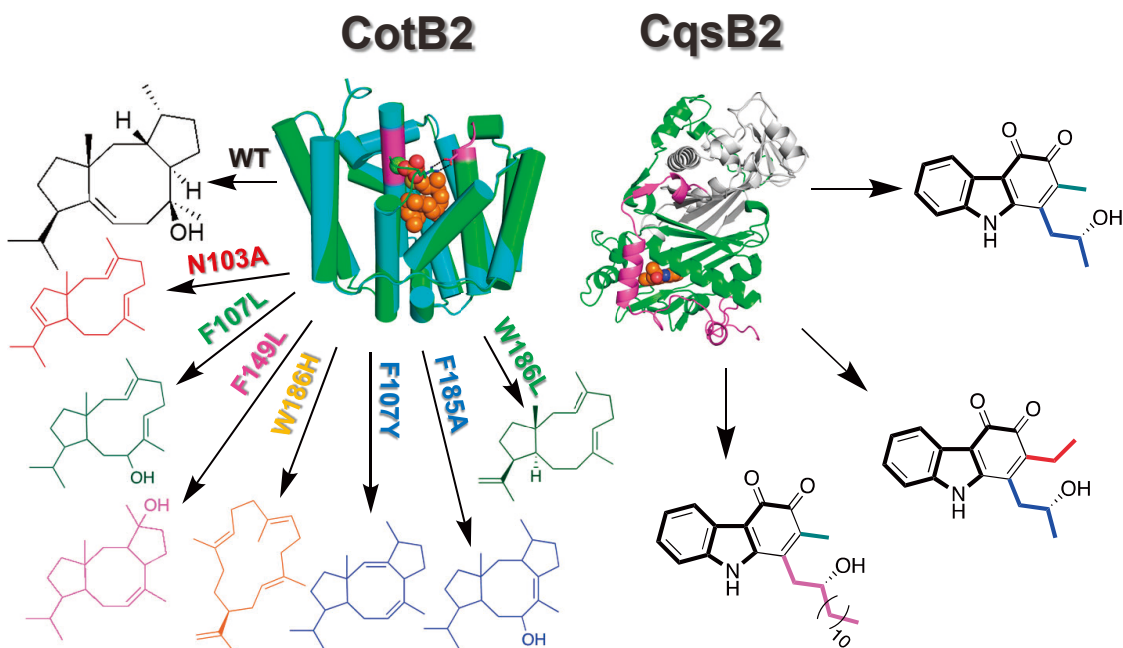
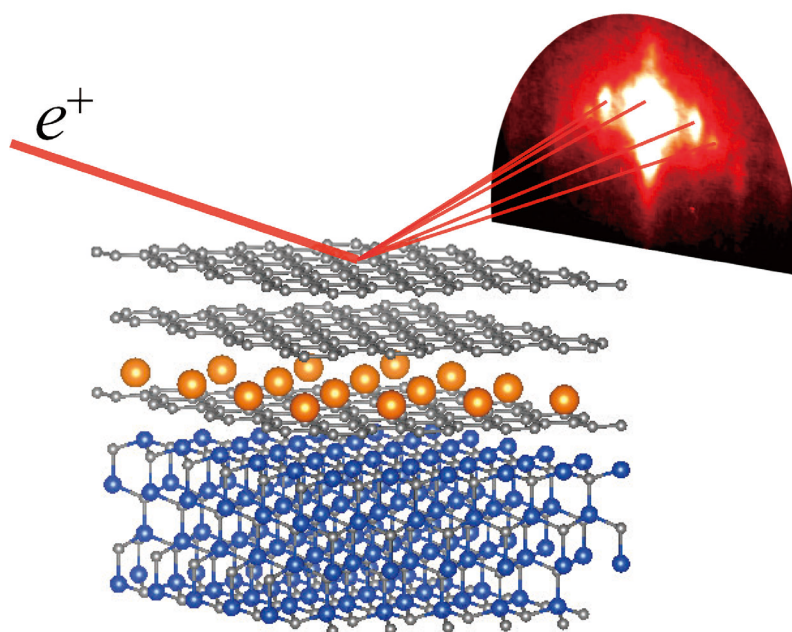


- グラフェン超伝導材料の原子配列解析
- 天然化合物の化学構造多様性を司る酵素の結晶構造解析とエンジニアリング



目次

物構研だより	小杉 信博	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	2
光源の現状	小林 幸則	4
放射光実験施設の現状	船守 展正	7
放射光科学第一, 第二研究系の現状	千田 俊哉	8
最近の研究から		
グラフェン超伝導材料の原子配列解析 Structure Analysis of Superconducting Ca-intercalated Bilayer Graphene/SiC by Total-Reflection High-Energy Positron Diffraction (TRHEPD)	遠藤 由大, 深谷 有喜, 望月 出海, 高山あかり, 兵頭 俊夫, 長谷川修司	9
天然化合物の化学構造多様性を司る酵素の結晶構造解析とエンジニアリング X-Ray Structural Analysis and Engineering of Enzymes Responsible for the Diversity of Chemical Structure of Natural Products	富田 武郎, 葛山 智久	15
プレスリリース		
火星コア物質の音速測定に成功～火星コアの組成と火星の起源解明に向けて～		21
新機構が生み出す過去最小の磁気渦粒子を発見 - 超高密度な次世代情報担体としての活用に期待 -		21
遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功 - 重い元素の示す奇妙な振る舞いの理解に向けて -		21
結晶構造解析の自動化～ブラックボックス最適化により熟練者を上回る解析精度を達成～		22
原子サイズの凹みを持つ金属酸化物クラスターによる分極の誘発とアルカンの臭素化に対する反応性の制御に成功		22
原子が振動しながら共有結合が形成されていく様子を直接観測 ～光化学反応において, 初期の構造変化を 10 兆分の 1 秒単位で追跡～		23
スピンのねじれが起こす電子の変位を発見～マルチプローブが明らかにするマルチフェロイックの微視的発現機構～		23
先端 X 線分析により原発事故由来の不溶性セシウム粒子の生成・放出過程を解明		24
ユーザーとスタッフの広場		
ハンブルクに滞在して	阿達 正浩	25
PF ユーザーが科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者に選ばれました		27
PF トピックス一覧 (5 月～7 月)		28
PF-UA だより		
PF-UA 報告 (今年度の活動)	植草 秀裕	29
鈹物・合成複雑単結晶ユーザーグループ活動紹介	吉朝 朗, 栗林 貴弘, 杉山 和正, 熊井 玲児	29
物質物理ユーザーグループ活動紹介	八方 直久, 福田 勝利, 村尾 玲子, 杉山 和正	31
構造物性ユーザーグループの紹介	松村 武, 山崎 裕一, 有馬 孝尚	34
タンパク質結晶構造解析グループ (PX-UG) からのお知らせ		36
公 募		37
お知らせ		
2020 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第 12 回 MLF シンポジウム / 第 38 回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ	松垣 直宏, 川崎 卓郎	40
「高エネルギー加速器セミナー OHO'20」オンライン開催のお知らせ	小林 幸則	40
Photon Factory Activity Report 2020 ユーザーレポート執筆のお願い	間瀬 一彦	40
産業利用促進運転について	君島 堅一	40
防災・防火訓練のお知らせ		41
KEK 一般公開 (オンライン開催) のお知らせ		41
2021 年度前期共同利用実験課題公募について		41
2021 年度前期フォトンファクトリー研究会の募集	船守 展正	42
予定一覧		42
運転スケジュール (Sep. ~ Dec. 2020)		43
掲示板		
放射光共同利用実験審査委員会速報	君島 堅一, 兵藤 一行	44
第 120 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		46
第 121 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		46
2020 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)		47
2020 年度前期からこれまでに採択された P 型課題		51
2020 年度第 1 期配分結果一覧		52
編集委員会だより		
「PF ニュース」からののお知らせ		54
投稿のお願い		54
巻末情報		55

表紙説明 (上図) 全反射高速陽電子回折法により決定した Ca 挿入二層グラフェンの構造模式図 (「グラフェン超伝導材料の原子配列解析」より)
(下図) ジテルベン合成酵素 CotB2 の立体構造に基づいた機能改変によるテルベン化合物の構造多様性拡張と、カルバゾール合成酵素による類縁化合物の化学酵素的合成 (「天然化合物の化学構造多様性を司る酵素の結晶構造解析とエンジニアリング」より)

新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、研究活動が元の状態に戻っていない大学が多いと思います。大学における講義や国際会議等の研究集会もネット化が基本になるなど、大きく教育・研究活動が変化しています。そういう中で各大学共同利用機関においても共同利用・共同研究の在り方について見直しが進んでいます。今回は、このような問題が起きる前から進んでいる大学共同利用機関の見直しについて報告しておきたいと思います。

国立大学と大学共同利用機関は2004年度から法人化されました。その当初から、第1期中期目標期間(2004-2009年度)は立ち上げ期間とし、第2期(2010-2015年度)を経て、第3期(2016-2021年度)は第4期(2022-2027年度)に向けて大きく見直して改革を考える期間にすることが決まっています。そのため、第3期に入ってから、大学共同利用機関を担当している文部科学省研究振興局学術機関課が所掌している科学技術・学術審議会(学術分科会)研究環境基盤部会で大学共同利用機関全体の見直しが開始されました。見直しの議論は予定より時間も掛かり紆余曲折もありましたが、最終的に、現在の4つの大学共同利用機関法人と総合研究大学院大学はそれぞれの組織は維持したまま、連合体(正式名称ではない)を形成する方向になり、今、その実現に向けて具体的検討が進んでいます。

結局、連合体は作るものの、現状の大学共同利用機関法人の単位は全く変わらない形で第4期に入ることになってしまいました。そのため、各法人の中身も問われることになりました。研究環境基盤部会の下に置かれた大学共同利用機関改革に関する作業部会での議論の結果、各大学共同利用機関が中長期的に大学共同利用機関として求められる役割を担うことが可能か、大学における学術研究の発展や我が国の研究力向上に貢献していけるか、などについて、6年ごとに検証することが決まりました。その前提として、大学共同利用機関の再定義が行われました(右上枠)。現在、今年の8月末までに各定義項目に対応して規定されたいくつかの指標について、独自の外部評価も含めて自己検証結果を報告書の形にまとめて提出する必要があります。その後、大学共同利用機関改革に関する作業部会を中心に、専門性や分野融合等に配慮した有識者を加えて委員会が設置され、提出した自己検証結果報告書をもとに各機関の検証が行われます。委員会は、過去及び将来の観点や取組の結果のみならずプロセスの観点からも分析した上で、今後期待する事項、解決すべき課題等を各機関に提示することになっています。検証は評価より楽なように見えますが、達成度評価が基本の年度及び6年ごとの法人評価とは違って、必要があれば大学共同利用機関の再編・統合等を含む今後の体制強化の在り方等(大学附置の研究所との入れ替えなども含む)について総括をする、ということになっていますので、法人評価より厳しいものになる可能性もあります。

<運営面>開かれた運営体制の下、各研究分野における国内外の研究者コミュニティの意見を踏まえて運営されていること

<中核拠点性>各研究分野に関わる大学や研究者コミュニティを先導し、長期的かつ多様な視点から、基盤となる学術研究や最先端の学術研究等を行う中核的な学術研究拠点であること

<国際性>国際共同研究を先導するなど、各研究分野における国際的な学術研究拠点としての機能を果たしていること

<研究資源>最先端の大型装置や貴重な学術資料・データ等、個々の大学では整備・運用が困難な卓越した学術研究基盤を保有・拡充し、これらを国内外の研究者コミュニティの視点から、持続的かつ発展的に共同利用・共同研究に供していること

<新分野の創出>社会の変化や学術研究の動向に対応して、新たな学問分野の創出や展開に戦略的に取り組んでいること

<人材育成>優れた研究環境を活かした若手研究者などの育成やその活躍機会の創出に貢献していること

<社会との関わり>広く成果等を発信して、社会と協働し、社会の多様な課題解決に向けて取り組んでいること

日本独自の学術研究システムとして大学共同利用機関という組織を創設するようになって50年前後になりますが、各大学共同利用機関創設後の変化が見えない、各研究者コミュニティに変化が見えないという指摘があります。今回、新たな定義として加わった<国際性>、<新分野の創出>、<社会との関わり>は、変化を見せるための項目と言えるでしょう。それぞれ、国際的な共同利用・共同研究の推進、新たに生み出した分野拡大のための共同利用・共同研究の推進、産学連携などによる社会貢献のための共同利用・共同研究の推進と言い換えることができますし、国際化、新分野、産学連携などによる研究者コミュニティの拡大ということもできます。

従来のミッションも含めて、これらの大学共同利用機関の再定義に従った活動を続けていくには、国からの財政的裏付けが不可欠です。しかし、財源が足りず、各大学共同利用機関はいろいろと苦労しているのが実態ですので、財源等の問題で計画通りに進められなかったような課題も自己検証結果報告書では書くように指示されているところです。研究環境基盤部会では、4つの大学共同利用機関法人と総合研究大学院大学が連合体を構成することによって、連合体全体で研究予算・教育予算のやりくり(効率化や優先順位付けなど)をすることも提案されていますが、「言うは易く行うは難し」だと思います。このような中、物構研では、皆様のご理解とご支援を受けながら財源の多様化を進めているところですので、今後ともよろしくお願ひします。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗
(2020年7月31日付け)

概要

2020年度夏前の入射器の運転に関して、5月8日及び14日にそれぞれ開始が予定されていたPFとPF-AR運転は、新型コロナウイルス感染拡大対策のため中止された。しかし、秋の本格運転の正常化を見据えて、6月後半の2週間について、PFの入射運転が実施された。一方、SuperKEKB向けの入射運転については、実験グループBelle IIが一つだけであることから、2月末からの運転を予定通り継続していた。従って、PF入射運転の立ち上げはSuperKEKB運転中ではあったが、同時トップアップ機構により、お互いの影響は最小限となり、独立な入射運転調整を行うことができた。いずれも7月1日まで入射を継続した後、7月3日までは入射器・ダンピングリング・ビーム輸送路向けの試験運転を行った。

SuperKEKBの運転は比較的順調で、今期から始めたクラブ・ウエスト衝突を、3月にLERリング、そして4月にHERリングに適用することができた。Belle II検出器でのバックグラウンド信号には苦しんだが、安定化したクラブ・ウエスト衝突の下で、コリメータの慎重な調整や色収差を含む光学補正により適切な衝突条件を探し、6月下旬には世界最高ルミノシティである $2.4 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ に到達することができた。来期の衝突条件向上に向けて、既に世界最小であった1mmの衝突点ベータ関数のさらなる収束も試み、0.8mmでの安定な衝突が可能なが確認された。

入射器のビームの安定化、低エミッタンス化については、さまざまな努力を試み、以前は短時間しか維持できなかったビーム品質が、比較的長く維持できるようになり、それによって浮き彫りになってきたより繊細な課題に取り組むことが可能になってきた。以前から行われていたが、RF電子銃のレーザ光位置、ビーム電荷、マイクロ波強度・位相、ビーム軌道、ビームエネルギーなどの安定化機構の整備が進み、同時トップアップ入射での技術的課題も解消されてきた。

夏の停止期間には、陽電子生成用フラックスコンセントレータの更新に伴い、これまでの知見に基づいたビームモニタや補正電磁石の追加も予定されており、より安定性・柔軟性の高いビーム加速が期待される。メインリングへのビーム輸送路の後半でのエミッタンス悪化について、いくつかの仮定に基づく調査も進んでおり、解消すれば入射の安定性の理解も進むと思われる。

入射器の運転形態

昨年5月から4+1蓄積リング同時トップアップ運転が

行われているが、この形態の運転が始まってからは、入射器の加速装置が常時連続して運用されている。そのため、ビームを加速しない時間が無くなり、装置の健全性の確認操作を行う時間の確保が困難になった。故障率の増加も懸念されるが、装置の特性確認を適切に行うことができないと、夏の長期停止期間での保守作業が適切に行えない可能性も心配される。

特に影響が大きいのは大電力クライストロンの寿命の見極めである。入射器に60台設置されている50MWパルス・クライストロンは、年に5台ほどが寿命を迎える消耗品であるが、適切に寿命が予測できない場合には、運転時間中に交換を行うことになる。その場合、全体で3台ほど存在する冗長性のためのクライストロンを割り当てるが、設置場所や真空維持などのさまざまな条件により数日間運転を停止せざるを得なくなる場合もある。消耗品である大電力クライストロンの寿命を決める要素の一つが熱電子陰極の活性度であり、その健全性の判断の前段階として、デバッグ試験と呼ばれる数分間の測定を、以前はビーム運転の隙間を見つけて行っていた。この時間が確保できなくなったために、入射運転終了後に専用の時間を確保する必要が生じた。

クライストロンの寿命見極めの他にも、さまざまな機器の保守の最適化や、次の運転期間に向けた改造作業のためのビーム測定を含めて、入射器・ダンピングリング・ビーム輸送路向けの2日間の試験運転を行うことにした。今期は初めて入射運転後、停止期間前に明確な試験運転時間の割り当てを行ったが、思った以上に有効に時間を使うことができた。今後も長期停止期間前にこのような試験運転時間の割り当てを行う必要があると考えている。

また、運転形態に関しては、2週間毎の加速器定期保守と入射器ビーム開発運転（ビームスタディ）の割り当ての変更も行うことになった。5月初旬までは加速器定期保守は2週間毎の木曜日に行われ、それとは独立に毎週水曜日に入射器ビーム開発を行っていた。しかし、定期保守後のSuperKEKBリングの運転調整について、衝突点のベータ関数が小さくなるに従って、ビーム光学補正に必要な時間も長くなり、10時間程度を必要とするようになってきた。深夜から早朝にわたる調整運転は担当者に過大な負担を強いることになる。さらに加速器の障害が重なってしまうと、調整運転が土曜日にずれ込むことになってしまう。

このため、運転形態の見直しが行われ、その結果、加速器定期保守日を2週間毎の水曜日に移動させ、その後の夜間の運転は入射器ビーム開発運転に割り当てることとした。その後、木曜日の朝からSuperKEKBリングの運転調

整を行い、順調であれば準夜の途中には実験データ蓄積が可能となる（定期保守の無い週の水曜日は以前と同様に入射器ビーム開発運転に割り当たるが、実際には実験データ蓄積のために入射運転を継続することが多い）。

5月の中旬からこのような加速器定期保守と入射器ビーム開発運転の割り当ての試験を行い、順調に経過したので、秋の運転からは本格的に採用することになる。

加速管マイクロ波の安定化

入射器のビーム加速に使われるマイクロ波の測定について、SuperKEKBの建設時に、同時トップアップ入射に対応した機能向上が図られ、主要な接続点について安定化フィードバック機構が整備されてきた。実際、気温や様々な装置の状態によりマイクロ波が影響を受けるので、低エミッタンスビームの安定化にはマイクロ波の安定化が欠かせない。

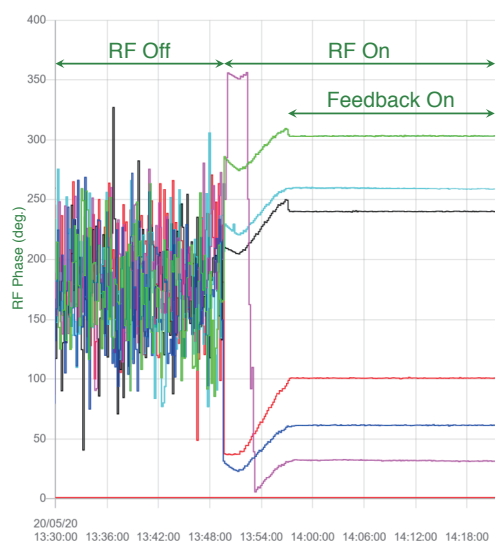
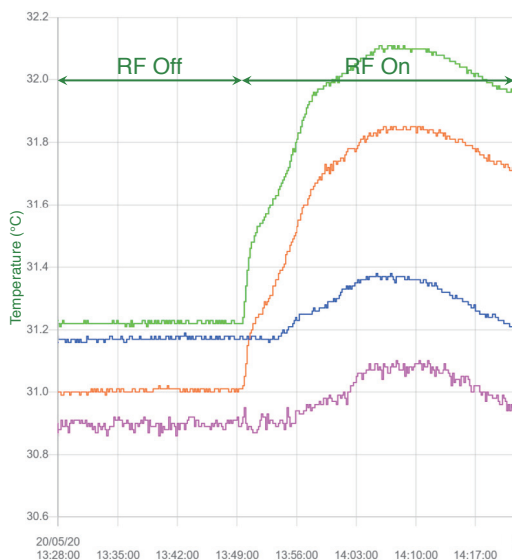


図1 マイクロ波を投入した際の加速管の温度の変動（上）、及び同時刻のマイクロ波の変動とその後の安定化の効果の様子（下）。ビームが感じるマイクロ波が安定化されている。

通常、加速管の冷却水温の変動量は0.1度以内に維持されているが、もしも冷却水温が範囲を超えて変化した際にはビームが感じるマイクロ波が大きく変化し、ビーム特性が維持できなくなってしまう。特に、なんらかの障害により人員が加速器トンネルに入域する場合は、放射線を避けるためにマイクロ波の発生を一度停止させ、人員が退域してから再度マイクロ波を投入するので、加速管の温度が変動し、1時間から2時間ビーム運転ができなかった。

そこで、このような場合に、加速管を通るマイクロ波を測定し、積極的な安定化フィードバックにより温度による変動を補償することにした。図1では、マイクロ波を投入した際に、加速管の温度が大きく変動し、ビームの感じるマイクロ波も影響を受けている。その後、安定化フィードバックを起動することにより、温度の変動を補償できていることがわかる。この機構により、入射器の障害からの回復が迅速化されると期待される。

入射器の運転統計情報

入射器の昨年度までの運転統計が図2のように集計された。このうち、故障率は入射可能な場合も含む装置の故障を意味し、ビーム停止率は入射が不可能となる故障を意味する。2017年度までの建設期間が終了し故障率の上昇が2018年度に止まったが、2019年度には同時トップアップ入射を開始したことにより、少し故障率が上昇してしまった。運転の状況を監視しながら、新しい装置や新しい運転方法を適切に調整すれば故障率を下げられるものと期待される。

故障時間の内訳については、マイクロ波、制御、電子銃、タイミング、電磁石などが多く、一部は老朽化も心配されている。運転の状況を監視しながら、新しい装置や新しい運転方法に適合して、適切に調整すれば故障率を下げられる部分も多いものと期待される。

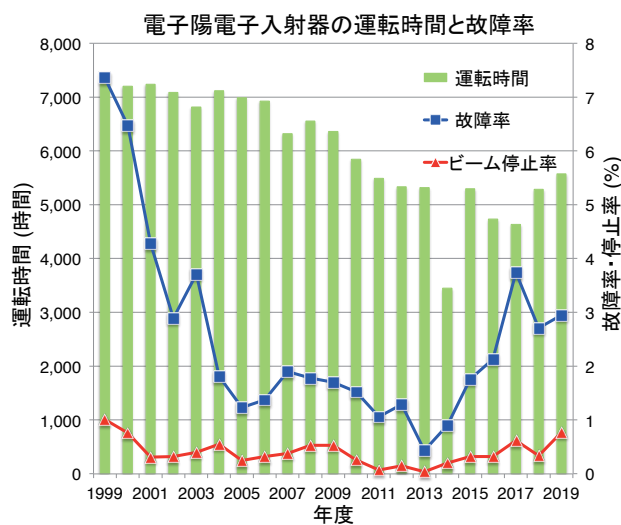


図2 2019年度までの入射器の運転統計

光源リングの運転状況

新型コロナウイルス感染症拡大防止への対応として、2020年度第I期のPFリングおよびPF-ARの運転を中止していたが、状況が好転してきたことや各種試行を進めることが、2020年度第II期の本格的な運転に向けて研究成果の創出と感染症拡大の防止の両面で有効と考えられることなどを考慮して、PFリングだけ（PF-ARは停止のまま）ではあるが6月後半の約2週間運転を実施することとなった。

図1に、PFリングの運転再開日6月15日9:00から停止日7月1日9:00まで約2週間の蓄積電流値の推移を示す。リングの立ち上げ調整は概ね順調に進み、6月17日9:00から光軸確認を行った後、ユーザ運転を開始した。運転モードはマルチバンチのみで、さらに超伝導ウィグラーについては冷却が困難であったため励磁せず（BL14は閉鎖）の運転となった。停止期間中真空を大気暴露して作業する箇所があったため、ユーザ運転開始時は蓄積電流値450mAで約10時間程度と短かったが、真空度の回復とともに徐々に寿命が延びて停止前は16時間程度まで回復した。図2に、PFリングにおける光焼きだし状況として、積分電流値に対する電流値とビーム寿命の積（ $I \cdot \tau$ ）と電流値当たりのリング平均真空度（ P_{avg}/I ）を示す。

今期の運転では、進行方向4極振動が周期的（約40秒）に出現するビーム不安定性に悩まされた。バンチフィルパターンを連続250バンチから、4極振動に効果的である188バンチ4分割パターンに変更したものの、それでも抑制することができず、最終的にはRF位相変調を弱くかけ

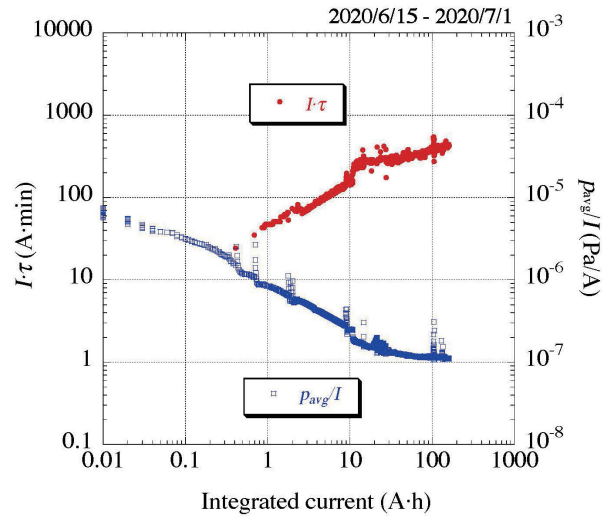


図2 PFリングにおける光焼きだし状況として、積分電流値に対する電流値とビーム寿命の積（ $I \cdot \tau$ ）と電流値当たりのリング平均真空度（ P_{avg}/I ）を示す。

て周期的な変動を抑制することで対処した。約2週間の運転期間中に3度ほどビームライン側でこのビーム不安定性に起因するビーム強度変動が観測されたため、RF位相変調のパラメータを調整することで抑制した。なお、位相変調のパラメータ調整はビームライン側と協議し、時刻を決めて運転を中断せずに実施した。

ユーザ運転を中断する故障は3件あった。1件目は、6月17日21:00ごろから挿入光源ID28下流～ID02上流に

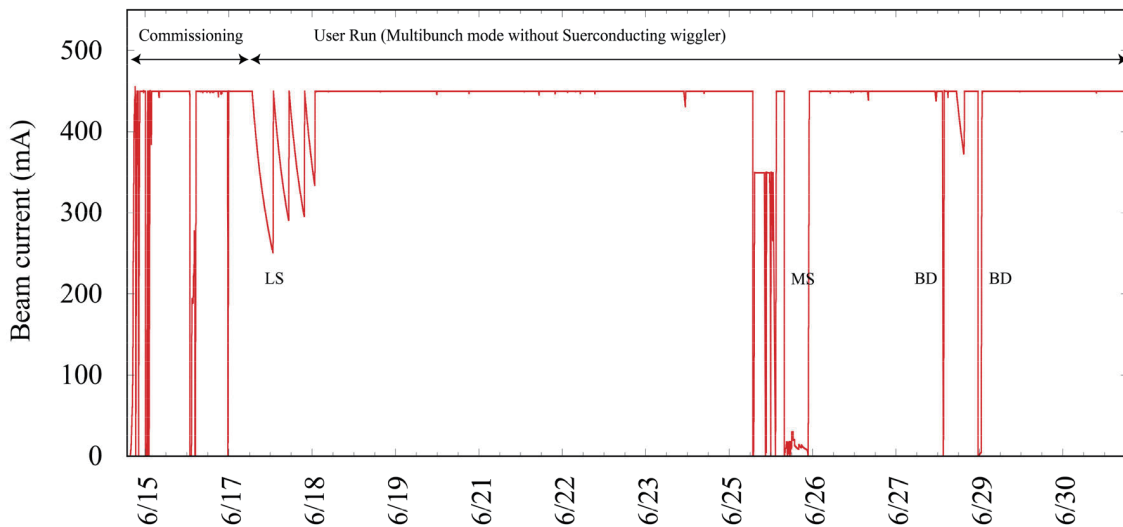


図1 PFリングにおける6月15日9:00から7月1日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。LSは入射器調整、MSはリング調整、BDはビームダンプを示す。

かけて突発的な軌道変動が観測されるという現象であった。しばらく様子を見ていたが、徐々に頻度が増加してきたため調査したところ、当該区間のBPM検波回路に使用しているNIMモジュールの故障が判明した。6月22日10:00にチャンネルをクローズし、予備と交換して復旧となった。その後軌道変動は収まった。2件目は6月28日9:47に発生した。真空の冷却水インターロックが動作してビームダンプとなった。偏向電磁石B06クロッチアップソーバーの冷却水流量が一瞬低下したことが原因であったが、流量が落ち着いたためリセットして復旧した。ところが、同日23:25に同じ現象によるビームダンプが発生した。冷却水流量センサーの不具合を疑い、リング内入域して流量センサーのクリーニングを実施した。その後インターロックをリセットして復旧となった。クリーニング後ビームダンプは再現しなかったが、流量低下の兆候がなかったことや、流量センサーにも汚染や腐食がなかったことから、流量検出器の誤作動であった可能性が高い。本流量検出器はPF運転初期に導入されたものであり、リング全周分の更新を検討している。

PFリングは7月1日9:00に予定通りユーザ運転を終了し、夏期の停止期間となった。第II期の運転再開は、PFリングは10月14日、PF-ARは10月21日を予定している。

PFリングにおける入射パルスセプタム2の更新について

PFリングでは、今夏の加速器停止期間を利用して、入射部パルスセプタム2の更新に伴う入射部改造を予定している。リング入射部には2台の真空封止パルスセプタムが運用されており、パルスセプタム2 (Sep2) はそのうちの入射点にある下流側の1台を指す。これらはPFリング直線部増強改造(2005年)と連動し前年の2004年より磁場強度を増強したものとして更新され運用されているが、真空容器と水冷配管は1988年からのもので、2015年4月に長年の運用による経年劣化によりSep2真空容器内の水冷配管から漏水がありユーザ運転の中断を余儀なくされた。その後、液体リーク補修材の応急処置によりユーザ運転を継続していたが断続的にリークが発生し2017年には水冷配管の閉止措置を取り、蓄積リングからの放射光の入熱による温度上昇を防ぐために放射光を遮るアップソーバーを入射点上流の蓄積リング側に蓄積ビームの軌道中心から15mmのところまで挿入する対応を行った(図3)。この結果、ユーザ運転の継続性は確保されたが、アップソーバーで入射ビームの一部が欠損する結果となり、リング内の2番目の最小水平物理口径(16mm)となっている垂直超伝導ウィグラーの存在と合わせて現在入射効率は30%以下にまで悪化した。これは安定した放射光供給の弊害となっており早急な改善が急務である。

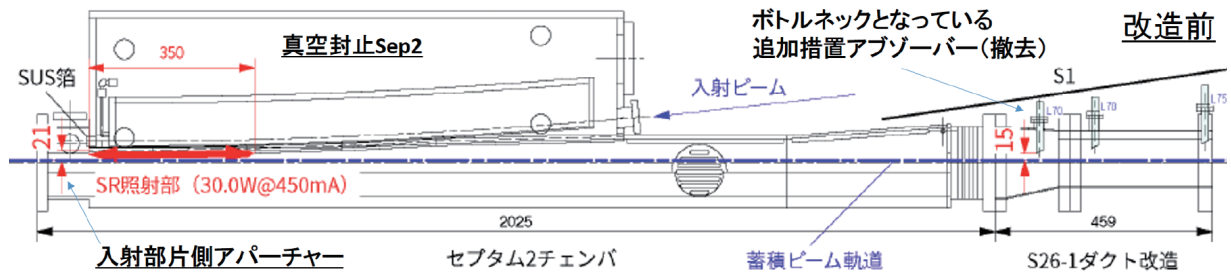


図3 改造前全体俯瞰図

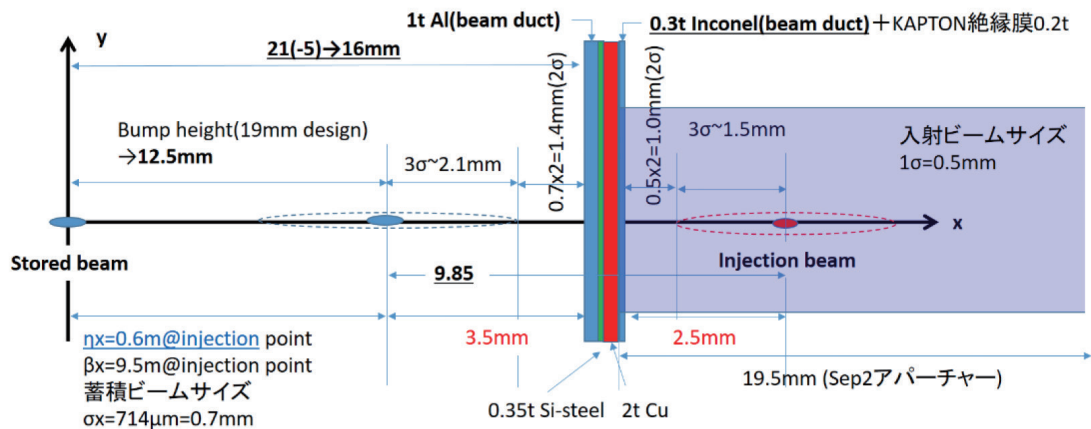


図4 新入射点パラメータ

この改善策として、2つの方法をとることにした。1つ目は Sep2 を真空外セプタムとし、放熱性能も含む冷却性能を改善し今後の保守性、運用性の向上を図ることである。これにより追加的措置であったアブゾーバーを廃止することが出来る。2つ目は、入射点パラメータの見直しを図り入射点をリング内最小物理口径とする原則設計とすることである（図4）。このことで東日本大震災以降不透明であった蓄積ビームと入射ビームとの13~15 mmの相対距離を9.85 mmまで近づけ、入射ビームの損失確率を低減することが出来る。入射点蓄積ビームダクトの口径は21 mmから16 mmまで縮小し、下流側の既存の片側45 mm口径の蓄積リングダクトは入射ビームダクトと蓄積ビームダクトを完全に包含する設計となる。2つの改善策により、現状の入射効率は第3世代光源の通常の入射効率である80%程度（目標90%）まで増加することが見込まれ、また副次的に入射ビームの蓄積ビームへの近接化に伴いソンプハイトを6 mm程度下げためTop-Up入射時の蓄積ビームの水平振動の緩和にもつながることを期待している。これら改善策は、今後のPFリング高度化をも睨んだ「放射光安定供給のための入射部改造」がテーマとなっている。

入射部改造に伴い、いくつかの新たな試みが採用されている。1) セプタム磁石ギャップを縮小し磁場強度の増強を行い、0.3 tのインコネル718の薄肉ダクトの採用で渦電流による磁場遮蔽を低減しながら同時に構造強度も確保し既存電源の再利用を図る。2) 薄肉ダクトで生じる渦電流ループの広範囲に広がる弊害をなくすため磁石下流側蓄積ビームダクトとの合流点にてエアギャップを設け、上流側にはセラミックの絶縁管を設置する。エアギャップの上下流はギャップを挟んで0.2 t SUS箔で対面させ、真空系を輸送路と蓄積リングで隔離し真空作業の保守性が向上することも狙っている。3) エアギャップ手前の入射ビームダクトには入射ビームの精密な監視手段として、入射ビームダクト内壁0.85 mmまで近接させる駆動挿入のYAGスクリーンモニター設置し、相補的なシステムとしてエアギャップに対面するSUS箔を45度に傾け利用するリアルタイムOTRモニターの導入を図る。窓材のOTR利用は世界

でも類を見ない斬新な試みとなっており、入射ビームの常時監視機能は、より安定した放射光供給に大きく貢献することが期待されている。4) セプタム壁への放射光入熱を緩和するため、蓄積ビームダクトのセプタム壁側の壁面は入射点で薄肉化されているものの上流に向かうに従い構造強度を増すように厚肉化し、かつSep1との空いたスペースにテーパ状にアパーチャーを広げることで放射光をダクト壁面全体で受け止める工夫がなされている。その放熱のために蓄積ビームダクトはアルミダクトで製作され、徐熱のため水冷配管が設置される。この構造的工夫は上流側アブゾーバーの挿入度を蓄積ビーム軌道から37 mmまで後退させることにつながり入射効率改善に貢献する。

