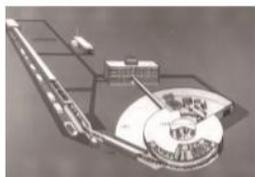
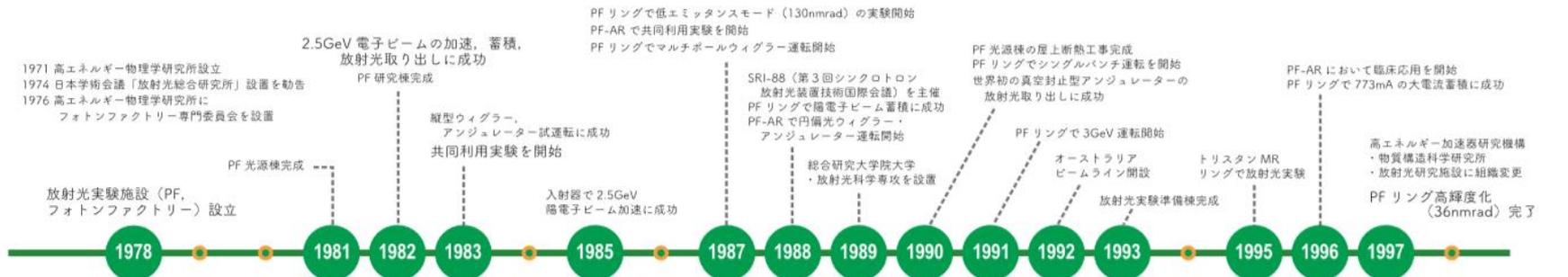


フォトンファクトリーの現状

～ 使命と役割 ～

KEK物質構造科学研究所
放射光実験施設長 船守展正

フォトンファクトリーのあゆみ



1978年 設計経費が認められた頃の全体計画。



1982年3月 PFで最初に撮られたラウエ写真。0.1secの露き込みから、1秒足らずで撮影できた電気が想像できる。



1982年4月 フランス大統領ミッテラン氏が視察に、四月には当時の鈴木首相も来訪。PFは世界からも注目を集めた。



1983年7月 共同利用実験開始直後の実験ホール。6月から約1ヶ月、50件の共同利用実験課題が実施された。この期間には初めての産業利用 (リングラフィー) も実施された。



1990年12月 PFで開発された世界初の真空封止型アンジュレーター (AR-NE3A)。この技術により、中型放射光施設でX線領域の高輝度光を発生することができ、今では世界の放射光施設で使われている。



1990年 太陽熱による建物のひずみがビーム軌道の安定性に悪影響を及ぼすことがわかり、光源棟屋根の断熱化を行った。このことは、これ以降に建設された世界の放射光施設の設計に大きな影響を与えた。



2001年1月 建設中のPF-AR北西棟。究極シングルバンチ運転の大強度パルス放射光源は世界的にも類を見ない。



改造前

改造後

2005年 直線部増強改造により、既存の直線部は延伸され、新たな直線部が6箇所誕生した。写真はBL-2のアンジュレーター (左側の長い装置)。赤色の4極電磁石を更新して短くすることにより、アンジュレーターの上下と下流にそれぞれ2mの空間が新たに作り出された。



2009年 リゾビームの結晶構造解析により、Ada Yonath 博士がノーベル化学賞を受賞。博士は、PFでタンパク質結晶構造解析の共同利用を開始した (1987年) 最初のユーザーであり、PFで開発した結晶を低温に保つ装置 (雪室) が構造解析の成功につながった。



2011年 東日本大震災により、KEKの加速器の多くが被害を受けた。写真は、地震により転倒した入射器のトリプレットQマゼネット。KEKでは、多数の共同利用者に利用されているPFの復旧を優先先とするため、5月23日には震災後に初めて放射光装置を導入でき、秋からは共同利用実験を再開した。



2019年現在、PFで最も新しいビームラインBL-19、改良型直線X線加速器 (STXVA) 発射のAプランタ (a) とフリーポートのBプランタ (b) から構成される。

フotonファクトリーの特長

- 開発的な研究を重視し、短期的な成果創出を最優先としない
標準的な実験課題の有効期間が2年となっている
- 首都圏に立地、機材を車で運搬できる利用者が多い
東京から車で約1時間、つくば研究学園都市に位置している
- ビームライン・装置への利用者のアクセスの制限が少ない
47本の内、9.5本のビームライン(実験ステーション)がユーザーにより運営されている
- 世界的にユニークなビームラインや運転モードをもつ
PFでは垂直ウィグラーが設置され、PF-ARでは常時シングルバンチ運転が実施されている
- 世界的な加速器の研究機関の施設である
加速器研究施設・共通基盤研究施設には、約300名の教員・技術職員が在籍している

