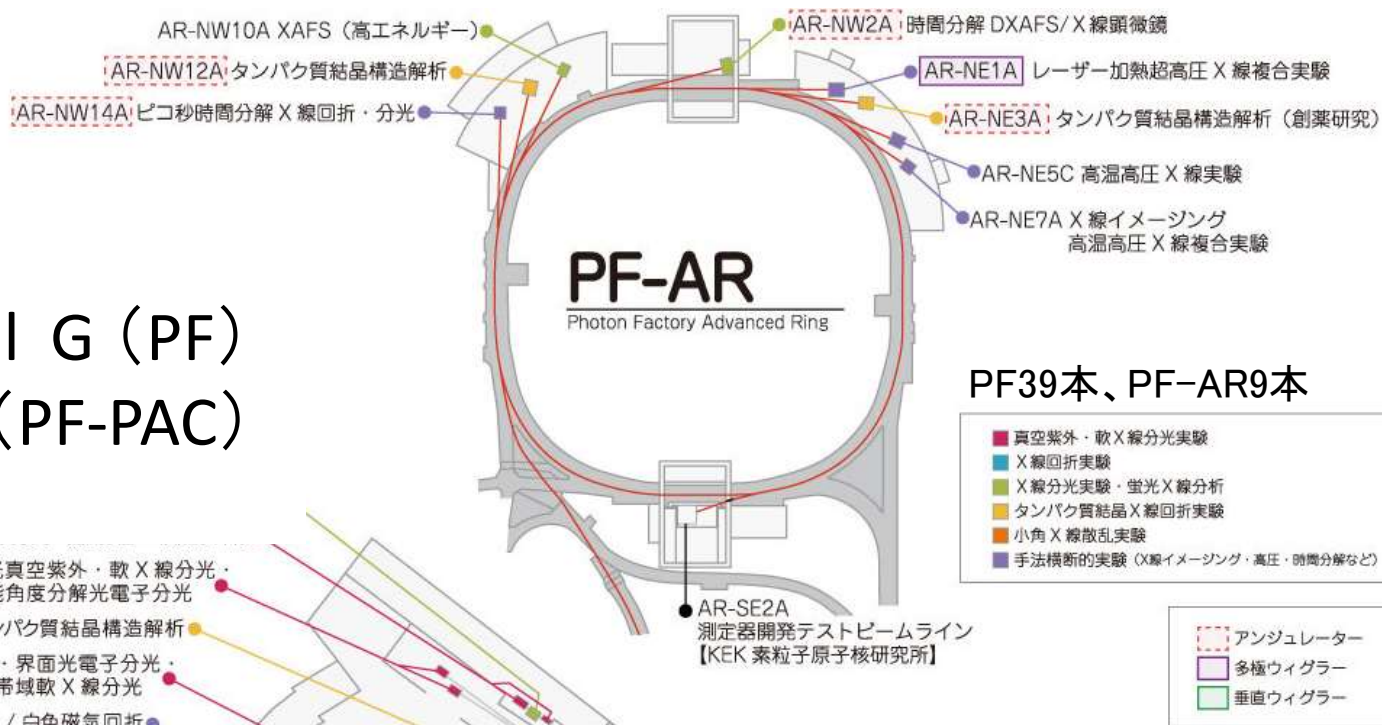


# 放射光マルチビーム実験

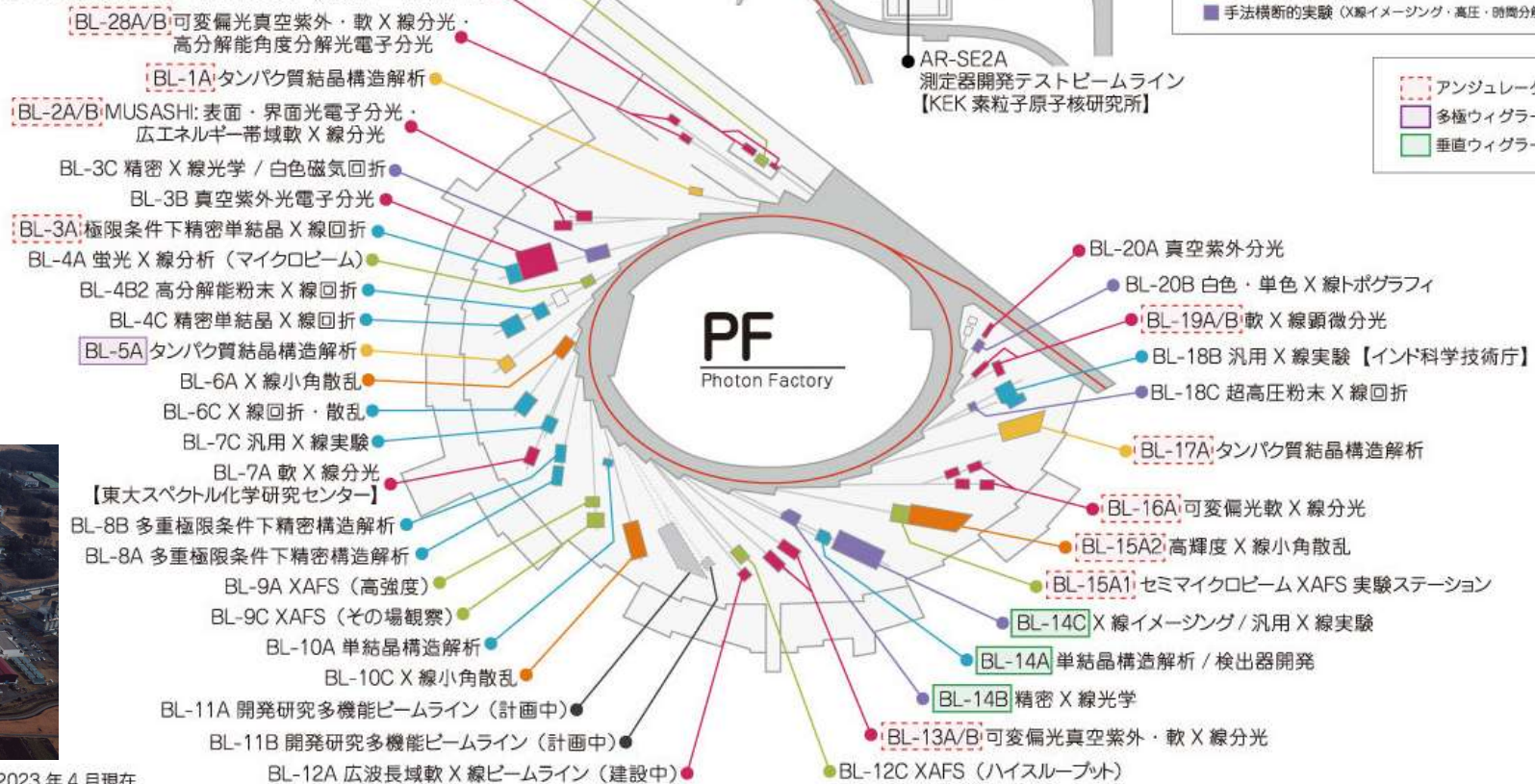
KEK物質構造科学研究所 放射光実験施設  
船守展正

# PF, PF-AR

48 Beamlines  
 23 UG (PF-UA)  
 10 methodological G (PF)  
 6 subcommittees (PF-PAC)



PF39本、PF-AR9本

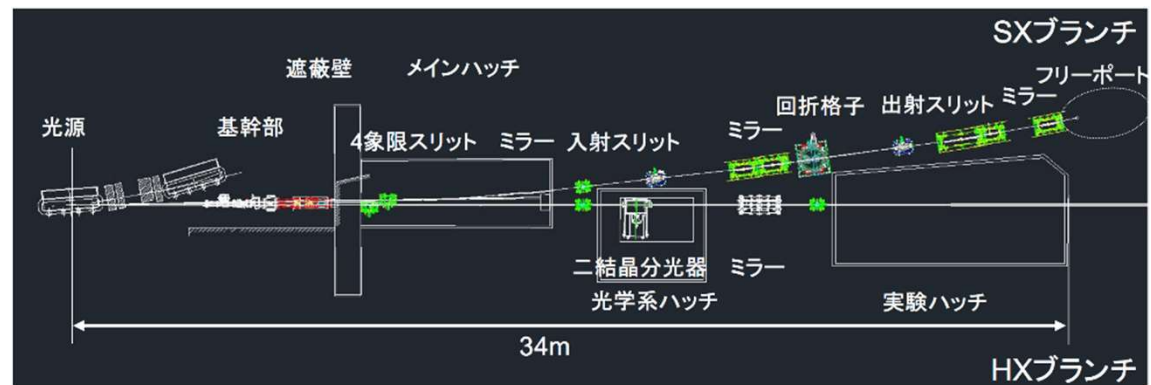


2023年4月現在

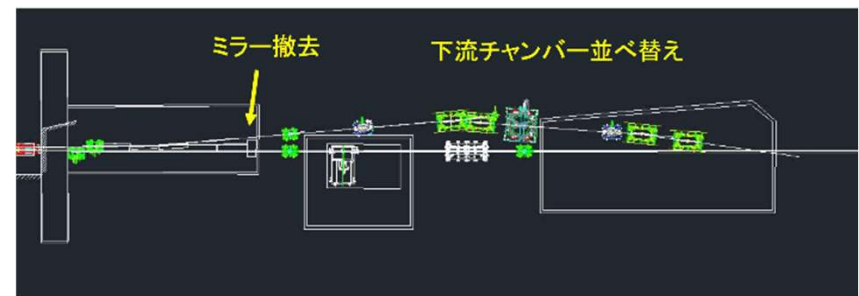
# 開発研究多機能ビームラインの整備

## 開発研究多機能ビームライン

フェイルセーフ機構を備え自在な実験アレンジが可能な新概念ビームラインをPFに建設、シングルビーム利用のR&Dと人材育成に加え、新放射光源施設におけるマルチビーム利用のためのR&Dを推進する。



実験配置例 (上) 広いエネルギー領域の放射光技術開発に対応するSXブランチとHXブランチの2ブランチ構成の基本配置と (下) SXとHXの2ビームを同時に試料に照射するマルチビーム利用配置



BL-12A 広波長域軟X線ビームライン(50 - 5000 eV)  
2023年度 SXパス、TXパスの建設(完成予定)

BL-11A, -11B 開発研究多機能ビームライン  
2023年度 基幹部、メインハッチ部の建設、 2024年度 SX・HXブランチ部の建設(完成予定)

