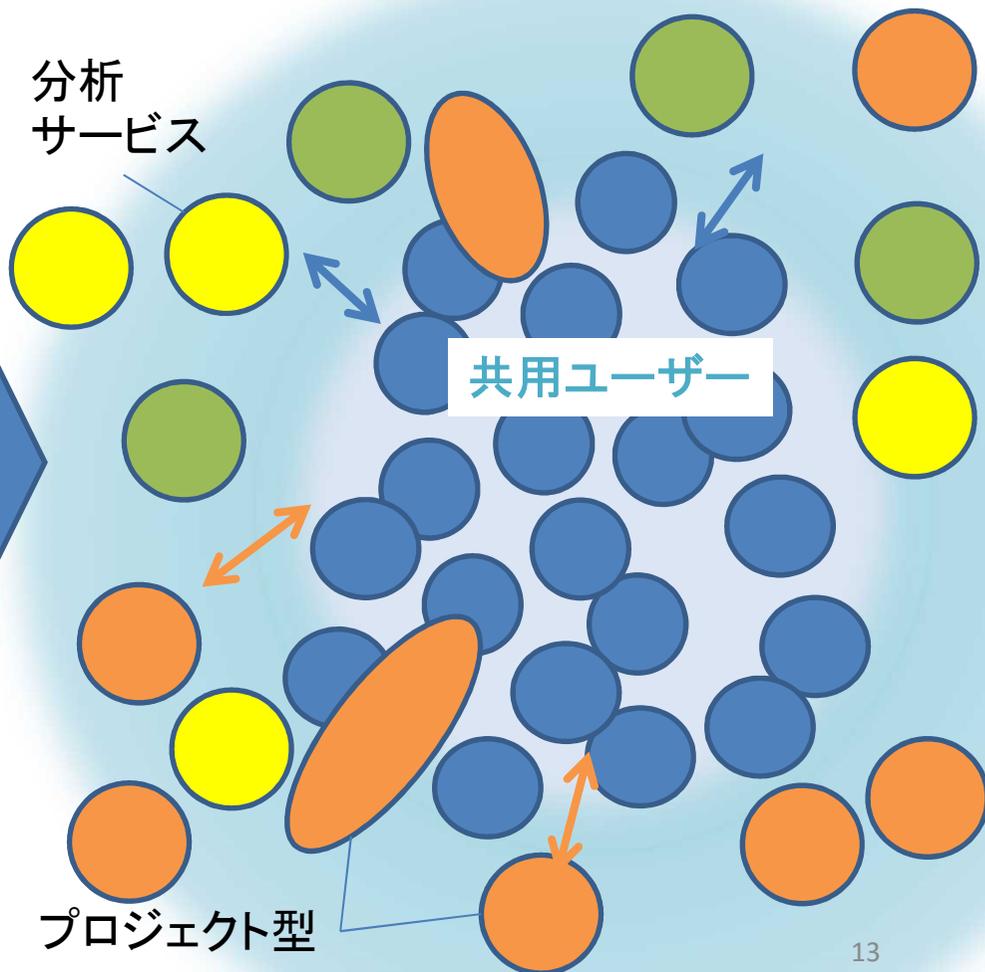
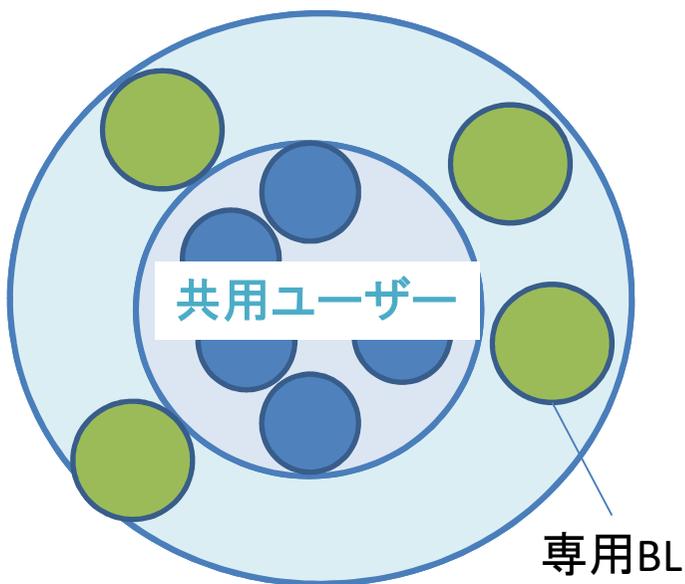
利用形態の変化・深化

