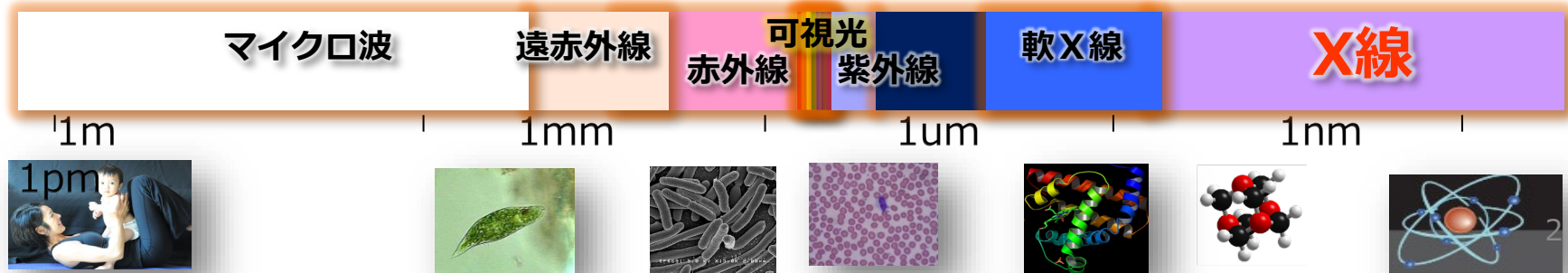


大型放射光施設 (SPring-8) / X線自由電子レーザー施設 (SACLA) の概要

2024年6月4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
矢橋 牧名

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



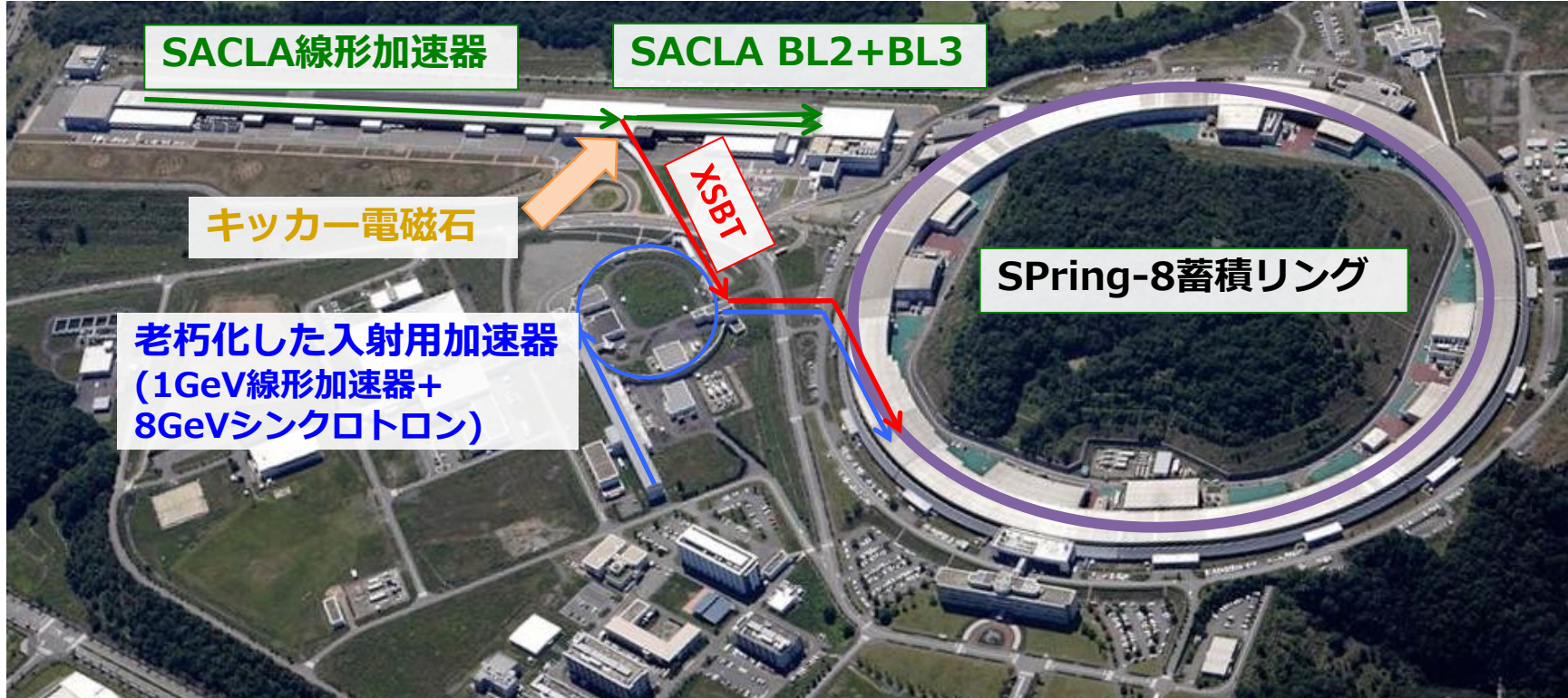
SPRING-8の沿革

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
2020年4月	コロナ禍におけるDX、SACLA入射への取り組み
2021年4月	SACLA入射を定常化し、老朽化した旧入射器を廃止
2021年8月	SPRING-8・SACLAグリーンファシリティ宣言
2022年12月	SPRING-8の利用者数が累計30万人を突破
2023年8月	文部科学省「SPRING-8の高度化に関するタスクフォース」報告書
2024年3月	文部科学省 量子ビーム利用推進小委員会「大型放射光施設SPRING-8-IIの整備及び我が国放射光施設の今後の在り方について」報告書
2024年6月	第5回中間評価（今回）

SACLAの沿革

2000年4月	コンパクトXFELのコンセプトの提案
2001年	加速器要素技術のR&D開始
2005年	プロトタイプ機 (SCSS試験加速器) の建設とコミッショニング
2006年4月	理研とJASRIが合同でX線自由電子レーザー合同推進本部を設置 SACLAの建設を開始 (第3期科学技術基本計画の国家基幹技術)
2006年6月	プロトタイプ機で極紫外レーザー (波長49nm) の発振に成功
2011年3月	SACLA施設の完成と自発放射X線の確認
2011年6月7日	ファーストレーシング (波長1.2 Å) の達成
2012年3月	共用開始
2013年	プロトタイプ機のシャットダウン (後に、SACLAのアンジュレータホールに移設し、BL1に接続)
2015年4月	2本目のXFELビームライン (BL2) の共用開始
2016年7月	BL1を軟X線FELビームラインに高度化し、共用開始
2017年9月	BL2/3の振り分け同時利用運転の開始
2018年10月	第1回中間評価
2020年4月	コロナ禍におけるDX、SACLAへの取り組み
2021年4月	SACLA入射を定常化し、老朽化した旧入射器を廃止
2021年8月	SPRING-8・SACLAグリーンファシリティ宣言
2022年8月	SACLA利用者数が累計1万人を突破
2024年6月	第2回中間評価 (今回)

SACLA入射 (2021年4月~)



老朽化した旧入射器の運用を停止し、SACLA線形加速器を新たな入射器として利用



- 4.7 MW (全体の17%) の電力削減
- 旧入射器本体・付帯設備の更新費用を削減
- SPring-8-IIに向けて、高性能な入射性能を確保

グリーンファシリティ宣言 (2021年8月)

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、水素脆性抑制材料、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→構造物材料