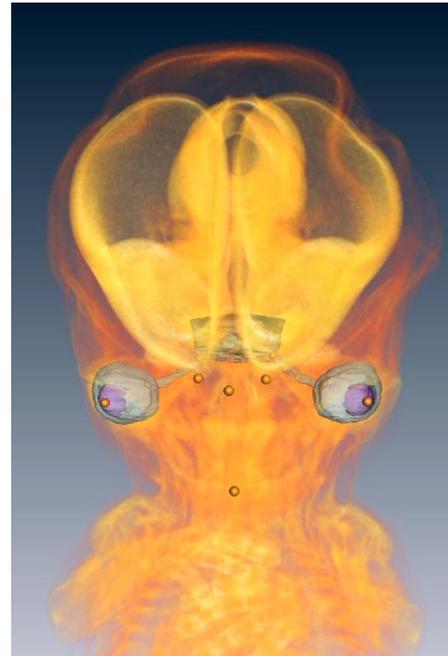
フotonファクトリーは、学術研究と人材育成に適した条件のもと、それらに重点を置いた万能型で自由度の高い施設として整備・運用され、40年近くの長期にわたって成果を挙げ続けている。次世代放射光施設の建設が進行するこのタイミングで、施設としての使命を再確認し、そのための機能強化を進めている。

光源の特長を活用した研究例(1)

Examples of **unique projects** at the present PF and PF-AR

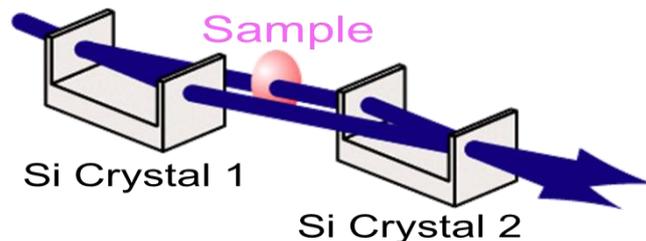
(1) a project with vertical-wiggler beam : 6 mm (H) by 70 mm (V)

X-ray interferometer



広視野・高分解能
位相イメージング
(最高性能)

3D image of
human embryo

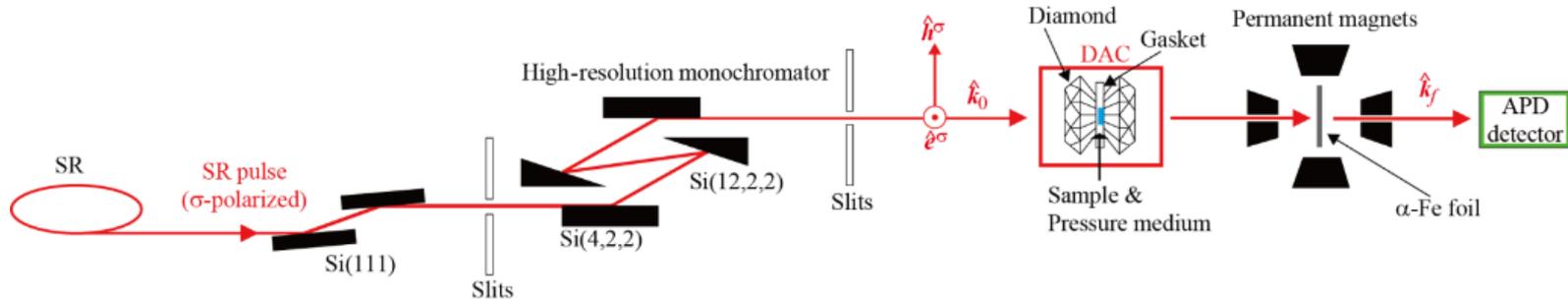


Human embryo imaging and
new developmental stages using
advanced phase-contrast X-ray microscope
by S. Yamada et al. ([Kyoto Univ.](#))

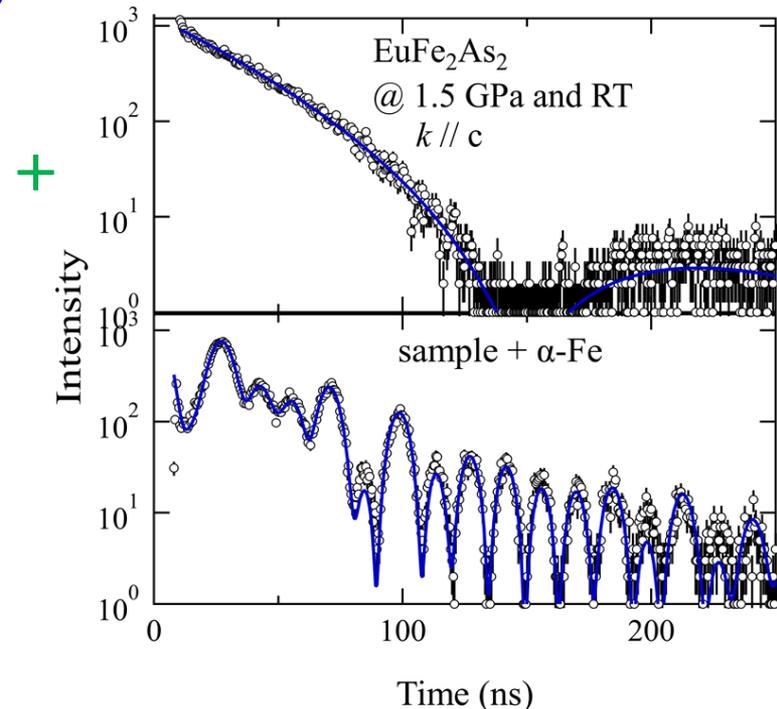
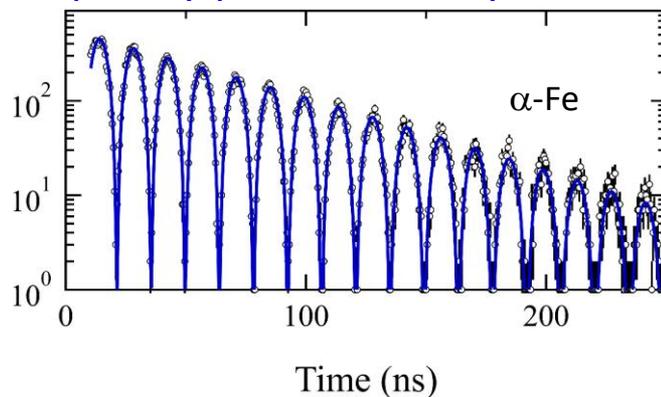
光源の特長を活用した研究例(2)