供用開始時
(1990年代後半～2000年代前半)

現在

Concise and well-defined boundary

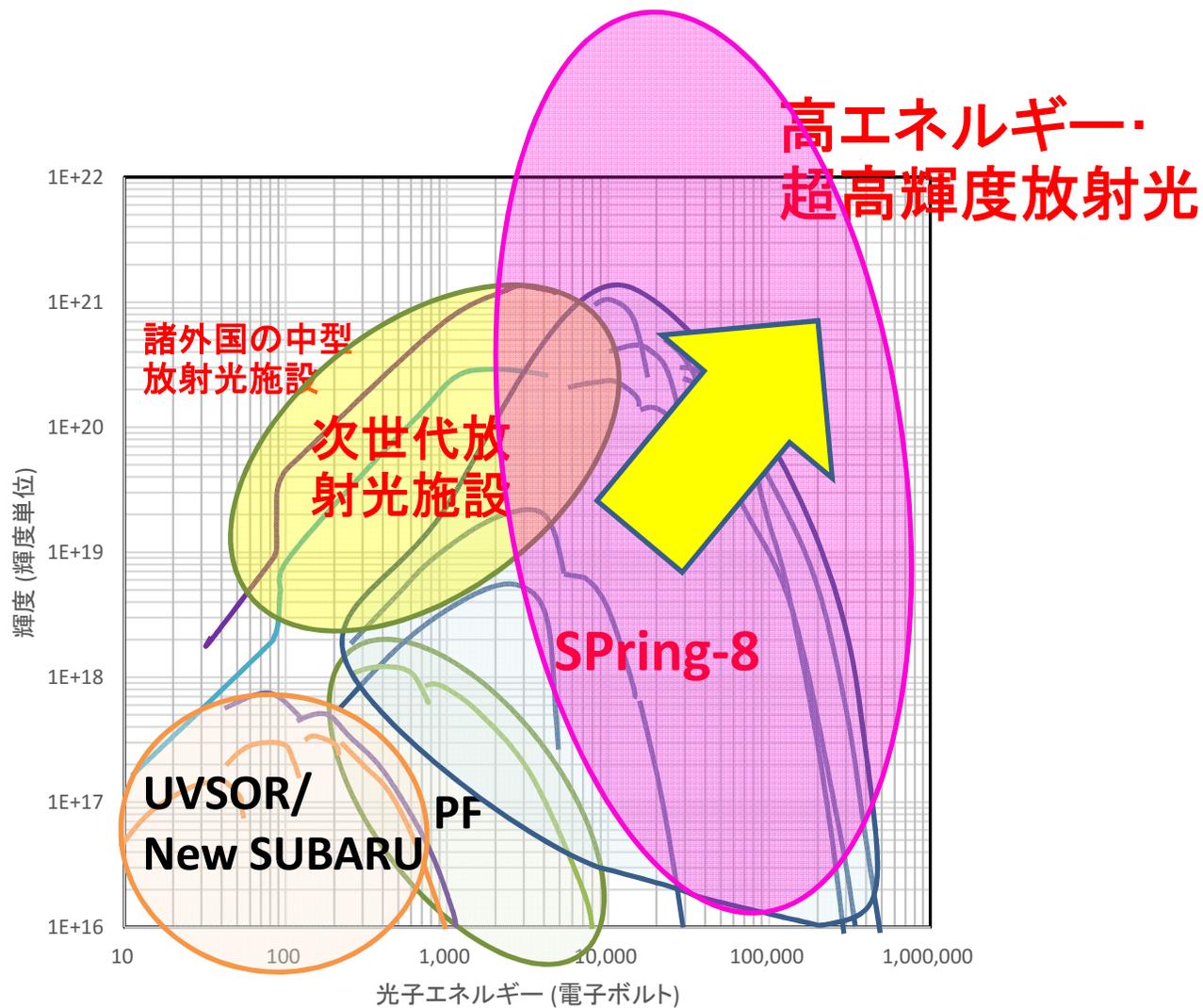
Broader and vague boundary



世界の中型放射光源 (3GeV級)



我が国の放射光施設の役割分担



世界の大型放射光源： 高エネルギー・超高輝度のMBAリングへと進化

ESRF-EBS
(仏、グルノーブル)