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

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。

SPring-8

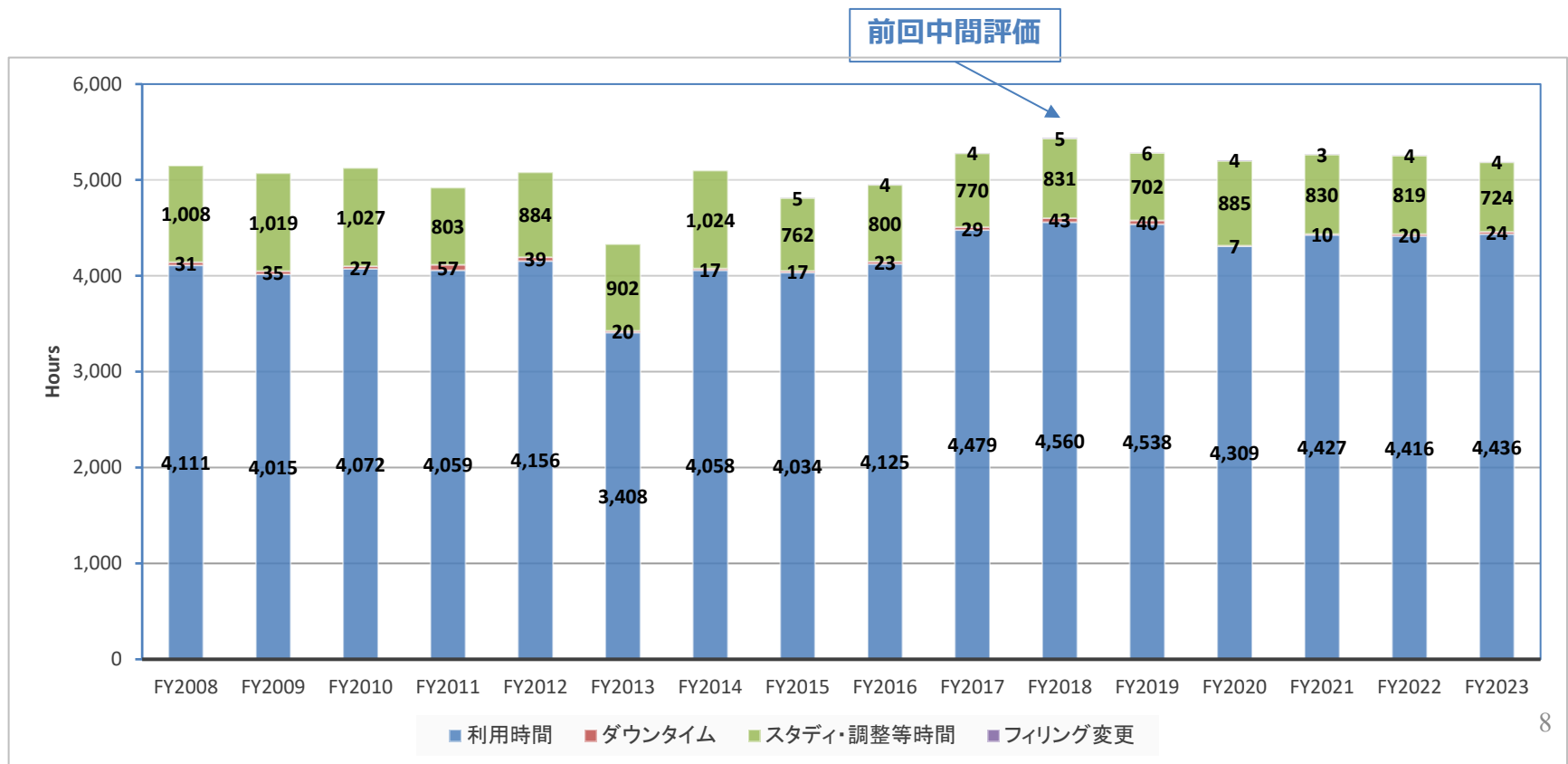
- 8 GeV, 100 mA
- 総運転時間 5,188 h、利用時間 4,440 h、ダウンタイム 24 h (0.5 %)
- MTBF: 403 h
- ビームライン: 57本
- 利用者数 15,108、累計利用者数 318,820
- 応募課題数 2,360、採択課題数 1,733、課題採択率 73%

SACLA

- 8 GeV, 60 Hz (SACLA主加速器); 850 MeV, 60 Hz (SCSS+加速器)
- 総運転時間 5.808 h、利用時間 6,094 h、ダウンタイム 134 h (2.1 %)
- MTBF: 0.97 h
- ビームライン: 3本
- 利用者数 1,079、累計利用者数 11,893
- 応募課題数 133、採択課題数 96、課題採択率 72%

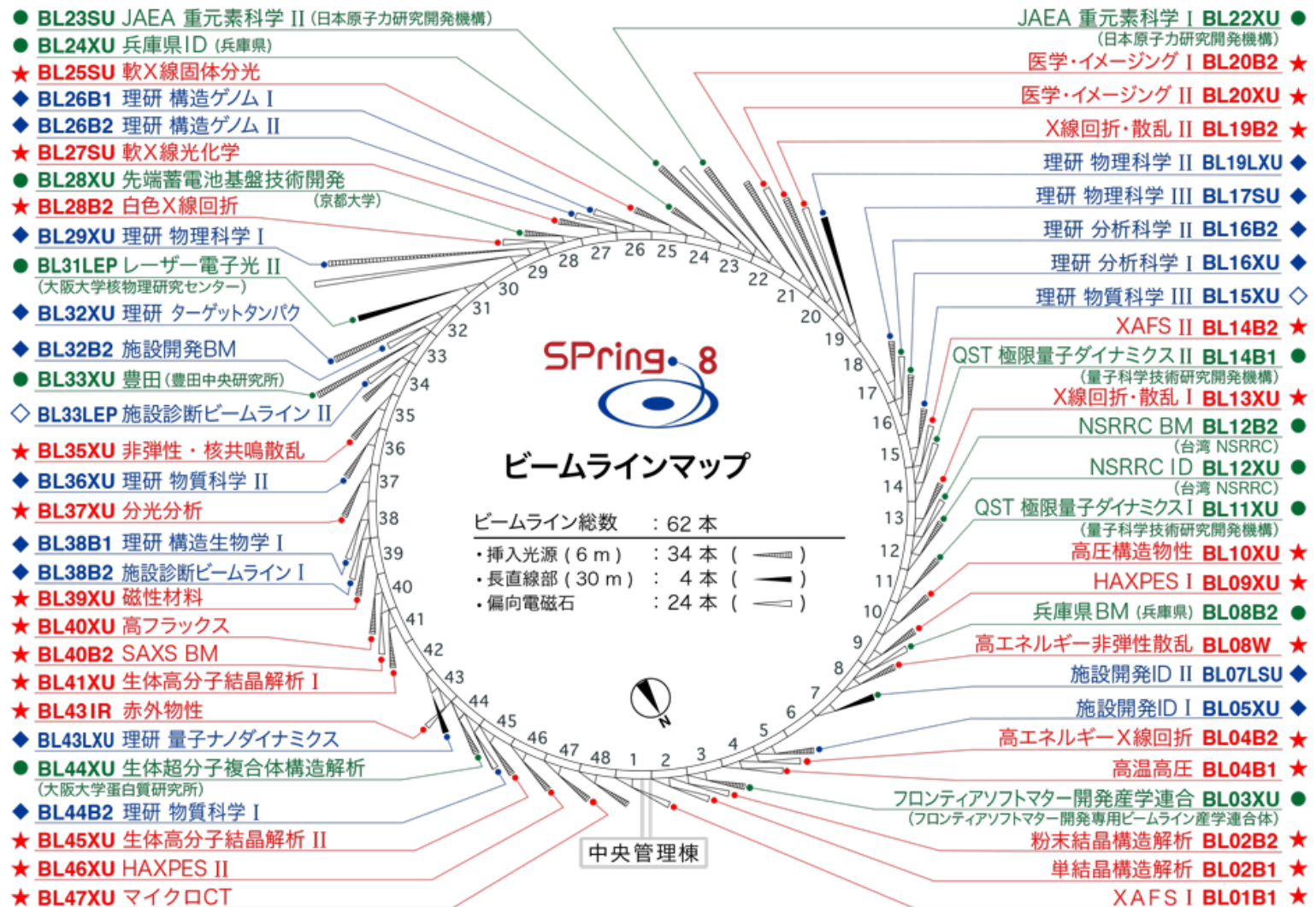
SPring-8: 運転状況

- 運転時間: **年間5000時間強を維持**
- しかしながら、**光熱水費の高騰**を受けて、2022年度から補正予算が措置されている
- さらに、**加速器本体・インフラの老朽化**が進行 → SPring-8-IIの早期実現の必要性 (機器更新&グリーン化)