# 開発研究多機能ビームラインの性能

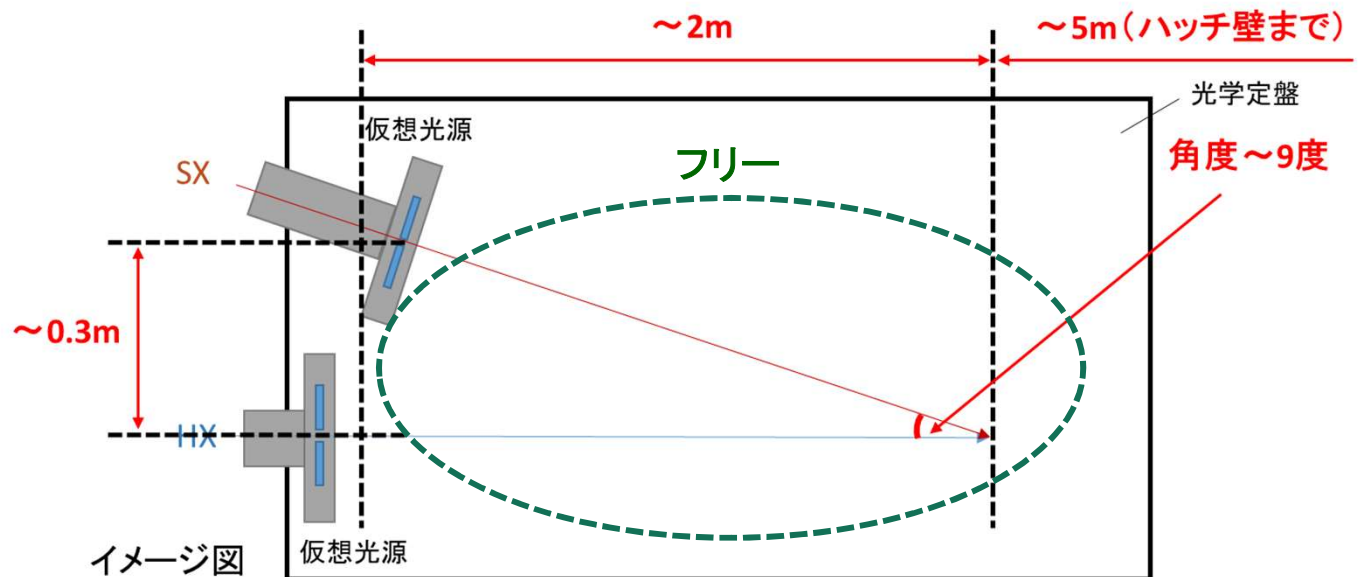
## 2ビーム利用モードでの性能

注) 今後の検討次第で軽微な変更の可能性あり

	SXブランチ フラックス重視	SXブランチ 分解能重視	HXブランチ
サイズ@仮想光源	0.5mm(H)x0.2mm(V)	0.5mm(H)x0.05mm(V)	0.3mm(H)x0.03mm(V)
エネルギー領域	50-1800 eV	50-1800 eV	4-13 keV
エネルギー分解能 (E/ $\Delta E$ )	> ~1000	> ~5000	~10 <sup>4</sup>
フラックス@仮想光源	~10 <sup>10</sup> ph/s (10 <sup>9</sup> @1800eV)	~10 <sup>9</sup> ph/s	~10 <sup>11</sup> ph/s
白色利用	○	×	△(要高さ調整)

仮想光源より下流は最終集光素子含めて自由に実験配置を展開することが可能  
試料位置より下流に十分な広さのスペースを確保

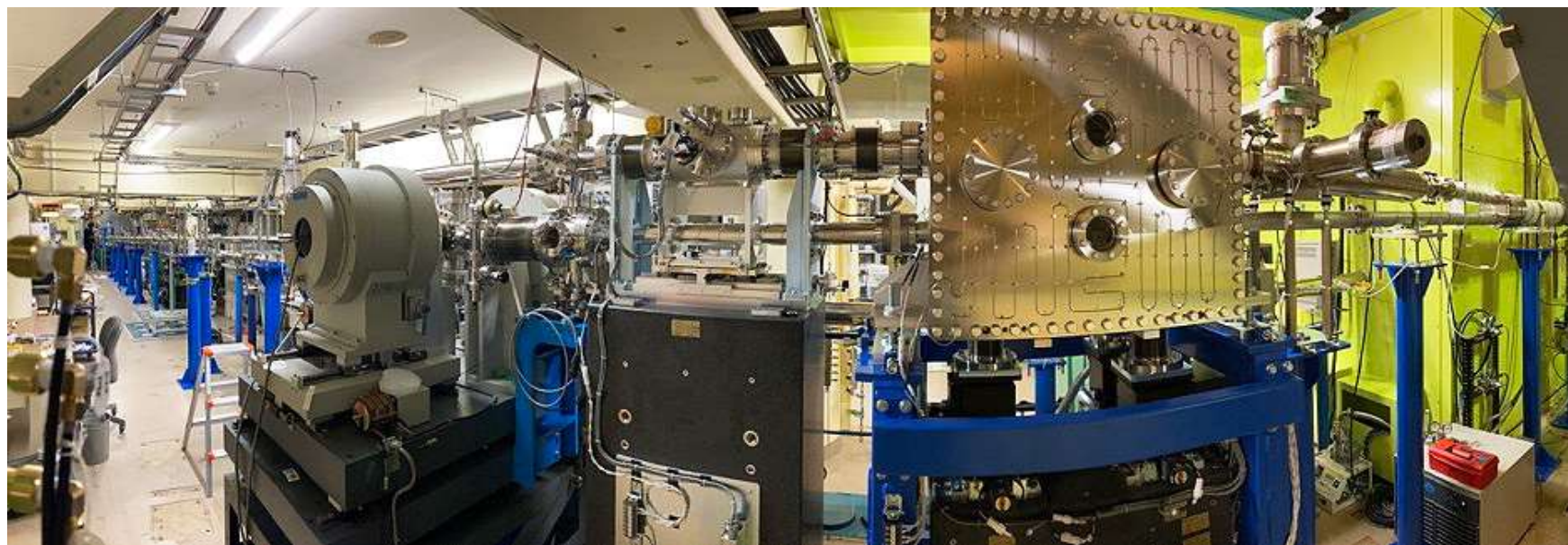
建設チーム代表: 若林大佑  
daisuke.wakabayashi@kek.jp





