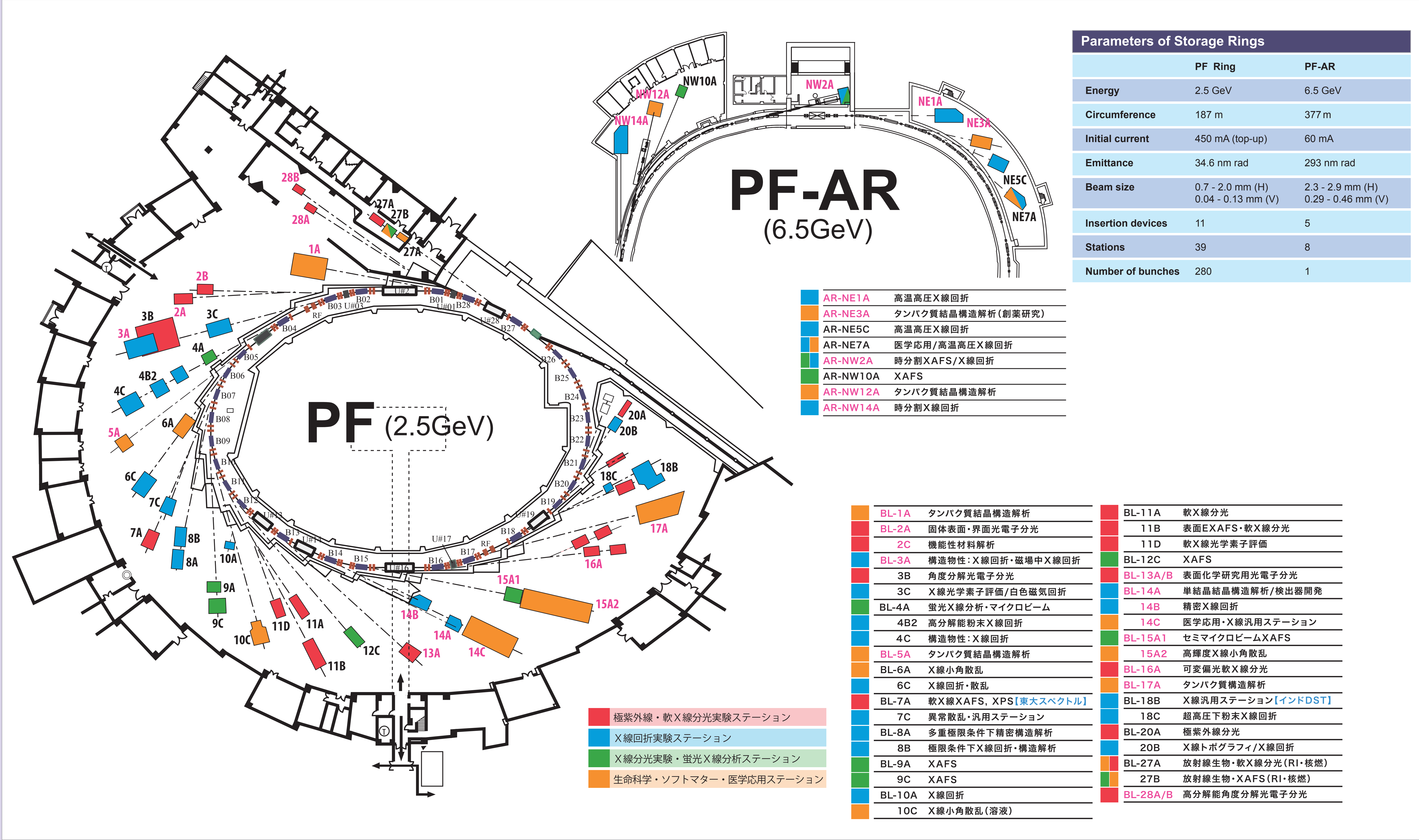
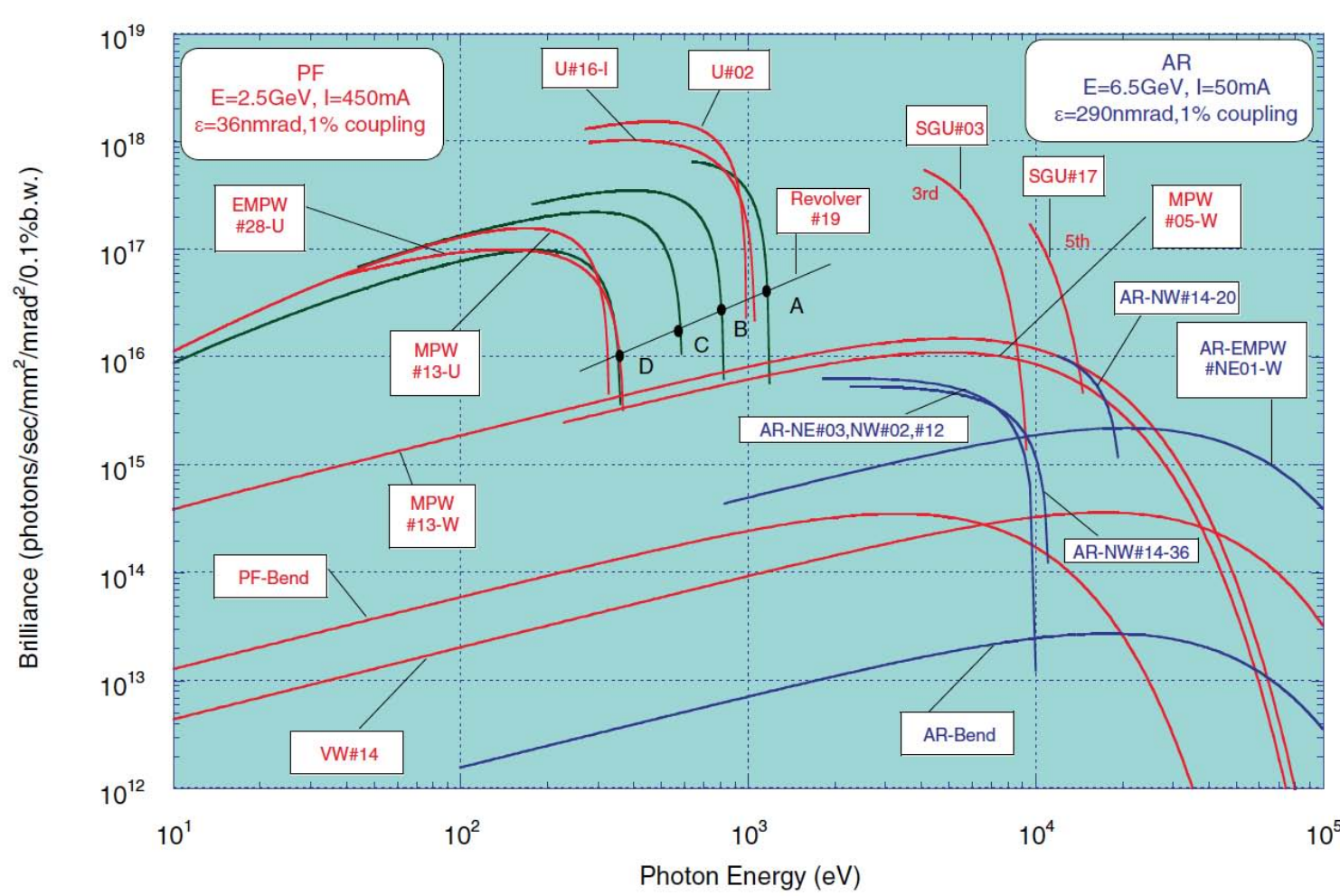