SPring-8: ビームラインマップ

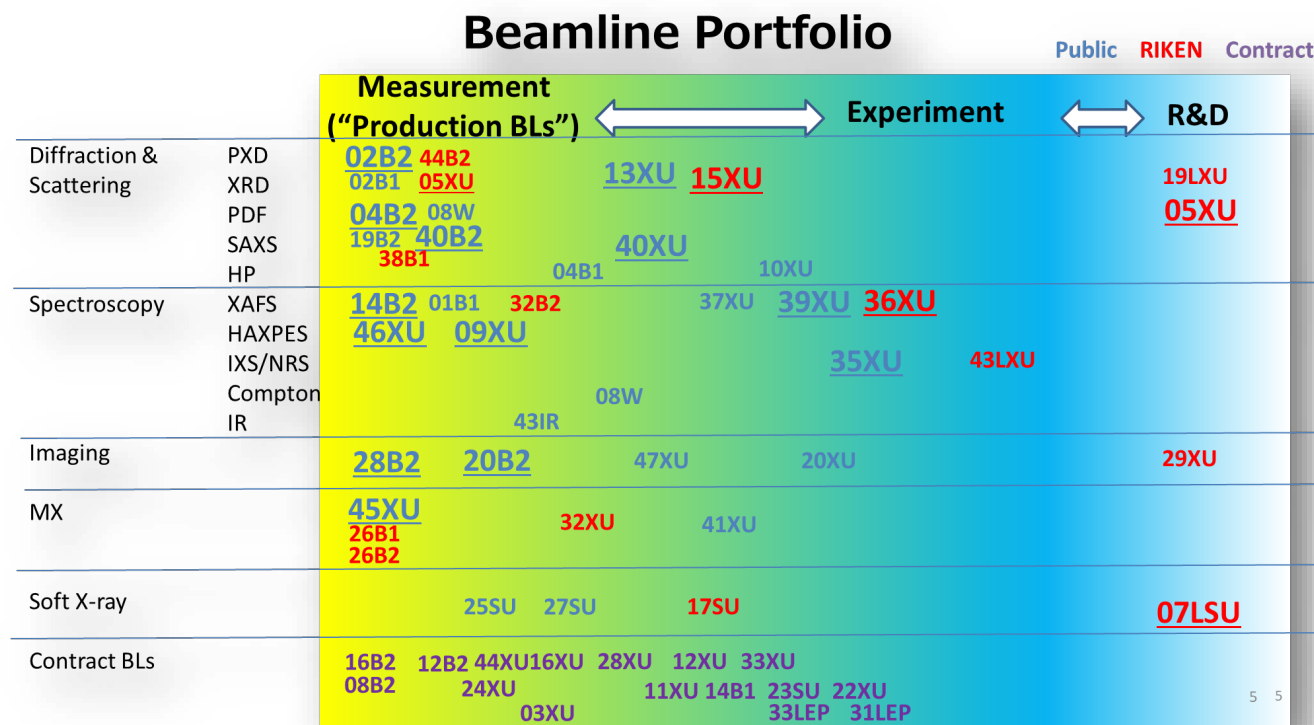
★: 共用ビームライン ●: 専用ビームライン ◆: 理研ビームライン



稼働中BL: 57本 (共用BL: 26本、理研BL: 18本、専用BL 13本)

ビームライン再編

- 2019年度から、**ビームライン再編**を実施
- SPring-8全体のポートフォリオを定めた上で、ビームラインの機能を整理・強化
 - Measurement (Production BL); Experiment; Development
 - 高エネルギーX線利用の強化
 - データセンター、DX、共通制御システム(BL-774)、リモート環境の整備



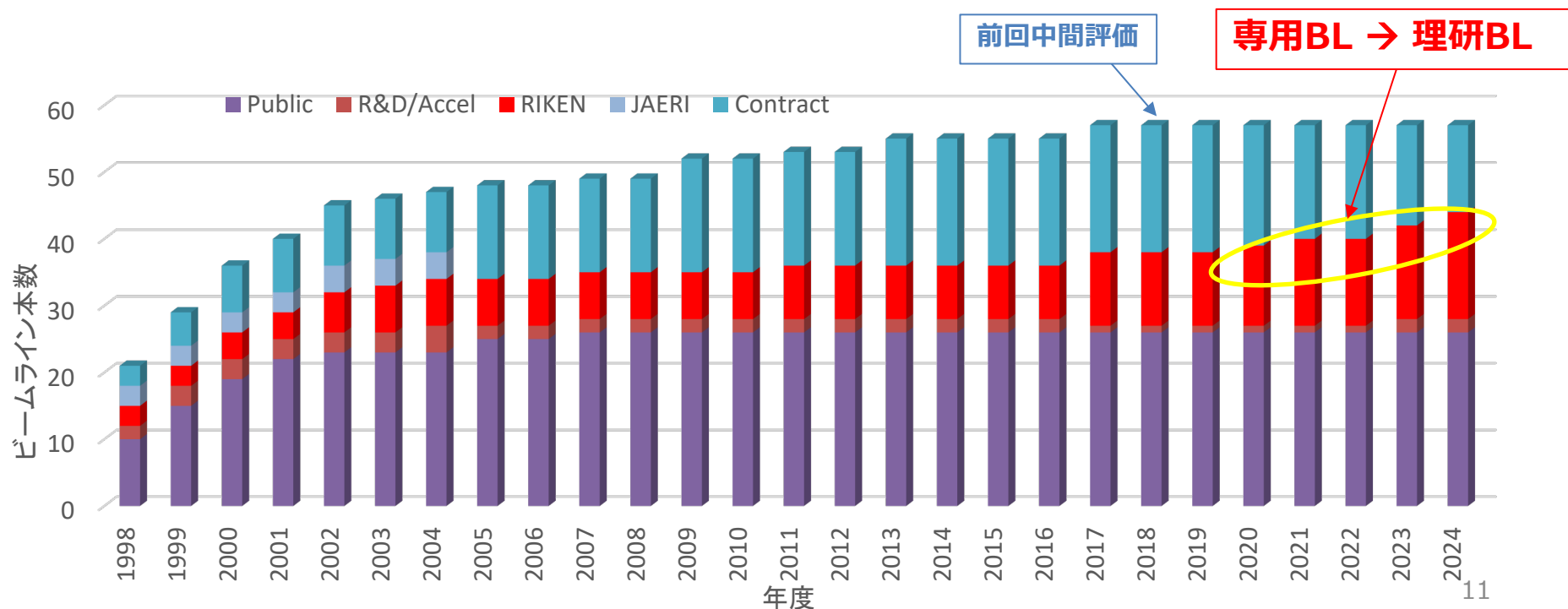
ビームラインの変遷

- 専用BLから理研BLへの転換が進んでいる (2020年度～)