Examples of **unique projects** at the present PF and PF-AR
 (2) a project with single-bunch operation

偏光核共鳴散乱
 (新手法)



completely polarized X-ray scattering



Direct observations of orbital orders and fluctuations in iron-based compounds using nuclear forward scattering technique by H. Kobayashi et al. (Hyogo Univ.)

学術研究



学術研究



🔍 [すべて](#) [画像](#) [ニュース](#) [地図](#) [ショッピング](#) [もっと見る](#) [設定](#) [ツール](#)

約 51,100,000 件 (0.32 秒)

1. **学術**の重要性 **学術**は、「**研究者**の知的探究心や自由な発想に基づき自主的・自律的に展開される知的創造活動 (**学術研究**) とその所産としての知識・方法の体系」であり、人類の知的探求心を満たすとともに、それ自体が知的・文化的価値を有するものである。

www.mext.go.jp > [b_menu](#) > [shingi](#) > [gijyutu](#) > [gijyutu4](#) > [siryo](#) > [attach](#)

[第1章 学術研究の特性と学術を巡る状況の変化：文部科学省](#)

[強調スニペットについて](#) [フィードバック](#)

www.weblio.jp > [content](#) > [学術研究](#) ▾

[学術研究\(がくじゅつけんきゅう\)とは何？ Weblio辞書](#)

「**学術研究**」の意味は専門性の高い分野における学問研究のこと。Weblio辞書では「**学術研究**」の意味や使い方、用例、類似表現などを解説しています。

www.mext.go.jp > [shingi](#) > [gijyutu](#) > [gijyutu4](#) > [siryo](#) > [attach](#) ▾

[第1章 学術研究の特性と学術を巡る状況の変化：文部科学省](#)

学術の重要性. 学術は、「研究者の知的探究心や自由な発想に基づき自主的・自律的に展開され

近年、過度な選択と集中（競争環境）のため、自由な研究が阻害されているとの指摘がある。

学術研究は、研究者個人の知的探求心に基づくものであるが、Number One や Only One の成果は、他者をも興奮させる。優れた成果は、偶然によることも少なくない。幸運を見逃さない本人の準備とそれを可能にする余裕のある研究環境が必要である。

人材育成



教育は国家100年の計



🔍 [すべて](#) 🇯🇵 [ニュース](#) 🖼️ [画像](#) 🛍️ [ショッピング](#) 📺 [動画](#) ⋮ [もっと見る](#) ⚙️ [設定](#) 🛠️ [ツール](#)

約 6,280,000 件 (0.46 秒)

W ja.wikipedia.org › wiki › 国家百年の計 ▼

国家百年の計 - Wikipedia

国家百年の計(こっかひやくねんのけい)もしくは**国家百年の大計**とは、**国家**における終身計画のことである。元々、人を育てるという思想であったが、それが転用されて、人を育てること以外の計画においても、**国家百年の計**という言葉が使われることがある。

🌐 arcs-edu.com › 講師ブログ › 教育・子育て ▼

国家百年の計は教育にあり - 教育研究所ARCS

2016/09/01 - 「**国家百年の計**は**教育**にあり」ということばがあります。「**教育**は**国家百年の大計**」とも言われ、人材育成こそ**国家**の要であり、また長期的視点で人を育てることの大切さを説いた名言として知られています。(出典は中国春秋時代の政治家で ...

🌐 www.mext.go.jp › b_menu › kihon › what ▼

はじめに：文部科学省

中央**教育**審議会では、昨年11月に文部科学大臣から、「**教育**振興基本計画の策定と新しい時代にふさわしい**教育**基本法の ... **国家百年の計**である**教育**の在り方は、国民一人一人の生き方や幸せに直結するとともに、国や社会の発展の基礎を作る大変重要な ...