入射部改造に伴うこれらの新たな試みに対する懸念事項として、2点が挙げられるがいずれも問題がないと判断されている。1点目は、SUS箔のOTR利用による48 mmとなるエアギャップを設置することによるビーム損失の放射線管理上の問題である。放射線科学センターによるビーム損失の計算結果を受けると許容生成核種の気中濃度の限度に対する生成比は 10^{-6} のレベルであり非常に小さく現状からは4%程度の増加にしかならないため変更申請不要との結論がなされている。2点目は、入射ビームを蓄積ビームへ近接化させるためSep2の電磁石を蓄積リングへ近づける際のビーム輸送路におけるビーム軌道の整合性である。入射ビーム軌道は、PFダンプ点へのビームラインとの分岐点から下流の電磁石のわずかな再アライメントでセプタム壁に最近接する入射ビーム点へと結ぶことが出来ている。

現在、2019年度10月に立ち上げられた更新改造のためのタスクフォースでの検討は、グランドフレームとなるダクト設計、モニター部の設計まで完了し（図5）、付帯設備の構築設計へと進められている。夏の工期までに残された期間は限られ、長納期製作部材の調達がコロナ禍の影響で懸念事項ではあるが、オンスケジュールで順調に進行している。今後止むを得ない事情による工事の延期も可能性として残されているが、秋からのユーザ運転への適用を目指し一丸となり強力に推進している。

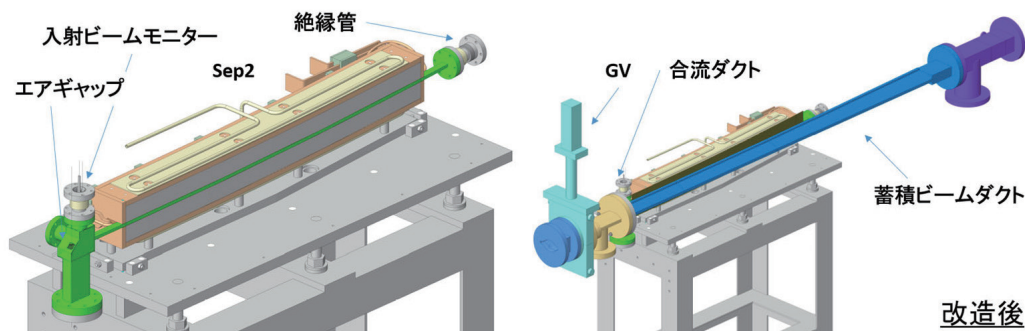


図5 改造後の想定図：（左図）Sep2電磁石のギャップに薄肉の真空ダクトが挟み込まれている。（右図）Sep2電磁石は蓄積リングビームダクトに寄り添うように設置される。

測定装置部門の紹介

<https://www2.kek.jp/imss/pf/section/endstation/>

昨年の8月号から、放射光実験施設の内部組織を紹介してきました。これまでに、3つの内部組織の中の2つ、運営部門と基盤技術部門の紹介まで終わりました。今回は最後の1つ、測定装置部門についてご紹介します。

測定装置部門は、放射光の特徴を最大限に利用する実験装置を含むビームラインエンドステーション部の整備と高度化を目的として設置されています。この部門は、放射光科学第一・第二研究系所属を含む各ステーション担当者間の連携の中核を担い、エンドステーションの標準化と自動化、将来の標準化を見据えた先端化を推進します。測定装置部門は、「ビームライン研究者」の育成にも注力します。「ビームライン研究者」とは、ビームラインで展開されるサイエンスを手法ベースで推進するとともに、個別の手法に特化した技術だけでなく、世界の放射光施設に共通のビームライン担当者としての技術を習得し、将来の放射光科学を担う人材を指します。構成メンバーは、測定装置部門長の清水伸隆教授を含めて、現在9名、放射光実験施設に所属する教員とともに研究を行うポスドクは、この部門に所属することになっています。測定装置部門のメンバーについては、次回、紹介させていただきます。

昨年4月の放射光実験施設の組織化の後、測定装置部門長を中心に、測定装置部門の構成の検討を行い、10の測定手法グループを設けることになりました。光電子分光、軟X線吸収分光、軟X線顕微鏡、X線吸収分光、回折・散乱、タンパク質結晶解析、小角散乱、高圧、超高速時間分解、X線光学・イメージングの10グループです。PFとPF-ARの47本のビームラインは、何れかの測定手法グループに所属します。なお、測定手法グループは、研究の動向や技術の進展による必要性に応じて、再構成されるべきものと考えています。

測定装置部門としての活動を進める上で問題となるのが、測定手法グループの約半数に測定装置部門メンバーが存在しないことです。放射光実験施設の他部門や放射光科学第一・第二研究系に所属するビームライン担当者と連携して活動していますが、測定装置部門を十分に機能させるためには、全てのグループに構成メンバーが必要です。放射光科学の持続的な発展には、前述の「ビームライン研究者」の育成が不可欠ですので、放射光科学第一・第二研究系に所属する教員とともに研究を行う若手教員を測定装置部門の所属とすることが有効な解決策となるかも知れません。

運転・共同利用関係

2020年度第1期の運転は、当初、PFは5月8日から、

PF-ARは5月14日から、ともに7月1日までを予定していましたが、新型コロナウイルス感染症拡大への対応として、4月9日の時点で、一旦、全てキャンセルとしました。その後、状況の好転を受けて、5月29日に、PFのみの限定的な運転を実施する判断をしました。6月15日から7月1日まで、第2期の本格的な運転再開に向けて各種試行を進めること、および、直近の学位取得に必要な実験を実施することを目的に、通常のマルチバンチモードで運転を実施しました。現在、第2期の運転再開に向け、遠隔測定や自動測定を始めとして、各測定手法に適した準備を進めています。

第2期の運転は、PFは10月14日から、PF-ARは10月21日から、ともに12月22日までの予定です。PFのハイブリッドモードは11月27日から12月9日を予定しています。PF-ARは5 GeVで運転を開始して、PFがハイブリッドモードになるタイミングに合わせて、11月26日以降を6.5 GeVでの運転とします。第2期では、産業利用促進運転を5日間設定します。詳細については、本誌紹介記事をご参照ください。

7月10日にはPF-PACがWeb会議方式で開催され、課題の評点と採否が審議されました。また、2021年度からの制度改正を検討している事項について協議しました。次回以降に、順次、審議を進める予定です。詳細については、本誌速報をご参照ください。

新型コロナウイルス感染症の再拡大が心配ですが、「新しい実験様式」の取り組みを進めることで、2020年度第2期と第3期で第1期分の不足を補い、年間の運転時間を確保する方向で検討しています。

はじめに

今回は、放射光科学第二研究系の担当ですが、現在構造生物学分野で重要性を増している小角散乱を簡単に紹介したいと思います。PFにおいては結晶構造解析、クライオ電子顕微鏡（クライオ電顕）と原子分解能での構造解析が盛んに行われてきましたが、これに加えタンパク質を始めとする生体高分子を対象とした小角散乱法の実験が非常に盛り上がってきました。小角散乱法を使うと溶液中の構造情報を得ることができ、計算科学との連携も盛んな分野です。

BioSAXS

タンパク質は、溶液中に存在し溶液中で機能をします。結晶構造解析や最近存在感を急速に増しているクライオ電顕は、原子分解能での立体構造を決定するには不可欠の方法で、多くのタンパク質の立体構造がこれらの方法によって決定されてきました。しかし、結晶構造解析は結晶中の、クライオ電顕は凍結された水中の構造ですから、それなりの制約があることは否めません。タンパク質の（生化学的な）機能と構造との関係を深く調べれば調べるほど上記の制約が問題になってくることも事実です。また、今日の生物学は細胞を分子にまで分割し、ある意味行くところまで行ったのですが（もちろん、解決すべき個別の課題は山ほどあります）、そうなってくると今度はバラバラにしたものを元に戻す方向で研究をしていきたいと思うのは当然のことです。現代の生物学もそのような傾向が色濃く出ており、単一の分子を扱うのではなく複数の分子を扱う、安定なタンパク質複合体を扱うのではなく不安定な複合体を扱う、というような方向に研究は進んでいます。このような状況を反映して、結晶内ではなく溶液中での構造情報が欲しい、単一分子ではなく複数の分子の振る舞いが知りたいというような要望が少なからず出てきており、そのときに大きな威力を発揮するのがX線小角散乱（Small-Angle X-ray Scattering）です。最近では、タンパク質等の生体高分子溶液試料を対象としたX線小角散乱を特にBioSAXS（Biological Small-Angle X-ray Scattering）と呼ぶようになってきました。

BioSAXSはタンパク質やタンパク質複合体の溶液中における概形構造状態（大きさ、形状）、物性（熱安定性やpH・塩濃度依存性など）、運動性（折畳み状態、構造アンサンブル）などを解析できる手法で、構造生物学から生物物理学に至る分野、特に最近では統合構造生物学（Integrative Structural Biology）と言われる分野において溶液中の構造状態把握に積極的に活用されています。得られる分解能は結晶構造解析と比較すると低いですが、溶液中の構造情報を反映しているという点が強みで、計算科学と

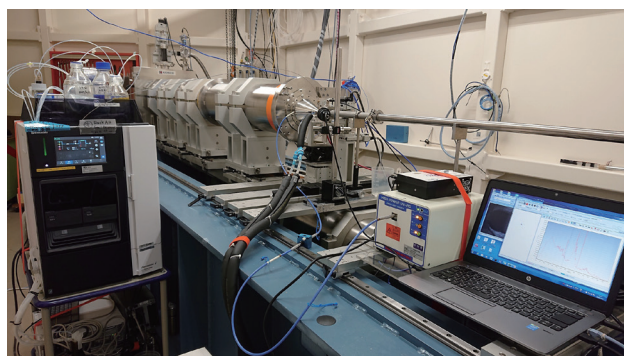


図1 BL-15A2で利用可能なSEC-SAXSシステム

融合することで強力な手法として用いられるようになってきました。今日では、結晶構造解析もしくはクライオ電顕とBioSAXSという2手法、さらには結晶・クライオ電顕・BioSAXSの3手法、さらにそこへ分子動力学計算などの計算科学まで活用した相関構造解析といわれる成果が増えてきています。

放射光実験施設の小角散乱グループと、放射光科学第二研究系・構造生物学研究部門の米澤健人研究員により、小角散乱のビームラインが高度に整備されてきただけでなく、SAnGLerとSerial AnalyzerというBioSAXS初心者ユーザーにも使いやすい解析ソフトウェアも開発されています（マニュアルも公開されています。<http://pfwww.kek.jp/saxs/beamline.html>）。小角散乱実験に対する補助的な装置として、PFの生理試料準備室には、SEC-MALS（ゲル濾過＋多角度静的光散乱装置）とCD（円偏光二色性）が設置されています。SEC-MALSは複合体のストイキオメトリーの理解のために相補的に利用されており、CDは天然変性タンパク質等における2次構造～3次構造の理解に活用可能です。いずれもSAXS課題（G/P型、BINDS）があれば、利用可能です。

このような環境の整備も行われた結果、結晶構造解析とBioSAXSを併用する利用者は年々増えています（J. Med. Chem. 59, 7888-900. (2016), Cell Rep. 20, 2626-38. (2017), Nat Commun. 9, 4330. (2018)などを参照）。今後は、クライオ電顕との併用も増えてくると思われます。高分解能の構造情報を得たものの、溶液中での構造情報を得たいという方は是非ともBioSAXSの利用を検討してみたいかがでしょうか？利用相談などあれば、AMEDのプロジェクトのBINDSのHP（<https://www.binds.jp/>）からお願いします。

グラフェン超伝導材料の原子配列解析

遠藤由大¹, 深谷有喜², 望月出海³, 高山あかり⁴, 兵頭俊夫³, 長谷川修司¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター

³ 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所, ⁴ 早稲田大学理工学術院先進理工学研究科

Structure Analysis of Superconducting Ca-intercalated Bilayer Graphene/SiC by Total-Reflection High-Energy Positron Diffraction (TRHEPD)

Yukihiro ENDO¹, Yuki FUKAYA², Izumi MOCHIZUKI³, Akari TAKAYAMA⁴, Toshio HYODO³, Shuji HASEGAWA¹

¹Department of Physics, The University of Tokyo, ²Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency

³Institute of Materials Structure Science, KEK, ⁴Department of Physics, Waseda University

Abstract

近年、グラフェンの超伝導化に着目した様々な研究が行われており、2層グラフェンにCaを挿入したグラフェン層間化合物において超伝導が報告された。しかし、その詳細な原子配列は明らかではなく、超伝導発現機構に関する議論が明確ではなかった。本研究では、全反射高速陽電子回折 (TRHEPD, トレプト) 法を用いて SiC 基板上 2 層グラフェンに Ca を挿入した試料の構造解析を行い、この化合物の構造は従来考えられていたモデルとは異なり、グラフェンとバッファ層の間にのみ Ca 原子が挿入していることを明らかにした。

1. はじめに

炭素 (C) 原子が蜂の巣のように結合して原子シートを形成するグラフェンは、原子配列が非常に安定していること、高い柔軟性をもつこと、熱伝導や電気伝導などの物理的性質が優れていることなどから、シリコンに代わる新素材として基礎・応用の両面から着目され研究が行われている [1]。これらの物性発現の起源は、グラフェンが持つ特異なディラック電子状態にあると考えられており、この電子状態によって、グラフェンの中を流れる電子はあたかも光と同じように質量がゼロであるかのように振る舞うことができるため、このような電気的特性を利用したデバイスへの応用が期待されている [2]。

最近では、グラフェンのもつ優れた物理的特性と組み合わせた新しい超伝導材料の開発の観点から、グラフェンに超伝導を発現させようとする試みも活発に行われている [3-8]。例えば、グラフェンが幾層にも積み重なったグラファイトにおける超伝導の歴史は古く、50 年以上にわたって研究が行われている。グラファイトの層間に金属原子を挿入したグラファイト層間化合物 (Graphite-Intercalation-Compound, GIC) は、1965 年の KC₈ 以降、多くの化合物が報告されており [9]、2005 年に Weller らによって報告された C₆Ca は、現在、GIC で最も高い超伝導転移温度 $T_c = 11.5$ K を示す物質として知られている [10]。この物質に着想を得て、グラフェンの超伝導化の試みとして GIC の 2 次元極限である「2 層グラフェン層間化合物」の研究が行われ、2016 年には、シリコンカーバイド (SiC) 基板上に作成された 2 層グラフェンにカルシウム (Ca) 原子を挿入した化合物において超伝導が発現することが報告

された [5]。

SiC 上 Ca 挿入 2 層グラフェンにおける超伝導は応用へ大きな可能性を持つ一方で、その正確な原子配列はこれまで議論されてこなかった。第一に、Ca 原子の高い反応性によって大気中では物質が不安定なこと、かつ、わずかな原子層の厚さの物質の精密な構造決定を行う実験手法が確立されていないことが挙げられる。第二に、SiC 基板上にグラフェンが成長する時に SiC 基板とグラフェン層の間に形成されるバッファ層と呼ばれる炭素の層の存在が挙げられる。このバッファ層は、炭素原子のシートという意味ではグラフェンに良く似ているものの、SiC 基板との間に結合をもつことから、グラフェンとは異なる層として扱われる。バッファ層はグラフェンとは全く異なり絶縁体的な電子状態を持つため、バッファ層の存在は超伝導には無関係であると考えられ、SiC 上 2 層グラフェンの場合、炭素原子層が合わせて 3 層積層された構造をとるものの、この上の 2 枚のグラフェンの層間にのみ Ca 原子が挿入された原子配列であると信じられてきた。しかし、物質の性質は物質の原子配列と密接な関係をもつため、研究を進めてなぜ超伝導が発現するかを明らかにするには、まずその結晶構造を正確に知る必要がある。

本研究では、全反射高速陽電子回折 (Total-Reflection High-Energy Positron Diffraction, TRHEPD) 法という試料最表面の原子配列の情報を高感度で検出できる実験手法 [11] を用いて、SiC 上 Ca 挿入 2 層グラフェンの原子配列を明らかにすることを試みた。その結果、これまで信じられてきた原子配列とは異なり、グラフェンとバッファ層の間にのみ Ca 原子が挿入されていることを、実験により初め

て明らかにしたので、その研究結果について本稿で紹介する [12]。

2. 実験条件

2-1. 全反射高速陽電子回折 (TRHEPD, トレプト) 法

3次元結晶の原子配列を調べるには、通常X線が用いられる。X線は物質への侵入長が深く、物質の内部にまで侵入するため、3次元物質の原子配列解析には最適な実験手法である。一方、本研究で取り扱う物質のように、物質の最表面だけに存在する2次元物質の原子配列解析においては、内部の構造からの信号が大きいため、得られた実験結果から表面の寄与だけを抜き出すことが非常に困難である。そのため、2次元物質の構造解析には、これまで電子をプローブとして用いた実験が多く行われてきた。電子はX線と比べてあまり内部に侵入しないため、X線を用いるよりも多くの表面情報を抜き出すことができるという利点がある。しかし、表面から数原子層の領域では、その原子配列は表面再構成や格子緩和のために3次元結晶と比べても非常に複雑であり、表面から4-5層程度の領域で散乱された波の干渉で得られる情報の中から構造を決定することは同様に難しい。

本研究グループで用いたTRHEPD法は陽電子をプローブとして用いた実験手法である。陽電子は、電子の反粒子で、電子とは逆の正の電荷をもつために、すべての物質の表面から斥力を感じるという特徴があり、この性質のため、陽電子を表面すれすれの角度(0~2°程度)から入射させると、物質内部に陽電子が全く入らない全反射という現象が起こり、このことが表面構造解析の大きな利点となっている。さらに、入射する角度(視射角)を全反射の臨界角を越えて徐々に大きくしていくと、陽電子も徐々に物質内に侵入するため、物質の最表面から数原子層の深さの領域内のみからの散乱波の干渉による原子配列が可能であ

る [11]。現在、実用的にTRHEPD実験を行うことができる装置を保有しているのはKEK物構研が世界で唯一であり、その共同利用によりTRHEPD法は日本が世界をリードする実験手法となっている。

どの回折手法でも、試料の対称性は回折パターンに対称性や特定のスポットの有無から判定できるが、原子配列の詳細はスポットの強度を解析しなければ得られない。TRHEPD法によって得られた回折パターンのうち、本研究では、(00)スポット(鏡面反射点)強度の視射角依存性(ロッキング曲線)の実験値と構造モデルから計算された値を比較することで構造解析を行った。ロッキング曲線の計算には、一宮により開発されたマルチスライス法を用いている [13]。実験から得られたロッキング曲線は、*R*因子(reliability factor)により理論曲線と比較・評価され、*R*因子の値が小さいほど、実験値と計算値に近いことを示している。

2-2. 試料作製方法

本研究で用いた2層グラフェンは熱脱離法によって作製した。SiC(0001)(Si面)基板を超高真空中で約1500°Cまで加熱し、Si原子の熱脱離させることで2層グラフェンを得た。グラフェンの層数は角度分解光電子分光により確認している。作製したグラフェンを物構研の低速陽電子実験施設(SPF)内のTRHEPD測定装置に導入し、超高真空中で約500°Cで脱ガスを行った。試料の清浄表面の確認は、装置に設置されている反射高速電子線回折(RHEED)を用いて行った。Fig. 1(a)にSiC上2層グラフェン(Pristine)のRHEED像を示す。グラフェンに由来した1×1ストリーク、SiC基板に由来した1×1スポット、バッファー層に由来する $6\sqrt{3}\times 6\sqrt{3}$ -R30°スポットがそれぞれ観測されている。

本研究では、グラフェンへのCa原子挿入の前段階として、先にLi原子を挿入する操作を行っている [14]。この方法はバルクC₆Caの試料作成方法 [15]を参考にしてお

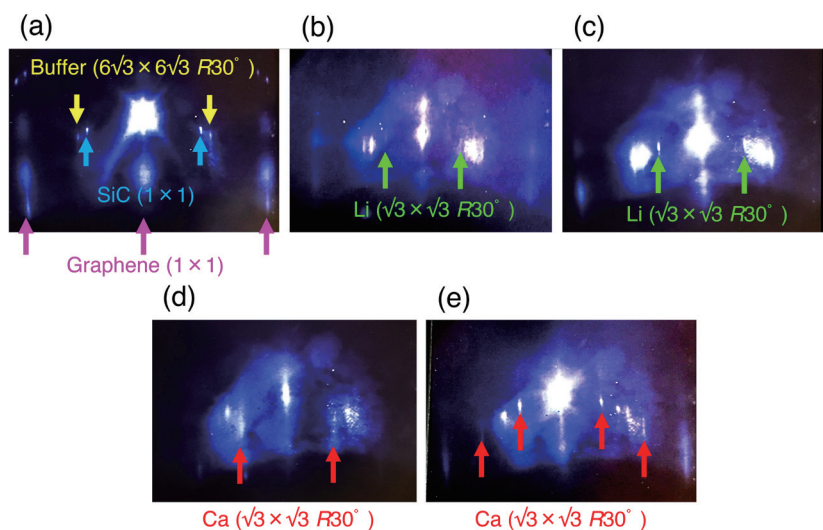


Figure 1 RHEED patterns of (a) pristine bilayer graphene/SiC(0001), Li-intercalated graphene (b) before annealing and (c) after annealing, Ca-intercalated graphene after intercalation process [(i)-(iv)] for (d) 1 cycle and (e) several cycles, respectively.

り、原子半径の大きいCaをより効率的に層間に挿入するために、原子半径の小さいLiを先に挿入してグラフェン層間距離を拡げた後、加熱蒸着によりLiとCaの置換をするという手順でCaを挿入する。Liディスペンサー(SAES Getters社)およびCa蒸着源(自作K-cell)は、TRHEPD測定装置に設置し、真空中で脱ガスを行った後使用した。詳細な試料作成手順は以下の通りである(一連のプロセスにおけるRHEED像をFig. 1(b)-(e)に示す)。

- (i) 室温でLi原子をグラフェンに蒸着すると、Liが層間に挿入され $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -R30°スポットが出現する。この周期構造はバルク C_6Li のLi原子の周期構造に対応する(Fig. 1(b))。
- (ii) (i)の試料を約180°Cまで加熱することにより最表面に吸着した余分なクラスター状のLi原子を脱離させる。この加熱により試料のRHEEDパターンはより明瞭になる(Fig. 1(c))。
- (iii) Li挿入グラフェンを200-270°Cまで加熱しながらCa原子を蒸着すると、Ca原子が新たに形成した $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -R30°周期構造によるストリークおよびスポットとCaクラスター由来のスポットが出現する。この加熱温度は挿入したLi原子が脱離する温度よりわずかに低い値である。
- (iv) (iii)からさらに試料を280-290°Cにポストアニールすると、Caクラスター由来のスポットは消失する。このポストアニールの温度は挿入したLi原子が脱離する温度よりわずかに高い(Fig. 1(d))。
- (v) (i)-(iv)を複数回繰り返すと、次第にCa原子による $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -R30°スポットの強度が強くなる(Fig. 1(e))。

LiおよびCa原子の挿入後もRHEED像の第0ラウエゾーンにバッファ層に由来する $6\sqrt{3}\times6\sqrt{3}$ -R30°スポットが存在することから、Li原子およびCa原子はバッファ層とSiC基板の層間には挿入されておらず、SiC基板とバッファ層の間の結合は保たれていることが分かる。一方で、Li原子は室温での真空蒸着によってSiC基板とバッファ層の間に侵入し、結合を断ち切るという報告があり[16, 17]、本試料においてもLi原子によってこの結合が部分的に切断されている可能性はある。

2-3. 測定条件

本研究では、Fig. 2に示すように、2つの異なる方位角方向、ここでは、 $[1\bar{1}00]$ 方向のビーム(多波(Many-Beam)条件)と $[1\bar{1}00] + 7.5^\circ$ 方向(一波(One-Beam)条件)から入射した陽電子ビームの反射強度を用いて構造解析を行った。One-Beam条件では、意図的に対称性の悪い方向からビームを入射することで、面内周期構造による干渉を打ち消し、面直方向の周期性のみ選択的に調べることができる。それに対して、Many-Beam条件は対称性の良い方向からビームを入射する測定条件であり、ビーム方向に対して垂直な方向の面内周期構造と面直方向の構造の両方に依存した回折強度を得ることが出来る。また、グラフェンのように特定の積層構造を持つ物質においては、多波条件の

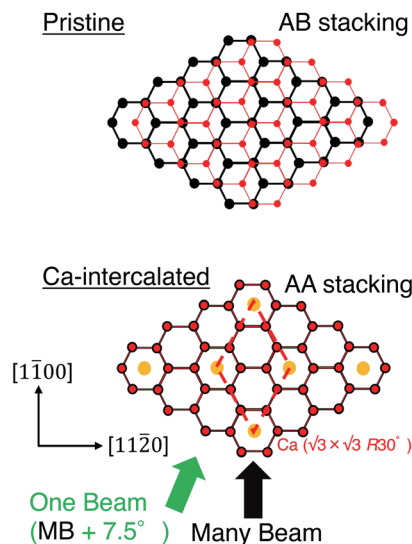


Figure 2 Simple schematic view of bilayer graphene and Ca-intercalated bilayer graphene neglecting the buffer layer and SiC substrate. Shown here is the expected Ca-intercalation change in the stacking structure from AB to AA type, in analogy with that from AB (graphite) to AA (bulk C_6Ca) stacking. Beam directions of the one-beam (many-beam) condition along 7.5° off the $[1\bar{1}00]$ direction (along the $[1\bar{1}00]$ direction) are depicted by the green (black) arrows, respectively.

ビーム入射方位を上手に選択することで、より積層構造の変化に敏感な測定を行うことができる。これらのビーム特性を利用して、初めにOne-Beam条件のロッキング曲線を解析することで面直方向の原子配列(層間距離)を決定し、得られた層間距離を反映させた構造モデルをもとにMany-Beam条件の解析を行うことで、面内の原子配列、すなわち、全体の原子構造を決定した。

3. 実験結果

3-1.2 層グラフェン/SiC(0001)の構造決定

Fig. 3(a), (b)に、Ca挿入前のPristine試料における一波条件(OB)および多波条件(MB)でのロッキング曲線を示す。バッファ層は 0.4 \AA 以下のバックリング構造を持つとされている[18-20]が、表面から深い位置に存在しTRHEPDのロッキング曲線への影響は少ないため、本研究ではこのバックリングを無視して構造解析を行った。ここではSiC上3層グラフェンのモデルを仮定し、層間距離および各グラフェン層のoccupation(占有率)をフィッティングパラメーターとして構造解析を行った結果、Fig. 3(c)に示す構造モデルから得られた計算曲線が実験結果を最もよく再現した。バッファ層-1層目グラフェン、1層目-2層目グラフェン、2層目-3層目グラフェンの層間距離はそれぞれ $3.18 \pm 0.14 \text{ \AA}$ 、 $3.38 \pm 0.06 \text{ \AA}$ 、 $3.66 \pm 0.63 \text{ \AA}$ と得られた。この結果は、先行研究の光電子回折[20]およびX線回折[21]で報告されている値(バッファ層-グラフェン間の層間距離： $3.24 \pm 0.20 \text{ \AA}$ 、 $3.40 \pm 0.10 \text{ \AA}$ 、グラフェン間の層間距離： $3.48 \pm 0.10 \text{ \AA}$ 、 $3.40 \pm 0.05 \text{ \AA}$)と誤差の

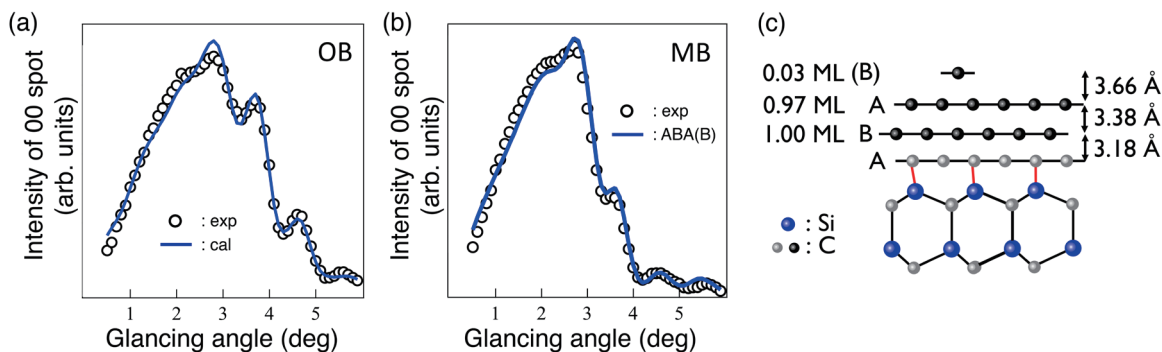


Figure 3 TRHEPD rocking curves under (a) the one-beam condition and (b) many-beam condition with calculated curves for pristine bilayer graphene/SiC(0001). (c) Schematic views of the structural analysis results for pristine bilayer graphene/SiC(0001).

範囲程度で一致している。occupation は、1 層目、2 層目、3 層目グラフェンでそれぞれ 1.00 ML, 0.97 ML, 0.03 ML と求められ、角度分解光電子分光との結果とも良く対応していることがわかる。また、積層構造は多波条件 (MB) から、バッファ層から表面に向かって、ABA(B) 積層モデルの計算曲線と実験値がよく一致していることがわかる (ここでは、occupation の少ない 3 層目グラフェンを (B) 層としている)。SiC 上に成長するグラフェンは、Bernal 積層 (AB 積層) が安定構造であることが知られており [22]、本結果はそれと矛盾しない。この構造モデルにおける R 因子は 0.93% である。これまで、SiC 上 2 層グラフェンにおいて決定版と言える構造モデルはなく、本研究は、バッファ層

層間距離まで含めた SiC 上 2 層グラフェンの精密な構造決定という点でも重要な成果を得た。

3-2. Ca 挿入 2 層グラフェン / SiC(0001) の構造決定

Fig. 4(a), (b) に、Ca 挿入後の試料における一波条件および多波条件での rocking 曲線を示す。ここでは、上記の結果を受けて、グラフェンの層数を 2 層 (バッファ層を含めると 3 層) として解析を行った。この場合、Ca 原子が挿入される可能性がある位置を考えると、Fig. 4(a) に示す 3 種類が検討すべき構造の候補となる。ここで、model 1 は、これまで信じられてきた構造モデルである。本研究の構造解析の結果、Fig. 4(c) に示す構造が最も実験結果を

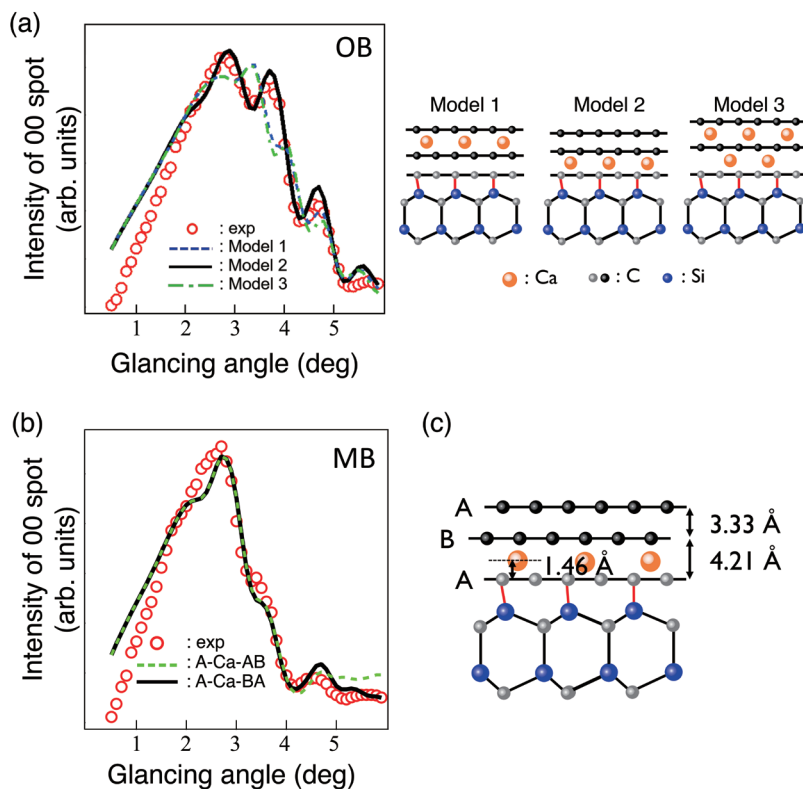


Figure 4 TRHEPD rocking curves under (a) the one-beam condition and (b) many-beam condition with calculated curves for Ca-intercalated bilayer graphene/SiC(0001). Schematic views of (a) the structure models for the analysis under the one-beam condition and (c) the structural analysis results for Ca-intercalated bilayer graphene/SiC(0001).

よく再現し、このことから model 2, すなわち Ca 原子がバッファ層と1層目のグラフェンの間のみ挿入される構造が最も確からしいことがわかった (Ca 挿入グラフェンでは、後述する表面粗さの影響のため、視射角 2° 以上の領域で R 因子を計算・評価している)。一波条件のデータの解析から、層間距離はそれぞれ、バッファ層-グラフェン間およびグラフェン-グラフェン間で $4.21 \pm 0.11 \text{ \AA}$, $3.33 \pm 0.16 \text{ \AA}$ と得られた。また、Ca 原子の場所はバッファ層より $1.46 \pm 2.24 \text{ \AA}$ 高い位置に存在することが解析によって導かれた。グラフェン-グラフェン層間距離は pristine グラフェンの層間距離と誤差の範囲で同じであること、また、Ca 原子が挿入されたバッファ層-グラフェン層間の距離 ($4.21 \pm 0.11 \text{ \AA}$) はバルク C_6Ca の層間距離 (4.5 \AA) [23] と近い値であることがわかる。

次に、Pristine 試料同様、Ca 挿入後の積層構造を多波条件のデータを解析して調べた結果、バッファ層から表面に向かって、A-Ca-BA 積層構造または A-Ca-AB 積層構造が実験値と近い値を取ることがわかった (Fig. 4(b), (c))。上の2層には Ca が挿入していないため、通常の2層グラフェンとみなせることから、Pristine 試料と同様に AB 積層構造をとることは理にかなっている。一方、バッファ層-グラフェン層間の積層構造に関して、A-Ca-BA 積層構造と A-Ca-AB 積層構造の R 因子はそれぞれ $R = 1.70 \%$, $R = 2.07 \%$ であった。 R 因子およびロッキング曲線の比較から議論する場合、A-Ca-BA 積層構造がもっとも確からしいと言えるが、バルク C_6Ca では Ca は AA 積層構造の間に挿入された構造をもつことから [24]、現時点では A-Ca-AB 積層構造の可能性は排除できない。この点を明確にするためには、第一原理計算を用いて構造の安定性を計算するなど、異なる手法からのアプローチと組み合わせることで最終的に構造を決定したいと考えている。

また、光電子顕微鏡による実験において、Li 原子の挿入によってグラフェン表面の粗さが増加する (ripple や clack 構造が生じる) ことが報告されている [17]。つまり、Li 原子の挿入/脱離で生じた表面のダメージによって周期構造を反映しない散乱 (非弾性散乱含む) が増加するため、この最表面の構造を反映した全反射領域の (00) スポット強度は減少すると予想される。事実、Ca 挿入後のロッキング曲線では全反射領域 (視射角 $\sim 2^\circ$ 以下) において実験の強度がいずれの計算曲線よりも低くなっている。このことから TRHPED は表面構造や薄膜の品質や粗さ評価にも有用な手法であるとも言える。

最後に、この試料における超伝導特性を紹介する。2-2節で述べた方法と同じ手順で作製した試料について、その場極低温四端子電気伝導測定装置 [25] を用いて電気抵抗の温度依存性を測定した結果、Fig. 5 に示すように、4 K で抵抗値が低下し始め 2.2 K でゼロ抵抗に達するという、Ichinokura らの報告 [5] とほぼ等しい超伝導転移を観測した [12]。このことから、先行研究においても、本研究で示した原子構造を持つ可能性が高い。また、本研究で決定した構造から2層グラフェン層間化合物の超伝導を議論する

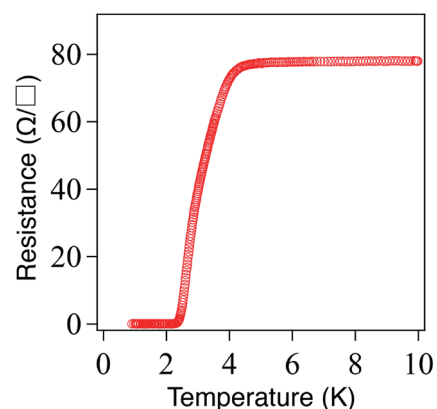


Figure 5 Temperature dependence of sheet resistance in Ca-intercalated graphene/SiC(0001). The resistance dropped steeply at 4 K and reached zero at 2.2 K.