– 大口利用: ストックからフローへの流れ

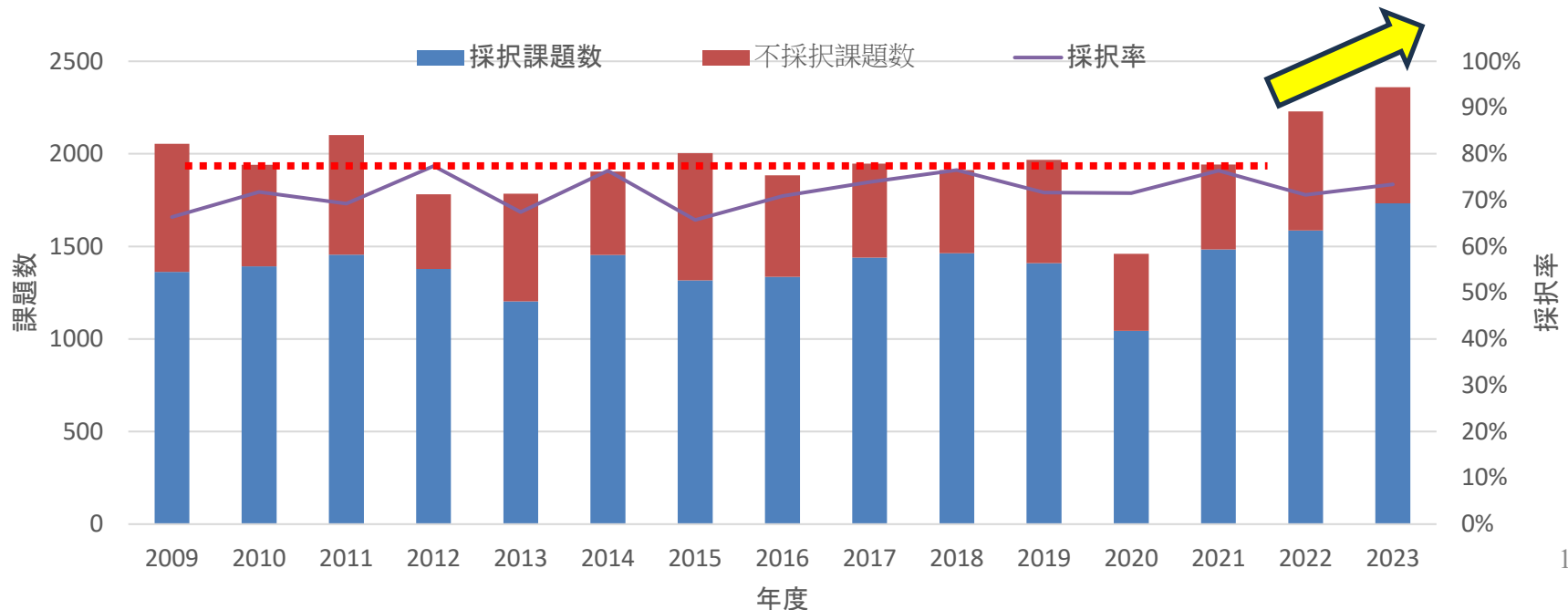
前回中間評価からの主な変更

- 2019年4月: 05XU: 理研 施設開発ID (機能変更); 32B2: 理研 施設開発BM (機能変更); 38B1 理研 構造生物学I (共用BL→理研BL), 45XU 共用 構造生物学II (理研BL→共用BL)
- 2020年 4月: 36XU 理研 物質科学II (専用 NEDO燃料電池 → 理研BL)
- 2021年4月: 共用 09XU HAXPES (機能変更); 共用35XU 非弾性・核共鳴散乱(機能変更)
- 2021年10月: 15XU 理研 物質科学III (専用 NIMS BL→理研BL)
- 2022年5月: 13XU (機能変更); 46XU (機能変更)
- 2023年4月: 07LSU 理研 施設開発ID II (専用 東大BL→理研BL); 33LEP 理研 施設診断I (専用 阪大LEP → 理研BL)
- 2024年4月: 16XU 理研 分析科学I (専用 サンビーム → 理研BL); 16B2理研 分析科学II (専用 サンビーム → 理研BL)



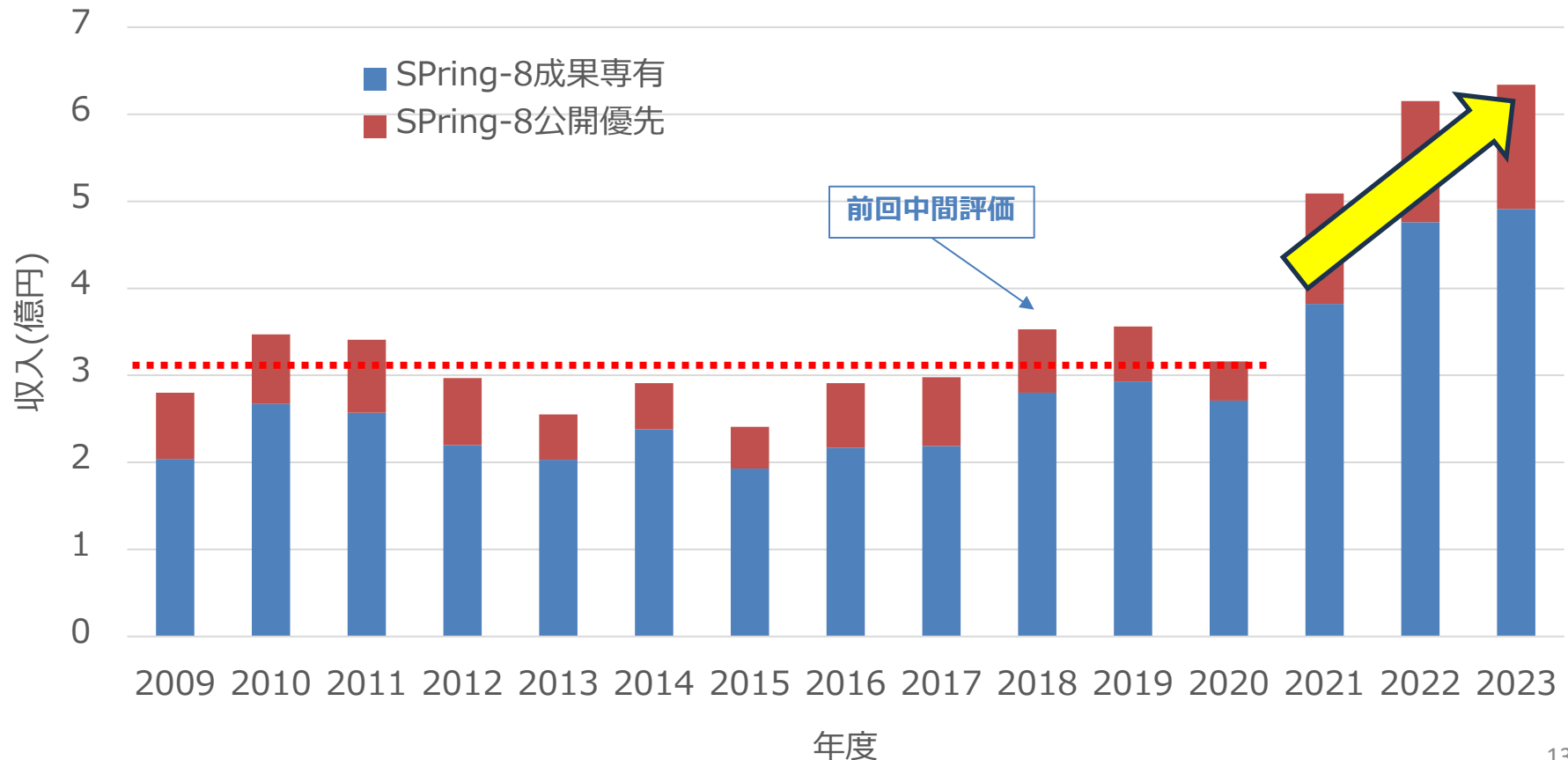
利用状況

- **応募課題数の着実な増加** (2021年度～)
- BL再編・DX化による効率向上により、**全体の採択率は7割程度を維持**
- しかしながら、一部のビームラインの採択率は非常に低い
 - ー 共用BLのうち**約1/3が、有審査課題の採択率60%以下** (2023年度)
 - ー ワースト3: BL13XU 35%、BL40XU 47%、BL46XU 49%
- 数字をモニターしながら、BL再編を着実に進める
 - ー 2023年度に実施した「ニーズ調査」も参考に
 - ー 理研BL・専用BLの共用枠の受け皿を活用し、施設全体で平準化を図る