APS-U
(米国、アルゴンヌ)



HEPS
(中国、北京)



PETRA-IV
(独、ハンブルク)



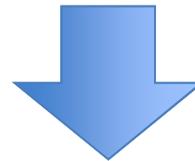
USSR-4
(露)

2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027

※ MBA: Multi-bent achromat
セルあたりの偏向磁石の数を
増やし低エミッタンス化・高輝度
化を図る技術

SPring-8の高度化計画

- **放射光利用の裾野を拡大**
現状では潜在ユーザーの半分程度が利用出来ない状況
(ライフ/マテリアル・サイエンスの先端研究は、均一系から、ランダム系・ハイブリッド系へ進化が加速)
- **国際的な研究開発競争の先端ツールとして**
放射光光源の有用性への認識が深まり、光源の高性能化への国際競争の激化にも対応が必要不可欠
- **SACLAとの相互利用の需要拡大に応える**
光源性能と先端性の整合による相互/相補活用を加速
先端科学技術及び先端産業活用における国際的優位性を確保



科学技術の進歩に応え
我が国独自の戦略的な光源をタイムリーに稼働させる

2014年9月 Conceptual Design ReportをWeb公開
<http://rsc.riken.jp/pdf/SPring-8-II.pdf>

SPring-8-II: エネルギー消費の大幅な削減を図りながら 世界トップ性能を実現

エネルギー消費の大幅削減

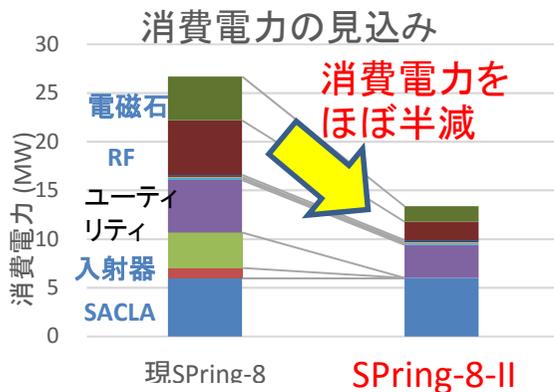
- 加速エネルギーの低減 (8GeV → 6GeV)
- 偏向部の永久磁石化
- 既存入射器の完全停止

我が国独自の最先端加速器テクノロジー

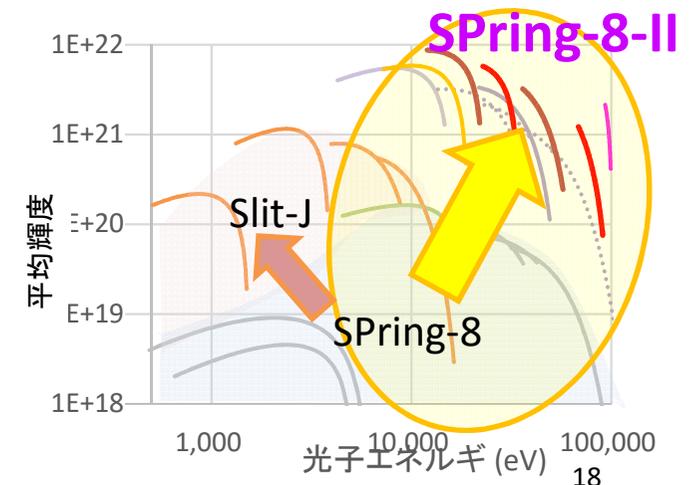
- 極低エミッタンスと安定性を両立するマルチバンドアクロマット(MBA) 技術
- 極短周期アンジュレータ
- SACLA線形加速器からのビーム入射