PHOTON FACTORY

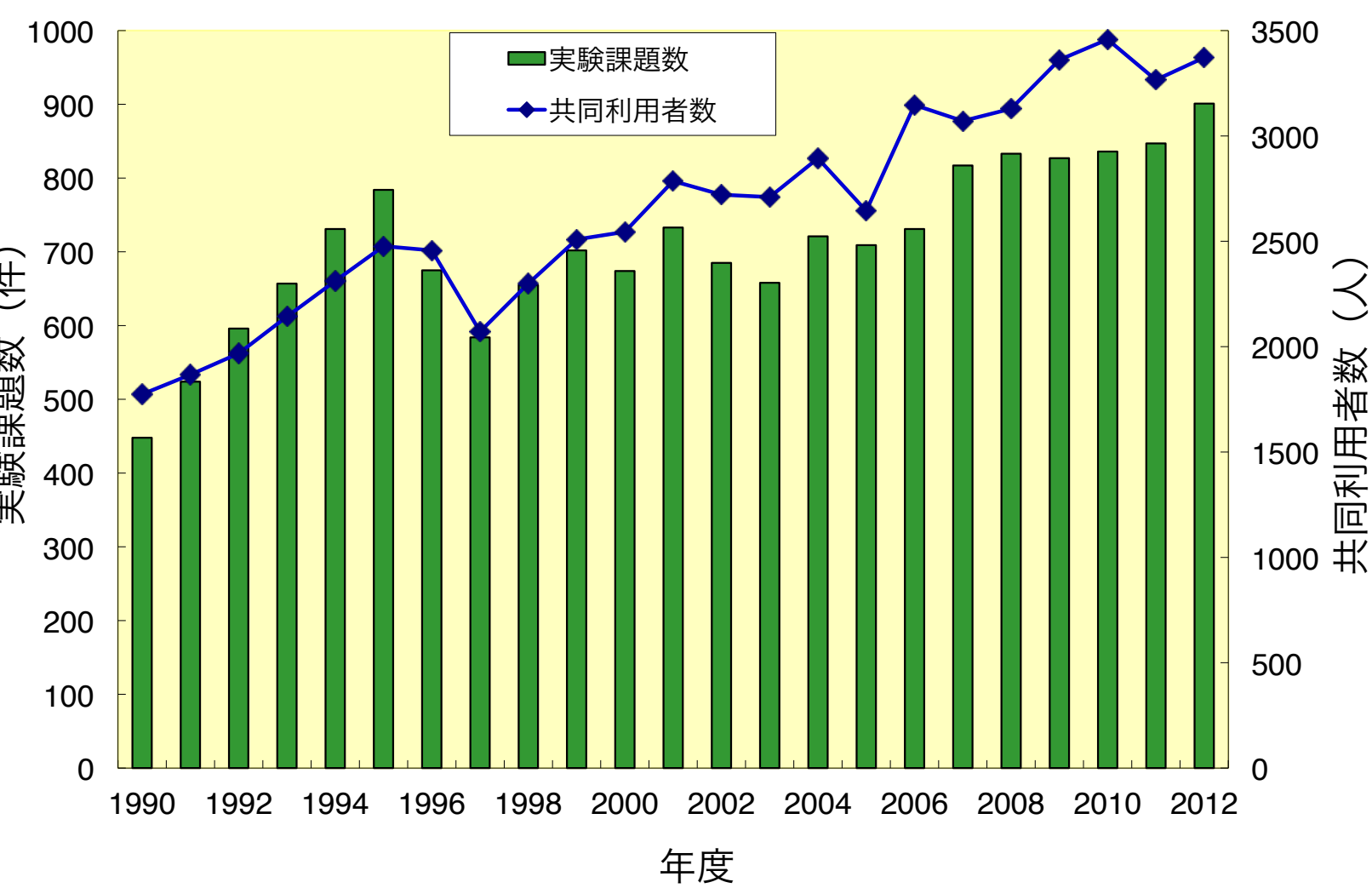
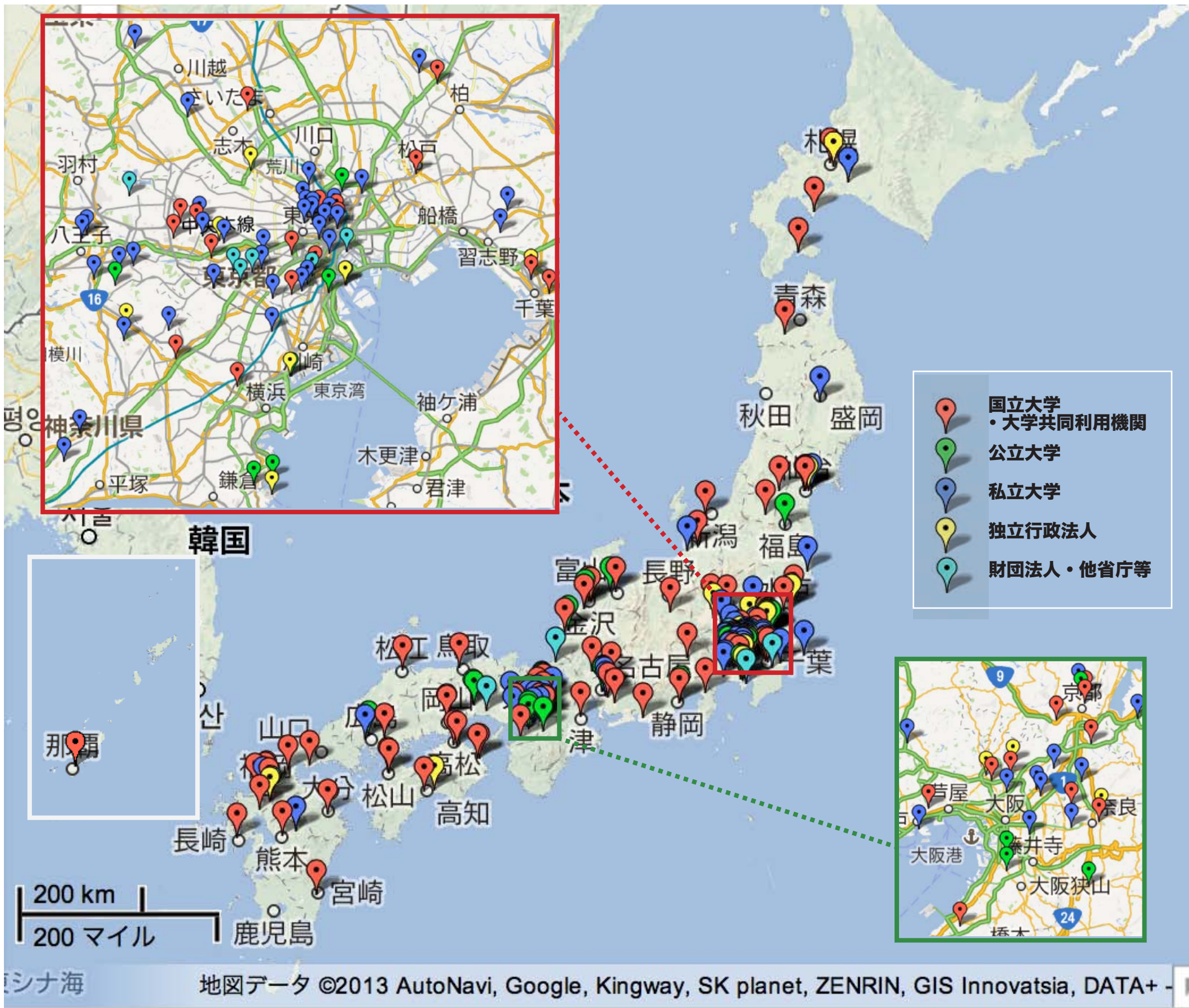
大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構
放射光科学研究施設

「フォトンファクトリー (Photon Factory, PF)」は、大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構(KEK)のつくばキャンパスにある放射光施設である。1982年に放射光発生に成功してから数度の大きな改造を経て輝度や安定性を向上させている**2.5-GeV PFリング**、および常時シングルバンチ運転というユニークな高エネルギー・大強度パルス光源の**PF-AR (6.5 GeV)** という、特徴ある2つの放射光専用の光源加速器を有し、合わせて5eV～100keVという幅広いエネルギー領域の光を利用できる。大学共同利用機関であるKEKでは、全国の大学・研究機関の研究者による放射光利用研究を推進しており、毎年1000件近くの実験課題が実施され、約3500人の研究者が利用研究を行っている。共同利用の他、企業等の研究者が利用できるさまざまなプログラムも用意されている。