近年、施設側と利用側の距離が広がり、人が育っていないとの指摘がある。

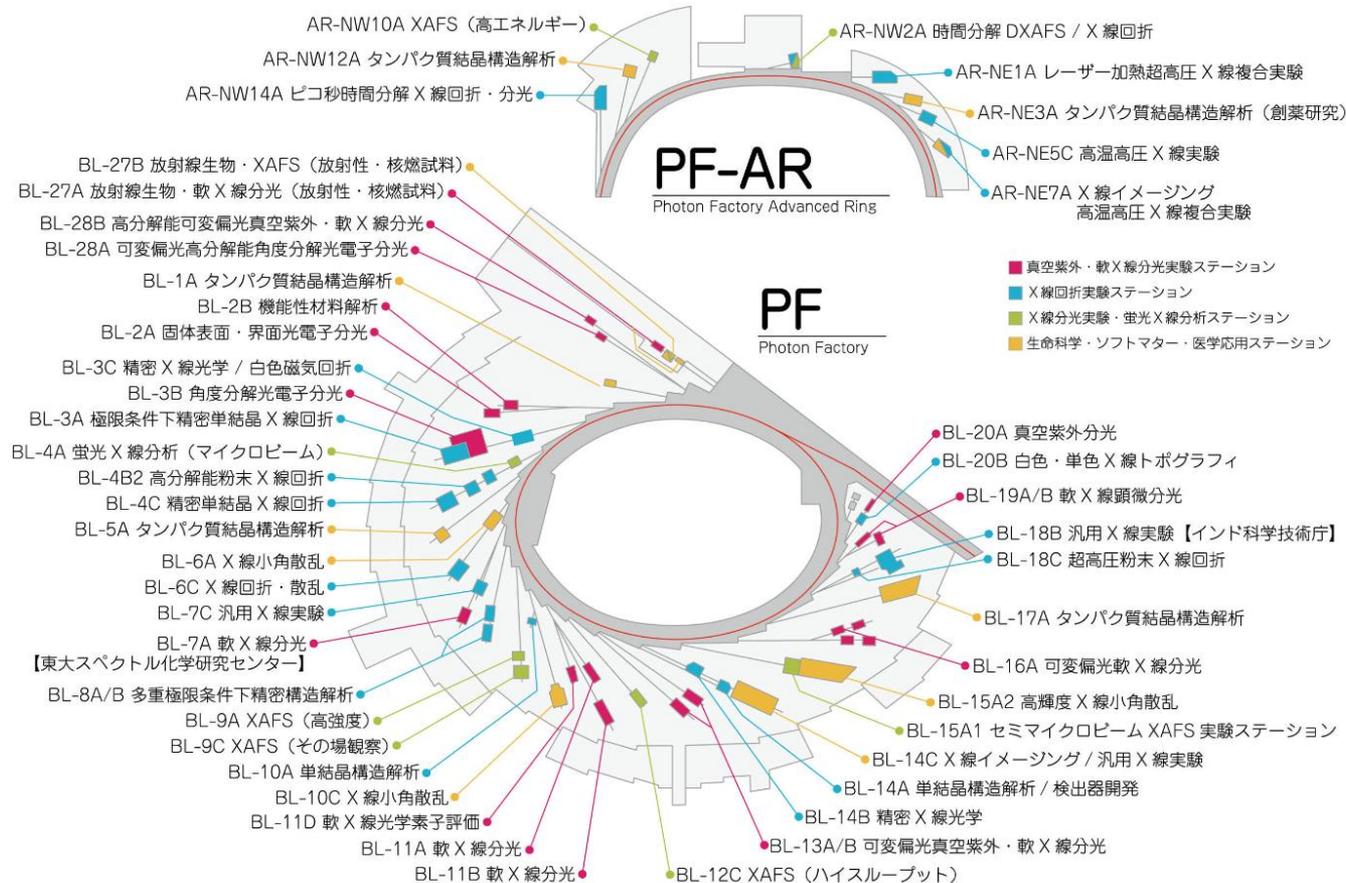
国家の持続的な発展に、人材育成が極めて重要であることは説明をまたない。現在も進化・成長を続ける放射光分野において、時間のかかる人材育成を軽視してしまえば、日本の科学技術の発展に計り知れない損失を与える。

