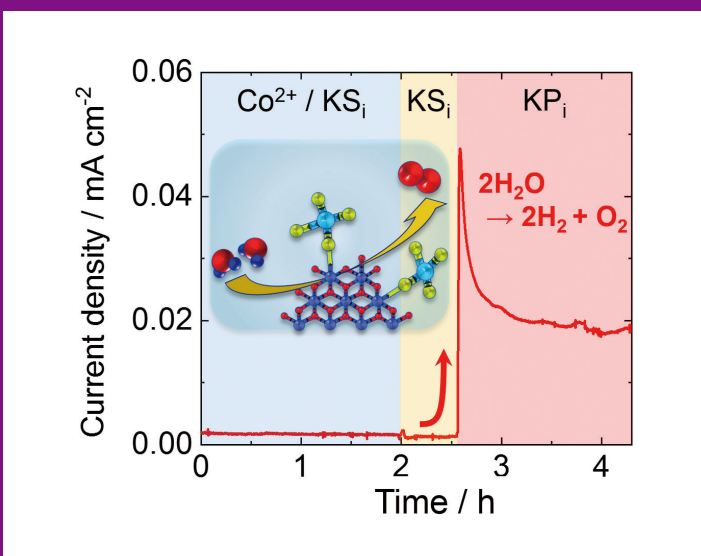
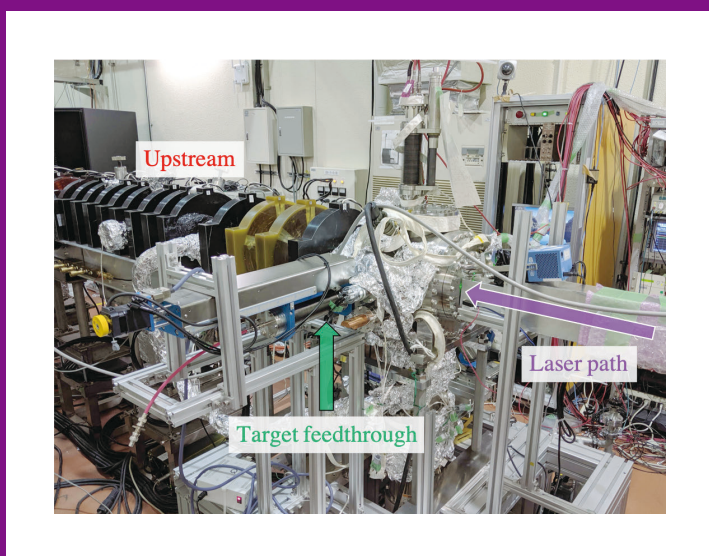
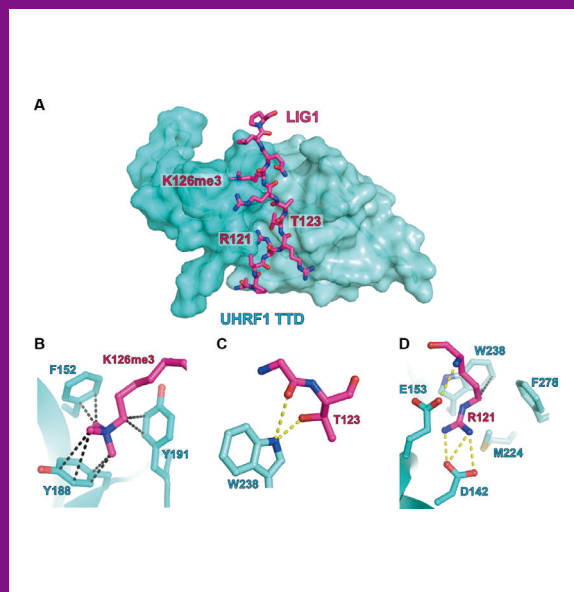
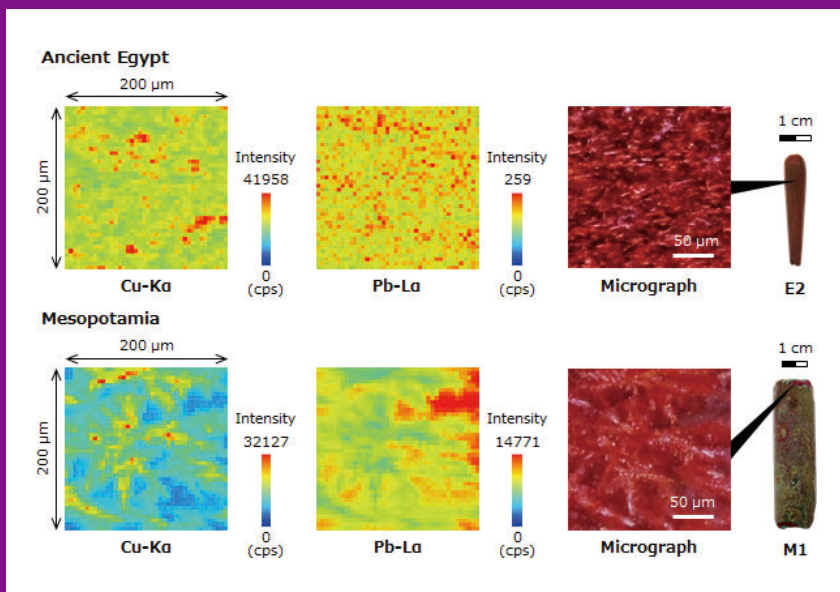


- 放射光X線が明らかにする古代ガラスの製法 ～古代エジプトおよびメソポタミアの銅赤ガラスを例に～
- UHRF1 TTDドメインとDNA Ligase 1の複合体が明らかにしたUHRF1の構造変化

2018年度量子ビームサイエンスフェスタ 学生奨励賞受賞論文

- 物質反物質非対称性探索を目指したポジトロニウムのレーザー冷却
- コバルト水分解触媒上での吸着アニオン挙動と触媒活性との相関



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	5
放射光実験施設の現状	船守 展正	8
放射光科学第一, 第二研究系の現状	千田 俊哉	9
低速陽電子実験施設の現状	永井 康介	10
最近の研究から		
放射光X線が明らかにする古代ガラスの製法 ～古代エジプトおよびメソポタミアの銅赤ガラスを例に～ Production Technique of Ancient Glass Revealed by Synchrotron Radiation X-rays ~The Case of Copper-Red Glass from Ancient Egypt and Mesopotamia~	阿部 善也	12
UHRF1 TTDドメインとDNA Ligase 1の複合体が明らかにしたUHRF1の構造変化 Structure of UHRF1 TTD Domain Bound to Methylated DNA Ligase 1 Reveals the Conformational Change of UHRF1	郡 聡実, 有田 恭平	18
物質反物質非対称性探索を目指したポジトロニウムのレーザー冷却 Laser Cooling of Positronium to Search for Matter-Antimatter Asymmetry …周 健治, 山田 恭平, 橋立佳央理, 石田 明, 難波 俊雄, 浅井 祥仁, 五神 真, 田島 陽平, 蔡 恩美, 吉岡 孝高, 大島 永康, オロークブライアン, 満汐 孝治, 伊藤 賢志, 熊谷 和博, 鈴木 良一, 藤野 茂, 兵頭 俊夫, 望月 出海, 和田 健, 甲斐 健師		23
コバルト水分解触媒上での吸着アニオン挙動と触媒活性との相関 Correlation between Adsorbing Anion's Behavior on the Cobalt Catalyst and Catalytic Activity	山田 寛太, 樋上 智貴, 近藤 寛, 酒多 喜久, 吉田 真明	27
プレスリリース		
衝撃破壊の瞬間, 材料に何が起るのか ～パルス X 線の応用でナノ秒間に起る現象の目撃に成功～		31
研究会等の開催・参加報告		
KEK公開講座「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」開催報告	深堀 協子	32
ユーザーとスタッフの広場		
構造生物学研究センターでの日々	降旗 大岳	33
AR-NW10A, BL-9Aを利用した鉱物顔料アタカマイトの合成過程に関する研究	林 実貴子	34
量子ビームサイエンスフェスタ学生奨励賞受賞に寄せて—PFとサマチャレと修士論文研究—	江尻 智一	35
PFトピックス一覧 (5月~7月)		36
PF-UAだより		
PF-UA報告 (今年度の活動)	植草 秀裕	37
放射線生物ユーザーグループの紹介	横谷 明德, 伊藤 敦, 鈴木 雅雄, 神長 輝一, 宇佐美徳子	37
人 事		
人事異動・新人紹介		40
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構公募		41
お知らせ		
2019年度量子ビームサイエンスフェスタ (第11回MLFシンポジウム/第37回PFシンポジウム) 開催のお知らせ	野澤 俊介, 松浦 直人	45
PF 研究会「X 線分光理論の新展開: 構造・電子状態解析から磁性研究まで」開催案内	畑田 圭介	45
PF-UA タンパク質結晶構造解析グループ (PX-UG) 第四回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会 ～初中級者ユーザーが聴きたいこと～ 開催のお知らせ		45
一講習会のご案内— CUPAL 放射光利用技術入門コースの後継	CUPAL KEK 事務局	46
Photon Factory Activity Report 2019 ユーザーレポート執筆のお願い	小野 寛太	46
防災・防火訓練のお知らせ	野澤 俊介, 松岡 亜衣	46
2020年度前期共同利用実験課題公募について		47
2020年度前期フォトンファクトリー研究会の募集	船守 展正	47
KEK 一般公開のお知らせ	安達 成彦, 阿部 仁, 上田 明	48
予定一覧		49
第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム開催要項		50
運転スケジュール		54
掲示板		
PAC速報	兵藤 一行, 宇佐美徳子	55
第111回物質構造科学研究所運営会議議事次第		57
物構研談話会・コロキウム		57
2019年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G型)		58
2019年度前期からこれまでに採択されたP型課題		62
2019年度第1期配分結果一覧		63
編集委員会だより		67
巻末情報		68

(表紙説明) 最近の研究から

(左上) 放射光 μ -XRF イメージングによる古代エジプトおよびメソポタミア製銅赤ガラス製品の元素分布の比較「放射光 X 線が明らかにする古代ガラスの製法～古代エジプトおよびメソポタミアの銅赤ガラスを例に～」より

(右上) UHRF1 TTDドメインとDNA Ligase 1複合体のX線結晶構造「UHRF1 TTDドメインとDNA Ligase 1の複合体が明らかにしたUHRF1の構造変化」より

(左下) ポーラスシリカに陽電子とレーザーを同時入射し、作り出したポジトロニウムを高速冷却する装置「物質反物質非対称性探索を目指したポジトロニウムのレーザー冷却」より

(右下) 水分解触媒のオペランド全元素観測「コバルト水分解触媒上での吸着アニオン挙動と触媒活性との相関」より

所長として1年目の昨年度は研究系と実験施設の在り方(特に、組織とスタッフが果たすべきミッションの違い)を議論してきました。その結果、今年度より放射光実験施設と低速陽電子実験施設が正式な組織として発足しました。放射光実験施設は運営部門、基盤技術部門、測定装置部門からなります。一方、放射光科学研究系(第一、第二)は表面科学研究部門、固体物理学研究部門、構造生物学研究部門、材料科学研究部門からなります。部門構成を見れば施設と研究系のミッションの違いがはっきりわかりますが、両ミッションは相乗効果によって強化されるものです。PFは、KEKが機構化されてから20年以上、プロジェクト的な扱い(大型プロジェクトにKEKの各部署が連携して取り組むというスタイル)になっていたのですが、今回の組織化によって、PFが物構研のミッションを果たすために不可欠な研究基盤であり、物構研が長期的に運営責任を持つ施設であることが明確になりました。日本放射光学会でまとめられた放射光学術基盤ネットワークのマスタープランにおいて、PFがその役割を果たすために今回の組織化が必要だったこともわかると思います。なお、中性子、ミュオンの施設はMLFとして組織的にはしっかりしています。ただ、表向きは共用施設の顔を見せていますが、複数の組織の連合体であり、物構研は共用ではない大学共同利用の部分を担っていることで複雑な問題があります。このあたりは別の機会に報告したいと思います。

さて、2年目の今年度は物構研の特徴である複数の量子ビームを利用した研究(マルチプローブ研究)を加速する方法について検討を進めています。放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の4つの量子ビームを提供できる共同利用施設を有する研究所は物構研が世界唯一です。一つの量子ビーム施設しか持っていない研究所から見ると、非常にうらやましい存在になっています。しかし、中性子、ミュオンの施設がつかばキャンパスから東海キャンパスへと物理的に離れてしまった現在、物構研として何もしなければ、それぞれ担当している量子ビーム施設にそれぞれの利用者がいることしか見えず、物構研全体で考える必要もない状態になりかねません。そういう中でこれまで物構研では、マルチプローブ研究活性化に向けて2009年に構造物性研究センターを所内措置でスタートさせ、さらに2015年よりマルチプローブ共同利用実験課題をスタートさせました。しかし、構造物性研究センターでは主に所内の研究者が中心になってマルチプローブ研究が活性化したのは間違いないのですが、所外の研究者まで広がったわけではありませんし、研究分野も物構研が扱う物質構造科学全般に広がったわけではありません。また、マルチプローブ共同利用実験課題は、すでにマルチプローブ研究の経験のある人にとっては一つの申請書で済むようになったのですが、経験のない人にはかなりバリアが高いものになっています。

このように構造物性研究センターもマルチプローブ共同利用実験課題も見直す時期になっています。そこで現在、見直す方向性としては以下のようなことを考えています。

- ① 発掘型共同利用：量子ビームを併用して表面構造、内部構造、不均一構造を解明し、物質構造科学を推進していく観点から、各共同利用申請(PF PACの分科会の電子物性、構造物性、化学・材料にほぼ対応し、生命科学の一部を含む。)におけるマルチプローブ研究のシーズを“発掘”し、複数の量子ビームの使い分けの経験を有するマルチプローブ人材が適確に指導・助言・実験支援をすることでマルチプローブ研究を加速する。マルチプローブ人材は現職員では対応できないため、表面構造、内部構造、不均一構造それぞれに新たな若手人材で対応する。
- ② テーマ設定型共同研究：放射光科学研究系の研究部門のうち、構造生物学研究センターを構成している構造生物学研究部門を除く3研究部門(表面科学研究部門、固体物理学研究部門、材料科学研究部門)において、取り組むべきグランドチャレンジを定め、その中で社会的ニーズも考慮した量子ビーム連携研究課題(4～5年、中間評価で見直す)を設定し、産学官連携・国際連携によって課題解決する。研究系から新たなセンター(後述)に所内異動して各研究課題に取り組み、年限が終了すると研究系に戻り、新たに設定された連携研究課題には新たなメンバーが参加する。ただし、現職員は各量子ビームの専従者であるため、そのままセンターに集めただけでは連携は不十分であるため、①を進める新たなマルチプローブ人材がマルチプローブ研究の企画・調整、産学官連携・国際連携の窓口機能を果たすとともに、チーム内、チーム同士の有機的連携を図る。
- ③ マルチプローブ若手人材育成：量子ビーム連携分野で国際的に活躍できる優れた若手人材を育成する。特に、マルチプローブ研究では複数の測定データから矛盾のない情報を効率よく最大限に得るためにはAIを活用したデータ駆動型実験・解析手法が不可欠であり、新たな人材が必要とされる。

組織的には構造物性研究センターを大きく改組して新たなセンター(仮称：量子ビーム連携研究センター)に変えることとなります。概算要求につなげたいと考えています。新たなセンターのミッションを果たすためにもPF、SPFは不可欠な研究基盤ですので、結果的にPF、SPFの強化につながるものになります。このような新しい取り組みに関して、皆様のご理解とご支援をよろしく願います。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗
(2019年7月27日付け)

概要

5月7日のPF入射開始、13日のPF-AR入射開始に関して、4月の加速管組立室の火災の影響が心配されたが、ビーム入射運転は比較的順調に行われ、7月1日に今期の運転を無事終えることができた。SuperKEKBを含めた4+1蓄積リングへの同時トップアップ入射は、5月15日から運転終了時まで大きな問題なく行われた。この今期の入射器運転においては、J-ARC部でのエネルギーを下げるなど、火災からの復旧を急ぐために一部のビーム性能を抑えてきた。このため、夏の保守期間中に、加速管組立室から侵入した煤を天井付近のケーブルラックも含めてできるだけ排除した上で、停止している一部のマイクロ波発生装置や電磁石電源を復旧させ、秋の運転においてはSuperKEKBを含めたビーム入射性能を回復する予定である。また、7月8日から10日にかけては、Frank Zimmermann氏を委員長とするSuperKEKB加速器諮問委員会が開催され、入射器に関連しても、8つの報告が行われた。入射器のビーム品質に関して、数年後に期待される最終仕様に到達するにはまだ経験が足りないが、現在の入射要求には答えられている。まずはビーム安定化を含めたビーム操作の自動化や、ビーム解析を進め、現在は見えていないであろう問題点を解決していきたいと考える。

KEKB 加速器諮問委員会

第23回の(Super)KEKB加速器諮問委員会がFrank Zimmermann委員長を始めとした16名の委員全員の出席を得て、7月8日から3日間開催された。24の報告のうち、入射器からも、火災の回復、加速機器の性能向上、ビーム運転とエミッタンス管理など8つの報告があり、他にも入射に関係が大きい報告も行われた。次は入射器と入射に関連する報告項目である。

- Fire at Nextef
- Recovery of injector linac
- Injector beam operation
- Injector RF and LLRF
- Injector beam monitors
- RF gun, laser and electron beam commissioning
- Positron source
- Emittance preservation
- Beam background (Inj. tuning)
- Status of beam transport lines
- Control system (timing system)

前回はフェーズ2運転の途中であり、今回はフェーズ3に入った運転の最初の区切りであったことで、委員の注目の



図1 諮問委員会での議論の様子、多数の見地からの議論が行われた。

対象も変化した。時間制限を厳しく設けずに質疑や議論が行われ、Belle II検出器やQCS電磁石をバックグラウンドから守りながら、ルミノシティ向上を今後如何に図るかについても白熱した議論が行われた(図1)。

4+1蓄積リングへの同時トップアップ入射

5月15日から4+1リングへの同時トップアップ入射を開始し、さらに運転終了まで継続することができた(図2)。

SuperKEKB向けの建設期間中は、放射光施設に対してもトップアップ入射を回避させていただき、建設や加速機器の調整、ビーム性能の向上に割り当ててきた。今回の同

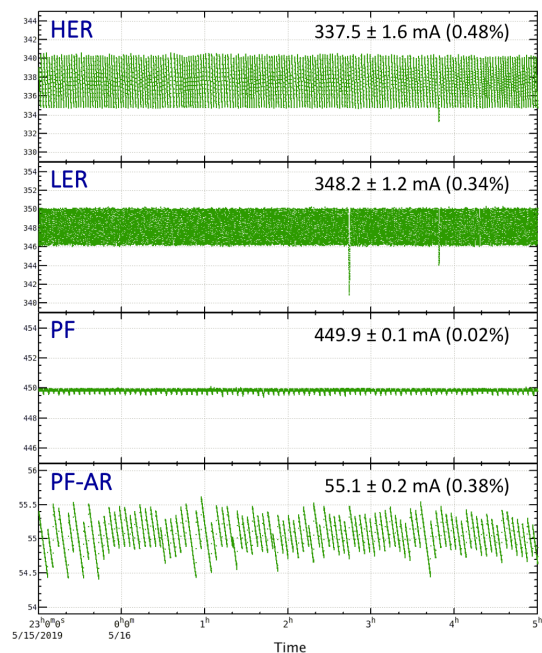


図2 順調な場合の4蓄積リングの蓄積電流とその電流値の標準偏差

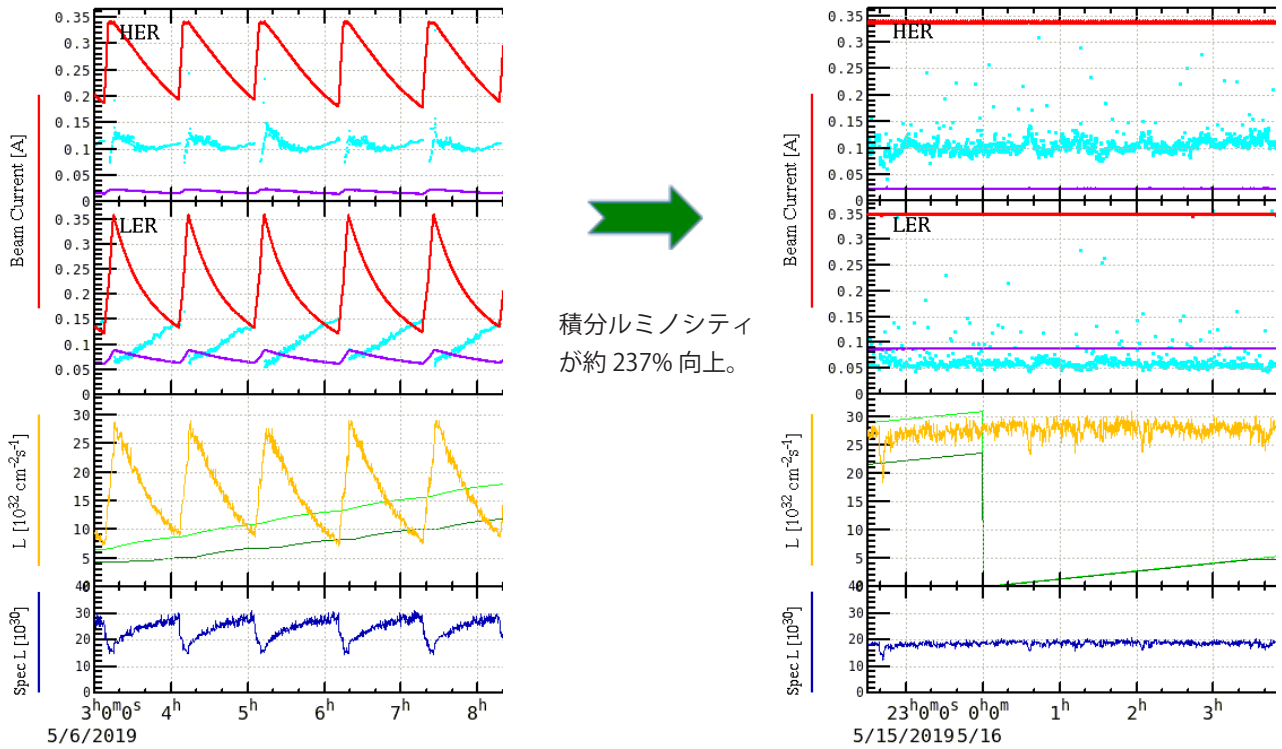


図3 同時入射開始直前・直後の SuperKEKB の衝突性能の比較例、直前の 5 回の入射の様子と、同じ時間内の同時トップアップ入射の様子、赤が HER, LER の蓄積電流、黄がルミノシティ。

時トップアップ入射開始によって、これらの調整・向上の機会が減少したことになり、代わりに毎週水曜日の入射器ビーム開発の時間の重要性が高まっている。水曜日に入射器専用の時間を確保したとしても、他の日に同時トップアップ入射を継続する意味があるように意識する必要があると考えている。

図3は同時トップアップの開始直前と直後の SuperKEKB 衝突実験の様子である。開始前には 5.15 時間で 5 回の入射が行われ、17.54 /pb の衝突事象（積分ルミノシティ）を観測した。同時トップアップ運転においては、Belle II 検出器が停止しないことと特に陽電子 LER の寿命が 30 分程度と短いため、順調な場合には、同じ 5.15 時間、同じ蓄積電流に対して 41.64 /pb の衝突事象を観測することができた。単純に比較すると、2.4 倍の実験効率の向上となる。

2004 年に KEKB の連続入射を開始した際には、同時トップアップでは無かったが、1.3 倍程度の効率向上であったので、SuperKEKB ではその効果が大きいことがわかる。さらに並行して 2 つの放射光施設 PF と PF-AR にも同時トップアップ入射が行われており、電子加速器実験に対する実効性は小さくないと考えられる。

1 ヶ月半の同時トップアップ運転において改善点は多数見つかっており、運転中には変更を行うことは難しかったが、上にも記載した水曜日の入射器ビーム開発の時間と、2 週間に一度の木曜加速器保守日を利用して改善が続いているところである。また、熱電子銃と RF 電子銃を合わせたビーム頻度は 50 Hz を実現しているが、異なる理由に

より熱電子銃と RF 電子銃のビーム頻度はそれぞれ独立に 25 Hz に制限されている。現在のところ、このことが実験の大きな障害にはなっていないが、早期の頻度制限解除の検討を進めている。

エミッタンス管理

入射器内でのビームエミッタンス管理に関しては、複数の試みが行われてきた。その中でも、加速管の航跡電場によるビームバンチの変形や、残留ビーム分散関数に注目し、電流を増大させる前のエミッタンス管理調整を進めているところである。しかし、これとは別に昨年から SuperKEKB メインリングへのビーム輸送路におけるビームエミッタンス増大の存在が認識されるようになり、一部は残留分散関数が原因と考えられたものの、主要な原因は不明であった。最近になって、入射器の終端部におけるエ

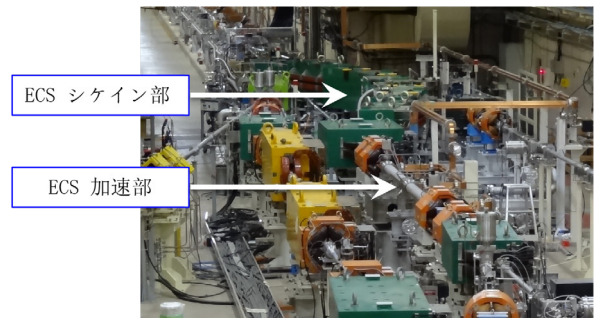


図4 入射器終端部における陽電子向けエネルギー圧縮機構

エネルギー圧縮機構（ECS）（図4）のシケイン部で発生した残留分散関数が、その加速部でエミッタンス増大に寄与してしまうことが、菊池光男氏によって示された。

測定によれば、ECS 加速部において確かにシケイン部からの分散関数の漏れがあり、シケインを構成する偏向電磁石の磁場形状の歪みが影響していることがわかってきた。また加速部の加速を停止させた場合には、エミッタンス増大が緩和され、問題が確認された。磁場の歪みを補正するためには、四重極電磁石の追加や偏向電磁石の移動などが考えられるが、真空系やビームモニタ系への影響が大きく、慎重な検討が進められている。

運転統計情報

2018年度までの入射器の運転統計情報が集計された。

図5の運転統計情報のうち、“Failure”は入射可能な場合も含む装置の故障を意味し、“Beam loss”は入射が不可能となる故障を意味する。KEKB 向け入射器改造建設時期（1994 – 1998年）にも入射器の故障率が上昇し、運転開始後（1999年以降）に運転の経験を積むと共に故障率が低下した。SuperKEKB 向け入射器改造建設時期（2010 – 2017年）の後半には新規設置装置の調整不足により、故障率が上昇していた。建設と機器調整が調整し、2018年度からは故障が減少し始めたのではないかと考えている。今後さらに機器や運転形態の最適化を進め故障率を下げていきたいと考える。

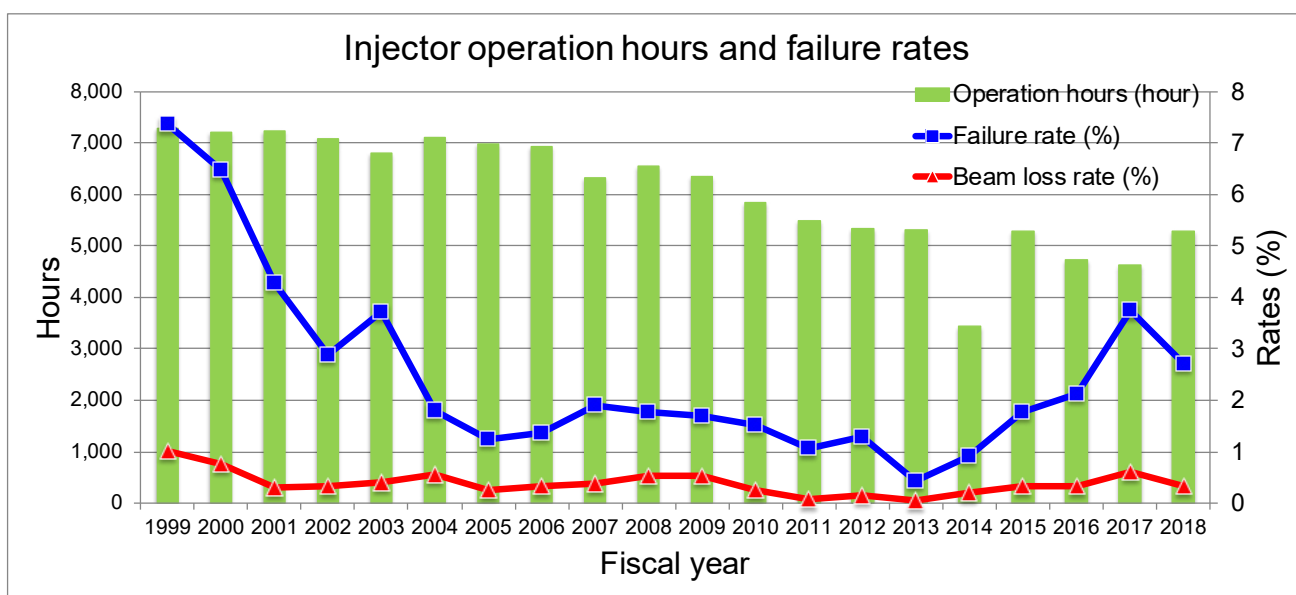


図5 入射器の運転統計情報，Failure は入射可能な場合も含む装置の故障で，Beam loss は入射が不可能となる故障を意味する。

光源リング運転状況

図1に、PFリングの立ち上げ日5月7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。リングの立ち上げおよび各種調整は概ね順調に進み、5月10日9:00からの光軸確認後ユーザ運転を開始した。開始当日の23:42入射器からの入射不調の連絡があり、入射器側で調整して復旧した。翌日5月11日3:17入射器のクライストロンが不調となりダンプラインにてビーム調整を行ったが、通常の入射ラインに切り替える時、入射バンプキッカーK4をオフのまま入射を再開してしまう操作ミスがあり、ビームダンプが発生した。ダンプラインからの切り替え操作時には、キッカー3台の状態をきちんと確認してから、入射を再開することとした。さらに、11日5:31と13日11:07にもビームダンプが発生したが、この原因は入射トリガータイミングのずれによるキッカー誤励磁によるものであった。5月17日12:22, 21日21:05, 24日7:04にもビームダンプ

が発生した。そのうち2回はビームダンプとともに超伝導ウィグラーがクエンチした。原因はやはり入射用キッカー電磁石の誤動作であるが、充電トリガーと放電トリガー間の時間間隔が3ミリ秒(通常19ミリ秒)と十分にとられていないため、3台のキッカー電磁石が設定電圧に到達する前に励磁され、入射バンプが閉じずにビームを蹴り落としていたと判明した。そのうち2回はアパーチャの狭い超伝導ウィグラー部でビームダンプしたことにより、クエンチが発生してしまったと想定される。トリガー間隔を監視し、さらに正常な範囲内に制限する保護回路を追加して誤動作が起きないように対策を施し、ビームダンプは再発しなくなった。立ち上げ以降入射効率が悪い状態が続いていたが、5月23日のマシン調整日に6極電磁石の強度を弱くすることで、7~8倍入射効率が改善することが判明した。入射効率が~0.08 mA/s@5 Hzから~0.24 mA/s@2Hzとなったことで、トップアップ運転時は2 Hzで、ゼロ電流か