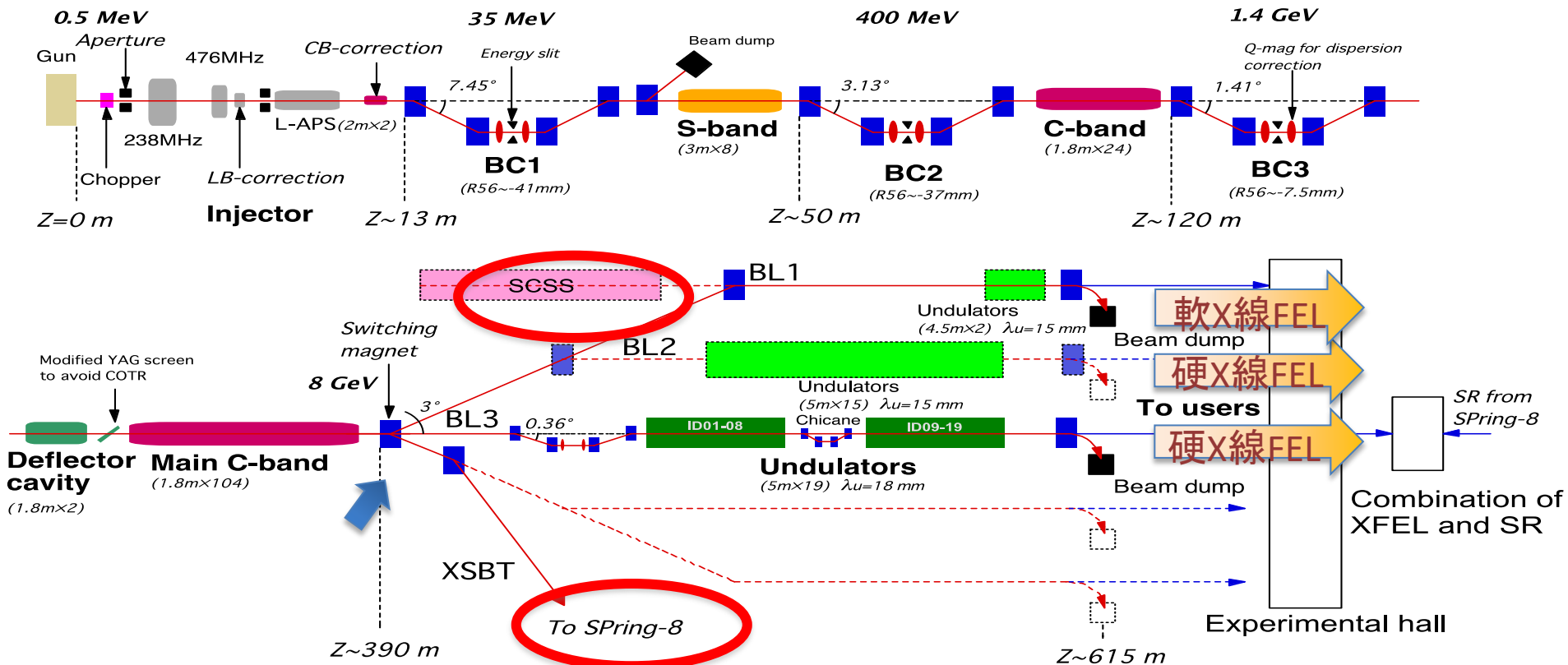
利用料収入の推移

- 2021年度から顕著な増加
 - 2020年度以前と比べて2023年度は倍増
- BL再編・DX化による効率向上
- 前回中間評価からの利用制度の変更（主に産業に関わる）
 - 2022A: 成果専有の時間単位利用
 - 2022B: 年6回募集の拡大; 産業申請受け入れの拡大
 - 2023A: 成果公開利用の資金の制限撤廃と1年課題の創設



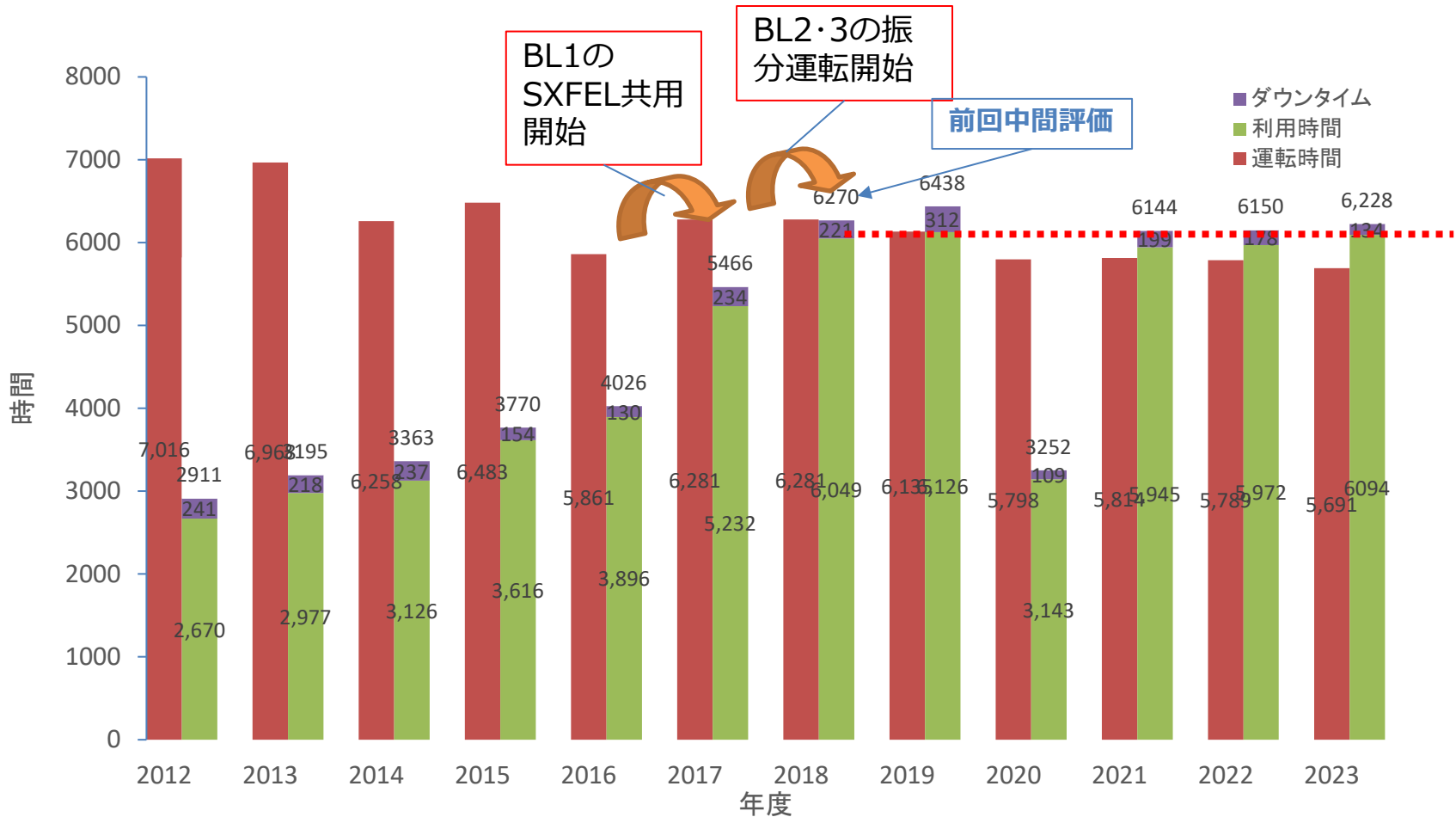
SACLA: 施設の構成

- SACLA主加速器: 2本の硬X線FELビームライン (BL2とBL3) の振り分け同時利用 & SPring-8への入射
- SCSS+: 軟X線FEL (BL1) 専用加速器