ならば、最表面のグラフェンは超伝導に関与しない可能性が高いと考えられる。すなわち、SiC 基板上の1層グラフェンにおいても超伝導が発現する可能性があり、この検証が今後の課題である。

本研究は PF 共同利用実験の一環として行われました (課題番号: 2016G607, 2017G519)。

引用文献

- [1] K. S. Novoselov and A. K. Geim, *Nat. Mater* **6**, 183 (2007).
- [2] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, M. I. Katsnelson, I. V. Grigorieva, S. V. Dubonos and A. A. Firsov, *nature* **438**, 197 (2005).
- [3] B. M. Ludbrook, G. Levy, P. Nigge, M. Zonno, M. Schneider, D. J. Dvorak, C. N. Veenstra, S. Zhdanovich, D. Wong, P. Dosanjh, C. Straßer, A. Stöhr, S. Forti, C. R. Ast, U. Starke, and A. Damascelli, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**, 11795 (2015).
- [4] A. P. Tiwari, S. Shin, E. Hwang, S.-G. Jung, T. Park and H. Lee, *Journal of Physics: Condensed Matter* **29**, 445701 (2017).
- [5] S. Ichinokura, K. Sugawara, A. Takayama, T. Takahashi and S. Hasegawa, *ACS Nano* **10**, 2761 (2016).
- [6] M. Xue, G. Chen, H. Yang, Y. Zhu, D. Wang, J. He and T. Cao, *Journal of the American Chemical Society* **134**, 6536 (2012).
- [7] Y. Cao, V. Fatemi, S. Fang, K. Watanabe, T. Taniguchi, E. Kaxiras and P. Jarillo-Herrero, *Nature* **556**, 43 (2018).
- [8] H. B. Heersche, P. Jarillo-Herrero, J. B. Oostinga, L. M. Vandersypen and A. F. Morpurgo, *Nature* **446**, 56 (2007).
- [9] M. Dresselhaus and G. Dresselhaus, *Advances in Physics* **30**, 139 (1981).
- [10] T. E. Weller, M. Ellerby, S. S. Saxena, R. P. Smith and N. T. Skipper, *Nature Physics* **1**, 39 (2005).
- [11] Y. Fukaya, A. Kawasuso, A. Ichimiya and T. Hyodo, *Journal of Physics D: Applied Physics* **52**, 013002 (2018).

- [12] Y. Endo, Y. Fukaya, I. Mochizuki, A. Takayama, T. Hyodo and S. Hasegawa, *Carbon* **157**, 857 (2020).
- [13] A. Ichimiya, *Japanese Journal of Applied Physics* **22**, 176 (1983).
- [14] K. Kanetani, K. Sugawara, T. Sato, R. Shimizu, K. Iwaya, T. Hitosugi and T. Takahashi, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **109**, 19610-19613 (2012).
- [15] K. Sugawara, T. Sato and T. Takahashi, *Nature Physics* **5**, 40 (2009).
- [16] N. M. Caffrey, L. I. Johansson, C. Xia, R. Armiento, I. A. Abrikosov and C. Jacobi, *Physical Review B* **93**, 195421 (2016).
- [17] C. Virojanadara, A. Zakharov, S. Watcharinyanon, R. Yakimova and L. I. Johansson, *New Journal of Physics* **12**, 125015 (2010).
- [18] L. De Lima, A. De Siervo, R. Landers, G. Viana, A. Goncalves, R. Lacerda and P. Häberle, *Physical Review B* **87**, 081403 (2013).
- [19] M. Conrad, J. Rault, Y. Utsumi, Y. Garreau, A. Vlad, A. Coati, J.-P. Rueff, P. Miceli and E. Conrad, *Physical Review B* **96**, 195304 (2017).
- [20] I. Razado-Colambo, J. Avila, D. Vignaud, S. Godey, X. Wallart, D. Woodruff and M. Asensio, *Scientific reports* **8**, 10190 (2018).
- [21] A. Ruammitree, H. Nakahara, K. Akimoto, K. Soda and Y. Saito, *Applied Surface Science* **282**, 297 (2013).
- [22] E. Mostaani, N. D. Drummond and V. I. Fal'Ko, *Physical review letters* **115**, 115501 (2015).
- [23] N. Emery, C. Hérold, J.-F. Maréché and P. Lagrange, *Science and Technology of Advanced Materials* **9**, 044102 (2009).
- [24] N. Emery, C. Hérold, M. d'Astuto, V. Garcia, C. Bellin, J. Maréché, P. Lagrange and G. Louprias, *Physical review letters* **95**, 087003 (2005).
- [25] M. Yamada, T. Hirahara, R. Hobara, S. Hasegawa, H. Mizuno, Y. Miyatake and T. Nagamura, *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **10**, 400 (2012).

(原稿受付日：2020年6月8日)

著者紹介

遠藤由大 Yukihiro ENDO



日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 研究員

〒243-0198

神奈川県厚木市森の里若宮 3-1

TEL: 046-240-3346

e-mail: yukihiro.endo.cd@hco.ntt.co.jp

略歴：2020年東京大学大学院理学系研究科博士課程終了。2020年NTT物性科学基礎研究所研究員。理学博士。

最近の研究：グラフェン層間化合物の超伝導とその構造の解明

趣味：工作。全自動植物育成装置を開発中。

高山あかり Akari TAKAYAMA



早稲田大学理工学術院先進理工学研究科物理及応用物理学専攻 准教授

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

TEL: 03-5286-2981

FAX: 03-5286-2981

e-mail: a.takayama@waseda.jp

略歴：2013年東北大学理学研究科博士課程終了，2018年より現所属（専任講師），2020年より現職。理学博士。

最近の研究：2次元原子層薄膜の物性・構造研究

天然化合物の化学構造多様性を司る酵素の結晶構造解析とエンジニアリング

富田武郎¹, 葛山智久²

¹東京大学生物生産工学研究センター, ²東京大学大学院農学生命科学研究科

X-ray structural analysis and engineering of enzymes responsible for the diversity of chemical structure of natural products

Takeo TOMITA¹, Tomohisa KUZUYAMA²

¹Biotechnology Research Center, The University of Tokyo

²Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

Abstract

天然化合物は微生物や植物等により生合成される複雑かつ多様な化学構造を持つ化合物群である。それらは多様な生物活性を示すことから医薬品, 抗生物質, 農薬等に利用されるものが多数存在し, 我々人類はそれらを有効利用している。多様な酵素が天然化合物の構造多様性を生み出すことが知られているが, 本稿では最近我々が発見した2つの鍵酵素の機能・構造解析と, そのエンジニアリングについて紹介する。

1. はじめに

1-1. 放線菌による天然化合物の生合成

放線菌は土壌を始めとした様々な環境中に生息する細菌群である。バクテリアでありながらカビのように糸状に生育し, 多様な形態分化を起こす特徴を持つ。系統的に高度に多様化した群であり, 約2200種に分類されている。放線菌の注目すべき特徴として多様な天然化合物を生産することが挙げられ, 例えばこれまで発見された抗生物質の多くは放線菌の生産物であるとされている。しかも, 放線菌が生産する多様な天然化合物の生合成には, 一次代謝経路では見られないようなユニークな生合成反応を伴うことも多い。このように「天然化合物の宝庫」ともいえる放線菌であるが, 天然化合物を生産する他の生物と比べ, 比較的培養が容易, 生育が早い, 組換え酵素の *in vitro* 実験がしやすい他, 多種のゲノム情報が蓄積してきた, 遺伝子組換えが可能である等の利点があり, 生合成経路の解明から各酵素の精密な反応機構解析に至るまでの一連の研究を行うのに非常に都合がよい。このような背景から放線菌は天然物生合成研究分野の最先端を牽引する生物群の一つであると言える。

2. ジテルペン合成酵素 CotB2

2-1. シクロオクタチン生合成における CotB2

シクロオクタチンはテルペン化合物の中でも20個の炭素原子から構成されるジテルペンに分類され, 5-8-5員環の環状構造を持つ (Fig. 1)。1992年に Aoyagi らによって放線菌 *Streptomyces melanosporofaciens* MI614-43F2 から単離・精製された化合物で, lysophospholipid の脂肪酸エステル結合を加水分解する lysophospholipase を阻害するこ

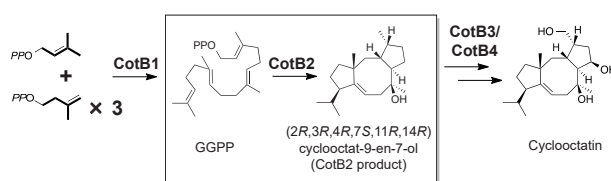


Figure 1 Biosynthetic pathway of cyclooctatin.

とから, 抗炎症活性を示すことが知られている [1]。2009年に我々のグループによって, その生合成経路が解明され, ジテルペン合成酵素 CotB2 が直鎖状の生合成前駆体であるゲラニルゲラニルリニン酸 (GGPP) を基質とし, 6カ所の不斉中心の立体化学を制御しつつ5-8-5員環構造の形成を一挙に行うことが明らかとなった (Fig. 1) [2]。CotB2 がどのようにしてこのような複雑な反応を活性中心内で行っているかに興味を持たれたが, 当時ジテルペン合成酵素の立体構造は未解明であり情報に乏しかったため, 我々はその結晶構造解析に着手した。

2-2. CotB2 の結晶構造解析

大腸菌を用いて生産し, 精製した組換え CotB2 タンパク質の結晶化を行い, セレノメチオン置換タンパク質を用いた Se-SAD 法により構造決定を行った。その後, native タンパク質のリガンドフリー型構造と, 低反応性の基質アナログであるゲラニルゲラニルチオニリン酸 GGSP 複合体の構造を, それぞれ 1.8 Å 分解能で決定した (Fig. 2A) [3]。CotB2 は複数の α -ヘリックスから構成される典型的な terpene cyclase fold 構造を取っており, 二量体を形成していた。各サブユニットに1つずつの活性中

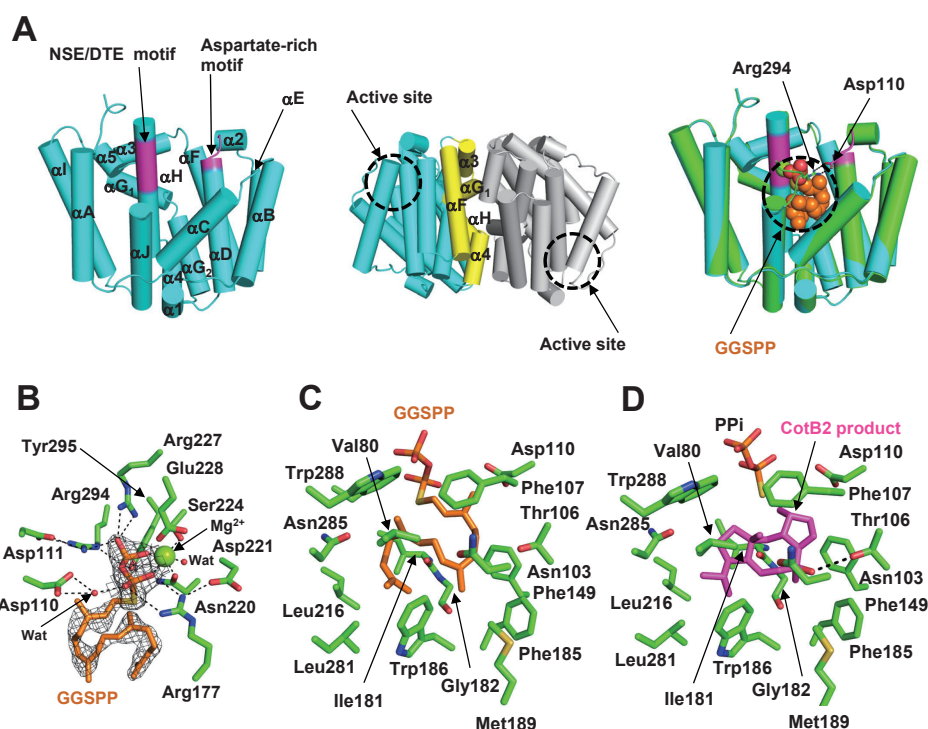


Figure 2 Crystal structure of CotB2. (A) Monomer structure (left), dimer structure (center), and GGSP-bound complex of CotB2 (right). (B) GGSP/ Mg^{2+} -binding site. (C) Interior of the active site recognizing 20-carbon chain of GGSP. (D) Model structure of CotB2 bound with the CotB2 product.

心ポケットが存在しており、その入り口には機能的に必須な保存モチーフであるアスパラギン酸リッチモチーフとNSE/DTEモチーフが存在していた。GGSP 複合体型構造では、GGSP が活性中心内でS字型構造に折りたたまれていた (Fig. 2B)。また、活性に必要な Mg^{2+} イオンは、GGSP の二リン酸基および水分子、NSE/DTEモチーフのAsn220, Ser224, Glu228 と正八面体配位で結合していた。アスパラギン酸リッチモチーフのAsp111はポケットの反対側にあるArg294とイオン結合を形成しており、この活性中心ポケットの蓋となり、外界からの水分子などの攻撃を妨げているように考えられた。アスパラギン酸リッチモチーフのAsp110は他のテルペン合成酵素の構造比較から2, 3番目の Mg^{2+} を結合する役割を持ち、酵素反応の最初のステップである二リン酸とC20のカルボカチオンへのイオン化のトリガーとなることが推測されているが、本構造ではそのような Mg^{2+} は観察されなかったことから、反応開始の一つ前段階をとらえたものと考えている。

さて、S字型に折りたたまれた20個の炭素鎖は興味深いことに複数の芳香族アミノ酸残基、疎水性アミノ酸残基、それといくつかの極性残基により取り囲まれていた (Fig. 2C)。この構造を元にCotB2酵素反応産物であるシクロオクタット-9-エン-7-オールとのドッキングシミュレーションモデルを作製したところ、これらが2つの構造がよく似たコンフォメーションを取っていることがわかった (Fig. 2D)。このことから、本構造がCotB2の活性中心内において表面を構成する残基は反応前にGGPPを反応産物と一部類似した初期コンフォメーションへと誘導してい

ることがわかり、反応機構を考察する上で有用な情報を提供していると考えられた。我々は別途行っていたラベル基質を用いた生化学実験から、GGPPのイオン化の後、反応産物に至るまでの反応カスケードを予想した (Fig. 3) [4]。このカスケードでは、初めにC1位に生じたカルボカチオンがC10-C11の π 電子の攻撃を受けることから始まり、巧妙な多段階連鎖反応により最終的に反応産物に行きつく。この間、C15, C8, C3, C6位のカルボカチオン形成を経由するが、モデル構造においてこれらのカルボカチオンが生じる位置の近傍に芳香族アミノ酸あるいはアスパラギン残基が配置されており、それぞれ π -カチオン相互作用、双極子相互作用を形成し、カルボカチオン中間体の安定化に寄与していると推測された。以上、結晶構造解析によりCotB2が基質であるGGPPを結合して外界から隔離した後、GGPPのイオン化による反応開始に続き、活性中心内での反応初期コンフォメーションの決定と、カルボカチオン中間体の安定化といった一連の流れにより精巧な酵素反応を達成していることのアウトラインを垣間見ることができた。なお、このシクロオクタット-9-エン-7-オールへの複雑で多段階からなる骨格形成反応は、全部で12個の遷移状態を経て生成すること、大きな活性化エネルギーを必要とするステップは無く、室温条件下で円滑に反応が進行すること、反応全体で約40 kcal/molの大きな安定化が起こることが、密度汎関数 (DFT) 法による各中間体および遷移状態の構造最適化とポテンシャルエネルギー計算によってわかっている [5]。

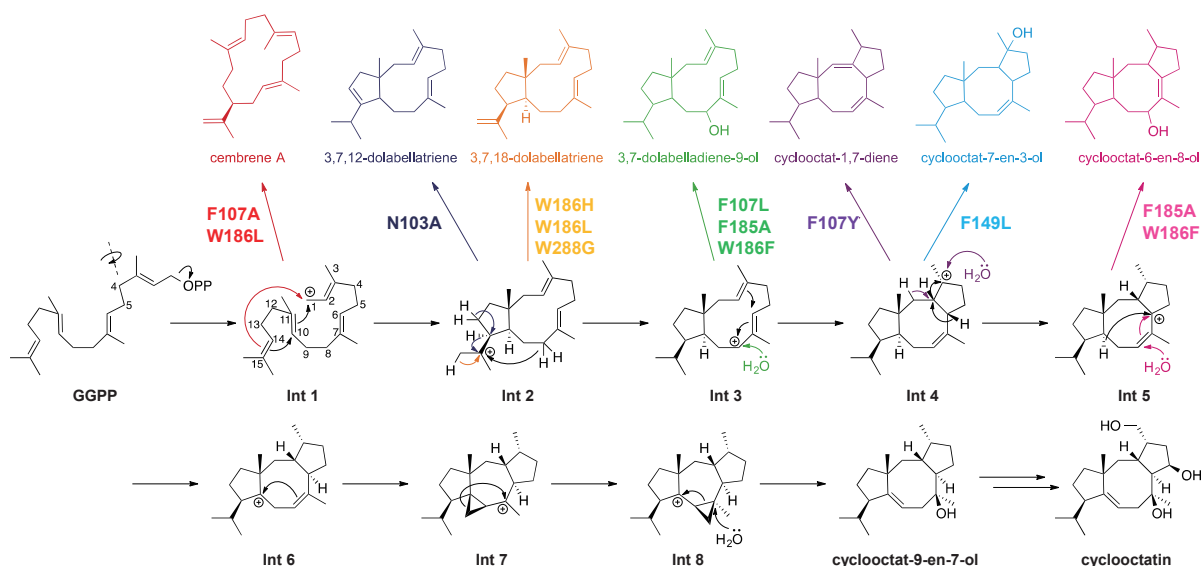


Figure 3 Proposed reaction mechanism of CotB2, and compounds produced via detailed reactions by the CotB2 variants.

2-3. CotB2 の活性中心のエンジニアリング

我々は、結晶構造から得られた推定反応機構と CotB2 の活性中心に関する情報を用いて、反応産物の構造制御ができないか試みた。活性中心の芳香族アミノ酸やアスパラギン残基がカルボカチオンの安定化に寄与していることが推察されたが、我々はこれらを疎水性アミノ酸等に置換することで、芳香族アミノ酸残基の役割を証明すると同時に反応産物を別の狙った化合物へと変化させることができないか実験を行った。その結果、Fig. 3 で示すようにアミノ酸置換によって本来の反応産物であるシクロオクタット-9-エン-7-オールとは異なる構造の反応産物を得ることに成功した。この結果は、芳香族アミノ酸残基が実際に各部位でのカルボカチオンの安定化に寄与していることを支持するものである。例えば、Asn103 残基は C8 位のカルボカチオンの安定化を行っていると考えられるが、これを Ala 残基に置換した N103A 置換体では中間体 Int 2 から C8 位にカルボカチオンを持つ中間体 Int 3 へ進むことができず、近傍にあるヒドリドによるカルボカチオン消去で反応

が停止し、3,7,12-ドラベラトリエンが生成したと考えられる。

近年、多様な生物のゲノム情報が蓄積しつつあり、CotB2 以外のテルペン合成酵素を *in silico* で探索することが可能になってきている [6]。このような探索とウェットな実験での機能証明により新たな化学構造を持つテルペンを合成する酵素が発見されつつある。これらテルペン合成酵素間のアミノ酸配列相同性は低いものの、酵素の基本構造は類似していると予想されることから、今回紹介した CotB2 に関する構造機能研究は、多様なテルペン合成酵素がどのようにして多様な化学構造を持ったテルペンを作り分けているのかを明らかにしていく上での一つの道標を提示したと考えている。

3. カルバゾール骨格形成に関わる環化酵素 CqsB2

3-1. カルキノスタチン生合成における CqsB2

カルキノスタチン A は放線菌 *Streptomyces exfoliatus* 2419-SVT2 から単離された抗酸化作用を示すカルバゾール

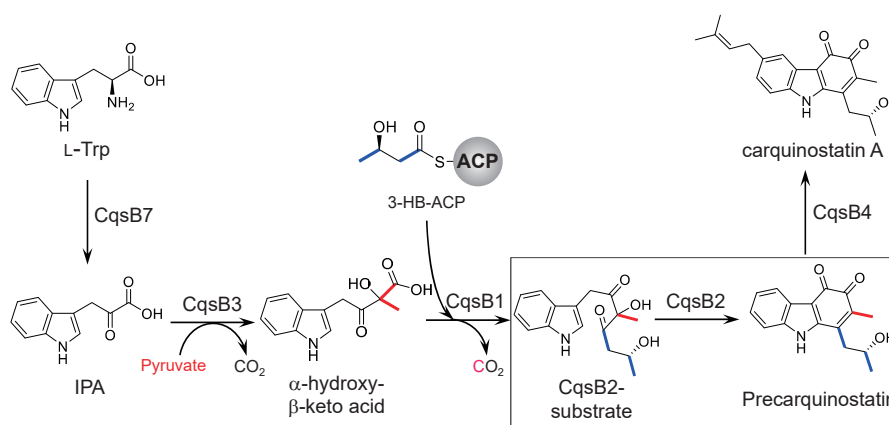


Figure 4 Biosynthetic pathway of carquinostatin A.

アルカロイドである (Fig. 4) [7]。本化合物は、細胞内でフリーラジカル除去剤として働くと考えられており、脳虚血後の神経保護剤や神経変性疾患抑制剤のリード化合物として期待されている。

カルバゾール骨格の生合成に必要な環化反応を触媒する酵素は、インドロカルバゾール生合成における StaP やシアマイシン生合成に関与する XiaI など、ごく少数の酵素が見つかったのみである [8, 9]。そこで我々はカルキノスタチン生合成に関わる遺伝子クラスターを同定し、化合物の異種生産と各生合成遺伝子の欠失、各生合成酵素の生化学解析に基づいてカルキノスタチンの生合成経路を解明し、カルバゾール骨格合成酵素 CqsB2 の機能的特徴を明らかにした (Fig. 4) [10]。その結果、CqsB2 は不安定な生合成中間体上のアシル側鎖部位を環化してカルバゾール中間体 (プレカルキノスタチン) のオルトキノン含有 A 環を形成するというカルバゾール生合成の鍵となる反応を担うことがわかった。CqsB2 はこのような複雑な反応を補因子の補助なしに行っている。我々はこの前例のない酵素反応の反応機構を探るべく結晶構造解析を行うこととした。

3-2. CqsB2 の結晶構造解析

大腸菌を用いて生産し、精製した組換え CqsB2 タンパク質の結晶化を行い、セレノメチオニン置換タンパク質を用いた Se-SAD 法により構造決定を行った。その後、native タンパク質のリガンドフリー型構造と、CqsB2 反応産物であるプレカルキノスタチンとの複合体の構造を、そ

れぞれ 2.1 と 2.2 Å の分解能で決定した (Fig. 5A)。プレカルキノスタチンは放線菌の遺伝子破壊株 ($\Delta cqsB4$) に生産させ、各種クロマトグラフィーによって精製することで調製した。CqsB2 は N 末端アーム (Ser2~Gly57) と C 末端コアドメイン (Gln58~Gly222) から構成されており、同一のサブユニット 2 つからなる二量体構造を取っていた。類似構造検索の結果、CqsB2 の C 末端コアドメインは *Streptomyces glaucescens* 由来の TcmN ARO/CYC や、*Streptomyces coelicolor* A3(2) 由来の WhiE-OrfVI と類似していることがわかった。

プレカルキノスタチン複合体構造は、リガンドフリー型構造とよく似ていた。プレカルキノスタチンは C 末端コアドメインの裂け目に結合しており、そこへ別サブユニットの N 末端アームが覆いかぶさることでポケット内に埋もれていた (Fig. 5A)。ポケット内でプレカルキノスタチンは多くの疎水性残基、極性残基、荷電残基によって取り囲まれていた (Fig. 5B)。CqsB2 の基質である不安定な生合成中間体と共通のインドール環部は Leu83, Trp86, Ile90, Ile115, Tyr130, Tyr144 等による疎水相互作用により認識されていた一方で、反応により新たに形成されるオルトキノン環部分の周辺には疎水性残基だけでなく、His206, Cys132 のような極性残基や Glu105, Glu209 のような荷電残基が存在していたため、これらの残基が触媒反応に重要な役割を果たしていることが推測された (Fig. 5B)。

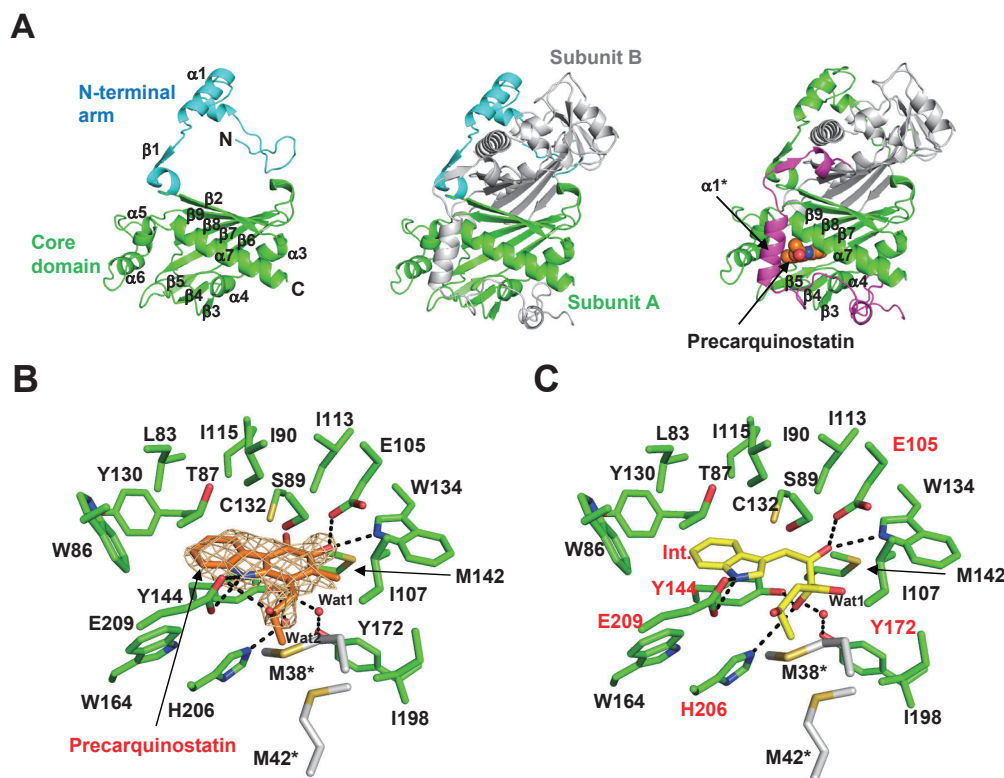


Figure 5 Crystal structure of CqsB2. (A) Monomer structure (left), dimer structure (center), and Precarquinostatin A-bound complex of CqsB2 (right). (B) Precarquinostatin A-binding site. (C) Model structure of CqsB2 bound with the substrate.

3-3. CqsB2 の反応機構解析

CqsB2 の反応機構に関する手がかりを得るために、まずプレカルキノスタチン複合体構造を基に CqsB2 基質との複合体ドッキングモデルを作製した (Fig. 5C)。次に、この構造から重要と考えられたアミノ酸残基の変異体解析を行った。その結果、E105Q/A, Y144A, H206A, E209Q/A 変異体は活性を示さないことがわかった [10]。また、Y172F は顕著な活性低下を示した。このことから、これらの残基が触媒活性に重要な役割を果たしていることが示された。これらの変異体解析と立体構造上の位置関係から、我々は Fig. 6A に示すような推定反応機構を提示した。CqsB2 は基質をその活性中心に結合後、Tyr144, Tyr172 に配位した水分子によるプロトンの引き抜き、Glu105 によるエノラートの安定化、C4a-C9a の π 電子による C1 カルボニルへの攻撃による環形成を促進する。続いて、His206, Glu209 によるオキシアニオンへのプロトン供与、His206 に配位した水分子によるプロトンの引き抜き、C1-C9a での二重結合形成、C1 での脱水が起こる。C2 ヒドロキシ基のプロトン化とともに C4 への水分子の攻撃により芳香族環が形成され、それに伴って C2 における脱水が起こる。最後にケト-エノール互変異性によりカテコール部位を有する還元型プレカルキノスタチンが生成し、好気条件下では自動酸化によりプレカルキノスタチンへと変換される。

3-4. カルキノスタチン類縁体の化学構造多様性の拡張

次に、この生合成系がカルバゾール化合物の構造多様性の拡張に応用できないか試みた。我々は、3つの生合成酵素 CqsB3/1/2 を用いた *in vitro* 酵素反応により、インドールピルビン酸 (IPA) およびピルビン酸、3-ヒドロキシブチリル ACP (3-HB-ACP) からプレカルキノスタチンを合成することに成功していたが、ここで使用する基質を構造の異なるものに置換して同様の実験を行った。その結果、オルトキノロン環上の官能基が伸長した新奇カルバゾール化合物を創出することに成功した (Fig. 6B)。このことは CqsB3/1/2 各酵素が構造の異なる基質を受け入れ、反応しうることを示しており、今後酵素機能改変等を通してカルバゾール化合物の構造多様性や生物活性を創出することが期待される。

4. おわりに

放線菌は多様な天然化合物を生産している。我々は、これらの生合成の鍵となる酵素を発見し、その詳細解析を行い、機能改変・応用へと繋げることを目指している。本稿では、最近行った研究のうち2つの実施例を紹介した。それらはいずれも、シンプルな直鎖状構造を決まった複雑な環構造へと導くものであり、そこには高度に洗練された反応機構が存在している。結晶構造解析は酵素による反応機構を明らかにするためのきわめて強力な手段であり、最近

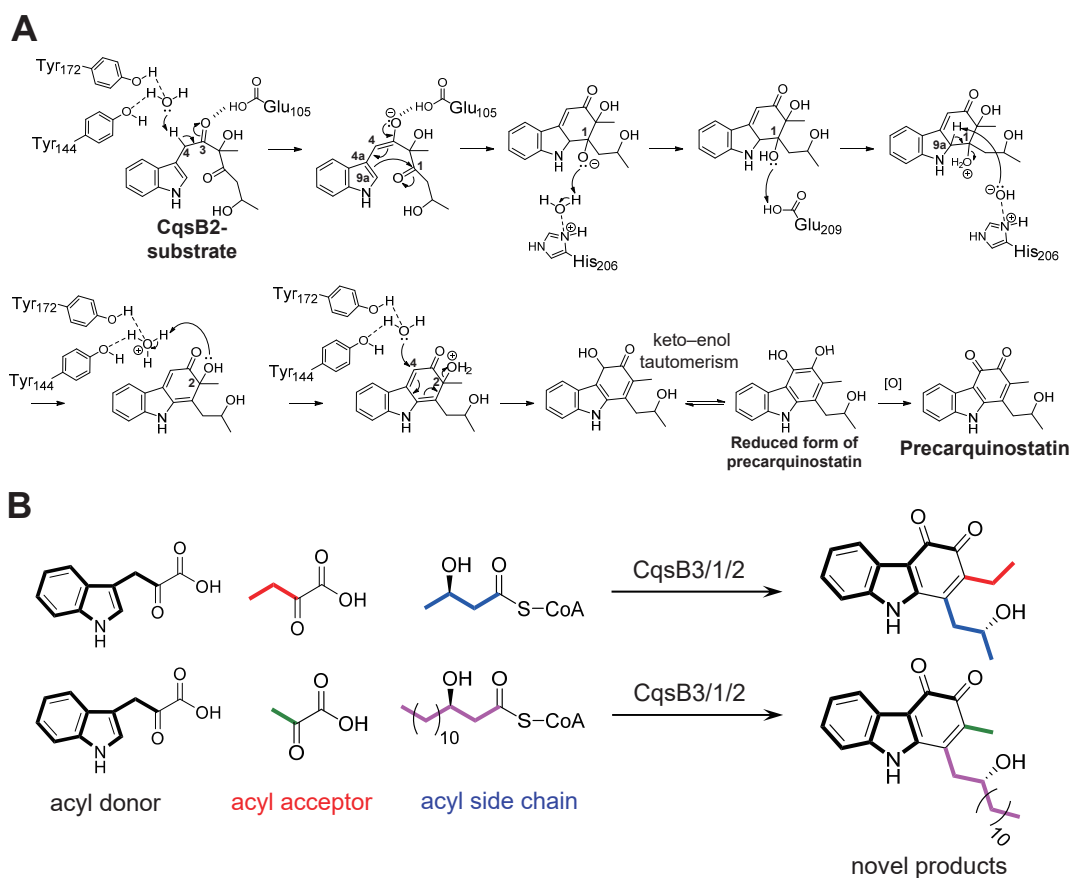


Figure 6 (A) Proposed reaction mechanism of CqsB2. (B) Chemo-enzymatic synthesis of novel carbazole compounds by *in vitro* CqsB3/1/2 reaction.

は結晶構造をベースとした計算化学解析を行うことで、より精密な議論をすることも可能になってきている [11]。自然界にはいまなお生合成経路が未解明の天然化合物が多く存在しており、複雑な化学構造を形成するためのユニークな酵素が山のように埋もれていると考えられる。これら酵素一つ一つの発見を化学構造多様性の拡張まで応用展開させることが、そう難しいことではない時代が近づいてきている。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、KEK-PFのスタッフの方々には大変お世話になりました。皆様にご心より深く御礼申し上げます（放射光共同利用実験課題番号 2010G004, 2012G019, 2014G106, 2016G162, 2018G047）。この研究は、科学研究費助成事業の新学術領域研究（研究領域提案型）「生物活性物質構造多様性創出システムの解明と制御」と「生物合成系の再設計による複雑骨格機能分子の革新的創成科学」の助成を受けて行われました。

引用文献

- [1] T. Aoyagi, T. Aoyama, F. Kojima, S. Hattori, Y. Honma, M. Hamada, and T. Takeuchi. *J. Antibiot.* **45**, 1587 (1992)
- [2] SY. Kim, P. Zhao, R. Sawa, T. Tomita, M. Nishiyama and T. Kuzuyama. *Chem. Biol.* **16**, 736 (2009).
- [3] T. Tomita, SY. Kim, K. Teramoto, A. Meguro, T. Ozaki, A. Yoshida, Y. Motoyoshi, N. Mori, K. Ishigami, H. Watanabe, M. Nishiyama, and T. Kuzuyama. *ACS Chem. Biol.* **12**, 1621 (2017).
- [4] A. Meguro, Y. Motoyoshi, K. Teramoto, S. Ueda, Y. Totsuka, Y. Ando, T. Tomita, SY. Kim, T. Kimura, M. Igarashi, R. Sawa, T. Shinada, M. Nishiyama, and T. Kuzuyama. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **54**, 4353 (2015).
- [5] H. Sato, K. Teramoto, Y. Masumoto, N. Tezuka, K. Sakai, S. Ueda, Y. Totsuka, T. Shinada, M. Nishiyama, C. Wang, T. Kuzuyama, and M. Uchiyama. *Sci. Rep.* **5**, 18471 (2015).
- [6] Y. Yamada, T. Kuzuyama, M. Komatsu, K. Shin-ya, S. Omura, D. E. Cane, and H. Ikeda. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **112**, 857 (2015).
- [7] K. Shin-ya, M. Tanaka, K. Furihata, Y. Hayakawa, and H. Seto. *Tetrahedron Lett.* **34**, 4943 (1993).
- [8] A. Howard-Jones, and CT. Walsh. *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 12289 (2006).
- [9] H. Li, Y. Sun, Q. Zhang, Y. Zhu, S. Li, A. Li, and C. Zhang. *Org. Lett.* **17**, 306 (2015).
- [10] M. Kobayashi, T. Tomita, K. Shin-ya, M. Nishiyama, and T. Kuzuyama. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **58**, 13349 (2019).
- [11] K. Raz, R. Driller, T. Bruck, B. Loll, and D.T. Major. *Beilstein J. Org. Chem.* **16**, 50 (2020).