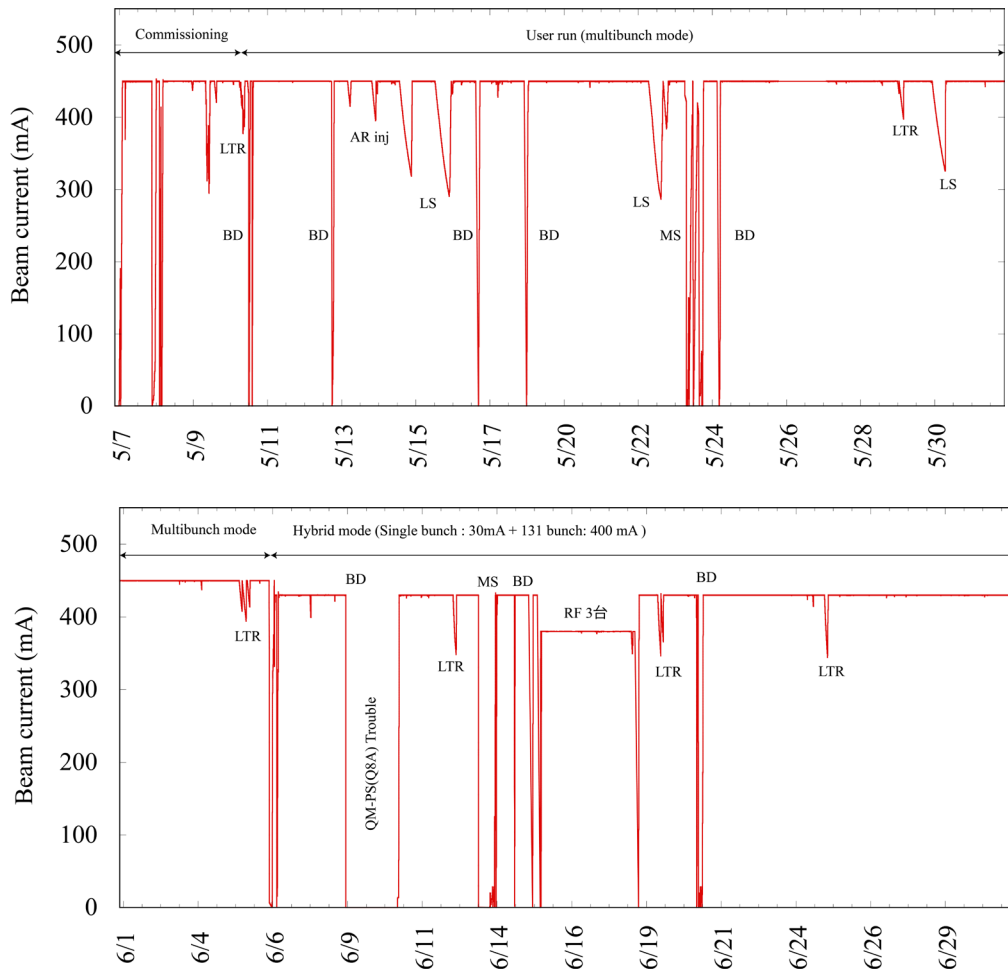


図1 PFリングにおける5月7日9:00から7月1日9:00運転停止までの蓄積電流値の推移を示す。LSは入射器マシン調整日、LTRは入射器トラブル、AR InjはPF-AR入射時の入射中断、BDはビームダンプを示す。

ら積み上げるときは5 Hzで運用することとした。ただし、ハイブリッドモードでの運転ではこの6極電磁石のパラメータは使用できない可能性があるため、切り替え時に再度調査を行った。6月5日にハイブリッドモードに切り替える作業を行い、6月6日9:00からユーザ運転を再開した。ただし、ビーム不安定性が厳しくシングルバンチを50 mAにすることはできず30 mAに下げ、全体で430 mA（シングルバンチ：30 mA + 131バンチ：400 mA）の蓄積電流値で運転することとした。6月24日9:00から7月1日9:00までは産業利用のための運転を行った。6月の運転は、電磁石電源およびRF関連のトラブルによる運転停止やビームダンプが頻発した。6月8日22:35に4極電磁石電源（Q8A）がIGBT異常のインターロックが動作して停止し、ビームダンプが発生した。現場で電源内を確認したところ、電解コンデンサの一部が破損していたため、コンデンサの交換が必要と判断し、メーカに来所を依頼した。翌日6月9日午前中に電解コンデンサの交換作業を行った後、通電試験を開始したが、電源内より破裂音がし、ヒューズ断及びIGBT異常で再度電源が停止した。交換した電解コンデンサの破損はみられなかったが、故障の原因はすぐには判明せず、Q8A電源の使用はできないと判断した。そこで、当日午後から、予備電源QFDに切り替え、でき

るだけ早いユーザ運転の再開を目指すこととした。電力ケーブルおよびインターロックケーブルの配線作業は、6月9日中に行い、翌6月10日9:00からAC復電、低電流での通電試験、定格電流での調整運転等を行い、予備電源で問題なく運転可能であることを確認して、復旧となった。その後、電磁石初期化、ビームの再入射を行い、18:20にユーザ運転を再開した。ちなみに、今回故障したQ8A電源は2005年製で、製造からおよそ14年経過している。これまで他の電源でもIGBT異常の故障が1年半の間に計5回発生している。今後も限定的に起きる可能性が高いため、すべての電源の電解コンデンサの交換を進めていく計画である。6月15日1:22に、今度はRF#3の高圧電源がダウンして、ビームダンプが発生した。変圧整流器2次過電流のエラーが表示されていた。同時刻にSKEKBダンピングリング（DR）のRFおよび電磁石電源もダウンしたが、RFのクローバー回路（クライストロンを放電から保護する回路）が動作したとの連絡があった。PFリングの故障とDRの故障との相関がこの段階では判明していなかったため、RFの周辺状況に異常がないことを確認し、5:02にユーザ運転を再開した。同日8:17再度RF#3がダウンした。2度目であるので安全をみてRF#3を運転から切り離し、3台で運転することとした。これに伴い、蓄積電流値

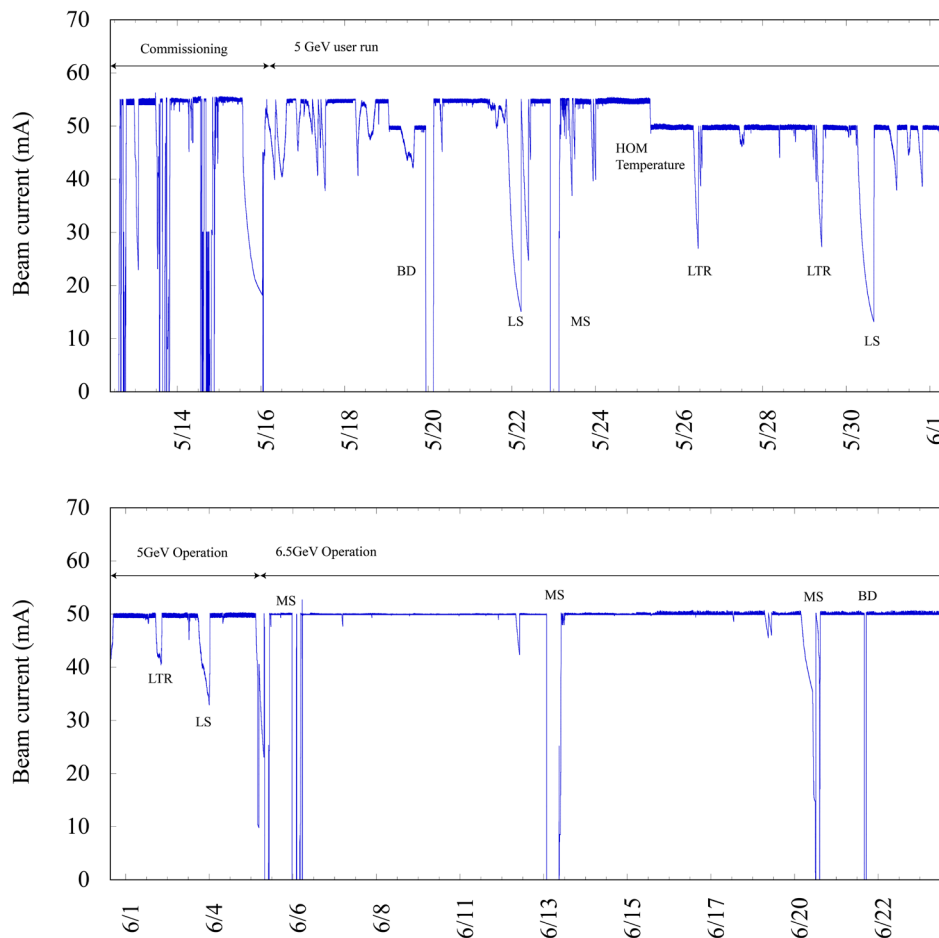


図2 PF-ARにおける5月13日9:00から6月24日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。LSは入射器マシン調整日、LTRは入射器トラブル、MSはリングマシン調整日、BDはビームダンプを示す。

の380 mAに下げた状態で運転することとした。ところが、6月18日14:47 今度はRF#2と#4の高圧電源がダウンした。やはり同時刻にDRのRFクライストロンもクローバー回路が動作してダウンしていた。この時点になって、ようやくDRのこの動作により、何らかのノイズが入り込み、PFリングのRF高圧電源に影響をおよぼしているということがわかってきた。おおよその原因が特定できたので、RFを4台に戻し、ユーザ運転を再開した。その後は、DR側で対策を施したことにより、クローバー回路の動作およびPFリングのRF高圧電源のダウンは再発しなかった。PFリングにおけるユーザ運転は7月1日9:00に予定通り停止して、夏期の停止期間となった。

図2に、PF-ARの立ち上げ日5月13日9:00～6月24日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。立ち上げはビームエネルギー6.5 GeVで行った。リング電流モニターDCCTの故障があったが、LAN/GPIB故障と判明し予備品と交換して復旧した。入射は概ね順調に進み、定格蓄積電流値55 mAに達したものの、ビーム寿命が短いことが判明した。原因は入射キッカーが入射時以外にも励磁されていることに加えて、ビームと非同期で励磁されているためであった。対策として入射時以外には励磁しないようにすること、入射ビームと同期して励磁するようにしたこと、ビーム寿命は以前の状態に改善した。6.5 GeVでのリングの状況が安定したところで、ビームエネルギー5 GeVでの運転モードに切り替えた。5 GeVでの調整も概ね順調に進んで、5月17日9:00からの光軸確認後ユーザ運転となった。なお、PFリングとPF-ARのビーム入射間隔は、PFリングが170秒、PF-ARが30秒実施するという取り決めで、同時にトップアップ運転を行うこととした。故障関係では、以前から懸念されていた4極電磁石電源QC1Sの出力の変動であるが、出力電流をモニターしているデジボルで、故障しているチャンネルのノイズが電源側に戻り、電源制御回路を揺らして変動を引き起こしていることが判明した。電源からのモニター端子が絶縁されていないため、ノイズがそのまま電源に入ってしまった。別の正常な空きチャンネルを利用し出力電流をモニターするようにしたところ、変動はなくなった。夏の停止期間中に故障したデジボルの交換を行う。5月20日高周波加速空洞E-4のHOMカプラーケーブルにおいて温度上昇がみられたため、ユーザ運転を中断してもらいケーブル交換作業を行った。なお、温度上昇に気がついてから交換作業を行う前までは、ケーブル温度の上昇を抑えるため、蓄積電流値を55 mAから50 mAに抑えた運転を行った。ケーブル交換後は55 mA運転に戻した。さらに、W-2空洞でもやや温度上昇のあるHOMケーブルが見つかったため、5月23日のマシン調整日に交換作業を行った。しばらく55 mAでトップアップ運転を行っていたが、5月25日から安全をみて蓄積電流値を50 mAに制限した運転を行っている。今年の夏期停止期間にHOMカプラーケーブルおよそ70本の交換作業を実施する予定で、すでに作業を行っている。6月5日から6日にかけて5 GeVから6.5 GeVへ切り替える作業を行

い、6月7日9:00から6.5 GeVでのユーザ運転を開始した。ただし、RF空洞のHOMケーブルの温度上昇に対する対応として、蓄積電流値は50 mAに抑えての運転は継続することとした。PF-ARは6月24日9:00に予定通りユーザ運転を停止し、夏期の停止期間となった。

PF リング4極電磁石電源2台の更新

昨年5月PFリングの立ち上げ時、電磁石の初期化を行っている最中に、リング高輝度化改造時(1994年～1996年)に製造された電源に不具合あることが判明した。制御系の不具合と予想され、すぐにメーカーに連絡し調査を行ったところ、DAC/ADCモジュールの恒温槽の故障で、モジュールの内部基板が焦げ、抵抗2個破裂、配線も焦げているのが分かった。残念ながらこのモジュールの予備品はなく、また約24年前に製造された基板であるため、メーカーからは修理および代替品の製造も困難であると回答された。同時期に製造された電源が10台稼働中であり、同様の故障が頻発すると長期運転停止になることが想定されたため、機構長裁量経費から予算を手当てしていただいで、新規に電源2台を製造することとした。図3に新規に製造されたPF電源棟に設置された新電源と交換・保管されている旧電源の写真を示す。新電源は3月末に納品されたのち、設置、配線および調整作業を4月中に終え、無事に5月の運転に使用することができた。立ち上げ時から新電源は特に問題なく運転されている。しかしながら、まだ旧電源は8台残っており、リングの安定な運転を維持するためには、できるだけ早いうちに更新すべきである。



図3 PFリングの新規に製造された4極電磁石電源2台(左上)と交換され保管されている旧4極電磁石電源(右下)

運営部門の紹介

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

今回は、放射光実験施設のミッションと内部組織の紹介をさせて頂きました。今回は、内部組織の1つである運営部門をご紹介します。運営部門は、放射光の利用制度（学術利用、産業利用、産学連携など）の整備と運用、放射光実験に係る安全管理、国内外の放射光・量子ビーム施設との連携を主導することを目的として設置されています。

構成メンバーは5人、船守展正実験施設長（運営部門長を暫定兼務）、兵藤一行准教授、君島堅一特別准教授、北島義典講師、宇佐美徳子講師です。放射光利用制度の整備と運用については、メンバー全員で取り組んでいます。兵藤さんがまとめ役であり、放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）の委員も務めています。君島さんは産業利用などの有償利用を主務としています。北島さんは実験施設の安全関係を総括しており、利用者の皆さんの中には、「試料・化学薬品等持ち込み・使用届」への迅速な対応に助けられた方もおられるのではないかと思います。宇佐美さんは広報を担当しています。船守は他施設との連携を担当しています。

月1回の定例の部門会議には、基盤技術部門長と測定装置部門長に出席してもらい、また事務スタッフにも代表出席をお願いして、活動の方向性の確認と意見交換を行っています。運営部門は、なかなか個性の強い、けれどもそれぞれの方向に才能のあるメンバー揃いですので、今後2年程度の期間で、後述のPF-PACでの重要事項の審議を経て、幾つもの改革を断行できるのではないかと期待しています。今年度から新組織になり、研究上の直接的な業績ではない、運営部門が担当するような職務上の活躍も正当に評価されるようになったことは、とても良かったと思っています。

今回は、放射光実験施設で最大の人数が所属する基盤技術部門を紹介させて頂こうと考えています。

運転・共同利用関係

PFおよびPF-ARの2019年度第1期の運転は、ほぼ予定通りに行われました。「ほぼ予定通り」としたのは、6月8日夜から6月10日夕方まで、電磁石電源の故障により、PFの運転が停止したためです。また、ビームダンプがやや多く起った期間もありました。そうした期間にビームタイムが配分されていた方々にはご迷惑をお掛けしました。PFは5月7日から7月1日まで、その内、6月7日以降の4週間はハイブリッドモードで運転を実施しました。PF-ARは5月13日から6月24日までの運転でした。PFが通常モードで運転した期間は5 GeVで、ハイブリッドモードで運転した期間は6.5 GeVで、それぞれ運転しま

した。これは、PF-ARの5 GeV運転の際には、現状のハードウェアではPFとの数分毎の入射切替が必要となり、PFのハイブリッドモード（寿命の短い孤立バンチの電荷量）への影響が大きいからです。なお、PFの最後の1週間は、昨年度と同様に産業利用促進運転期間としました。

2019年度第2期の運転は、PFは10月17日から、PF-ARは10月23日から、ともに12月12日までの予定です。第2期もPFの通常モードとPF-ARの5 GeVの組み合わせで開始して、PFは11月22日にハイブリッドモードに、PF-ARは11月13日に6.5 GeVに切り替えます。PF-ARの第3期の運転は、実施できるとしても短期間になることが想定されるため、5 GeVでの運転のみとする予定です。そのことを考慮して、年間の6.5 GeVと5 GeVの運転が半々程度となるような第2期のスケジュールとしました。

7月25日にはPF-PACが開催され、課題の評点と採否が審議されました。また、PACの開催は、慣例として、7月と翌1月の年2回となっていたことが、利用プログラムとその運用方法の見直しなど、課題審査以外の重要事項の審議のため、2019～2020年度については、年4回の開催とすることに決まりました。詳細については、本誌PAC速報をご参照ください。

フォトンファクトリー新体制発足記念講演会 ～ PF REBORN 2019 ～

7月20日に開催された記念講演会には111名の参加がありました。来賓挨拶や機構長挨拶にも、REBORNや第二黎明期という文言が登場するなど、今後のPFへの期待と激励に、実験施設長としての責任の重大さを改めて感じています。

はじめに

先号でもお知らせしましたが、今後、放射光科学第一，第二研究系の現状は、第一系の主幹の雨宮健太主幹と、第二系の主幹の私で交互に執筆することになりました。今回は、私の番ということで、放射光科学第二系の概要を紹介させていただきます。今年度の改組により第二研究系は、材料科学研究部門と構造生物学研究部門の2つの部門から構成されることになりました。材料科学研究部門は、木村正雄教授が、そして構造生物学研究部門は、私、千田俊哉が部門長を務めています。いずれの分野も基礎と応用が近い分野ですが、基礎的なことを大切に研究を進めていきたいと考えています。

放射光科学第二研究系の紹介

材料科学研究部門においては、人々の生活を豊かにする材料創製やプロセス開発に資するサイエンスを目指し、物構研のメンバーはもちろん、国内外の産官学のユーザーと連携して研究を進めていきます。現在は特に、材料機能の発現/劣化の“trigger sites”を特定する先端計測の研究と整備を戦略的イノベーション創造プログラム（革新的構造材料）や新学術領域（水惑星学の創成）等のサポートを受け推進しています。具体的なテーマは、(a) multi-scale & multi-modal のX線顕微鏡（STXM, XAFS-CT, XAS/XRD/XF-mapping, X-CT等）を活用した材料機能可視化、(b) multi-range の時分割計測（Dynamic XRD, D-XAFS等）を活用した化学反応/プロセスのメカニズム解明、(c) 触媒、エネルギー材料、地球惑星環境物質、有機材料、磁性材料、構造材料の“trigger sites”を特定する研究開発です。現在、外部資金を得て整備されてきた計測機器もほとんど完成し、今後はこれらの機器を産官学に広く公開して、様々な共同研究を推進していくフェーズに入っています。これまでも多くの大学や企業との共同研究を進めてきており、是非とも材料科学における面白い現象を皆様と共に掘り下げていきたいと考えています。

構造生物学研究部門においては、構造生物学的手法を主として用いた生物学研究を行っています。X線結晶構造解析やX線小角散乱、約一年前に導入されたクライオ電子顕微鏡による生体高分子の高次構造解析に、生化学や分子生物学を組み合わせて生命現象の基礎である生体高分子がどのように機能しているのかを解析していくことが中心になりますが、そこにとどまることなく、分子レベルのツールや阻害剤などの開発を基盤に、他の生物学分野（例えば、OMICS解析分野、バイオインフォマティクス分野）との幅広い共同研究を積極的に推進していきます。そして、生命とは何か（What is life?）を意識しながら新しいコンセプトを生み出す研究をしていきたいと考えています。現在、

部門内で行われている主たる研究テーマとしては、(a)GTP代謝と疾病、(b)転写とエピジェネティクス、(c)感染症、(d)糖代謝と疾病、(e)酸化還元関連酵素、などがあります。これらの生物学研究に加え、全自動X線結晶構造解析に向けた解析用装置やソフトウェア開発も行なっています。これらの研究は創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業（創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム、BINDS）や科研費など外部の資金によってサポートされています。また、企業との共同研究や企業研究者に対する技術指導も活発に行われています。なお、今回の改組により、構造生物学研究センターは、構造生物学研究部門と放射光実験施設に属している構造生物分野の研究者によって組織されることになりました。

このように、2つの部門からなる第二研究系ですが、部門間の連携も意識していきたいと考えています。例えば、データ解析手法や自動化、生物無機化学分野における基本的な実験手法であるXAFSなどに関しては、部門間の連携が有効だと考えています。第二研究系においては、基礎から応用に至るまで幅広い研究を推進しています。一緒に研究を行いたいという研究者の方がいれば、気軽に声をかけていただければと思います。

人事異動

最後に、放射光科学第一，第二研究系に関する人事異動を報告します。構造生物学研究センターにおいて、クライオ電子顕微鏡などの導入に尽力された特任准教授の湯本史明さんが6月末で転出されました。新しい職場での活躍を期待します。

はじめに

低速陽電子実験施設 (Slow Positron Facility, SPF) は、これまで、電子陽電子入射器棟にある実験スペースの名称でしたが、2019年4月1日より、放射光実験施設、放射光科学第一研究系、放射光科学第二研究系、中性子科学研究系、ミュオン科学研究系と並ぶ物質構造科学研究所 (物構研) の正式な組織になりました。実験施設長は小杉信博物構研所長 (兼任) です。

本実験施設は、物構研の量子ビーム4本柱 (放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子) の一翼を担って独自の研究やマルチビーム研究を推進します。とはいえ、未だ極めて小さな所帯ですので、他の3ビームのような独自の共同利用システムは持っていません。これまで通り、物構研つくばキャンパスの共同利用のシステムである、放射光共同利用実験審査委員会の下で、放射光共同利用の一環として課題の募集や審査が行われます。

従って、現状報告も、Photon Factory News (本誌) をお借りして、毎年1回 (来年度からは原則 No. 1号に) 掲載することになりました。今回は第1回なので、基盤的情報をお伝えします。

低速陽電子実験施設の紹介

メンバーは、小杉実験施設長 (兼任)、永井がクロスアポイントメント教授 (東北大80%, KEK20%), 望月出海助教の3人です。長嶋泰之東京理科大学に客員教授、兵頭俊夫東京大学名誉教授にダイヤモンドフェロー、一宮彪彦名古屋大学名誉教授に協力研究員としてご協力いただいています。

SPFのステーションは、電子陽電子入射器棟の地階のテストホールと1階のクライストロンギャラリー実験室にあります。p.79の「低速陽電子実験施設平面図」をご覧ください。テストホールは幅約10m (部分的には5m)、長さ約60mの細長い部屋で、現在はその北側30mの領域を加速器・ビームラインと測定のスペースとして使っています。加速器は他の加速器とは完全に独立の、テストリニアックと呼ばれる専用リニアックです。電子は北に向かって50 MeVまで加速され、壁際にある低速陽電子生成部のTaのターゲットに当てられます。そのとき起きる電子・陽電子対生成から陽電子を得ます。それを直ちに負の陽電子仕事関数をもつWの薄膜を用いて3 eVのエネルギーのそろった低速陽電子として取り出し、さらにその場で実験のニーズに応じて35 keVまでの任意のエネルギーに静電加速します。そのようにして得られたエネルギー可変低速陽電子ビームを、同じ実験室の測定スペースに磁場輸送しています。さらに、天井を貫いて地上階のクライストロンギャラリー実験室にも輸送しています。

現在、SPFには4つのステーションが稼働しています。テストホールのSPF-A3、SPF-A4と、クライストロンギャラリー実験室のSPF-B1、SPF-B2です。

SPF-A3は全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーションです。ここでは、触媒表面の原子配列の決定や、グラフェン、シリセン、ゲルマネンなどの単原子層物質の基板との距離やバックリングの詳細を解明してきました。陽電子を初めて利用するグループによる表面の構造解析の共同利用が複数、2016年に開始されましたが、それらのグループの成果が出始めています。また、最適原子配列の大域探索をまず行い、候補領域について局所探索を行うという、モデルフリー解析の標準化を進めています。さらに、視射角を変えてプローブ深さを調節しつつ回折スポットの強度を方位角の関数として測定するTRHEPD方位角プロット法も開発中です。

SPF-A4は低速陽電子回折 (LEPD) ステーションです。ここでは加速器ベースLEPD装置が完成し、初めての回折パターンを得ました。その後間もなく2018年にLEPD関連のユーザーの科研費が採択されて次のステップに進めるようになり、静電レンズの改良とDLD検出器のHEX-DLDへのグレードアップを開始しました。

SPF-B1はユーザーがチェンバーを持ち込む汎用ステーションです。最近まで、東理大長嶋泰之研究室のポジトロニウム負イオン (Ps^-) の実験に用いられていましたが、現在は東大浅井祥二研究室のポジトロニウム (Ps) のボース・アインシュタイン凝縮の実現に必要なレーザー冷却の実験が行われています。

SPF-B2はポジトロニウム飛行時間法 (Ps -TOF) ステーションです。試料表面からのPs放出のエネルギー分布を通じての表面研究が行われています。

運転・共同利用関係

低速陽電子生成部に入射する電子を加速するテストリニアックの運転は加速器研究施設の第5研究系に担当していただいています。陽電子生成ターゲットにおける電子・陽電子対生成以降の、低速陽電子生成、ビーム輸送、4つのステーションの管理はすべて我々低速陽電子実験施設で維持・管理しています。毎年夏期停止期間には生成ターゲット部のシールドを開け、冷却水システム、ターゲット電位安定化のためのコンデンサー、配線などのチェックや交換を加速器第5研究系と協力して行っています。

最初に述べたように、共同利用の課題募集、審査、ビームタイム設定などはPFの共同利用システムの中で行っています。ユーザーの方々は、SPFの4ステーションを形式的にPFのステーションと区別せずに認識していただければ手続きなどがわかりやすいと思います。異なるのは実験

ホールの所在だけです。

その他

各ビームライン分岐ステーションでは、様々な研究者が in situ で試料を作製して実験を行います。本施設の測定チェンバーの試料作製／評価環境は各研究室のものと異なるため、様々な困難があります。これを少しでも緩和するために、物構研所内公募研究費に採択された資金と他の外部資金を用いて、汎用の試料チェンバーの製作を開始しています。

日本陽電子科学会は、日本学術会議の学術大型研究計画2020に低速陽電子研究施設計画を提出しました。計画実現に本施設が中核的な役割を果たすことが期待されています。

放射光 X 線が明らかにする古代ガラスの製法 ～古代エジプトおよびメソポタミアの銅赤ガラスを例に～

阿部善也

東京理科大学 理学部第一部 応用化学科

Production Technique of Ancient Glass Revealed by Synchrotron Radiation X-rays ～The Case of Copper-Red Glass from Ancient Egypt and Mesopotamia～

Yoshinari ABE

Department of Applied Chemistry, Tokyo University of Science

Abstract

銅によるガラスの赤色着色技術を「銅赤（どうあか）」と呼ばれ、紀元前 15 世紀頃の古代エジプトおよびメソポタミアで発明された。本研究ではこれら 2 地域の銅赤ガラス製品に対して、マイクロビームを含む放射光 X 線を利用した X 線吸収端近傍構造分析および蛍光 X 線分析を非破壊で適用し、両地域における製法の違いを化学的に解明したとともに、銅赤の技術的発祥についても考察した。

1. はじめに

「古代オリエント」は現在のエジプトや地中海沿岸、西アジアを指す言葉で、古代エジプトやメソポタミア（現在のイラクの一部）が栄えた文明発祥の地である。今日の我々の生活を支える材料や技術の中には、古代オリエントで生み出されたものが多くあり、ガラスもその一つである。ガラスの生産技術は紀元前 3 千年紀末¹⁾のメソポタミアで発明されたと考えられ [1]、紀元前 15 世紀になると古代エジプトに技術が伝わった [2]。間もなくこれら 2 地域で大規模なガラス生産が行われるようになり、古代オリエント全土に両地域のガラス製品が流通した。当時のガラス製品は高価かつ希少だったラピス・ラズリなどの宝石の代用品として位置付けられ、無色透明なものは存在せず、鮮やかな着色が施されていた。また、主成分のシリカ源としてケイ砂または石英礫と、融剤として Na に富む植物を燃やした灰（植物灰）を混合し、高温で熔融することで得られたソーダ石灰ガラスであった。古代のガラス職人たちはここに様々な金属や鉱物、あるいは合成顔料を添加することで、色とりどりのガラスを生み出していた。古代ガラスに使用された主要な着色剤を Table 1 に示した。古代に発明されたガラスの着色技術の多くは、数千年の時を経て現在のガラス工芸でも利用されている。本稿では、古代オリエントで利用された数多あるガラス着色技術のうち唯一の「還元焼成による発色技術」であった銅 (Cu) によるガラスの赤色着色技術、いわゆる「銅赤（どうあか）」

Table 1 Typical colorants used for ancient glass production.