フォトンファクトリーの利用

学術利用	共同利用	- 大学、国公立研究所等の非営利目的の研究者が利用する一般的な利用方法で、利用申請後に放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)で採否を審査する。採択された課題は無償で実験ができる。 - 一般型 (G型)、初心者・予備実験型 (P型)、緊急型 (U型)、特別型 (S1, S2型)、大学院生奨励課題 (T型) のカテゴリーがある。
	優先利用	- 国又は国が所管する独立行政法人その他これに準ずる機関が推進するプロジェクトにより採択された研究課題の実施のために施設を優先的に利用する制度。 - 所定の施設使用料を支払っていただく。 標準性能ビームライン：12,600円/時間 高性能ビームライン (アンジュレーター等)：25,200円/時間 - 現在、元素戦略プロジェクトの電子材料領域 (東工大拠点)と磁性材料研究拠点が優先利用を実施している。
産業利用	ユーストライアル	- 放射光利用を始めようとする産業界を支援するための制度で、フィージビリティースタディーの段階の課題を最長2年まで無償利用可能。 - さらに実験を継続する場合は有償利用に移行していただく。 - 専任のスタッフによる技術相談や実験・解析の支援を受けることができる。
	共同研究	- 民間企業等の研究者とKEKの職員が共通の課題について共同で取り組むことにより、優れた研究成果を出すことを促進する制度。 - 共同研究費 (1名あたり6ヶ月以内21万円、6ヶ月を超えて1年以内42万円) および研究費を負担していただく。
	施設利用	施設の有償利用。成果を非公表とすることができる。 標準性能ビームライン：27,300円/時間 高性能ビームライン (アンジュレーター等)：53,550円/時間



(上) PFを共同利用している機関 (平成24年度、日本国内のみ、企業は含まない)

(左) PFの共同利用実験課題数および共同利用者数。

Photon Factory 利用相談窓口
pfexconsult@pfqst.kek.jp

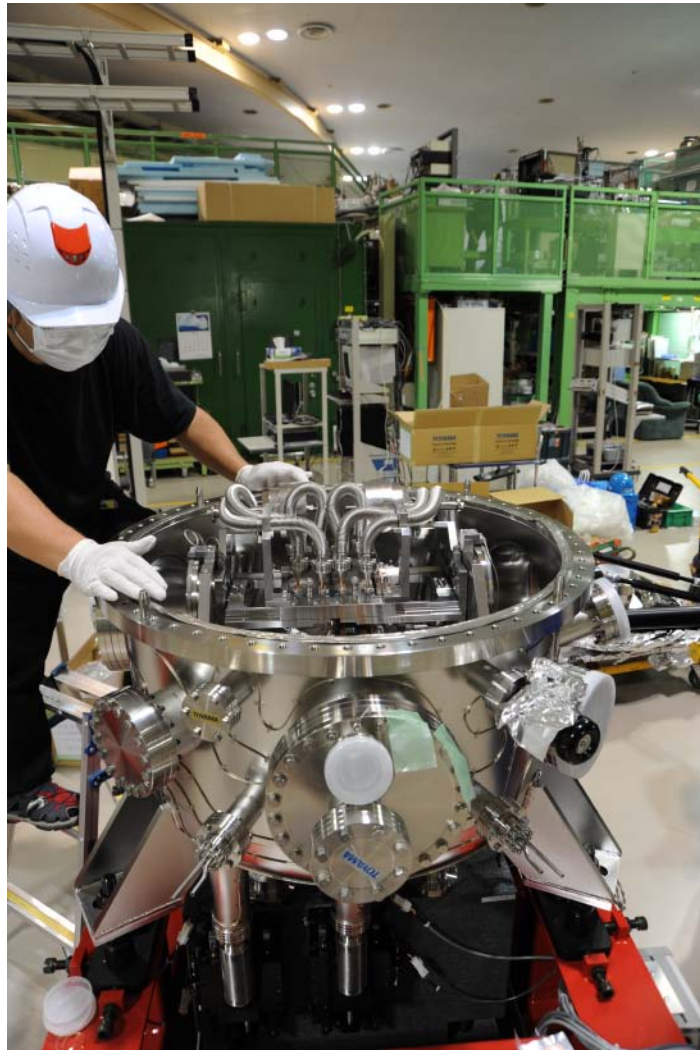
PHOTON FACTORY

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構
放射光科学研究施設

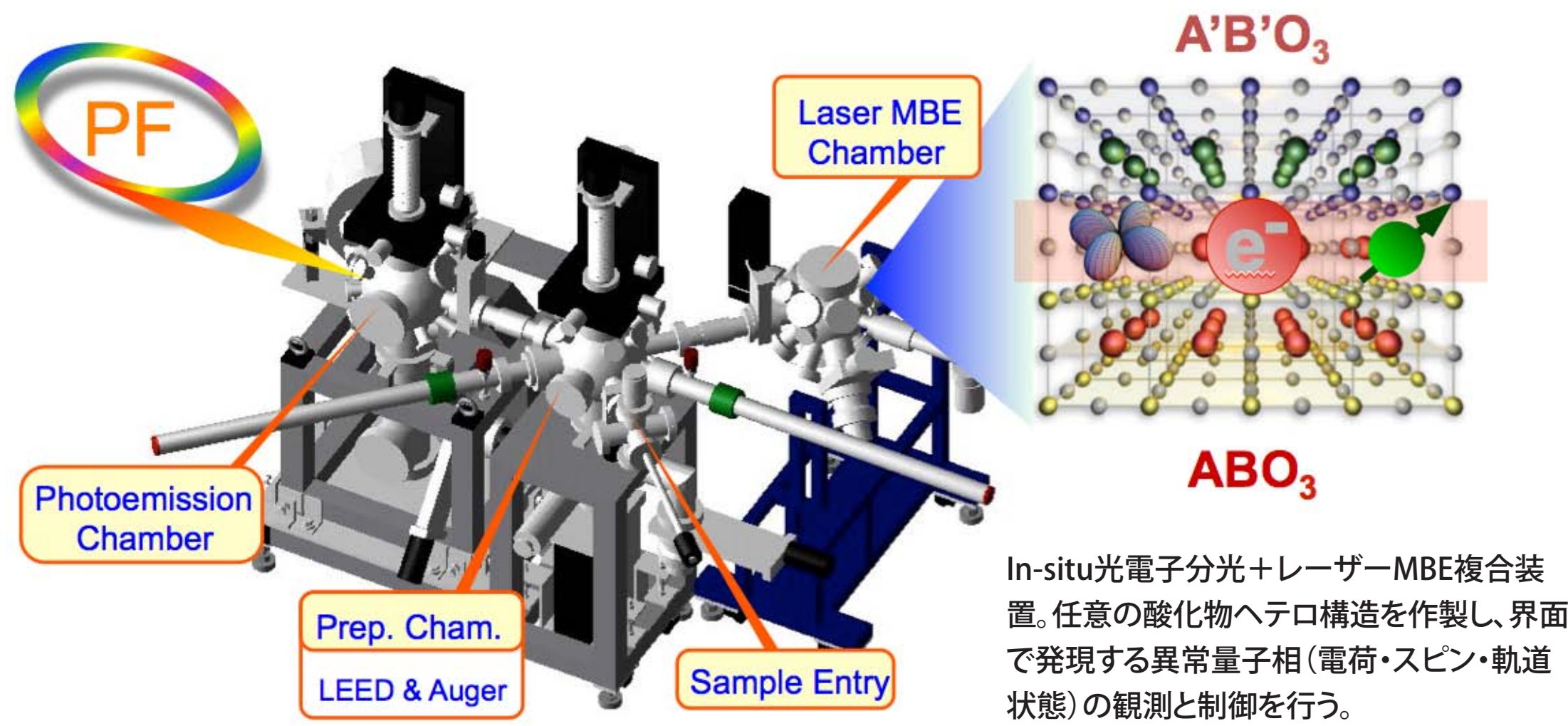
BL-2A:広エネルギー帯域ビームライン

BL-2はPFの創設時から、アンジュレーターによる高輝度の軟X線を使用できるビームラインとして、多くの研究分野に利用されてきたが、現在、株式会社日立製作所との共同研究により、アップグレードが行われている。2005年に行われたPFの直線部増強改造によって9mに延伸された長直線部を最大限に活かし、VUV領域用とSX領域用の2台のアンジュレーターをタンデム設置し、完成後は30-4000eVという広いエネルギー領域にわたって高エネルギー分解能・高フラックスを実現できる。このため、軽元素から希土類まで、幅広い元素の元素選択的な分光実験が可能になり、リチウムイオン電池などのエネルギー変換材料や、ユビキタス元素による機能性材料などの研究が展開される。