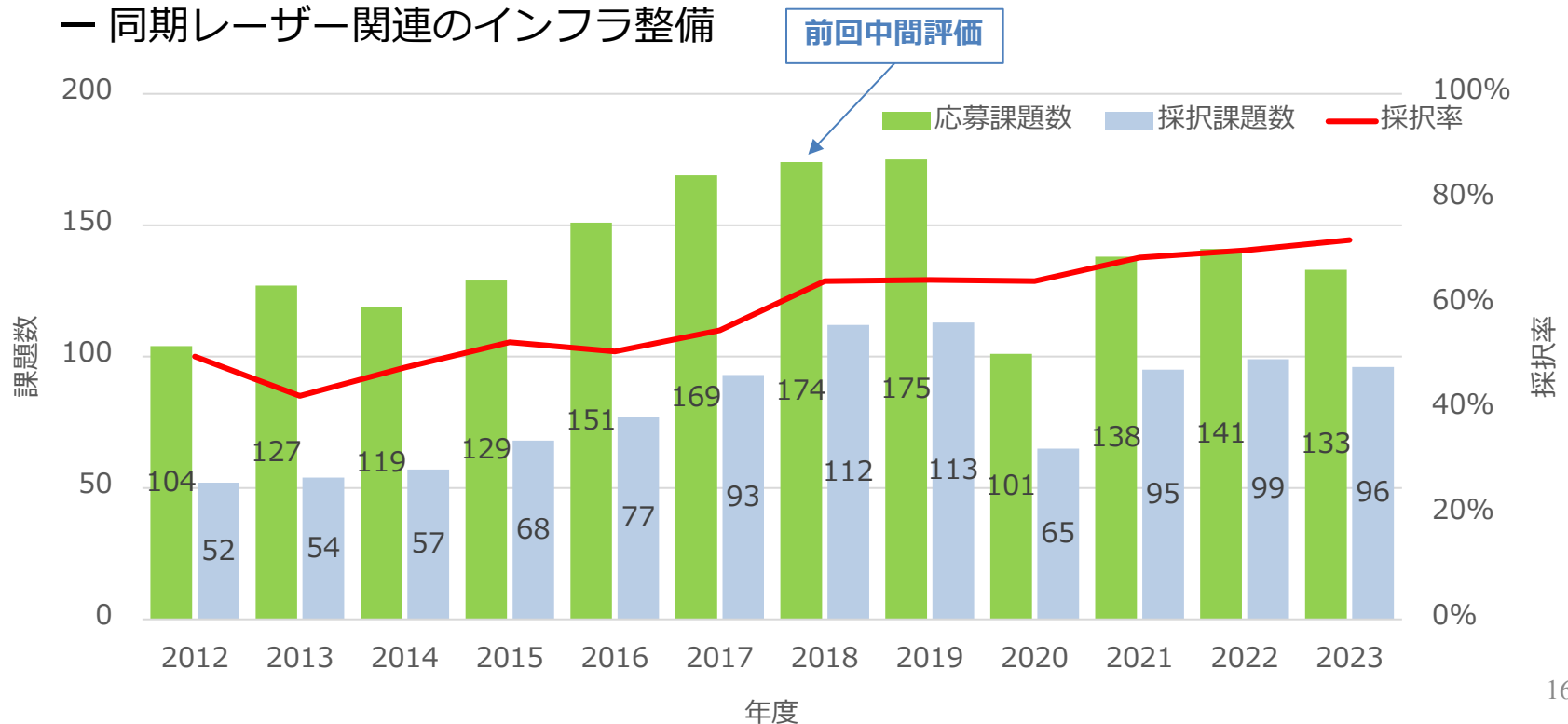
SACLA: 運転状況

- 運転時間: 年間5800時間程度、前回中間評価からは微減
 ー 光熱水費の高騰を受けて、2022年度から補正予算が措置
- しかしながら、効率化により、**利用時間 (3本のBLの累計) は6000時間強を維持**



利用状況

- 前回中間評価以降、海外3施設の本格稼働に伴い、申請数は若干の減
- トータルの**採択率は7割程度**で推移
- しかしながら、競争力の高いBL3の採択率は**5割程度**
 - ー 加速器: セルフシード、2色
 - ー ポンプ・プローブ: フェムト秒同期レーザー、タイミングモニター
 - ー 極限集光
 - ー 高強度レーザー (阪大レーザー研)
- BL2の能力拡充
 - ー 短波長対応
 - ー 同期レーザー関連のインフラ整備



成果：論文の発表状況

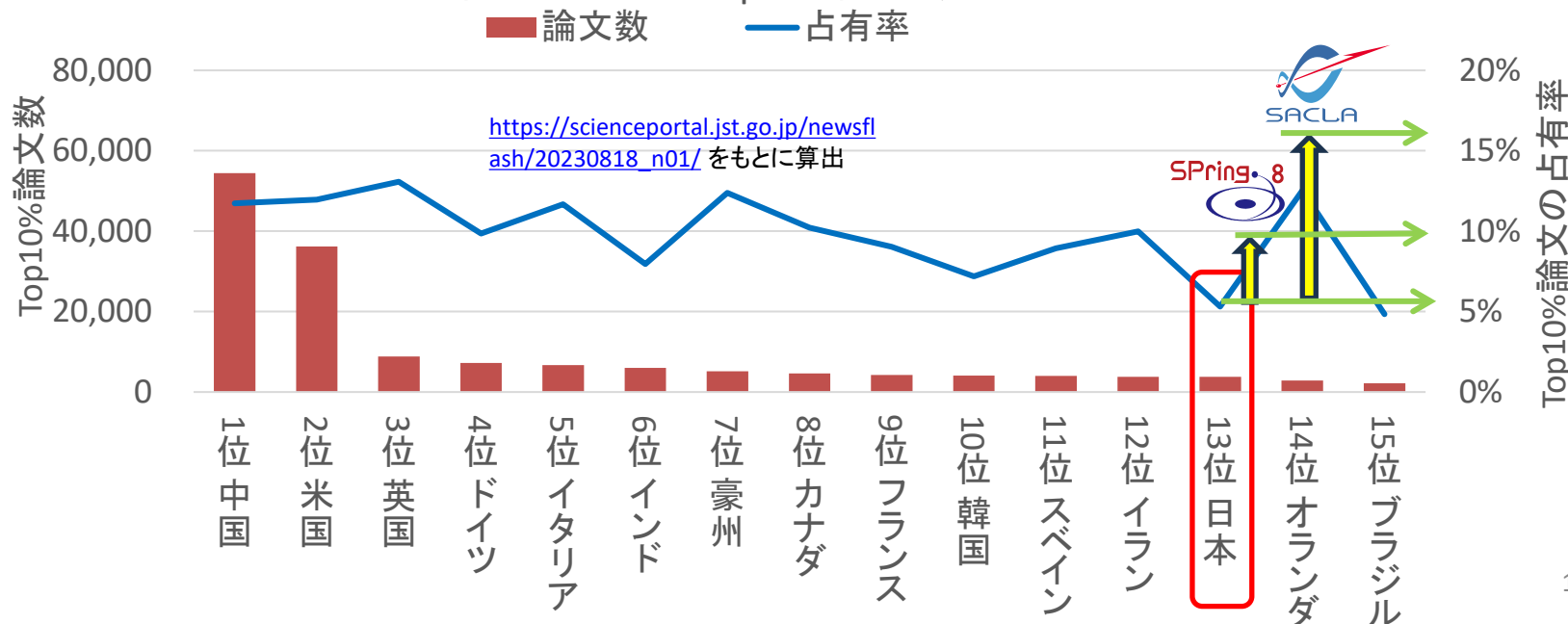
2013年-2023年(11年間)のデータ

- 論文数：約1,000報/年
- 平均被引用回数：22.4回(SPring-8)/28.0回(SACLA)
- TOP10%論文の占有率：10.0%(SPring-8)/15.4%(SACLA)
- 国際水準以上のクオリティの論文を創出 (占有率は、日本平均の2~3倍)**