(原稿受付日：2020年6月17日)

著者紹介

富田武郎 Takeo TOMITA



東京大学 生物生産工学研究センター
特任准教授

〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

TEL: 03-5841-3069

FAX: 03-5841-8030

e-mail: uttomi@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

略歴：2000年東北大学理学部化学科卒業、

2006年東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了、
博士（農学）取得、2006年東京大学生物生産工学研究センター研究機関研究員、2006年同助手、2008年同助教、
2020年現職

最近の研究：栄養シグナルによる微生物の代謝中枢の調節機構

趣味：ストレッチ、ジョギングによる代謝活性化

葛山智久 Tomohisa KUZUYAMA



東京大学 大学院農学生命科学研究科
教授

〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

TEL: 03-5841-3080

FAX: 03-5841-3080

e-mail: utkuz@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

略歴：1990年東京大学農学部農芸化学
科卒業、1995年東京大学大学院農学生命科学研究科応用
生命化学専攻博士課程修了、博士（農学）取得、1995年
東京大学分子細胞生物学研究所助手、2003年文部科学
省長期在外研究員（米国 The Salk Institute for Biological
Studies）、2004年東京大学生物生産工学研究センター助教
授、2007年同准教授、2019年現職

最近の研究：生物活性天然化合物の生合成研究

趣味：旅行、ドライブ

火星コア物質の音速測定に成功～火星コアの組成と火星の起源解明に向けて～

2020年5月13日

東京大学

東北大学

大阪大学

高エネルギー加速器研究機構

高輝度光科学研究センター

■発表のポイント

◆日本が世界に誇る川井型マルチアンビルプレスを用いた高圧発生技術、SPring-8/JASRI および高エネルギー加速器研究機構 フォトンファクトリーの放射光X線により、火星コアの最上部に相当する20万気圧2000度という高圧高温の極限条件下で、液体鉄-硫黄合金の音速（地震波速度）の精密測定に世界で初めて成功しました。

◆従来、火星由来とされる隕石の化学組成から、火星コアは鉄-硫黄合金で出来ていると考えられてきました。現在稼働中のNASAの火星探査機「インサイト」によって、火星コアの地震波速度が測定され、それが本研究で得られた音速と一致すれば、その仮説を実証できます。

◆一方、一致しない場合は、火星の起源を考え直す必要があります。地球のように、原始火星にも微惑星の衝突があったとすれば、コアには別の不純物が含まれている可能性もあります。火星の衛星フォボス・ダイモスの巨体衝突起源説の検証を目的の1つとしている、JAXAの火星衛星探査計画MMXとも関連があります。

本研究成果は国際科学雑誌『Nature Communications』に5月13日に掲載される予定です（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200513web.pdf>をご覧ください）。

新機構が生み出す過去最小の磁気渦粒子を発見 - 超高密度な次世代情報担体としての活用期待 -

2020年5月19日

東京大学

理化学研究所

科学技術振興機構

物質・材料研究機構

高エネルギー加速器研究機構

■概要

理化学研究所 創発物性科学研究センターの Nguyen Duy Khanh 特別研究員（現所属：東京大学物性研究所）、中島

多朗研究員（現所属：東京大学物性研究所）、于秀珍チームリーダーと、東京大学の関真一郎准教授（JST さきがけ研究者兼任）、有馬孝尚教授、十倉好紀卓越教授らの研究グループは、物質・材料研究機構、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所との共同研究を通じて、既知の化合物では過去最小となる直径1.9 nmの磁気スキルミオン（磁性体の中で現れる渦巻き状のスピン構造）を観察することに成功しました。スキルミオンは、幾何学的に保護された安定な粒子としての性質を持つため、次世代の情報担体の候補として盛んに研究が行われています。従来、スキルミオンを生み出すには、対称性の低い結晶構造が必要であると考えられてきましたが、本研究では動き回る電子が媒介する新機構を活用することにより、対称性の高い希土類合金中で過去最小のスキルミオンを実現することに成功しました。今回の発見は、極小サイズのスキルミオンを生み出すための新しい物質設計指針を与えており、超高密度な情報素子への展開に役立つことが期待されます。

本研究成果は2020年5月18日に英国科学誌「Nature Nanotechnology」に掲載されます（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200520.pdf>をご覧ください）。

遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功 - 重い元素の示す奇妙な振る舞いの理解に向けて -

2020年6月4日

東京大学

高エネルギー加速器研究機構

理化学研究所

■概要

東京大学 物性研究所の平井大悟郎助教、廣井善二教授、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の佐賀山基准教授、理化学研究所 創発物性科学研究センターの Gao Shang 研究員、放射光科学研究センターの大隅寛幸専任研究員、東京大学大学院 新領域創成科学研究科の有馬孝尚教授（理化学研究所 創発物性科学研究センターチームリーダー）らの研究グループは中国のグループと協力して、遷移元素を含む物質の中に出現することが予測されていた多極子の秩序を世界で初めて観測しました。

白金などの原子番号の大きな遷移元素の中では、相対論的效果によって電子は特殊性質を示すことが近年認識されるようになってきました。多極子の秩序は、この特殊性質によって現れる特徴的な現象として予測されていました。しかし、これまでは多極子の観測に適した研究対象物質が見つかっていなかったこと、および、その観測が難し

いことから、明確な実験的証拠が得られていませんでした。

本研究では、レニウムという重い遷移元素を含む物質に目を付け、純良な結晶に放射光X線を照射することで、原子の位置を1兆分の1メートル（1ピコメートル）という超高精度で測定しました。その結果、予測されていたクローバー型の多極子の整列を観測することに成功、加えて予測されていなかったダンベル型の多極子の整列を発見しました。

原子番号の大きな遷移元素中の電子の特殊性質は、スピントロニクスなどの分野で利用されています。本研究によってこの性質の理解が深まると、よりよい材料の設計指針を立てたり、新しい動作原理を提案したりすることが可能になると期待されます。

本研究成果は、米国物理学会学術誌「Physical Review Research」の2020年6月5日付けオンライン版に速報記事として公開される予定です（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200604.pdf>をご覧ください）。

結晶構造解析の自動化～ブラックボックス最適化により熟練者を上回る解析精度を達成～

2020年6月5日
高エネルギー加速器研究機構
産業技術総合研究所
総合研究大学院大学
科学技術振興機構

■概要

高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所量子ビーム連携研究センターの小野寛太准教授を中心とするKEKおよび総合研究大学院大学の研究グループと、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センターの大西正輝社会知能研究チーム長を中心とする研究グループは共同で、数理最適化の一手法であるブラックボックス最適化手法を用いて、物質・材料研究に必要な不可欠な粉末X線回折（PXRD）パターン解析を自動化・高効率化する手法を開発しました。

PXRD法は、物質・材料の機能と性質を支配する結晶構造の情報を得ることができる、物質・材料研究において最も広く利用されている分析手法の一つです。PXRDの測定結果から結晶構造の情報を得るためには、リートベルト精密化法が広く用いられています。この方法には本来の目的である結晶構造情報以外にも多くのパラメータが含まれ、それらの調整に大きな労力が必要とされています。

本研究では、このような状況が機械学習におけるハイパーパラメータ最適化問題と類似していることに着目し、同問題に対して有効なブラックボックス最適化手法をリートベルト精密化法に応用することで、PXRDパターン解析を

効率化する手法を開発しました。本手法を用いることにより、熟練者を超えるフィッティング精度と解析速度が得られるだけでなく、熟練者がとる典型的な手順では到達できなかった結晶構造の候補を発見することにも成功しました。

本研究のアイデアは、解析結果に影響するパラメータが手作業で調整されている解析手法に応用可能であり、さまざまな分野における計測・シミュレーションデータ解析の効率化が期待できます。さらに、人間の思考の癖や思い込みを排除することで新しい解釈が導かれることも期待され、今後の物質・材料研究の加速と物理現象の理解への貢献が期待されます。

この研究成果は、英国の学術誌「npj Computational Materials」に6月5日オンライン掲載予定です（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200605.pdf>をご覧ください）。

原子サイズの凹みを持つ金属酸化物クラスターによる分極の誘発とアルカンの臭素化に対する反応性の制御に成功

2020年6月9日
金沢大学
立命館大学
高エネルギー加速器研究機構
科学技術振興機構

■概要

金沢大学 理工研究域物質化学系の菊川雄司准教授、林宜仁教授の研究グループは、立命館大学 総合科学技術研究機構の片山真祥准教授および生命科学部応用化学科の稲田康宏教授、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の山下翔平助教らと共同で、原子1個分の凹みを持つ半球状バナジウム酸化物クラスターに分極活性化された臭素分子を挿入することで、アルカンの臭素化の反応性を制御することに成功しました。臭素分子の分極を分光学的に観測した世界初の成果です。

天然ガスや原油などに多く含まれるアルカンから有用な化成品原料への変換が容易になれば、化学産業・工業の原料として資源の効率的な利用が可能となります。臭素化によって選択性を高めることが鍵となりますが、アルカンは反応性に乏しいことから、反応性の乏しいアルカンを部分的に官能基化するには、適切な反応場を開発する必要があります。

本研究では、ナノサイズの特異的な電荷分布を持ち、半球状のお椀のような構造がつぶれたり膨らんだりする特徴を持つ半球状バナジウム酸化物クラスターに着目し、凹みの中に臭素分子を挿入することで、臭素分子が分極されることを見いだしました。分極した臭素分子はペンタン、ブタンおよびプロパンといったアルカンを臭素化し、通常の

臭素分子による反応とは異なる生成物の選択性を示すことが明らかとなりました。

これらの知見は将来、小分子の分極化材料や高機能性触媒の設計に活用されることが期待されます。

本研究成果は、2020年6月8日にドイツ化学会誌『Angewandte Chemie International Edition』のオンライン版に Accepted Article として掲載されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200609.pdf> をご覧下さい）。

原子が振動しながら共有結合が形成されていく様子を直接観測～光化学反応において、初期の構造変化を10兆分の1秒単位で追跡～

2020年6月23日
高エネルギー加速器研究機構
高輝度光科学研究センター

■概要

高エネルギー加速器研究機構（KEK）、韓国科学技術院（Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST）、韓国・浦項加速器研究所（Pohang Accelerator Laboratory, PAL）、理化学研究所（理研）、高輝度光科学研究センター（JASRI）は、日韓2つのX線自由電子レーザー（XFEL）施設を用いて、振動を伴って共有結合が形成されていく過程を、初めて直接可視化することに成功しました。

これは、KEK 物質構造科学研究所の野澤俊介准教授、深谷亮特任助教、一柳光平研究員、足立伸一教授、KAIST の Kim Jong Goo 博士、Ihee Hyotcherl 教授、理研 放射光科学研究センター ビームライン研究開発グループの矢橋牧名グループディレクター、JASRI XFEL 利用研究推進室の片山哲夫主幹研究員らを中心とした共同研究グループの成果です。本研究は、KEK の放射光実験施設フォトンファクトリー・アドバンストリング（PF-AR）で行われた研究を基盤として、理研のXFEL施設SACLAとPALのXFEL施設PAL-XFELを利用して行われました。この研究は、2015年に科学雑誌Nature誌に掲載された同研究グループによる研究成果を、さらに精密に解析した続編になります。本成果は、Natureのオンライン版（英国時間6月24日16時、日本時間6月25日0時）、印刷版（6月25日付け）に掲載されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200625.pdf> をご覧下さい）。

スピンのねじれが起こす電子の変位を発見～マルチプローブが明らかにするマルチフェロイックの微視的発現機構～

2020年7月2日
高エネルギー加速器研究機構
東北大学

■概要

東北大学 多元物質科学研究所の大学院生 石井祐太氏（研究当時、高エネルギー加速器研究機構（KEK）博士研究員を経て現在は東北大学 大学院理学研究科 助教）、木村宏之教授、KEK 物質構造科学研究所の佐賀山基准教授、中尾裕則准教授、岡部博孝特別助教（研究当時）、幸田章宏准教授、および門野良典教授らの研究グループは、スピンの配列と強誘電性が強く結びつくマルチフェロイック物質 YMn_2O_5 において、強誘電性のミクロな発生機構を放射光X線とミュオンの協奏的利用により明らかにしました。

YMn_2O_5 では、横滑りらせん（サイクロイド）型という特殊なスピン配列の発達と共に強誘電性が現れることが知られています。本研究では、放射光による共鳴X線散乱（RXS）とミュオンスピン回転（ μ SR）を用いて YMn_2O_5 中の酸素イオンのスピン偏極を詳細に調べ、サイクロイド型スピン配列の発達に伴って陽イオンのマンガンから陰イオンの酸素への局所的な電子移動が起きることを発見しました。このような電子の変位は強誘電性を誘起するので、マルチフェロイック物質の強誘電性の発現に電子変位が寄与していることを実験で確認した初めての例となりました。

通常、スピン偏極の観測には、磁化測定や中性子散乱などの手法がよく使われます。しかし、酸素のような陰イオンで生じるスピン偏極は、大きさや密度が小さいために上記の手法では観測が困難です。本研究では酸素を狙い撃ちできるRXSと μ SRを協奏的に組み合わせることで、その空間配置を定量的に評価することに成功しました。これまで観測が困難であった物質中のミクロな現象を捉える上で、マルチプローブ利用が極めて有効であることも同時に示されました。

本研究の成果は米国現地時間の6月29日、学術誌Physical Review Bに掲載され、重要な成果として顕彰されるEditors' suggestion（注目論文）に選ばれました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200702.pdf> をご覧下さい）。

先端 X 線分析により原発事故由来の不溶性セシウム粒子の生成・放出過程を解明

2020 年 7 月 21 日

東京大学

金沢大学

筑波大学

高輝度光科学研究センター

日本原子力研究開発機構

電力中央研究所

高エネルギー加速器研究機構

■概要

不溶性セシウム粒子 (CsMP) は、FDNPP から放出された RCs を濃集する微粒子であるが、環境中で採取された数が少ないため、その形成・放出過程、周辺での分布状況、形状や元素組成の系統的理解は進んでいなかった。また、微粒子であるため分析可能な手法が少なく、その完全な性状解明は未だ途上にある。東京大学 大学院理学系研究科の三浦輝大学院生 (研究当時: 修士課程 2 年)・栗原雄一特任研究員 (研究開始時)・高橋嘉夫教授らの研究グループは、効率的な分離手法 (粒子を水に懸濁させて二分割し放射能測定を繰り返す) を開発し、道路粉塵などの環境試料から 67 個に及ぶ多数の CsMP を分離することに成功した。さらに同研究グループは、放射光施設 (SPring-8 および高エネルギー加速器研究機構 フォトンファクトリー) で進める最先端 X 線分析 (マイクロ X 線 CT 分析, マイクロビーム蛍光 X 線分析) を適用することで、主に 50 ~ 400 μm の CsMP (Type-B, 1 号機由来) の内部構造・空隙率や微量元素比を明らかにし、その結果を数 μm の球状粒子である Type-A の CsMP (2, 3 号機由来; 主に 2 号機とみられる) の結果と比較した。その結果, CsMP (Type-B) には球状と不定形の 2 種の形状があり、これらは最大で 50% に及ぶ空隙率を示した。また空隙率を補正した正味の体積当たりの ^{137}Cs 放射能は、球状 Type-A 粒子 > 球状 Type-B 粒子 > 不定形 Type-B 粒子であり、マイクロビーム蛍光 X 線分析から得られた揮発性元素と非揮発性元素の比も考慮すると、(i) 球状粒子は原子炉内気相中で生成した球形シリカ (SiO_2) 粒子が揮発性元素を取り込んだもの、(ii) 不定形粒子は原子炉内の構造物上でメルトが冷えて生成したもので、であると推定された。これらは、CsMP の生成過程、各号機から外部への放出過程、環境中での分布状態の解明に資するとともに、今後の我が国の原発の安全な廃炉作業の推進にも貢献する (この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200721.pdf> をご覧下さい)。

ハンブルクに滞在して

加速器第6研究系 阿達正浩

2019年5月から2020年3月にかけて、家族とともにドイツ連邦共和国で2番目に人口の多い都市ハンブルク市に渡り、お隣のシェネフェルト市にあるEuropean XFEL GmbH（以下EXFELと記す）[1]に研究滞在した。

ハンブルクにあるDeutsche Electron Synchrotron (DESY)を始点としシェネフェルトを終端とする、全長3.4 kmの自由電子レーザー (FEL) 施設が市街地の地下に掘削されたトンネル内に設置されている。施設全長の半分を占める超伝導加速空洞を備えた直線加速器によって、FEL施設としては世界最高エネルギーとなる17.5 GeVの電子ビームが作り出され、加速器から枝分かれするように掘削されたトンネル内で稼働するアンジュレータによって電子ビームからFELが作られ、FELのみが実験ハッチへ輸送される。

建設済みの5箇所の直線部トンネルのうち3箇所が、すでにアンジュレータが設置され、稼働している。SASE1, 2では波長0.05 nm (25 keV) から0.4 nm (3 keV)の硬X線を、SASE3では0.4 nm (3 keV) から4.6 nm (0.27 keV)の軟X線を作り出している。電子ビームは繰り返し周波数10 Hzで生成される電子パルス(バンチ)から成り、各バンチから2,700個のFELパルスが生成され、実験ハッチには最高で毎秒27,000個のFELパルスが供給される。

現在、加速器を含めた光源開発と、実験ハッチを含む利用ビームラインの開発を続けながら、挿入光源が未設置の残る2箇所の直線部SASE4, 5で展開するサイエンスと光源についての検討が進められている。高電子エネルギー特性を活かして、THzから100 keVに渡るFEL利用可能エネルギー域の驚異的な拡張でサイエンスをさらに広げることが狙った案など、興味深い議論が続けられている。私はEXFEL光源グループの一つ、Simulation for Photon Field (SPF) グループに滞在し、将来光源開発に関する研究協力をしながらFEL設計技術について学んだ。

さて、ドイツでの生活を通して多くの経験を積ませていただいたので、この場を借りて紹介させていただきたい。これから渡航を検討されている方々の一助になれば幸いである。

90日間で日本国パスポートがドイツでの滞在許可証としての効果を失う。さらに長期滞在するには家族全員の滞在許可証が必要となる。そのためには、住居を探し、住民票を取り、子供の学校を決め、滞在許可証を申請するといった流れになる。しかし、家族構成や滞在期間はもとより、申請場所や担当者によっても(担当者のその日の気分にもよるとのアドバイスも頂いたが)必要書類が変わる。どうやらドイツでは担当者に大きな裁量があるようだった。そ

のような次第で、申請場所を変えるなど、申請が通るまで何度もトライするつもりで通った方がよいと考えるに至った。

私はほぼ全ての手続きをDESY International Office (DESY-IO) と Housing Office (DESY-HO), EXFEL HR Team を中心に頼って進めたが、気づけば90日間の期限が間近に迫る中、不安を感じながら申請を終えることができた。この遅れはハンブルクの住居事情が大きな要因の一つで、近年大幅に増加している移住者によって空き物件数の不足が続いているとのことだった。渡航前に下見のスケジュール調整まで済ませた方がよいとの助言が、物件を探す間、度々思い起こされた。

さて、住居探しは、DESY-HOに希望を記した申請書を送り、希望に沿った物件リストを紹介してもらうことから始まる。その後、物件オーナーに依頼して下見をする。家賃に含まれる電気代や水道代の金額、インターネット環境の有無、郵便物の受け取り方、地下倉庫の有無、水やお湯がちゃんと出るかどうか、暖房などの付帯設備がきちんと動作するかどうかなどなど、私の入居当時は気づかなかった様々な点も含めて下見の時に確認したい。なお、家具無し物件では、流し台を含むキッチン一式も無いことが一般的とのことなので注意したい。

下見ののち、契約書を受け取り、DESY-HOのスタッフとともに契約内容を確認してから契約/入居となる。契約書は手書きを交えてドイツ語のみで書かれていることが一般的で、よほどドイツ語に堪能でなければDESYを介さない賃貸契約はハードルが高い。

渡航後2週間ほどで物件を決めたものの、入居は5月末になった。ドイツの集合住宅では、共同の洗濯機、共同の洗濯物干し部屋を使うことも多いようだ。しかし、1台の洗濯機を小さなノートでスケジュールを管理してシェアすることに不安を覚え、地下の暗い洗濯物干し部屋におのき、キッチンに洗濯機を入れてもらうことにした。しかし、設置工事はなかなか終わらず、入居日が延び、契約書の取得日が延びた。なお、入居時には前払いの家賃に加えて、家賃3ヶ月分ほどの敷金などが必要となるので、それなりの金額を準備しておく必要がある。

住民票の申請のため、研究所からの招聘状やドイツ国内の保険会社の医療保険加入証明書などといった各種証明書を携えて地区の役所を訪ねた。ここでまず驚かされたのはエレベーターである(図1)。扉の無い2人乗りほどの小さな箱の連なりが2系統、エスカレーターのように常に上下方向に動いており、タイミングを見計らって飛び乗り、目的の階で飛び降りる。子供にはちょっとしたアトラクションだ。乗ろうとした箱に人が乗っている場合もあるので要注意だが、とにかく沢山の箱が巡ってくるので慣れると使いやすい。



図1 エスカレーター風エレベーター

住民票を取得すると、学齢期の子供はハンブルクの教育システムに自動登録される。後日、学校を選んで入学許可証を取得するように教育機関から通知が届く。同僚からいろいろな助言を得つつ、DESY-IOを訪ねて教育機関に問い合わせてもらいながら近隣の学校を絞り込んでもらい、学校に電話で事情を伝えてもらい、受け入れのための面接を予約してもらった。その後、DESY-IOスタッフの通訳に助けられつつ面接を終え、晴れて入学許可を得た。幸い近所の学校に受け入れてもらえたが、年齢などの条件によっては電車を30分以上乗り継いでドイツ語を話せない子供向けの学校に行く必要があった。

息子が通った小学校は、4年生までが在籍するGrundschuleと呼ばれる公立小学校だった。日本の小学校との様々な違いに戸惑う日々だったが、1時間目の後からお昼までの休み時間に食べるお弁当（家でも朝食を食べる）、教室には自分の決まった席は無く毎日好きな席に座ることができること、そして毎週金曜日はぬいぐるみやレゴ、ポケモンカード、ベイブレードなどのおもちゃを持参することがOKなど、多くの事に驚かされた。ちなみに、教室には様々な席が用意され、窓の外を向いた席までであった（図2）。クラスメートの年齢は様々で、基本となる年齢に対して1-2歳前後して学年を選ぶことができるようだった。

必要書類が揃い、DESY-IOからハンブルク市庁舎の裏手にあるWelcome Centerの申請予約をしてもらい、当日家族揃って申請を終えた。なお、申請時には指紋情報を登録するので、家族全員で訪れる必要がある。

ようやくもらえた滞在許可証を手取得までの苦勞が思い起こされるとともに、日本滞在中に在東京ドイツ大使館で滞在許可証を取得しておけばよかったと後悔の念がよぎ



図2 黒板では無く外を望む席

った。

滞在中の生活で、あらためてそのありがたみに気付かされた事は多いが、銀行口座とハンブルクの公共交通機関は特にそう思う。銀行口座を作ると、家賃を手渡しや国際送金ではなく自動送金で支払うことができ、現地小学校の給食費、医療費の支払い、そしてEXFELのエスプレッソ代などもすべてオンラインで済ませられる。ハンブルクの公共交通機関は非常に発達していて、車の運転に気後れした私には、通勤をはじめとした生活の足になった。滞在期間が長く利用頻度が高ければHVVカードの利用がおすすめである。電車や地下鉄、バス、フェリーといった公共交通機関が、購入カテゴリーに応じた区域、時間帯で乗り放題となる。ちなみに私の場合は月90ユーロほどのカテゴリーを選び、ハンブルクからEXFELまでの移動もそれに頼った。渡航後しばらくはバス運転手から切符を購入していたが、お釣りが不足で硬貨を要求されることが多かった。HVVカードを入手してからは硬貨を用意しておかなければならない煩わしさから解放された。ただし、街中のトイレは有料が多く、結局のところ硬貨から完全に解放されることは無い。

1月末にドイツで最初の新型コロナウイルス感染例が報道された。そして、2月末にはハンブルクでも最初の感染例が確認された。3月からは急速に感染が拡大し、それとともに規制が強化されていった。そのような中、DESYやEXFELもキャンパスが閉鎖され、執行職員などごく少数の限られたスタッフ以外の立ち入りが禁止された。帰朝前の数週間は、市中のお店が次々に閉店となり、開店しているスーパーやドラッグストア、薬局では、長期保存食品や生活備品の陳列が減り、レジスタッフを感染から守るための透明プラスチック板が設置され、入店制限も始まった。普段は日本の通勤電車さながらに混雑する通勤バスは閑散とし、運転手側の入口は閉め切られたうえに、車内はロープで仕切られて運転手側には立ち入れなくなった（図3）。非常事態であることを十二分に感じさせられる中、帰朝のために数ヶ月前に購入した航空便は欠航となり、代わりに



図3 運転手側への立ち入りが制限されたバス車内

急遽購入し直した航空便も欠航となり、さらに購入した便も搭乗前に急に欠航になるなど、非常事態故の苦労が絶えなかった。DESY, EXFEL, KEK, そして現地の友人からの励ましの言葉に支えられながらなんとかハンブルクを飛び立ち、乗り継ぎ空港までたどり着いた。そして、搭乗口近くの窓の外に駐機している機体に ANA のマークを目にした時は、涙が出る程嬉しく、安心した。

波乱万丈なドイツ滞在でしたが、かけがえの無いたくさんの経験を積むチャンスを頂きました。この場を借りて、関係者の皆様に感謝申し上げます。

References

- [1] <https://www.xfel.eu/>
- [2] <https://www.desy.de/>
- [3] <https://www.hvv.de/en>

PF ユーザーが科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者に選ばれました

文部科学省から、令和2年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者の決定についての発表がありました。詳細は <https://www2.kek.jp/imss/news/2020/topics/0407MEXTAwards/> をご覧下さい。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 百生 敦氏

東北大学 多元物質科学研究所の百生敦 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「X線位相イメージング法の開拓およびその応用に関する研究」です。

X線位相イメージングは、X線が波である性質を利用し

た手法で、医療でよく使われている吸収イメージング（いわゆる「レントゲン写真」）では見えにくいもの、特に軽元素から構成されている生体軟部組織を従来の数百倍程度の感度で見ることができます。百生教授は、株式会社 日立製作所 基礎研究所の研究者だった1990年ごろに、当時 PF にあった日立製作所のビームラインで手法開発に取り組み、1990年代半ばに、世界で初めて放射光を利用したX線干渉計を用いた位相イメージングCTに成功しました。

この手法を実用的にするのに大きな役割を果たしたのが、フォトンファクトリー（PF）のBL-14に設置されている世界で唯一の「垂直ウィグラー」です。通常の放射光は横長のビームで波の振動方向は水平方向に揃っていますが（水平偏光）、垂直ウィグラーの放射光は縦長で垂直偏光した光のため、重力や床の振動の影響が小さい実験配置が可能になるからです。これを利用した大型分離型干渉計はBL-14Cに設置され、世界で唯一実用的な撮像が実現できています。

最近では、BL-14Cのもう一つの特徴である白色光を利用してX線回折格子位相イメージング法の開発と応用研究に取り組んでいます。この手法の最大の特徴は、実験室のX線源を用いた装置化が可能なこと、医療や非破壊検査等への応用が進んでいます。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 加藤 昌子氏

北海道大学大学院 理学研究院 加藤 昌子 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「環境感応型クロミック金属錯体の開発と光機能に関する研究」です。

加藤教授は、外部環境に応じて発光する金属錯体を多数開発しています。PFおよびPF-ARにおいても放射光を用いたXAFS法やX線回折法を用いて、開発した材料の構造的な評価を行っています。平成29年度から開始した加藤教授が領域代表を務める新学術領域研究「ソフトクリスタル」では、自治医科大学の佐藤 文菜 講師を研究代表とする研究グループが、PF-ARのNW14Aを用いてX線分子動画像撮影法によるソフトクリスタルの外場応答過程の観測に取り組んでおり、物構研の福本 恵紀 特任准教授、足立 伸一 教授ら多くの物構研スタッフが研究に参加しています。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 工藤 昭彦氏

東京理科大学 理学部 第一部応用化学科 工藤 昭彦 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「水素製造と二酸化炭素資源化のための人工光合成光触媒の研究」です。

工藤教授は、太陽光による水の分解反応を利用した人工光合成の構築について研究を進めており、光触媒材料開発の世界的な第一人者です。PFおよびPF-ARにおいても、主にXAFS法を用いて、開発した光触媒の構造的な評価を行っています。中でも、2003年に発表した高効率で水

を分解する光触媒の局所構造に関する論文は 1200 を超える高い被引用数（2019 年 6 月現在）を誇っています。平成 29 年度から開始した新学術領域研究「革新的光物質変換」では、物構研の野澤俊介准教授を研究代表とする研究グループと共同で、PF-AR の NW14A を利用し、時間分解 XAFS 法による光触媒反応の可視化に取り組んでいます。

令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 飯村 壮史氏

東京工業大学 元素戦略研究センターの飯村 壮史 助教は、令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞に選ばれました。業績名は「鉄系高温超伝導体の電子相図に関する研究」です。

飯村助教は、鉄系高温超伝導体 $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{H}_x)$ について、ランタン (La) と酸素 (O) が作る層において酸素を水素 (H) に置換し、電子濃度を上昇させることにより従来知られていなかった「第 2 の超伝導相」を発見しました。これが発端となって、この第 2 の超伝導相とその周りの電子相についての研究が急速に進展し、物構研との共同研究へと発展しました。共同研究では J-PARC MLF BL21 高強度全散乱装置 NOVA で水素を含む結晶構造・磁気構造の解析のほか、J-PARC MLF ミュオン D1 実験装置にてミュオンスピン緩和を利用した磁気相図決定も行うなど、物構研のマルチプローブを活用しています。尚、このマルチプローブ研究は、物構研 構造物性研究センター（2020 年 3 月に発展的改組）に置かれた元素戦略プロジェクト副拠点 電子材料研究グループ (PL: 村上 洋一 教授) において進められました。

令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 本多 智氏

東京大学大学院 総合文化研究科 本多智 助教は、令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞に選ばれました。業績名は「高分子形状の組換えに基づく機能性材料の研究」です。

高分子形状を組換えする方法論の開発は国内外で盛んに行われてきました。しかし、高分子形状の違いを活かした実用的新素材の創出と、環境にやさしく生活環境でも簡便に利用可能な高分子形状操作法の開発が課題となっていました。本多助教は、高分子鎖を集団化して高分子形状の効果を増幅させることで、実的に重要な機能を示す材料の開発を達成してきました。また最近では、いつでもどこでも誰でも生活環境で簡単に高分子形状を組換えられる高分子形状初期化法を考案・実現しました。また、高分子形状初期化法のコンセプトを検証する上で重要な役割を果たしたのが、物構研の高木 秀彰 助教らと共同で実施した放射光 X 線小角散乱法による分析でした。

PF トピックス一覧 (5 月～7 月)

PF のホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PF に関する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

2020 年 5 月～7 月に紹介された PF トピックス一覧

- 5.13 【プレスリリース】火星コア物質の音速測定に成功～火星コアの組成と火星の起源解明に向けて～
- 5.19 【プレスリリース】新機構が生み出す過去最小の磁気渦粒子を発見 - 超高密度な次世代情報担体としての活用に期待 -
- 5.21 【トピックス】私にスピンをわからせて！～第 6 回「電子以外のスピンって？」～陽子の巻 (上)
- 6.4 【プレスリリース】遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功 - 重い元素の示す奇妙な振る舞いの理解に向けて -
- 6.5 【プレスリリース】結晶構造解析の自動化～ブラックボックス最適化により熟練者を上回る性能を達成～
- 6.9 【プレスリリース】原子サイズの凹みを持つ金属酸化物クラスターによる分極の誘発とアルカンの臭素化に対する反応性の制御に成功
- 6.16 【物構研トピックス】PF ユーザーの東京大学などの研究グループ、四極子による磁気異方性のメカニズムを解明
- 6.23 【プレスリリース】原子が振動しながら共有結合が形成されていく様子を直接観測～光化学反応において、初期の構造変化を 10 兆分の 1 秒単位で追跡～
- 7.2 【プレスリリース】スピンのねじれが起こす電子の変位を発見～マルチプローブが明らかにするマルチフェロイックの微視的発現機構～
- 7.13 【トピックス】総研大の大学院説明会をオンラインで開催
- 7.21 【プレスリリース】先端 X 線分析により原発事故由来の不溶性セシウム粒子の生成・放出過程を解明

PF-UA 報告（今年度の活動）

庶務幹事 植草秀裕

ご存知のように新型コロナウイルス感染症対応で2020年度PF、PF-AR第1期運転（4-7月）が中止になりました。PF-UAはその重い決断を受け入れ再開に向けてサポートすることを発表しています。その後のPFのご尽力で6月後半の2週間に運転が実施されました（PFのみ）。感染症対応はPF-UA会員の皆様の普段の生活・研究・教育にも大きな影響があったことと思います。2019年度量子ビームサイエンスフェスタも中止となり、それに伴いPF-UA総会も延期となり会員の皆様にはご迷惑をおかけしております。このような状況ではありますが、PF-UAは清水会長のもと、ユーザーの皆様の御協力をいただきながら第三年目を迎え、ユーザーを取り巻く環境の変化に注意しながら活動を進めて参ります。

2019年度はPF-UA幹事会・運営委員会に関する内規を整備し成立や遠隔会議、メール審議などを明確に規定しました。現在のような対面会議が難しい状況では重要な内規です。また、PF-UAに関係する研究会などのサポートの一環として、研究会等の活動を支援する内規を整え、実際にPF研究会に支援を行いました。この支援に興味をお持ちの会員はぜひご連絡ください。

本来でしたら総会でご報告するべきところでしたが、1月にPF-UA次期会長選挙が行われ、高橋嘉夫会員が次期会長に選出されました。次期会長の任期は2021年度～2023年度の3年間です。

2020年度PF-UAは引き続き、下記の活動を行う予定です。

- 1) 会則・細則の英語化
- 2) Webの整理と英語ページの作成
- 3) 後期に次期運営委員の選出に関する手続きを開始する

今期は延期されている総会の開催、秋季に幹事会・運営委員会の開催を予定しております。PF-UAはUG活動を活性化し、サポートをしてきたいと考えています。また、ユーザーの皆様の声を施設側に届けることはPF-UAの大きな役割です。PF-UAの活動について、ご意見がございましたら、PF-UA事務局にご連絡いただけましたら幸いです。今後ともPF-UAへのご参加、ご支援よろしく申し上げます。

鉱物・合成複雑単結晶ユーザーグループ活動紹介

熊本大学先端科学研究部 吉朝 朗
東北大学理学研究科 栗林貴弘
東北大学金属材料研究所 杉山和正
KEK 物構研 熊井玲児

はじめに

本ユーザーグループでは、放射光X線の特長とBL-10Aに設置されたシンチレーション検出器を用いた単結晶X線回折法の優位性を利用した結晶学的研究手法により、天然産物質である鉱物や優れた物性を発現する物質、新物質・新鉱物の結晶構造決定や精密構造解析を主流として、d電子等の電子密度分布、欠陥構造、格子振動特性、相転移機構、物性の発現機能などの研究が行われています。洗練された単結晶回折実験による電子密度分布決定や電子軌道の観測、キラリティーや対称中心存在の有無の判定、空間群の再調査と相転移、多様な物理現象の発現機構を結晶化学的方面から解明するなど、物質現象の本質を結晶構造解析から明らかにするための多様な研究が行われています。結晶内に内在する内因的・外因的要因による多くの情報が結晶内に含まれています。これらの情報解読には高い精度での測定が必要で、測定分解能の向上やノイズの低減が成果を左右します。このグループでは、ダイヤモンドアンビルセル等による超高圧実験、低温・高温実験、雰囲気変化実験、強磁場・電場印可実験などの測定により、物理的・化学的条件を変えた観測が広く試みられています。極微小結晶や特異な構造を有したものの観測には、現在の限界を超えての観測域を広める技術的な試みや開発努力が続けられています。放射光X線とシンチレーション検出器を用いた単結晶X線回折法の特長を最大限引き出したビームラインとして新鉱物・新規物質の探索も含めて次世代の研究者の育成にも努めています。

最近の研究から

BL-10Aでの単結晶X線回折実験による最近の成果の例を紹介します。茨城県日立鉱山から発見された珍しい化学組成 $Pb_5Bi_2Te_2S_6$ を持つ鉱物が、新しいタイプの結晶構造をもつ新鉱物であることが公表されました[1]。この鉱物は、国際鉱物学連合の新鉱物、鉱物の記載や分類に関する委員会において審査され、2018年6月に新鉱物として承認を受け、日立鉱（hitachiite）と命名されました。茨城県からの新鉱物の発見は初めてです。この研究成果は、鉱物学分野で最も権威ある英国の学術雑誌「Mineralogical Magazine」に掲載されました。日立鉱山不動滝鉱床は5.3億年前に生成された日本最古の鉱山の一つです。不動滝鉱床は、海底熱水鉱床を起源とする鉱床であることから、海

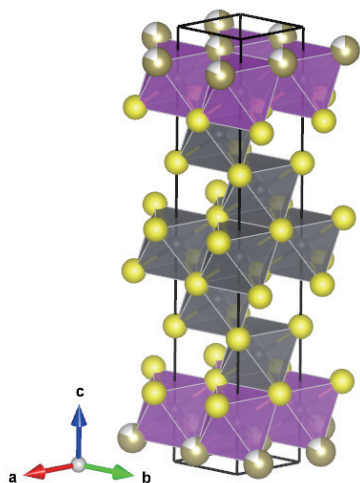


図1 新鉱物「日立鉱」 $Pb_5Bi_2Te_2S_6$ の結晶構造図[1]。硫黄に囲まれた灰色の鉛多面体層が Bi_2Te_2S 層に挟まれた構造。関連構造を示す $Bi_2Te_2S \cdot nPbS$ の式で日立鉱は $n = 5$ で、 PbS 層が5層挟まれている。

底で形成される熱水鉱床には日立鉱が普遍的に存在すると考えられ、地球科学的な見地から、鉱床の生成環境の研究に役立つことが期待されます。この新鉱物は貴重・微量・極微小で、重金属元素（PbとBi）を含むため実験室では構造解析が難しく、BL-10Aの装置が役立ちました。この鉱物に関連した構造群は化学組成と結晶構造に基づく考察（図1）から、 $Bi_2Te_2S \cdot nPbS$ （ $n = 5$ が日立鉱）で表されることが明瞭になりました。前述の式に基づく $n = 3$ および4の鉱物は未発見で、新たな鉱物種として発見される可能性が残されています。