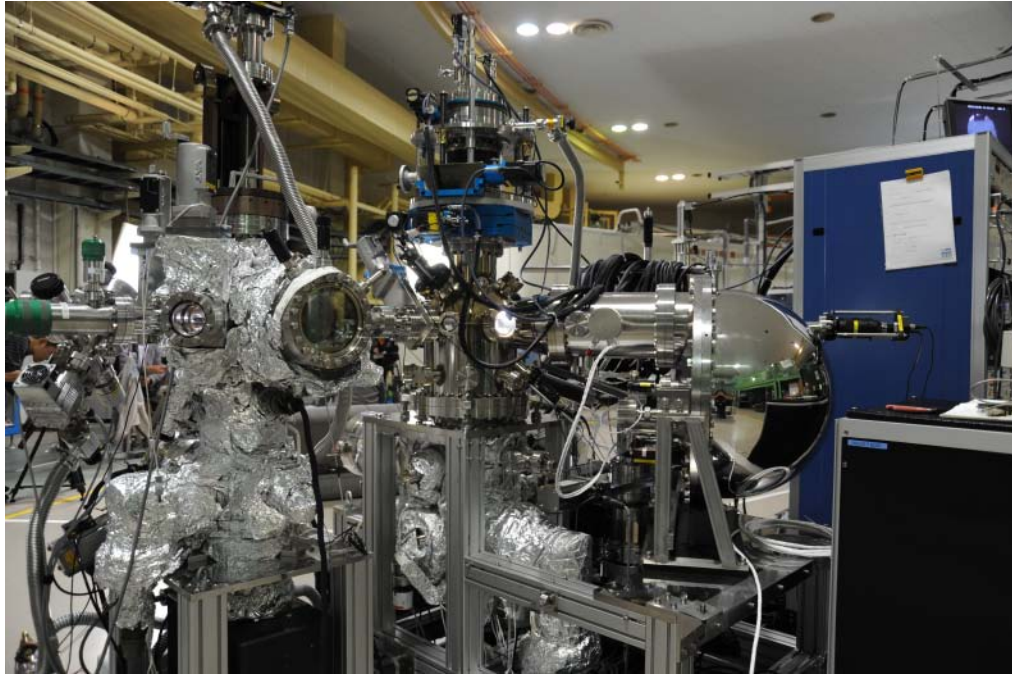
2013年春からビームラインを一新し、秋から250eVより高エネルギー領域の立ち上げを行っている。2014年春に低エネルギー領域用のアンジュレーターを設置し、全領域にわたるビームの立ち上げ・調整が行われる予定である。BL-2Aには高分解能角度分解光電子分光装置とレーザー-MBE複合装置が設置され、酸化物ヘテロ構造の電子状態をその場で解析できる。BL-2Bは二結晶分光器を組み込み、アンジュレーターの高次光モードにより4000eVまでのエネルギー領域の利用が可能になる。上流には日立製作所の分析装置が設置され、下流側はフリーポートとして発光分光等のユーザー持ち込み装置に対応する。