Color	Colorant
Violet	Mn ³⁺
Blue	Co ²⁺ , Cu ²⁺
Green	Cr ³⁺ , Fe ²⁺ , Cu ²⁺
Yellow	Fe ³⁺ , Pb ₂ Sb ₂ O ₇ (opaque), PbSnO ₃ (opaque)
Red	Metallic Cu nanoparticle, Cu ₂ O (opaque)
White	Ca ₂ Sb ₂ O ₇ (opaque), SnO ₂ (opaque)
Black	Mn ³⁺ , Fe ²⁺

に着目する。銅赤のガラス製品は紀元前 15 世紀頃の古代エジプトとメソポタミアにおいてほぼ同時に登場しているが、どちらが先であったかは明らかではない。銅赤ガラス生産に必要な安定した高温焼成と還元技術は、古代オリエント史を理解する上で重要な「製鉄」とも深く関連するが、紀元前 15 世紀の時点では古代エジプトとメソポタミアにおいて製鉄技術は確立されていなかった。十分な還元焼成技術がない時代に、古代人はどのようにして銅赤ガラスを生み出していたのだろうか。

ここで、銅赤の発色メカニズムについて説明しておこう。ガラス生産において、Cu は青色着色剤と赤色着色剤の 2 種類の用途で利用される。一般的な酸化焼成条件では、ガラス中の Cu は酸化数 +2 の Cu²⁺ イオンとして存在し、共存する元素に応じて青色～緑色を呈する。一方、ガラスが Cu によって赤色を呈するのは、Cu が 0 価の金属 Cu ナノ粒子もしくは 1 価の酸化物である赤銅鉱 (cuprite: Cu₂O) として存在する場合、すなわちガラスを還元雰囲気下で焼成した場合である。金属 Cu ナノ粒子による着色は、ガラ

¹⁾「千年紀」とは、西暦を 1000 年単位で区切ったもの。例えば紀元前 3 千年紀であれば、紀元前 3000 年～紀元前 2001 年、あるいは紀元前 30 世紀～紀元前 21 世紀を指す。

ス中で金属 Cu ナノ粒子が 10 ~ 100 nm オーダーのコロイドを形成した際に、表面プラズモン効果により発色する。これに対して Cu₂O による着色は、10 ~ 100 μm の Cu₂O の赤色結晶が透明ガラス中に散在することで、Cu₂O 自体の色がガラスに与えられる。これらの他にも、Cu はガラス中で酸化数 +1 の Cu⁺ イオンとしても存在するが、この場合には可視光領域に吸収を持たないため、発色に関与しない。2 種類の赤色発色メカニズムを比較したとき、Cu₂O 着色よりも金属 Cu ナノ粒子着色の方が強い還元状態が必要となるため、紀元前の銅赤ガラスは Cu₂O による着色がほとんどであり、金属 Cu ナノ粒子着色が安定して実現可能になったのは紀元後からである。また、金属 Cu ナノ粒子着色では（粒径や濃度にもよるが）ガラスの持つ透明性を失うことなく赤色を付与できるのに対し、Cu₂O 着色の場合には必然的に不透明な赤色となる。なお、現代のガラス工芸で利用されている銅赤は金属 Cu ナノ粒子による着色のみであり、Cu₂O 結晶による不透明な着色は古代特有の技術である。このように、銅赤ガラスがどのようなメカニズムで発色しているのかについては、比較的詳細に解明されている。しかしながら、古代オリエントにおいて銅赤ガラスがどのような原料を用いて、どのような製法で作られていたのかほとんど解明されておらず、そもそもその技術的発祥が古代エジプトとメソポタミアのどちらだったのかも判然としない。なお当時の製法に関連して、紀元前 14 ~ 12 世紀に年代づけられるメソポタミア出土の粘土板文書の中には、「銅赤ガラスのレシピ」と思われる記述が残されているものがある [1]。いくつかの材料の配合比と思われる記述があるが、各材料を指す語が何を意味するのか解読されていないため、当時の製法の再現には至っていない。

著者は X 線分析を中心とした非破壊の機器分析技術を活用し、古代のガラス製品の化学組成や化学状態を明らかにすることで、原料や製法を考察する考古化学的な研究を展開している。特に近年では、国内外の研究機関や博物館などの文理融合型の共同研究として、古代オリエントの銅赤ガラスに関連した研究に注力している。本稿はその最近の成果に関する論文 [3] と、関連する解説 [4] の内容について、フォトンファクトリー (PF) を利用した成果を中心に再編したものである。

2. 化学組成に基づく原料の推定

ガラスは高温で原料を焼成・熔融することで得られるため、原料中に含まれていた元素がそのままガラス製品にも混入する。すなわち、古代ガラスの化学組成は原料の種類や採取地、あるいは製法を強く反映する。著者は国内装置メーカーと共同開発した蛍光 X 線分析 (XRF) 装置を国内外の考古遺跡や研究施設へと持ち込み、収集された古代ガラスをその場で非破壊分析して、化学組成に基づいて生産地や製法を推定している。銅赤ガラスに関しても、エジプトのダハシュール北遺跡 (サッカラ) およびアメンヘテブ III 世王墓 (ルクソール)、イギリスの大英博物館 (ロンドン)

およびアシュモレアン博物館 (オックスフォード)、あるいは国内でも岡山市立オリエント美術館 (岡山) や古代エジプト美術館 (東京) を始めとした様々な施設において、これまで 200 点以上の分析を実施しており、時代や地域による銅赤ガラスの特徴の違いを明らかにしつつある。ここでは、著者がこれまでに実施してきた非破壊オンサイト XRF の結果のうち、銅赤ガラス生産の最初期にあたる前 2 千年紀に年代づけられる古代エジプトおよびメソポタミアの製品に着目して、両地域における化学組成の特徴と、そこから推定される原料の違いについて説明しよう。

まず古代エジプト製品とメソポタミア製品に共通する点として、どちらも素材はソーダ石灰ガラスであり、数 wt% の Mg と K を含んでいた。これらの元素は、融剤として植物灰を用いた場合に、植物中のミネラルがガラス製品に混入したものであると理解される。すなわち、ベースとなるガラス素材には共通点が見られる。しかしながら、銅赤の発色に関連する元素には、化学組成に地域差が見られた。まず銅赤の発色要因である Cu について見てみると、どちらの地域の製品においても CuO 換算濃度²⁾として 10 wt% を超える高濃度の Cu を含有しているが、特にメソポタミア製品では 20 wt% を超えるものが多く見られた。このことから、これら 2 地域では着色剤である Cu の添加量に差があったものと考えられる。さらに、古代エジプト製の銅赤ガラスには微量の Sn が含まれており、Cu 着色剤として Cu と Sn の合金である青銅を用いたことを示している。古代エジプトにおいて、ガラス生産と金属精錬は密接な関係にあり [2]、青銅の精錬や製品化の工程で生じた副産物をガラス生産で再利用していたものと推定される。Sn はガラスの焼成過程で熱的還元剤として機能することが知られており、古代エジプトにおいては青銅由来で混入した Sn が少なからず銅赤の発現に寄与していたものと考えられる。一方、メソポタミアではガラス生産で青銅を再利用していた痕跡は見られず、銅赤ガラス生産において Cu 着色剤をどのような形で添加していたのかは明らかではない。ただし、メソポタミア製品は Sn の代わりに熱的還元剤として機能する Sb を数 wt% 含み、さらに起分極剤として金属イオンのガラス相中への溶解を助長する Pb も 10 wt% を超える高濃度で含有していた。メソポタミアより出土した粘土板文書に記された「銅赤ガラスのレシピ」に関する解釈の一つに、Pb と Sb の化合物である Pb₂Sb₂O₇ が材料の一つとして添加されていたのではとする指摘がある [1]。Table 1 に示したように、Pb₂Sb₂O₇ は古代オリエントのガラス生産で黄濁剤として利用されていた合成顔料であり、銅赤ガラスの着色にも応用されていた可能性は十分に考えられる。

以上より、前 2 千年紀に年代づけられる古代エジプトと

²⁾ この値は XRF により検出された Cu が全て CuO の形で存在しているとみなした場合の値である。CuO は最も一般的な酸化物として選定された化合物であり、XANES 等により求められた実際の化学状態とは無関係である。

メソポタミアの銅赤ガラス製品の化学組成を比較すると、Cu 着色剤の添加量および形態、還元剤として機能する金属元素の種類、さらに起分極剤としての Pb の有無など、明確な地域差が存在したことが明らかとなった。

3. 放射光X線分析により銅赤ガラス製法の謎を解く

上述したオンサイトでの研究の他に、可搬型の装置では得られない高次の情報、例えば ppm 以下で含まれる微量元素の組成や、特定の元素に着目した詳細な化学状態、あるいは μm レベルの元素分布などを非破壊で分析するため、著者は PF や大型放射光施設 SPring-8 において古代ガラスを始めとした考古遺物の放射光X線分析を実施している。特に PF においては、銅赤を含む古代のガラス製品やセラミック製品に添加された着色剤や顔料について、非破壊で化学的な特性化を行っている。着色剤として機能する程度の元素添加量 ($> 100 \text{ ppm}$) であれば、非破壊のX線吸収微細構造 (XAFS) 解析であっても十分に化学状態を議論することができる。また古代のガラス製品やセラミック製品においては、着色に使用された顔料等が $1 \mu\text{m}$ を超える大きさでガラス相中に残留している場合が多く、放射光X線マイクロビームを用いることで1粒子レベルでの分析も可能となる。そのため、様々な色の古代ガラスの中でも、銅赤ガラスはきわめて早い段階から放射光X線分析の対象であった [e.g. 5]。以降では、古代エジプト美術館の協力の下、同館に所蔵された古代エジプト製およびメソポタミア製の銅赤ガラス製品を借用して、PF において著者が放射光X線分析を実施した結果について述べる [4]。

分析試料として用いたのは、古代エジプト美術館に所蔵されたガラス製品5点 (古代エジプト製3点、メソポタミア製2点) である。試料の写真を Fig. 1 に示した。いずれ



Figure 1 Photographs of ancient Egyptian (E1, E2, and E3) and Mesopotamian (M1 and M2) copper-red glass artifacts analyzed at BL-9C and BL-4A in Photon Factory. All these artifacts were loaned from Ancient Egyptian Museum (Tokyo) for scientific study.

も紀元前 15 ~ 12 世紀に年代づけられ、古代オリエントにおける銅赤ガラス生産の最初期のものである。古代エジプト製の1点 (E1) は多色のガラス容器片であり、他のエジプト製品2点 (E2, E3) およびメソポタミア製品2点 (M1, M2) は単色のビーズである。これら5点全てに対して、放射光実験に先立って可搬型 XRF 装置を用いた非破壊の化学組成分析を行っており、その組成的特徴 (Cu 添加量, Sn と Sb の含有量, Pb の有無など) は先述したとおりである。これら5点の古代銅赤ガラスを PF へと持ち込み、BL-9C において Cu-K 吸収端 X線吸収端近傍構造 (XANES) 解析を、BL-4A において放射光X線マイクロビームを用いた $\mu\text{-XRF}$ イメージングおよび $\mu\text{-XANES}$ を非破壊で実施した。

BL-9C における Cu-K 吸収端 XANES 解析では、放射光X線を Si(111) 二結晶モノクロメータによって単色化後、スリットによって縦横 1.0 mm に成形した。非破壊での分析を行うため、XANES スペクトルは蛍光法で測定した。先述したように、本研究の分析試料である古代銅赤ガラス製品は、CuO 換算濃度として 10 wt\% を超える高濃度の Cu を含んでいるため、シリコンドリフト検出器 (SDD) などの高感度な半導体検出器を用いる必要はない。よって検出器には Ni フィルターを装着したライトル検出器を用い、充填ガスは Ar とした。参照試料として金属 Cu, 酸化銅2種 (CuO, Cu_2O), Cu を添加して合成したソーダ石灰ガラス2種 (Cu^{2+} ガラス, Cu^+ ガラス) の計5点についても分析を行い、これらのデータを参照スペクトルとして用いて、古代銅赤ガラス製品の XANES スペクトルに対するパターンフィッティングを行った。なお、後述するマイクロビームを用いた微細部の $\mu\text{-XANES}$ 解析と区別するため、BL-9C で実施した XANES 解析を単に「XANES 解析」と表記する。

BL-4A における $\mu\text{-XRF}$ イメージングおよび Cu-K 吸収端 $\mu\text{-XANES}$ 解析では、Si(111) 二結晶モノクロメータによって単色化された放射光X線を K-B ミラー集光素子によって縦横約 $5 \mu\text{m}$ に集光した。散乱角 90° となる位置に SDD を設置し、試料から発生した蛍光X線および散乱X線を検出した。試料はハッチ外からコントロール可能な電動 XY ステージ上に固定した。 $\mu\text{-XRF}$ イメージングでは、励起エネルギーは 13.5 keV とし、試料を動かすステップ幅は縦横共に $5 \mu\text{m}$ に設定した。イメージング範囲は縦横ともに40点、すなわち $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ の範囲である。イメージング対象元素について、この実験システムでは全測定点についてスペクトルデータが保存されるため、検出された全てのピークについてイメージを得ることが可能であるが、ここでは Cu-K α (8.04 keV) および Pb-L α (10.55 keV)³⁾ を対象とした。Cu-K 吸収端 $\mu\text{-XANES}$ では、SDD を用いた蛍光法によりスペクトルを測定した。

³⁾ Pb-L α は As-K α (10.54 keV) と重複するが、事前に Pb-L β 吸収端 (13.04 keV) 前のエネルギーで XRF スペクトルを測定し、有意な量の As が含まれていないことを確認した。

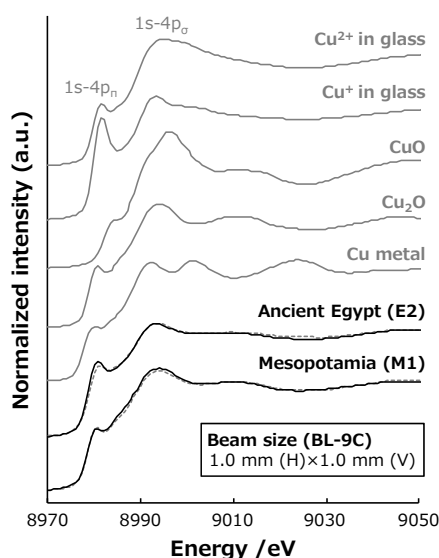


Figure 2 Comparison of normalized Cu K-edge XANES spectra of ancient Egyptian and Mesopotamian copper-red glass artifacts (E2 and M1) and reference materials obtained at BL-9C (solid lines: observe data, broken lines: pattern-fitting data).

参照試料については、前述した BL-9C における Cu-K 吸収端 XANES 解析の際に用いたものと同様である。得られた μ -XANES スペクトルの解析手順についても、BL-9C における XANES 解析と同様であるが、パターンフィッティングは実施していない。

古代エジプト製およびメソポタミア製の銅赤ガラスについて代表的な 1 点ずつ (E2, M1) と、参照試料 5 点について得られた Cu-K 吸収端 XANES スペクトルを Fig. 2 に示した。まず 5 種類の参照試料の XANES スペクトルを比較してみると、 $1s-4p_n$ 遷移と $1s-4p_o$ 遷移ピーク位置および形状から、Cu の価数を判断できる。Cu の価数が同じ 1 価である Cu_2O と Cu^+ ガラスは、これら 2 つのピークのみからは区別しづらいが、9010 eV 付近の吸収の有無により区別することができる。しかし、古代銅赤ガラス中の Cu の化学状態は必ずしも単一ではないため、スペクトル形状のみから Cu の化学状態を議論することは難しい。そこで古代エジプト製品 3 点とメソポタミア製品 2 点の XANES スペクトルについて、パターンフィッティングにより化学状態が異なる 5 種類の Cu の割合を算出し、その結果を Table 2 にまとめた。5 試料全てで金属状態の Cu よりも Cu_2O の方が多く存在していたことから、今回分析した 5

点の銅赤ガラス製品は生産地を問わず、主要な発色要因は Cu_2O 赤色結晶だと考えられる。また古代エジプト製の銅赤ガラスにおいては、 Cu_2O および金属 Cu 以外にも、可視光領域に吸収を持たない無色の Cu^+ イオンが一定量存在していた。これに対し、メソポタミア製の銅赤ガラス 2 点では、80% 以上の Cu が Cu_2O の形で存在し、発色に関与しない Cu^+ イオンは含まれていなかった。すなわち、メソポタミア製品の方が、より多くの Cu が着色要因 (Cu_2O) として発色に寄与していることが明らかになった。

続いて、古代エジプト製品 (E2) およびメソポタミア製品 (M1) について得られた μ -XRF イメージングの結果を Fig. 3 にまとめて示した。古代エジプト製品、メソポタミア製品のそれぞれについて、Cu-K α 線および Pb-L α 線の強度分布と、イメージングを行った範囲についてデジタル顕微鏡 (KEYENCE VHX-2000) で撮影した高倍率の顕微鏡写真を示してある。モノクロの図版ではわかりづらいので、本誌のオンライン版か、元の論文 [3] のカラー図版を適宜参照いただきたい。顕微鏡写真において暗く見えている部分が透明なガラスマトリクスであり、その中に不透明な赤色物質が散在している。白く見えている部分は、撮影時に用いた白色 LED がこの赤色物質により反射されたものである。赤色物質の大きさを見ると、古代エジプト製品 (E2) では数~数十 μm オーダー、メソポタミア製品 (M1) では数百 μm オーダーであり、明らかな差がある。ここに示していない 3 点についても、古代エジプト製品とメソポタミア製品でそれぞれ同様の傾向が見られた。続いて Cu-K α 線の分布を顕微鏡写真と比較してみると、古代エジプト製品 (E2) とメソポタミア製品 (M1) のどちらにおいても、赤色物質の分布が Cu-K α 線の分布とよく対応していることがわかった。そこで、Cu-K α 線が強く検出された部分について、それぞれ Cu-K 吸収端 μ -XANES 解析を行い、得られたスペクトルを参照試料 5 点のデータと共に Fig. 4 に示した。スペクトルの形状、特に 9010 eV 付近の形状から、古代エジプト製品 (E2) とメソポタミア製品 (M1) のどちらにおいても、Cu-K α 線が強く検出された部分には Cu_2O が存在することが明らかになった。すなわち、顕微鏡写真で見られた赤色物質は Cu_2O であると同定された。この結果は先述した Cu-K 吸収端 XANES 解析の結果 (Table 2) とよく一致している。また、特にメソポタミア製品 (M1) で顕著であるが、銅赤ガラス中で Cu_2O は特徴的な樹枝状結晶として存在していることがわかる。

Table 2 Results of a pattern-fitting analysis of Cu K-edge XANES spectra of copper red glass artifacts (fitting region: 8950–9100 eV).

Object	Ratio /%					R value
	Cu^{2+} in glass	Cu^+ in glass	CuO	Cu_2O	Cu metal	
E1	0	38.9	0	51.5	9.6	0.019
E2	0	16.8	0	66.1	17.1	0.026
E3	14.1	44.9	0	27.2	13.8	0.020
M1	9.3	0	3.9	81.5	5.3	0.015
M2	14.3	0	0	84.8	0.9	0.025

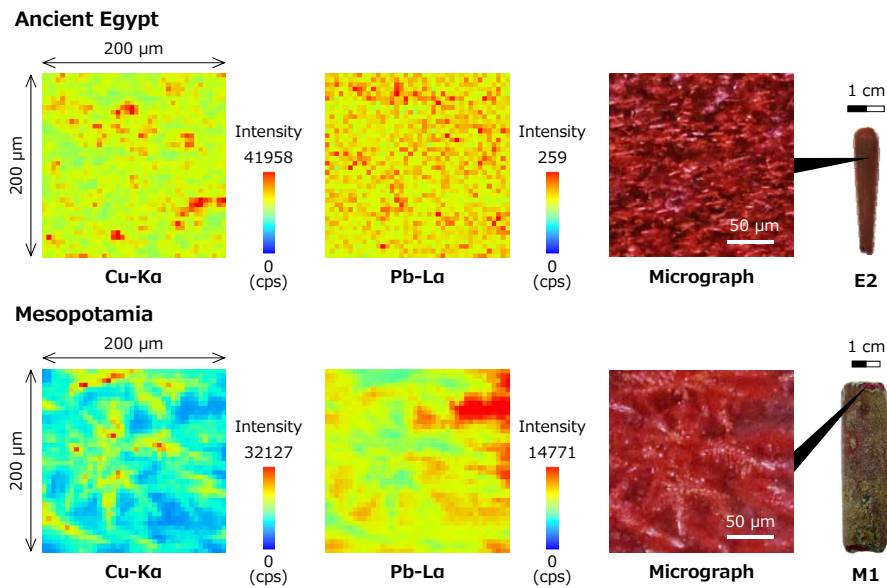


Figure 3 Distribution images of the XRF intensity of Cu-K α and Pb-L α of ancient Egyptian and Mesopotamian glass artifacts (E2 and M1) obtained by μ -XRF imaging analysis at BL-4A with micrographs of imaging region.

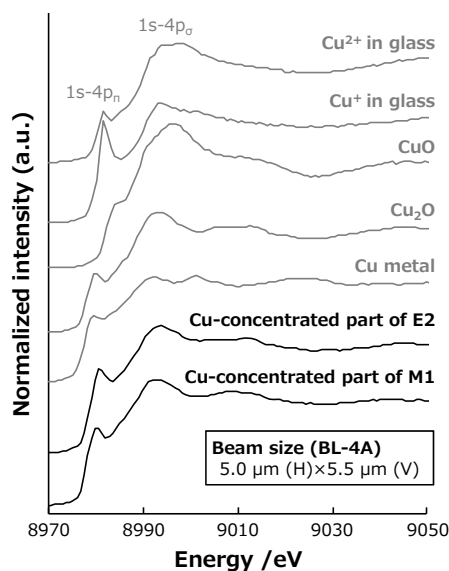


Figure 4 Comparison of normalized Cu K-edge μ -XANES spectra of Cu-concentrated part of ancient Egyptian and Mesopotamian copper-red glass artifacts (E2 and M1) and reference materials obtained at BL-4A using X-ray microbeam.

これは単に無色透明なガラス中に Cu_2O 粉末を添加・混合することで着色したのではなく、一度ガラスマトリクス中に過剰量の Cu を Cu^{2+} イオンまたは Cu^+ イオンの形で溶解させ、冷却過程で Cu_2O として析出させたためだと考えられる。ここで、改めて μ -XRF イメージングの Cu-K α 線の分布を比較してみると、古代エジプト製品 (E2) では Cu は赤色物質部分だけでなく分析範囲全体から検出されていることがわかる。Cu-K 吸収端 XANES 解析の結果 (Table 2) から、古代エジプト製の銅赤ガラスでは発色に関与しない Cu^+ イオンが一定量存在することが示されたが、 μ -XRF イ

メージングで赤色物質と対応しない部分から検出された Cu は、この Cu^+ イオンの状態で存在しているものと考えられる。一方、メソポタミア製品 (M1) の μ -XRF イメージング結果では、赤色物質がない部分の Cu-K α 線強度が明らかに低い。こちらも、メソポタミア製の銅赤ガラスではガラスマトリクス中に溶存する Cu^{2+} イオンや Cu^+ イオンが少ないとする Cu-K 吸収端 XANES 解析の結果 (Table 2) とよく対応している。さらに、 μ -XRF イメージングで得られた Pb-L α 線の分布を見てみると、古代エジプト製品 (E2) にはそもそも Pb が含まれていなかった (定量下限以下) ため不鮮明だが、Pb を多く含む (PbO 換算濃度として約 18 wt%) メソポタミア製品 (M1) では、明らかに Cu-K α 線と逆の分布を示していた。つまり、Pb は Cu_2O 結晶中ではなく、透明ガラスマトリクス中に溶存していると考えられる。

以上の結果から、紀元前 2 千年紀の古代エジプトとメソポタミアにおける銅赤ガラスの製法について考察してみよう。まずどちらの地域においても、過剰量の Cu 着色剤を無色のソーダ石灰ガラスに添加し、これを冷却過程で Cu_2O 結晶として析出させることで、銅赤ガラスを生み出していた。ここで古代エジプトとメソポタミアでは、Cu 添加量に明らかな違いが見られるが、メソポタミアでは起分極剤として Pb を添加することで、より多くの Cu 着色剤を添加・溶解することが可能であった。当時のガラス生産で使用された窯では炉内雰囲気還元状態にすることができないため、ガラスに添加した過剰量の Cu を Cu_2O として析出させるためには、ガラス自体に還元剤を添加する必要がある。古代エジプトでは Sn が、メソポタミアでは Sb が熱的還元剤として機能したと考えられるが、特に古代エジプトにおいては Cu と Sn を別々に添加したのではなく、青銅を再利用していた可能性が高い。メソポタミア

においてCuをどのような形で添加していたかは不明であるが、PbとSbについては当時ガラスの黄濁剤として使用されていた合成顔料 $Pb_2Sb_2O_7$ の形で加えられていた可能性がある。析出した Cu_2O 結晶を見ると、古代エジプト製品とメソポタミア製品では樹枝状結晶の大きさ、あるいは成長状態に顕著な違いが見られ、またガラスマトリクス中に溶存している Cu^+ イオンの有無にも差が見られた。こうしたCuの分布の違いは、Cu添加量の差に加えて、Pbの有無に起因するものと考えられる。おそらくメソポタミア製品では、高温中では起分極剤として機能したPbが、冷却過程ではガラスマトリクス中に溶存し、Cuをガラスマトリクスに残りづらくさせ、 Cu_2O の析出および樹枝状結晶の成長を助長したものと考えられる。

以上のように、紀元前2千年紀の古代エジプトとメソポタミアでは、銅赤ガラスの生産技術（原料の配合比や種類）に明らかな違いが見られ、それぞれ独自の製法を有していた可能性が示された。古代オリエントにおける銅赤ガラス生産のきわめて早い段階で、古代エジプトとメソポタミア製法の地域差が見られたという点はきわめて興味深く、あるいは銅赤という技術自体がこれら2地域で別々に、同時多発的に生み出されたものなのかもしれない。

4. おわりに

今日でこそ考古遺物に対する理化学的な分析技術の応用が一般化しているが、最初に考古遺物を化学の立場から研究したのは、「分析化学の創設者」とも言われるドイツの化学者、マルティン・ハインリヒ・クラプロート（1743～1817年）である[6]。彼が1795年に発表した古代貨幣の化学組成に関する報告が最初の研究例であり、その次に分析試料として選ばれたのがガラス製品だった。ローマ時代のガラス製モザイク3点について主要な元素の割合を求めた研究であるが、そのうちの1点はCuに富む赤色ガラス、すなわち銅赤ガラスだった。もちろん、彼の研究は考古学的な問題意識を持って行われたわけではなく、新元素の発見報告が相次いでいた当時、自然界に存在する物質の一つとして古代の貨幣やガラスに着目したに過ぎない。とはいえ、現在では当たり前のように行われている古代ガラスの理化学的な研究の始まりに、銅赤ガラスがあったことは大変に興味深い。

銅赤は、古代に生み出された数あるガラス着色剤の中で唯一還元を伴う技術であり、様々な進化を遂げながら、今日に至るまで3千年以上に渡り利用されてきた。約200年前にクラプロートによる最初の分析が行われてから、数多くの研究者たちによって自然科学的な研究が積み重ねられ、ようやく古代における実態が解明されつつある。その研究の中で、放射光X線はきわめて重要な役割を果たしてきた。銅赤ガラスに限らず、非破壊・非接触で非常に多くの情報を読み取ることが可能な放射光X線分析は、希少な文化財を対象とした研究において、今後ますますの利用が期待されると言えよう。

謝辞

本研究で分析した古代エジプトおよびメソポタミアの銅赤ガラス製品は、全て古代エジプト美術館（東京都渋谷区）からの借用品である。貴重な考古遺物の分析許可をくださった同館館長の菊川匡博士に厚く御礼申し上げます。本研究の放射光実験は放射光共同利用実験（課題番号：2013G585, 2016G112）として、高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリーBL-4AならびにBL-9Cにおいて実施された。本研究は科学研究費補助金（若手研究：18K12566）および平成27年度東京理科大学奨励研究助成金の支援により実施された。

引用文献

- [1] A. L. Oppenheim, R. H. Brill, D. Barag, A. Saldern, *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia*. Corning Museum of Glass, New York (1970).
- [2] P. T. Nicholson, J. Henderson: Glass. In: P. T. Nicholson and I. Shaw (eds) *Ancient Egyptian Materials and Technology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 195-224 (2000).
- [3] 日高遥香, 阿部善也, 菊川匡, 中井泉, 『分析化学』 **67**, 493 (2018).
- [4] 阿部善也, 『考古学ジャーナル』 **720**, 34 (2018).
- [5] I. Nakai, C. Numako, H. Hosono, K. Yamasaki, *J. Am. Ceram. Soc.*, **82**, 689 (1999).
- [6] 大沢真澄, 『化学教育』 **20**, 369 (1972).

(原稿受付日：2019年6月24日)

著者紹介

阿部善也 Yoshinari ABE

東京理科大学 理学部第一部 応用化学科 嘱託特別講師

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3

TEL: 03-5225-3165

FAX: 03-5261-4631

e-mail: y.abe@rs.tus.ac.jp

略歴：2012年東京理科大学総合化学研究科博士課程修了、2012年東京理科大学理学部第一部嘱託助教、2016年同嘱託特別講師。博士（理学）。

最近の研究：可搬型分析装置の開発およびオンサイト分析への応用、放射光X線技術の高度化と文化財・美術絵画への応用、福島第一原発事故由来の放射性物質の物理・化学的性状解明など。

趣味：骨董蒐集。

UHRF1 TTD ドメインと DNA Ligase 1 の複合体が明らかにした UHRF1 の構造変化

郡聡実, 有田恭平
横浜市立大学 生命医科学研究科

Structure of UHRF1 TTD Domain Bound to Methylated DNA Ligase 1 Reveals the Conformational Change of UHRF1

Satomi KORI, Kyohei ARITA

Structural Biology Laboratory, Graduate School of Medical Life Science, Yokohama City University

Abstract

DNA 維持メチル化に必須の因子である UHRF1 は、メチル化された DNA ligase1 (LIG1K126me3) と強い親和性で結合し、DNA 複製サイトへ呼び込まれる。筆者らは、UHRF1 TTD ドメインと LIG1K126me3 の複合体の X 線結晶構造解析から、高親和性結合に重要なアミノ酸残基を同定した。さらに、LIG1K126me3 の結合によって UHRF1 の構造はコンパクトな構造からフレキシブルな構造へと変化することを明らかにした。本研究成果は UHRF1 の阻害剤開発に向けた重要な知見を提唱している。

1. はじめに

1-1. DNA メチル化

ヒトの体は約 220 種類もの異なる形質をもつ細胞で構成されている。これらの細胞は 1 つの受精卵から増殖したものである。それにもかかわらず、細胞の種類によってその形質が異なるのは、細胞ごとに発現する遺伝子が異なるためである。この細胞固有の遺伝子発現パターンを規定しているのが DNA メチル化である。DNA メチル化は 5'-CpG 配列中のシトシン塩基の 5 位の炭素に起こり、ヘテロクロマチンの形成を促すことで細胞に不必要な遺伝子の抑制に関与する。細胞固有の DNA メチル化パターンは、分化多能性をもつ胚盤胞から細胞が分化する過程で確立する。重要なことに、分化した細胞の DNA メチル化パターンは、塩基配列と同様に細胞分裂を経て次世代の細胞へと正確に受け継がれていく。この DNA 維持メチル化機構によって細胞は脱分化が抑制され、その形質を維持することができ

る。DNA 維持メチル化機構の破綻は、細胞のがん化・異常増殖、精神・神経疾患、代謝異常などさまざまな疾患に関与することから、DNA メチル化パターンの正確な継承が重要である [1]。

1-2. DNA 維持メチル化の分子機構

DNA 維持メチル化には、ユビキチン E3 リガーゼ UHRF1 と DNA メチル化酵素 DNMT1 の 2 つのタンパク質が必須の因子として働く (Fig. 1)。UHRF1 は DNA 複製後に生じる親鎖のみがメチル化されたヘミメチル化 DNA を認識し [2-4]、その後近傍のヒストン H3 の複数のリジン残基をモノユビキチン化する [5-6]。このユビキチン化ヒストン H3 を DNMT1 が認識し、ヘミメチル化 DNA へ呼び込まれることで新生鎖がメチル化される [7]。DNA 維持メチル化は DNA 複製の直後に起こるが、複製に関わる因子がどのように維持メチル化を制御しているかは不明であった。近年、我々は DNA クランプである PCNA と相

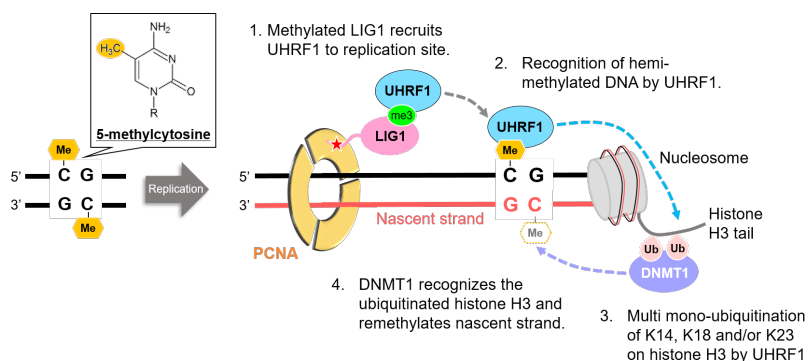


Figure 1
Molecular mechanism of DNA methylation maintenance. UHRF1 and DNMT1 are essential for DNA methylation maintenance to uphold cell identity.