次に、第三の結晶構造を持つ単体ヒ素（As）のユニークな構造と極めて重要な電子構造が明らかにされた研究例を紹介します[2]。国立科学博物館のグループは大分県でこれまでに知られていなかった単体ヒ素の鉱物を発見しpararsenolampriteと命名し国際鉱物学連合の認定承認を得ました。この鉱物の構造は不明であったのでBL-10Aの装置を用いた単結晶回折実験により、構造が解明されました[2]。この構造は（図2）、白リン構造部（高压相）と黒リン構造部（低压相）が原子レベルで規則配列（混在）した構造で、化学結合論的に極めて重要な構造です。第一原理

計算によるシミュレーションでこの構造の最適化により、結合軌道の混成様式の再現や物性の予測が行われました。この構造では、白リン構造部位と黒リン構造部位はそれぞれ正と負に帯電し、同元素間で電子の供与・授与が起っています。第一原理計算から白リン構造部位と黒リン構造部位の電子状態の違いはd軌道の混成の違いにより現れることが明らかにされました。このd軌道の寄与は層間距離を変えることや双晶によりコントロールできます。グラフェンに対応する単層リンが量子デバイスとして注目されていますが、このヒ素結晶は量子物性分野において新たな可能性を切り開く物質です。シミュレーションでは、間接ギャップを有する半導体で特別な面内異方性を持っており、オプトエレクトロニクスと機能デバイスに潜在的な用途があることが示されています。

おわりに

放射光X線の特長とシンチレーション検出器を用いた、このビームラインでの単結晶X線回折実験は、多様な重要成果が得られおり、今日でもその存在意義は大きいと思います。今回折系は設置後かなりの年月が経過しているため、普段から交換すべき物品の確保やメンテナンスなどに努めています。波長選択可能装置による異常分散項の利用による近接イオン種の席選択性の決定など、日本における本装置の存在価値は高く、装置の高度化へ向けても展望をたてたいと願っています。この装置はユーザーフレンドリーではなく、活用には結晶学の知識が必要です。若手研究者や学生の基礎科学力の向上に適した面が強くあります。教育的サポート体制の維持や多岐にわたるユーザーネットワークを広げる努力も続けています。

[1] Hitachiite, $Pb_5Bi_2Te_2S_6$, a new mineral from the Hitachi mine, Ibaraki Prefecture, Japan, T. Kuribayashi, *et al.* Mineralogical Magazine, volume **83**, (2019), 733–739. doi:10.1180/mgm.2019.45

[2] Natural arsenic with a unique order structure: potential for new quantum materials. A. Yoshiasa, *et al.*, Scientific Reports, volume **9**, (2019) Article number: 6275 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42561-8>

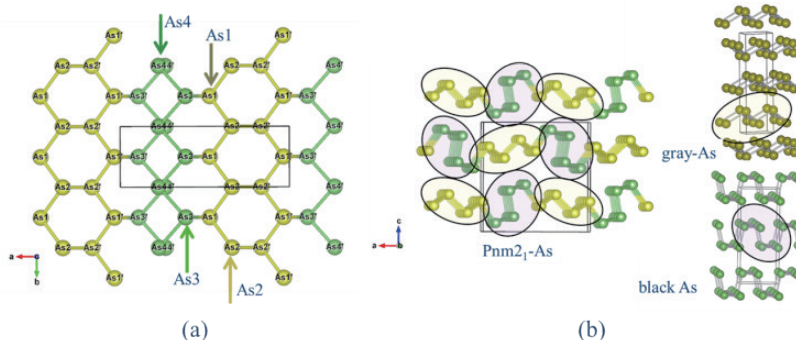


図2 第三の単体ヒ素の構造。白リン構造部位と黒リン部位が規則配列し、同元素間で電子の供与・授与が起り、それぞれの部位は正と負に帯電している[2]。

物質物理ユーザーグループ活動紹介

広島市立大学情報科学研究科 八方直久
京都大学産官学連携本部 福田勝利
日本製鉄(株) 村尾玲子
東北大学金属材料研究所 杉山和正

はじめに

物質物理 (Materials Physics) ユーザーグループ (UG) は、旧 BL-3A で利用していた 3 軸 4 円回折計や表面回折計の BL-6C への移設に伴い結成され、2007 年より実験を開始しました。災害などによる一時的な中断もありましたが、14 年目を迎えることができました。物質物理・物質化学的な放射光研究を通じて、新規材料開発を目指し、結晶構造と物性・機能との相関を調べるなどの基礎研究を推進しています。発足 5 年目の 2011 年夏に 1 度目のユーザーグループ紹介をさせていただきましたので、その後の約 10 年間、特に最近 5 年間程度の研究を中心に紹介させていただきます。

本 UG では、研究の多様性のため、実験技術ごとに小グループを作り、物質物理的な研究を展開する研究者をサポートしています。長らく、共鳴磁気散乱、蛍光 X 線ホログラフィー、表面回折、動的構造解析、精密構造解析の 5 つの小グループを構成して活動を行ってききましたが、2 年ほど前から、「共鳴磁気散乱」小グループの活動は、装置が共通の「精密構造解析」小グループに引き継がれ、現在は 4 つの小グループで活動しています。本 UG 代表も佐々木聡 (当時、東工大) より、奥部真樹 (当時、東北大) を経て、現在は広島市大の八方直久に引き継がれました。小グループ数は一つ減りましたが、課題数は 10 年前の 7 課題程度から 15 課題程度へと倍増しています。詳しくは小グループごとの記事で紹介いたしますが、科研費・新学術領域「3D 活性サイト科学」(2014-2018 年度) により、「蛍光 X 線ホログラフィー」小グループのユーザーが、この課題増加に貢献しています。

旧 BL-3A からの移設当初は、光学系レイアウトの制約から高エネルギー X 線の集光が困難でしたが、2014 年度

には分光器とミラーが上流に移設され、二結晶モノクロメータとシリンдриカル・ベントミラーで構成されるフルスペックの 2 次元集光単色 X 線ビームラインとなりました。各小グループが、それぞれの測定機器の保守・高度化を行うと共に、ビームラインの保守・高度化を協力して行なっています。ビームライン制御 PC の OS の変更 (マイクロソフト社のサポート終了に伴う Windows 7 から Linux への変更) とソフトウェア整備 (STARS や、XAFS 測定ソフトなど)、一部のハードウェア整備を、KEK の協力を受けて行うことができました。この整備によって、ユーザー持ち込み PC のビームラインへの LAN 接続が容易になり、各小グループが X 線ビームのエネルギー制御を含めた独自のソフトウェア開発を行なっています。新型コロナウイルス対策のためにも、今後、より一層のリモート化を推進していく予定です。

蛍光 X 線ホログラフィー小グループ

蛍光 X 線ホログラフィー法は、単結晶中の特定元素周辺の 3 次元原子配置を可視化する方法で、十数近接原子までの原子位置とそのゆらぎについて詳しい情報を得ることができます。単結晶試料の方位を変化させて、特定元素から発する蛍光 X 線の 2 次元強度変化を観測してホログラムを記録し (図 1(a)), フーリエ変換を計算することにより、特定元素周辺の 3 次元原子イメージをモデルフリーで得ることができます。蛍光 X 線ホログラフィー小グループ (代表: 広島市立大学情報科学研究科, 八方直久) では、この約 10 年間に 8 組の新規ユーザーを受け入れ、それに伴う装置開発も行ってきました。2014 年度に、科研費・新学術領域「3D 活性サイト科学」(代表: 奈良先端大, 大門寛先生) が採択され、8 組のうち 6 組の新規ユーザーは、この新学術領域より参入しました (計画班から 3 組, 公募班から 3 組)。

特に、バイオ試料の測定に力を入れ、ヘモグロビンのホログラム測定に成功しました。従来の測定装置を用いた場合、ヘモグロビンなどのバイオ試料では X 線が透過するため、その透過 X 線が試料背面の回転ステージで散乱され、ホログラムの質を著しく低下させました。試料ホルダの改

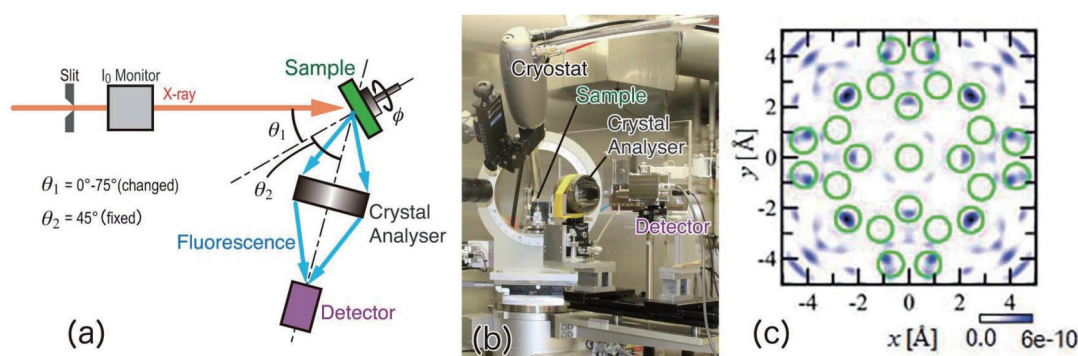


図 1 (a) 蛍光 X 線ホログラフィー測定の模式図, (b) バイオ測定用セットアップ, (c) ミオグロビンの Fe 周辺の原子像

良などを試みましたが問題は解決せず、最終的にサークル型回転ステージを用いて、試料背面の散乱体を排除するセットアップ(図1(b))を完成させることで、良質なホログラムを取得することができました。ヘモグロビン中のヘム鉄は16種類の向きを持ち、本手法では、その16種類の合成を観測することになるため、従来の再生法では原子像を見ることができませんでした。その後、ヘモグロビンよりも構造が単純なミオグロビンについて、結晶の対称性を利用した工夫をすることで鉄の周りの窒素原子を何とか再生(図1(c))するところまで漕ぎつきました。まだ、新たな知見を得られる段階には至っていませんが、測定対象を広げるために、意義のある研究テーマであると考え、今後、他のバイオ試料の測定を行うとともに、像再生アルゴリズムの開発を行っていく計画です。

また、無機材料についても、軽量高強度材料、シンチレータ材料、インバー合金、トポロジカル絶縁体、太陽電池材料、超伝導材料など、多くの分野の測定を行ってきました。これまで測定が難しかった比較的軽元素のカルシウムやカリウムのホログラムを得るために、新しい結晶分光器の開発も行い、カルシウムをドーパントとする材料の測定にも成功しました。今後も、装置の高度化(測定温度範囲の拡大、微量試料の測定、測定の高速度と自動化など)を進めていく予定です。

表面回折小グループ

表面回折グループ(代表:京都大学産官学連携本部, 福田勝利)では、全反射条件(すれすれ入射)下における物質表面部で起きる回折現象を利用し、薄膜材料や物質最表面を調べています。薄膜4軸回折計を用いた表面回折法に放射光の特性を活かし、無機・有機単分子の構造解析からエピタキシャル成長薄膜の解析や電池化した際の電気化学反応との相互解析など、物質科学的側面から応用面にかけて幅広く研究を進めています。最近の成果としては、ルテニウム金属ナノシート(単分子)を2層重ねてから還元することで通常のhcp金属には見られない特異なAAスタックが存在することを発見しています。これをPF内の他のビームラインの光電子分光測定と合わせて解析すること

で、金属原子層の厚みによって引き起こされる金属-絶縁転移のメカニズムについて考察することができました。また、MXenesに代表される炭化物二次元材料の中でも最薄となる、 Mo_2C ナノシートの構造解析にも成功してきました。その他、酸化チタン系や粘土系など新規合成したナノシートの構造解析も進めています。電気化学測定との連携については、 $\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ ナノシート(図2参考)や MoS_2 の電気化学特性と構造の関係などについても成果が得られています。

動的構造解析小グループ

動的構造解析小グループ(代表:日本製鉄(株), 村尾玲子)では、試料水平型の多軸回折計(注1)に高温雰囲気炉や、電気化学反応セルを搭載して様々なin situ X線回折測定実験を行い、材料・プロセスの基礎基盤研究からイノベーションまで幅広い分野の研究に取り組んでいます。近年は、製鉄、製鋼プロセスに関する高温反応の素反応解析や溶液中腐食反応解析を中心に行っています。

製鉄プロセスは固-液-気共存の不均質非平衡反応が特徴です。例えば、高炉原料である焼結鉱の製造プロセスでは、10 mm以下の鉄鉱石(粉鉱)と石灰石、粉コークスを少量の水を添加して作製した造粒物をコークスの燃焼により高温まで加熱します。 $\text{CaO-Fe}_2\text{O}_3$ 系の共晶温度(1480 K)以上の高温で数分間保持することで、 Ca-Fe-O 系の酸化物融液が生成し液相焼結が拡散律速で進行します。融液から生成する多成分カルシウムフェライトが鉄鉱石粒子同士を接着することで、高炉で求められる強度や通気性、被還元性を持つ焼結鉱ができます。実際には不純物(Al_2O_3 , SiO_2 など)や粒度分布、温度分布、酸素分圧などの影響で様々な反応が進行します。このような複雑な反応の解析には、in situ測定が欠かせません。実工業プロセスに近い反応条件での解析はもちろんですが、様々な因子がどのように作用するのかを調べるために局所反応を模擬して因子毎に素反応解析を行うことが重要です。図3(a)の $\text{CaO-Fe}_2\text{O}_3$ 擬二元系状態図に示した組成比($\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CaO}=90:10$ 重量比)となるように Fe_2O_3 , CaCO_3 試薬粉末を混合し、昇温速度30 K/minで加熱した時のXRDパターンの温度変化

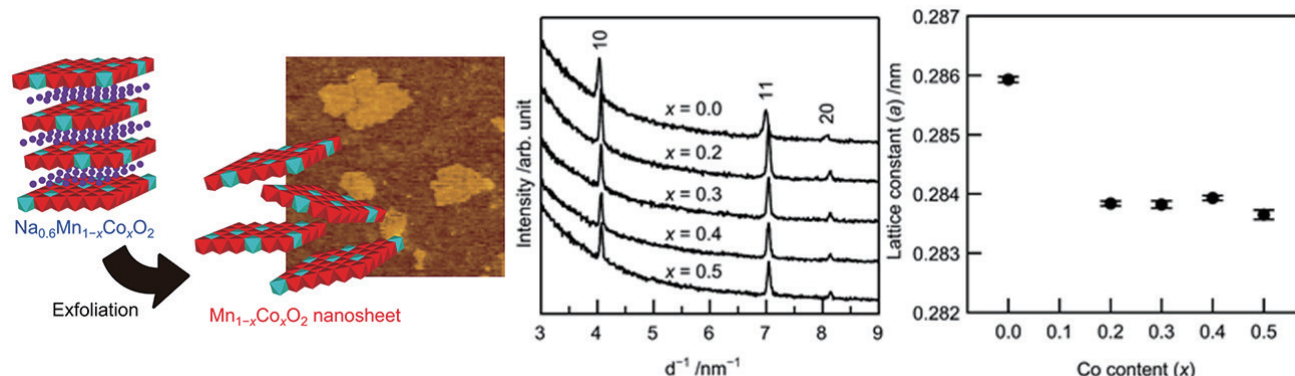


図2 酸化マンガン/コバルトナノシート単分子(図左)とそれらの面内回折パターン(図中央)とa軸の値(図右)

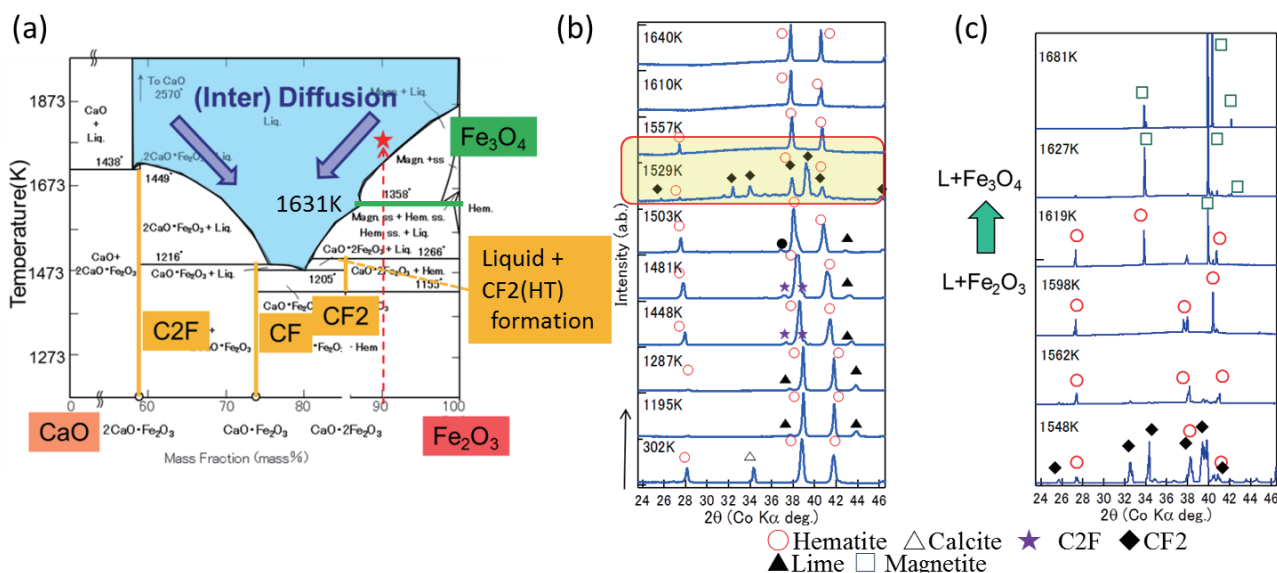


図3 (a)CaO-Fe₂O₃ 擬二元系状態図および 10CaO-90Fe₂O₃ の昇温過程の XRD パターン (b) 大気, (c) N₂-4%O₂ 雰囲気

が図 3(b)(c) です。1000 K 付近から CaCO₃ の脱炭酸により CaO が生成し、1448 K では Ca₂Fe₂O₅ の生成が観測されます。1529 K で融液生成によるハローパターンが観測され、液相による拡散の進行により高温相の CaFe₄O₇ の生成が急速に進みます。さらに高温では Fe₂O₃ と融液の固液共存となります。平衡状態図では 1631 K で Fe₂O₃-Fe₃O₄ 相変態がありますが、大気中、昇温速度 30 K/min では 1650 K 以上に到達しても Fe₃O₄ の生成が観測されませんでした。一方、酸素濃度 4% 雰囲気では、Fe₃O₄ への相変態を明瞭に観測できました。このように in situ 測定で得られた基礎知見と、熱分析、高温組織観察などの分析手法を相補に組み合わせ、焼結反応の CCT (連続冷却変態曲線: Continuous Cooling Transformation) 図の作製に取り組んでいます [1]。(日本鉄鋼協会 澤村論文賞を受賞)

また、2014 年度に行われた集光ミラー移設によりカットオフ問題が解消され、X線エネルギー 19 keV 程度の中エネルギー領域まで使用できるようになりました。これにより、透過法での測定など分析方法の幅が広がりました。

注 1) 本回折計は民間共同研究で設置した装置で、現在のところ、日本製鉄(株)・高エネ研との共同研究でのみ利用が可能となっています。

引用文献

[1] M. Kimura and R. Muraio, ISIJ int., **53**, 2047 (2013).

精密構造解析小グループ

精密構造解析小グループ(代表: 東北大学金属材料研究所、杉山和正)では、主に X線異常散乱法 (AXS) を用いた単結晶構造解析を行っています。AXS 測定には (株) リガク AFC-5 型 4 軸回折計を用い、Si(111) モノクロメータで入射 X線のエネルギーを選択しています。また、偏光因子による高角側での回折強度の減衰を避けるため、ダイ

ヤモンド移相子を用いて入射 X線を円偏光に変換します。

天然鉱物中の微量元素の存在様式の決定を試みました。Andalusite (Al₂SiO₅) に Mn が固溶したものは viridine と呼ばれエメラルドグリーン~黄色の着色を示します。原子番号の近接する Mn および Fe を識別して存在形態を議論するためには、たとえ隣り合う原子番号の元素であっても確実にその分布状態を決定できる AXS が有効です。AXS 測定には Mn K 吸収端エネルギー (EM_n) - 25 eV および EM_n - 150 eV の単色 X線を用いました。測定結果から viridine 中の Mn (Mn₂O₃: 6.5 wt%) の分布状態を決定し、Mn が andalusite 構造中の 6 配位席 (M1 席) を占有していることを明らかにしました。また、Fe (Fe₂O₃: 1.3 wt%) についても同様に Fe K 吸収端近傍での AXS 測定を行い、M1 席と 5 配位席である M2 席の両方に分布していることを明らかにしました。ただし、Fe 含有量が少ないことから Fe の電子密度分布に十分な精度がなく、占有率を議論するまでには至っていません。この点について、AXS による分布状態の決定と XAFS 法のような元素選択性がある局所構造解析手法を組み合わせることで、結晶構造中の各微量元素の存在様式をより精密に決定することが可能であると考えています。

また、Al-Co-Pd 系合金にみられる擬マッカイクラスターの化学組成および原子配列に着目し、多面体配列における元素分布の解明を目的とする AXS 実験を行っています。

おわりに

物質物理ユーザーグループの活動を支えてくださっているユーザー各位、PF スタッフの皆様へ感謝いたします。この記事を書きかけに、多くの皆様に BL-6C での実験、蛍光 X線ホログラフィー、表面回折、高温雰囲気炉や電気化学反応セルを用いた X線回折、X線異常散乱に興味を持っていただき、研究活動に参加していただければ幸いです。

構造物性ユーザーグループの紹介

広島大学先進理工系科学研究科 松村 武
物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門
山崎裕一
東京大学新領域創成科学研究科 有馬孝尚

1. 構造物性ユーザーグループの目的と概要

X線は100年以上前から結晶中の原子の配列を調べるために利用されてきました。放射光X線の特長を利用すると、いわゆる結晶構造だけでなく、電子密度や電子スピンの空間配列(電子自由度構造)を決定することができます。構造物性ユーザーグループ(UG)は、物質の性質と電子自由度構造との関連性を解明する研究を推進するために、情報を交換するとともに必要なハード・ソフトウェアを計画・整備し共有化するために作られました。さらに、本グループは、SPring-8を主に利用する研究グループや中性子やミュオンを利用する研究グループとも協力することにより、幅広い観点から研究を推進することを目指しています。

放射光X線の特長を活かした構造物性研究といっても、どのような物質の性質に着目しているかに応じて、結晶表面の原子配列解析、電子密度分布の解析、電子スピン配列解析、微小結晶の構造解析、格子振動の解析など、さまざまな手法が用いられることとなります。したがって、PFあるいはPF-ARにおいて本UGが利用するビームラインは、3A, 4B2, 4C, 8A, 8B, 11B, 11A, 13A, 16A, NE1A, NE5Cと多岐にわたっています。

一般的に、原子配列や電子密度分布に関する放射光X線研究では、光子エネルギーの高い放射光X線を用いることの利点が大きく、SPring-8の利用価値が高くなります。一方、電子スピンの空間配列(磁気構造)に関する研究では、共鳴散乱実験が有力な手法となるため、各元素の吸収端に合わせて比較的低い光子エネルギーのX線を用いる必要が出てきます。

以下では、本UGの最近の成果のうち、磁気構造研究に関する代表的なものを2つ紹介します。

2. 変形コメ格子反強磁性体 $Gd_3Ru_4Al_{12}$ における三量体形成 [2018G039][2015S2-007]

近年、スピンの互いに平行や反平行に並ぶ単純な磁気秩序を取らない特殊な磁性体が注目されています。このような磁気構造が形成されると、その上を流れる伝導電子も影響を受けて電気伝導の異常となって現れます。逆に、伝導電子もまた、スピン秩序をもたらす相互作用そのものを担っており、特異な磁気構造の形成と伝導電子の波動関数の総合的理解は重要テーマとなっています。こうした研究を進めていく上で、BL-3Aでの低温強磁場を利用した共鳴・非共鳴磁気散乱実験は極めて重要な役割を担っています。

本課題で取り上げた $Gd_3Ru_4Al_{12}$ では、三角形を頂点共有した二次元ネットワーク上にスピン $S=7/2$ を持つ Gd イオンが配置され、最近接の3個の Gd が合成スピン $S=21/2$

の三量体を形成するというめずらしい物質です。 $S=21/2$ のスピンは 18.5K と 17.5K で2段階の磁気相転移を起こします。これがどのような構造なのかを調べるため、BL-3Aで共鳴X線磁気回折実験を行いました[1]。磁気構造を調べるためには、通常、中性子回折が用いられますが、Gdは49700 barnという巨大な中性子吸収断面積を持つ元素なので、特定のGd同位体で育成した試料を用いなければ、中性子で磁気回折ピークを観測することは極めて困難です。一方、X線にはそのような制限はありません。さらに、放射光X線を磁性研究に使うメリットには、偏光状態の制御および解析による磁気構造の詳しい検討や、高い空間分解能による秩序ベクトルの高精度測定があります。こうした長所をフル活用した結果、図1に示すように、 $S=21/2$ の巨大合成スピンの二次元ネットワークと平行に伝播するらせん磁気秩序を起こしていることがわかりました[1]。

さらに、このらせん磁気秩序に対し、二次元ネットワークと垂直な方向(c軸)に磁場をかけると、磁気スキルミオン格子(Skyrmion Lattice, SkL)と呼ばれる特殊な秩序構造が形成されることがわかりました[2]。これまでSkLはキラルな結晶構造をもつ磁性体でのらせん磁気秩序をベースに観測されてきたもので、結晶の対称性が低いことによってスピンのねじれをもたらす相互作用によって実現されるとされてきました。 $Gd_3Ru_4Al_{12}$ のような結晶の対称性が高い物質でも起こり得ることがわかり、その機構説明が新たなテーマになっています。また、SkLのような状態が希土類化合物で実現すると周期が短くなるため、局所的に巨大な創発磁場をもたらされ、大きなホール効果として観測されるのが特徴です[2]。 Gd_2PdSi_3 など他のGd化合物でも同様な現象が観測されています[3,4]。また、らせん秩序だけに限らず、 $Dy_3Ru_4Al_{12}$ のように格子整合な120度構造を基本とした磁気秩序でも、特殊な磁気構造と創発磁場との間に密接な関係があることがわかってきています[5]。いずれの研究においても、BL-3Aでの低温強磁場中磁気散乱実験が重要な役割を担っており、新たな展開につながっています。

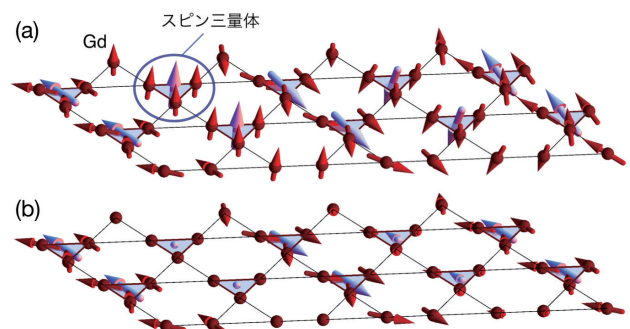


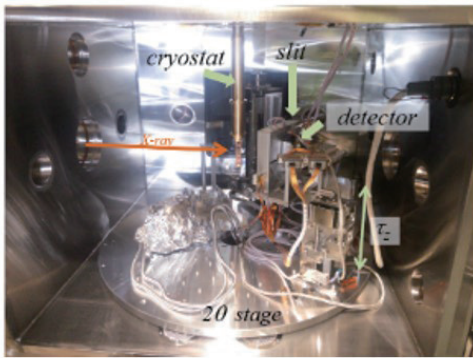
図1 低温相 ($T < 17.5$ K) で実現する Gd スピン三量体によるらせん磁気構造。三角クラスターの中心にある矢印は三量体の合成スピン。(b) 中間相 (17.5 K $< T < 18.5$ K) でのサイン波型磁気構造。

3. 共鳴軟X線散乱による磁気構造の観測 [2015S2-007, 2018S2-006]

3d 遷移元素の L 吸収端やランタニド元素の M 吸収端、酸素の K 吸収端などは軟X線領域に存在するため、軟X線散乱はこれらの元素を含む磁性体材料の磁気構造を調べる強力なプローブです。硬X線回折とは違い、高真空チェンバー内に軟X線用の回折装置を組み上げる必要があるため技術的に難しい点がありますが、磁性体の物性に強く関与する電子軌道のスピン分極を直接観測できるため、磁気構造の観測に有効な計測手法となります。構造物性グループでは、軟X線アンジュレータビームラインである BL-13A, 16A を中心に軟X線領域の共鳴X線散乱実験を行うための高真空対応の回折装置を開発してきました。

共鳴軟X線散乱の実験手法には大きく分けると反射配置と透過配置の2つがあります(図2)。反射配置では高角に現れる磁気散乱を観測するため、磁気変調の波長が10ナノメートルを切るような比較的短い磁気構造を観測することができます。物質の金属-絶縁体転移と関連する磁気秩序[6,7]やマルチフェロイクス物質の強誘電性分極発現に関与する磁気構造[8]、希土類金属の反強磁性秩序構造[4]などの観測を行ってきました。また、軟X線を試料にすれすれの角度に入射(グレーディングインシデント)して高角に発現する磁気散乱を観測することで、試料表面の反強磁性秩序を選択的に観測することもできています[10]。軟X線は試料への侵入長が短い(典型的な3d遷移元素であ

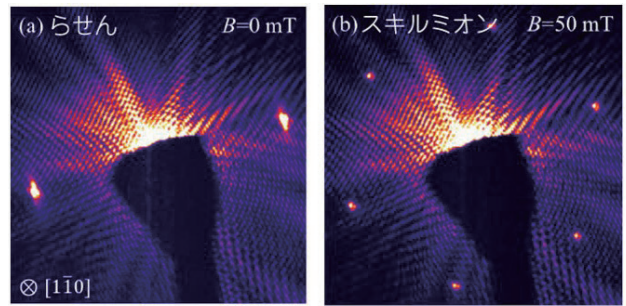
(a) 反射型軟X線回折装置



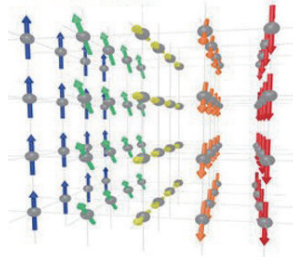
(b) 透過型軟X線回折装置



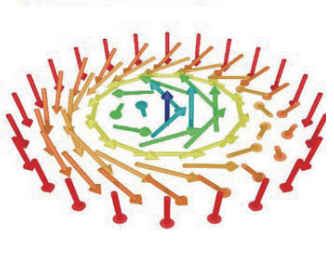
図2 共鳴軟X線散乱装置



らせん磁気構造



磁気スキルミオン構造



(c) 磁気スキルミオン格子の実空間像

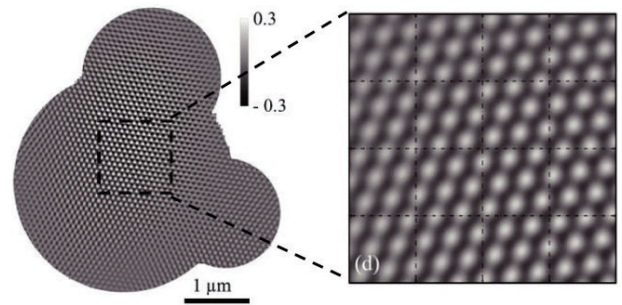


図3 共鳴軟X線小角散乱による磁気スキルミオンの観測

れば数百ナノメートル程度)であるため、薄膜試料や試料表面の磁気構造を感度良く観測できる特長があります。

一方で、透過配置の共鳴軟X線磁気散乱は、より長周期の磁気秩序を観測するのに向いています。上述のように軟X線の侵入長が短いため、試料を集束イオンビーム(FIB)加工法などで薄片化する必要がありますが、試料を透過して小角領域に発現する磁気散乱を高感度に観測することができます。構造物性グループではヘリウムホルツコイルを搭載した透過型共鳴軟X線小角散乱装置を開発して、磁気スキルミオン格子を観測することに成功しています(図3)[11]。磁気スキルミオンはサイズが数十ナノメートルから数百ナノメートル程度の磁気渦状構造体です。トポロジカルに安定な構造であり、外場によって高い応答性を示すことから次世代のスピンエレクトロニクスデバイスへの応用が期待されています。外場によって磁気スキルミオンがどのように応答するかを調べるのが重要になります。本研究では、電場や応力を印加することによって磁気スキルミオンが生成・消滅できることを観測しています[12,13]。また、コヒーレント軟X線を使うことで、逆空間の回折図形から実空間像を再構成することも可能になります。コヒーレント軟X線回折イメージング手法と共鳴軟X線散乱を合わせ

ることで磁気スキルミオン格子を可視化することに成功し(図3) [14], さらに共鳴X線散乱の特長である元素選択な実空間イメージングすることも可能になっています [15]。

マイクロ波や光照射などの外場に応答する磁気ダイナミクスの観測やコヒーレント軟X線回折トモグラフィ計測による3次元磁気構造の観測をターゲットに引き続き装置の高度化を進めています。

参考文献

- [1] T. Matsumura *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 023704 (2019).
- [2] M. Hirschberger *et al.*, Nat. Commun. **10**, 5831 (2019).
- [3] T. Kurumaji *et al.*, Science **365**, 914 (2019).
- [4] M. Hirschberger *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 220401 (2020).
- [5] S. Gao *et al.*, Phys. Rev. B **100**, 241115 (2019).
- [6] H. Nakao *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 245146 (2018).
- [7] K. Yamamoto *et al.*, Phys. Rev. B, **97**, 075134 (2018).
- [8] Y. Ishii *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 174428 (2018).
- [9] H. Masuda *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 174411 (2020).
- [10] Y. Yamasaki *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn., **85**, 023704 (2016).
- [11] Y. Yamasaki *et al.*, Phys. Rev. B **92**, 220421(R) (2015).
- [12] Y. Okamura *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 174417 (2017).
- [13] Y. Okamura *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 184411 (2017).
- [14] V. Ukleev *et al.*, Quantum Beam Science **2**, 3 (2018).
- [15] V. Ukleev *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 144408 (2019).