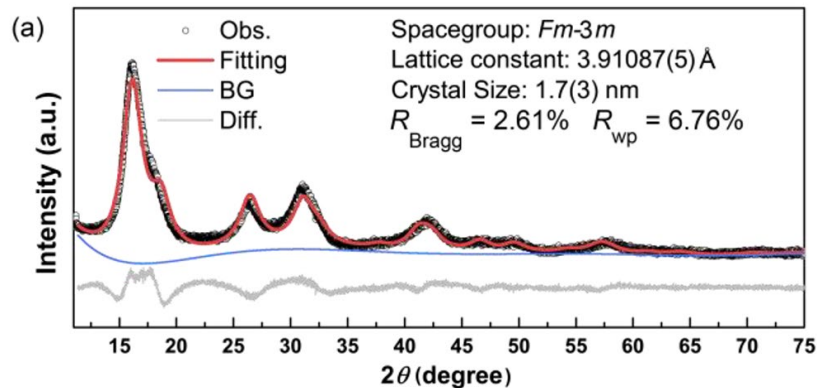
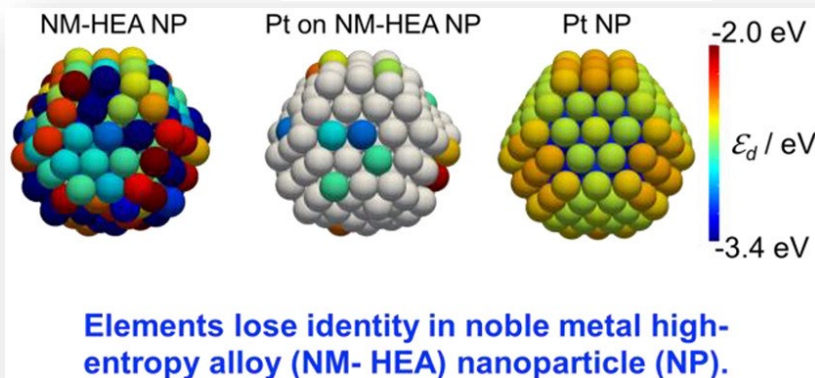
日本全体

- 論文数：約7万報/年
- Top10%論文数：3,767報 (2019-2021年の平均)
- Top10%論文の占有率：5.3%
- 絶対数が小さいとともに、占有率も低い**

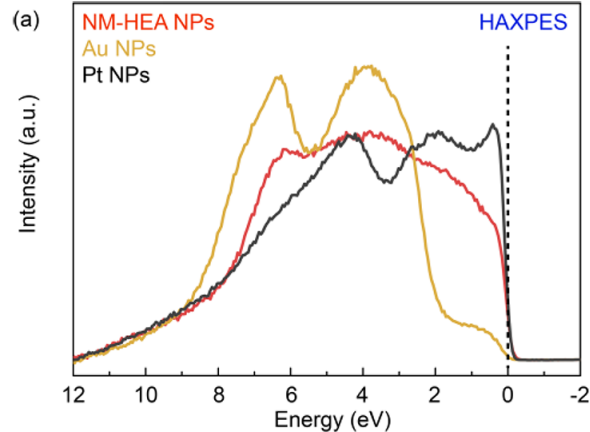
各国におけるTop10%論文数と占有率



貴金属8元素合金の合成に成功
—他元素の混合で新しい原子が生まれる—
北川宏教授G (京大)



XRD@BL02B2



HAXPES@BL15XU

成果のハイライト

Yamada, Yamauchi et al.,
Nature Photon (2024)
阪大、名大、理研、JASRI



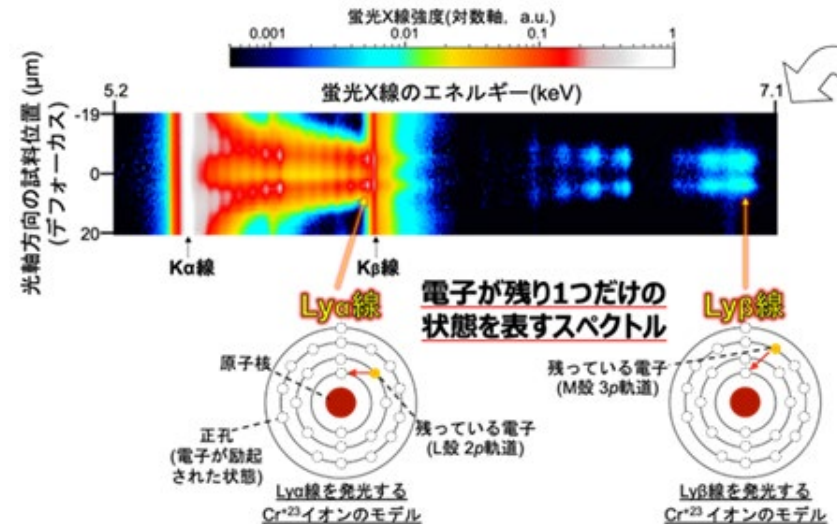
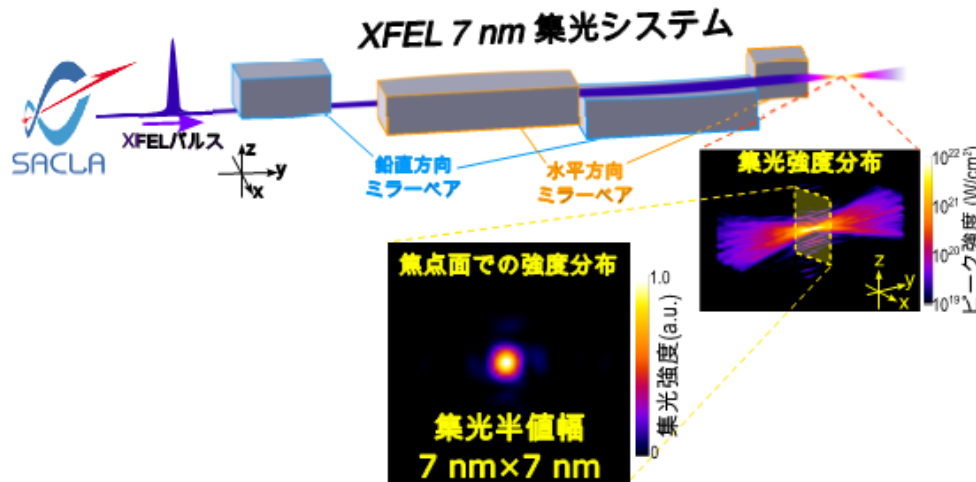
X線自由電子レーザーの極限的7nm集光を実現: ピーク強度 10^{22} W/cm 2 に達する**世界最高光子密度のX線レーザー**

nature photonics

Article

<https://doi.org/10.1038/s41566-024-01411-4>

Extreme focusing of hard X-ray free-electron laser pulses enables 7 nm focus width and 10^{22} W cm $^{-2}$ intensity