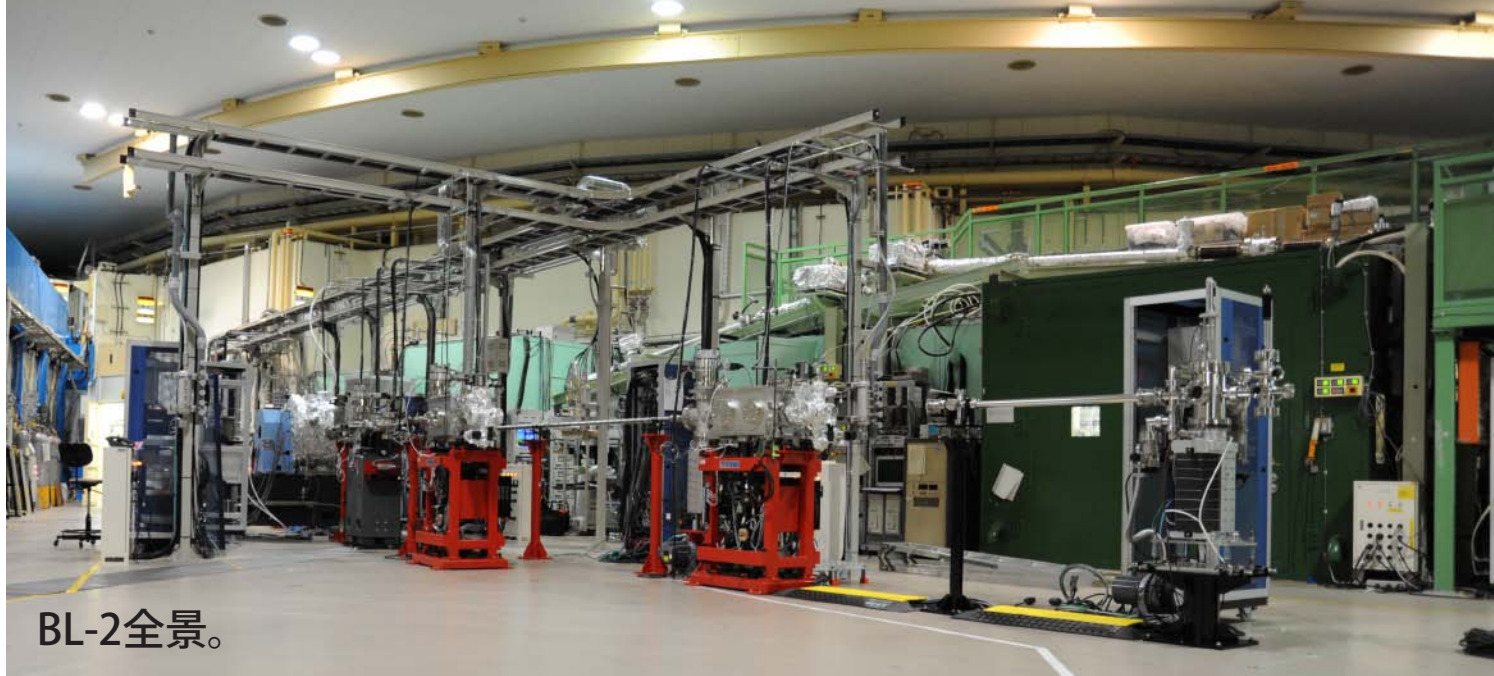
光学系の立ち上げ作業。



In-situ光電子分光+レーザー-MBE複合装置。任意の酸化物ヘテロ構造を作製し、界面で発現する異常量子相(電荷・スピン・軌道状態)の観測と制御を行う。



高分解能角度分解光電子分光装置。



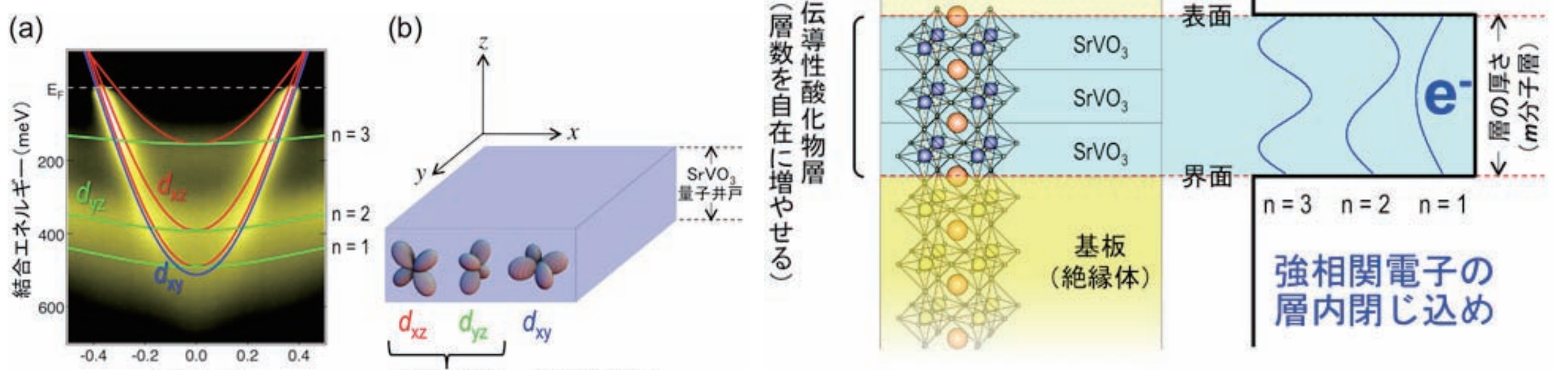
BL-2全景。

強相関電子を二次元空間に閉じ込めることに成功

吉松 公平, 尾嶋 正治 (東大), 組頭 広志(KEK-PF) 他

レーザー分子線エピタキシー(MBE)によって、伝導性を持つ強相関酸化物のひとつであるSrVO3の量子井戸構造を作成することで、二次元的な層状構造を人工的に作り出すことに世界で初めて成功した。角度分解光電子分光法により、強相関電子が量子井戸に閉じ込められていることが確認された。この人工構造は、伝導層の厚みを自由自在に制御できる特徴を持つため、これにより強相関電子を自由に制御することが可能となることが期待される。

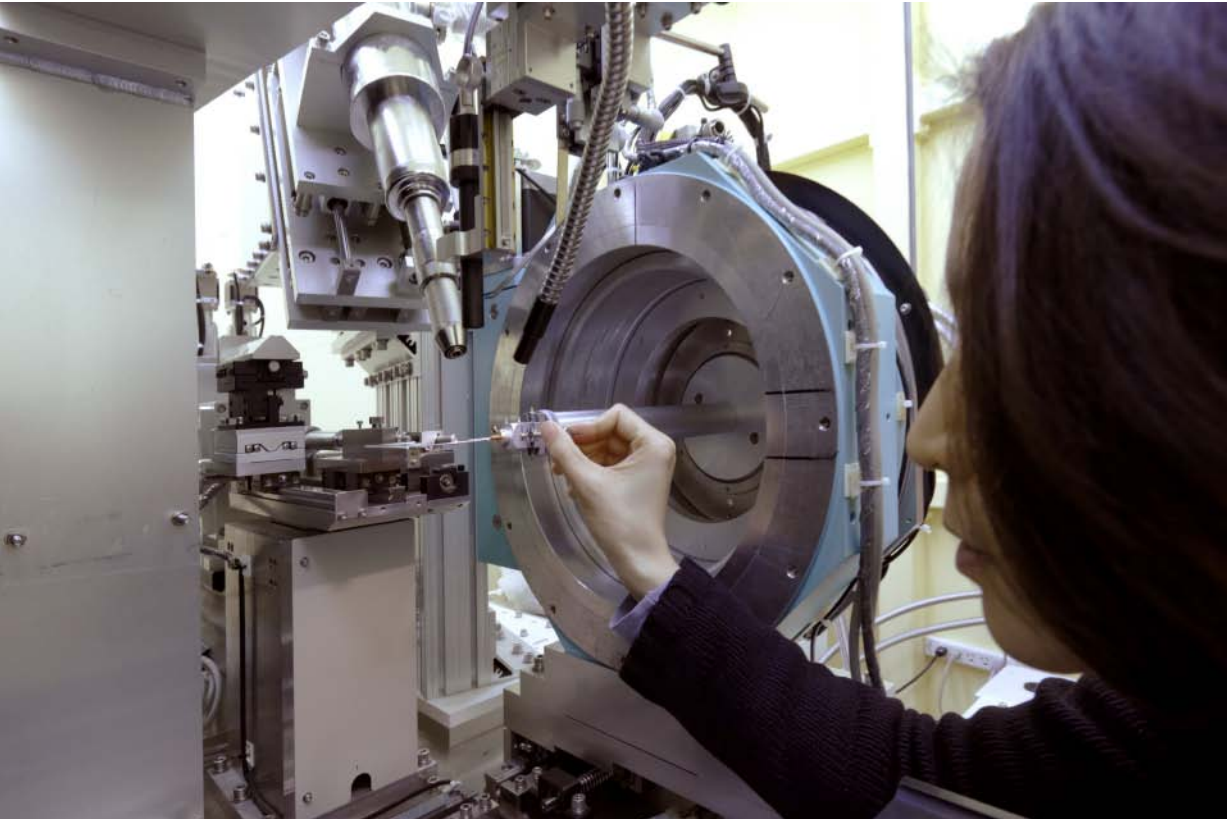
(実験はBL-28で実施)