いただいたアンケートを基に、施設側と協力して、ユーザーの皆さんの困りごとや疑問などにお応えしていくつもりです。ユーザーの皆さんと広く情報を共有したいので、奮ってご参加ください。日程は現時点で決定できておりませんが、10月下旬から12月中旬頃を予定しております。メールなどで決まり次第すぐにご連絡します。

その他、講習会に限らず、ご質問ご要望等もお待ちしております。px_pfug@kek.jp まで遠慮なくご連絡ください。

タンパク質結晶構造解析グループ(PX-UG)からのお知らせ

PX-UG 代表 茨城大学大学院理工学研究科 海野昌喜

4月にもお知らせしましたが、2019年度のユーザーグループミーティングが中止になり、PX-UGの皆さんと情報交換・意見交換を行うことができませんでした。その時にお話しする予定だった事項を含め、PX-UG幹事会からの大切なお知らせをいくつかユーザーグループのホームページに掲載しました。(http://research.kek.jp/group/pxpfug/katsudo/2019UGmeeting.html)

また、2019年度の中級者講習会のまとめと発表スライドや動画を一部アップロードしましたので是非ご覧ください。PAC申請書の書き方の注意点や旅費に関して、また、全自動測定についてなどビームタイムの現状やnative SADによる構造解析状況についての情報を掲載しております。(http://research.kek.jp/group/pxpfug/katsudo/shiryo5.html)

さらに、2020年度も中級者講習会を行う予定です。情報は随時お知らせしますが、今年度はZoomなどのテレビ会議システムを用いた遠隔会議形式で行う予定です。時々ホームページ(http://research.kek.jp/group/pxpfug/)をご覧ください。重ねてお願い申し上げます。主な内容は、全自動測定・リモート測定についてと、コロナ時代の構造生物学的研究についてです。先日ご協力をい

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設教員公募について

本機構では、下記のとおり教員を公募いたします。

記

公募番号 加速器 20-4

1. 公募職種及び人員
 - 助教 若干名（任期なし）
 - 本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師、及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。本機構の教員の定年は63歳である。
2. 研究(職務)内容
 - 加速器研究施設では、J-PARC 陽子加速器、SuperKEKB コライダー、放射光源加速器(PFとPF-AR)、及び電子陽電子入射リニアックの設計・建設・運転・性能向上に関連する加速器の研究を行うとともに、次世代光源、リニアコライダーなどの将来計画に向けた加速器技術開発、産業・医療応用、加速器理論等の加速器に関する広範な研究を進めている。採用後は、加速器研究施設が進めているいずれかのプロジェクトに属して、加速器の運転、維持、開発研究を行う。
3. 応募資格
 - 研究教育上の能力があると認められる者。これまでの研究分野は問わない。
4. 給与等
 - 給与及び手当は本機構の規則による。(年俸制)
5. 公募締切
 - 2020年9月30日(水) 正午必着
6. 着任時期
 - 2021年4月1日以降、できるだけ早い時期
7. 選考方法
 - 書類選考の上、面接を行う。
 - 面接予定日: 決まり次第機構 Web サイトに掲載します。(対象となる方には追って詳細をお知らせいたします。)
8. 提出書類
 - (1) 履 歴 書 --- KEK指定様式 (https://www.kek.jp/ja/Jobs/post_2.html よりダウンロードしてください。)
 - ※KEK指定様式以外の履歴書を使用する場合は、通常の履歴事項の後に必ず応募する公募番号(2件以上応募の場合はその順位)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。
 - (2) 研 究 歴
 - (3) 発 表 論 文 リ ス ト ----- 和文と英文は別葉とすること。また、主要なもの(5編以内)についてはリストに○印を付し、Webポインタ(URL, DOIなど)を記載すること。(Webポインタを記載できない主要論文については、別刷を提出すること。)
 - (4) 着 任 後 の 抱 負
 - (5) 本人に関する推薦書または参考意見書(宛名は加速器研究施設長 山口 誠哉 とすること)
 - ※研究歴・抱負の記述においては、必ずしも加速器を専門としない人事委員も含まれることから、特殊な略号の未定義な使用は控えること。
 - ※上記の書類は、すべてA4判横書きとし、それぞれ別葉として各葉に氏名を記入すること。
 - ※2件以上応募の場合、内容が同じ場合の提出書類は一部で良いが、内容が異なる場合は提出書類を別々に用意すること(推薦書等も同様とする)。
 - ※ 応募の際は必ず加速器研究施設長 山口 誠哉 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。
9. 書類送付
 - (1) 応募資料
 - 当機構の Web システムを利用して提出してください。
 - ※個人ごとにアップロード用のパスワードを発行しますので、応募される方は人事第一係(jin1@ml.post.kek.jp)宛に電子メールでご連絡ください。(件名は「加速器 20-4 応募希望」とし、本文に所属、氏名及び電話番号を記載してください。)
 - ※応募に係るファイルは、PDF でお願いします。
 - ※Webシステムでのアップロードが困難な場合は、人事第一係までお問い合わせください。
 - ※電子メールでのファイル添付による応募は受け付けることができませんので、ご注意ください。
 - (2) 推薦書または参考意見書
 - 郵送もしくは電子メール(件名は「加速器 20-4 推薦書」とし、添付ファイルは PDF でお願いします。)で送付してください。
 - 送付先 〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
 - 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
 - 総務部人事労務課人事第一係 (E-mail: jin1@ml.post.kek.jp)
 - 注) 電子メールは様々な理由により受信できない可能性があります。数日以内に返信がない場合には、別メールアドレスや電話等によりご連絡ください。
10. 問い合わせ先
 - (1) 研究内容等について
 - 加速器研究施設 施設長 山口 誠哉 TEL: 029-864-5689 (ダイヤルイン) e-mail: seiya.yamaguchi@kek.jp
 - (2) 提出書類について
 - 総務部人事労務課人事第一係 TEL: 029-864-5118 (ダイヤルイン) e-mail: jin1@ml.post.kek.jp
11. その他
 - 本機構は、男女共同参画を推進しており、「男女共同参画社会基本法」の趣旨に則り、業績(研究業績、教育業績、社会的貢献等)及び人物の評価において優劣をつけたい最終候補者(男女)がいた場合、女性を優先して採用します。
 - 男女共同参画推進室 (<https://www2.kek.jp/geo/>) [KEK人事公募へ](#)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設教員公募について

本機構では、教員を下記のとおり公募いたします。

記

公募番号 加速器 20-5

1. 公募職種及び人員

特別助教 若干名 (任期4年)

本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師、及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。

2. 研究(職務)内容

加速器研究施設に属し、以下のいずれかのプロジェクト:

- ・J-PARC 陽子加速器
- ・SuperKEKB コライダー(リングおよび電子陽電子リニアック)
- ・放射光源加速器(PF/PF-AR)

において、建設・運転維持・性能向上に従事するとともに、関連する加速器の将来計画に向けた開発研究を進める。

3. 応募資格

研究教育上の能力があると認められる者。これまでの研究分野は問わない。

4. 給与等

給与及び手当は本機構の規則による。(年俸制)

5. 公募締切

2020年9月30日(水)正午必着

6. 着任時期

2021年4月1日以降、できるだけ早い時期

7. 選考方法

書類選考の上、面接を行う。

面接予定日:決まり次第機構 Web サイトに掲示します。(対象となる方には追って詳細をお知らせいたします。)

8. 提出書類

(1)履歴書 --- KEK指定様式 (https://www.kek.jp/ja/Jobs/post_2.html よりダウンロードしてください。)

※KEK指定様式以外の履歴書を使用する場合は、通常の履歴事項の後に必ず応募する公募番号(2件以上応募の場合はその順位)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。

(2)研究歴

(3)発表論文リスト----- 和文と英文は別葉とすること。また、主要なもの(5編以内)についてはリストに○印を付し、Webポインタ(URL, DOIなど)を記載すること。(Webポインタを記載できない主要論文については、別刷を提出すること。)

(4)着任後の抱負

(5)本人に関する推薦書または参考意見書(宛名は加速器研究施設長 山口 誠哉 とすること)

※研究歴・抱負の記述においては、必ずしも加速器を専門としない人事委員も含まれることから、特殊な略号の未定義な使用は控えること。

※上記の書類は、すべてA4判横書きとし、それぞれ別葉として各葉に氏名を記入すること。

※2件以上応募の場合、内容が同じ場合の提出書類は一部で良いが、内容が異なる場合は提出書類を別々に用意すること(推薦書等も同様とする)。

※ 応募の際は必ず加速器研究施設長 山口 誠哉 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。

9. 書類送付

(1)応募資料

当機構の Web システムを利用して提出してください。

※個人ごとにアップロード用のパスワードを発行しますので、応募される方は人事第一係(jinji1@ml.post.kek.jp)宛に電子メールでご連絡ください。(件名は「加速器 20-5 応募希望」とし、本文に所属、氏名及び電話番号を記載してください。)

※応募に係るファイルは、PDF でお願いします。

※Webシステムでのアップロードが困難な場合は、人事第一係までお問い合わせください。

※電子メールでのファイル添付による応募は受け付けることができませんので、ご注意ください。

(2)推薦書または参考意見書

郵送もしくは電子メール(件名は「加速器 20-5 推薦書」とし、添付ファイルは PDF でお願いします。)で送付してください。

送付先 〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

総務部人事労務課人事第一係 (E-mail: jinji1@ml.post.kek.jp)

注) 電子メールは様々な理由により受信できない可能性があります。数日以内に返信がない場合には、別メールアドレスや電話等によりご連絡ください。

10. 問い合わせ先

(1)研究内容等について

加速器研究施設 施設長 山口 誠哉 TEL: 029-864-5689 (ダイヤルイン) e-mail: seiya.yamaguchi@kek.jp

(2)提出書類について

総務部人事労務課人事第一係 TEL: 029-864-5118 (ダイヤルイン) e-mail: jinji1@ml.post.kek.jp

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設教員公募について

本機構では、下記のとおり特定有期雇用職員として博士研究員を公募いたします。

記

公募番号 加速器 20-6

1. 公募職種及び人員

博士研究員(常勤) 若干名(任期:単年度契約で2年)

博士研究員とは「専攻分野について高度な研究能力を持つ若手研究者で、一定期間にわたり共同研究プロジェクト推進のために雇用される者」である。

2. 研究(職務)内容

加速器研究施設では、J-PARC 陽子加速器、SuperKEKB コライダー、放射光源加速器(PF と PF-AR)、及び電子陽電子入射リアックの設計・建設・運転・性能向上に関連する加速器の研究を行うとともに、次世代光源、リニアコライダーなどの将来計画に向けた加速器技術開発、産業・医療応用、加速器理論等の加速器に関する広範な研究を進めている。採用後は、加速器研究施設が進めているいずれかのプロジェクトに属して、加速器の開発研究を行う意欲的な若手研究者を求めている。

3. 応募資格

応募締切時点で博士の学位を有する者、または着任までに博士学位取得が確実な者。これまでの研究分野は問わない。

4. 給与等

基準年俸額3,960,000円(事業年度の中で採用された場合は、採用時期に見合った額および通勤手当)

5. 公募締切

2020年9月30日(水)正午必着

6. 着任時期

2021年4月1日以降、できるだけ早い時期

7. 選考方法

書類選考の上、面接を行う。

面接予定日:決まり次第機構 Web サイトに掲載します。(対象となる方には追って詳細をお知らせいたします。)

8. 提出書類

(1)履歴書— KEK指定様式 (https://www.kek.jp/ja/Jobs/post_2.htmlよりダウンロードしてください。)

※KEK指定様式以外の履歴書を使用する場合は、通常の履歴事項の後に必ず応募する公募番号(2件以上応募の場合はその順位)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。

(2)研究歴

(3)発表論文リスト——和文と英文は別葉とすること。また、**主要なもの(5編以内)**についてはリストに○印を付し、Webポインタ(URL, DOIなどを記載すること。(Webポインタを記載できない主要論文については、別刷を提出すること。))

(4)着任後の抱負

(5)本人に関する推薦書または参考意見書(宛名は加速器研究施設長 山口 誠哉 とすること)

※研究歴・抱負の記述においては、必ずしも加速器を専門としない人事委員も含まれることから、特殊な略号の未定義な使用は控えること。

※上記の書類は、すべてA4判横書きとし、それぞれ別葉として各葉に氏名を記入すること。

※2件以上応募の場合、内容が同じ場合の提出書類は一部で良いが、内容が異なる場合は提出書類を別々に用意すること(推薦書等も同様とする)。

※応募の際は必ず加速器研究施設長 山口 誠哉 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。

9. 書類送付

(1)応募資料

当機構の Web システムを利用して提出してください。

※個人ごとにアップロード用のパスワードを発行しますので、応募される方は人事第一係 (jin1@ml.post.kek.jp)宛に電子メールでご連絡ください。(件名は「加速器 20-6 応募希望」とし、本文に所属、氏名及び電話番号を記載してください。)

※応募に係るファイルは、PDF でお願いします。

※Webシステムでのアップロードが困難な場合は、人事第一係までお問い合わせください。

※電子メールでのファイル添付による応募は受け付けることができませんので、ご注意ください。

(2)推薦書または参考意見書

郵送もしくは電子メール(件名は「加速器 20-6 推薦書」とし、添付ファイルはPDF でお願いします。)で送付してください。

送付先 〒305-0801 茨城県つくば市大徳1-1

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

総務部人事労務課人事第一係 (E-mail: jin1@ml.post.kek.jp)

注) 電子メールは様々な理由により受信できない可能性があります。数日以内に返信がない場合には、別メールアドレスや電話等によりご連絡ください。

10. 問い合わせ先

(1)研究内容等について

加速器研究施設 施設長 山口 誠哉 TEL: 029-864-5689(ダイヤルイン) E-mail: seiya.yamaguchi@kek.jp

(2)提出書類について

総務部人事労務課人事第一係 TEL: 029-864-5118(ダイヤルイン) E-mail: jin1@ml.post.kek.jp

2020年度量子ビームサイエンスフェスタ (第12回 MLF シンポジウム / 第38回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ

PF シンポジウム実行委員会委員長 松垣直宏
MLF シンポジウム実行委員会委員長 川崎卓郎

2020年度量子ビームサイエンスフェスタ(第12回 MLF シンポジウム/第38回 PF シンポジウム)を2021年3月9日(火)~11日(木)の日程で開催を予定しておりますが、開催方法等については現在検討を進めております。

このシンポジウムは、施設側スタッフ、ユーザーの皆様が一堂に会することのできる機会ですので、是非ご参加下さいませようお願い申し上げます。

詳細が決まり次第ホームページやPFニュース等で皆様にお知らせ致します。

「高エネルギー加速器セミナー OHO'20」 オンライン開催のお知らせ

高エネルギー加速器セミナー OHO'20 校長
小林幸則 (加速器第六研究系)

1984年に開校以来、第37回目となる今年の高エネルギー加速器セミナー OHO'20は「ビーム診断の基礎」をテーマにしました。

高エネルギー加速器におけるビーム診断は、加速器の性能を見極める上でなくてはならない技術であり、特に近年加速器の高度化に伴い要求仕様は格段に高くなってきています。ビーム診断に関する講義は、過去のセミナーでも取り上げられてきていますが、様々なビーム診断の技術に関してまとめて再度基礎から学ぼうということで今回のテーマとして選びました。毎年、3号館1階セミナーホールにてOHOセミナーを開催しておりますが、本年度はCOVID-19感染症対策ガイドラインに従い、オンライン配信にてセミナーを開催する運びとなりました。

これまでのセミナー参加者の内訳は、1/3が全国からの修士課程、博士前期課程の学生で、その他はKEKの若手研究員、そして研究機関や企業の技術者ですが、ほとんど初参加の方々です。基礎的な内容はもちろん、最先端の開発研究まで理解しやすい講義となります。

OHO'20セミナーは9月8日(火)から11日(金)までの4日間開催されます。

<http://accwww2.kek.jp/oho/oho20/>

■過去のOHOテキストはこちらをご高覧下さい。

<http://accwww2.kek.jp/oho/OHOtxt4.html>

Photon Factory Activity Report 2020 ユーザーレポート執筆のお願い

PFACR 2020 編集委員長 間瀬一彦 (KEK 物構研)

PFでは、施設の活動報告の一環として毎年Photon Factory Activity Report (PFACR)を公開しております。これは当該年度に実施された実験課題の結果報告集(ユーザーレポート)であり、広く国内外に配布しPFの研究活動についてお伝えしています。皆様のご協力ももちまして2019年度(PFACR2019)の編集作業は順調に進み、2020年秋には公開される予定です。

2020年度版であるPFACR2020の受付を開始しております。つきましては、皆様が2020年度にPFで行われた研究の成果をユーザーレポートとしてお送り下さるようお願い申し上げます。2020年4月から2021年3月までに実施された実験について寄稿して頂くのが基本ですが、データの解析に時間を要する等が考えられますので、期間前の実験結果についての報告も歓迎しています。このユーザーレポートは、2014年度より共同利用実験課題の終了届を兼ねることになりましたので、課題責任者は一課題につき一報以上を提出することが求められています。

PFACRはPFが研究活動に関して評価を受ける際の重要な物差しの一つであり、皆様の寄稿はPFにおけるユーザー支援、ひいては皆様の研究環境の改善に繋がります。積極的にご執筆頂ければ幸いです。

ユーザーレポートの原稿や電子ファイルの準備・投稿要領はPFACR2020のホームページ(英語ページ:<https://www2.kek.jp/imss/pf/eng/science/publ/acr/2020/acr-submission-en.html>, 日本語ページ:https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2020/acr_submission_jp.html)に掲載しておりますのでご覧下さい。執筆は英語もしくは日本語でお願いします。

<ユーザーレポート提出締切: 2021年6月30日(水)>

産業利用促進運転について

放射光実験施設・運営部門 君島堅一

PFでは、産業利用の促進を目的に、施設利用料収入を利用した運転時間の延長を行なっています。2020年度は、通常の加速器運転時間に加えて年間12日の追加の運転を計画していましたが、新型コロナウイルス感染症の拡大にともない、2020-I期に予定していた4日間は中止しました。

この延長運転期間は、一定期間前まで留保として確保

され有償の施設利用が優先されます。皆様には、ぜひ積極的に本試行制度をご活用頂き、本制度化へのコメント・ご協力を頂きたくお願い申し上げます。なお、有償施設利用のないビームタイムでは共同利用課題（G型課題等）の実験が実施される予定です。これにより、KEK-PF全体として、大学共同利用を圧迫することなく企業等による施設利用の時間の確保につながると考えております。詳細はホームページ（<https://www2.kek.jp/imss/pf/approach/industry/promotion.html>）をご覧ください。

産業利用促進運転期間

2020年12月17日午前9:00～12月22日午前9:00(120時間)

※一部のビームラインでは、上記の期間のビームタイムの一部を通常運転期間のビームタイムと交換して運転期間全体に分散させ、随時利用が可能になるように設定されています。詳細はBL担当者もしくは下記の相談窓口にお問い合わせ下さい。

対象の利用制度

- 一般施設利用（Y課題）：成果専有・非公開とすることができます
- 試行施設利用（L課題）：初めてPFで実験を行なう方が対象
- 優先施設利用（V課題）¹⁾：成果公開
 - ¹⁾ 優先施設利用（V課題相当）は、「国等が推進するプロジェクトにより採択された研究課題」および「科学研究費助成事業（科研費）による研究課題」で利用が可能です。

利用申し込み方法

随時お申し込みが可能です。本ビームタイムを用いた放射光実験の問い合わせ先：各ビームライン担当者もしくは、利用相談窓口（pfexconsult@pfiqst.kek.jp）までお願いします。

対象ビームライン

PFの全ビームライン

※産業利用実績のあるビームラインが対象。BL-18B（インドBL）は除く。また、PF-ARのビームラインは対象ではありません。希望する実験が実施可能であるかはビームライン担当者にお問い合わせ下さい。

制度に関するお問合せ先

実験利用以外の制度に関するご意見等は、PF秘書室（pfsec@pfiqst.kek.jp）までお問い合わせください。

防災・防火訓練のお知らせ

放射光実験施設 防火・防災担当 野澤俊介・松岡亜衣

高エネルギー加速器研究機構の本年度の防災・防火訓練が**2020年11月末頃**に実施される予定です。例年はユーザーの皆様にもご参加いただき、緊急地震速報が発令された場合の対処や、地震発生後の機構指定避難場所（PFニュース裏表紙参照）への避難・安否確認等を行っています。今年は新型コロナウイルス感染症への対策も必要であり、実施方法や内容に関して見直しを行う可能性があります。詳細が決まりましたらWebページ等でご連絡いたします。

KEK一般公開（オンライン開催）のお知らせ

一般公開実行委員会
放射光科学第二研究系 阿部 仁
放射光実験施設 山下翔平
加速器第六研究系 山本尚人

今年度のKEK一般公開は9月6日（日）にオンライン開催する方向で調整しています。COVID-19の感染拡大防止のため、例年のご来場頂けないことは残念ですが、PF実験ホールからの生中継やビームラインや装置を紹介する録画コンテンツを企画しています。オンライン開催の利点を活かし、例年ではご覧頂けないような装置等にもカメラで迫って行きたいと計画しています。

世界中からご覧頂けますので、どうぞお楽しみに！！

ウェブページ URL：<https://www2.kek.jp/openhouse/2020/>

2021年度前期共同利用実験課題公募について

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の放射光実験施設（フォトンファクトリー）は、電子蓄積リングから放出される放射光を用いて研究を行うための全国共同利用研究施設です。

一般（G型）、特別2（S2型）、大学院生奨励（T型）の次の公募は10月上旬から受付開始し、締切は11月中旬を予定しております（低速陽電子実験施設の共同利用実験課題を併せて公募します）。緊急かつ重要（U型）、初心者（P型）、特別1（S1型）については随時受付をしています。

申請は専用Webページ（<https://pmsweb.kek.jp/k-pas>）にアクセスして、必要事項を入力して下さい。これまでPFを利用されていない方は新規にユーザー登録が必要になりますので、余裕を持って申請ください。締切時間はWebシステムで設定されており、少しでも締切時間をすぎますと受け付けられなくなりますので十分ご注意ください。2月に審査結果の速報が電子メールで送られる予定です。

採択された課題は2021年4月に有効となり、実験が開始できます。

公募要項は「実験・研究公募要項(放射光共同利用実験)」(<https://www2.kek.jp/uskek/apply/pf.html>)をご覧ください。PFのホームページ「PFで放射光利用実験を行うには(利用プログラム)」(<https://www2.kek.jp/imss/pf/use/program/>)にも詳細を掲載しています。

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

研究協力課 共同利用支援室 共同利用係
Tel: 029-864-5126 Fax: 029-879-6137
Email: kyodo1@mail.kek.jp

3. 応募書類記載事項 (A4判, 様式任意)

- (1) 研究会題名 (英訳を添える)
- (2) 提案内容 (400字程度の説明)
- (3) 提案代表者氏名, 所属及び職名 (所内, 所外を問わない)
- (4) 世話人氏名 (所内の者に限る)
- (5) 開催を希望する時期
- (6) 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究者の氏名, 所属及び職名

4. 応募書類送付先 (データをメールに添付して送付)

放射光実験施設 PF 秘書室
Email: pf-sec@pfqst.kek.jp TEL: 029-864-5196

2021年度前期 フォトンファクトリー研究会の募集

放射光実験施設長 船守展正

物質構造科学研究所放射光実験施設(フォトンファクトリー)では放射光科学の研究推進のため、研究会の提案を全国の研究者から公募しています。この研究会は放射光科学及びその関連分野の研究の中から、重要な特定のテーマについて1~2日間、高エネルギー加速器研究機構のキャンパスで集中的に討議するものです。年間6件程度の研究会の開催を予定しております。

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますので応募下さいますようお願いいたします。

記

1. 開催期間 2021年4月~2021年9月
2. 応募締切日 2020年12月18日(金)
[年2回(前期と後期)募集しています]

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します(1件当たり上限30万円程度)。開催日程については、採択後、放射光実験施設長までご相談下さい。また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。

※感染症対策として、開催時期の変更やビデオ会議での開催をお願いする場合も考えられます。予めご承知おき下さい。

速報!今年3月に開催を予定していたキャンセルになったPFシンポジウムの代替開催が決定しました。

9/27(日)にWeb会議方式
詳細はPFのHPをご覧ください。

予 定 一 覧

2020年

- 9月6日 KEK一般公開(オンライン)
- 9月8~11日 高エネルギー加速器セミナー OHO'20「ビーム診断の基礎」(オンライン)
- 9月16~17日 第12回日本放射光学会放射光基礎講習会「ゼロからわかる放射光基礎から応用まで」(オンライン)
- 9月27日 PFシンポジウム(オンライン開催)
- 10月20日 PF 2020年度第二期ユーザー運転開始
- 10月26日 PF-AR 2020年度第二期ユーザー運転開始
- 12月18日 2021年度前期フォトンファクトリー研究会応募締切
- 12月22日 PF, PF-AR 2020年度第二期ユーザー運転終了

2021年

- 1月8~10日 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
- 3月9~11日 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ/第12回MLFシンポジウム/第38回PFシンポジウム

※最新情報は <http://pfwww.kek.jp/spice/getschtxt> をご覧ください。
新型コロナウイルスの感染拡大状況により予定が変更になる場合もあります。

運転スケジュール(Sep. ~Dec. 2020)

E : ユーザー実験 B : ボーナスタイム
M : マシンスタディ T : 立ち上げ
MA : メンテナンス HB : ハイブリッド運転
I : 産業利用促進日

9月	PF	PF-AR	10月	PF	PF-AR	11月	PF	PF-AR	12月	PF	PF-AR
1(火)			1(木)			1(日)			1(火)		E (6.5GeV)
2(水)			2(金)			2(月)	E	E (5GeV)	2(水)		B (6.5GeV)
3(木)			3(土)			3(火)			3(木)		M
4(金)			4(日)			4(水)	B	B (5GeV)	4(金)	HB	
5(土)			5(月)			5(木)		M	5(土)		E (6.5GeV)
6(日)			6(火)			6(金)			6(日)		
7(月)			7(水)	STOP	STOP	7(土)			7(月)		
8(火)			8(木)			8(日)	E	E (5GeV)	8(火)		
9(水)			9(金)			9(月)			9(水)	MA	B (6.5GeV)
10(木)			10(土)			10(火)			10(木)	M	
11(金)			11(日)			11(水)	B	B (5GeV)	11(金)		
12(土)			12(月)			12(木)	M		12(土)		E (6.5GeV)
13(日)			13(火)			13(金)			13(日)	E	
14(月)			14(水)			14(土)			14(月)		
15(火)	STOP	STOP	15(木)			15(日)	E	E (5GeV)	15(火)		
16(水)			16(金)			16(月)			16(水)	B	B (6.5GeV)
17(木)			17(土)	T/M		17(火)			17(木)		
18(金)			18(日)			18(水)	B	B (5GeV)	18(金)	E(I)	E (6.5GeV)
19(土)			19(月)			19(木)			19(土)		
20(日)			20(火)	E		20(金)			20(日)		
21(月)			21(水)	B		21(土)	E	E (5GeV)	21(月)	B(I)	B (6.5GeV)
22(火)			22(木)			22(日)			22(火)		
23(水)			23(金)		T/M	23(月)			23(水)		
24(木)			24(土)			24(火)		M	24(木)		
25(金)			25(日)	E		25(水)	MA		25(金)		
26(土)			26(月)			26(木)	M		26(土)		
27(日)			27(火)		E (5GeV)	27(金)			27(日)	STOP	STOP
28(月)			28(水)	B	B (5GeV)	28(土)	HB	E (6.5GeV)	28(月)		
29(火)			29(木)	M		29(日)			29(火)		
30(水)			30(金)		E (5GeV)	30(月)			30(水)		
			31(土)						31(木)		

スケジュールは変更されることがありますので、最新情報はPFホームページ(<https://www2.kek.jp/imss/pf/>)の「PFの運転状況／長期スケジュール」(<https://www2.kek.jp/imss/pf/apparatus/schedule/>)をご覧ください。

放射光共同利用実験審査委員会速報

放射光実験施設運営部門 君島堅一、兵藤一行

今回の放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）は、2020年7月1日分科会（生命科学I）、7月2日分科会（電子物性、構造物性）、7月7日分科会（化学・材料）、7月9日分科会（生命科学II）、7月10日全体会議の日程で開催されました。全体会議は午前には物質構造科学研究所報告、および、課題審査、午後には放射光実験施設報告、および、PF-PAC制度の改正など実験施設運営に関する重要事項の報告・議論がなされました。今回は年間4回開催予定の全体会議の1回目になります。

委員会での審査の結果、実験課題の採択はp47のとおりとなりました。その後、物質構造科学研究所運営会議の審議を経て最終決定となり実験課題申請者には審査結果の連絡がなされました。今回の実験課題審査からPF-PACでの議論等を経て評価基準が変更されていて新しい評価基準での初めての実験課題審査でした。

参考：放射光共同利用実験課題審査手続き・評価基準

https://www2.kek.jp/uskek/apply/pfpac_process.html

1. G型課題

2020年5月15日に締め切られた2020年度後期共同利用実験課題公募には180件の実験課題申請があり、審査の結果、採択課題163件、条件付き採択課題13件、不採択課題4件となりました。実験課題の採択基準は全体会議での審議により、評点2.5以上と設定されました。

条件付き採択課題は、申請者からの補足説明に関してPF-PAC委員長の判断により条件が解除されて実施可能と

なります。条件付き採択課題となった課題の決定通知書には、条件に関する最初の返答（最終返答でなくても結構です）に関する期限を明記してあります。それまでに返答が無い場合には不採択となりますのでご注意ください。

今回も、試料名とその安全性に関する記述が十分でないために条件付き採択課題となった課題がありました。試料の安全性や安全確保策がわかるように申請書Vの欄に詳細に記述してください。条件付き採択課題への条件の一例を下記に示します。今後の課題申請時の参考にさせていただきますよう改めてお願いいたします。

条件付き採択課題の条件の例

- タンパク質結晶試料の由来生物種、試料の病原性や毒性の有無をPF-PAC委員長に報告して下さい。
- 課題名が包括的すぎるので具体的な課題名にしてPF-PAC委員長に報告してください。

また、条件付き採択課題とははならなくても、申請書V欄への記述が不十分な申請書が多く見られます。この欄には、上述のように試料名とその安全性について記入していただくことになっています。施設の安全担当者が判断しやすいように、この欄には必ず詳細を記述していただくように改めてお願いします。

PFを利用して出版された論文の登録を促進するために、これまでに採択・実施された実験課題からの報告論文数が少ない実験課題申請者に対しては、実験課題申請時に新たな論文登録をしていただくか、論文出版ができなかった理由書を提出していただくように実験課題申請システムにて設定されています（イエローカード方式）。以下に示す通り、提出された理由書の内容をPF-PACで検討して実験課題評点を減点する場合があります。評点が減点されている場合は実験課題申請者には審査結果とともに、その旨、通知されます。イエローカード方式に関する制度も今回から変更になり、論文登録状況に対応した評点減点基準は設定せず、評点減点に関してはPF-PACで総合的に判断することになりました。

参考：放射光共同利用実験課題審査手続き・評価基準

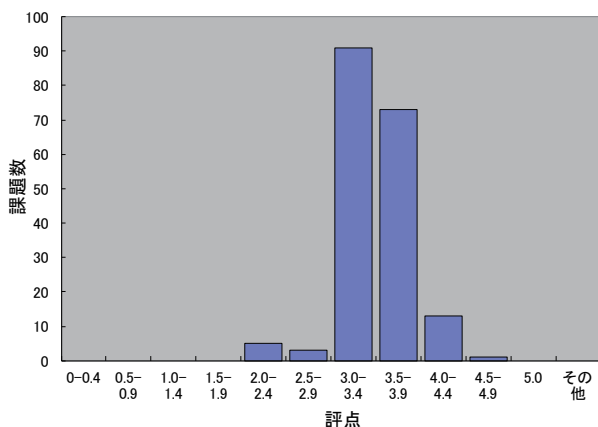
https://www2.kek.jp/uskek/apply/pfpac_process.html

現在のイエローカード制度（2020年度から）

申請課題の採択時（採択された場合の有効期間の初日、4/1もしくは10/1）から遡り、有効期間が終了して1年から6年経過した課題（P型課題を除く）が3件以上ある場合について、

1. 採択課題数の1/2以上の課題について論文が登録されていない実験責任者には、申請時に事情を照会します。

令和2年度後期PAC 評点分布



2. 実験責任者からの回答に基づいて問題点の解析を行い、評点を決定する際に考慮します。
3. 回答がない実験責任者の申請課題は不受理とします。

論文出版時には KEK 研究成果管理システムからの論文登録を忘れずに、かつ速やかにしていただきますよう改めてお願いします。PF で得られた研究成果の社会への還元という意味からも積極的な論文登録をお願いします。

また、PF を利用した大学院生の修士論文、博士論文の登録も大学共同利用機関としての重要な指標のひとつですので改めてお願いします。これらは上記評価基準対象外ですが、PF-PAC での審査時の参考にされることもあります。

<https://www2.kek.jp/imss/pf/use/result/>

2. S2 型課題

2020 年 5 月 15 日に締め切られた 2020 年後期共同利用実験課題公募には 1 件の実験課題申請があり、全体会議での審査の結果、採択となりました（敬称略）。

実験課題番号：2020S2-002

実験課題名：小惑星探査機「はやぶさ 2」リターンサンプルの放射光 X 線回折実験

実験責任者：東北大学大学院 理学研究科 中村智樹

また、前回の PF-PAC において条件付き採択課題となった以下の実験課題は、その後、条件が解除されて採択になりました（敬称略）。

実験課題番号：2020S2-001

実験課題名：有機エレクトロニクス材料開発のための構造物性

実験責任者：高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 熊井玲児

3. T 型課題

2020 年 5 月 15 日に締め切られた 2020 年度後期共同利用実験課題公募への実験課題申請はありませんでした。

4. PF 研究会

今期の申請はありませんでした。

5. 報告事項、検討事項

以下の項目が PF-PAC で報告、審議されました。

報告事項（抜粋）

- 物質構造科学研究所報告（小杉物構研所長）
中期計画の 4 年目が昨年度終了して評価のための資料を作成していること、新型コロナウイルス感染症の影響に関して安定した運転時間の確保や機能強化について、PF-UA と日本放射光学会から要望書を頂いていること、2020 年 4 月に量子ビーム連携研究センターを設置して、発掘

型共同利用によるマルチプローブの利用の向上を目指していること、KEK のロードマップは更新に向けて議論が進んでいることなど。

- 放射光実験施設報告（船守実験施設長）
2020 年 4 月からの測定装置部門の測定手法グループおよび運営部門の新体制について、KEK ロードマップ改訂に関する今後の検討日程、今後の加速器運転日程、予算状況、将来計画などについて。
- 2020 年度第一期（6 月期）ビームタイム配分結果について
新型コロナウイルス感染症対策により 5 月から 7 月まで予定していた第一期のビームタイムはキャンセルとなったが 6 月下旬に 2 週間の PF 加速器運転を実施したこと、リモート化・自動化に向けた実験や感染症対策に関する各種試行により今後の放射光利用実験への対応に関する貴重な知見が得られたこと、また直近の学位取得に必要な実験にも多くの実験ステーションで対応を実施したこと。
参考：PF/PF-AR 2020 年度第一期ビームタイムについて
<https://www2.kek.jp/imss/notice/2020/04/091400.html>
参考：PF の運転再開について
<https://www2.kek.jp/imss/notice/2020/05/291600.html>
- KEK からの旅費支給辞退について
今年度から開始した学生への教育サポートのための旅費辞退に関して複数の共同利用者からの連絡があったこと。
参考：学生への教育サポートのための旅費辞退のお願い
<https://www2.kek.jp/imss/notice/2020/03/251610.html>
- ユーザーグループ運営ステーション、大学等運営ステーションについて
運営に関する覚書締結の有効期間（3 年間）が昨年度に終了したユーザーグループ運営ステーション（BL-4A）について、2020 年 1 月の PF-PAC で報告をした PF および PF-UA で設置する委員会が実施した運営に関する活動報告会での継続を承認する審議結果に関連して、その後、ユーザーグループから継続申請書が提出されて正式な運用が開始されていること、今年度で運営に関する有効期間が終了するユーザーグループ運営ステーション（BL-3B, BL-4B2, BL-6C, BL-10A, BL-18C）、大学等運営ステーション（BL-20A）について活動報告会を開催予定であること。

検討事項（抜粋）：施設運営に関する重要事項の報告・検討
○制度変更済の項目（報告事項）

- 今年度からの制度変更について
旅費支給基準
実験課題審査手続き・評価基準
P 型課題規約（初心者型に特化した課題として設定）
T 型課題締切日（S2 型課題、G 型課題と同じ日時とする）
前回までの PF-PAC 全体会議で議論・審議され、今年度

第 121 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：2020 年 7 月 22 日（水） 13:30 ～

開催方法：Web 会議

議事

【1】第 120 回議事要録について

【2】所長報告

【3】審議

(1) 2020 年度後期放射光共同利用実験課題審査結果について

(2) 特定人事（ミュオン 特任助教 1 名）

(3) 次期所長候補者の選考について

【4】報告事項

(1) 人事異動

(2) 協定等の締結について（国内機関関係）

【5】研究活動報告（資料配布のみ）

(1) 物質構造科学研究所報告

(2) 素粒子原子核研究所報告

(3) 加速器研究施設報告

(4) 共通基盤研究施設報告

から制度変更になった上記項目について、PF-PAC 委員長から改めての状況説明がなされるとともに、今回の実験課題審査に関連して制度運用に関する意見交換を実施した。制度変更に関して更なる十分な周知が必要であることなどの意見が出された。

○検討中・検討予定の事項

•PF-PAC 分科会の最適化

PF ビームラインや実験手法の位置づけを明確化し、審査分科会をそれに合わせて設置する PF 内部で検討をしている 6 分科会設置案に関して意見交換を実施した。PF-PAC、PF 内部で、引き続き、検討を進めることとした。

•新マルチプローブ課題の設定について（量子ビーム連携研究センター）

エキスパートタイプとスタンダードタイプの 2 種類の実験課題設定を検討していることの説明がセンター長からあり、PF-PAC でも、引き続き、検討を進めることになった。

その他

次回 PF-PAC 全体会議は 9 月もしくは 10 月の開催を予定。

第 120 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：2020 年 5 月 27 日（水） 13:30 ～

開催方法：Web 会議

議事

【1】第 117, 118, 119 回議事要録について

【2】所長報告

【3】審議

(1) 次期所長候補者の選考について

(2) 教員公募（教授 1 名・中性子）

(3) 学術研究フェローの雇用計画について
（特任助教 1 名・ミュオン・特定人事）

【4】報告事項

(1) 人事異動

(2) 研究員の選考結果について

(3) 博士研究員の選考結果について

(4) 物構研関連の共同利用施設の運転状況について

(5) 量子ビーム連携研究センター報告

(6) 2020 前期 PF 課題審査結果について（条件解除報告）

(7) 協定等の締結について（国内機関関係）

【5】研究活動報告（資料配布のみ）

(1) 物質構造科学研究所報告

(2) 素粒子原子核研究所報告

(3) 加速器研究施設報告

(4) 共通基盤研究施設報告

2020 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)