# BL-11A, -11B & BL-12A

写真 (2023年9月19日)



# 文科省ロードマップ2023

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/boshu/detail/mext\\_00301.html](https://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/mext_00301.html)

**6月30日 申請書提出**

計画名称

**物質・生命科学の研究分野を深化・融合・創成する放射光マルチビーム実験施設**

提案要旨

KEKでは、次の100年のサイエンスを先導する新放射光源施設の計画を推進している。新施設で展開される放射光マルチビーム実験では、同一物質中の2つの現象や異なる元素に起因した現象の相関計測、異なる時空間スケールの現象の同時計測、放射光照射によって励起される過渡的な反応・相転移の観察など、異なる空間スケール・時間スケール・波長特性を持つ複数のビームを組み合わせた測定が可能となる。シングルビームからマルチビームへの拡張は、分野や手法の融合と創成を促進し、世界の放射光科学の新しい潮流となる。

提案者

**山内正則 KEK機構長**

計画代表者

**小杉信博 IMSS所長**

連携機関

**UVSOR、HiSOR**

サポートレター

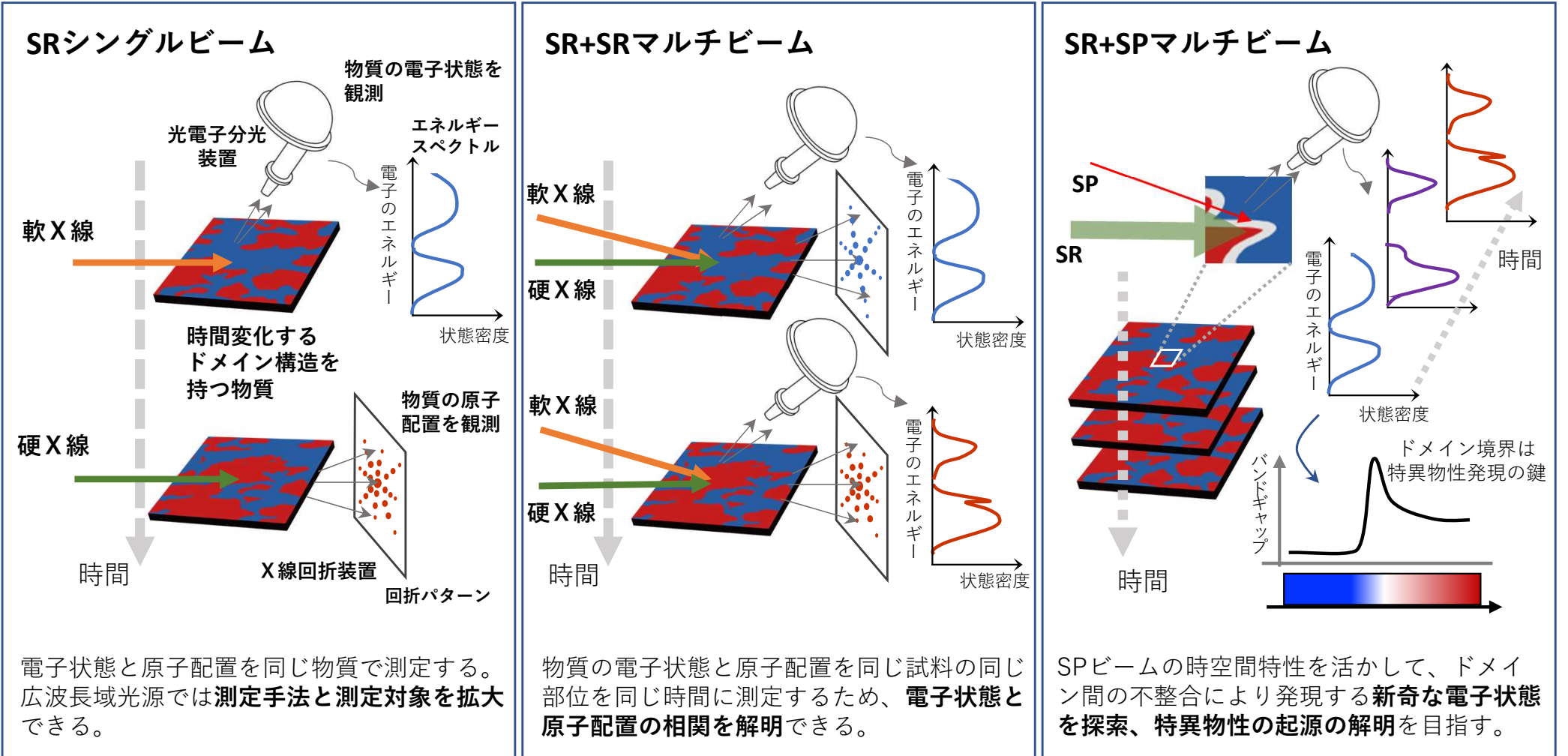
**日本放射光学会、日本加速器学会、物性委員会、PF-UA**



# 放射光マルチビーム実験による物性起源の解明

KEKの新放射光源施設は、放射光マルチビームによる新分野・新手法を開拓、放射光科学の新時代を牽引する

- 超伝導、強磁性、強誘電性、強弾性など、物質が顕わす物理現象の多くは、ドメインを形成して発現する不均一で動的な現象である。また、触媒や電池などで起こる化学反応の多くも過渡的なドメインを形成して進行することが知られている。
- これらの物理現象や化学反応は実用的にも重要で、人類の持続的な発展には、それらを深く理解し、制御することが求められる。