相互作用し、岡崎フラグメントの連結を担う複製因子 DNA Ligase 1 (LIG1) が UHRF1 を複製サイトに呼び込むことを報告した [8]。これは、複製と連携した DNA 維持メチル化の分子機構の解明に向けた先駆的な研究成果である。

1-3. UHRF1TTD と LIG1 は強い親和性で結合する

UHRF1 は UBL ドメイン、TTD ドメイン、PHD ドメイン、SRA ドメイン、RING ドメインの 5 つの機能的なドメインからなる (Fig. 2)。SRA ドメインはヘミメチル化 DNA を認識する。RING ドメインはユビキチン E3 リガーゼ活性を有し、ヒストン H3 の K14, K18, K23 の複数のリジン残基をモノユビキチン化する。このユビキチン化活性には、N 末端の UBL ドメインが関与している [9-10]。TTD ドメインと PHD ドメインは協調的に働き、9 番目のリジン残基がトリメチル化されたヒストン H3 (H3K9me3) を認識する [11]。PHD ドメインはヒストン H3 の N 末端の 1-4 番目のアミノ酸を認識し、TTD ドメインは 3 つの芳香族アミノ酸からなる aromatic cage によってトリメチル化リジンを認識する。さらに、TTD ドメインは peptide binding groove と呼ばれる特徴的な溝を持ち、この領域で H3K9me3 の他に UHRF1 のリンカー領域である linker 2 や spacer と相互作用する [12-13]。

我々は共同研究者 Pierre Antonine-Defossez 氏らと共に K126 がメチル化された LIG1 が TTD ドメインと相互作用すること明らかにし、これが UHRF1 を複製サイトに呼び込む働きをすることを報告した [8]。LIG1 のフレ

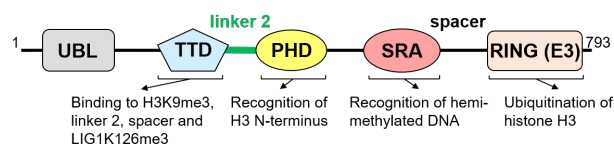


Figure 2 Domain structure and function of UHRF1.

キシブルな N 末端領域はヒストン H3 と類似した配列を持ち、H3K9 に相当する K126 がメチル化される。さらに、H3K9me3 と TTD ドメインの結合は解離定数 1620 nM であったのに対し、K126 がトリメチル化された LIG1 (LIG1K126me3) の TTD ドメインへの結合は解離定数 9.1 nM と、H3K9me3 と比較して 180 倍も強く結合することが分かった。この UHRF1 と LIG1 の高親和性の結合が複製サイトへの UHRF1 の正確な呼び込みに重要であり、DNA 維持メチル化の堅牢性に寄与していると考えられる。しかし、H3K9me3 と LIG1K126me3 は同じような配列を持つにも関わらず、LIG1K126me3 が TTD ドメインと強く結合できる機構は明らかではなかった。また、マルチドメインタンパク質である UHRF1 は基質の結合によってその高次構造を変化させ、機能が制御されることが考えられているが、LIG1K126me3 の結合による UHRF1 の高次構造の変化は不明であった。本稿では、TTD ドメインと LIG1K126me3 ペプチドの複合体の X 線結晶構造解析によって明らかにした高親和性結合のメカニズムと UHRF1 の高次構造の変化について紹介する。

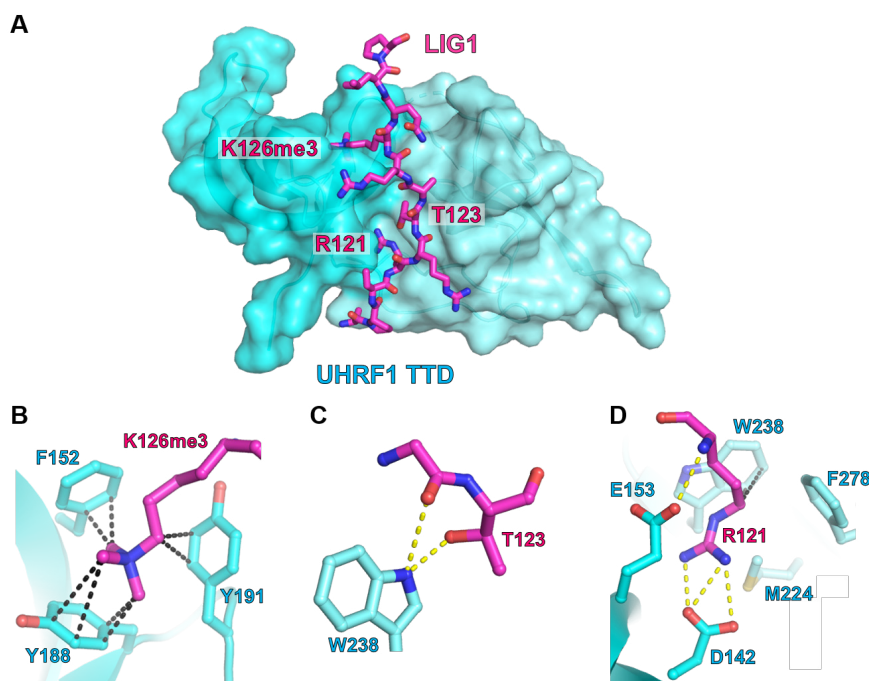


Figure 3 Crystal structure of UHRF1 TTD in complex with LIG1K126me3 peptide. A), Overall structure of UHRF1 TTD in complex with LIG1K126me3 peptide. TTD is shown as a cyan surface model and LIG1K126me3 peptide is shown as a magenta stick model, respectively. LIG1K126me3 peptide bound to the peptide binding groove of UHRF1 TTD. B), The recognition of trimethylated K126 of LIG1 by aromatic cage of UHRF1 TTD, C), T123 of LIG1 by W238 of UHRF1 TTD, and D), R121 of LIG1 by Arg-binding cavity of UHRF1 TTD. Black and yellow dash lines indicate the CH- π interactions and hydrogen bonds, respectively.

2. UHRF1 TTD による LIG1K126me3 の認識機構

2-1. UHRF1 TTD と LIG1K126me3 の高親和性結合に寄与するアミノ酸残基の同定

TTD ドメインによる LIG1K126me3 の認識様式を明らかにするために、TTD ドメインと LIG1K126me3 ペプチドの複合体の結晶化を行った。得られた結晶の X 線回折強度データの収集は Photon Factory BL-17A で行い、2.65 Å 分解能のデータを得た。回折強度データの位相決定には、TTD ドメイン単体の構造 (PDB: 5YYA) をサーチモデルにして分子置換法で行った。

得られた立体構造から、LIG1K126me3 は TTD ドメインの peptide binding groove に結合していることを明らかにした (Fig. 3A)。LIG1 の K126me3 は、H3 の K9me3 と同様に TTD ドメインの aromatic cage によって認識されていた (Fig. 3B)。また、立体構造の情報をもとに結合に関与するアミノ酸残基に変異を導入し、等温滴定型カロリメトリー (ITC) を用いた相互作用解析を行った。その結果、LIG1 の 2 つのアミノ酸残基が TTD ドメインとの相互作用に重要であることがわかった。

1 つめは、T123 である (Fig. 3C)。TTD ドメインとの相互作用因子である H3K9me3、UHRF1 の linker 2 ならびに spacer において T123 に相当する位置のアミノ酸は、側鎖に水酸基をもつアミノ酸が保存されている。さらに、H3K9me3、linker 2、spacer のこの位置のアミノ酸のリン酸化は、TTD ドメインとの結合を阻害することが報告されている [11, 13–15]。そこで、123 番目のスレオニンをリン酸化させた LIG1K126me3 ペプチドと TTD ドメインとの結合を ITC によって解析すると、K126 がトリメチル化されているにもかかわらず、LIG1 と TTD ドメインの結合は非常に弱くなった ($K_d > 104,500$ nM)。このことから、LIG1 の T123 のリン酸化が TTD ドメインとの結合をオフにするスイッチの役割をしていることが示唆された。

2 つめは、R121 である (Fig. 3D)。LIG1 の R121 側鎖は、TTD ドメインの peptide binding groove にある Arg-binding cavity に入りこみ、TTD ドメインの D142 と相互作用していた。この R121 に相当するヒストン H3 のアミノ酸残基

はリジン残基 (K4) であった。H3 の K4 をアルギニン残基に置換した H3K4R/K9me3 と TTD ドメインの相互作用を ITC で解析すると、解離定数 22.2 nM であった。これは LIG1K126me3 と TTD ドメインの結合とほぼ同等の親和性である。したがって、TTD ドメインの Arg-binding cavity と LIG1 の R121 との相互作用が、高親和性の結合に重要であることが強く示唆された。

2-2. LIG1K126me3 の結合は UHRF1 の高次構造をフレキシブルな構造に変化させる

UHRF1 の TTD ドメインから PHD ドメインまでの領域 (TTD-PHD) は、TTD ドメインと PHD ドメインの間に存在する linker 2 が TTD ドメインの peptide binding groove に結合し、高次構造を形成する [11]。この時、Arg-binding cavity には linker 2 の R296 が入り込んでいる。H3K9me3 は PHD ドメインと TTD ドメインが協調的に働くことで TTD-PHD に結合できる。一方で、LIG1K126me3 は TTD ドメインにのみ結合し、PHD ドメインには結合しないことが分かった。そこで、LIG1K126me3 の結合部位である peptide binding groove に linker 2 が結合している TTD-PHD に対し、LIG1K126me3 が結合できるかを ITC によって解析した。その結果、LIG1K126me3 と TTD-PHD は解離定数 124 nM で結合した。さらに、熱力学的パラメータを比較すると、TTD-PHD への H3K9me3 の結合はエンタルピー駆動であったのに対し、LIG1K126me3 の結合はエントロピー駆動であった。H3K9me3 の結合がエンタルピー駆動であるのは、TTD-PHD の高次構造を壊すことなく結合できることを意味し、これは既知の TTD-PHD と H3K9me3 の複合体の結晶構造と一致する。LIG1K126me3 の結合は、peptide binding groove に結合している linker 2 を追い出す過程がエントロピー駆動として表れたと考えられる。

LIG1K126me3 の結合による TTD-PHD の高次構造の変化を明らかにするために、TTD-PHD と LIG1K126me3 ペプチドの複合体のゲルろ過 X 線溶液散乱 (SEC-SAXS) を行った (Fig. 4)。X 線散乱強度データの収集は Photon

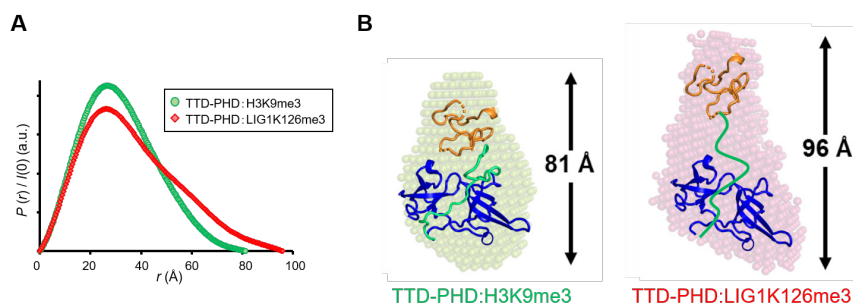


Figure 4 Conformational change of TTD-PHD by binding LIG1K126me3. A), $P(r)$ functions are shown for TTD-PHD in complex with H3K9me3 (green) and LIG1K126me3 (red). B), Low-resolution *ab initio* beads model of the TTD-PHD in complex with H3K9me3 (green) and LIG1K126me3 (red) derived from SAXS data. The ribbon model indicates the crystal structure of TTD-PHD; TTD, linker 2 and PHD are shown as a blue, green and orange, respectively (PDB: 3ASK). The ribbon model in the right panel is manually modified to fit the *ab initio* beads model.

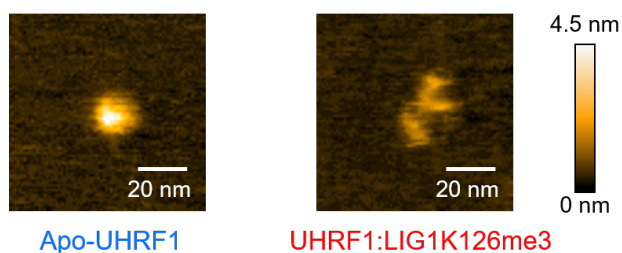


Figure 5 High-speed AFM images showing representative molecular shape of full length apo-UHRF1 (left) and its complex with LIG1K126me3 (right). Right bar represents Z-scale ranging 0 to 4.5 nm

Factory BL-10C で行った。TTD-PHD 単体と比較して、H3K9me3 の結合による慣性半径 (R_g) や分子の最大長 (D_{max}) に大きな変化はなく、SAXS データから構築した低分解能ビーズモデルはコンパクトな構造を示した。一方で、LIG1K126me3 との複合体の TTD-PHD は R_g と D_{max} が増加し、低分解能ビーズモデルは開いた構造へと変化した (Fig. 4B)。以上の結果から、LIG1K126me3 の結合は linker 2 を TTD ドメインの peptide binding groove から追い出し、コンパクトな TTD-PHD の構造を開いた構造に変化させることが明らかとなった。

高速原子間力顕微鏡を用いた全長 UHRF1 と LIG1K126me3 の複合体の解析からも SEC-SAXS と関連したデータが得られ、コンパクトで閉じた構造をとる全長 UHRF1 が、LIG1K126me3 の結合によってフレキシブルな開いた構造に変化した (Fig. 5)。TTD-PHD でみられた局所的な構造変化が、全長 UHRF1 の高次構造変化に影響を及ぼしたと考えられる。

3. おわりに

UHRF1 は様々なタンパク質と相互作用するハブタンパク質として機能する。ユビキチン化ヒストン H3 の脱ユビキチン化を担う USP7 は UHRF1 の spacer に結合し、この相互作用が USP7 の脱ユビキチン化活性に必須である [16]。また、メチル化酵素 G9a は UHRF1 の SRA ドメインから RING ドメインの領域に結合し、がん抑制遺伝子 *p21* のプロモーター活性を阻害することが報告されている [17]。LIG1K126me3 の結合による UHRF1 の高次構造の変化は、UHRF1 と相互作用因子との結合に変化をもたらし、UHRF1 の機能を制御することが考えられる。今後、UHRF1 の高次構造変化の意義を解明することは、UHRF1 の機能制御の理解につながる一つの課題となるだろう。

さらに、本研究成果は、DNA 維持メチル化に関与する UHRF1 が複製因子 LIG1 によってどのように複製サイトへ呼び込まれるかを構造生物学的な観点から初めて解明した。UHRF1 は DNA 維持メチル化に必須の因子である一方で、様々ながん細胞で高発現し、異常な DNA メチル化やがん抑制遺伝子の発現抑制を引き起こすことが知られている。したがって、UHRF1 は薬剤開発の標的分子になると考えられている。本研究の X 線結晶構造解析から、TTD

ドメインの Arg-binding cavity と LIG1 の R121 との結合が高親和性結合に重要であることを同定した。つまり、TTD ドメインの Arg-binding cavity に結合する低分子化合物は TTD ドメインの機能を強力に阻害し、がん細胞で過剰発現した UHRF1 の機能を抑制できると考えられる。

謝辞

本研究は Paris Diderot 大学の Pierre-Antoine Defossez 氏、Laure Ferry 氏らとの共同研究である。この場をお借りして深く御礼申し上げます。また、本研究の放射光実験は、放射光共同利用実験(課題番号:2017G161, 2017G146)として、X線回折実験では BL-17A, X線溶液散乱では BL-10C を利用してデータ収集を行いました。PF ビームラインスタッフの皆様大変お世話になりましたことを重ねて御礼申し上げます。

引用文献

- [1] E. Li and Y. Zhang, *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, **6**, a019133, (2014).
- [2] K. Arita, M. Ariyoshi, H. Tochio, Y. Nakamura, and M. Shirakawa, *Nature*, **455**, 818, (2008).
- [3] G. V. Avvakumov, J. R. Walker, S. Xue, Y. Li, S. Duan, C. Bronner, C. H. Arrowsmith, and S. Dhe-Paganon, *Nature*, **455**, 822, (2008).
- [4] H. Hashimoto, J. R. Horton, X. Zhang, M. Bostick, S. E. Jacobsen, and X. Cheng, *Nature*, **455**, 826, (2008).
- [5] W. Qin, P. Wolf, N. Liu, S. Link, M. Smets, F. La Mastra, I. Forné, G. Pichler, D. Hörl, K. Fellinger, F. Spada, I. M. Bonapace, A. Imhof, H. Harz, and H. Leonhardt, *Cell Res.*, **25**, 911, (2015).
- [6] A. Nishiyama, L. Yamaguchi, J. Sharif, Y. Johmura, T. Kawamura, K. Nakanishi, S. Shimamura, K. Arita, T. Kodama, F. Ishikawa, H. Koseki, and M. Nakanishi, *Nature*, **502**, 249, (2013).
- [7] S. Ishiyama, A. Nishiyama, Y. Saeki, K. Moritsugu, D. Morimoto, L. Yamaguchi, N. Arai, R. Matsumura, T. Kawakami, Y. Mishima, H. Hojo, S. Shimamura, F. Ishikawa, S. Tajima, K. Tanaka, M. Ariyoshi, M. Shirakawa, M. Ikeguchi, A. Kidera, I. Suetake, K. Arita, and M. Nakanishi, *Mol. Cell*, **68**, 350–360, (2017).
- [8] L. Ferry, A. Fournier, T. Tsusaka, G. Adelmant, T. Shimazu, S. Matano, O. Kirsh, R. Amouroux, N. Dohmae, T. Suzuki, G. J. Filion, W. Deng, M. de Dieuleveult, L. Fritsch, S. Kudithipudi, A. Jeltsch, H. Leonhardt, P. Hajkova, J. A. Marto, K. Arita, Y. Shinkai, and P. A. Defossez, *Mol. Cell*, **67**, 550, (2017).
- [9] B. M. Foster, P. Stolz, C. B. Mulholland, A. Montoya, H. Kramer, S. Bultmann, and T. Bartke, *Mol. Cell*, **72**, 739, (2018).
- [10] P. A. DaRosa, J. S. Harrison, A. Zelter, T. N. Davis, P. Brzovic, B. Kuhlman, and R. E. Klevit, *Mol. Cell*, **72**, 753,

(2018).

- [11] K. Arita, S. Isogai, T. Oda, M. Unoki, K. Sugita, N. Sekiyama, K. Kuwata, R. Hamamoto, H. Tochio, M. Sato, M. Ariyoshi, and M. Shirakawa, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **109**, 12950, (2012).
- [12] N. Nady, A. Lemak, J. R. Walker, G. V. Avvakumov, M. S. Kareta, M. Achour, S. Xue, S. Duan, A. Allali-Hassani, X. Zuo, Y.-X. Wang, C. Bronner, F. Chédin, C. H. Arrowsmith, and S. Dhe-Paganon, *J. Biol. Chem.*, **286**, 24300, (2011).
- [13] J. Fang, J. Cheng, J. Wang, Q. Zhang, M. Liu, R. Gong, P. Wang, X. Zhang, Y. Feng, W. Lan, Z. Gong, C. Tang, J. Wong, H. Yang, C. Cao, and Y. Xu, *Nat. Commun.*, **7**, 11197, (2016).
- [14] K. A. Gelato, M. Tauber, M. S. Ong, S. Winter, K. Hiragami-Hamada, J. Sindlinger, A. Lemak, Y. Bultsma, S. Houliston, D. Schwarzer, N. Divecha, C. H. Arrowsmith, and W. Fischle, *Mol. Cell*, **54**, 905, (2014).
- [15] S. B. Rothbart, B. M. Dickson, M. S. Ong, K. Krajewski, S. Houliston, D. B. Kireev, C. H. Arrowsmith, and B. D. Strahl, *Genes Dev.*, **27**, 1288, (2013).
- [16] Z.-M. Zhang, S. B. Rothbart, D. F. Allison, Q. Cai, J. S. Harrison, L. Li, Y. Wang, B. D. Strahl, G. G. Wang, and J. Song, *Cell Rep.*, **12**, 1400, (2015).
- [17] J. K. Kim, P.-O. Estève, S. E. Jacobsen, and S. Pradhan, *Nucleic Acids Res.*, **37**, 493, (2009).

(原稿受付日：2019年6月21日)

著者紹介

郡聡実 Satomi KORI

横浜市立大学 生命医科学研究科

博士後期課程1年

〒230-0045 横浜市鶴見区末広町1-7-29

TEL: 045-508-7301

FAX: 045-508-7365

e-mail: w195502g@yokohama-cu.ac.jp

最近の研究：複製と連携したDNA維持メチル化の構造生物学的研究。

趣味：二郎系ラーメン食べ歩き。

有田恭平 Kyohei ARITA

横浜市立大学 生命医科学研究科 准教授

e-mail: aritak@yokohama-cu.ac.jp

略歴：2006年横浜市立大学生体超分子システム科学専攻博士課程修了，2010年京都大学工学研究科助教，2013年横浜市立大学生命医科学研究科准教授 博士（理学）。

最近の研究：DNA維持メチル化の分子機構の解明。

趣味：カフェ巡り。ランニング。

物質反物質非対称性探索を目指したポジトロニウムのレーザー冷却

周健治¹, 山田恭平¹, 橋立佳央理¹, 石田明¹, 難波俊雄², 浅井祥仁¹, 五神真¹,
田島陽平³, 蔡恩美³, 吉岡孝高³, 大島永康⁴, オロークブライアン⁴, 満汐孝治⁴,
伊藤賢志⁴, 熊谷和博⁴, 鈴木良一⁴, 藤野茂⁵, 兵頭俊夫⁶, 望月出海⁶, 和田健⁷, 甲斐健師⁸

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 東京大学素粒子物理国際研究センター, ³ 東京大学大学院工学系研究科,

⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 九州大学グローバルイノベーションセンター, ⁶ 高エネルギー加速器研究機構,

⁷ 量子科学技術研究開発機構, ⁸ 日本原子力研究開発機構

Laser Cooling of Positronium to Search for Matter-Antimatter Asymmetry

Kenji SHU¹, Kyohei YAMADA¹, Kaori HASHIDATE¹, Akira ISHIDA¹, Toshio NAMBA², Shoji ASAI¹,
Makoto KUWATA-GONOKAMI¹, Yohei TAJIMA³, Eunmi CHAE³, Kosuke YOSHIOKA³,
Nagayasu OSHIMA⁴, Brian E. O'ROURKE⁴, Koji MICHISHIO⁴, Kenji ITO⁴, Kazuhiro KUMAGAI⁴,
Ryoichi SUZUKI⁴, Shigeru FUJINO⁵, Toshio HYODO⁶, Izumi MOCHIZUKI⁶, Ken WADA⁷, Takeshi KAI⁸

¹ Graduate School of Science, University of Tokyo, ² International Center for Elementary Particle Physics, University of Tokyo,

³ Graduate School of Engineering, University of Tokyo, ⁴ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology,

⁵ Global Innovation Center, Kyushu University, ⁶ High Energy Accelerator Research Organization,

⁷ National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, ⁸ Japan Atomic Energy Agency

Abstract

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 低速陽電子実験施設にて行っている, ポジトロニウムのレーザー冷却実験について紹介する。ポジトロニウムは, 電子とその反粒子の陽電子によって構成される束縛系であり, その性質を精密に調べることで, 物質反物質非対称を探索し, 宇宙から反物質が消えた謎に迫ることができる。精密測定にとって重要なブレイクスルーとなるのが, ポジトロニウムのレーザー冷却である。本研究では, 冷却に最適化したポジトロニウム生成ターゲットとレーザー光源を開発し, 世界初となるポジトロニウムのレーザー冷却実現を目指している。

1. はじめに

我々の住む宇宙ができた直後は物質と反物質が同じだけあったと考えられている。しかし, 今では見渡す限りにおいてほとんどが物質で形作られており, 反物質はめったにみることができない。この不均衡は電荷の符号の違いだけでは説明できず, 非対称性に根ざしていると考えられ, 世界中で盛んに反物質が詳しく調べられ, 物質と比較されている。例えば, KEK ではクォークと反クォーク間の非対称性を精密に調べる Belle II 実験が進んでいる。我々の研究グループも反物質が消えた謎の解明に挑戦している。そのために選んだのが, 電子とその反粒子, 陽電子で構成される束縛系—ポジトロニウム (Ps) —である。

Ps が反物質の性質を調べるのに適しているのは, それがレプトンだけで構成されるシンプルな構成のためである [1]。そのおかげで物性値を高い精度で計算でき, その結果と精密実験との比較から既知理論とのズレを見出し, 未知の現象を探し当てるのが期待される。そして, この“シンプルさ”を最大限に活かすには実験の信頼性を高めることが重要になる。Ps 内部エネルギーの準位差測定を例にあげると, これまでは高温の Ps を使っていたため, Ps の激しい運動に起因する不定性により測定精度は十分

ではなく, 電子と陽電子との間の質量に差があるか判定するまでにはいたっていない [2]。我々の目下の課題は, Ps の素性をよくするために数 K まで低温にするための Ps レーザー冷却を実現することである。この技術によりエネルギー準位差の測定精度を飛躍的に向上でき, 例えば, 地球と陽電子の間に“反”重力効果がはたらくかどうか判別できると期待される [3]。

さらに, この冷却技術と高密度化技術とを組み合わせると, 反物質系で初となる Ps のボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) が実現できる [4, 5]。そして究極的には, Ps-BEC, すなわち“反物質レーザー”による原子干渉計を利用した反物質の運動の精密測定 [6] や, BEC 状態の Ps を 511 keV ガンマ線レーザーに変換 [7] することによる高精度・高効率のインフラ非破壊検査のための次世代光源の実現など, 基礎応用両面において革新的な成果が期待される。このように, Ps のレーザー冷却実現は, 反物質研究にとどまらず, 物理学研究の新たな扉を開く野心的なテーマである。本稿では我々のグループが KEK にて進めている, パルスレーザーを用いた Ps 冷却実験についての概要や Ps 生成実験結果, 今後の展望について述べる。

2. KEK 低速陽電子実験施設におけるパルスレーザーを用いたポジトロニウムのレーザー冷却

Ps の冷却を実現するためにドップラー冷却法というレーザー冷却を利用する。これは原子の光共鳴波長より少しだけ長い波長のレーザー光を照射することにより、原子を冷却する手法である。ドップラー効果により、レーザー光と対向して運動する原子のみが光波長を短く感じることで共鳴が生じ、レーザー光を吸収する。このとき、吸収した光の波長よりも、放出した光の波長の方が平均すると短いので、運動エネルギーが減少し、冷却される。Ps のレーザー冷却は、2つの理由により難しい。まず、Ps は、電子と陽電子との対消滅により、スピン 3 重項である *ortho*-ポジトロニウム (*o*-Ps) の場合 142 ns の寿命でガンマ線に崩壊する不安定原子であるため、安定原子に用いるような、蓄積しながら徐々に冷やすといった手法が使えない。さらに、Ps の質量は水素原子の約 1/1000 と非常に小さく、高速で運動するため、ドップラー効果による光波長のシフトが大きい。300 K の Ps が持つ波長 243 nm の Lyman- α 吸収線はドップラー効果により 0.1 nm 程度も広がるので、効率的な冷却のためには、レーザー光が様々な波長を含む必要がある。これら 2つの課題を解決するために、サブ μ s の持続時間を持つ広帯域パルスレーザー光源を開発している [8]。発振方式をパルスにするのは、冷却に必要なおよそ 300 ns 間にエネルギーを集中することで、広帯域に光パワーを分散しつつ、短時間での高速冷却に十分な光パワーを確保するためである。この光源の繰り返し周波数は 10 Hz 程度になるため、Ps も同程度の繰り返しで、レーザー光と同期してパルスの生成しなければならない。KEK 低速陽電子実験施設 (SPF) では、Table 1 に示すスペックを持つ繰り返し周波数が 50 Hz の短パルス陽電子を得ることができる。共同利用施設としてパルスレーザーと同期可能な陽電子を供給しているのは、現在世界中で SPF のみであろう。我々は 2 課題 2017P009, 2018G100 を申請・採択され、SPF-B1 ビームラインで実験を進めている。B1 ビームラインは汎用実験ポートであり、ユーザーが自身で設計したチャンバーを接続することができる。

Fig. 1 に B1 ビームラインの様子を、Fig. 2 に我々が接続したチャンバーの断面図を示す。加速器上流側からやってくる陽電子を、レーザー光の照射範囲と同程度であるおよそ 4 mm 径に磁気コイルで集束し、Ps 生成ターゲットに照射する。陽電子はターゲット中の電子をはぎとり、Ps を形成する。紫外レーザーは陽電子トリガーに同期し、陽電子照射方向に対向してターゲットに照射される。陽電子照

Table 1 Specification of slow-positron beam with the short-pulse mode at KEK-SPF

Number of Positrons	$10^5 e^+ / \text{bunch}$
Repetition	50 Hz
Pulse width	10 ns
Beam energy	0.1 - 35 keV

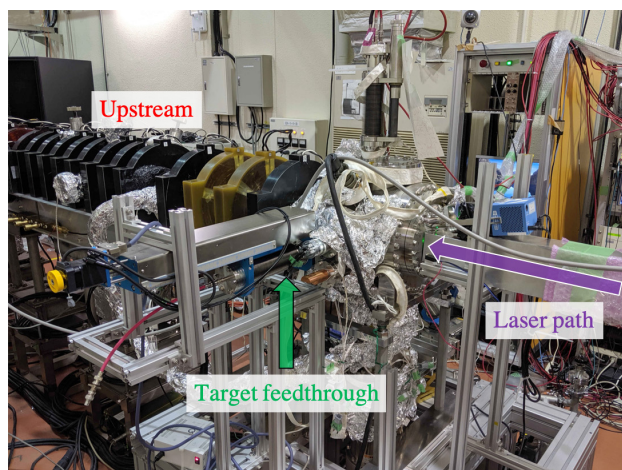


Figure 1 SPF-B1 beamline with an experimental chamber

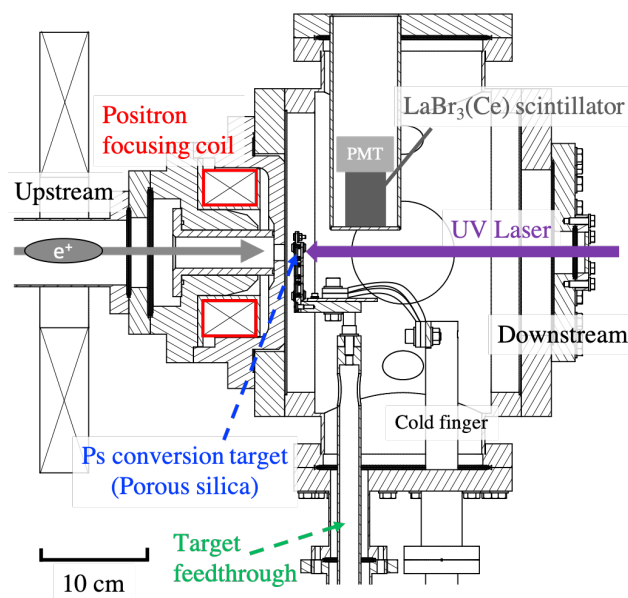


Figure 2 Cross sectional view of the chamber

射後に発生する崩壊ガンマ線を $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ シンチレータで検出することにより、Ps が生成、冷却されたことを確認する。なお、Ps 生成ターゲットを冷却することでも、取り出される Ps の温度を下げるができる。これまでの実験により、Ps 生成の確認、紫外レーザー照射による Ps の Lyman- α 遷移の観測に成功している。

3. ポーラスシリカターゲット中に閉じ込められた Ps の生成

Ps 冷却のために最適化したレーザー光源を開発していることを紹介したが、陽電子に電子を供給し Ps を生成するためのターゲットにも工夫が必要である。前述の通り Ps は 300 K で平均速さ 80 $\mu\text{m}/\text{ns}$ という高速で運動するため、空間的に閉じ込めなければ、冷却に必要な 300 ns の間にレーザー光の照射された数 mm の領域から逃げてしまう。我々は、ナノ空孔に Ps を生成し閉じ込めるポーラスシリカターゲットを開発し、SPF にて Ps 生成試験を実

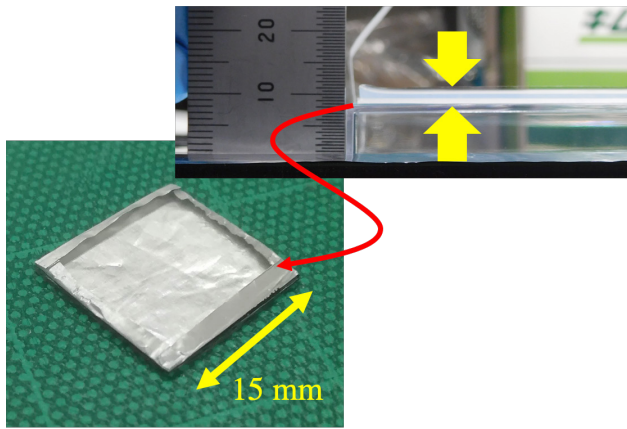


Figure 3 Right top: Silica aerogel seen from its side. Rayleigh scattering makes it looked in pale blue color. Thickness at the edge becomes larger due to tension during the production. Left bottom: Aerogel cut for mounting. The top surface is capped with non-porous silica film. An aluminum foil is surrounding the gel just for easy handling.