現在のビームライン

不断の高度化により競争力を維持

施設利用収入等：～1.5億円

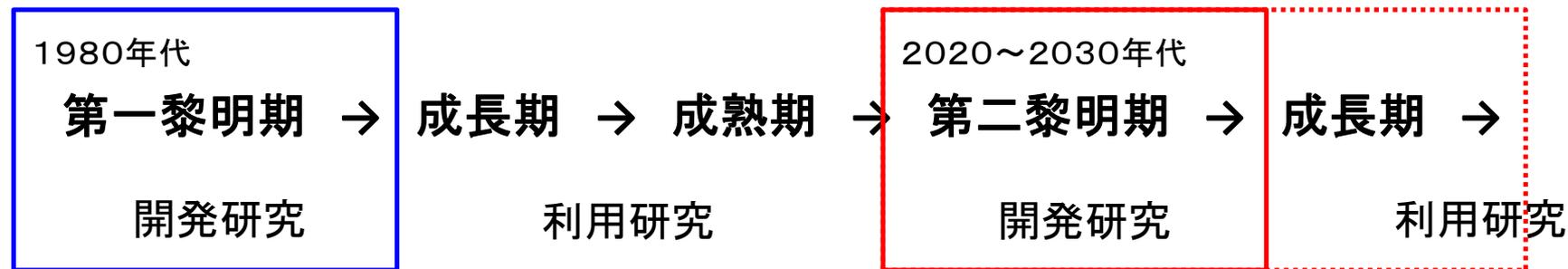
3,000 users/year, 550 papers/year



成熟期にあるフotonファクトリー

PF 39ステーションとPF-AR 8ステーション が稼働中

フotonファクトリーの使命と第二黎明期



新技術と人材を後発施設に供給

日本の放射光施設間の役割分担
の観点から開発研究を重点化

フotonファクトリーの使命

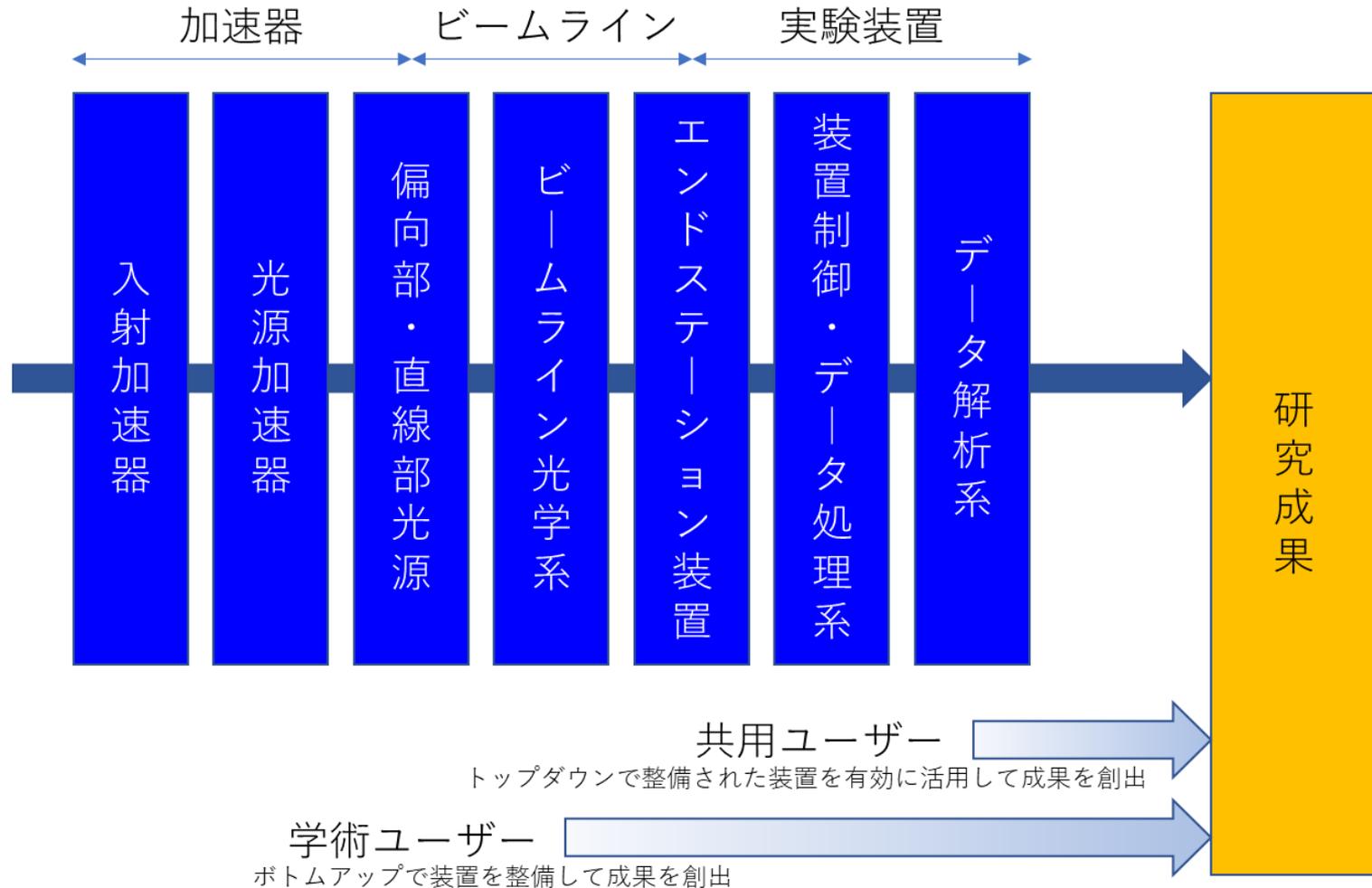
- 開発研究を通して世界の放射光科学を先導する新技術と若手人材を供給する。
- 先端基盤施設として多様な利用研究を安定して支える。

日本の放射光施設の役割分担の観点からも学術施設としての機能(開発研究と人材育成)をより重点化することが要請されている(放射光学会より大型研究計画「放射光学術基盤ネットワーク」を提案中)。

第二黎明期に向けて組織改編[※]を実施

※2019.4.1付

学術のための放射光施設



フォトンファクトリーでは、学術利用に最適化したハードウェア(加速器、ビームライン、実験装置)およびソフトウェア(利用制度)を整備して、放射光施設の持続的な発展とそのための人材育成、研究成果の創出に貢献している。日本の放射光施設間の役割分担の観点から、学術施設としての機能強化を進めている。

放射光学会

歴代会長の資料や発言から抽出

2014

17代会長 村上洋一 (PF施設長、着任時)
All Japanで次世代放射光施設を実現する

18代会長 石川哲也 (SPring-8センター長)
PF, SPring-8, SLiT-Jを鼎立させる

19代会長 小杉信博 (UVSOR施設長、着任時)
学術施設の役割を再評価する **マスタープラン策定**

2020

20代会長 朝倉清高 (北大触媒研教授)
放射光施設の三区分別, さらなる進展に協力する

昨年3月に第1回の拡大放射光施設責任者会議を開催(年1回を予定)、役割分担と学術施設の強化の観点から、日本学術会議マスタープラン2020に放射光学術基盤ネットワーク計画を提案している。