受理番号	課 題 名	所 属	実験責任者	ビームライン
1. 電子物性				
2020G501	軟X線分光による薄膜型燃料電池の電解質表面及び電極界面の電子構造	東京理科大学	樋口 透	2A/B
2020G518	カイラル反強磁性体Mn ₃ Sn薄膜を含む磁性多層膜の磁気円二色性分光	東京大学	三輪 真嗣	16A
2020G523	チタン酸ストロンチウム結晶にドーピングした軽金属元素の軟X線吸収分光: 近紫外光動作光触媒の構造解析	神戸大学	大西 洋	11A, 11B
2020G537	MBE法によりエピタキシャル成長したMn _{4-x} In _x N膜のXMCD測定	筑波大学	末益 崇	16A
2020G540	カーボンナノチューブに包摂されたイオウ原子鎖の局所構造	富山大学	池本 弘之	11B
2020G541	軟X線発光分光によるリン酸系ゼオライトの部分電子構造	熊本大学	細川 伸也	16A
2020G542	p型酸化物薄膜デバイス開発に向けたスズ酸化物薄膜の電子状態解明	産総研	養原 誠人	13A/B, 2A/B
2020G548	準大気圧XPSを用いた高分子保護金ナノ粒子触媒による空気酸化反応における反応活性種の直観観測	大阪大学	植竹 裕太	13A/B
2020G551	Momentum-resolved electronic structure across the metal-to-insulator transition in V ₂ O ₃ , the archetype strongly correlated electron system	Universite Paris-Sud 11, FRANCE	Andres F. SANTANDER -SYRO	2A/B
2020G577	巨大電気磁気効果を有する新規界面マルチフェロイクスのスイッチングモードを用いたXMCD評価	東北大学	永沼 博	16A
2020G587	高精度複数散乱体 3 次元同時計測	筑波大学	伊藤 雅英	11D
2020G589	単層酸化グラフェンを用いたイオンセンシング材料の開発	量研機構	圓谷 志郎	27A, 27B
2020G595	蛍光収量による波長分散型軟X線XAFSを用いた触媒表面における化学反応のリアルタイム追跡	KEK物構研	雨宮 健太	16A
2020G600	RbMnFe(CN) ₆ の温度相転移中間相の電子状態・構造研究	大阪府立大学	岩住 俊明	7C, 11A, 12C
2020G609	放射光の二次ビーム利用による分子の超高精度な電子衝突断面積測定	東京工業大学	北島 昌史	20A
2020G616	多層膜回折格子を用いたテンドーX線発光分光法の開発とオペランド電子状態分析への応用	量研機構	今園 孝志	11A, 11B, 11D
2020G619	高分解能XPSによる極低温から高温・常圧下のモデル触媒における不活性分子の吸着と活性化の研究	東京大学	吉信 淳	13A/B
2020G622	波長分散型軟X線吸収分光法による固液界面における光触媒反応のリアルタイム観察	KEK物構研	阪田 薫徳	16A
2020G623	極端軟X線大気圧XAFSの開発による窒素ドーパカーボン系燃料電池のオペランド計測	慶應義塾大学	近藤 寛	13A/B
2020G625	新奇ディラック電子系ポロフェンの構造解析: 基板依存性	早稲田大学	高山 あかり	低速陽電子
2020G630	配位数可変なε-Fe ₂ O ₃ マルチフェロイクスの4サイトからなるフェリ磁性の解明	東京工業大学	安井 伸太郎	16A
2020G631	多孔体表面から真空中に放出されるポジトロニウムのエネルギー分布の測定	東京大学	石田 明	低速陽電子
2020G634	遍歴系磁気スキルミオン物質の電子構造	東京大学	石坂 香子	2A/B
2020G636	軟X線用ウォルターミラーの開発と分光顕微鏡への応用	筑波大学	渡辺 紀生	11D
2020G637	Tender領域での透過異常小角散乱法の定量化とAl-Mg系多元合金の組織形成研究への応用	京都大学	奥田 浩司	6A, 11A, 13A/B
2020G652	溶液プロセスで作製した非晶質酸化物薄膜の局所構造評価	東京大学	坂井 延寿	7A
2020G664	半導体への複数種不純物の共ドーブによる電気的活性化率の増大制御	東京工業大学	筒井 一生	13A/B
2020G669	軟X線ARPESによる反強磁性トポロジカル絶縁体および半金属の研究	東北大学	相馬 清吾	2A/B
2020G685	4D-XPS法の開発	東北大学	豊田 智史	2A/B
2. 構造物性				
2020G503	酸化物ナノシートのヘテロ積層と結晶構造解析	物材機構	坂井 伸行	6C
2020G504	放射光X線を用いた動的超分子ベアリングの単結晶構造解析	東京大学	松野 太輔	17A
2020G505	X線CTR散乱高速測定法による全固体電池正極界面のオペランド観察	産総研	白澤 徹郎	4C, NW2A, 3A
2020G511	コバルトの高温高压変形実験	愛媛大学	西原 遊	NE7A
2020G517	SiC上ツイスト 2 層グラフェンの構造に関する研究	九州大学	田中 悟	4C, 3A
2020G526	超伝導を示すトポロジカル物質Bi ₂ Te ₃ /FeTe界面の構造	東北大学	若林 裕助	3A
2020G535	高融点高硬度マンタル鉱物(Ru,Os)S ₂ 固溶体の構造精密化	熊本大学	吉朝 朗	10A
2020G638	Ni ₃ S ₄ -NiFe ₂ S ₄ 固溶体中のFeおよびNiの分布および価数状態の解明	東北大学	徳田 誠	6C, 9A
2020G543	Fe ₃ O ₄ /BaTiO ₃ 界面の電子状態変化による界面磁気構造・相転移の制御	東京大学	福谷 克之	NE1A
2020G544	メタンハイドレートの高温高压安定性に与えるアンモニアの影響の検討	物材機構	門林 宏和	18C
2020G545	水素ハイドレートの高温高压下における物性変化と新規な水素-水系物質の探査	立正大学	平井 寿子	18C
2020G546	酸化によって引き起こされるマグネタイト[Fe ³⁺ (Fe ²⁺ ,Fe ³⁺)O ₄]の結晶構造変化	筑波大学	興野 純	10A
2020G547	層状ペロブスカイト酸化物イオン伝導体の高分解能X線回折データに基づく結晶構造解析	東京工業大学	藤井 孝太郎	4B2
2020G554	Study of the electronic structures of a double-helical spin ordering in YBaCuFeO ₅	Tamkang University, TAIWAN	Chao-Hung DU	3A

2020G562	室温、高温下におけるギ酸の分子間水素結合の圧力変化と化学反応	北海道大学	篠崎 彩子	18C
2020G572	高圧実験用6-6式ディスクポラブルフレームの評価	愛媛大学	瀧崎 員弘	NE5C
2020G575	白色法を用いた共鳴X線磁気散乱強度の偏光依存性	群馬大学	鈴木 宏輔	3C
2020G581	蛍光X線ホログラフィーを用いたPb(Fe _{1/2} Ta _{1/2})O ₃ のBサイト元素選択局所構造解析	名古屋工業大学	木村 耕治	6C
2020G582	複数f電子系Sm化合物の異常磁性と磁気構造の研究	広島大学	比嘉 野乃花	3A
2020G584	ジルコンの衝撃変成ダイナミクスの解明	KEK物構研	高木 壮大	NW14A
2020G586	Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系で新規に合成されたAl ₂ Si ₂ O ₇ 高圧多形の結晶構造解析	東北大学	栗林 貴弘	10A
2020G592	光固液相転移化合物の結晶における時間分解X線回折	産総研	則包 恭央	NW14A
2020G598	低温下における鉄系磁性イオン液体の結晶構造解析	防衛大学校	下野 聖矢	8B
2020G599	ペロブスカイト太陽電池に用いる有機無機ハロゲン化鉛の結晶構造の解析	理化学研究所	柴山 直之	8A
2020G604	酸素欠陥ペロブスカイトbrownillerite Ca ₂ Fe ₂ O ₉ の高圧特性	筑波大学	興野 純	18C
2020G605	対称性の低下したダイヤモンド格子に隠れたプラスチックが引き起こす構造相転移	名古屋大学	水津 理恵	8A
2020G607	トリプチセン誘導体からなるハニカム金属有機構造体の示す磁気異常解明のための結晶構造解析	名古屋大学	珠玖 良昭	8A
2020G613	Ca(W,Mo)O ₄ 混晶シンチレータにおけるCaイオン局所構造の蛍光X線ホログラフィー	山形大学	北浦 守	6C
2020G614	白雲母表面に吸着したカフェイン分子の構造解析	物材機構	佐久間 博	4C, 3A
2020G615	鉄系超伝導体における電荷秩序と超伝導の相関の解明	大阪大学	中島 正道	4C
2020G617	時間分解結晶構造解析を用いた衝撃圧縮下におけるカーボンナノリングの原子分解能構造観察	理化学研究所	星野 学	NW14A
2020G627	蛍光X線ホログラフィーによる太陽電池材料ZnドープCuInSe ₂ の研究	愛媛大学	白方 祥	6C
2020G628	Re酸化物における多極子秩序の研究	KEK物構研	佐賀山 基	4C, 8A, NE1A, 3A
2020G632	高圧XRD実験によるアルカリテトライド材料の構造相転移に関する研究	岐阜大学	久米 徹二	18C
2020G635	高圧下でのマグネシウム塩化物の水和物の相関係と構造解析	東京大学	鍵 裕之	18C
2020G640	高圧下その場XAFS-XRD複合測定によるマグマ中のXeの化学状態の解明	KEK物構研	若林 大佑	NE5C
2020G651	A study on the preparation and crystallographic characteristic of zeolite-based nano-phosphor material for display application	Kyungpook National University, KOREA	Nam Ho HEO	5A
2020G655	電気化学環境下におけるPt合金単結晶電極界面のoperando表面X線散乱	山梨大学	川本 鉄平	3A
2020G660	カーボンナノチューブを用いた選択的分子吸着の研究	神奈川大学	客野 遥	8A, 8B
2020G663	プロトン伝導性Sr-Ti系層状ペロブスカイトの結晶構造解析	名古屋工業大学	籠宮 功	4B2
2020G665	Gd金属間化合物におけるトポロジカル磁気超構造	東京大学	有馬 孝尚	3A
2020G666	アルカリ超酸化物の圧力下結晶構造	岡山大学	神戸 高志	8A
2020G671	表面X線散乱法によるアイオノマー/白金電極界面のその場構造決定	物材機構	増田 卓也	3A
2020G672	ポストスピネル相転移と変形の相互作用	九州大学	久保 友明	NE7A
2020G680	Temporal Evolution of Twin Structures in Nanotwinned Copper under Shock Compression	Southwest University of Science and Technology, CHINA	Jianbo HU	NW14A
2020G682	X-ray scattering study of magnetically ordered epitaxial iron oxide films on nitride semiconductor substrates	Ioffe Institute, RUSSIA	Sergey Michailovich	3A

3. 化学・材料

2020G505	X線CTR散乱高速測定法による全固体電池正極界面のオペランド観察	産総研	白澤 徹郎	4C, NW2A, 3A
2020G513	マイクロXAFS法を用いた微視的な化学種解析に基づく水田土壌表層へのヒ素濃集メカニズムの解明	愛媛大学	光延 聖	12C, 4A
2020G522	フローケミストリー詳細解明のためのXAFS-IR測定技術の開発	産総研	日隈 聡士	9C, NW10A
2020G529*	口腔および消化管粘膜組織中での微量金属元素分布の分析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	4A
2020G532	Ru・Os系5族・6族元素化合物鉱物の局所構造と天然白金族化合物の物性	熊本大学	吉朝 朗	9C, NW10A
2020G534	乳がんの早期簡易診断を目指した毛髪内Ca分布と乳がん病理データとの相関の検討	東海大学	伊藤 敦	11B, 4A
2020G539	黒鉛層間に挿入した貴金属塩化物の構造及び還元構造に関するXAFS解析	岩手大学	白井 誠之	9A, 9C, NW10A
2020G558	抽出クロマトグラフィ用吸着材内の錯体構造解析	原研機構	渡部 創	27B
2020G561	X線吸収分光測定法を用いたNa電池正極材料Na _{2/3} Zn _{1/3} Mn _{8/9} O ₂ の長寿命化機構の解明	東京理科大学	駒場 慎一	12C
2020G588	光定常状態X線構造解析によるネットワーク錯体の励起構造の解明	東京工業大学	河野 正規	NW2A
2020G589	単層酸化グラフェンを用いたイオンセンシング材料の開発	量研機構	圓谷 志郎	27A, 27B
2020G593	時間分解XAFS測定を用いた光触媒的な水分解反応の追跡	KEK物構研	金澤 知器	NW14A
2020G596*	Fe ²⁺ /Fe ³⁺ 溶液の局所構造解析	筑波大学	丹羽 秀治	9A
2020G597	in situ XAFSによる構造解析に基づいた水素発生光触媒の開発	KEK物構研	野澤 俊介	9A, NW10A
2020G600	RbMnFe(CN) ₆ の温度相転移中間相の電子状態・構造研究	大阪府立大学	岩住 俊明	7C, 11A, 12C
2020G606*	白金族含有合金のXAFS解析	東京都市大学	松浦 治明	27B

2020G608*	重金属トランスポーターを高発現したイネカルスにおけるカドミウムの蓄積機構の解明	東京電機大学	保倉 明子	9A, NW10A, 4A
2020G611	斜長岩質月試料に含まれる斜長石の鉄価数測定から推測する月地殻の形成環境	東京大学	三河内 岳	4A
2020G620	Understanding the charge-carrier dynamics in single atomic ruthenium catalyst adsorbed on hematite by time-resolved X-ray absorption spectroscopy	Yonsei University, KOREA	Tae Kyu Kim	NW14A
2020G621	Co/ZSM-5触媒のin situ XAFS および質量分析計の同時測定による構造解析	工学院大学	奥村 和	9A, 9C
2020G626	H ₂ Oを電子源としたCO ₂ の光還元活性を示すAg修飾光触媒のXASによる構造解析	京都大学	朝倉 博行	12C, NW10A
2020G638	Ni ₃ S ₄ -NiFe ₂ S ₄ 固溶体中のFeおよびNiの分布および価数状態の解明	東北大学	徳田 誠	6C, 9A
2020G639	STXMによる岩石学的アプローチから探る太陽系有機物の進化	横浜国立大学	癸生川 陽子	19A/B
2020G643	オペランド偏光全反射蛍光XAFS法による単原子触媒の活性点三次元構造解析	北海道大学	高草木 達	9A
2020G644	融合成長機構によるマルチハイブリッド型合金ナノ粒子の電子状態解析	千葉大学	森田 剛	12C
2020G646	銅錯体による絹フィブロインの染色機構に関する研究	茨城大学	高妻 孝光	9A, 9C, 12C
2020G650	XANESを用いた衝撃による長石中の鉄の価数変化の評価	千葉工業大学	佐竹 渉	4A
2020G653	in situ XAFS測定によるアンモニア合成触媒の構造解析および活性発現機構の解明	産総研	西 政康	NW10A
2020G654	オペランド全元素XAFS観測を活かした活性構造制御による三次元水分解触媒の開発	山口大学	吉田 真明	9A
2020G656	時間分解pump-probe XASによるCs ₃ Cu ₂ I ₅ の発光原理の解明	KEK物構研	丹羽 尉博	9A, NW14A
2020G657	XAFSによる新規p型酸化物開発に向けたSn ²⁺ 系バイクロア酸化物における酸素欠陥量の評価	東京理科大学	三溝 朱音	9A, 9C, 12C, NW10A
2020G661*	乳歯の放射光マイクロビーム蛍光X線分析: 重金属曝露が小児精神神経発達障害に与えるメカニズムの解明	高知大学	安光ラヴェル 香保子	4A
2020G662	鉄に吸蔵された金属イオンのドーブ氷中での分布状態	東京工業大学	原田 誠	4A
2020G667	二酸化炭素の光還元有効なチタン酸系光触媒における助触媒のXAFS分析	京都大学	山本 旭	12C, NW10A
2020G670	微小領域化学種解析による蛇紋岩中粘土鉱物に含まれるFe ²⁺ の還元作用による脂肪酸有機物生成過程の解明	東京大学	高橋 嘉夫	12C, 19A/B, 4A
2020G673	In situ XAFSおよびin situ XRDによるマイクロ波駆動固体反応の加速機構の解明	東京工業大学	椿 俊太郎	9C, NW10A
2020G675	炭素貯留を担う土壌サブミクロ団粒内の有機-無機相互作用の解明	筑波大学	浅野 真希	19A/B
2020G676	Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ru, Agポルフィリン-TiO ₂ 複合体のCO ₂ 光燃料化追跡	千葉大学	泉 康雄	9A, 9C, NW10A
2020G679	Understanding the Local Atomic Coordination in Unsegregated, Fast Crystallized Ga _x Sb _{1-x} , for Phase Change Memory Application	Shiv Nadar University, INDIA	Aloke KANJILAL	NW10A
2020G683	3d遷移金属をドーブしたアルミナの光学特性解明のためのXAFSによるドーブ原子の局所構造評価	産総研	小平 哲也	9A
2020G684*	Relating Cobalt States with Lewis Acid Sites in APOs by XAFS - to develop new NH ₃ -SCR catalysts	Xiamen University, CHINA	Binghui Chen	15A1

4. 生命科学I

2020G502	乳酸菌の菌体表層に大量発現するグリセルアルデヒド-3-リン酸脱水素酵素の糖鎖認識機構の解明	東海大学	米田 一成	5A
2020G507	ヒストンのクロトニル化リジンを認識するGAS41の構造基盤	横浜市立大学	小沼 剛	1A, 17A
2020G508	薬剤耐性タンパク質を標的とした細菌感染症治療薬の開発研究	名古屋大学	和知野 純一	5A
2020G510	フェージ由来のタンパク質が緑膿菌の外來遺伝子サイレンサーMvaTの機能を阻害する構造基盤の解明	東京大学	野尻 秀昭	1A, 5A, NE3A, NW12A
2020G514	古細菌のメタン代謝を司るNi補酵素F430生合成酵素CfbAの基質となる金属選択性の解明	埼玉大学	藤城 貴史	5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G521*	産業利用酵素の構造解析	産総研	安武 義晃	1A, 17A
2020G524	ポリケタイド化合物の骨格形成とその修飾に関わる酵素の構造機能解析	東京大学	葛山 智久	5A
2020G525	スクレオシド系抗生物質の骨格形成および構造多様化の鍵となる酵素の構造機能解析	東京大学	葛山 智久	5A
2020G527	β-1,2-グルカン関連酵素、結合タンパク質の構造解析	東京理科大学	中島 将博	5A, NW12A
2020G528	HTLV1感染阻害剤開発を目指したHTLV1エンベロープ蛋白質とニューロピリン1の構造解析	国立感染症研究所	楠 英樹	NW12A
2020G530	放射菌由来α-ガラクトシダーゼのガラクトース結合ドメインの構造機能研究	農研機構	藤本 瑞	5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G531	キネシンCENP-Eと阻害剤との複合体の構造解明	東京理科大学	横山 英志	1A, 17A
2020G533	ポリケタイド合成酵素におけるドメイン間相互作用の解析	東京工業大学	宮永 顕正	5A, NW12A
2020G538	ペプチドグリカン生合成に関わる新奇リガーゼのX線結晶構造解析	富山大学	森田 洋行	1A
2020G559	植物由来の微小管結合タンパク質の結晶構造解析	横浜市立大学	林 郁子	1A, 5A, NE3A, NW12A
2020G563	希少糖生産に有用なエビメラゼのX線結晶構造解析	東京大学	田之倉 優	1A, NE3A
2020G564	生体イメージング技術に係るタンパク質の構造生物学的研究	宇宙航空研究開発機構	木平 清人	1A, 5A, 17A
2020G569*	翻訳調節因子の制御機構の解明	産総研	竹下 大二郎	1A, 5A, 17A

2020G570	アロステリックエフェクターを付加したヘモグロビンの分子変形過程の観測	自治医科大学	佐藤 文菜	5A, NW12A
2020G573*	分子設計した光受容タンパク質の結晶構造解析	量研機構	安達 基泰	1A, 5A
2020G574	核移行受容体importin-alphaによるがんシグナル分子認識機構の構造基盤解明	名古屋大学	松浦 能行	1A
2020G576	CGL1およびSPL-1の糖複合体結晶構造解析	長崎大学	海野 英昭	5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G580	細菌細胞壁構築と再構成を担う線毛タンパク質と細胞壁分解酵素のX線結晶解析	香川大学	神鳥 成弘	5A
2020G590	感染症治療薬ならびに小児がん治療薬の開発に向けた標的タンパク質と阻害化合物の共結晶構造解析	千葉大学	星野 忠次	17A, NW12A
2020G591	結核菌糖脂質を認識するC型レクチン受容体群のリガンド認識および免疫賦活化機構の構造基盤の解明	大阪大学	長江 雅倫	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G594	放線菌由来エステラーゼの光学選択活性の結晶学的解析	産総研	久保田 智巳	1A
2020G612	リボソームRNAを模倣した一塩基多型センサーのStructure-Based Design	上智大学	近藤 次郎	17A
2020G618	創薬標的タンパク質に対する新規共有結合型モチーフの開発とその相互作用解析	昭和薬科大学	石田 寛明	5A
2020G629	ナノ構造体エンカプスリンへのタンパク質内包機構の解明	東京農工大学	野口 恵一	1A, 5A, 17A, NW12A
2020G633	PLP依存性D-スレオニアルドラーゼの基質認識メカニズム	東邦大学	後藤 勝	5A
2020G642	バクテリアセルロース合成複合体のサブユニット、膜蛋白質BcsCのX線結晶構造解析	北海道大学	于 健	1A
2020G648	クロマチン結合因子によるヌクレオソーム認識機構の解明	東京大学	胡桃坂 仁志	1A, 17A
2020G658	新規人工酵素変異体及び基質複合体等のX線結晶構造解析による酵素反応機構の解明	信州大学	新井 亮一	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G681	ビブリオ菌由来鉄輸送タンパク質VmFbpAのX線結晶構造解析	東京大学	陸 鵬	NE3A

5. 生命科学II

2020G506	GaN結晶の表面界面構造のX線CTR散乱法及びX線トポグラフィ法による研究	日本女子大学	秋本 晃一	4C, 14B, 20B	
2020G512	全方位からX線を入射可能なエッジ像2次元小角X線散乱測定用のゴムシート2軸延伸装置の開発	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	15A2	
2020G515	有機溶媒/水/界面活性剤混合エマルジョン系での銀ナノ粒子形成過程のSAXS/WAXD解析	奈良女子大学	原田 雅史	6A	
2020G516	天然ゴムならびに疑似天然ゴムの二軸延伸によるひずみ誘起結晶化性を最大化させる手法の確立を目指した研究	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	15A2	
2020G520	ポリL乳酸球晶内に閉じ込められたポリエチレングリコールの結晶化	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	6A	
2020G536*	X線マイクロビームを活用した放射線誘発細胞競合現象の探索	量研機構	今岡 達彦	27B	
2020G549*	放射光血管造影を用いた腫瘍新生血管の可視化	筑波技術大学	松下 昌之助	14C	
2020G550*	放射光血管造影を用いた腎機能障害の評価	筑波技術大学	松下 昌之助	14C	
2020G552	ポリマーブラシによる基板表面改質が与えるPS-b-P2VP薄膜の転移過程への影響	京都大学	小川 紘樹	15A2	
2020G553*	アルカリ活性型シゾフィランの溶液構造解析と構造転移	東京薬科大学	松村 義隆	10C	
2020G555	中性リン脂質・界面活性剤の作る膜やミセルに働く新しい力の起源	筑波大学	菱田 真史	10C	
2020G556	X線干渉法を用いたX線ベクトル撮像の検討	九州シンクロトロン	米山 明男	14C	
2020G557	熱散漫散乱とアレイ型APDを用いたns時間分解のフォノン状態計測法の開発	九州シンクロトロン	米山 明男	14C	
2020G565	エックス線暗視野法における3ミクロン空間解像度への挑戦と医学試料への応用	総合科学研究機構	安藤 正海	14B	
2020G566	X線偏光顕微鏡の拡張と応用	KEK物構研	平野 馨一	14B, 3C	
2020G567	自己集合性ナノポリカテナンの動的性質の解析	千葉大学	矢貝 史樹	10C, 15A2	
2020G578	X線CTを用いたクラスレートハイドレート三次元定量解析と構造解析手法の開発	産総研	竹谷 敏	14C	
2020G579	SAXS/WAXS/DSC同時測定を用いた架橋脂質キュービク相の構造解析	奈良先端科学技術大学院大学	尾本 賢一郎	10C	
2020G583	X線暗視野法による乳房内乳管癌の3次元分布の解明	名古屋大学	砂口 尚輝	14B	
2020G585	明視野X線トポグラフィを用いたパワーデバイスのリアルタイム転位観察	ファインセラミックスセンター	姚 永昭	14B, 3C	
2020G602	ブロック共重合体/ホモポリマーブレンドが形成する新規ネットワーク型構造に関する研究	KEK物構研	高木 秀彰	6A, 10C	
2020G603	X線天文衛星XRISM搭載X線CCDの軟X線のレスポンスの研究	東京理科大学	幸村 孝由	11A	
2020G610	動的な架橋を有するイオン性エラストマーの変形下での内部構造変化と力学特性の相関解明	岐阜大学	三輪 洋平	15A2	
2020G637	Tender領域での透過異常小角散乱法の定量化とAl-Mg系多元合金の組織形成研究への応用	京都大学	奥田 浩司	6A, 11A, 13A/B	
2020G645	高圧X線回折実験によるCoil-Rod-Coilブロック共重合体の形成するスメクチック相構造の解明	公立千歳科学技術大学	大越 研人	6A	
2020G647	マルチモードゾンプレートX線顕微鏡の開発と応用	筑波大学	渡辺 紀生	3C	
2020G649	In-situ Uniaxial Mechanical Strain-induced Morphological Evaluation of Elastomeric Topological Polymer Blends via Synchrotron X-ray Scattering	北海道大学	Brian Ree	Jiwon Ree	6A
2020G659	種結晶添加に伴うココアバター結晶の多形転移挙動の解明	広島大学	上野 聡	6A	

2020G668	核酸搭載脂質ナノ粒子の動的構造変化測定	北海道大学	真栄城 正寿	15A2
2020G674	レクチンナノブロック機能性超分子複合体の創製とX線溶液散乱解析	信州大学	新井 亮一	10C
2020G678	肝臓の治療や再生への適用を目指したX線位相コントラスト法による肝微小灌流状態の可視化	茨城県立医療大学	森 浩一	14C

課題名等は申請時のものです。*印は条件付き採択課題。

2020年度前期からこれまでに採択されたP型課題

受理番号	課題名	所属	実験責任者	ビームライン
1. 電子物性				
2019P013	レーザー照射により形成させた炭化ケイ素微粒子膜構造の研究	東北大学	西嶋 雅彦	11A, 11B
2019P017	軟X線吸収微細構造(XAFS)分光法による非晶質炭酸マグネシウムの局所構造	筑波大学	興野 純	11A
3. 化学・材料				
2019P016	国内に産する浚渫土中の硫黄含有官能基の同定	北海道大学	菊池 亮佑	11B
2019P018	二酸化炭素還元に関与する活性なジルコニア担持コバルト触媒のXAFS分析	北海道大学	Shrotri Abhijit	9A, 9C, 12C
2020P001	電気的中性層状ペロブスカイトの化学状態解析	東北大学	長谷川 拓哉	12C, NW10A

2020年度第1期配分結果一覧

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19	6/20
	T/M	T/M	B	E	E	E
1A			調整	調整	調整	20RP-04 松塚直宏
2A/2B			調整	調整	19T004 志賀大英	18S2-004 相原広志
3A			20G103 道村真司	調整	調整	調整
3C			調整	18G686 加藤有香子	調整	調整
4A			調整	調整	18G644 松浦晃洋	調整
4C			19G553 中尾裕剛	18G555 佐久間博	調整	調整
5A			調整	20Y009	調整	調整
6A			調整	20G046 香木久典	19G596 上原伸夫	19G654 後谷朝樹
6C			調整	調整	調整	調整
7A			19G029	19G621 遠藤理	調整	20G047 境
7C			20S2-001 熊井玲児	調整	調整	調整
8A			調整	調整	19P007 水津理恵	調整
8B			19G145 佐賀山基	調整	調整	20S2-001 熊
9A			調整	調整	調整	調整
9C			調整	調整	調整	調整
10A			調整	調整	調整	調整
10C			調整	20G014 高橋浩	18G634 新井亮一	20RP-01 有田昌孝
11A					19P005 大西洋	調整
11B						19P005 大西洋
11D			18G552 伊藤雅英	調整	調整	調整
12C			調整	調整	19G141 泉原結	調整
13A/13B			18S2-00	18S2-00	18S2-00	18S2-00
15A2			調整	調整	20G055 島山信博	19G088 小川悠樹
16A			19G600 北村歩	調整	20G029 野	20G082 松本龍樹
17A			調整	18C	20C203	20Y001
18B			調整	調整	調整	調整
18C			調整	調整	調整	19G563 遊佐
19A/19B			調整	調整	18MP001 小野寛	18S1-001 高橋浩
20A			調整	調整	調整	調整
20B			20PF-08 杉山弘	調整	19G571 水野薫	20G094
27A			調整	19G643 岩田 暁	20G019 後谷朝樹	19G032 馬場祐治
27B			調整	20G041 後谷朝樹	調整	19G057 岡本芳浩
STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
SPF			調整	調整	調整	調整

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26	6/27
	E	E	E	M	E	E
1A	調整	調整	調整	調整	調整	調整
2A/2B	18S2-004 相原広志	18G653 相馬清香	調整	調整	18S2-004 相原広志	19G632 小島文夫
3A	18G661 白澤 徹郎	調整	19G584 近藤敏博	調整	19G584 近藤敏博	19G056 清水
3C	調整	調整	調整	調整	18G641 渡辺 紀生	調整
4A	18G644 松浦晃洋	調整	調整	調整	18G644 松浦晃洋	18G575 高橋 嘉夫
4C	19G634 柏木隆成	調整	19G558 岩佐和晃	調整	19G558 岩佐和晃	調整
5A	19G	18G	20G0	19G	18G	18G
6A	18G628 上野 聡	調整	調整	調整	調整	19G617 櫻井伸一
6C	19G087 杉山和正	調整	調整	調整	19G087 杉山和正	調整
7A	20G047 境	19C211	19G028 岡村 貴	20G047	19C202	19S2-003 岡
7C	19G646 川又 遼	調整	調整	調整	19G591 手塚 泰久	調整
8A	19P007 水津	19P009 珠玖 良昭	調整	調整	19P009 珠玖 良昭	19G558 岩佐和晃
8B	20S2-001 熊井玲児	調整	調整	調整	19G005 後藤博志	調整
9A	調整	調整	調整	調整	調整	調整
9C	調整	調整	調整	調整	調整	調整
10A	調整	調整	調整	調整	調整	調整
10C	19G	19G515 藤田 真史	20G003 新井 崇博	調整	19G002 矢野 龍二	20G064 上久 隆博
11A						
11B					19P016 岡田 高治	調整
11D					調整	調整
12C	20G081 高橋 浩	18G594 池本 弘	19G660 花根 徳	調整	19G125 島山 信	調整
13A/13B	18S2-00	18S2-00	18S2-00	18G590	18S2-00	18G590
15A2	19G	20RP-02 藤原 寛	20RP-03 小川 寛治	調整	19G536 木多 智	19G113 丸岡 直人
16A	19S	19G553 中尾裕剛	調整	調整	18S2-006 山崎 裕一	19S
17A	19G	19G	19G	19G	19G	19G
18B	調整	調整	調整	調整	調整	調整
18C	19G	19G580 中野 智志	19G664 宮川 仁	調整	18G569 門林 宏和	19G605 籠 裕之
19A/19B	20G106 山下 剛平	19C202	調整	調整	18S1-001 高橋 嘉夫	調整
20A	調整	調整	調整	調整	調整	調整
20B	20G094 加藤 有香子	調整	調整	調整	20PF-07 若林 大佑	調整
27A	20G038 坂口 佳史	調整	20G019 後谷朝樹	調整	調整	19G519 永井 龍之
27B	18G573 遊佐 暁	19G057 岡本 芳浩	20G041 後谷朝樹	調整	19G551 鈴木 雅也	19G058 岡本 芳浩
STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
SPF			調整	調整	調整	調整

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5
	E	E	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
1A	19G056 清水 亮太	19G056 清水 亮太					
2A/2B	19G645 20V001	19G645 20V001					
3A	19G056 清水 亮太	19G056 清水 亮太					
3C	18G641 渡辺 紀生	18G641 渡辺 紀生					
4A	18G575 高橋 嘉夫	18G575 高橋 嘉夫					
4C	19G553 中尾 裕則	19G553 中尾 裕則					
5A	18S 19G 19G0 18G 19G 19G5	18S 19G 19G0 18G 19G 19G5					
6A	19 20	19 20					
6C	19G087 杉山 和正	19G087 杉山 和正					
7A	19S2-003 雨	19S2-003 雨					
7C	19G591 手塚 泰久	19G591 手塚 泰久					
8A	19G558 岩佐 和晃	19G558 岩佐 和晃					
8B	調整	調整					
9A	調整	調整					
9C	調整	調整					
10A	調整	調整					
10C	20G0	18G564 美員 史樹					
11A							
11B	18G594 池本 弘之	18G594 池本 弘之					
11D	20G013 小池 雅人	20G013 小池 雅人					
12C	調整	調整					
13A/13B	18G595 近藤 夏	18S2-005 小原 暁					
15A2	19G659 藤井 伸一	調整					
16A	19S2-003 雨	20L001 20Y004					
17A	19G 19G 20C203	調整					
18B	調整	調整					
18C	調整	調整					
19A/19B	18S1-001 高	20Y016 18S1-00					
20A	調整	調整					
20B	20PF-07 若林 大祐	20PF-07 若林 大祐					
27A	20G019 横谷 明徳	20G019 横谷 明徳					
27B	18G568 松浦	18G574 藤原 健					
	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
SPF	調整	調整					

「PF ニュース」からのお知らせ

平成 24 年度からの PF-UA の発足に伴い、PF ニュースはウェブが主体となりましたが、引き続きご愛読を賜り感謝致します。今後も新しい企画記事の連載など誌面の充実につとめ、PF ニュースをより魅力あるものにしていきます。PF ニュースウェブページには、冊子版では白黒となっている図等もオリジナルのカラーのものを掲載しています。ウェブ版もお楽しみ頂ければと思います。

ウェブ掲載時にはメールでお知らせするシステムも運用しています。希望される方は、どうぞ登録下さい。PF ニュースウェブページにフォームを掲載しています（※ KEK の共同利用者支援システムでユーザー登録をされた皆様には、PF メルマガが配信され、そちらにも PF News 発行のお知らせが載りますので、その方はお知らせメールの登録は必要ありません）。

PF ニュース編集委員一同

投稿のお願い

【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

【建設・改造ビームラインを使って】

特にビームラインの改良点、他のビームラインとの比較、要望等を是非お聞かせ下さい。

【ユーザーとスタッフの広場】

PF での実験の成果等が認められ受賞された方、海外放射光施設に滞在、訪問された方、国際会議等に参加された方、修士論文等、どうぞ投稿下さい。また PF に対するご意見等がありましたら是非ご投書下さい。

詳細は事務局または PF ニュース HP をご覧下さい。

宛 先

〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所 放射光実験施設内
PF ニュース編集委員会事務局
TEL : 029-864-5196 FAX : 029-864-3202
E-mail : pf-news@pfqst.kek.jp
URL : <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

編集後記

オリンピックに沸くはずの 2020 年前半の列島は、一転して行動制限に見舞われました。PF でも 2011 年以來の災禍による定期運転見合せの選択がなされたなかで、施設をあげたフォローアップ体制が組み立てられたことのありがたさをユーザーの一人として実感しました。例えば構造生物系ビームラインではリモート実験や全自動測定(無人測定)の設備基盤があり、運転再開間もない 6 月中に遠隔から利用させていただきました。

この間の PF ニュース編集会議もオンラインにより行われました。遠隔での議事進行は案外とハードルも高くなく、No.38 では採択課題ごとの実配分時間が掲載されるなど充実が図られながら、季刊のペースを保ち第 2 号の発刊に至りました。最近、「新しい日常 (ニューノーマル)」というインパクト十分なフレーズを耳にします。現地に足を運ばずとも事を行えるインフラ進化はこの語に沿う恩恵と頼もしく思いながら、実験棟の各所に置かれた PF ニュース最新号を手にとって実験の合間時間を過ごしていた日常の形もまた新たな着地点であって欲しいと願います。(T.A.)