施, 閉じ込められた Ps の生成を確認した。このターゲットは、アモルファス酸化ケイ素 (SiO_2 , シリカ) で構成された多孔質の表面に, Ps 放出を防ぐ緻密膜を形成したものである。多孔質材料として, Fig. 3 に示す厚さ $500 \mu\text{m}$, 密度 0.1 g/cm^3 のシリカエアロゲルを用いた。空孔径はおおよそ 50 nm , 空隙率は 95% 以上と, ナノ空孔を多数持つ非常に疎な材料である。緻密膜の厚さは 75 nm であり, テトラエトキシシラン (TEOS) と酸素との混合気体を用いたプラズマ化学気相成長 (CVD) によりシリカで形成した。緻密シリカ膜の側から陽電子を照射すると, 5 keV のエネルギーを持つ陽電子はエネルギーを失いながら緻密シリカ膜を貫通, 入射表面から数 μm の深さにて多孔質中を拡散する。拡散長も数 μm の距離である [9]。拡散の間, 入射した陽電子のうちおおよそ 5 割が電子をはぎとり, $o\text{-Ps}$ を形成する。Ps はシリカに対し負の親和性を持つ, すなわち, 真空中にいた方が低いエネルギーを持つため [10], 空孔中に放出された後は, 周りを覆うシリカのバルク中に戻ることはない。シリカエアロゲルの空孔は互いに連結した構造を持つため, Ps が拡散中に入射表面に達することもあるが, 緻密シリカ膜がフタとしてはたらき, 多孔質中から飛び出してしまうことを防ぐ。こうして Ps をナノ空孔に保持し, レーザー光照射領域に留めることができる。なお, シリカエアロゲルは紫外光をレイリー散乱してしまうが, $500 \mu\text{m}$ と薄くすることで, 使用する 243 nm の波長にて 8 割以上の透過率を確保している。このため, 陽電子照射面と反対面から紫外レーザーを照射しても, Ps まで光を十分透過させることができる。

期待通りの Ps 閉じこめ効果は Ps の崩壊寿命を測定して確認した。Ps がシリカに囲まれた空孔中に存在する場合, Ps 中の陽電子とシリカ表面にある電子との間に対消滅が発生し, 寿命が短くなる。この消滅現象は Pick-off 消滅と呼ばれる。空孔が小さいほど Pick-off 消滅率が大きくなる

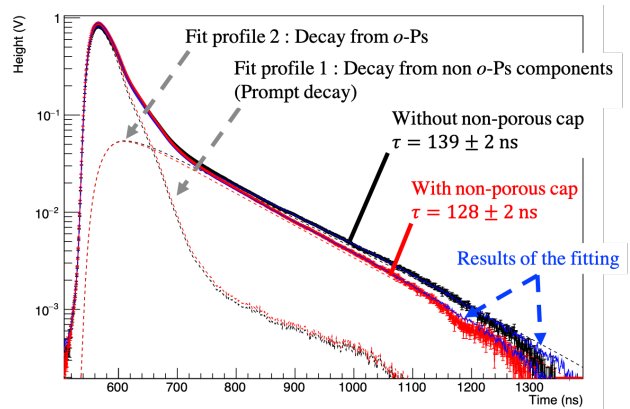


Figure 4 Output waveforms of PMT by detecting decaying gamma rays. Averaged waveforms with around 30,000 shots are drawn. Each result of the fitting is a sum of the corresponding fit profile 1 and fit profile 2.

ため, Ps の寿命からそれを閉じ込めている空間のサイズが分かる [11, 12]。Fig. 4 に, **SPF-B1** ビームラインにて短パルス陽電子を緻密シリカ膜の有無が異なる 2 種類のポーラスシリカターゲットに照射して得られた PMT 出力波形平均を示す。これらの波形から Ps 崩壊寿命を求める。シンチレータが検出する崩壊ガンマ線には, $o\text{-Ps}$ が崩壊した成分に加え, $o\text{-Ps}$ を形成せず照射後 1 ns 足らずで崩壊する成分 (Prompt 崩壊と呼ばれる) が含まれる。まず, ターゲットとして Ps を形成しないことが知られるカプトンを用いることで, Prompt 崩壊によって得られる波形を取得した。Fig. 4 中の Fit profile 1 は, こうして得られた波形をスケールしたものであり, 陽電子ビームの時間構造とシンチレータの応答とが畳みこまれたものとなる。 $o\text{-Ps}$ からの崩壊ガンマ線波形は, Fit profile 1 と指数関数を畳みこんだものと推定する (Fig. 4 中の Fit profile 2)。2 成分の強度と Ps 寿命をフリーパラメータとし, シリカターゲット波形をフィッティングすることで, Ps 寿命を計算する。膜有りの場合, 寿命値として $128 \pm 2 \text{ ns}$ が得られ, 空孔径と Ps 寿命の関係から空孔径がおおよそ 50 nm だと分かる。一方, 膜無しの場合, 寿命値は $139 \pm 2 \text{ ns}$ であり, 真空中の Ps 寿命と無矛盾である。これらにより, 製作した緻密膜付きポーラスシリカターゲットを用いることで空間的に閉じ込められた Ps の生成に成功したことを確認できた。

4. 今後の展望

レーザー冷却実現に向けた次のステップは, 閉じ込められた Ps の Lyman- α 遷移共鳴幅と消滅率を測定し計算と比較し, レーザー冷却が有効かどうかの検証を行なうことである。原子の運動が制限された場合, 実効的なドップラー効果の大きさが小さくなる [13]。今回用いた 50 nm の空孔に閉じこめたときのドップラー効果の大きさが, 計算通りレーザー冷却が有効な範囲内にとどまるか, 確かめる必要がある。また, Ps をシリカ空孔中で Lyman- α 遷移させると消滅率が大きくなる現象も報告されている [14]。製法・

空孔径が異なる我々のターゲットでも同様の現象が起こるかどうかが、検証する。Fig. 1, 2 に示した通り、紫外レーザーを照射するシステムは既に構築しており、市販の光パラメトリック共振器レーザーを用いた Lyman- α 遷移観測実験を行った。共鳴中心波長である 243 nm 付近で Lyman- α 遷移が起こったことを確認しており、現在共鳴幅や消滅率を求めるため結果を精査している。結果として閉じ込めによる効果が強すぎるということが分かった場合、空孔径の大きいターゲットに変更するなどの対策をとる。その後、東大で開発している Ps 冷却用レーザーを KEK へ輸送、設置する計画であり、Ps レーザー冷却の早期実現を目指している。

5. まとめ

低温 Ps を用いることで物質反物質非対称性探索の高度化などを目的し、Ps のレーザー冷却実現に取り組んでいる。Ps 冷却を可能とするパルスレーザー光源、Ps 生成・閉じ込めターゲットの開発を進めており、短パルス陽電子の得られる KEK SPF-B1 ビームラインにて実験を行っている。ターゲットとしてポーラスシリカターゲットを製作し、Ps がナノ空孔に閉じ込められたことを確認した。今後、閉じ込めが Lyman- α 遷移にもたらす効果の検証、冷却用レーザー光源の開発、設置を進めるなど、早期の Ps レーザー冷却実現に向け研究を加速していく。また、本研究は共同利用実験課題 (2017P009, 2018G100) によって行われた。実験遂行にご協力いただいた皆様に感謝いたします。

引用文献

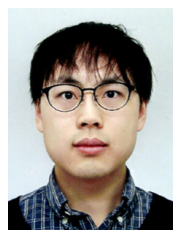
- [1] S. G. Karshenboim, Phys. Rep. **422**, 1 (2005).
- [2] M. S. Fee, S. Chu, A. P. Mills, R. J. Chichester, D. M. Zuckerman, E. D. Shaw, and K. Danzmann, Phys. Rev. A **48**, 192 (1993).
- [3] P. Crivelli, D. A. Cooke and S. Friedreich, Int. J. Mod. Phys.: Conf. Series **30**, 1460257 (2014).
- [4] P. M. Platzman and A. P. Mills, Phys. Rev. B **49**, 454 (1994).
- [5] K. Shu, X. Fan, T. Yamazaki, T. Namba, S. Asai, K. Yoshioka, and M. Kuwata-Gonokami, J. Phys. B **49**, 104001 (2016).
- [6] D. B. Cassidy and A. P. Mills, physica status solidi (c) **4**, 3419 (2007).
- [7] H. K. Avetissian, A. K. Avetissian, and G. F. Mkrtchian, Phys. Rev. Lett. **113**, 023904 (2014).
- [8] K. Shu, T. Murayoshi, X. Fan, A. Ishida, T. Yamazaki, T. Namba, S. Asai, K. Yoshioka, M. Kuwata-Gonokami, N. Oshima, B. E. O'Rourke, and R. Suzuki, J. Phys.: Conf. Series **791**, 012007 (2017).
- [9] K. Ito and Y. Kobayashi, Materials Science Forum **445-446**, 307 (2004).
- [10] Y. Nagashima, Y. Morinaka, T. Kurihara, Y. Nagai, T. Hyodo, T. Shidara, and K. Nakahara, Phys. Rev. B **58**, 12676 (1998).

- [11] T. L. Dull, W. E. Frieze, D. W. Gidley, J. N. Sun, and A. F. Yee, J. Phys. Chem. B **105**, 4657 (2001).
- [12] K. Wada and T. Hyodo, J. Phys.: Conf. Series **443**, 012003 (2013).
- [13] D. B. Cassidy, M.W. J. Bromley, L. C. Cota, T. H. Hisakado, H.W. K. Tom, and A. P. Mills, Jr., Phys. Rev. Lett. **106**, 023401 (2011).
- [14] B. S. Cooper, J.-P. Boilot, C. Corbel, F. Guillemot, L. Gurung, L. Liskay, and D. B. Cassidy, Phys. Rev. B **97**, 205302 (2018).

(原稿受付日：2019年6月22日)

著者紹介

周健治 Kenji SHU



東京大学大学院理学系研究科

博士課程3年

〒113-0033 東京都文京区本郷

TEL: 03-3815-8384

FAX: 03-3814-8806

e-mail: kshu@icepp.s.u-tokyo.ac.jp

最近の研究：ポジトロニウムのレーザー

冷却。

コバルト水分解触媒上での吸着アニオン挙動と触媒活性との相関

山田寛太¹, 樋上智貴², 近藤寛², 酒多喜久¹, 吉田真明^{1,3}¹ 山口大学大学院創成科学研究科化学系専攻, ² 慶應義塾大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻,³ 山口大学ブルーエネルギーセンター (BEST)

Correlation between Adsorbing Anion's Behavior on the Cobalt Catalyst and Catalytic Activity

Kanta YAMADA¹, Tomoki HIUE², Hiroshi KONDOH², Yoshihisa SAKATA¹, Masaaki YOSHIDA^{1,3}¹ Graduate School of Science and Technology for Innovation, Yamaguchi University² Graduate School of Science and Technology, Keio University³ Blue Energy center for SGE Technology (BEST), Yamaguchi University

Abstract

循環型社会の実現に向け、再生可能エネルギーや夜間の余剰電力を用いた水の電気分解による水素の製造に注目が集まっている。しかしながら、水の電気分解反応では酸素生成極上での過電圧が大きく、水分解反応全体の効率を下げていることが問題となっている。そこで本研究では、酸素生成触媒表面での反応機構の解明を目指し、吸着アニオン種と触媒活性との相関をオペランド観測によって調べた。本稿ではその結果について紹介する。

1. はじめに

近年、世界各国では循環型社会の構築に向け、化石燃料に依存しないエネルギーが求められている。そのような中、化石燃料の代替エネルギーとして「水素」に大きな注目が集まっている。水素は燃焼時に二酸化炭素や窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x) を一切発生させないため、大気汚染をはじめとした環境問題の解決が可能である。しかし、現在の水素製造はナフサの分解などに代表される化石資源に由来した製造が主であり、水素製造時に大量の二酸化炭素が発生している。そのため、循環型で再生可能な水素製造法の確立が喫緊の課題となっている。

そのような状況の中、太陽光発電や風力発電に代表される再生可能エネルギーや夜間に発生した余剰電力を用い、水を電気分解することにより水素を得る手法が大きな注目を集めている。この方法だと実質的に追加の二酸化炭素や NO_x, SO_x を発生させず、循環型で再生可能な水素を製造することが可能である。また、水の電気分解による水素製造では原料として必要なものが水だけであり、海水や河川水などを活用できることから地政学的な懸念が極めて低いエネルギーとなることも特徴である。

水の電気分解反応では、水素生成反応と酸素生成反応が各電極上で同時に進行するが、酸素生成反応の過電圧が極めて大きく、反応全体の効率を下げていることが大きな問題となっている。そのような中、リン酸カリウム水溶液中で電析させたコバルト酸化物 (リン酸コバルト: CoP₂) が酸素生成過電圧を劇的に低下させることが報告された [1-

3]。また同様にホウ酸カリウム中で電析させたコバルト酸化物 (ホウ酸コバルト: CoB₃) [4,5] や炭酸カリウム中で電析させたコバルト酸化物 (炭酸コバルト: CoC₃) [6], ホウ酸カリウム中で電析させたニッケル酸化物 (ホウ酸ニッケル: NiB₃) [7], リン酸カリウム中で電析させたニッケル酸化物 (リン酸ニッケル: NiP₂) にグリシンなどの有機分子を添加させた有機分子添加 NiP₂ [8] をはじめとした様々な電解質・金属種の組み合わせによる水分解酸素生成触媒が世界中で開発されている。これらの触媒が電極表面で CoO₆ や NiO₆ などのナノクラスター構造をとっていることが X 線吸収微細構造法 (X-ray Absorption Fine Structure: XAFS) や X 線 2 体相関分布関数 (Pair Distribution Function: PDF) 解析から明らかとなっている [9-13]。

しかしながら、多くの水分解酸素生成触媒の開発が報告されている一方、その反応機構や関与している原子・アニオン種の挙動を分光法にてとらえた例は少なく、未だ多くの触媒で反応機構が解明されていない。そのような中、当グループでは水分解酸素生成触媒上での反応機構の解明を目指し、様々な分光法を駆使した研究を行うことにより触媒上の吸着アニオンが触媒に吸着し、反応機構に関与していることなどを確かめている [14,15]。そこで本研究では、硫酸カリウム溶液中で電析したコバルト酸化物 (CoS₂) 触媒について、硫酸イオンやリン酸イオンが相互作用する様子をオペランド XAFS や全反射型赤外分光法 (Attenuated Total Reflection - Infrared spectroscopy: ATR-IR) などで観測し、吸着アニオン種と触媒活性との相関を調べた。

2. 実験

本研究における各種電気化学実験は溶液の連続交換が可能な三電極 (Counter Electrode : CE, Reference Electrode : RE, Working Electrode : WE) 式のテフロン製フローセルにおいて実施した。CE には白金線, RE には銀/塩化銀(Ag/AgCl) 電極, WE には Au 薄膜 (XAFS) や Pt 薄膜 (ATR-IR) を用いた。まず, Co^{2+} イオンを含む硫酸カリウム (KS_i) 溶液を用いて CoS_i 触媒を 1.0 V の電位において電析した。続いて, 電極電位を印加した状態のまま連続的に Co^{2+} イオンを含まない KS_i 溶液を流し, そのままさらに連続的にリン酸カリウム (KP_i) 溶液を流すことで, 各溶液中における酸素発生電流を見積もった。またこれらの各過程においてオペランド XAFS や ATR-IR を用いて分析し, 触媒内の金属や吸着アニオンの変化を観測した。

Co-K 端, S-K 端, P-K 端のオペランド XAFS 測定は, 高エネルギー加速器研究機構フotonファクトリー (KEK-PF) の XAFS 実験ステーション BL-9A を用いて実施した。BL-9A は Si(111) による二結晶モノクロメーターを用いた平行単色 X 線ビームを作り出せるビームラインであり, 硬 X 線を用いた Co-K 端 XAFS だけでなく, ヘリウム雰囲気下で tender X 線を用いた S-K 端や P-K 端 XAFS を観測することが可能である。本研究では, 自作のヘリウム雰囲気チャンバー内に電気化学セルを配置することで, オペランド条件下での XAFS 測定を行った。さらに, BL-16A において自作の真空チャンバーを用いて軟 X 線を導くことにより, オペランド O-K 端 XAFS 測定を行った。

3. 結果及び考察

3-1. 触媒電析と電気化学活性試験

CoS_i 触媒電析時における電析電流及び連続的に溶液を交換したときにおける酸素発生電流を Fig. 1 に示す。図線が連続的に測定した電流値であり, 2 h 以前が Co^{2+} イオンを含む CoS_i の電析時, 2 ~ 2.5 h が Co^{2+} イオンを含まない KS_i 溶液での電気化学活性試験時, 2.5 h 以降が Co^{2+} イオンを含まない KP_i 溶液での電気化学活性試験時を示してい

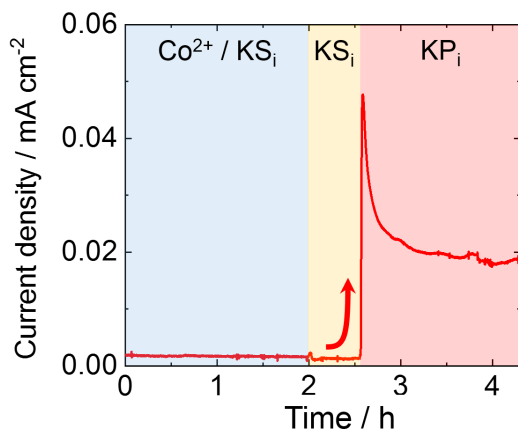


Figure 1 Current-time curve for oxygen evolution reaction by constant potential measurement in KS_i with Co^{2+} (0 ~ 2 h), KS_i (2 ~ 2.5 h) and KP_i (2.5 ~ 4.25 h) aqueous solutions.

る。触媒電析時には触媒電析に起因する電流と酸素発生に起因する電流の双方を観測しているため, 電析させた後に Co^{2+} イオンを含まない溶液に切り替えることにより, 真の酸素発生電流を計測することができる。今回電析させた CoS_i は Co^{2+} イオンを含まない KS_i 溶液において, 極めて微弱な電流値の観測しかないので酸素生成活性をほとんど示さないことが明らかとなった。その後連続的かつ短時間のうちに溶液を KS_i から KP_i に交換したところ, 一度電流値が 0.05 mA 程度まで急上昇を示した後に徐々に低下していき, およそ 0.02 mA 程度で一定値を示すようになった。ここで溶液交換直後に見られる電流値の急激な上昇は電気二重層の形成 [16] に起因するものであり, 安定的な値を示すようになった 0.02 mA 程度が酸素発生電流である。 KS_i 溶液から KP_i 溶液に溶液交換を行ったことで電流値が急激な上昇を示したことから, 今回電析させた CoS_i 触媒は KP_i 溶液中で高効率酸素生成触媒として機能したことが明らかになった。

3-2. オペランド XAFS による CoS_i の観測

KS_i 溶液中における CoS_i 触媒内の Co を調べるため, オペランド電気化学 Co-K 端 XAFS スペクトルを測定した。まず, X 線吸収端近傍構造 (X-ray Absorption Near Edge Structure : XANES) スペクトルに着目し, CoOOH , Co_3O_4 , CoO , $\text{Co}(\text{OH})_2$ といったリファレンス粉末と比較することで, 1.0 V の時に Co 価数を 2.7 価, 0.5 V の時に 2.5 価と見積もった。続いて, CoS_i のオペランド Co-K 端広域 X 線吸収微細構造 (Extended X-ray Absorption Fine Structure : EXAFS) スペクトルから, Co の局所構造は CoO_6 (CoOOH) 構造を有することが明らかとなった (Fig. 2)。また, CoS_i の Co-Co ピークが CoOOH 粉末試料よりも小さいことから, CoS_i 触媒内の CoO_6 構造は数 nm のクラスターとして存在していることが示唆された。

続いて, CoS_i 触媒のオペランド S-K 端 XAFS 測定を行った。その結果, CoS_i 触媒の測定でも K_2SO_4 粉末と似たような XANES スペクトルが得られ (Fig. 3), CoS_i 触媒内

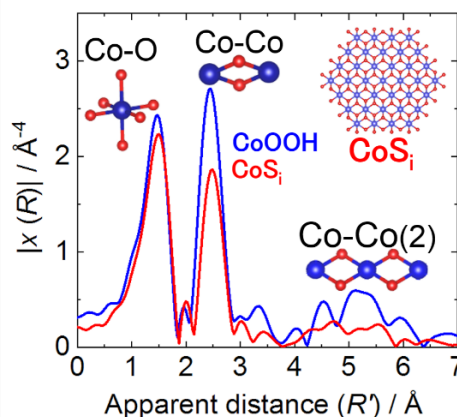


Figure 2 Fourier transforms of operando Co K-edge EXAFS spectra for CoS_i catalyst in KS_i aqueous solution (red line) and CoOOH powder reference.

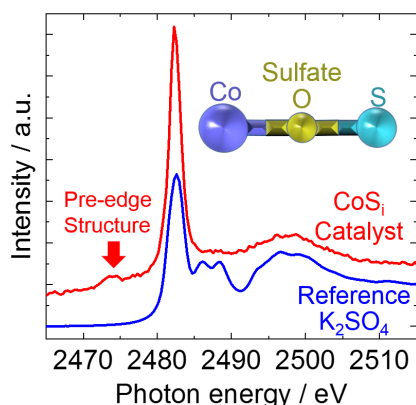


Figure 3 Operando S K-edge XANES spectra for CoS_i catalyst at 1.0 V and K₂SO₄ powder reference.

に硫酸基が存在することが分かった。さらに、CoS_i 触媒のスペクトルにはプレエッジピークが観測されたことから、S 3p・Co 3d・O 2p の軌道が混成するとプレエッジ構造が観測されるという既報 [17] を参考にして、今回電析した CoS_i 触媒内の CoO_x クラスターに硫酸イオンが吸着しているものと結論付けた。

3-3. ATR-IR による CoS_i 触媒のオペランド観測

CoS_i 触媒電析時における ATR-IR の結果を Fig. 4 に示す。20 min ごとに測定した IR スペクトルのうち 850 cm⁻¹ より短波長側 (図中赤色部) に時間経過とともにスペクトルの伸長が見られる。これは Co-O の伸縮振動に起因するものである [18]。またおよそ 950 cm⁻¹ から 1100 cm⁻¹ 付近のピーク (図中青色部) の伸長が見られたがこれは硫酸イオンの伸縮振動に起因するものである [19]。このことから時間経過とともに CoS_i の電析が進行し、そのコバルト酸化物層に吸着した硫酸イオンの量が増加したことが明らかとなった。電析後に、連続的に溶液を KS_i から KP_i に交換した時の IR スペクトルを示す (Inset in Fig. 4)。KP_i 溶液に交換した後に、リン酸イオンに起因する [20] シャープなス

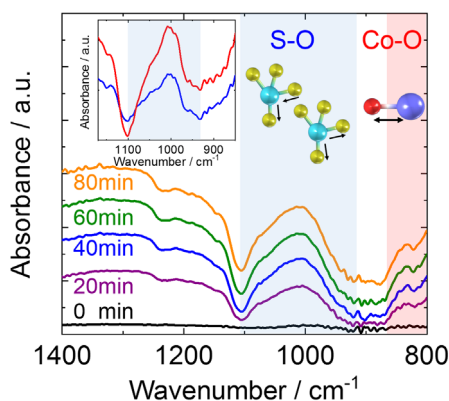


Figure 4 ATR-IR spectra during electrodeposition of CoS_i catalyst at 0 min (black line), 20 min (violet line), 40 min (blue line), 60 min (green line), 80min (orange line). Inset shows ATR-IR spectra before and after changing from KS_i (blue line) to KP_i (red line) aqueous solution.

ペクトルの伸長が見られたため、リン酸イオンのほうが硫酸イオンよりも吸着力が強いことが推測される。この結果より、溶液を KS_i から KP_i へ交換することでコバルト酸化物層に吸着していた硫酸イオンがリン酸イオンへ交換している可能性が示唆された。

3-4. KP_i 溶液における水分解触媒の高活性化

CoS_i 触媒が KP_i 溶液中で高活性化した原因を探るため、同種の材料である KP_i 中で電析した CoP_i 触媒のオペランド O-K 端及び P-K 端 XAFS 測定を実施した。その結果、リン酸イオンがコバルト触媒上に吸着することで、活性種である CoO₂ 構造が生成され、高い水分解活性を示すことが明らかになった。そのため、KS_i から KP_i 溶液に移した際に CoS_i 触媒が高活性化したのは、リン酸イオンが CoS_i 触媒に吸着し、活性点である CoO₂ 構造を生成したためだと考えられる。今後は、各種元素に対する更なる XAFS 測定を実施することにより、触媒活性と吸着アニオンの関連性をより詳細に調べていくことを計画している。

4. 総括

本研究は、水分解活性をほとんど示さない CoS_i を電析させた後に、KS_i、KP_i へと連続的かつ短時間のうちに溶液交換を行い、その時の触媒活性を測定するとともにオペランド XAFS や ATR-IR を活用することにより触媒構造や吸着アニオン種を直接観測したものである。その結果、コバルト上に吸着した硫酸イオンがリン酸イオンへと交換されることで、活性種である CoO₂ 構造が形成され、高い水分解活性を示すことが分かった。

5. 謝辞

本研究における XAFS 測定は PF 共同利用実験課題 (No.2016G647, 2017G529, 2018G589) にて行われました。また、本グループの研究を進めるにあたり、物質構造科学研究所の雨宮健太教授、阿部仁准教授、仁谷浩明助教、丹羽尉博技師に大変お世話になりました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

引用文献

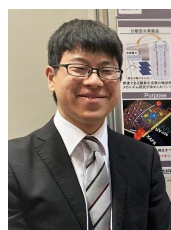
- [1] M. W. Kanan, and D. G. Nocera, *Science*, **321**, 1072 (2008).
- [2] D. K. Bediako, C. Costentin, E. C. Jones, D. G. Nocera, and J.-M. Savéant, *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 10492 (2013).
- [3] K. Klingan, F. Ringleb, I. Zaharieva, J. Heidkamp, P. Chernev, D. Gonzalez-Flores, M. Risch, A. Fischer, and H. Dau, *ChemSusChem*, **7**, 1301 (2014).
- [4] Y. Surendranath, M. Dincă, and D. G. Nocera, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 2615 (2009).
- [5] A. J. Esswein, Y. Surendranath, S. Y. Reece, and D. G. Nocera, *Energy Environ. Sci.*, **4**, 499 (2011).
- [6] K. S. Joya, K. Takanabe, and H. J. M. de Groot, *Adv. Energy Mater.*, **4**, 1400252 (2014).

- [7] M. Dincă, Y. Surendranath, and D. G. Nocera, *PNAS*, **107**, 10337 (2010).
- [8] D. Wang, G. Ghirlanda, and J. P. Allen, *J. Am. Chem. Soc.*, **136**, 10198 (2014).
- [9] M. W. Kanan, J. Yano, Y. Surendranath, M. Dincă, V. K. Yachandra, and D. G. Nocera, *J. Am. Chem. Soc.*, **132**, 13692 (2010).
- [10] G. Kwon, O. Kokhan, A. Han, K. W. Chapman, P. J. Chupas, P. Dub, and D. M. Tiede, *Acta Cryst.*, **B71**, 713 (2015).
- [11] P. Du, O. Kokhan, K. W. Chapman, P. J. Chupas, and D. M. Tiede, *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 11096 (2012).
- [12] C. L. Farrow, D. K. Bediako, Y. Surendranath, D. G. Nocera, and S. J. L. Billinge, *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 6403 (2013).
- [13] M. Risch, K. Klingan, F. Ringleb, P. Chernev, I. Zaharieva, A. Fischer, and H. Dau, *ChemSusChem*, **5**, 542 (2012).
- [14] M. Yoshida, T. Mineo, Y. Mitsutomi, F. Yamamoto, H. Kurosu, S. Takakusagi, K. Asakura, and H. Kondoh, *Chem. Lett.*, **45**, 277 (2016).
- [15] M. Yoshida, S. Onishi, Y. Mitsutomi, F. Yamamoto, M. Nagasaka, H. Yuzawa, N. Kosugi, and H. Kondoh, *J. Phys. Chem. C*, **121**, 255 (2017).
- [16] G. M. Torrie, and J. P. Valleau, *J. Chem. Phys.*, **73**, 5807 (1980).
- [17] N. Okude, M. Nagoshi, H. Noro, Y. Baba, H. Yamamoto, and T.A. Sasaki, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **101-103**, 607 (1999).
- [18] Y. Liu and D. G. Nocera, *J. Phys. Chem. C*, **118**, 17060 (2014).
- [19] Z. Hu, Y. Xie, Y. Wang, L. Xie, G. Fu, X. Jin, Z. Zhang, Y. Yang, and H. Wu, *J. Phys. Chem. C*, **113**, 12502 (2009).
- [20] E. D. Dzyuba, L. N. Shchegrov, and V. V. Pechkovskii, *Žurnal prikladnoj spektroskopii*, **14**, 440 (1971).