同一物質中の2つの現象や異なる元素に起因した現象の相関計測、異なる時空間スケールの現象の同時計測、放射光照射によって励起される過渡的な反応・相転移の観察など、異なる空間スケール・時間スケール・波長特性を持つ2ビームを組み合わせた測定が可能になり、世界の放射光科学の新しい潮流となる。既存の分野・手法の融合が進み、新分野・新手法が創成される。

# 学術的意義

KEKの新放射光源施設は、広波長域利用・マルチビーム利用の新潮流を生み、放射光科学の深化・融合・創成のサイクルを先導する

## 放射光マルチビーム実験施設

自由な発想を生かす寛容な施設  
多様性・柔軟性・拡張性を持つ施設  
萌芽的・独創的・開発的・長期的な実験

### 融合性： 学問領域を融合

SR+SRマルチビーム  
による手法・分野の融合

放射光マルチビーム利用のために異手法・異分野の研究者が議論することで、手法・分野の融合が促進される

### 挑戦性： 新たな知を創成

SR+SPマルチビーム  
による新手法・新分野の創成

SPビーム (fs/nm特性) の導入により、「物質・生命が示す多彩な機能の根源の解明」のための新手法・新分野が創成される

### 総合性： 広範な学術研究を深化

広波長域SRシングルビームによる手法・分野の深化

放射光ビームの広波長域化により、測定手法と測定対象が拡大し、広範な手法・分野の深化が促進される

### 国際性 世界を先導する新潮流

世界的な光源の高輝度化と手法の細分化の潮流がある

新施設は、広波長域利用・マルチビーム利用の**新潮流の源**となり、放射光科学の**深化・融合・創成**を先導する

## 人材育成

萌芽的・独創的・開発的・長期的な実験を通じた人材育成

施設の初期の建設と将来の高度化を通じた人材育成

低電力設計により、学術研究・人材育成に重要な運転時間を確保

### 深化

次の100年のサイエンスを先導する研究基盤として計画、20-30年後に想定されるポストマルチビーム時代における**深化・融合・創成**のサイクルは未来の研究者に託される