K. Yoshimatsu et al., Science, 333, 319-322 (2011).

BL-8A:極限条件下精密構造解析ビームライン

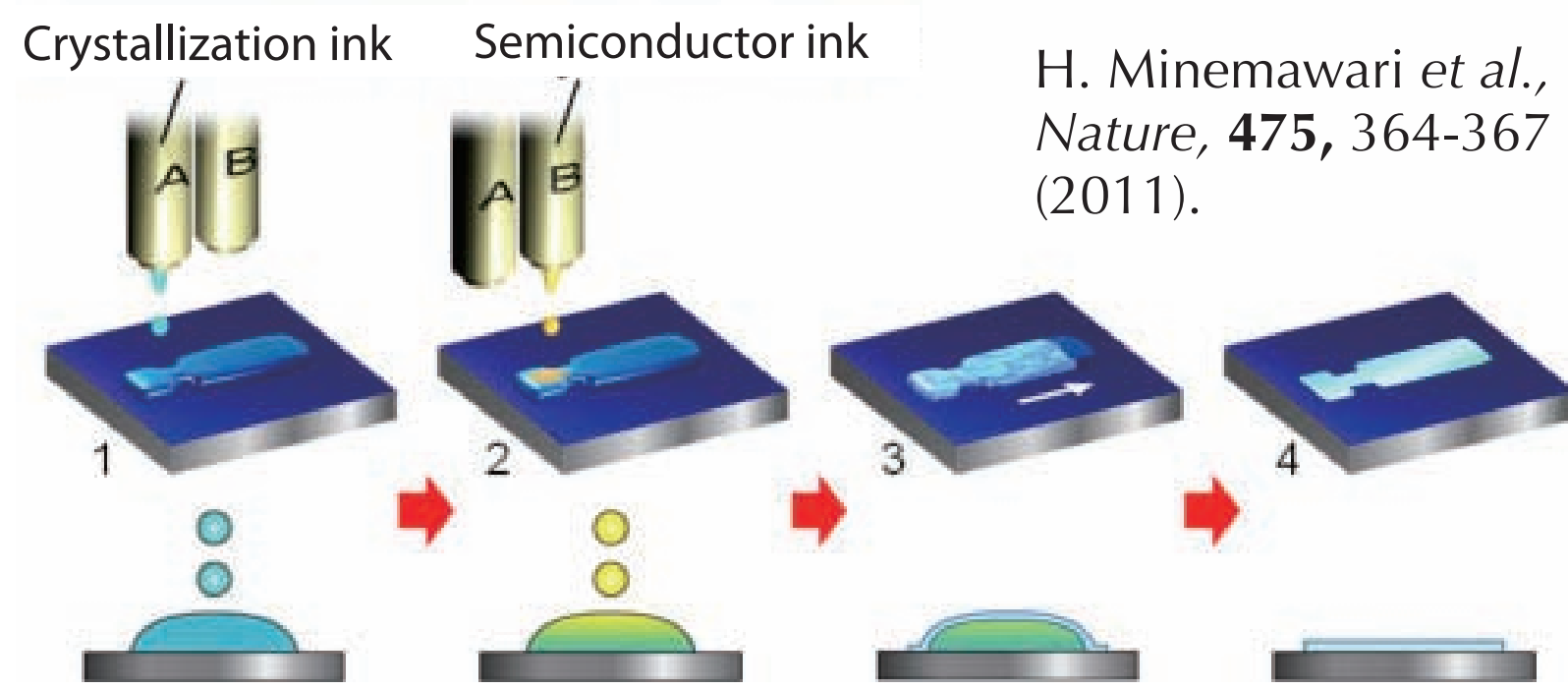
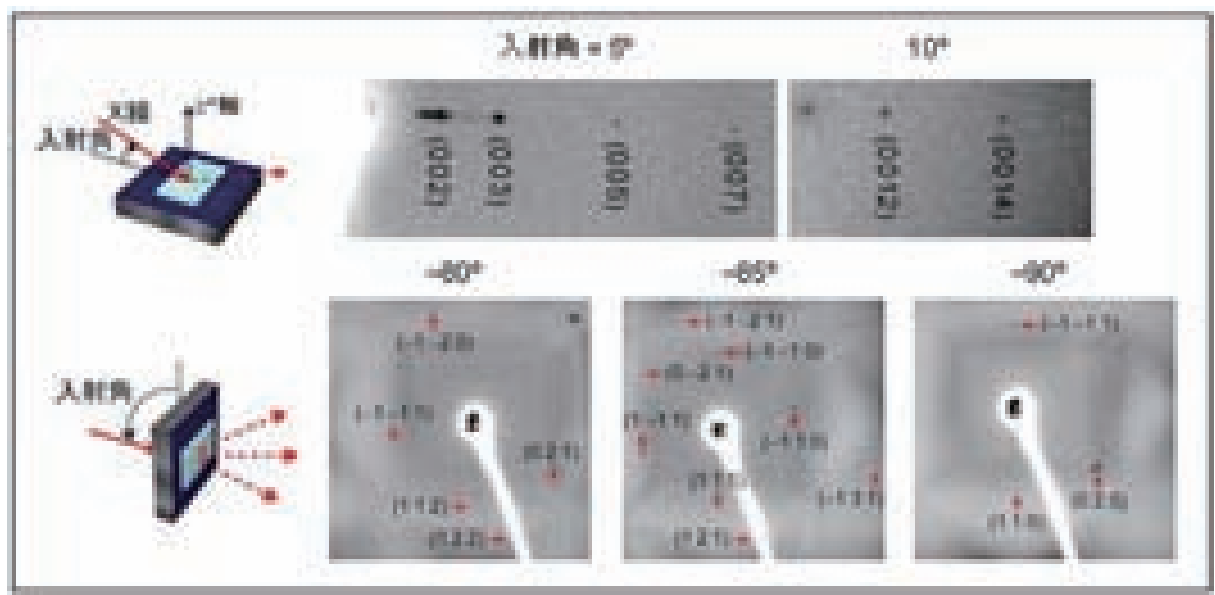
BL-8Aは主に強相関電子系の構造物性研究を推進するために建設されたビームラインであり、リガク製イメージングプレート回折計が常設されている。広い逆格子空間をカバーする二次元検出器(イメージングプレート)を備え、高い分解能で単結晶・粉末回折実験を行うことができる。またX線回折・X線吸収スペクトルの同時測定も可能である。光源は偏向電磁石で、5~20keVの単色X線が実験に使用できる。様々な極限条件下での精密構造解析・構造相転移の研究が行えるように、低温用クライオスタットや、高圧用ダイヤモンドアンビルセルなどの試料環境制御機構が整備されている。主に強相関電子系における軌道・電荷・スピンの自由度の秩序化と、特異な物性の発現機構の解明などの研究が行われている。



インクジェット印刷法で有機半導体薄膜形成

長谷川 達生, 山田 寿一, 峯廻 洋美, 熊井 玲児 (KEK-PF) 他

正確な位置に微量のインクを滴下するインクジェット印刷の技術に応用し、有機半導体の薄膜を「印刷」して電子デバイスを作成する方法が開発されている。有機半導体を溶かしたインクと、有機半導体の結晶化を促すインクの2種類を交互に滴下する「ダブルショット」印刷法により、これまで制御が難しかった有機半導体の結晶化をうまく制御することが可能になった。X線結晶構造解析により、この手法で作成した薄膜が高い結晶性を持つことが確認された。

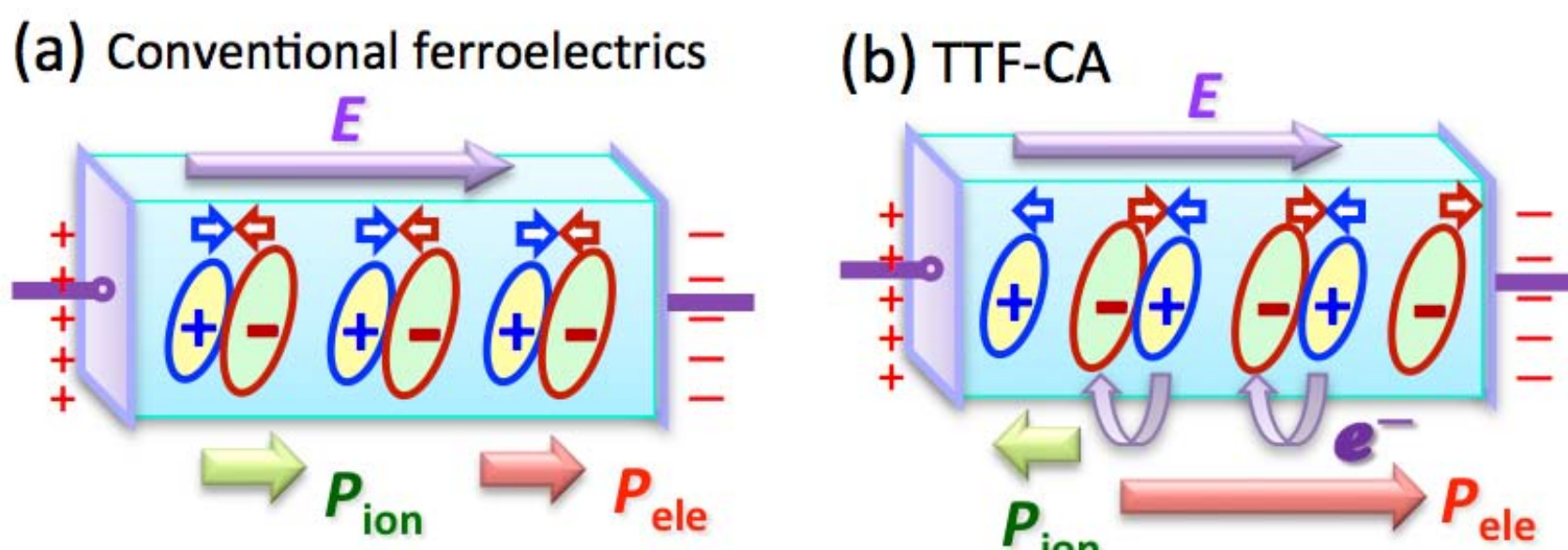
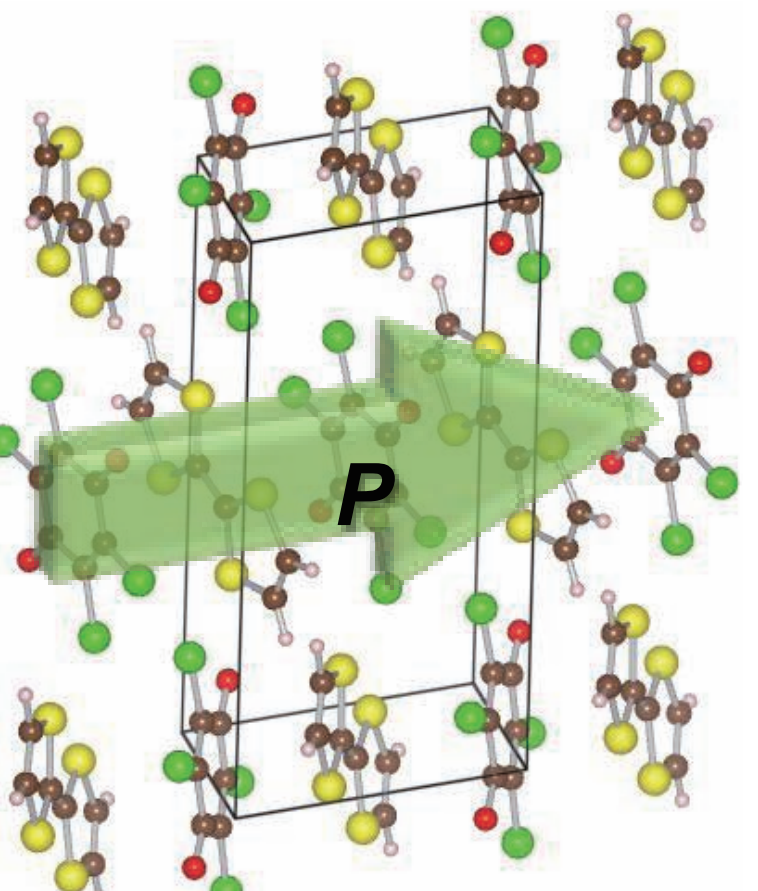