放射光学術基盤ネットワーク

日本の放射光施設（11光源）における放射光学術基盤ネットワークの位置付け



日本放射光学会での検討: 評議員会、拡大放射光施設責任者会議

フォトンファクトリーの将来計画

※利用制度等の運営面の整備を先行して開始

日本の発展のために学術施設が整備※すべきは、

**研究者が開発・利用研究を通じて自らレールを敷き
未知・未踏の世界を開拓するための施設
研究者の個性を開花させる施設**

フォトンファクトリーの将来構想の推進にあたっては、

光源性能の先端性追求において、輝度偏重から脱却し、Flexibility と Stability の両立による許容度の重視に転換する。許容度の向上は、ビームラインで展開される実験手法の多様性に直結する。これにより、新しい実験手法を模索し（第二黎明期の開発研究）、「研究者の知的探究心や自由な発想に基づき自主的・自律的に展開される知的創造活動」である学術研究を推進する。

将来計画の具体案

- 短期計画として、放射光学術基盤ネットワークの推進と物質構造科学研究所量子ビーム連携研究センター(2020.4.1新設予定)の活動に資するPF高度化計画および開発研究専用ビームラインを実現する。
- 長期計画として、超伝導リニアックとHybridリング※を中核とした放射光コンプレックスの検討を開始した。

※Hybridリング: 汎用性と先端性を共存させた究極の可変光源

- ✓ SRモード (ストレージ: 第三世代性能バンチ) とSPモード (シングルパス: 超高性能バンチ) をHybrid運転する
- ✓ PF・PF-ARのHybrid・Singleバンチ運転の利用技術を活用する
- ✓ SPバンチの性能は超伝導リニアックの性能で決まり自由度が極めて高い
- ✓ SPバンチの当初性能としてエミッタンス100pmrad/バンチ長50fsを予定 (役割分担: SLiT-JやSPring-8-IIなどの蓄積リングでは50fsは実現不可能)
- ✓ ILCやcERLで蓄積された加速器技術を超伝導リニアックに活用する
- ✓ SPモードでフレキシブルな運転を行うためにもPF高度化計画の光源モニタ・フィードバック系の増強や研究開発専用ビームラインの実現が重要である

フォトンファクトリー高度化計画 2020

Multipurpose Renovated SR-Ring with Only One and Number One Beamlines

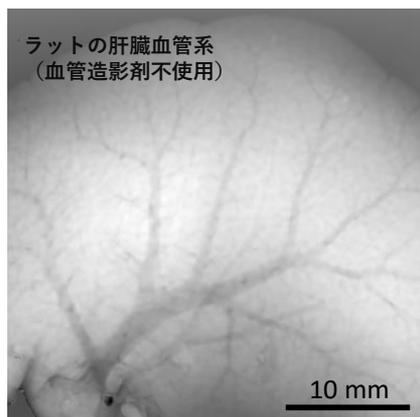
※ 3年計画：光源の高度化 → ビームラインの高度化

第三世代光源の特徴である万能性を最大限に活用した Only One & Number One のビームライン群による最先端のサイエンスを展開する。

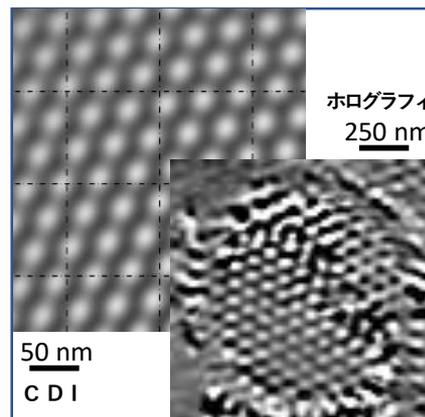
これを実現するため、現在のPFの特長でもある、**高強度パルス軟X線、高強度コヒーレント軟X線、高強度インコヒーレントX線、垂直偏光白色X線**の光源性能を強化し、ビームライン群を高度化する。また、先端的計測に必須な**安定性能**を強化する。