(原稿受付日：2019年6月24日)

著者紹介

山田寛太 Kanta YAMADA



山口大学大学院創成科学研究科 化学系
専攻物質化学コース 固液界面化学吉田
研究室 博士前期課程1年

〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目
16-1

TEL: 0836-85-9680

e-mail: b067vf@yamaguchi-u.ac.jp

略歴：2017年8月第11回サマーチャレンジ物質生命コース参加（M03班）、2019年3月山口大学工学部応用化学科卒業、同年4月山口大学大学院創成科学研究科化学系専攻物質化学コース博士前期課程入学。

最近の研究：XAFS・IR・UV等を用いた水電気分解酸素生成触媒の全元素オペランド観測。

趣味：旅客機。好きな機種はBoeing787-9。

樋上智貴 Tomoki HIUE

慶應義塾大学大学院理工学研究科 修士課程修了

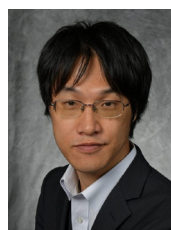
近藤寛 Hiroshi KONDOH 博士（理学）

慶應義塾大学理工学部 教授

酒多喜久 Yoshihisa SAKATA 博士（理学）

山口大学大学院創成科学研究科 教授

吉田真明 Masaaki YOSHIDA 博士（工学）



山口大学大学院創成科学研究科 テニユ
アトラック准教授

〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目
16-1

TEL: 0836-85-9680

e-mail: yoshida3@yamaguchi-u.ac.jp

略歴：2010年3月東京大学大学院工学系研究科博士課程修了 博士（工学）、同年4月慶應義塾大学理工学部化学科 助教、2014年4月北海道大学触媒科学研究所 共同研究フェロー兼任、2018年3月山口大学工学部応用化学科 テニユアトラック准教授、同年7月山口大学ブルーエネルギーセンター（BEST）兼任。

衝撃破壊の瞬間、材料に何が起るのか ～パルスX線の応用でナノ秒間に起る現象の目撃に成功～

2019年5月23日
高エネルギー加速器研究機構
自治医科大学
熊本大学
東京工業大学
筑波大学

■本研究成果のポイント

- ・ 衝撃破壊にともなう金属組織の微細化をパルス状の硬X線により直接捉えることに成功
- ・ 衝撃波進展にともなう金属組織のマイクロメートルサイズからナノメートルサイズへの変化を定量的に解析

■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，熊本大学パルスパワー科学研究所，東京工業大学科学技術創成研究院 フロンティア材料研究所，テクニコン-イスラエル工科大学，筑波大学の研究グループは，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）を用いて，金属内に伝搬する衝撃波によってナノ秒（1ナノ秒＝10億分の1秒）の間に進行する金属組織の微細化を直接観測することに成功しました。

本成果は5月20日，科学雑誌 Scientific Reports オンライン版に掲載されました。

■背景

形あるものは必ず壊れる。これは自然の摂理ですが，最も短い時間で起る破壊が衝撃波による衝撃破壊です。衝撃波は，高速衝突・爆発・火山噴火・雷・隕石・超音速飛行中の飛行機などによって発生することが知られていて，特に高圧の衝撃波は1キロメートル毎秒以上の高速で物質に伝搬し，材料内部を不均一に後戻りできない状態に破壊します。

現代社会で安全な生活を送るためには衝撃破壊の正確な計測が必要となります。しかし，衝撃波は音速で伝搬するため，破壊は一瞬のうちに起き，不均一かつ非常に複雑です。衝撃波内の破壊現象についての評価は難しく，衝撃破壊前と後の物質を見比べて想像するしかありませんでした（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190523.pdf> をご覧ください）。

KEK 公開講座「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」開催報告

深堀協子（物構研 広報室）

6月29日（土）KEK つくばキャンパス小林ホールにて、KEK 公開講座「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」が開催されました。あいにくの梅雨空でしたが130名以上の方が集まり、KEK 物構研 構造生物学研究センター（SBRC）の2名の講師による講演に耳を傾けました。

「生き物の『部品の形』と『働く仕組み』」

千田俊哉（SBRC センター長・教授）

1953年にワトソンとクリックがDNAの二重らせん構造を発見し、20種のアミノ酸の配列、つまりタンパク質の設計図こそが遺伝情報だったことが分かりました。アミノ酸の配列が違えば違うタンパク質となり、違う性質と機能を持ちます。タンパク質は細胞社会の要であり様々な働きを持っていますが、それぞれのタンパク質が分子としてできることは、大きく3つあります。

結合する：形がはまる。あるべき場所に存在する

動く：スライドしたり、構造変化を起こしたりする

触媒する：正しい位置に配置されると化学反応が起きるつまり、かたちが重要で、タンパク質の機能を知るにはかたちを知る必要があります。そこで、SBRCでは、タンパク質を結晶にし、強いX線（フォトンファクトリーの放射光）をあてて得られる像を解析して、分子の立体構造を調べています。

タンパク質の結晶構造解析の実例を挙げましょう。人の胃に棲みつくピロリ菌が作るタンパク質のかたちを明らかにしたら、なぜ東アジアに胃がんが多いか説明することができました。東アジアのピロリ菌が作るタンパク質は、欧米のそれと異なり、ヒトのタンパク質にぴったりはまり込んで外れにくいかたちをしていたことが分かったのです。

「クライオ電子顕微鏡で生体分子の形を明らかにする」

安達成彦（SBRC 特別助教）

タンパク質分子1つができることはそんなに複雑ではないので、タンパク質は集まって複合体で働きます。しかし、複合体は構造が複雑で結晶になりにくい、つまりX線で調べることは難しいのです。そこで、タンパク質が溶けた水溶液を凍結させて見るクライオ電子顕微鏡（クライオ電顕）という技術が開発されました。開発に至るまでには、長年にわたる科学者たちの創意工夫があり、2017年、その功労者3名にノーベル化学賞が授与されました。クライオ電顕では、様々な向きのタンパク質の写真を数多く撮って、似たものを分類し解析することで、タンパク質のかたちを



図1 千田俊哉センター長による講演の様子



図2 安達成彦特別助教による講演の様子

明らかにします。

2017年、SBRCへのクライオ電顕導入が決定し、翌年3月に搬入と組み立てが行われ、4月には運転が開始されました。クライオ電顕が導入されてよかったことは、タンパク質の結晶を作るといった難問を解かなくてもタンパク質のかたちを知ることができるようになったことです。詳細な構造を知るといった点ではX線にはかないませんが、クライオ電顕で見ることができるタンパク質のサイズはだんだん小さくなっていて、クライオ電顕の普及により構造生物学研究は大いに発展するでしょう。

会場からは「結晶化したタンパク質と実際に動いているタンパク質では違うのでは？」「タンパク質が結晶化する条件を見つけることは難しいというお話がありましたが、タンパク質の精製も難しいのですか？」など多くの質問が寄せられ、講師はそれぞれに丁寧に回答していました。

2つの講演内容が互いに関連し合い、続けて聴くことで理解が深まる講演会でした。

物構研トピックス『KEK 公開講座「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」を開催』

<https://www2.kek.jp/imss/news/2019/topics/0701KEKkouza/>

PF 滞在記

構造生物学研究センターでの日々

東京大学大学院農学生命科学研究科
博士後期課程 降旗大岳

筑波大学を通り抜け、つくば市を南北に走る東大通りを10分程度、右手に筑波山を見ながら緩やかな長い坂道を上り、左側の「宇宙・物質・生命の謎を解く」と書かれた横断幕を通り過ぎると、金色の文字の高エネルギー加速器研究機構の看板が見えてくる。入り口のゲートで守衛さんと挨拶をして、ガラス張りの研究本館と展望台のある3号館の間を通り抜けて、正面にLinacを見ながら進むと、右手に構造生物学研究センターがある構造生物棟に到着する。構造生物学研究センターは高エネルギー加速器研究機構の中で生命科学の研究活動を中心に行っている。筆者はこの構造生物学研究センターで総研大生として博士課程の最初の2年間を、タンパク質の結晶構造解析を中心に学んだ。この滞在記では、構造生物学研究センターでの日々を書いていきたいと思う。

一年目の最初の頃は、研究をするために基本となる分子生物学や、より専門的な構造生物学について、教科書を先生と読み進めていった。筆者は大学院から本格的に生命科学に取り組み始めたため、一つ一つの概念や現象を理解していくことに時間がかかり、準備をして授業に臨むと先生方がすらすらとその内容を話すのに驚いていた。研究室のミーティングの発表内容も、どこから理解していけばいいのか見当がつかなかったが、質問などを中心に意識して聞くことを薦められ、毎回集中して聞いていた。その聞いていた発表や質問は、現在でも役に立っていて、参考にさせて頂いている。夏になると、学部3年生が主に参加するKEKサマーチャレンジにTAとして参加した。秋実習ではBL-6Aで小角散乱の実験をして単量体におけるアクチンと多量体におけるアクチンの構造の比較をした。参加している学部生の議論や考察、感想を聞いて、タンパク質の構造を考えることの面白さを再確認することができた。

研究テーマを決めて、そのテーマのタンパク質の発現・精製・結晶化を始めると、それまで見えてこなかった研究の一面が感じられ、実験を正確に行っていくことの重要さと難しさを痛感した。目的のタンパク質を大腸菌で発現させて、量を減らさずに純度を上げていく精製の過程は、目的のタンパク質の性質とどう向き合ったかの答えが示されていて、どのように精製をするのか考えていくことにも楽しさを感じていた。結晶化では、精製したタンパク質に対して、緩衝液や塩、沈殿剤の種類や濃度などを変えて、結晶化する条件を探す。どの種類をどの濃度で扱うのかは、

それまでの発表で聞いた成功例や同じテーマを持つ共同研究者の実験結果の話から候補を絞った。100種類程度の結晶化の溶液を調製し、何度か結晶化を試みて、最終的に類似のタンパク質の結晶化の条件を参考にすることで、目的のタンパク質の結晶が得られた。その結晶にBL-1AでX線を照射することで高分解能の回折データが得られ、タンパク質の構造を決定することができた。決定した構造から、そのタンパク質の機能に関わる新たな考え方が見出された。先生や研究室の方々とのミーティングや議論を通して、実験結果から導かれる結論とそれに基づく考え方の修正を行った。内容がまとまった頃に分子生物学会に参加することができ、初めてお会いした方でもポスター発表を最後まで聞かれる方もいて、それまでの日頃の研究生生活の大切さを痛感した。今回決定した構造の結果は学会のワークショップでも取り上げられ、一つの結果を他分野に広げて発展させていく場面を見ることができた。この学会は、筆者の考え方を認定研究レポート（修士論文に相当する）としてまとめていく更なるきっかけともなった。

学会後、認定研究の審査（修士課程の審査に相当する）に臨み、無事に修士号を取得することができた。またその内容を量子ビームサイエンスフェスタで「細胞内GTPセンサーの進化的解析に向けたナメクジウオPI5P4KのX線結晶構造解析」としてポスター発表を行い、学生奨励賞を頂いた（図1）。この賞は構造生物学研究センターでの日々により得られたものであり、構造生物学研究センターの皆様から多くの協力を頂いた結果である。研究は千田俊哉教授と加藤龍一准教授のご指導のもとで行われたものであり、特に原田彩佳研究員には丁寧なご指導を頂いた。構造生物学研究センターの皆様にご感謝申し上げます。その後、東京大学大学院農学生命科学研究科の博士後期課程に進学し、宮川拓也特任准教授のご指導のもとで、引き続きタンパク質の結晶構造解析に取り組んでいる。最後に、執筆の機会を頂いた編集委員の方々に感謝申し上げます。



図1 2019年度量子ビームサイエンスフェスタ奨励賞受賞式(2019年3月12日)での筆者(右から4番目)。

AR-NW10A, BL-9A を利用した鉱物顔料 アタカマイトの合成過程に関する研究

千葉大学大学院融合理工学府先進理化学専攻化学コース
博士前期課程 2年 林実貴子

今回、PF 滞在記を執筆させていただきます。林実貴子と申します。私は千葉大学大学院融合理工学府の環境分析化学研究室に所属し、沼子千弥准教授のご指導のもと、鉱物顔料であるアタカマイト (Atacamite, $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) の合成過程に関する研究を行っています。アタカマイトは塩基性塩化銅鉱物の3つの多形のうちの1つであり、アジア独特の緑と呼ばれたその鮮やかな色彩は、古来より多くの人々を魅了し、顔料として利用されてきました。

アタカマイトの合成には、銅イオンを含む水溶液にビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を滴下する滴下合成法を用います。これまで種々の条件で合成した生成物について、結晶性物質は、大学にて粉末X線回折法による鉱物相の同定を行っていました。しかし、溶液から沈殿生成の過程で生じた非晶質成分がどのような化学状態にあるのか、また、生成過程における多形の競合性については疑問が残ったままでした。そこで、滴下合成中の非晶質成分の化学状態を調べるために2018年5月19、20日と5月27、28日に、AR-NW10A, BL-9A でそれぞれ実験を行いました。短期間のうちにPF-AR とPF 両方を利用し、放射光実験デビューを飾るといった贅沢な経験をしましたので、本記事では、そのときの実験の様子を書きたいと思います。

私にとって初めての放射光実験で不安はありましたが、できる限りのことを精一杯やろうと決め、研究室の先輩の応援を受けてつくば市に向かって出発しました。渋滞もなく予定通り2時間程でつくば市に到着し、手続きを終わらせて、翌朝から利用するBL-NW10A の下見に行きました。ビームラインに着くと、千葉大学大学院融合理工学府の物理化学系研究室に所属している友人らが実験しており、「千葉大から千葉大へのビームライン引き継ぎですね！」と盛り上がりました。友人らにエールを送った後、宿舎に移動しました。夜は、翌日からご一緒する共同研究先の方々とお洒落なイタリアンのお店で夕食をとりました。先生方から赤ワインのたしなみ方を伝授されましたが、ワインの世界の奥深さを知るには、私の五感は未熟だったようです。

翌日の朝8時半、朝ご飯をしっかり食べて、いざPF-AR に向かいましたが、ビームダンプに遭遇、復旧までは休憩室で待機になってしまいました。しかしさほど待つことなく復旧し、強運の持ち主である沼子先生の力を間近で実感しました。

前述の通り、今回のビームタイムでの私の目的は滴下合成中に生じる非晶質成分の化学状態を調べることです。滴下合成と測定を並行して行うために、ビュレットやpHメーター等、滴下合成に必要な実験器具を施設内に持ち込み、

ビームラインに併設された実験室で合成を行いました。合成直後の沈殿試料をポリエチレンの袋に封入した後、急いでハッチに運び、透過モードで測定するというのが今回のルーティンでした。私が合成に集中している間は沼子先生が測定を担当してくださったのですが、24時間という限られたビームタイムの中では、先生の素早い測定に何度も助けられました。お昼過ぎから始めた合成実験も、気がついた頃には時計の針が午前3時を回っていました。私は昔から夜は早めに就寝し、睡眠時間もたっぷりとする方で、徹夜の経験もなかったのですが、あの時ばかりは滴下合成ハイになっていたのかもしれない。

幸運にも、翌週もビームタイムが割り振られておりましたので、再び合成に必要な実験器具一式を持ち、PF に向かいます。2週目はBL-9A を利用しました。基本的には先週と同様、私が合成し、沼子先生が測定するという役割分担で行いましたが、今回は私自身2回目ということもあり、1人だけで測定する時間も経験しました。失敗できないという緊張感の中、丁寧かつ素早く試料交換を行いながら、基本に忠実に測定を進めました。緊張感もありましたが、今私はこの大きな実験装置を1人で操作しているのだという快感もありました。

繰り返し測定をかけて、先生とお昼ご飯を食べに行きました。事前に、つくば市内にはご飯屋さんがたくさんあるとは聞いていたのですが、たしかに和食から中華、イタリアンからメキシカンまで様々なお店が軒を連ねており、とても驚きました。その中でも先生が学生の頃から利用していた美味しいと評判のつけ麺屋さん『丸長』で昼食をとることにしました。私はデフォルトのつけ麺(600円)を頼みました。麺はもちもちでつけ汁はピリッと辛く、あっさりした味付けでとても美味しかったです。最初は麺の量が多めに感じましたが、あっという間に完食してしまいました。つけ麺『丸長』おすすめです！

PFに戻り、実験を再開しました。実験のペースをつかみ、徐々に慣れていきましたが、いつビームダンプやトラブルが起こるかわからないので、油断せずに合成と測定を進めました。予定していた合成実験をすべて終えたのは、深夜2時頃だったと思います。このタイミングで私は一度宿舎に戻り、仮眠を取りました。再びビームラインに戻ったとき、早朝にビームダンプがあったと聞いて焦りましたが、無事にすべてのデータを取り終え、持ち帰ることができました。

初めての放射光実験は、右も左も上も下もわからない状況で、不安と楽しみが入り混じった気持ちでした。しかし放射光実験は誰もが経験できることではないですし、1時間程ではありましたが、1人だけで測定していた時間の緊張感と満足感は今でも鮮明に覚えています。今年5月のビームタイムには就職活動の関係で参加できず、測定をお願いする形になってしまいましたが、得られた測定データから1年の経時変化を見るのが楽しみです。放射光実験で得た結果と貴重な経験を、今後の研究生活に活かしていきたいと思います。

量子ビームサイエンスフェスタ学生奨励賞受賞に寄せて—PF とサマチャレと修士論文研究—

東京工業大学 理学院化学系化学コース
修士課程修了 江尻智一

此度、2018年度量子ビームサイエンスフェスタのポスター発表において学生奨励賞に選出していただきました。指導教員である東工大の北島昌史先生をはじめとした共同研究者と河内・北島研究室の皆様、PF BL-20Aを担当されている足立純一先生、並びに選出していただいた実行委員会の皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。

修士課程での研究は、電子と気体分子の衝突実験を、衝突エネルギーが100 meVを下回る超低エネルギー領域で行うというもので、PFで実験を行いました。電子衝突実験でなぜ放射光？と不思議に思われるかもしれませんが、北島研では、Arにそのイオン化ポテンシャルと等しいエネルギーの放射光を照射することで生成する、運動エネルギーがほぼゼロの光電子をビームに整形して実験しています。これは、電子源に一般に用いられる熱フィラメントでは超低エネルギー電子ビームの生成が極めて困難なためです。

では放射光を使えば実験は楽々なのかといえば全くそんなことはありません。実験を行ったBL-20Aでは、ユーザーが個々に所有する実験装置をビームタイムの度にビームラインに取り付け/取り外して実験します。BL-20Aは実験ホールの2階部分にあるため、実験装置をクレーンで吊り上げて2階部分に運ぶことから始まり、真空引きなどのセットアップをし、電子ビーム調整を行います。この一連の作業はビームタイム毎に必要で、実験ができるようになるまで最低でも4日はかかります。実験本番も、実験の特性上、PFリングがTop-Up運転でないとき正確なデータが取

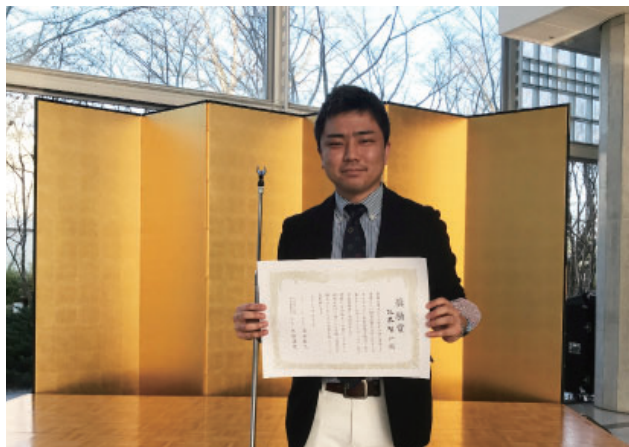


図1 量子ビームサイエンスフェスタ奨励賞の賞状を持つ筆者。都合により、授賞式は欠席となった。

れなかったり、1つの分子の測定にも長時間かかるなど、非常に大変でした。ビームタイムはどんなに短くても1週間、長いと1か月にも及びました。一番つらかったのは、アンモニアの測定をしていた際、ターボ分子ポンプが壊れたときです。1か月間のビームタイムの終盤で疲れていたため、本当にやる気がなくなりました(笑)一方で、その後のビームタイムで無事データが取れたときは嬉しかったです。

PFでの缶詰め実験生活を送っていると、一緒に実験している人以外の人と会う機会がほぼなくなります。そのような環境の中で私が恵まれていたのは、サマチャレで知り合った人とPFでたまに会えることでした。私は学部3年次に第9回のサマチャレに参加しました。物質・生命コースの演習で特にお世話になった、慶應義塾大学の近藤寛先生と吉田真明先生(現・山口大学)や当時私の演習班のTAをしてくださった方に会って話をするのがささやかな楽しみでした。今回の受賞で、サマチャレでお世話になった方々に私の成長した姿を少しでも見せることができたと感じております。

サマチャレは学生時代に最も楽しかったと言っても過言ではないですね。PFという巨大な施設で実験する初めての機会、実験することは勿論楽しかったですが、様々な人と出会えた点も非常に良かったです。素核コースか物生コースかに関係なく多くの友人ができました。サマチャレ後は、料理が得意な素核コースの友人の家にサマチャレのみんなで集まり、その友人の作る手料理を食べたり持ち寄ったお酒を飲む会を定期的に開いていました。今でもサマチャレ時代の友人たちとお酒を飲みに行ったりしています。

第11回のサマチャレでは物生コースの演習TAを担当しました。TAの仕事は事前準備が中々大変で、自分が学生の立場でのほほんと参加したとき、裏ではTAや先生方が大変な下準備を沢山されていたことを思い知りました。私が学生として参加した際の先生方やTAの皆様には頭が下がる思いです。TAの仕事は大変でしたが、演習で担当した学生が1年後にPFに研究のために実験しに来ていたのを見たときは少し報われた気分になりました。

現在は、某精密機械メーカーで、主力製品の心臓部に用いる金属材料の研究開発に携わっています。大学院までとは全く異なる分野なので勉強すべきことが沢山あり大変ですが、充実した日々を送っています。これまでの経験のお陰で、金属の加工や分析に真空やX線などを用いることに抵抗なく着手できたことはとても良かったです。一方で、加速器のような超巨大設備にお目にかかることはなくなり、今になってPFで実験したという経験は本当に貴重だったのだなとひしひしと感じています。PFでの経験を今後の仕事にも活かしていければと思う今日この頃です。

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。

2019年5月～7月に紹介されたPF トピックス一覧

- 5.8 【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、「軌道弾性効果」の実証に成功
- 5.20 【物構研トピックス】2019年5月20日、キログラムの定義改定
- 5.23 【プレスリリース】衝撃破壊の瞬間、材料に何が起るのか～パルスX線の応用でナノ秒間に起る現象の目撃に成功～
- 5.30 【物構研トピックス】イマドキの生物学者になってみよう@多摩六都科学館
- 5.31 【物構研ハイライト】超高真空を保つために～KEK 技術賞受賞！新しい非蒸発型ゲッターコーティング、非蒸発型ゲッターポンプの開発～
- 6.18 【物構研トピックス】育児休業を終えて～男性研究者の育休体験記～
- 7.4 【KEK エッセイ #10】百万回は一見に如かず～光を作る工場
- 7.6 【物構研トピックス】KEK 公開講座「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」を開催
- 7.12 【物構研トピックス】物構研(見学つき)サイエンスカフェ「キログラムの定義改定に貢献した超精密放射光実験とは？」を開催
- 7.17 【KEK エッセイ #11】KEK ネコ事情～うちのしる知りませんか～
- 7.29 【物構研トピックス】「チームチョコレイト・サイエンス」が日産財団リカジョ賞準グランプリを受賞

新しく博士課程に進級された学生さんへ PF ニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？ 博士論文も歓迎します！

PF ニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けております。PF で頑張っていて実験されている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容をアピール出来る場ですので、我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記フォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんに PF ニュースへの投稿を勧め頂ければ幸いです。

【投稿資格】PF/PF-AR のビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 連絡先メールアドレス(希望者のみで可)
4. 修士号取得大学、取得年月
5. 実験を行ったビームライン
6. 論文要旨(本文1000文字以内)
7. 図1枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り1ページ(2カラム)。

【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付で PF ニュース編集委員会事務局・高橋良美(pf-news@pfiqst.kek.jp)までお送り下さい。

PF-UA 報告（今年度の活動）

庶務幹事 植草秀裕

2019年度4-7月運転が終わり、ひと段落というユーザーも多いのではないかと思います。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二年度の活動を進めて参ります。

2018年度はPF-UAの基礎である会則・細則を最近の情勢に合わせて整えました。その結果、3月の総会にて改定案をお認めいただきました。新しい会則・細則はホームページに掲載されておりますし、入会については、KRS上ですすでに対応を行っております。また、新しい会則・細則に基づき、IMSSとPF-UAとの相互協定に関する覚書を2019年4月に取り交わしております。

2019年度は引き続き、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) UGを予算的にサポートする方法の検討
- 4) 委員会の運営に関する規定を検討
- 5) 後期に次期会長の選出に関する手続きを開始する
今期は秋季に幹事会・運営委員会の開催を予定しております。

PF-UAの役割りは、UG活動のサポート、そしてPF-UA会員の声を施設側に届けることです。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。

放射線生物ユーザーグループの紹介

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 横谷明徳
東海大学 工学部 伊藤敦
国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 鈴木雅雄
電力中央研究所 原子力技術研究所 冨田雅典
国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 神長輝一
KEK 物構研 宇佐美徳子

1. 放射線生物ユーザーグループの目的と概要

本ユーザーグループ（以下、UG）は、単色X線・軟X線を利用して放射線生物作用の初期過程及び生物学的作用機構の解明を目指す研究の推進を図るため設立され、PFの発足当時から活動しています。近年の放射線利用技術の拡大及び医療・宇宙など放射線環境の増加に加え、2011年3月に発生した福島原発事故により、特に低線量放射線被ばくのリスクと作用機構を明らかにすることは喫緊の

課題となっています。放射線の線質による作用機構及び生物応答の相違、DNAの放射線損傷についても解明すべき点が多く、放射線生物影響のメカニズムの解明と放射線リスクの評価に関わる実験的知見の獲得は、放射光を利用した基礎研究と国民生活・社会との重要な接点でもあります。

本UGでは、高いエネルギー分解能を利用したDNAなどの生体分子の内殻イオン化とそれに応じた損傷生成や生体修復応答、及びマイクロビーム細胞照射技術を用いた照射部位限定法を主な研究手法とすることで、一般の放射線生物研究では実現できない技術的なブレイクスルーを実現し本研究領域を世界的に牽引してきました。ステーションに設置された装置運営の効率化を図るために、本年4月より、BL-27を主に利用する原子力科学UGとともに、ビームラインの分光光学系を含めた設備をPFと共同で運営するUG運営の体制に移行しました。

現在のUGの主な活動は次のようになります。

- BL-27Bに常設されたX線マイクロビーム（5.35 keV）を用いた生物試料照射装置の保守、高度化とユーザーの支援。
- BL-27Aに常設された軟X線（1.8～3 keV）の生物試料照射装置の保守、高度化とユーザーの支援。
- BL-27A、Bの側室に設置されている生物試料準備のための機器類の保守・管理とユーザー支援。
- BL-27以外のPFのビームラインを利用した、放射線生物影響研究のための利用実験。
- これらの装置や設備を利用する新規ユーザーの開拓と、PFシンポジウム（サイエンスフェスタ）や放射光学会などの機会を利用したユーザーグループミーティング及び研究会・セミナーの開催と情報交換。

以下に、本UGの研究課題のうち、最近得られた代表的な3課題について紹介します。

2. 軟X線誘発バイスタンダーシグナル伝達機構の解明 [2018G097]

従来、放射線生物影響は、放射線によりDNAに傷が生じることに起因するとして「標的理論」により説明されてきましたが、放射線によるDNAの初期応答に起因しない「非標的効果」がこの約30年間クローズアップされ、放射線防護上の意義が問題となっています。非標的効果の中でも、「放射線誘発バイスタンダー応答」は、放射線が照射された細胞の近傍に存在する、放射線がまったく照射されていない細胞にも、照射された細胞と類似の応答が生じる細胞間シグナル伝達の一つであり、臓器・組織内に照射細胞と非照射細胞が混在するような極低線量域でのリスクへの寄与が注目されていました。しかしながら、その議論に用いられた研究は、主に α 線などの粒子線を用いたもので

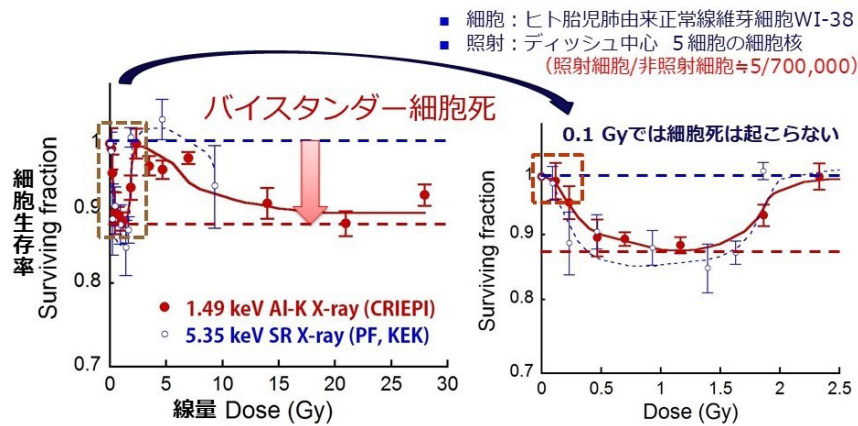


図1 マイクロビーム照射時のバイスタンダー細胞死の線量応答関係。1.49 keV Al-K X線 (CRIEPI) は、電中研のマイクロビーム装置を利用して得たデータ。右図は、左図の0 - 2.5 Gyの領域の拡大図。

あり、 γ 線やX線によるバイスタンダー応答については十分に明らかにされていませんでした。

本課題ではX線マイクロビーム細胞照射装置を用いることで、培養ディッシュ上の一部の細胞（例えばディッシュの中心付近の5細胞の細胞核）のみに線量を変えて照射した時の応答を詳細に調べることで、ヒト正常線維芽細胞やげっ歯類細胞に生じるバイスタンダー細胞死について詳細に解析してきました。その結果、X線によるバイスタンダー応答には特徴的な線量応答関係があることを明らかにしました。まず図1に示すように、数100 mGyを超えたところから全体の10-20%程度の細胞に致死（細胞分裂の不活性化）が生じたことから、バイスタンダー細胞死が誘発されたことがわかります。さらに線量が2~3Gyまで高くなると一旦生存率が非照射と同程度に回復し、さらに線量が高くなると再び低下し、その後は線量に依存せずに一定値を示す複雑な2層性の線量応答関係を示します [1]。逆に100 mGy以下の個々の細胞への放射線のヒットが不均一となるような線量域では、バイスタンダー細胞死は生じないことを示唆しています [2]。

なぜこのような複雑な線量応答を示すのかについては、まだ理解されていません。本課題では、この現象を分子メカニズムの面から裏付けるために、ヒト毛細血管拡張性運動失調症 (AT) の原因遺伝子産物であり、DNA 損傷シグナリングや細胞周期チェックポイント、細胞死誘導などに広く関与する ATM タンパク質の重要性に着目した研究を行っています。これまでに、細胞核のみ、細胞質のみ、細胞全体を照射した細胞の遺伝子発現解析などから、ATM がバイスタンダー応答を誘発する際の細胞外シグナル伝達だけでなく、細胞内シグナル伝達にも関与することを明らかにしつつあります (論文投稿準備中)。さらに詳細な実験を実施し、低線量域におけるバイスタンダー応答の解明を目指します。

3. マイクロビームを細胞質に限定的照射したときに誘導される細胞応答 [2017G695]

低線量下では、DNA が格納されている細胞の核ではな

く、細胞質のみに放射線のトラックが通過する確率も高いと考えられます。そこでPFのマイクロビームのユニークな特徴である、スリットを用いた任意のビーム形状を最大限利用し、ミトコンドリアや小胞体など細胞小器官が存在する「細胞質のみ」への線照射の効果を調べてきました。実験には国内の細胞バンクより購入したヒト由来正常線維芽細胞を用いました。30 μm \times 30 μm に絞ったX線マイクロビームに対してその中心部分に直径22 μm の金製ポストでX線を遮蔽したドーナツ状マイクロビームを作成しました。照射専用のマイラー膜を底とするディッシュに培養した細胞の核をあらかじめ蛍光染色により標識し、ドーナツ状マイクロビームの中心を照準して照射することによって、細胞質のみへのX線を照射を実現しました。まず最初に、全ての細胞の細胞質に対してドーナツ状マイクロビームを吸収線量が0.092 Gyとなるように照射しました(以下、前照射)。その後、3時間インキュベーター内で細胞を培養した後、今後は10 μm \times 10 μm に絞ったX線マイクロビームを細胞核に0.092 Gy照射し(本照射)、コロニー形成法により細胞致死効果を定量しました。得られた結果を基