### 融合

### 創成



# 蓄積リング

蓄積エネルギーの切り替えにより広波長域を実現、挿入光源のタンデム配置によりマルチビーム実験を可能にする

## 蓄積リングのコンセプト

100年後を見据えた、高い基本性能、高い自由度・拡張性、広い分野・手法への対応、現実的な建設と運転のコストの広波長域・タンデム光源

## 蓄積リングの基本パラメーター

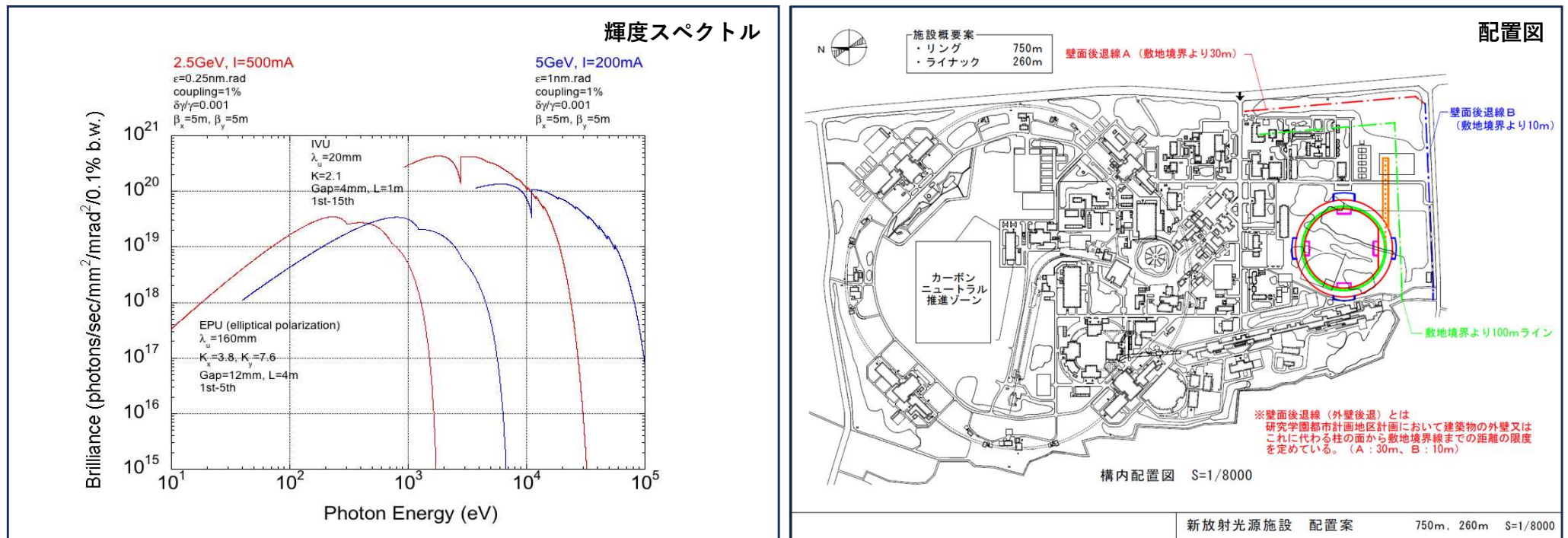
リング周長：750 m

蓄積エネルギー・蓄積電流：2.5 GeV・500 mA & 5.0 GeV・200 mA

エミッタンス：0.25 nmrad @ 2.5 GeV & 1.0 nmrad @ 5.0 GeV

セル数：24（各セルに長直線部と短直線部を配置、長直線部でマルチビーム実験、40本以上のビームラインを設置可能）

消費電力：4.7 MW（2.5 GeV : 5.0 GeV = 3 : 1 の運転時間を仮定、現行施設は 10.7 MW）



蓄積エネルギーの切り替えにより、**建設と運転のコストを抑制**しながら広波長領域に対応する。長直線部に低エネルギー用と高エネルギー用の2台の挿入光源をタンデムに配置すれば、10 eV ~ 100 keVの**広波長域の高輝度ビームの利用**が可能になる。さらに、挿入光源の組み合わせにより、**目的に応じたマルチビームの利用**が可能になる。2.5 GeVと5.0 GeVのような大きな切り替えは世界的にも前例がないが、設計段階から準備することで実現できる。

# 文科省ロードマップ2023

## 物質・生命科学の研究分野を 深化・融合・創成する 放射光マルチビーム実験施設

提案者

山内 正則 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)・機構長

計画代表者

小杉 信博 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)  
物質構造科学研究所・所長

# 文科省ロードマップ2023

---

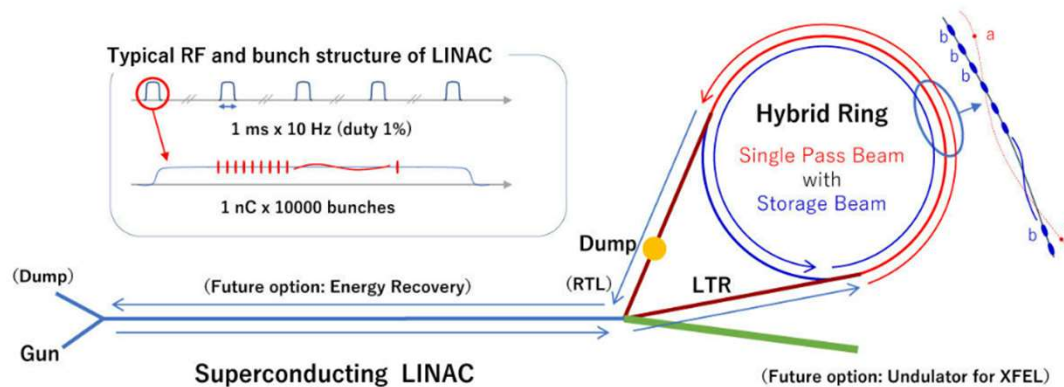




# 新放射光源施設計画WEB

フォトンファクトリー  
新放射光源施設計画

HOME 新放射光源施設計画 ▾ ライブラリ



## お知らせ

2023.09.19 **お知らせ**  
パンフレット「放射光マルチビーム実験施設計画」を発行しました。

2023.06.28 **お知らせ**  
第4回フォトンファクトリー計画推進委員会の開催について

2023.04.12 **お知らせ**  
BL-12Aについて

## 成果・ニュース

2022.04.01 **ニュース**  
プレスリリースの英訳が公開されました

2022.01.05 **プレスリリース**  
放射光源設計の新機軸

2021.12.29 **ニュース**  
ハイブリッドリングの概念設計の論文が公開されました

## イベント

本日、PF-HLSのパンフレットを公開

<https://www2.kek.jp/imss/pf/pf-hls/>

## 新光源実現に向けた取り組み

### 開発研究多機能ビームライン

放射光学術3施設(PF, UVSOR, HISOR)は、共同事業である開発研究多機能ビームラインの建設を開始しました。このビームラインは、2種類のビームを同時に試料に照射する配置など、自由な実験アレンジが可能であり、放射光マルチビーム実験の実証研究の場となります。

また、新ビームラインのスペースを確保するために閉鎖したBL-11A, B, Dの3本のビームラインの機能を有した広波長域軟X線ビームライン BL-12Aを建設し、2023年度中に利用を開始します。このビームラインでは広い波長領域の放射光を同じ試料位置に照射することができます。