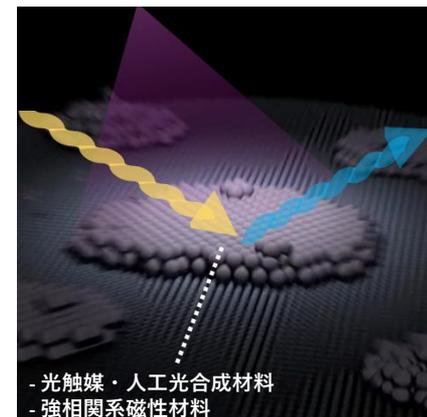
X線干渉計



広視野位相イメージ



マルチスケール磁気イメージ



ピコ秒時間分解計測

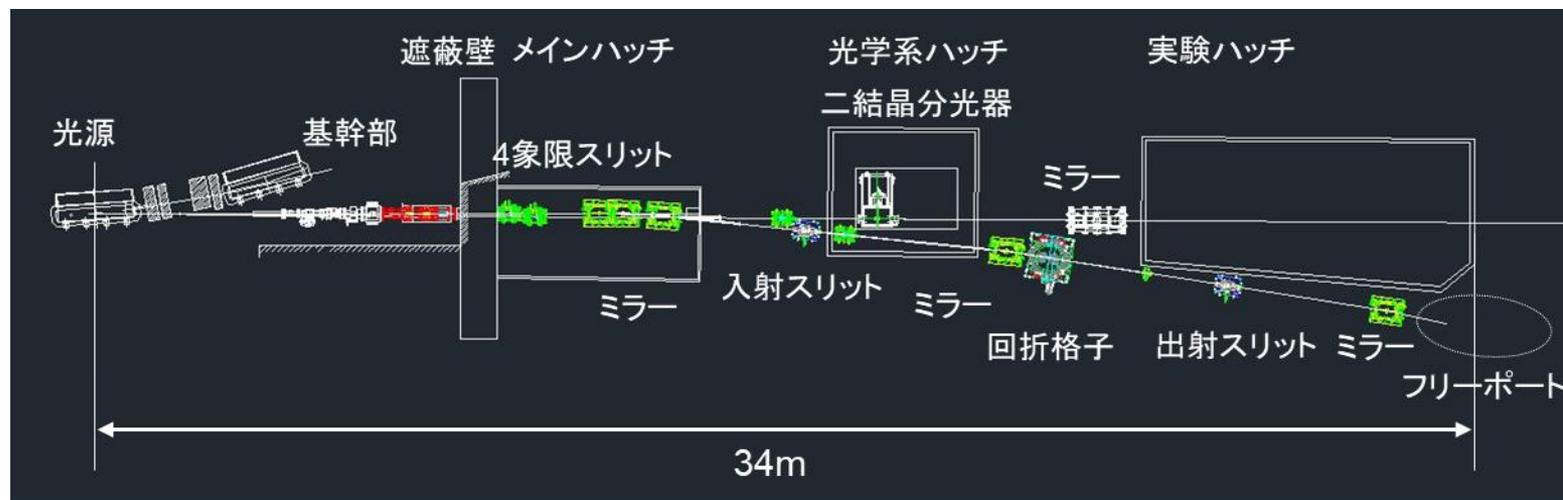
開発研究専用ビームラインの整備

Hard and Soft X-ray Beamlines Dedicated for R&D

※ PF高度化計画2020のR&Dも実施

放射光科学を推進する日本最大の学術施設として、放射光関連技術の開発研究を推進することで、日本および世界の**放射光施設の持続的な発展**を可能にする。

共用ビームラインは、利用者への安定かつ十分なビームの供給による短期的な成果創出に重点が置かれるため、**長期的な成果創出**のための開発研究には、専用ビームラインの整備が必須である。また、開発研究を通じて、将来を担う**若手人材の育成**を進める。



開発研究専用ビームライン

その他

- 光ビームプラットフォームの代表機関(KEK)、ラウンドロビンを主導
- インド科学技術省との協定(インドビームラインを設置)
- スイスライトソースとの協定(Native-SAD測定@PF、夏季利用@SLS)
- タンパク質結晶構造データベースPDBへの登録(年間300件程度)
- 周辺機器の有償利用プログラム(タンパク質結晶合成ラボ、クライオ電子顕微鏡、他)
- 若手教員や技術職員の海外施設への長期派遣(毎年1-2名)
- 大学院生奨励課題
- マルチプローブ課題
- 産業利用促進運転
- 学術予算(機能強化費)と科研費(新学術領域研究)の合算で新ビームラインを建設(2019年供用開始、STXM)

(参考) 実験課題責任者の科研費取得状況 2018年度実績 KAKEN公開情報より抽出

PF課題責任者数: 416人

科研費課題数: 357件 (代表者: 215件、分担者: 142件)

総配分額(直接経費、全期間): 84.6億円

フotonファクトリーが直面している困難

- 国内外で放射光施設の建設が進められている状況を鑑みると、フotonファクトリーが使命とする新技術と人材の輩出の重要性は益々増加している。
- しかし、この10年間で運営予算が半減し、運転時間までも削減することになった。このため、学術施設としての使命を遂行することが難しい状況にある。高度化された設備の有効利用の観点からも、人材の有効活用の観点からも、国として、大きな損失を発生させていると言わざるをえない。
- フotonファクトリーは、国が整備して大学共同利用機関が運営する先端基盤施設である。将来計画などのための「先端」予算は競争的に、運転経費を始めとする「基盤」予算は安定的に措置されるよう、今後、制度改革が進むことを期待する。

まとめ

- フォトンファクトリーは、開発研究と人材育成に適した条件のもと、それらに重点を置いた万能型で自由度の高い学術施設として整備・運用され、不断の高度化により、40年近くの長期にわたって成果を挙げ続けている。
- 放射光コミュニティからの要請もあり、次世代放射光施設の建設が進行するこのタイミングで、学術施設としての使命を再確認し、そのための機能強化を進めている。
- 長期将来計画として、超伝導リニアックとHybridリング(究極の可変光源)を中核とした放射光コンプレックスの検討を開始した。
- フォトンファクトリーは、国が整備して大学共同利用機関が運営する先端基盤施設であるが、使命を遂行するのが困難な予算状況にある。将来計画などのための「先端」予算は競争的に、運転経費を始めとする「基盤」予算は安定的に措置されるよう、今後、制度改革が進むことを期待したい。