世界トップ性能

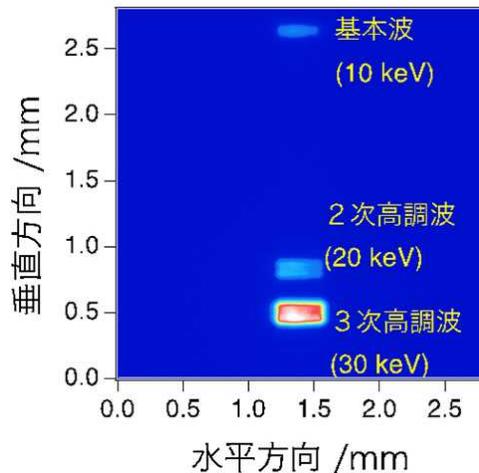
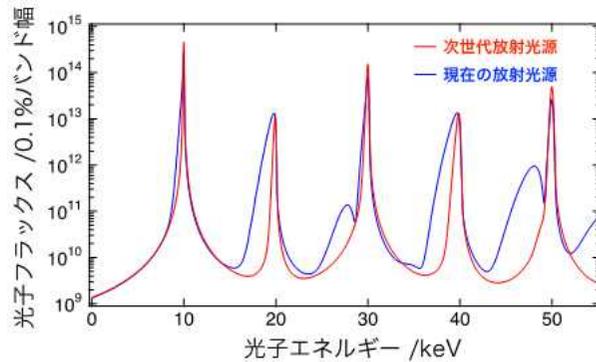
- 輝度の劇的な向上
- 極めて明るい高エネルギーX線の生成
- 極限的な安定性



- SPring-8とSACLAの建設・運転・高度化を通して培われた、企画・設計・実施能力
- 我が国が世界に誇る民間の加速器要素技術をフル活用



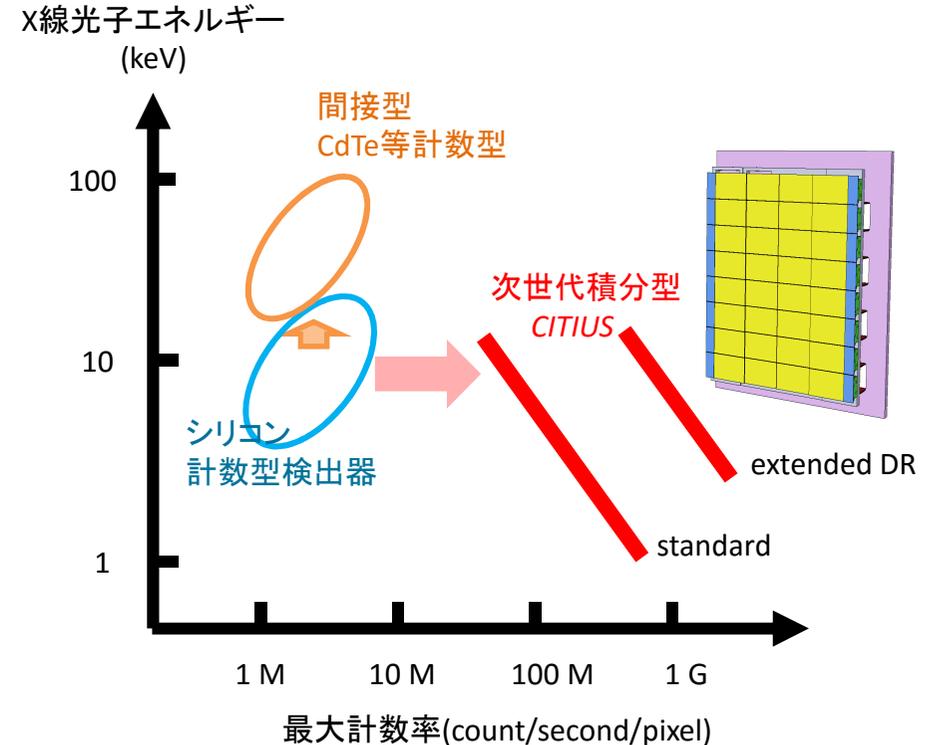
ハーモニックセパレータ光学系



- 屈折・反射光学系の組み合わせにより、アンジュレータの特定次数の切り出しに成功
- ワイドバンド化により、SPring-8-IIの高エネルギーX線の強度を2桁以上増大

Inoue et al., J. Synchrotron Rad. **25**, 346 (2018)

次世代X線2次元検出器



- 飽和なしで30 Mcounts/s/pixel まで計測可能
- 直線性拡張モードにより600 Mcounts/s/pixelまで対応
- Sub msダイナミクスの研究が直ちに可能
- 2020年度にBLにおけるプロトタイプの実験を開始

- 1) SPring-8 II CDR (2014) with updated values.
- 2) T. Hatsui, presented at iWorld (June. 2014).
- 3) T. Hatsui, AOSFRR (Nov. 2015)

何が起きているかは分っていても、何故起こるか解らない現象はたくさんある

Inhomogeneous / Hierarchic / Composite - system