ユーザー満足度調査

- JASRI利用推進部が実施
- 実験結果、手続きの利便性、利用制度の多様性、スタッフのサポート・専門性等、**施設本体に対してはおしなべて高い評価を得ている**
- 一方で、食堂・宿舍・売店等の**福利厚生関連については低評価 → 要改善**

2023A 期ユーザー満足度アンケート (NPS*) の実施結果について

1. NPS の実施結果について

2023A 期のアンケート結果は以下の通り。アンケートでは NPS スコアを用い、「SPring-8 / SACLA の利用を周りの研究者に勧めたいと思いますか」との質問に対して、「9 又は 10 を選んだ割合」から「0~6 を選んだ割合」を引いて算出した。

2023A 期の結果は以下の通り。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2023A	3	1	1	3	1	32	15	67	246	174	685
批判者: 5%								中立者: 25% 推奨者: 70%			
NPSスコア: 65											

(参考) 2022A NPSスコア: 60 2022B NPSスコア: 63

批判者の推移について

2022A: 74名 → 2022B: 95名 → 2023A: 56名

2. 個別質問項目の回答結果について

個別質問の回答結果については以下の通り。実験にかかる項目「実験結果の満足度」等は前期比でプラスの評価となった。

実験結果の満足度					申請から実験までの手続きの利便性					利用制度（課題種/利用方法）の多様性							
2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期	
割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数	
とてもプラス	56.5%	58.2%	715	62.5%	とてもプラス	35.1%	41.2%	518	45.6%	とてもプラス	33.0%	39.6%	491	43.2%			
ややプラス	36.7%	34.4%	363	31.7%	ややプラス	44.0%	39.1%	427	37.6%	ややプラス	41.4%	38.4%	435	38.3%			
どちらでもない	5.2%	5.7%	52	4.5%	どちらでもない	14.9%	14.7%	149	13.1%	どちらでもない	21.6%	19.4%	185	16.3%			
ややマイナス	1.3%	1.2%	13	1.1%	ややマイナス	5.1%	4.6%	39	3.4%	ややマイナス	3.7%	2.4%	22	1.9%			
とてもマイナス	0.3%	0.4%	1	0.1%	とてもマイナス	0.9%	0.5%	4	0.4%	とてもマイナス	0.3%	0.3%	4	0.4%			
合計				1144		合計				1137		合計				1137	

スタッフからのサポート					スタッフの知識・専門性の高さ					要求に対する測定方法/技術の成熟度							
2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期	
割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数	
とてもプラス	76.3%	75.6%	900	79.2%	とてもプラス	78.8%	77.3%	897	79.2%	とてもプラス	65.5%	65.6%	764	67.4%			
ややプラス	19.9%	18.9%	196	17.3%	ややプラス	17.8%	18.2%	200	17.7%	ややプラス	29.6%	29.1%	330	29.1%			
どちらでもない	2.9%	4.5%	36	3.2%	どちらでもない	2.8%	3.9%	35	3.1%	どちらでもない	4.0%	4.5%	37	3.3%			
ややマイナス	0.8%	0.5%	4	0.4%	ややマイナス	0.6%	0.5%	1	0.1%	ややマイナス	0.9%	0.7%	1	0.1%			
とてもマイナス	0.1%	0.4%	-	-	とてもマイナス	-	0.1%	-	0.1%	とてもマイナス	-	0.1%	1	0.1%			
合計				1136		合計				1133		合計				1133	

ハードウェア・ソフトウェアの性能・先進性					事前相談の機会（行いやすさ）や対応						
2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期	
割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数	
とてもプラス	55.0%	55.6%	674	59.8%	とてもプラス	58.4%	59.1%	713	63.4%		
ややプラス	36.5%	34.2%	362	32.1%	ややプラス	29.4%	28.9%	304	27.0%		
どちらでもない	7.0%	8.6%	81	7.2%	どちらでもない	11.0%	11.2%	96	8.5%		
ややマイナス	1.6%	1.2%	9	0.8%	ややマイナス	1.1%	0.7%	10	0.9%		
とてもマイナス	-	0.4%	2	0.2%	とてもマイナス	0.2%	0.1%	2	0.2%		
合計				1128		合計				1125	

装置の充実度					研究交流施設の充実度					売店の充実度							
2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期		2022A期		2022B期		2023A期	
割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数		割合		割合		回答者数	
とてもプラス	8.3%	6.3%	76	6.7%	とてもプラス	18.0%	16.5%	214	18.9%	とてもプラス	10.7%	10.9%	142	12.5%			
ややプラス	13.8%	11.8%	85	7.5%	ややプラス	32.4%	29.5%	258	22.8%	ややプラス	30.1%	25.4%	228	19.8%			
どちらでもない	32.8%	32.9%	308	27.0%	どちらでもない	36.2%	42.4%	501	44.3%	どちらでもない	35.6%	44.3%	463	41.4%			
ややマイナス	20.6%	23.1%	223	19.6%	ややマイナス	11.3%	9.8%	127	11.2%	ややマイナス	17.9%	17.8%	241	21.2%			
とてもマイナス	24.9%	25.9%	247	20.2%	とてもマイナス	2.1%	1.8%	34	3.0%	とてもマイナス	4.6%	2.7%	35	3.1%			
合計				1139		合計				1134		合計				1136	

* NPS はペイン・アンド・カンパニー、フレッド・ライクヘルド、サトメトリックス・システムの登録商標です

まとめと課題

- SPring-8/SACLAの着実な運用により、質・量ともに充実した成果が創出されている
- 一方で、SPring-8加速器の老朽化が進行し、SPring-8-IIへのアップグレードが喫緊の課題となっている
- 利用制度等、ソフト面での改革を進めており、一定の成果を達成しつつあるが、SPring-8-IIや施設間連携を考慮に入れたさらなる改革が必要
- 利用者の滞在環境も要改善
- 世界のXFEL施設の新たな流れを踏まえながら、SACLAの将来の可能性を検討

補足資料

1. SPring-8/SACLA 有償利用(成果専有と公開優先)の実績

調査日：2024/04/01

(単位：千円)

SPring-8	1997-2023(総累積)			2014-2023(10年間累積)			2023(1年間)		
	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先
総計	6,712,032	5,440,993	1,271,039	3,807,851	2,962,991	844,860	633,561	490,794	142,767
共用 BL	5,347,971	4,092,517	1,255,454	3,136,426	2,303,970	832,456	497,775	361,650	136,125
専用 BL*1	1,076,196	1,076,196	-	434,831	434,831	-	102,414	102,414	-
理研 BL*2	251,529	239,640	11,889	199,808	192,750	7,058	18,354	15,210	3,144
CryoTEM	36,336	32,640	3,696	36,786	31,440	5,346	15,018	11,520	3,498

(単位：千円)

SACLA	2012-2023(総累積)	2023(1年間)
	有償利用料収入	有償利用料収入
BL1-3	7,137	0

●SPring-8 集計対象BL

共用 BL ----計26本 BL01B1 BL02B1 BL02B2 BL04B1 BL04B2 BL08W BL09XU BL10XU BL13XU BL14B2 BL19B2 BL20XU BL20B2 BL25SU BL27SU BL28B2 BL35XU BL37XU BL39XU BL40XU BL40B2 BL41XU BL43IR BL45XU BL46XU BL47XU

専用 BL*1---- 計17本 BL03XU BL07LSU BL08B2 BL11XU BL12XU BL12B2 BL14B1 BL16XU BL16B2 BL22XU BL23SU BL24XU BL28XU BL31LEP BL33XU BL33LEP BL44XU

理研 BL*2--- 計14本 BL05XU BL15XU* BL17SU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL32B2 BL36XU BL38B1 BL38B2² BL43LXU BL44B2

【備考】

BL38B1：2019A期より共用BL→理研BLへ変更

BL45XU：2019A期より理研BL→共用BLへ変更

BL15XU：2021B期より専用BL→理研BLへ変更