H. Minemawari et al., Nature, 475, 364-367 (2011).

「電子型」強誘電体での巨大な分極発現機構

熊井 玲児 (KEK-PF), 堀内 佐智雄 (産総研), 嘉川 史敬 (東大) 他

電場下回折実験による電場と分子変位の方向の対応から、単純なイオン変位では説明できないTTF-CAの巨大な分極が、電子の移動によるものであることを明らかにした。この新たな分極発現原理により、小さな価数(1分子あたり±0.6価)しかもたない分子性誘電体でも大きな分極を発現させることが可能であることを証明した。



K. Kobayashi et al., Phys. Rev. Lett., 108, 237601 (2012).

BL-9A:XAFSビームライン

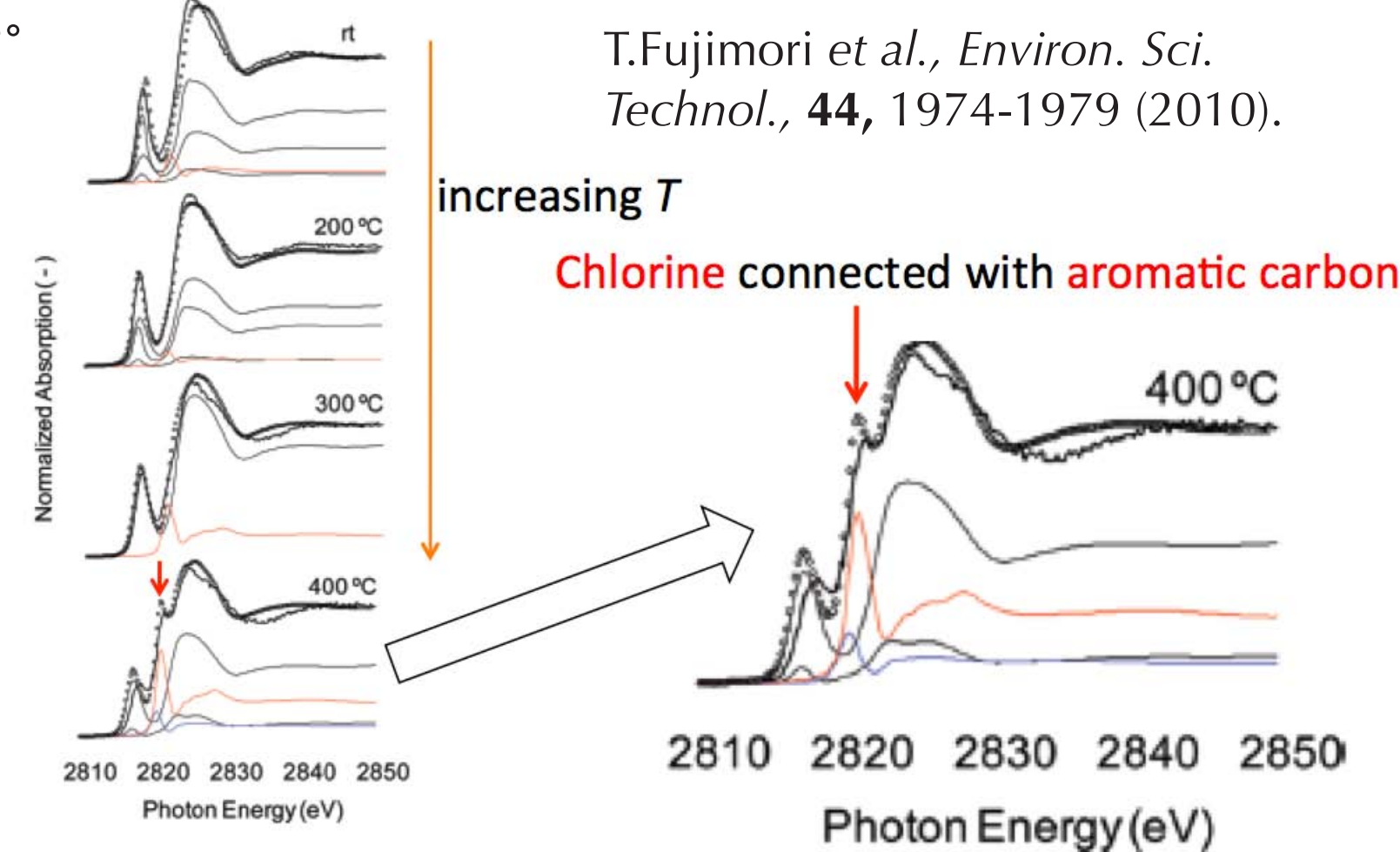
BL-9AはXAFS (X-ray absorption fine structure) 実験専用のビームラインである。19素子SSDが常設されており、透過法および蛍光法のXAFS測定が可能である。疑似回転放物面ミラーによる集光系のためフォトンフラックスが高く、高感度の検出系(19素子SSD)との組み合わせで、希薄な試料の測定が可能である。また、このビームラインは低エネルギーモードにより2.1keVへの軟X線領域が使用でき、リン、イオウ、塩素などのK殻吸収端でのXAFS測定が可能である。これらの元素は環境試料において非常に重要な元素であり、環境科学関連研究が広く行われている。



ごみ飛灰中の芳香族塩素化合物の生成機構の解明

藤森 崇, 高岡 昌輝 (京大工) 他

PCBなどの芳香族有機塩素化合物は生体毒性が強く、環境汚染で問題となる物質である。ごみ焼却飛灰中の芳香族有機塩素化合物の生成因子として、飛灰中に含まれるFeCl3に着目した。FeCl3を含んだ飛灰のモデルを加熱しながら塩素K殻吸収端XAFSを測定したところ、芳香族炭素と塩素の結合が生じていることがわかった。