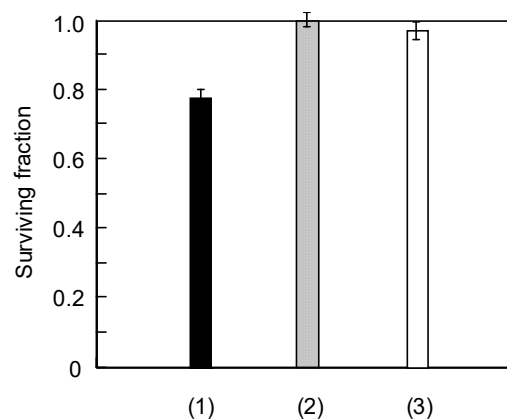


図2 細胞核、細胞質に限定的にX線を照射した時のヒト正常細胞の細胞致死効果。(1)細胞核のみに0.092 Gy照射,(2)細胞質のみに0.092 Gy照射,(3)細胞質に0.092 Gy照射→3時間炭酸ガスインキュベーター内で保持→細胞核に0.092 Gy照射場合を示す。

に、細胞質への前照射の有無により致死効果に違いが出るか否かを検証しました。

得られた結果を図2に示します。前照射せず、細胞核のみに0.092 Gy照射した時の生存率は、80%まで低下しました(図1の(1))。これに対し細胞質へのみ0.092 Gy照射(前照射)し、その後の細胞核への本照射を行わなかった場合、ほぼ生存率はほぼ100%でした(図1の(2))。これは、細胞質のみへの照射では細胞死が誘導されないことを示唆しています。さらに、前照射の後に細胞核照射を行った場合、生存率は97%となりました(図1の(3))。これは、統計学的には細胞質のみの場合と有意な差が無く、細胞が放射線に対して抵抗性を獲得したことを示しています。以上の結果から、細胞死を誘導しないような低線量のX線が予め細胞質に照射された場合、何らかの細胞応答が生じそれに引き続く細胞核照射による放射線損傷を軽減する効果(放射線適応応答)が誘導されていることが示唆されました。

4. 器官培養したマウス精巣に対するすだれ状X線マイクロビーム照射と精子形成に与える影響 [2017G565]

より生体に近い三次元的に構築された細胞組織として、実際のマウス胎児から取り出した精巣を器官培養し、これを試料として放射光X線マイクロビームを照射実施しました。組織レベルで「放射線がヒットする細胞とヒットしない細胞が混在する」状況を人為的に作り出すことで、不均一な放射線照射場が精子形成に与える生物学的影響について検討しました。当課題のグループの佐藤、小川らにより開発された、精子幹細胞から生殖能のある精子まで分化誘導を可能とする器官培養法を利用し[3]、分娩後7日目のAcr-GFPトランスジェニックマウスの精巣を摘出し、1 mm³程度の大きさのブロックに切り分けた後1.5%アガロースゲル上で培養しました。この器官培養(ex vivo)試料をPFに持ち込み、マイクロビーム照射を実施しました。X線は、横幅200 μmとする縦長ビームを400 μmの間隔で“すだれ”状に照射しました。質量エネルギー吸収係数から算出される試料に対するビームの透過率は約53%であり、照射部位の吸収線量は5 Gyでとなります。また比較のため、試料全体にX線2.5 Gyを照射した場合、及び非照射(コントロール)の場合についても同様に実験を行いました。照射後オフラインの蛍光顕微鏡を用いて、20日間に渡り試料の観察し、GFP蛍光発現により精子形成能を評価しました。

その結果、これまで実現不可能だった精子形成に対する不均一放射線照射場影響をリアルタイムで顕微鏡下に観察することに成功した。まず、精巣組織全体に均一にX線を照射して精子形成を検討し、線量依存的に精子形成が一次的あるいは永久的に阻害されるのが確認されました[4]。これらは臨床的に一時的不妊、永久不妊に相当するものと考えられます。さらに、マイクロビーム照射範囲を操作し、精巣体積約50%に当たるように5 Gyを照射した場合(すなわち2.5 Gy換算相当)と、2.5 Gyを全体に照射した場合で、精子形成阻害の程度に明らかな違い(Tissue-sparing

effects)が認められました(論文投稿中)。「放射線がヒットする細胞とヒットしない細胞が混在する」という不均一放射線照射場条件では、組織当たり同じ被ばく線量であっても精巣組織内の空間的な照射分布条件の差異によって精子形成に対する放射線影響が変わることが示されたこととなります。このように、組織レベルでの放射線被ばく応答を鑑みると、組織感受性が線量率(時間)、線量分布(空間)などの放射線被ばく条件によって変化する可能性が示唆されました。

参考文献

- [1] M. Tomita *et al.*, *Radiat Res.* **173**, 380-385 (2010).
- [2] M. Tomita & M. Maeda, *J Radiat Res.* **56**, 205-219 (2015).
- [3] T. Sato *et al.*, *Nature* **471**, 504-507 (2011).
- [4] Fukunaga *et al.*, *Radiat. Res.* **189**, 661-617 (2018).

人事

人事異動・新人紹介

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(辞職)	2019. 6. 30	湯本史明		物構研 放射光科学第二研究系 特任准教授

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 19-3

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。(機構では今年度中に新年俸制を導入予定であり、導入までは月給制、導入後は年俸制を適用する)

5. 公募締切

2019年9月30日(月)正午必着

6. 着任時期

2020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(jn11@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 19-3 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 19-3 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: jn11@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: jn11@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がたい最終候補者(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、下記のとおり教員を公募いたします。

記

公募番号 加速器 19-4

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

2019年9月30日(月)正午必着

6. 着任時期

2020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件以上応募の場合であって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(jin11@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 19-4 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 でお願ひします。

※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 19-4 推薦書」とし、添付ファイルはPDFでお願ひします。)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: jin11@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: jin11@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がたい最終候補者(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/>)

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19-6

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

2019年9月30日(月)正午必着

6. 着任時期

2020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)研究履歴

(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 19-6 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 19-6 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/>)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所 研究員公募

1. 公募職種及び人員

研究員 1名 (任期 単年度契約で最長2023年度末まで)

2. 研究(職務)内容

物質構造科学研究所放射光科学第二研究系に所属し、科学研究費補助金・基盤研究(S)「糖アルコールリン酸修飾のバイオロジー(2019-2023年 研究代表者 東京都健康長寿医療センター研究所・遠藤玉夫)」によって推進されるタンパク質立体構造解析業務などに携わる。具体的には、当該研究に関連するタンパク質およびその複合体を中心に、発現、精製、結晶化、X線回折実験、構造解析や他の手法(生化学実験、溶液散乱実験、電子顕微鏡実験など)を通じ、生命科学研究を行う。

3. 応募資格

職務内容について知識及び経験を有し、職務実施上の能力があると認められる者で、博士の学位を有するか取得見込みである者。

4. 給与等

年俸制、フルタイム(週 38 時間 45 分)勤務

給与及び手当は本機構の規則によるが、経験、能力、実績に応じて決定

KEK職員宿舍(単身、世帯)貸与可(空室の状況による) 社会保険加入(共済組合、雇用保険、労災保険)、要件を満たせば、通勤手当、住居手当を支給可能

5. 公募締切

2019年9月30日(月)

6. 着任予定時期

相談の上、決定後できるだけ早い時期

7. 選考方法

面接選考を基本とするが、それに先立ち書類選考を行う。

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 A4 で1-2枚程度

(3) 発表論文リスト 和文と英文、査読あるなしで分類すること。

(4) 着任後の抱負 A4 で1-2枚程度

(5) 論文別刷 主要なもの、3編以内

(6) その他参考資料(外部資金獲得状況、国際会議招待講演、受賞歴等)

(7) 本人に関して参考意見の問合せのできる方2名の、氏名、所属、および連絡先

※上記の書類は、すべてA4判横書きとし、(5)以外には各葉に氏名を記入すること。

9. 書類送付

下記問い合わせ先に、PDFファイルをメール添付でお送り下さい。ファイルサイズが大きく送れない場合には、当機構の Web システムを利用して提出してください。その際に必要な個人ごとのアップロード用パスワードについても下記問い合わせ先に電子メールでご連絡ください。

10. 問い合わせ先

研究業務内容などについての問合せは、下記までお願いします。

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 構造生物学研究センター准教授

加藤龍一 TEL: 029-879-6177 e-mail: ryuichi.kato@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がたい最終候補者(男女)がいた場合、女性を優先して採用します。

2019年度量子ビームサイエンスフェスタ (第11回 MLF シンポジウム / 第37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 野澤俊介
MLF シンポジウム実行委員会委員長 松浦直人

2019年度量子ビームサイエンスフェスタ(第11回 MLF シンポジウム/第37回 PF シンポジウム)を2020年3月12日(木)~14日(土)の日程で開催する予定となりました。会場はザ・ヒロサワ・シティ会館(茨城県立県民文化センター)です。

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願ひ申し上げます。

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。

PF 研究会「X線分光理論の新展開:構造・電子状態解析から磁性研究まで」開催案内

富山大学理工学研究部 畑田圭介

日本はアメリカと並び世界トップクラスの数の放射光施設を備え、ユーザーの数も多いが、理論研究の面ではアメリカ、イタリアが伝統的に先行し、それに続きイギリス、オランダ、日本が続いている。理論計算プログラムはアメリカで開発されたFEFFが世界シェアを持っており、他にも海外で開発された計算プログラムが主に使われている。科学の進歩には実験と理論の両輪の進展が重要であるという歴史的事実を踏まえ、この現状を改善し、国内での理論研究並びに理論解析を発展させるために、国内外のシンクロトロン放射光分光理論研究者を集め研究会を開く。多重散乱理論の専門家である畑田と実験並びに理論を研究する宮永、岡林が主催者となり、XANES及びEXAFSの理論、さらには磁性研究の発展に資するXMCDの理論も含め、国内外の理論研究者に講演を依頼する。多重散乱理論、多重項、分子軌道法的手法、さらに定性的理解に着目したモデルハミルトニアン等についても議論する。また、計算プログラムによるチュートリアルも行う。理論研究者のみならず、放射光を利用した実験研究者に対しても示唆に富む研究会を目指す。

<開催概要>

開催日: 2019年10月3日(木)~4日(金)

開催場所: 高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパス

小林ホール

特別招待講演: Dr. Didier Sébilleau

(CNRS-Université de Rennes 1)

Prof. Gerrit van der Laan

(Diamond Light Source)

提案代表者: 畑田圭介(富山大学理工学研究部)

宮永崇史(弘前大学理工学部)

岡林潤(東京大学大学院理学系研究科)

所内世話人: 雨宮健太, 阿部仁

ホームページ: 準備中。PFのホームページよりリンクされます。

申込方法: 公開予定のホームページからお申し込みください。

問い合わせ先: 研究会事務局(pf-kenkyukai@pfqst.kek.jp)

PF-UA タンパク質結晶構造解析グループ(PX-UG) 第四回タンパク質結晶構造解析ビームライン 中級者向け講習会 ~ 初中級者ユーザーが聴きたいこと ~ 開催のお知らせ

PF-UAのタンパク質結晶構造解析ユーザーグループ幹事会が主催する第4回中級者講習会ですが、今回は「初中級者ユーザーが聴きたいこと」をテーマとしています。具体的なテーマですが、「全自動測定について」「新しいPDBのフォーマットについて」「X線結晶構造解析とクライオ電顕の両方を使った構造生物学」といった項目で経験豊かな講師陣がお話しします。また、「精密化の終わりをどう決めているか」をパネルディスカッションで議論したいと思っています。さらに、初中級者を対象に実習形式として皆さんが持ち寄ったPCを使用して「Cootの高度な使い方」について演習を行います。参加者のレベルやニーズに応じてどの項目に参加していただいても構いません。皆様奮ってご参加ください。

日時: 10月31日(木)

会場: 東京大学(本郷キャンパス内; 詳細は決まり次第HP等でお知らせします。)(<http://research.kek.jp/group/pxpfug/>) / (<https://pf-form.kek.jp/tanpaku/>)

参加費: 無料

懇親会参加費: 学生1000円 ポスドク以上2000円

(講習会参加登録, 懇親会参加登録の仕方もHP等でお知らせします。)

持ち物: ノートパソコン(Wifi接続機能が必要です。サポート期間内のものであればOSは問いません。)

プログラム:

13:30~13:35 初めの挨拶 海野昌喜(茨城大)

- 13:35 ~ 14:00 全自動測定で出来ること、出来ないこと
山田悠介（高エネ研）
- 14:00 ~ 14:20 全自動測定を活用した DNA ものづくり
近藤次郎（上智大）
- 14:20 ~ 15:00 PDBx/mmCIF フォーマットと今後のデータ
検証方針
栗栖源嗣（阪大）
- 15:00 ~ 15:15 Coffee Break
- 15:15 ~ 15:45 パネルディスカッション
司会；藤橋雅宏（京大）
～ 構造精密化はいつ「完了した」と言える
のか～
- 15:45 ~ 16:15 転写伸長複合体の構造生物学
～ X線とクライオ電顕を組み合わせて～
江原晴彦（理研）
- 16:15 ~ 17:45 【演習】Coot のちょっと便利な使い方
真板宣夫（徳島大）
- 17:45 ~ 17:50 終わりの挨拶 千田俊哉（高エネ研）
- 18:10 ~ 懇親会

問い合わせ先：PX-UG 代表

茨城大学大学院理工学研究科・量子線科学専攻 海野昌喜
電話 0294-38-5041

Email masaki.unno.19@vc.ibaraki.ac.jp

— 講習会のご案内 — CUPAL 放射光利用技術入門コースの後継

CUPAL KEK 事務局

これまで実施してきました Nanotech CUPAL（文科省補助事業）の後継として、2019年度は独自の初級／中級の講習会を行います。従来同様、年2回の開催を予定しています。また今回からは大学院生以上の参加者に旅費の補助が出来るように企画中です（企業参加者は除く）。只今プログラムの準備を進めていますので、日程と内容が決まりましたら、改めて PF NEWS やメーリングでお知らせいたします。

Website： <http://cupal.kek.jp/>

お問合せ：CUPAL KEK 事務局, kek-cupal@pfiqst.kek.jp

なお、CUPAL の中核機関である産総研、NIMS、筑波大学、京都大学もそれぞれ独自に後継事業に取り組んでいますので、ご興味のある方は下記のサイトをぜひ一度ご覧ください。

【産総研】 <https://unit.aist.go.jp/tia-co/CUPAL/index.html>

お問合せ：AIST TIA 推進センター, Nanotech-cupal-ml@aist.go.jp

【NIMS】 <https://www.nims.go.jp/cupal/index.html>

お問合せ：NIMS CUPAL 事務局, nanotech_cupal@nims.go.jp

【筑波大】 <https://tia-edu.jp/>

お問合せ：筑波大学 TIA 推進室, tia-edu@un.tsukuba.ac.jp

【京都大】 <http://www.nanoplat.cpi.kyoto-u.ac.jp/business/>

お問合せ：京大 CUPAL 事務局, cupal@nms.me.kyoto-u.ac.jp

Photon Factory Activity Report 2019 ユーザーレポート執筆のお願い

PFACR 2019 編集委員長 小野 寛太（KEK 物構研）

Photon Factory 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。皆様のご協力をもちまして 2018 年度 (PFACR2018) の編集作業は順調に進み、2019 年秋には公開される予定です。

2019 年度版である PFACR2019 の受付を開始しております。つきましては、皆様が 2019 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。2019 年 4 月から 2020 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ご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 PFACR2019 のホームページ（英語ページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/eng/science/publ/acr/2019/acr-submission-en.html>、日本語ページ：https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2019/acr_submission_jp.html）に掲載しておりますのでご覧ください。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：2020 年 6 月 30 日（火）>

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 **2019 年 11 月 27 日（水）午後** に実施されます（実施日が天候不良等で延期の場合 2019 年 12 月 3 日（火）午後

に実施されます)。

訓練では、緊急地震速報が発令された場合の対処、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・誘導、避難場所での職員・ユーザーの安否確認、対策本部への報告等を行います。訓練当日は PF、PF-AR ともにユーザー運転を予定しており、ユーザーの皆様にも実験を中断して訓練に参加していただく必要がございます。また、訓練の際は MBS を閉じさせていただきますので、約 1 時間実験ができなくなります。皆様のご理解とご協力をお願い致します。

東日本大震災が発生した日はその日の朝に運転が終了し、実験ホールにはユーザーの方はあまりいらっしゃいませんでしたが、これまで毎年ユーザーの皆様にもご協力いただき訓練を行っていたこともあり、ユーザー・職員は訓練どおりに避難し、安否確認なども迅速に行うことができました。実験装置の転倒、落下等の被害はあったものの、幸いにして人的被害が全くなかったことは、日頃のユーザーの皆様の方の防災意識と、毎年の防災・防火訓練に起因していると確信しております。

PF では多くのユーザーが閉じられた空間で実験を行っており、放射線や化学薬品、高圧ガスなども扱っていますので、非常時には迅速な対応が取れるよう、訓練が極めて重要と考えております。一人でも多くの方に参加していただけますようご協力をよろしくお願い致します。

2020 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科学研究施設 (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) の次回の公募は 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)、予備実験・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 2020 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>) をご覧下さい。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

2020 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ご応募下さいますようお願いいたします。

記

1. 開催期間 2020 年 4 月~2020 年 9 月
2. 応募締切日 2019 年 12 月 20 日 (金)
[年 2 回 (前期と後期) 募集しています]
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@pfiqst.kek.jp TEL: 029-864-5196

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 件当り上限 30 万円程度)。開催日程については、採択後に PAC 委員長と相談して下さい。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。

KEK 一般公開のお知らせ

一般公開実行委員会
放射光科学第一・第二研究系 安達 成彦, 阿部 仁
加速器第六研究系 上田 明

今年度の KEK 一般公開は 9 月 1 日(日)に開催されます。普段は見ることでできない施設や装置が多数公開となるほか、第一線で活躍する研究者による講演、こども向け体験コーナーなど、様々な企画を用意しております。

PF では、今年がメンデレーエフの周期律発見 150 周年であることを受けて、「周期表」をテーマに展示を行います(UNESCO が 2019 年を国際周期表年として宣言しています)。実験ホールでは、周期表に記された元素が、物質や生命をどのように作るのか、物質や生命の中でどのように働くのかを調べる機器について、以下のラインナップで展示と説明を行います。(1) 生命の謎を解き明かせ! タンパク質結晶構造解析ステーション、(2) 宝石探しに挑戦! X線蛍光マッピング、(3) 帰ってきた! 元素鑑定団、(4) 物質と生命を科学する! 物構研コーナー、(5) 限定公開! 新型ビームラインの見学ツアー(*10 時開始の武市助教のサイエンスカフェで入場券を配布します)。それぞれの分野で、最先端の研究機器をご覧頂けます。実際のビームライン機器を使った放射光実験の解説など、楽しく見て触って学べる展示を PF スタッフ一丸となって準備中です。また、昨年に引き続き、PF 加速器リングの公開を今年も行います。1 周 187 メートルの加速器リングに整然と並ぶ電磁石群や挿入光源などの実物を見学することが可能です(* 公開時間は 10:00 ~ 12:00 と 13:00 ~ 15:00)。

PF では放射光だけでなくそれ以外の物構研の研究紹介も行う予定で、中性子・ミュオン・低速陽電子それぞれのビームを利用した研究や、J-PARC MLF の解説などを行います。例年通り入口でクイズ用紙をお配りし、クイズに正解した方に周期表をイメージした缶バッジを 1 つ進呈します。PF と J-PARC MLF との連携企画として、8/25 の J-PARC 施設公開で MLF に掲示されるクイズの答えを PF にお持ちいただくと、今年の缶バッジ全 5 種類が入ったコンプリートセットを進呈。そのうち 1 種類は MLF と PF 両方の公開を訪れた方しか入手できない限定デザインです。また、研究本館には、PF 実験ホールでの公開の様子を写すモニターを設置します。

講演は、放射光第二研究系の小野寛太准教授による「周期表 150 周年～レアメタルってココがすごい!～」(時間は 11:15 ~ 12:00、場所は研究本館小林ホール)ほか 3 件が予定されています。また、参加者も研究者と議論したり実験に参加できるサイエンスカフェとして、同じく放射光第二研究系の武市泰男助教による「色つきめがねでモノをみる」(時間は 10:00 ~ 10:45、場所は職員会館 1 階パーティールーム)ほか 3 件が予定されています。その他にも、霧箱教室、おもしろ物理教室、多摩六都科学館の出張工作教室、科学おもちゃで遊ぼう!なども準備中です。お子さ

んからお年寄りまで楽しめるような企画が盛り沢山ですので、放射光ユーザーの皆様も普段とは異なる KEK を楽しんでいただけたと思います。ご家族、ご友人お誘い合わせの上、KEK 一般公開にお越し頂きますよう職員一同心よりお待ちしております。

一般公開当日は、つくばセンター(つくばエクスプレス「つくば駅」下車すぐ)と KEK 間の無料送迎バスが運行されます。自家用車でお越しの方は、KEK 内に臨時駐車場を設置しておりますので直接 KEK までお越しください。KEK 構内の移動には無料の巡回バスがご利用いただけます。KEK 一般公開に関する詳しい情報は <https://www.kek.jp/openhouse/2019/> をご参照ください。物構研の一般公開 2019 特設サイト(<https://www2.kek.jp/imss/news/2019/topics/openhouse/>)も随時更新中です。

1. 日時: 2019 年 9 月 1 日(日) 9:00 ~ 16:30

2. 公開施設: フォトンファクトリー, SuperKEKB 加速器, 先端加速器試験棟(ILC-ATF), 筑波実験棟(Belle-II 測定器)・展示室, 超伝導リニアック試験施設棟(STF), 計算科学センター, 超伝導低温工学センター, 機械工学センター, 放射線科学センター, コッククロフトウォルトン型加速器など

3. 展示: 理論展示とクイズラリー, 物構研展示, ILC 緑日, T2K ニュートリノ振動実験, J-PARC, ATLAS 実験

4. 講演(研究本館 小林ホール):

◇ 10:00 ~ 10:45 森田洋平(沖縄科学技術大学院大学(OIST) 准副学長)

「『日本初』のホームページと KEK の科学広報黎明期」

◇ 11:15 ~ 12:00 小野寛太(KEK 物質構造科学研究所 准教授)

「周期表 150 周年～レアメタルってココがすごい!～」

◇ 13:30 ~ 14:15 山本康史(KEK 加速器研究施設 准教授)
(タイトル未定)

◇ 14:45 ~ 15:30 長野邦浩(KEK 素粒子原子核研究所 准教授)

「ヒッグスはどこまでわかったか～LHC と ATLAS のさらなる挑戦～」

5. サイエンスカフェ(職員会館 1F パーティールーム(旧 KEK 売店)):

◇ 10:00 ~ 10:45 武市泰男(KEK 物質構造科学研究所 助教)

「色つきめがねでモノをみる」

◇ 11:15 ~ 12:00 道前武(KEK 加速器研究施設 助教)

「まーまーまーっすぐ加速する」

◇ 13:30 ~ 14:15 中村克朗(KEK 素粒子原子核研究所 助教)

「見えない粒子を見つける Belle II 測定器」

◇ 14:45 ~ 15:30 山内正則(KEK 機構長)

「宇宙の 4 つの謎」

6. その他の主な企画: KEK 子ども科学相談, 霧箱教室, おもしろ物理教室, 理論クイズ王決定戦, 量子色力学カー

ドゲーム, KEK 古本市, 多摩六都科学館の出張工作教室,
科学おもちゃで遊ぼう!, 総研大コーナーなど。

予 定 一 覧

2019 年

- | | |
|-----------|---|
| 9月 1日 | KEK 一般公開 (KEK) |
| 9月 10～13日 | OHO' 19 セミナー (KEK) |
| 9月 11～12日 | PF 研究会「BioSAS が拓く生体高分子の分子間相互作用解析の最前線」(4号館セミナーホール) |
| 10月 3～4日 | PF 研究会「X線分光理論の新展開: 構造・電子状態解析から磁性研究まで」(小林ホール) |
| 10月 21日 | PF 2019年度第二期ユーザー運転開始 |
| 10月 28日 | PF-AR 2019年度第二期ユーザー運転開始 |
| 10月 31日 | 第四回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会～初中級者ユーザーが
聴きたいこと～ (東京大学本郷キャンパス) |
| 11月 27日 | 防災・防火訓練 |
| 12月 12日 | PF, PF-AR 2019年度第二期ユーザー運転終了 |
| 12月 20日 | 2020年度前期フォトン・ファクトリー研究会応募締切 |

2020 年

- | | |
|-----------|---|
| 1月 10～12日 | 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウインクあいち) |
| 3月 12～14日 | 2019年度量子ビームサイエンスフェスタ/第11回 MLF シンポジウム/
第37回 PF シンポジウム (水戸市・ザ・ヒロサワ・シティ会館 (茨城県立県民文化センター)) |

※最新情報は <http://pfwww.kek.jp/spice/getschtxt> をご覧下さい。

第 33 回日本放射光学会年会・ 放射光科学合同シンポジウム開催要項

1. 開催日 2020 年 1 月 10 日(金), 11 日(土), 12 日(日)

2. 場所 ウィンクあいち (愛知県名古屋市中村区名駅 4 丁目 4-38)

3. 主催 第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員会

共催 日本放射光学会(主幹), 名古屋大学シンクロtron光研究センター, 大阪大学蛋白質研究所, 科学技術交流財団あいちシンクロtron光センター, 九州大学シンクロtron光利用研究センター, 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, 高輝度光科学研究センター, 佐賀県立九州シンクロtron光研究センター, 佐賀大学シンクロtron光応用研究センター, 産業技術総合研究所分析計測標準研究部門, 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設, SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC), SLiT-J ユーザーコミュニティ, 東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設, 東京大学放射光分野融合国際卓越拠点, 東京理科大学総合研究院赤外自由電子レーザー研究センター, 日本原子力研究開発機構, 日本大学電子線利用研究施設, 光科学イノベーションセンター, 兵庫県立大学 New SUBARU, PF ユーザーアソシエーション, 広島大学放射光科学研究センター, VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会, UVSOR 利用者懇談会, 理化学研究所放射光科学研究センター, 立命館大学 SR センター, 量子科学技術研究開発機構 次世代放射光施設整備開発センター

4. 組織委員会 ([]は推薦団体, ()は所属機関, ○は委員長)

稲田康宏[放射光学会会計幹事(立命館大)], 今園孝志[量研機構], 江島丈雄[SLiT-J], 小田島肇[光科学イノベーション], 郭其新[佐賀大], 木村真一[年会会計担当, VUV・SX 懇, UVSOR 懇(阪大)], ○組頭広志[組織委員長(東北大)], 解良聡[プログラム委員長, 副実行委員長, 分子研], 香村芳樹[理研], 小島一男[立命館大 SR], 小杉信博[日本放射光学会会長], 櫻吉晴[JASRI], 島田賢也[HiSOR], 杉山武晴[九大], 妹尾与志木[SAGA-LS], 曾田一雄[実行委員長(名大)], 竹田美和[副実行委員長, AichiSR], 田中清尚[副プログラム委員長(分子研)], 田中秀明[阪大蛋白研], 田中義人[SPRUC], 築山光一[東京理科大], 土井玲祐[原子力機構], 豊川弘之[産総研], 早川恭史[日大], 伏信進矢[PF-UA], 船守展正[KEK-PF], 宮崎誠一[副実行委員長(名大)], 矢治光一郎[東大物性研, 東大放射光分野融合国際], 渡邊健夫[兵庫県立大]

5. プログラム要綱

- 10 日午後に総会, 各賞の受賞講演を開催予定です。
- 11 日夕方に懇親会を開催予定です。
- 企画講演, オーラルセッションは 11 日, 12 日に行う予定です。
- ポスターセッション, 企業展示, 施設報告は 11 日, 12 日に行う予定です。

6. 参加費・懇親会費

参加費

区分		11月30日 までに支払	12月1日以降 (現金での支払いを お願いいたします)
一般	放射光学会員	6,000円	7,000円
	共催団体(特別賛助団体)会員・職員	7,000円	8,000円
	共催団体(上記以外)会員・職員	8,000円	9,000円
	非会員	12,000円	13,000円
学生	放射光学会員	3,000円	4,000円
	共催団体会員	3,000円	4,000円
	非会員	4,000円	5,000円

懇親会費

区分		11月30日 までに支払	12月1日以降 (現金での支払いを お願いいたします)
一般		6,000円	7,000円
学生		3,000円	4,000円

- ・ 発表申込時に参加登録を一緒に行っていただきます。その際、参加費および懇親会費の支払いの手続きも行ってください。事前の支払いは、クレジットカード払い、銀行振込が可能です。手続きの方法は、参加登録開始後放射光学会ホームページ上(<http://www.jsrr.jp>)でご確認ください。なお、参加をキャンセルされた場合の返金はいたしません。
- ・ 参加登録のみの場合も、同じく学会ホームページからできるだけ事前に行ってください。
- ・ 11月30日までに事前に支払手続きを行わない場合は、12月1日以降の参加費を現地受付でお支払いください。
- ・ プログラム(冊子)は当日現地受付にてお渡しいたします。また、予稿集はWeb公開のみです。(12月上旬公開予定、一つのPDFファイルにまとめたものもご用意いたします)。11月30日までに支払を済まされた方には、公開時に閲覧のためのパスワードを送付いたします。会場には無線LANが届かない部屋もありますので、予めダウンロードいただくことをお勧めいたします。なお、会場でも貸出用USBメモリーから、ご自分のPCにコピーすることができます。

7. 発表者資格

- ・ 日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムの一般講演・ポスターの発表者(登壇者またはポスターの発表の場合は説明者)は、共催団体の会員か職員に限ります。
- ・ 発表を希望される方で、発表申込み時点で発表者資格を有しない方は、発表当日までに資格を取得する必要があります。
- ・ 発表者が共催団体の会員・職員である場合は、共同発表者の中に上記の資格を満たさない方が含まれていても差し支えありません。

8. 発表申込について

・受付開始:2019年9月2日(月)

・申込締切:2019年10月2日(水) 17:00 厳守

申込方法:日本放射光学会ホームページ(<http://www.jsrr.jp>)を通して、発表申込、予稿集原稿提出、参加申込を行ってください。

- ・ ネットワークトラブル回避の為、締切日直前の申込みはなるべく避けて下さい。
- ・ 発表形式:オーラルとポスターがあります。希望される発表形式を選択して下さい。
- ・ 発表番号通知:2019年11月上旬に日本放射光学会ホームページ上で公開いたします。

9. 予稿集原稿について

- ・ PDFファイルで作成の上、発表申込の際に投稿してください。
- ・ 原稿形式 発表1件につき、予稿は1/1ページ(A4/縦置き)です。
- ・ A4(縦長)に下記の要領で文字を打ち込み、原稿を作成して下さい。
 - ①用紙の余白/上2.5 cm, 下1.5 cm, 左右2.5 cm
 - ②1行目左端… 実験を行った施設名(12ポイント)
 - ③2行目中央… 表題(18ポイント)
 - ④3行目… 空ける
 - ⑤4行目中央… 著者名・所属(14ポイント)
 - ⑥5行目代表著者のメールアドレス(E-mail: …の形式;14ポイント)
 - ⑦6行目… 空ける
 - ⑧7行目… 本文(14ポイント)
- ・ 文字化けを避けるために必ずフォントを埋め込んでファイルを作成して下さい。