參考資料

(参考)

量子ビーム連携研究センター

— 新たな発掘型共同利用とテーマ設定型共同研究の創始 —

放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子という4つの量子ビームを備えた世界的にもユニークな研究施設のメリットを生かして「量子ビーム連携研究センター」を創設し、新たな「発掘型共同利用」と「テーマ設定型共同研究」を推進するとともに若手人材を育成することで、これまでにないマルチプローブ連携分野を創出する。

①発掘型共同利用(申請者・センターの研究力向上に貢献)

初心者を含む共同利用申請に対して指導・助言することでマルチプローブ研究を加速。申請者と研究内容を検討し、マルチビームに適した試料作成など研究実施までの指導・助言・実験支援を一気通貫に行う。

②テーマ設定型共同研究(センターの研究力向上に貢献)

イノベーションに貢献できる量子ビーム連携研究課題(4~5年、中間評価で見直す)を設定し、産学官連携・国際連携によって課題解決。次の新たな課題に継続的に取り組む。

③マルチプローブ若手人材育成(国全体の研究力向上に貢献)

マルチプローブ利用により不可欠となるAIを活用したデータ駆動型実験・解析手法を開拓するとともに、量子ビーム連携分野で国際的に活躍できる若手人材を育成。

物質構造科学研究所

放射光科学第一研究系

放射光科学第二研究系

中性子科学研究系

ミュオン科学研究系

放射光実験施設(PF)

低速陽電子実験施設(SPF)

構造生物学研究センター

量子ビーム連携研究センター **新設**

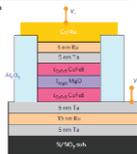
J-
PARC
MLF

(構造物性研究センターを発展的に改組)

【期待される成果例(量子ビーム連携研究課題の例)】

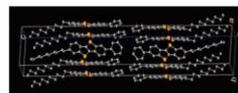
超高速・超低消費電力の情報通信デバイス開発

- 薄膜の原子配列のわずかな歪みの観察
- 化学・バンド状態の元素選択深さ分解観察
- 微小ビーム(mm): デバイス動作状態でのオペランド観察
- スピントロニクス量子マテリアルの超高速(<<ns) スピン反転のリアルタイム観察



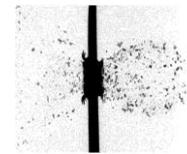
AIの協奏による有機デバイス材料の高度化

- 有機エレクトロニクスの塗布型デバイスにおける分子修飾の最適化が不可欠: AI的手法(機械学習)に基づく実験データからの効率的な材料探索
- ハイスループット構造評価、薄膜構造の精密決定
- 動的な構造変化と物性相関



社会インフラ構造材料のき裂起点の予測

- 複合材料、金属材料における応力印加下、極短時間における材料破壊プロセスのその場観測
- ナノボイド発生からメゾ、マイクロスケール構造変化につながるマルチスケールメカニズムの解明
- AIの併用による社会インフラ維持管理



(参考)大学共同利用機関の位置づけの変遷

1) 国立大学附置の全国共同利用研究所では対応できないような大型設備等を文科省直轄の研究所に置き、無償で共同利用するために大学共同利用機関が作られた。扱いとしては単科大学的。大型設備が中心の既存の大学附置研を独立させ大学共同利用機関として重点化することも行われた。大型設備の運転経費ばかりでなく、個別の研究者が利用する際の員等旅費や実験経費、開発研究などプロジェクト的な特別研究費、国際会議の開催費、特別整備費等も用意された。トップダウン的運営に対する透明性確保のための諮問組織(外部委員だけの評議員会、外部委員半数の運営協議員会)、人事の原則公募、外国人客員制度などの国際化、ポストク制度も大学に先んじる形で導入された。当初の運営方針は競争ではなく共生にあった。

利用資格は国公立大学だけにあったが、その後、私立大学や公的研究機関、さらに海外学術機関にも拡大。設備の利用に関して民間は対象外で、民間利用のための整備費等の措置はない。学術利用に空きがあれば民間にも有償で使ってもらって良いというのが基本的考え。

2) 旅費や実験費を計上できる科研費、国際会議開催、博士研究員、人事公募等を【大学へ】拡大するとともに、競争的資金の充実が図られて研究環境の充実が研究室単位でできるように【個人へ】も拡大した。【共用施設へ】拡大等もあり、大学共同利用機関以外の研究設備も競争的環境の中で充実するようになった。

3) 国立大学の法人化と同時に大学共同利用機関は機構法人化され、機構が大学相当の扱いとなり、大学共同利用機関は部局扱いになった(なお、附置研と違って大学共同利用機関だけは文科省令で定義されている)。法人評価が始まり、研究者を中心に据えた(大学に依存しない)各学術分野の振興という側面より、法人を中心に据えた各大学の強みを出す競争的側面が強化されるようになった。

4) 公的予算で導入された国立大学等の基盤設備(中型小型も含む)は原則公開となり、維持費(運転経費)を利用者に要求できるようになった(大学共同利用機関は原則無償)。【大学へ】【個人へ】【共用施設へ】の流れの中で、大学共同利用機関が中長期的に支えるべき研究基盤設備の運転経費や維持費にまで大きな予算削減が続いている。そういう中で、現在、大学共同利用機関の見直しが始まっている。