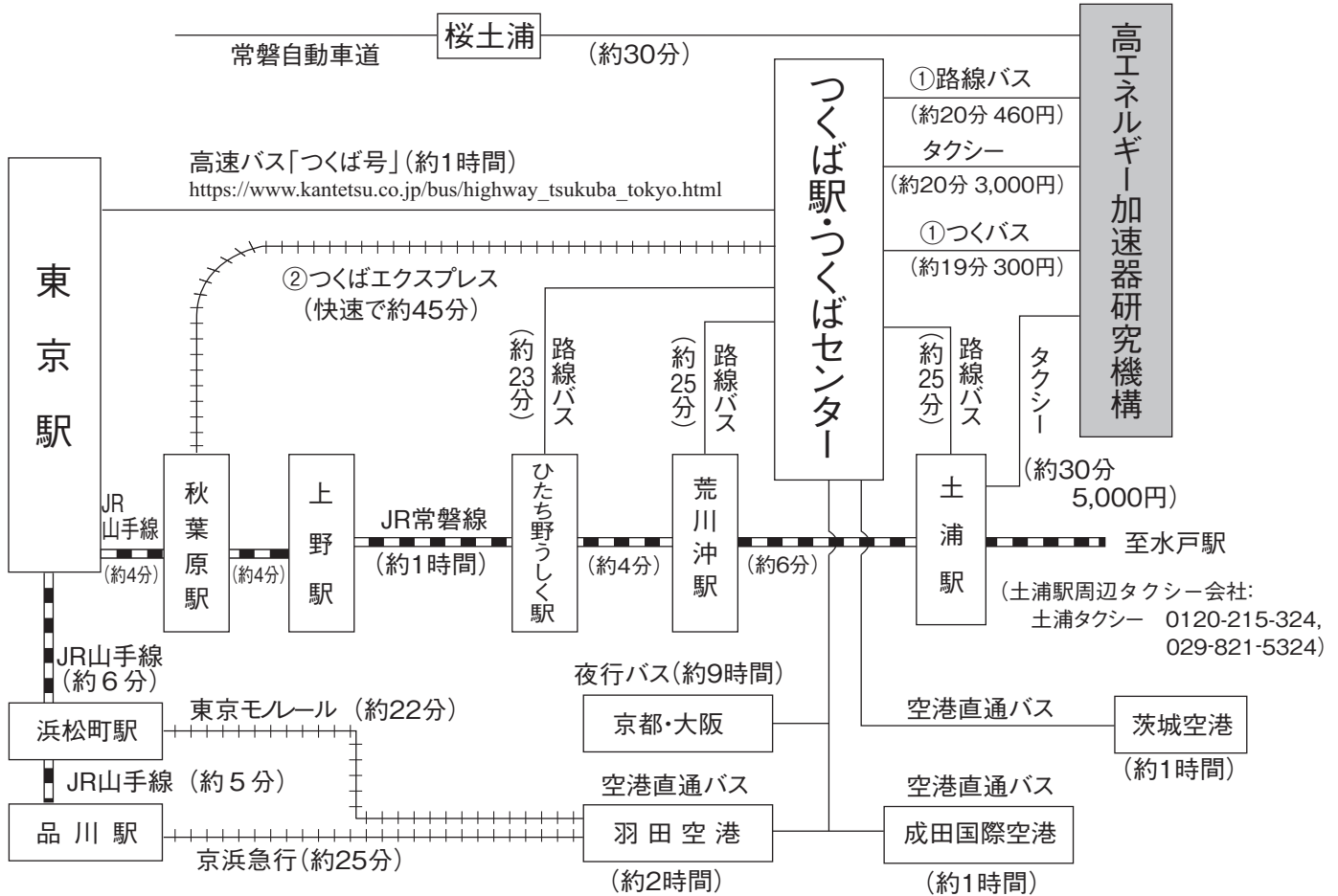
* 2020 年度 PF ニュース編集委員 *

委員長	加藤 龍一	物質構造科学研究所			
副委員長	和田 敬広	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科			
委員	荒川 孝俊	東京大学大学院農学生命科学研究科			
	宇佐美徳子	物質構造科学研究所	門林 宏和	物質・材料研究機構	
	北村 未歩	物質構造科学研究所	古賀 舞都	産業技術総合研究所	
	芝田 悟朗	東京理科大学理学部	清水 伸隆	物質構造科学研究所	
	杉山 弘	物質構造科学研究所	高木 宏之	加速器研究施設	
	武市 泰男	物質構造科学研究所	南部 英	(株) 日立製作所基礎研究センター	
	引田 理英	物質構造科学研究所	山崎 信哉	筑波大学数理物質系	
	和田 健	物質構造科学研究所			
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所			

新型コロナウイルスの影響により、運休、運転時刻や営業時間の変更があるので、必ず直前に確認して下さい。

巻末情報

KEK アクセスマップ・バス時刻表



(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー 0120-000-302, 029-864-0301)

つくば～空港直通バス：
<https://www.bus-ibaraki.jp/hwbus/highway.html>

①つくばセンター ↔ KEK (2019年10月1日改定)

関東鉄道バス 所要時間 約20分 運賃 460円 (KEK～土浦駅間の料金は800円) つくばセンター乗り場5番

18系統：土浦駅東口～つくばセンター～KEK～つくばテクノパーク大穂 C8系統：つくばセンター～KEK～つくばテクノパーク大穂
71系統：つくばセンター～(西大通り)～KEK～下妻駅 (筑波大学は経由しません)

つくバス 所要時間 約20分 運賃 300円 つくばセンター乗り場3番
HB/HA (北部シャトル)：つくばセンター～KEK～筑波山口 (筑波大学には停まりません)

下り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK
HB	7:05	7:25	C8A	× 10:00	× 10:15	HB	15:20	15:40	HB	19:30	19:50
C8	× 7:20	× 7:35	HB	10:20	10:40	HB	15:50	16:10	HB	20:10	20:30
HB	7:25	7:45	HB	10:50	11:10	C8	× 16:25	× 16:40	HB	20:30	20:50
C8	× 7:50	× 8:05	C8	10:55	11:10	HB	16:30	16:50	HB	21:20	21:40
HB	7:50	8:10	71	11:00	11:21	71	× 16:35	16:56	HB	21:50	22:10
18	○ 8:10	○ 8:32	HB	11:50	12:10	C8	17:00	17:15	HB	22:30	22:50
18	× 8:12	× 8:34	HB	12:20	12:40	HB	17:10	17:30			
HB	8:20	8:40	HB	12:50	13:10	HB	17:50	18:10			
71	8:50	9:11	C8	○ 13:20	○ 13:35	71	17:50	18:11			
71	× 9:07	× 9:28	HB	13:20	13:40	C8	× 17:55	× 18:10			
HB	9:25	9:45	C8	× 14:00	× 14:15	HB	18:10	18:30			
C8	○ 9:35	○ 9:50	HB	14:10	14:30	C8	× 18:30	× 18:45			
HB	9:45	10:05	HB	14:50	15:10	HB	18:55	19:15			
71	× 9:55	× 10:16	71	15:15	15:36	71	× 19:10	19:31			

18系統の土浦駅東口→つくばセンターは20分間です。

上り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター
HA	6:19	6:55	71	10:18	10:45	71	× 15:28	× 15:55	HA	19:44	20:20
71	× 6:28	× 6:55	C8	○ 10:25	○ 10:45	HA	15:44	16:20	HA	20:34	21:10
HA	6:39	7:15	C8	× 10:55	× 11:19	HA	16:24	17:00	HA	21:04	21:40
HA	7:04	7:35	HA	10:59	11:35	HA	16:54	17:30	HA	21:44	22:20
HA	7:04	7:40	HA	11:29	12:05	71	16:58	17:25			
71	○ 7:28	○ 7:55	C8	11:50	12:10	C8	× 17:20	× 17:45			
71	× 7:28	× 8:00	HA	11:59	12:35	HA	17:24	18:00			
HA	7:34	8:10	HA	12:24	13:00	C8	× 17:50	× 18:15			
HA	8:39	9:15	HA	13:24	14:00	18	○ 17:55	○ 18:15			
C8	× 8:50	× 9:14	HA	13:54	14:30	71	× 17:58	× 18:30			
HA	8:59	9:35	C8	○ 14:20	○ 14:40	HA	18:09	18:45			
C8	○ 9:05	○ 9:25	HA	14:24	15:00	HA	18:44	19:20			
C8	× 9:25	× 9:49	71	14:28	14:55	C8	× 18:45	× 19:15			
HA	9:24	10:00	C8	× 14:50	× 15:10	HA	19:24	20:00			
HA	10:04	10:40	HA	14:54	15:30	18	× 19:30	× 19:50			

18系統のつくばセンター→土浦駅東口は22分間です。

②つくばエクスプレス

(2020年3月14日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,210円]

普通回数券(11枚綴り), 昼間時回数券(12枚綴り), 土・休日回数券(14枚綴り)あり

詳細はホームページ <http://www.mir.co.jp/> をご参照下さい。

平日・下り					
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	9:13	10:06	19:19	20:14
* 5:30	6:28	○ 9:29	10:14	△ 19:30	20:21
○ 5:50	6:36	9:43	10:36	19:40	20:36
6:05	6:58	○ 10:00	10:45	19:49	20:44
6:16	7:09	10:13	11:06	△ 20:00	20:51
○ 6:27	7:12	○ 10:30	11:15	20:10	21:06
* 6:29	7:27	10:43	11:36	20:19	21:15
6:40	7:34	(10時~16時まで同じ)	△ 20:30	21:20	
6:50	7:45	○ 17:00	17:45	20:40	21:35
7:00	7:54	17:10	18:04	20:49	21:45
7:06	8:02	17:19	18:13	○ 21:00	21:47
7:16	8:12	△ 17:30	18:21	21:16	22:11
7:24	8:22	17:40	18:36	21:29	22:24
7:36	8:31	17:49	18:45	21:41	22:36
7:43	8:40	△ 18:00	18:51	○ 22:00	22:46
7:56	8:51	18:10	19:06	22:16	23:11
8:01	8:58	18:19	19:14	22:30	23:25
8:13	9:09	△ 18:30	19:21	22:45	23:40
8:23	9:21	18:40	19:36	○ 23:00	23:46
8:36	9:31	18:49	19:44	23:16	0:10
○ 8:47	9:34	△ 19:00	19:51	23:30	0:23
9:01	9:56	19:10	20:06	* 23:45	0:43

平日・上り							
つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	8:46	9:39	18:10	19:04	22:29	23:22
○ 5:26	6:11	8:58	9:51	○ 18:28	19:13	* 22:42	23:40
5:32	6:25	○ 9:22	10:07	18:32	19:26	22:58	23:51
5:50	6:45	9:28	10:23	18:41	19:34	* 23:14	0:12
6:02	6:55	* 9:41	10:40	○ 19:00	19:45		
6:12	7:05	9:51	10:44	19:02	19:55		
6:23	7:20	○ 10:11	10:56	19:11	20:04		
6:33	7:32	10:20	11:13	○ 19:30	20:15		
6:40	7:41	○ 10:41	11:26	19:32	20:25		
6:52	7:51	10:50	11:43	19:41	20:35		
7:01	7:58	(10時~15時まで同じ)	○ 20:01	20:46			
7:09	8:08	○ 16:11	16:56	20:03	20:56		
7:18	8:15	16:20	17:13	○ 20:30	21:15		
7:27	8:25	16:31	17:26	20:38	21:31		
7:36	8:34	16:41	17:35	20:50	21:43		
7:45	8:44	16:50	17:43	○ 21:09	21:54		
7:52	8:49	17:02	17:55	21:12	22:06		
7:59	8:57	17:11	18:04	21:25	22:19		
* 8:07	9:09	17:20	18:13	21:40	22:33		
8:17	9:12	○ 17:42	18:27	21:52	22:45		
8:27	9:20	17:50	18:43	22:02	22:55		
8:36	9:31	18:02	18:56	22:17	23:10		

土曜/休日・下り					
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	8:45	9:38	○ 23:00	23:45
* 5:30	6:28	○ 9:00	9:45	23:15	0:08
○ 5:50	6:35	9:13	10:06	23:30	0:23
6:04	6:57	○ 9:30	10:15	* 23:45	0:43
6:16	7:09	9:43	10:36		
○ 6:30	7:15	○ 10:00	10:45		
6:45	7:38	10:13	11:06		
○ 7:00	7:45	○ 10:30	11:15		
7:15	8:08	10:43	11:36		
○ 7:30	8:15	(10時~21時まで同じ)			
7:45	8:38	○ 22:00	22:45		
○ 8:00	8:45	22:15	23:08		
8:15	9:08	22:30	23:23		
○ 8:30	9:15	22:45	23:38		

土曜/休日・上り							
つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	7:28	8:21	○ 10:11	10:56	21:46	22:39
○ 5:26	6:11	○ 7:45	8:30	10:20	11:13	○ 22:10	22:55
5:32	6:25	7:50	8:43	○ 10:41	11:26	22:15	23:09
5:51	6:44	8:04	8:57	10:50	11:43	22:30	23:24
6:02	6:56	○ 8:25	9:10	○ 11:11	11:56	* 22:41	23:39
6:13	7:07	8:32	9:25	11:20	12:13	22:58	23:52
6:25	7:18	8:47	9:40	○ 11:41	12:26	* 23:14	0:12
6:38	7:32	○ 9:11	9:56	11:50	12:43		
○ 6:57	7:42	9:18	10:11	(11時~20時まで同じ)			
7:02	7:56	○ 9:41	10:26	○ 21:11	21:56		
○ 7:24	8:09	9:50	10:43	21:20	22:13		

○: 快速

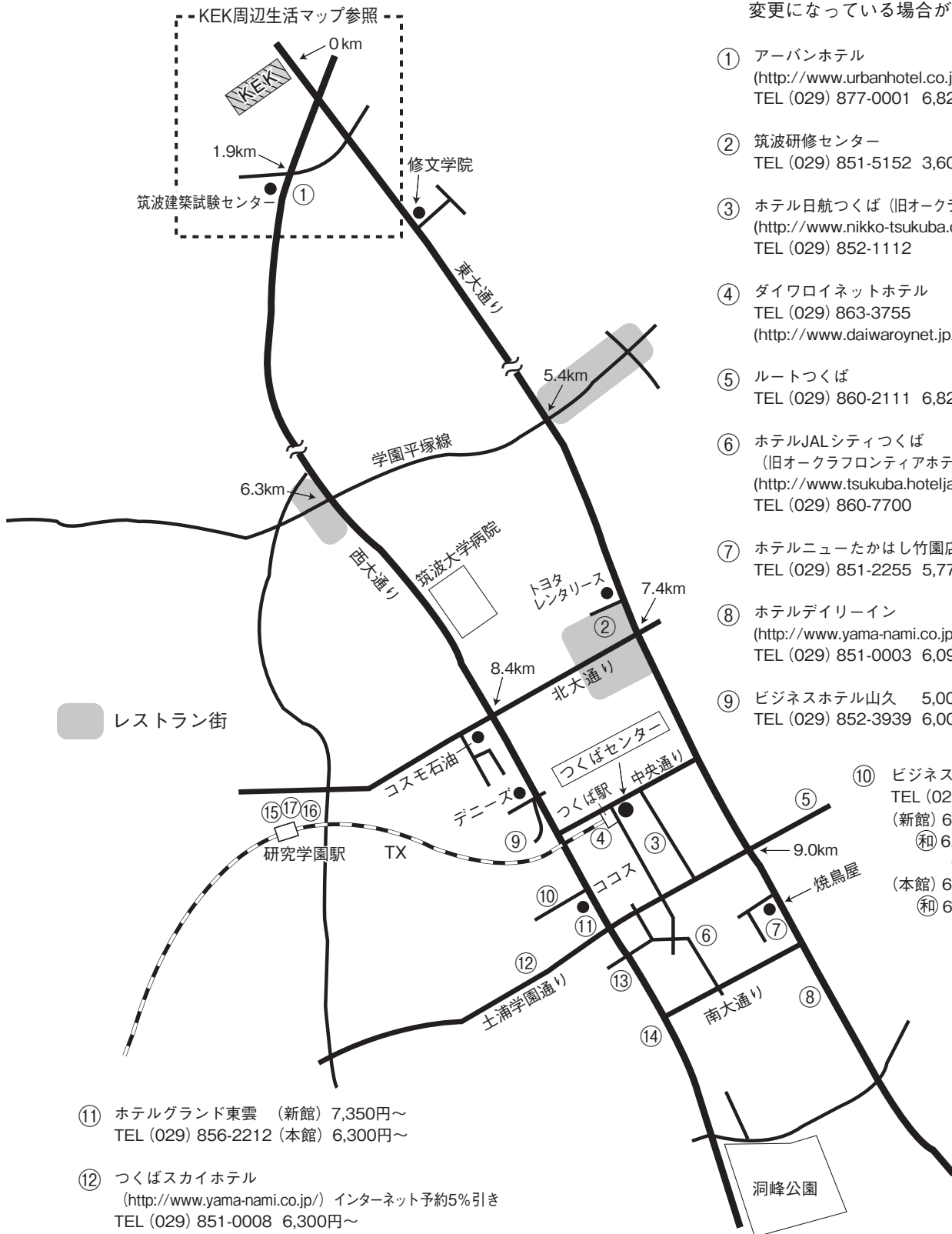
△: 通勤快速(研究学園駅にも停まります。)

無印: 区間快速 * : 普通

つくば市内宿泊施設

※料金は参考値です。

※新型コロナウイルスの影響により、情報が変更になっている場合があります。



- ① アーバンホテル
(<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>)
TEL (029) 877-0001 6,825円～
- ② 筑波研修センター
TEL (029) 851-5152 3,600円～
- ③ ホテル日航つくば (旧オークラフロンティアホテルつくば)
(<http://www.nikko-tsukuba.com>)
TEL (029) 852-1112
- ④ ダイワロイネットホテル
TEL (029) 863-3755
(<http://www.daiwaroyonet.jp/tsukuba/>)
- ⑤ ルートつくば
TEL (029) 860-2111 6,825円～ (朝食付)
- ⑥ ホテルJALシティつくば
(旧オークラフロンティアホテルつくばエポカル)
(<http://www.tsukuba.hoteljalcity.com>)
TEL (029) 860-7700
- ⑦ ホテルニューたかはし竹園店
TEL (029) 851-2255 5,775円～
- ⑧ ホテルデイリーイン
(<http://www.yama-nami.co.jp/>)インターネット予約5%引き
TEL (029) 851-0003 6,090円
- ⑨ ビジネスホテル山久 5,000円～(2食付・1室2人)
TEL (029) 852-3939 6,000円～(2食付・1室1人)
- ⑩ ビジネスホテル松島
TEL (029) 856-1191
(新館) 6,500円～
(和) 6,800円 (3人～)
(風呂・2食付)
(本館) 6,000円～
(和) 6,300円(3人～)(2食付)

- ⑪ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑫ つくばスカイホテル
(<http://www.yama-nami.co.jp/>) インターネット予約5%引き
TEL (029) 851-0008 6,300円～
- ⑬ ホテルつくばヒルズ学園西大通り店 (旧学園桜井ホテル)
(<https://breezabay-group.com/tsukuba-hills/>)
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑭ ビジネス旅館二の宮
TEL (029) 852-5811 5,000円～
(二人部屋のみ 2食付)

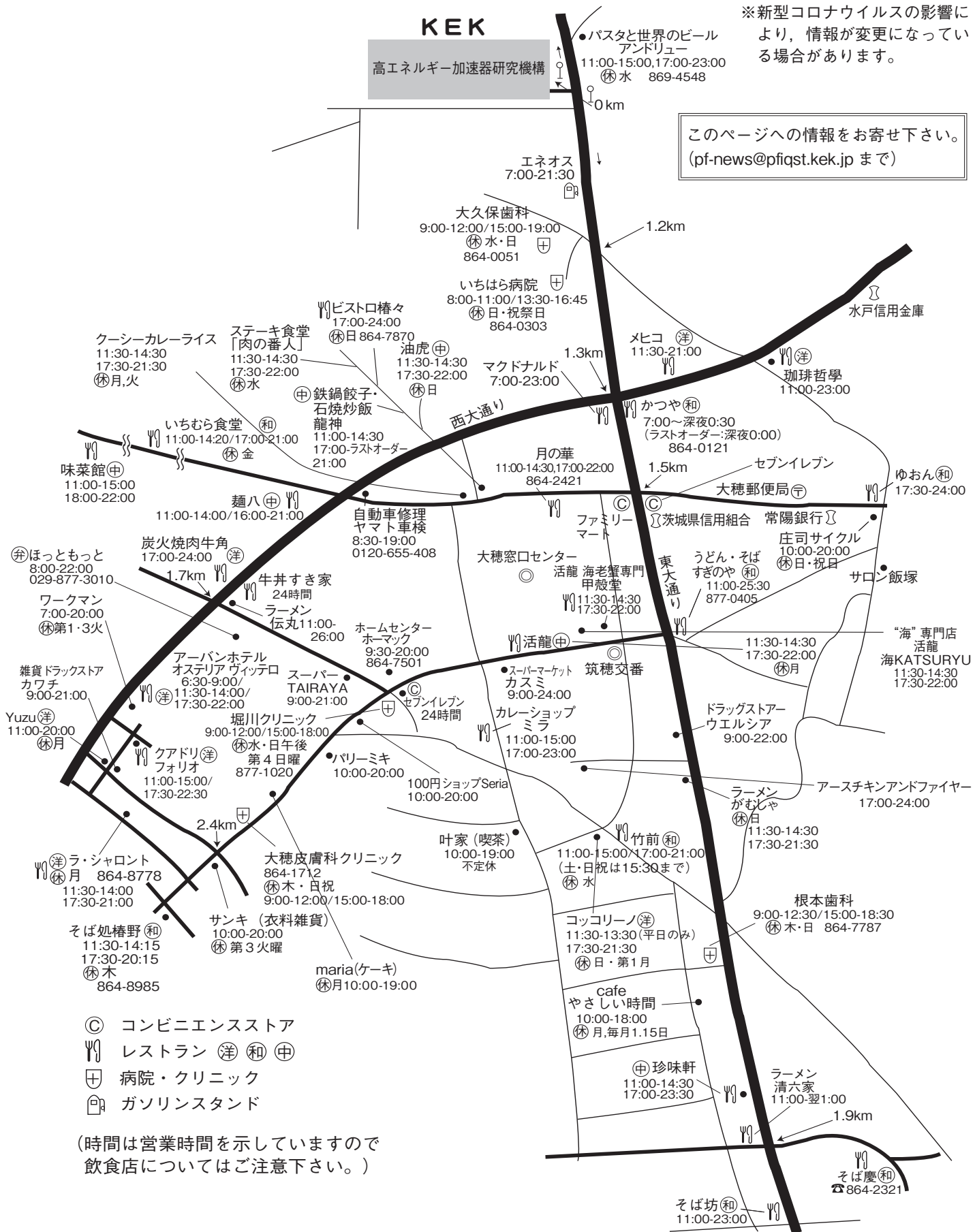
- ⑮ ホテルベストランド
(<http://www.hotel-bestland.co.jp>)
TEL (029) 863-1515
- ⑯ 東横イン
(<http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/>)
TEL (029) 863-1045
- ⑰ ホテルマークワン
(<http://www.mark-1.jp/>)
TEL (029) 875-7272

KEK 周辺生活マップ

放射光科学研究施設研究棟，実験準備棟より正面入口までは約 800 m

※新型コロナウイルスの影響により，情報が変更になっている場合があります。

このページへの情報をお寄せ下さい。
(pf-news@pqjst.kek.jp まで)



- ◎ コンビニエンスストア
- ☎ レストラン (洋) (和) (中)
- ☎ 病院・クリニック
- ☎ ガソリンスタンド

(時間は営業時間を示していますので 飲食店についてはご注意ください。)

KEK内福利厚生施設

ユーザーの方は、これらの施設を原則として、機構の職員と同様に利用することができます。各施設の場所は裏表紙の「高エネルギー加速器研究機構平面図」をご参照下さい。

＜新型コロナウイルスの影響により、営業時間等が変更になる場合がありますので、ご注意ください。＞

●共同利用研究者宿泊施設（ドミトリー）

（管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2920）

シングルバス・トイレ付き 2,200円

シングルバス・トイレなし 1,700円

- ドミトリーは夜の22時から朝の8時までは施錠されます。また、この時間帯は管理人が不在ですので、22時以降にドミトリーに到着される方はインフォメーションセンター（029-864-5572, PHS:3398）でドミトリーの部屋の鍵を受け取って下さい。
- 支払いはユーザーズオフィスにて、現金の他、クレジットカード、デビットカードが利用可能です。また宿泊が週末等になり、ユーザーズオフィスで支払えない場合は銀行振込または管理人による現金での領収（土、日、祝のみ）も可能です。

●図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00

閉室日：土、日、祝、年末年始、夏季一斉休業日
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。詳しくは下記URLをご覧ください。

(<https://www2.kek.jp/library/riyou/>)

●健康相談室（医務室）（内線 5600）

勤務時間中に発生した傷病に対して、応急処置を行うことができます。健康相談も行っていますので、希望者は事前に申し込んでください。

場 所 先端計測実験棟

開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）

●食 堂（内線 2986）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～13:30 夕食 17:30～19:00

●喫茶室 Suzu Cafe（スズカフェ）（内線 3910）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～15:00

※今後の状況に応じて、営業時間が拡大される可能性あり。

●売 店（ニューヤマザキデイリーストア）（内線 2989）

弁当、パン、食料品、軽食、菓子類、日用品、タバコ、お酒、雑誌、切手等、KEKオリジナルグッズの販売等。

営 業 月～金 8:00～19:00

土日祝 10:00～15:00（運転期間中のみ営業）

●宅配便（宅配荷物室はPF研究棟1階）

PFまたはPF-AR宛に宅配便で荷物を送る場合には、宅配便伝票の宛先に以下の項目を必ず記載してください。

1. PF への荷物の宛先

PF 事務室気付 BL-○○○（ステーション名）+ 受取者名

2. PF-AR への荷物の宛先

PF 事務室気付 PF-AR 共同研究棟 N○○○（ステーション名）+ 受取者名

荷物を発送した時に、以下の情報を shipping@pfiqst.kek.jp 宛てにメールでお送り下さい。

宅配便発送情報

1. 発送者氏名
2. 所属
3. KEK 内での連絡先（携帯電話等）
4. 発送日
5. 運送業者
6. PF への到着予定日時（土日祝日、夜間等の受け取りは事務室では対応できません。確実に受け取れるよう、発送伝票に配達希望日時と携帯電話番号を明記して下さい）
7. 荷物の個数
8. ステーション名およびビームタイム

注意

- 荷物の紛失や破損等が生じた場合の責任は負えませんので予めご了承ください。また、大切な物品等は受取人本人が直接宅配便業者から受け取るようにしてください。
- 土日祝日・夜間等の受け取りは、事務室では対応できません。

●自転車貸出方法（受付 [監視員室] 内線3800）

- 貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
 - 貸出は一往復とし、最長でも半日とする。
 - 使用後は所定の自転車スタンドへ戻し、鍵は監視員室へ速やかに戻す。
- （PF-ARでも自転車を10台用意していますので利用したい方はビームライン担当者または運転当番 [PHS 4209] に連絡して下さい。）

ユーザーズオフィスでも自転車の貸出を行っています（約50台）。

●郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

●ユーザーズオフィスについては、<https://www2.kek.jp/usersoffice/>をご覧ください。

Tel : 029-879-6135, 6136 Fax : 029-879-6137

Email : usersoffice@mail.kek.jp

ビームライン担当一覧表 (2020. 8. 1)

ビームライン	光源	BL担当者
ステーション	形態 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用BL, ★UG運営ST)	担当者 担当者 (所外)
BL-1	U	松垣
BL-1A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-2	U	堀場
BL-2A/B	● MUSASHI: 表面・界面光電子分光, 広エネルギー帯域軟X線分光	堀場
BL-3	U (A) / B M (B, C)	中尾
BL-3A	● 極限条件下精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-3B	●★ VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	間瀬 枝元 (立教大) 吉信 (東大)
BL-3C	● X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野
BL-4	B M	中尾
BL-4A	●★ 蛍光X線分析/マイクロビーム分析	丹羽 宇尾 (東京医科歯科大)
BL-4B2	●★ 多連装粉末X線回折装置	中尾 植草 (東工大)
BL-4C	● 精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-5	M P W	松垣
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-6	B M	五十嵐
BL-6A	● X線小角散乱ステーション	五十嵐
BL-6C	●★ X線回折/散乱実験ステーション	中尾 八方 (広島市大)
BL-7	B M	雨宮 (岡林: 東大)
BL-7A	◇● 軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮 岡林 (東大)
BL-7C	● 汎用X線ステーション	杉山
BL-8	B M	佐賀山
BL-8A	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-8B	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-9	B M	阿部
BL-9A	● XAFS (高強度) 実験ステーション	阿部
BL-9C	● XAFS (その場) 実験ステーション	阿部
BL-10	B M	清水
BL-10A	●★ 垂直型四軸X線回折装置	熊井 吉朝 (熊本大)
BL-10C	● X線小角散乱ステーション	清水
BL-11	B M	北島
BL-11A	● 軟X線斜入射回折格子分光ステーション	北島
BL-11B	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-11D	● 軟X線光学素子評価装置用ステーション	間瀬
BL-12	B M	仁谷
BL-12C	● XAFS (ハイスループット) 実験ステーション	仁谷
BL-13	U	間瀬
BL-13A/B	● 表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーション	間瀬
BL-14	V W	岸本
BL-14A	● 単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	● 精密X線光学実験ステーション	平野
BL-14C	● X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	平野
BL-15	U	五十嵐
BL-15A1	● XAFS (セミマイクロビーム) 実験ステーション	武市
BL-15A2	● 高輝度X線小角散乱実験ステーション	高木 (秀)
BL-16	U	雨宮
BL-16A	● 可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮

BL-17		U	山田
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
BL-18		B M	熊井
BL-18B(インド・DST)	◇●	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 MANNNA, Gouranga (SINP)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	船守 鍵 (東大)
BL-19		U	小野
BL-19A/B	●	軟X線顕微鏡/分光実験ステーション	武市
BL-20		B M	足立 (純)
BL-20A	☆●	3 m直入射型分光器	足立 (純) 北島 (東工大)
BL-20B	●	白色・単色 X線トポグラフィ/X線回折実験ステーション	杉山
BL-27		B M	宇佐美
BL-27A	●★	放射性試料用軟X線実験ステーション	宇佐美 横谷 (量研機構)
BL-27B	●★	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美 岡本 (原研機構)
BL-28		H U	堀場
BL-28A/B	●	可変偏光 VUV・SX 不等間隔平面回折格子分光器 高分解能角度分解光電子分光実験ステーション	堀場
PF-AR			
AR-NE1		E M P W	船守
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	船守
AR-NE3		U	山田
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
AR-NE5		B M	船守
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	船守
AR-NE7		B M	平野
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	平野
AR-NW2		U	丹羽
AR-NW2A	●	時間分解 DXAFS / X線回折実験ステーション	丹羽
AR-NW10		B M	仁谷
AR-NW10A	●	XAFS (高エネルギー) 実験ステーション	仁谷
AR-NW12		U	引田
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	引田
AR-NW14		U	野澤
AR-NW14A	●	ピコ秒時間分解 X線回折・散乱・分光	野澤
低速陽電子			望月
SPF-A3	●	全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーション	望月
SPF-A4	○	低速陽電子回折 (LEPD) ステーション	望月
SPF-B1	●	汎用低速陽電子実験ステーション	望月
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定ステーション	望月

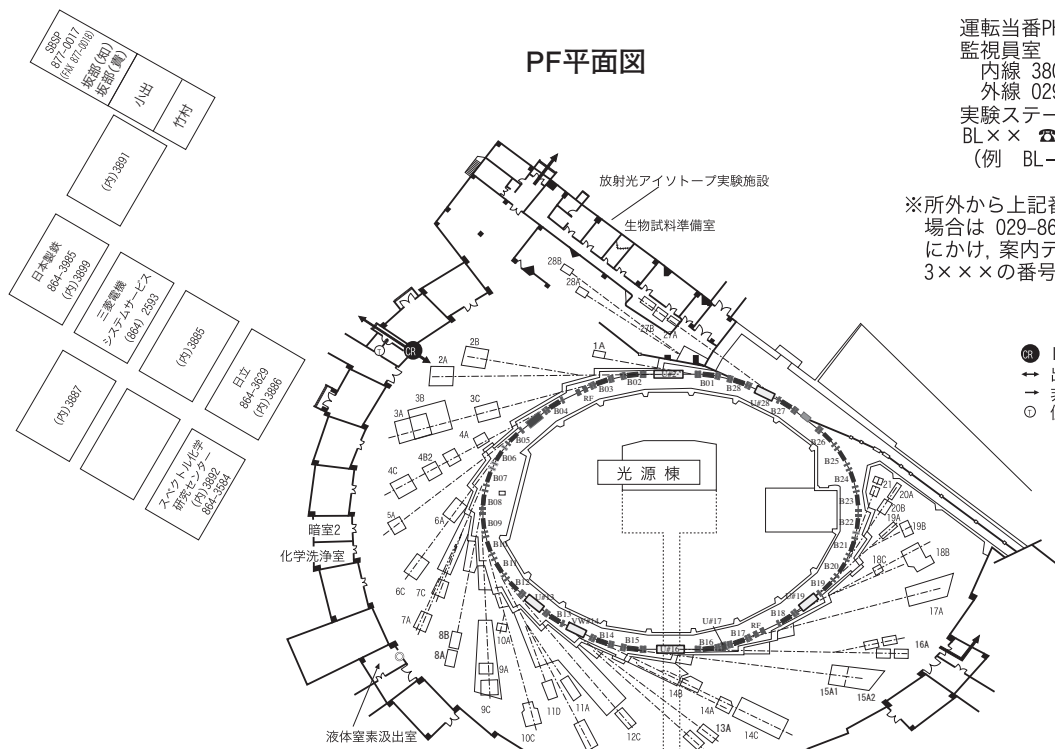
【UG 運営装置】 AR-NE7A 高温高压実験装置 (MAX-III) 久保友明 (九州大)

【所外ビームライン】 BL-7A 東大 RCS 岡林 潤 (東大) jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp
 BL-18B インド SINP MANNNA, Gouranga 029-879-6237 [2628] mannag1988@gmail.com

PF平面図

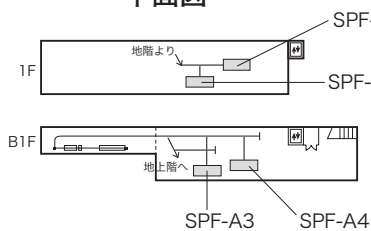
運転当番PHS 4209
 監視員室
 内線 3800
 外線 029-864-5778
 実験ステーション
 BL×× ☎38××
 (例 BL-6 ☎3806)

※所外から上記番号にアクセスする
 場合は 029-864-5200 (代表番号)
 にか、案内テーブルの後に4×××、
 3×××の番号を押して下さい。



- IDカードリーダー
- 出入口
- ⇄ 非常口
- 便所

低速陽電子実験施設 平面図



電源棟

☎3881	原田(健)	山口(孝)
☎3880	東(佐々木)	尾崎
☎5630		

実験準備室

実験準備室7 ☎5709	実験準備室5 ☎5708	実験準備室3 仮眠室(男子) ☎3873	実験準備室1 談話室2 ☎3858
	図面室 ☎5708	実験準備室4 ☎5650	実験準備室2 日本アクセス ☎3872

0 25M

PF-AR平面図

PF-AR共同 研究棟

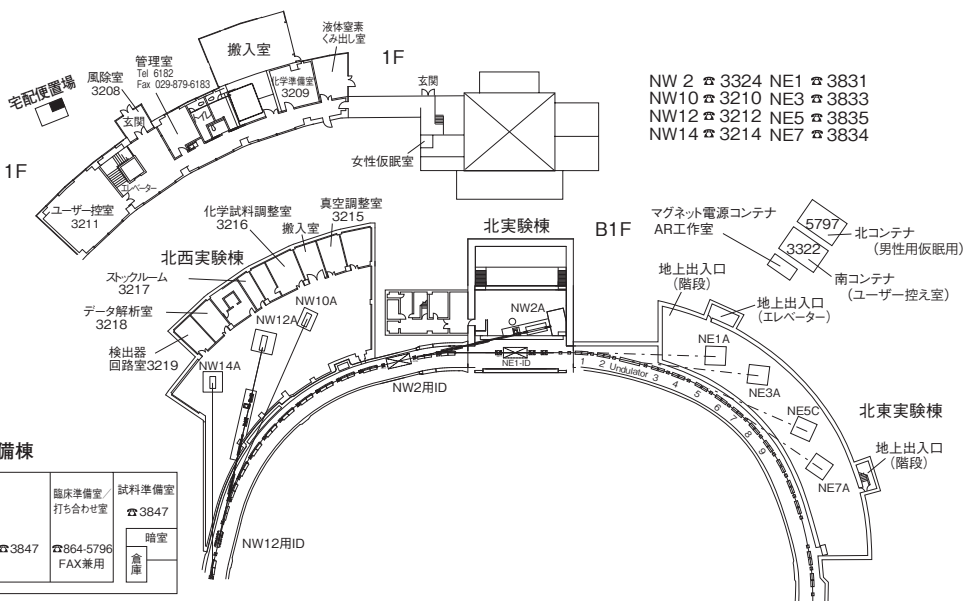
深谷、福本、
 高木(社)、一柳、
 阿部(裕)、金澤
 6185, 6186
 Fax 6187

PF-ARコンテナ

北コンテナ	南コンテナ
男子仮眠室/ 物品倉庫 ☎5797	ユーザー控室/ 打ち合わせ室 ☎3322

PF-AR実験準備棟

真空装置 調整室 ☎3846	結晶加工室 ☎3846	光学素子評価室 ☎3846	☎3847	臨床準備室 打ち合わせ室 ☎864-5796 FAX兼用	試料準備室 ☎3847	暗室 倉庫
----------------------	----------------	------------------	-------	---------------------------------------	----------------	----------



高エネルギー加速器研究機構平面図



— 歩行者・自転車用ルート

● 緊急時避難場所 Emergency Assembly Area

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

発行 PHOTON FACTORY NEWS 編集委員会(TEL:029-864-5196)

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 放射光実験施設 (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>)

Vol.38 No.2 2020 TEL:029-864-1171 (機構代表)