開発研究多機能ビームライン建設予定地の測量の様子(2023年8月)。旧BL-11A, B, Dの撤去が完了し、装置の一部は建設中のBL-12Aに移設される。

### フォトンファクトリー計画推進委員会

KEKは、2021年10月に、フォトンファクトリー計画推進委員会を設置しました。機構外の有識者を含む30余名の委員により構成され、主にフォトンファクトリーの後継施設(本計画)の推進に関する協議を行っています。本委員会は、興味を持つ全ての方にオープンとしています。

### 研究会・スクール

本計画は、フォトンファクトリーのユーザー団体であるPF-UAからも強く支援されています。

2022年度にPF-UAと放射光学術3施設(PF, UVSOR, HISOR)が共同で開催したPF研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」には、約250名の研究者の参加があり、分野・手法の枠を超えた放射光マルチビーム実験の提案と議論がありました。マルチビームの有効活用には複数の分野・手法に精通することが重要です。PF-UAにより、専門外の分野・手法を学ぶためのスクールの準備が進められています。

大学の研究者による共同利用を前提とするKEKのような学術施設では、装置開発などの開発要素の高い活動に学生を巻き込みながら、自由な発想を具体化し、独創性の高い研究を展開します。その中で鍛えられた人材が将来の日本の科学の担い手になるのだと思います。

PFは、1982年の運転開始以来、様々な高度化を経て、科学と社会の発展に大きく寄与してきました。この今までの努力と成果、そして熱気が、高い先端性と幅広い研究分野を受容する汎用性を兼ね備えた「放射光マルチビーム実験施設」の実現につながることを、我々は強く期待しています。



PF-UA会長 東京大学大学院理学系研究科教授  
高橋 嘉夫

### ご寄付のお願い

フォトンファクトリー先端化寄付金は、フォトンファクトリーの研究環境整備と後継計画推進のために使用されます。新光源実現のために、皆様の温かいご支援をよろしくごお願い申し上げます。

<https://www2.kek.jp/imss/pf/donation/>





## KEKはPF-HLS計画を推進しています

高エネルギー加速器研究機構(KEK)は、加速器という大型の設備を目的に応じて設計・設置し、素粒子・原子核から物質・生命まで、幅広い分野の研究を大学の研究者の方々と共に進めています。KEKの放射光施設「フトンファクトリー」は、1982年のファーストビームの取り出しから40年を超える現在まで、ノーベル化学賞の対象となったリボソームの構造決定への貢献などの顕著な研究成果を挙げ、また全世界の放射光施設に広まった真空封止アンジュレーターなどの革新的技術を生み出し、KEKは、次の100年の物質・生命科学を日本が先導するという目的に必須の研究インフラとして、放射光マルチビーム実験施設Photon Factory Hybrid Light Source (PF-HLS)の計画を推進することを決めました。この施設は、放射光のあらゆる性能を統合的に活用するという挑戦的なものです。是非ともこれを実現して、物質・生命の機能の根源を解明するという研究者の夢を探求し、またその応用として持続可能な社会の実現に貢献したいと考えております。ご支援のほど、よろしくお願い申し上げます。



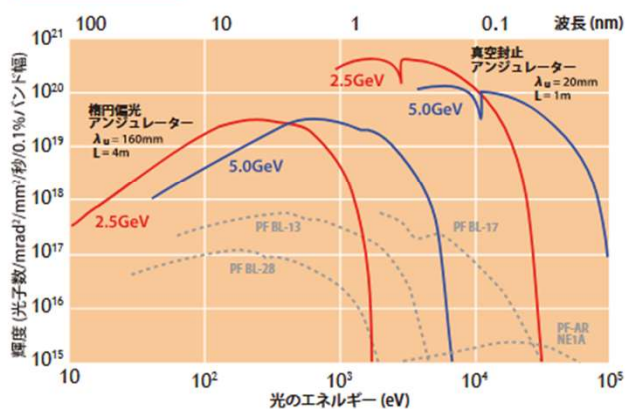
高エネルギー加速器研究機構長 山内正則

## 蓄積リングの性能

(2023年9月現在の暫定パラメータ)

本計画では、複数の挿入光源(アンジュレーターやウィグラーなど)を配置するための直線部を持ち、それらの活用に必要な自由度の高い運転を可能にする、独自設計の蓄積リングを早期に建設します。

ラティス(1セル)	5m直線部	2m直線部	10m直線部	2m直線部	5m直線部
エネルギー	2.5 GeV	5.0 GeV			
エミッタンス	0.25 nm rad	1.0 nm rad			
蓄積電流	500 mA	200 mA			
ラティス	Double 6 bend achromatic lattice				
セル数	12				
周長	750 m				
直線部	10 m x 12, 5 m x 12, 2 m x 24				



## 施設の使命

開発研究を通じて世界の放射光科学を先導する新技術と若手人材を供給し、物質と生命に関わる多様な利用研究を推進するフトンファクトリーの使命を継承します。

## 施設の構成

2.5 GeV / 5.0 GeV 選択式蓄積リングと超伝導ライナックによるハイブリッド光源の施設です。

## 施設の特徴

- 2.5 GeV / 5.0 GeV 選択式により広い波長領域の利用が可能です。 **New!**
- 蓄積リングからのSRビーム\*とライナックからのSPビーム\*の利用が可能です。 **New!** (\*Storage (SR, 蓄積)、Single Pass (SP, 通過))
- 研究分野・手法の深化・融合・創成が促進されます。
- 現行施設と比べて、50~100%増となる5000人超の利用者を受け入れます。
- 現行施設と比べて、運転時間の10%増と電力消費の25~35%減を両立します。