T. Fujimori et al., Environ. Sci. Technol., 44, 1974-1979 (2010).

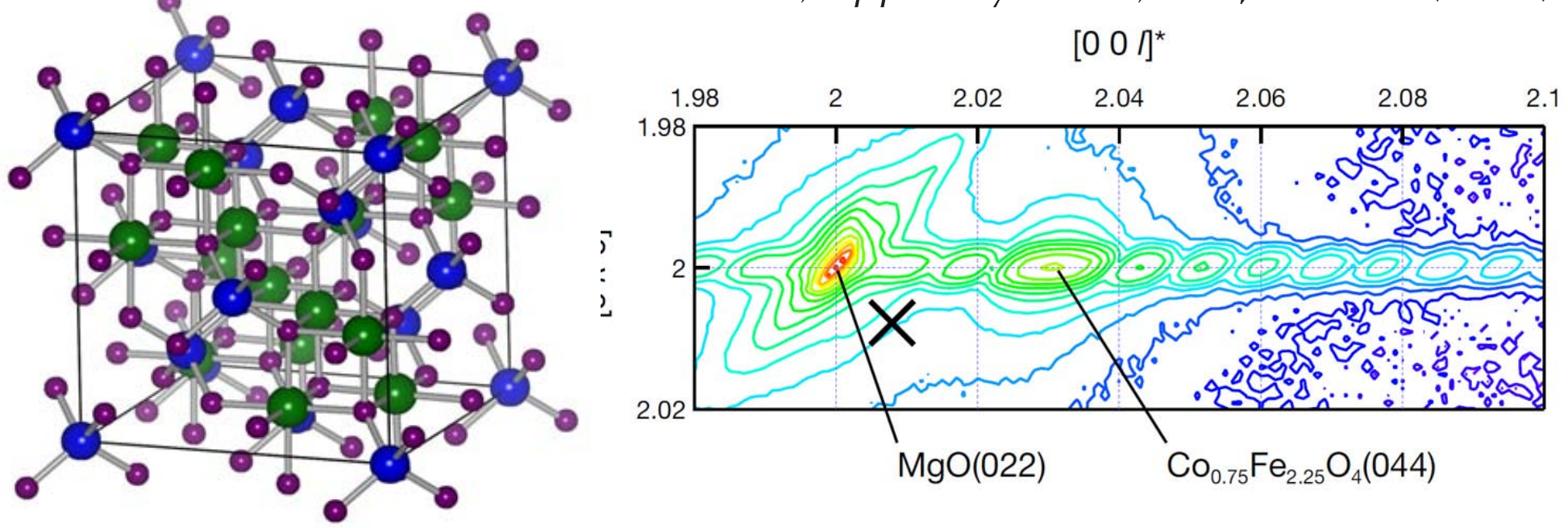
その他のビームラインにおける研究成果

白金フリー磁気記録材料の薄膜化と構造評価 (BL-4C)

新聞 智彦, 柳原 英人, 喜多 英治 (筑波大), 中尾 裕則 (KEK-PF), 小池 和幸 (北大) 他

これまで薄膜化が困難とされていた磁性材料のコバルトフェライトを、量産化可能な手法で高品位な薄膜にする技術が開発された。この薄膜は白金などの貴金属を含む磁性材料に匹敵する強い垂直磁気異方性を持つことが確認され、白金フリーの次世代磁気記録材料の有力な候補となる。放射光によりこの薄膜の構造評価を行い、基板と薄膜の格子定数、格子歪などの情報を得ることに成功し、特定の方向に歪みを導入することにより、強い垂直磁気異方性を持つ材料を開発する指針を得た。

T. Niizeki et al., Appl. Phys. Lett., 103, 162407 (2013).



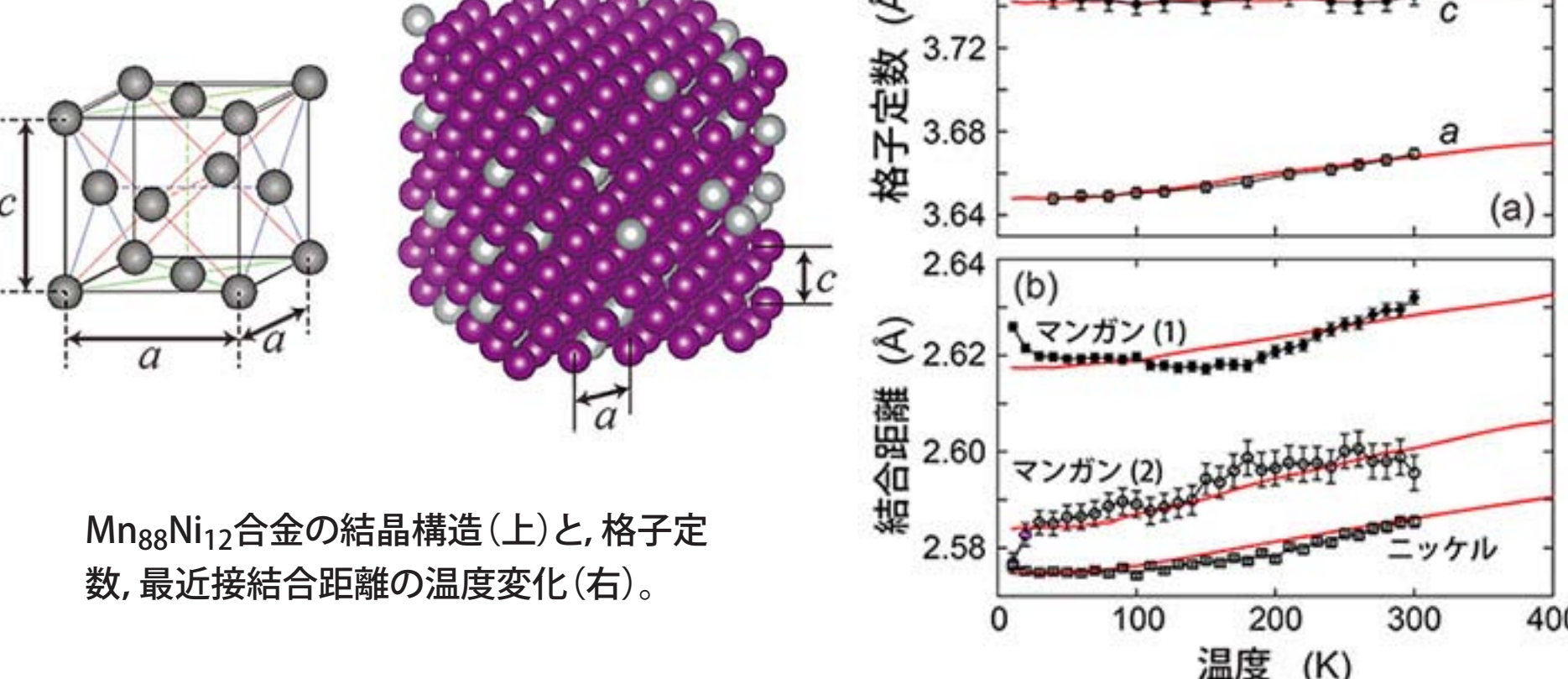
コバルトフェライトの原子配置(左,青:鉄,緑:鉄またはコバルト,紫:酸素)と、この薄膜と酸化マグネシウム基板の結晶格子定数(右)。

MnNi合金のインバー/逆インバー特性の起源を解明 (BL-9C)

横山 利彦 (分子研), 江口 敬太郎 (総研大)

Mn88Ni12合金は、正方晶系で、c軸には熱膨張がなく、a軸には普通より大きな熱膨張を持つインバー/逆インバー効果を示す。XAFS測定により、それぞれの元素の周囲の平均原子間距離の温度変化を求めた。この実験結果を量子力学的シミュレーションで解析した結果、このインバー/逆インバー効果は、低温で卵形をしたマンガン原子が、温度上昇につれて球形に変化することに起因することを解明した。

T. Yokoyama and K. Eguchi, Phys. Rev. Lett., 110, 075901 (2013).



Mn88Ni12合金の結晶構造(上)と、格子定数,最近接結合距離の温度変化(右)。

反射高速陽電子回折法によるシリセンの構造決定 (SPF)

兵頭 俊夫 (KEK-PF), 河堀 厚男 (JAEA), 松田 巖 (東大物性研) 他

陽電子ビームを用いた反射高速陽電子回折法(RHEPD)は、表面敏感な解析法として注目されている。KEKの低速陽電子実験施設では、世界最高強度の陽電子ビームによるRHEPD実験ステーションを原子力機構とともに整備し、シリセンの最表面の構造解析に成功した。グラフェンと異なり、凹凸のある構造であることを初めて実験的に確認することができた。さまざまな物質最表面の構造決定に有効な手段として多方面への応用が期待される。

Y. Fukaya et al., Phys. Rev. B, 88, 205413 (2013).