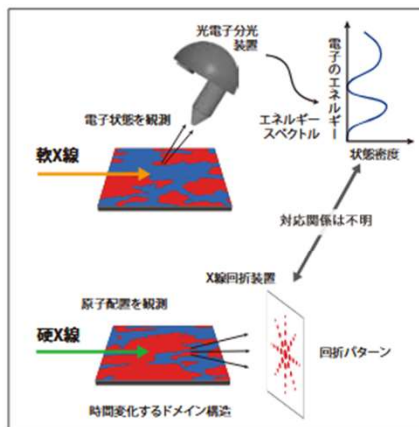
## 放射光マルチビームで観る物質・生命

超伝導や強磁性などの物理現象、触媒や電池などにおける化学反応、多様で複雑な生命現象など…

これらは全て、時空間的に不均一な現象です。放射光マルチビーム実験施設では、これらの機能の根源を解明するために、新しい手法を開拓します。

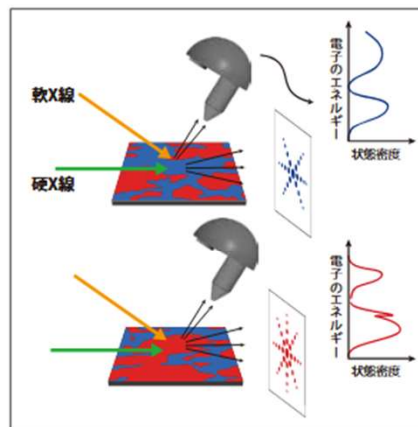
### ① SRシングルビーム実験

1本のビームラインで広い波長領域が利用できます。これにより、測定対象と測定手法が拡大し、広範な分野・手法の深化が促進されます。



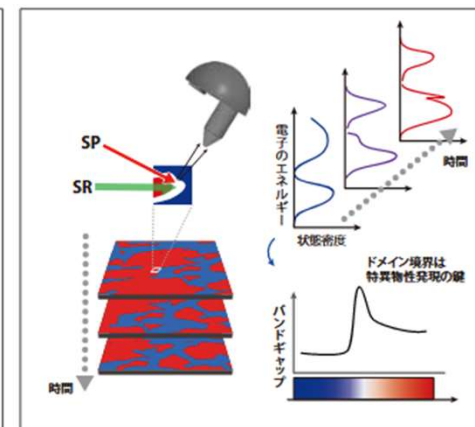
### ② SR+SRマルチビーム実験

電子状態と原子配置の情報を同時に取得することができ、機能と構造の相関がわかります。協働により分野・手法の融合が促進されます。

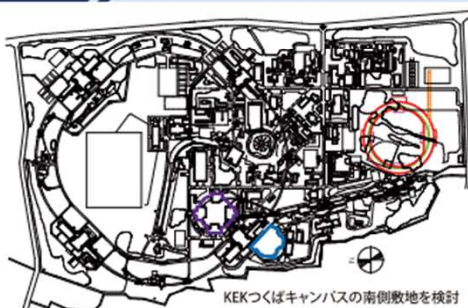


### ③ SR+SPマルチビーム実験

SPビームの高い時空間分解能を利用したドメイン境界の観測、ポンプ&プローブ測定など、既存の手法とは質的に異なる手法により、新たな知が創成されます。



## 建設地



## 年次計画

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蓄積リング	設計・開発・試作	製造・建設	調整・共同利用									
ビームライン						ビームライン建設・移設						
超伝導ライナック			設計・開発・試作					製造・建設			調整・共同利用	

最初に蓄積リングを建設し、ビームラインの新設と移設を実施(現行施設は閉鎖)、その後超伝導ライナックを整備



放射光マルチビーム実験(PF-HLS計画、  
開発研究多機能ビームライン)へのご質問、  
ご意見、ご提案を歓迎いたします。

フォトンファクトリーでは、初心者(P型)課題  
を準備しています。経験のない手法に興味  
を持った方は、ご相談ください。

ご連絡をお待ちしております。

# フォトンファクトリー同窓会

## 概要

会長挨拶

幹事会

会則

入会案内

設立の経緯

## 活動

お知らせ

## リンク

PF関連資料

PFホームページ

PF-UAホームページ

KEKホームページ

## 第2回PF同窓会講演会

日程：2023年11月4日（土）

場所：KEKつくばキャンパス小林ホール および オンライン（Zoom）

主催：フォトンファクトリー同窓会

共催：フォトンファクトリー

### 【プログラム】

10:00 受付開始

10:00-12:30 PF見学会（所要時間30分程度）

※小林ホール前に到着された方から随時PFへご案内します。

休日のためKEK内の食堂・売店は利用できませんのでご注意ください。

### 講演会

座長：雨宮 慶幸 副会長

13:10-13:15 挨拶：太田 俊明 会長

13:15-14:15 講演：「Synchrotron Radiation: Quo Vadis?」

石川 哲也 先生（理化学研究所）

14:15-14:25 質疑応答

14:25-14:40 休憩

14:40-15:40 講演：「PFにおけるX線・軟X線の散乱・吸収による磁性研究」

山崎 裕一 先生（物質・材料研究機構）

15:40-15:50 質疑応答

15:50-15:55 まとめ：雨宮 慶幸 副会長

### 懇親会

16:10-17:30 小林ホール前ラウンジにて

※懇親会終了後もしばらくご歓談いただけます。