10. プログラムの掲載

- ・ プログラムは、11月上旬に日本放射光学会ホームページ上に掲載いたします。
- ・ 日本放射光学会誌「放射光」第32巻6号(2019年11月末発行予定)に掲載いたします。

11. 企画講演の公募

前回と同様に、会員全体から企画講演を公募します。企画講演の形式や応募先・締切等は以下を参照ください。

- ・ 時間配分:趣旨説明を含めて全体で90~160分の企画講演を4枠公募します。
- ・ 企画の提案者には、講演の最初に趣旨説明と会期終了後の報告書の提出をお願いします。
- ・ 応募先:第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム事務局(jsr2020@jsrr.jp)宛に電子メールで、①企画講演タイトル、②提案理由(200字程度)、③講演者および時間配分を明記し、応募してください。
- ・ 応募締切:2019年8月28日(水) 9:00

12. 会場へのアクセス、交通のご案内

詳細は、ウィンクあいちのホームページ(<https://www.winc-aichi.jp/access/>)をご覧ください。

○電車をご利用の場合

(JR・地下鉄・名鉄・近鉄)名古屋駅より

- ・ JR名古屋駅桜通口から : ミッドランドスクエア方面 徒歩5分
- ・ ユニモール地下街5番出口から : 徒歩2分
- ・ 名駅地下街サンロードから : ミッドランドスクエア、マルケイ観光ビル、名古屋クロスコートタワー

- の各ビル地下街を経由、徒歩 8 分
- ・ JR 新幹線口から : 徒歩 9 分

○JR(東海道新幹線)をご利用の場合

- ・ 東京駅から:約 97 分
- ・ 新大阪駅から:約 51 分

○お車・駐車場をご利用の場合

名古屋高速都心環状線「錦橋」出口より約 6 分

【駐車場入り口】 ウィンクあいち西側(ミッドランドスクエア側)にあります。

※原付・自動二輪車の駐車および駐車場から台車の利用はできません。

○飛行機をご利用の場合

中部国際空港 — 名鉄名古屋駅(名鉄空港線:約 30 分) — ウィンクあいち(徒歩:約 5 分)

運転スケジュール(Sep. ~Dec. 2019)

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

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

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。

PAC 速報

放射光実験施設 運営部門 兵藤 一行
宇佐美徳子

今回の放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）は、令和元年7月8日分科会(生命科学I),7月10日分科会(化学・材料, 構造物性), 7月24日分科会(電子物性, 生命科学II), 7月25日全体会議の日程で開催されました。

今年度から新しい二年間の任期の委員会となり、規約により全体会議において委員の互選で、船守展正放射光実験施設長が PF-PAC 委員長に選出されました。

委員会での審査の結果、実験課題の採択は p.58 の通りとなりました。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ました。

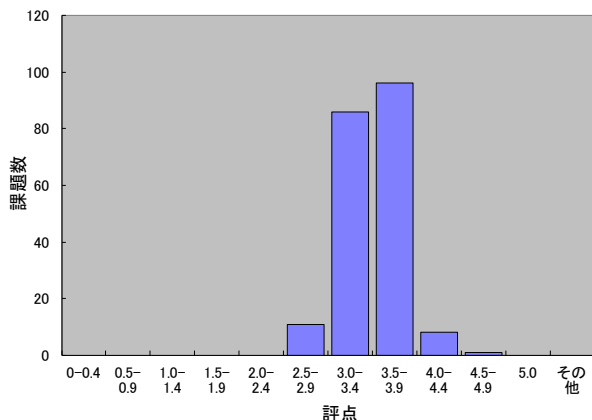
1. G型課題

5月10日に締め切られた2019年度後期共同利用実験課題公募には190件の実験課題申請があり、審査の結果、採択課題186件、条件付き採択課題4件となりました。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。他の種類の課題も同じ採択基準です。

条件付き採択課題は、申請者からの補足説明に対する 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。今回も、この中には試料名、その安全性に関する記述が十分でないために条件付き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、申請書のVの欄に記述してください。

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。条件付き採択課

2019年度後期PAC 評点分布



題への条件の一例を改めて下記に示します。今後の課題申請時の参考にしていただきますようお願いします。

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、上述のように実験に使用する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いたします。

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 PF-PAC で設定した条件に従い、理由書内容を PF-PAC で検討して課題評点を減点する場合があります。

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を利用して記述された大学院生の修士論文、博士論文の登録も改めてお願いします。

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

論文登録状況の条件について

申請課題の採択時から遡り、課題の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、

- 採択課題数の1/3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事情を照会する（イエローカード調査対象）。
- 調査の回答に基づき、問題点の解析を行う。
- 論文登録の少ない実験責任者の申請については、実験責任者からの回答、該当期間の課題に関する論文登録状況、学位論文等の登録状況を考慮し、PAC分科会で評点の減点を提案し、PACで決定する。減点は以下の基準で行う。
* 2/3以上の課題について論文登録がない場合は、-1.0を基準とする。
* 1/3を越える課題について論文登録がない場合は、-0.5を基準とする。

2. S2 型課題

5月10日に締め切られた2019年後期共同利用実験課題公募には2件の実験課題申請があり、全体会議での審査の結果、以下の1件が採択、1件がG型課題として採択となりました(以下、敬称略)。

課題番号：2019S2-003

課題名：軟X線深さ分解 XAFS/XMCD 法によるスピントロニクス材料研究の夜明け

責任者：KEK 物質構造科学研究所 雨宮健太

3. T 型課題

5月22日に締め切られた2019年度後期共同利用実験課題公募には3件の実験課題申請があり、全体会議での審査の結果、3件が採択となりました(以下、敬称略)。

課題番号：2019T-002

課題名：低温での溶液 XAFS 測定装置の開発と高原子価金属錯体の解明

責任者：茨城大学大学院 理工学研究科 鈴木崇

課題番号：2019T-003

課題名：アルカリ超酸化物 AO₂ の単結晶構造解析

責任者：岡山大学大学院 自然科学研究科 宮島瑞樹

課題番号：2019T-004

課題名：バナジウム酸化物デバイス界面に出現する新たな電子相の解明と制御

責任者：東北大学大学院 理学研究科 志賀大亮

4. PF 研究会

今期は、以下の3件の研究会が採択されました(以下、敬称略)。

「XAFS・X線顕微鏡分光分析分野でのIMSS, PF戦略的利用に関する研究会」

提案代表者：名古屋大学シンクロトン光研究センター
田淵雅夫

東京大学大学院理学系研究科 高橋嘉夫

「X線干渉計と縦型ウィグラーを用いた超高感度画像計測の現状と将来展望」

提案代表者：九州シンクロトン光研究センター
米山明男

「量子ビームを活用した食品科学」

提案代表者：KEK 物質構造科学研究所 瀬戸秀紀,
高木秀彰, 清水伸隆, 阿部 仁, 山田悟史
広島大学大学院生物圏科学研究科 上野聡

5. 報告事項, 審議事項

以下の項目がPF-PACで報告, 審議されました。

報告事項(抜粋)

放射光実験施設報告

実験施設長から2019年度からの物質構造科学研究所の組織改編(PF WEB ページ参照), 加速器運転日程(より長い加速器運転時間を確保するために, PF-ARは2019年度秋の加速器運転において従来と同じ6.5 GeVでの運転期間とともに5.0 GeVでの運転期間を設定することなど), 2020年度概算要求の状況に関する報告などがなされた。

ユーザーグループ運営ステーションについて

今年度に覚書の有効期間(3年間)が終了となるユーザーグループ運営ステーション(BL-4A)について, PFおよびPF-UAで設置する委員会において運営に関する成果報告会を開催し, 今後の運営に関する議論を行って, その結果を2020年1月開催予定のPF-PACで報告すること。

産業利用促進運転について

産業利用収入から運転経費の一部を確保した上で加速器運転を行う期間を昨年度に続いて6月末に設定したこと。この加速器運転期間に企業による施設利用がないビームラインでは一般課題へのビームタイム配分を実施したこと。

審議事項(抜粋)

量子ビームサイエンスフェスタ(第36回PFシンポジウム)での評価について

S2型課題, T型課題, MP課題に関するレフリー審査の結果について承認された。

共同利用実験の申請資格について

PF-PAC委員長から共同利用実験の申請資格にかかわる公募要項の記載について, 学術研究のためのプログラムであることを明確にすることなど記載されている文言を修正する案を次回物質構造科学研究所運営会議に提案する旨の説明があり承認された。

その他

PF-PAC開催日程について

PF-PAC委員長から実験課題審査とともに放射光を用いる研究計画に関する重要事項を審議するために全体会議の開催回数を増やすことに関する提案があった。検討すべき重要事項としては, PF-PAC開催方式, PF-PAC委員の任期, 分科会の最適化, 実験課題の設定・ビームタイム配分, イエローカード制度, ビームライン再編, 旅費支給要件などが挙げられた。開催方法を含めて今後も検討を続けるとともに, 次回は9月~10月に全体会議を開催することとなった。

第 111 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：令和元年 6 月 5 日（水） 13:30 ～

場所：高エネルギー加速器研究機構 管理棟大会議室
議事

【1】第 109 回～第 110 回議事要録について

【2】審議

- (1) 教員人事（物構研 19-1 特別准教授 1 名：ミュオン）
- (2) 学術研究フェローの雇用計画について
（放射光 特任教授 1 名・特定人事）
- (3) 教員公募（物構研 特任准教授 1 名：放射光）
- (4) 教員公募（物構研 助教 1 名：ミュオン）
- (5) 令和 2 年度概算要求の概要（物構研関係）について
- (6) テニユアトラック人事の進め方について

【3】報告

- (1) 人事異動
- (2) 博士研究員の選考結果について
- (3) 研究員の選考結果について
- (4) 平成 30 年度放射光共同利用実験課題審査結果
（P 型・年度最終結果）について
- (5) 令和元年度放射光共同利用実験課題審査結果（P 型）
について
- (6) 2019 年度マルチプローブ共同利用実験の公募結果につ
いて
- (7) 国際連携
- (8) PSI と物質構造科学研究所との M²ビームラインのビーム
タイム相互利用に関する覚書の締結について
- (9) 国際諮問委員会の報告について
- (10) 協定等の締結について（国内機関関係）

【4】研究活動報告（資料配付のみ）

- (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

※第 112 回は書面審議。

物構研談話会・コロキウム

日時：5/22（水） 13:00 ～

題名：European Spallation Source（ESS）の現状と予想され
る性能（J-PARC と対比して）

講師：新井正敏氏（European Spallation Source・Technical
Coordinator（KEK 客員教授））

日時：6/18（火） 14:00 ～

題名：Novel Positron Beam Instruments at NEPOMUC

講師：Prof. Christoph Hugenschmidt（ミュンヘン工科大）

2019 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				
2019G501	カイラル反強磁性体Mn ₃ Sn薄膜の磁気円二色性分光	東京大学	三輪 真嗣	16A
2019G505	動的電子論から解明するスピントロニクス素子の磁化反転挙動	群馬大学	櫻井 浩	16A
2019G514	強相関半導体の表面金属状態の起源	大阪大学	木村 真一	2A/B
2019G520	紫外線光電子分光法による変角振動励起した二酸化炭素分子の光電離断面積測定	上智大学	星野 正光	20A
2019G525	3価Co酸化物の異常磁性の起源と励起子絶縁相の探求	東京理科大学	齋藤 智彦	28A/B, 2A/B
2019G529	Momentum-structure of nodal quasiparticles and pseudogap variations in pure and Na-doped Ca ₂ CuO ₂ Cl ₂	Institut NEEL CNRS, FRANCE	Matteo D'ASTUTO	28A/B, 2A/B
2019G534	固体基板上10nmCoPt・FePtロッド構造誘起L ₁₀ 規則化強磁性体	東京工業大学	真島 豊	8B, 16A
2019G540	全反射高速陽電子回折によるSi(111)7x7再構成表面の原子座標の決定	KEK物構研	望月 出海	低速陽電子
2019G543	スズ酸化物の多角的評価を通じたp型酸化物材料開発	産総研	鏡原 誠人	9A, 12C, 16A, NW10A, 13A/B
2019G544	遷移金属複合アニオン酸化物薄膜の電子状態解析	東京大学	近松 彰	2A/B
2019G545	基板応力により電子状態を制御したTi ₂ O ₃ 薄膜の電子分光	東北大学	吉松 公平	2A/B
2019G547	EUV・軟X線表面ナノ加工における試料表面加工と素子表面損傷の制御	東北大学	羽多野 忠	11D
2019G553	コヒーレント軟X線回折イメージングによるマンガン酸化物の巨大磁気抵抗効果の起源の解明	KEK物構研	中尾 裕則	4C, 16A, 3A, 13A/B, 19A/B
2019G556	レーザーによる超高速な強磁性の実現のためのコバルト酸化物薄膜のX線分光・回折研究	兵庫県立大学	和達 大樹	4C, 16A, 3A
2019G560	Controlled formation of amorphous calcium carbonate and monitor its crystallization transformation in different alcohol solvents	Beijing Institute of Technology, CHINA	Yurong Ma	11A, 11B
2019G570	d ⁰ 強磁性半導体材料における空孔局在電子スピン状態のXMCD測定	量研機構	前川 雅樹	16A
2019G574	MBE法によりエピタキシャル成長したMn _{4-x} Co _x N膜のXMCD測定	筑波大学	末益 崇	16A
2019G581	真空紫外領域における溶融石英の反射率測定	量研機構	板倉 隆二	20A
2019G583	新規薄膜合成と放射光が可能にする強相関物性の解明	東京工業大学	大友 明	2A/B
2019G590	コヒーレント軟X線回折イメージングによるスピンドYNAMISの観測	KEK物構研	石井 祐太	16A, 13A/B
2019G591	X線ラマン散乱によるAサイト秩序型ペロブスカイトCaCu ₃ Ti ₄ O ₁₂ の電子構造の研究	弘前大学	手塚 泰久	7C, 16A, 13A/B, 2A/B
2019G593	Si(111)基板上に成長したBi-In表面合金の電子状態	東京工業大学	中辻 寛	28A/B, 13A/B, 3B
2019G599	SiCおよびSiC基板上グラフェンから放出されるポジトロニウムの飛行時間測定	量研機構	和田 健	低速陽電子
2019G600	ペロブスカイト型酸化物ヘテロ界面における元素選択的バンド構造・スピン構造の観測	KEK物構研	北村 未歩	16A, 2A/B
2019G601	GaNのMgドープの局所構造解析	産総研	志岐 成友	11A, 16A
2019G603	マイナーアクチノイド回収用抽出剤HONTAの電子構造の解析	原研機構	宮崎 康典	7A, 20A
2019G604	カゴメ格子反強磁性体における新規X線磁気光学効果の検証と異常物性の解明	東北大学	木俣 基	16A
2019G607	高耐久三元触媒の実現に向けたオペランド軟X線表面分析	慶應義塾大学	豊島 遼	13A/B
2019G615	Si(001)2x1 上Mn 1次元構造の反射高速陽電子回折(TRHEPD)観察	兵庫県立大学	三木 一司	低速陽電子
2019G618	SiC基板上の原子層ナノリボンの電子状態	東京大学	小森 文夫	13A/B
2019G621	ペリレン薄膜におけるホール拡散状態の深さ分解XAFSによる解析	東京農工大学	遠藤 理	7A
2019G622	角度依存XMCDによる層状強磁性体の異方的電子状態の観測	東京理科大学	芝田 悟朗	16A
2019G630	3d遷移金属ドーパ酸亜鉛ナノ粒子におけるキャリア誘起強磁性発現の検証と強磁性発現条件の最適化	佐賀大学	石渡 洋一	7C, 16A, 13A/B, 2A/B
2019G632	マクロスケールツイスト2層グラフェンの電子状態の研究	東京大学	小森 文夫	28A/B, 2A/B
2019G633	Eu化合物の電荷変調における格子と磁性の関係	京都産業大学	下村 晋	4C, 8A, 8B, 16A, 3A, 13A/B,
2019G634	銅酸化物高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+x} の結晶構造と電子状態に関する研究	筑波大学	柏木 隆成	4C, 16A
2019G641	分子ドーピングされた有機半導体薄膜の膜構造(分子配向)と電子構造	千葉大学	奥平 幸司	7A, 11A, 11D, 27A, 13A/B, 3B
2019G642	放射光テンドーX線ビームライン用多層膜回折格子の開発	東北大学	羽多野 忠	11D, 20B
2019G643	気液界面における全電子収量法によるテンドーX線吸収分光法の開発	原研機構	谷田 肇	27A
2019G644	遷移金属酸化物の原子価と局所構造	横浜国立大学	関谷 隆夫	11A
2019G645	蛍光基板検出による全固体Li電池のオペランド透過軟X線吸収分光法の開発	KEK物構研	堀場 弘司	2A/B
2019G647	Identification of coordination structure and electronic properties of sulfur compounds in carbonization process by XANES analysis	Dankook University, KOREA	Yong-Kul Lee	11B
2019G650	放射線照射によりラジカルを発生する金属過酸化物ナノ粒子に対するXAFS分析	千葉大学	沼子 千弥	9A, 11A, 12C, NW10A
2019G653	Surface restructuring of stepped bimetallic model catalyst	University of Kansas, U.S.A	Franklin Feng Tao	13A/B
2019G658	Kinetics study of Pt surface restructuring under CO environment	University of Kansas, U.S.A	Luan Thanh Nguyen	13A/B

2019G671	電極材料に依存するスチレンの選択的電解酸化機構の研究～XAFSによる反応物の吸着状態解析	東京農工大学	遠藤 理	7A
2019G674	オペランド全元素観測による水分解触媒の機能解明とその知見を活かした高効率化	山口大学	吉田 真明	7A, 16A
2019G684	全反射高速陽電子回折によるZrB ₂ 基板上的ゲルマニウムの構造決定	原研機構	深谷 有喜	低速陽電子
2019G688	Low-temperature ARPES investigation of possible nodal surface in EuB ₆	Institute of Physics, CHINA	Tian QIAN	28A/B
2019G692	表面構造解析のための低速陽電子回折(LEPD)法の確立	KEK物構研	兵頭 俊夫	低速陽電子

2. 構造物性

2019G507	石英の放射光XRD分析による衝撃圧力推定	京都大学	三宅 亮	4B2
2019G511	プロトン伝導を可視化する発光性金属錯体の蒸気吸着機構の解明	北海道大学	小林 厚志	8B
2019G516	高圧下でのリン酸塩鉱物の相関係の決定	海洋研究開発機構	小野 重明	NE7A
2019G517	金-テルル鉱物krennerite-silvaniteの単結晶構造解析と不規則配列	熊本大学	吉朝 朗	10A
2019G533	キラル磁性体の磁歪効果に関する研究	九州工業大学	美藤 正樹	8B
2019G534	固体基板上10nmCoPt・FePtロッド構造誘起L1 ₀ 規則化強磁性体	東京工業大学	真島 豊	8B, 16A
2019G550	Ce化合物の量子臨界点近傍における構造揺らぎの研究	室蘭工業大学	川村 幸裕	18C
2019G552	粉末未知結晶構造解析によるキニーネ塩酸塩水和物結晶の脱水相転移の解明	東京工業大学	植草 秀裕	4B2
2019G553	コヒーレント軟X線回折イメージングによるマンガン酸化物の巨大磁気抵抗効果の起源の解明	KEK物構研	中尾 裕則	4C, 16A, 3A, 13A/B, 19A/B
2019G556	レーザーによる超高速な強磁性の実現のためのコバルト酸化物薄膜のX線分光・回折研究	兵庫県立大学	和達 大樹	4C, 16A, 3A
2019G557	BiS ₂ 層状超伝導体における希土類4f電子の価数揺動と空間相関	茨城大学	岩佐 和晃	4C, 8A, 8B, 3A
2019G558	R ₃ T ₄ Sn ₁₃ (R = La, Ce, T = 遷移金属) におけるカイラル構造相転移の量子臨界	茨城大学	岩佐 和晃	4C, 6C, 8A, 8B, 3A
2019G563	硼・窒化物の高圧構造と硬質物性相関の追究	物材機構	遊佐 斉	18C, NE1A
2019G566	岡山県布賀に産出する天然鉱物逸見石の精密構造解析とプロトン位置の決定	東北大学	山本 孟	14A
2019G567	含水マグマの構造と金属イオンの関連性の解明	東北大学	坂巻 竜也	NE5C
2019G568	X線異常散乱法を用いた機能性Ga-Ge-Seガラス材料の中距離原子構造の探求	熊本大学	細川 伸也	6C
2019G572	マグネシウム系水素貯蔵合金の水素吸蔵・放出過程における結晶構造の観測	東北大学	佐藤 豊人	8A
2019G580	アルカリ土類金属水素化物の圧力温度相図に関する研究	物材機構	中野 智志	18C, NE1A
2019G582	カルコゲナイド化合物の高圧下結晶構造解析	新潟大学	大村 彩子	18C, NE1A
2019G584	2次元検出器を利用した貴金属超薄膜界面構造の高精度表面X線散乱その場追跡	お茶の水女子大学	近藤 敏啓	4C, 3A
2019G585	放射性元素除去剤としてのチャバサイトにおけるCs交換特性と結晶構造	山口大学	中塚 晃彦	10A
2019G605	高圧力下の水溶液で起こるアミノ酸の凍結濃縮の観察と圧力誘起重合反応のメカニズム解明	東京大学	鍵 裕之	18C
2019G610	小惑星探査機はやぶさ2リターンサンプルおよび惑星間塵の放射光X線回折実験	東北大学	中村 智樹	3A
2019G616	Aサイト秩序型ペロブスカイトCaCu ₃ Ti ₄ O ₁₂ の局所構造研究	弘前大学	手塚 泰久	6C
2019G628	超硬材料研究のための高圧実験用アンビルシステムの開発	KEK物構研	亀卦川 卓美	NE5C
2019G633	Eu化合物の電荷変調における格子と磁性の関係	京都産業大学	下村 晋	4C, 8A, 8B, 16A, 3A, 13A/B,
2019G634	銅酸化物高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+x} の結晶構造と電子状態に関する研究	筑波大学	柏木 隆成	4C, 16A
2019G635	蛍光X線ホログラフィーによるFe ₃ O ₄ マグネタイトの価数選択性原子配列の探索	熊本大学	細川 伸也	6C
2019G636	蛍光X線ホログラムに及ぼすFCC金属中の固溶元素の原子半径の影響	宇都宮大学	山本 篤史郎	6C
2019G638	高温高圧下その場観察による鉄-含水ケイ酸塩系での軽元素の振る舞いと地球進化過程の解明	東京大学	飯塚 理子	NE5C, NE7A
2019G640	スピンドロスオーバー複合体試料の光励起下構造解析	東京工業大学	石川 忠彦	8A
2019G642	放射光テンドーX線ビームライン用多層膜回折格子の開発	東北大学	羽多野 忠	11D, 20B
2019G646	非晶質金属における低比率構成成分の構造的役割	東北大学	川又 透	7C
2019G660	パイロクロア格子系におけるアイス型格子変位とスピン状態の解明	大阪大学	花咲 徳亮	4C, 8B, 12C
2019G663	巨大球状ポリ酸分解生成物の解明	日本大学	尾関 智二	10C, NE3A, NW2A
2019G664	ダブルペロブスカイト型構造における高圧相転移に関する研究	物材機構	宮川 仁	18C, NE1A
2019G665	ペロブスカイト関連構造を有する新型イオン伝導体の探索と構造物性	東京工業大学	八島 正知	4B2
2019G670	水電解反応中のPt電極界面構造の解明	千葉大学	中村 将志	3A
2019G678	T型高温超伝導体の結晶構造におけるCeドーピング依存性	東北大学	木村 宏之	14A
2019G679	ハイエントロピー合金における局所構造の解明	大阪大学	花咲 徳亮	4C, 8A, 8B, 9A, 12C

3. 化学・材料

2019G503	エレクトライド・ヒドリド化合物の触媒作用発現機構の解明と新触媒の開発への展開	東京工業大学	北野 政明	9A, 12C, NW10A
2019G504	パライト共沈と固化体形成を組み合わせた陰イオン形核種の安定化処理法の開発	原研機構	徳永 紘平	9A, 12C
2019G506	表面近傍の不純物元素デプスプロファイル分析の高精度化に関する研究	物材機構	桜井 健次	14B
2019G519	ガラス固化プロセスにおける生成化合物の放射光XAFS分析	原研機構	永井 崇之	27A, 27B
2019G527	X線吸収微細構造による脂溶性臭化有機化合物含有胆汁酸混合ミセルの内部構造解析	摂南大学	相澤 秀樹	9A, 12C
2019G543	スズ酸化物の多角的評価を通じたp型酸化物材料開発	産総研	鏡原 誠人	9A, 12C, 16A, NW10A, 13A/B
2019G554	平行配置BCLA+BI-偏光XAFSによるPt炭素基板の相互作用の解明とその電位依存性	北海道大学	朝倉 清高	15A1
2019G555	表面制限レドックス置換(SLRR)法による白金単原子層形成メカニズムの解明	北海道大学	朝倉 清高	9A
2019G569	3次元XAFS-CTを用いた蛇紋岩のFe(III)マッピングによる海洋底岩石圏の水素発生機構の解明	東北大学	岡本 敦	NW2A, 15A1
2019G575	蛍光XAFS測定による磁性ワイル半金属の局所構造評価と磁性との相関	筑波大学	黒田 眞司	9A
2019G586	XAS investigations of uranium containing zirconolite ceramic wasteforms	Univ. of Sheffield, U.K.	Shikuan Sun	27B
2019G602	作物生理状態の可視化のための農作物のXRF・XAFSイメージング	高知大学	西脇 芳典	15A1, 4A
2019G609	BL-19を用いたケイ酸塩ガラス中のSiの配位数マッピング	KEK物構研	若林 大佑	19A/B
2019G612	プルシアンブルー類似体RbMn[Fe(CN) ₆]の温度変化XAFS測定	大阪府立大学	岩住 俊明	12C
2019G614	SDDタイムスタンプをフル活用した数10ナノ秒時間分解XAFSによる圧電応答の研究	広島大学	中島 伸夫	9A, 12C, 15A1
2019G619	XAFS study for selective oxidation of carbon monoxide over nanostructured catalyst for practical PEM fuel cell application	Indian Institute of Petroleum, INDIA	Rajaram BAL	9C, NW10A
2019G626	放射光セミアクシス蛍光X線分析による乳歯を用いた小児精神神経発達障害メカニズムの解明	高知大学	安光ラヴェル 香保子	15A1
2019G629	SPE電解によるオレフィンのエポキシ化反応中の活性金属種のその場観察	東京工業大学	井口 翔之	12C
2019G631	衝撃回収ガラス試料におけるTi, Zr局所構造解析による隕石衝突条件の推定	Center for High Pressure Science & Technology	鳥羽瀬 翼	9C
2019G649	金属ナノ粒子表面に生成した活性酸化物種の触媒反応への応用	立命館大学	山本 悠策	9C
2019G650	放射線照射によりラジカルを発生する金属過酸化物ナノ粒子に対するXAFS分析	千葉大学	沼子 千弥	9A, 11A, 12C, NW10A
2019G652	カルシウムシリサイドを用いて調製した貴金属ナノ粒子担持触媒のXAFS解析	大阪府立大学	亀川 孝	9A
2019G655	非晶質合金サブナノ粒子触媒の構造機能相関解明	東京工業大学	今岡 享稔	9C, 12C, NW10A
2019G660	パイロクローア格子系におけるアイス型格子変位とスピン状態の解明	大阪大学	花咲 徳亮	4C, 8B, 12C
2019G662	凍結濃縮を応用した鉄微粒子による金属イオン収集観測	東京工業大学	原田 誠	15A1
2019G668	金属単結晶表面の異種金属単原子層修飾による電極触媒特性チューニング	物材機構	増田 卓也	9A, NW10A
2019G676	全反射X線分光法TREXSを利用したガス雰囲気下での表面反応のin situ観察	KEK物構研	阿部 仁	9C, 15A1
2019G679	ハイエントロピー合金における局所構造の解明	大阪大学	花咲 徳亮	4C, 8A, 8B, 9A, 12C
2019G685	Mg ₈₅ Y ₉ X ₆ (X=Cu, Co, Ni) LPSO形成初期のクラスター構造とクラスター状態図の検討	京都大学	奥田 浩司	9C, 10C, 15A1
2019G689	単結晶氷中のイオンの局所構造	東京工業大学	原田 誠	9A, 12C
2019G690	逆ミセル中に存在する微小水相および氷相中でのイオンの局所構造	東京工業大学	原田 誠	9A, 12C

4. 生命科学I

2019G502	tRNA修飾酵素の結晶構造解析	九州大学	沼田 倫征	1A, 17A, NE3A, NW12A
2019G508	プロテアーゼによりプロセッシングを受ける α -グルコシル糖転移酵素の構造解析	東京農工大学	殿塚 隆史	5A
2019G509	抗関節リウマチ薬とその分子標的となる炎症性サイトカインの複合体構造解析	秋田大学	松村 洋寿	1A, 17A
2019G510	NZ-1抗体の結晶化シャペロンとしての利用法の最適化と膜タンパク質構造解析への応用	横浜市立大学	禾 晃和	1A, 17A
2019G512	反応中間体を補足した複合体結晶構造解析によるDNAグリコシラーゼ触媒作用機構の構造学的解明	茨城大学	海野 昌喜	1A, 5A
2019G513	光合成細菌の光捕集反応中心超分子複合体の構造解析	茨城大学	大友 征宇	1A, 17A
2019G518	希少糖生産関連酵素および診断用センサ素子に用いられる糖質関連酸化還元酵素の構造解析研究	香川大学	吉田 裕美	17A
2019G528	UHRF1のTTDドメインを標的にしたDNAメチル化を制御する化合物の探索	横浜市立大学	有田 恭平	5A, 17A
2019G530	リン酸基の脱離と付加に関わる特徴的な酵素の機能改変	京都大学	藤橋 雅宏	1A
2019G531	酵素基質間の静電的反発の解析とこれに必要な手法の開発	京都大学	藤橋 雅宏	1A
2019G535	細胞透過性ペプチドを合成可能な新規酵素の創出	北里大学	松井 崇	1A

2019G536	動植物に由来するアルコールアシルトランスフェラーゼおよびヒドロキシニトリリアーゼの構造学的研究	富山県立大学	日比 慎	5A, 17A
2019G539	DNA-重金属ハイブリッドナノクラスターのX線結晶解析	上智大学	近藤 次郎	17A
2019G546	アミノ酸・脂肪酸代謝における機能未知タンパク質との相互作用を介した酵素活性調節機構の解析	東京大学	富田 武郎	5A, 17A, NE3A, NW12A
2019G548	アミノ基キャリアタンパク質を用いる多様な生合成システムおよびその調節の構造基盤の解明	東京大学	西山 真	5A, 17A, NE3A, NW12A
2019G549	X線結晶構造解析によるNa ⁺ , K ⁺ -ATPaseのイオン能動輸送機構の解明	東京大学	豊島 近	17A
2019G559	Helicobacter属菌感染病態におけるAutotransporter Proteinの役割解明	国立感染症研究所	林原 絵美子	NW12A
2019G561	イネリン酸欠乏応答転写活性化因子の機能制御メカニズムの解明	農研機構	藤本 瑞	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2019G562	澱粉枝切り酵素および枝切り酵素の糖鎖結合部位と反応機構の解明	秋田県立大学	鈴木 龍一郎	5A, 17A, NE3A, NW12A
2019G564*	CYP1B1と立体特性を有する新規阻害剤の共結晶構造	昭和薬科大学	伊藤 俊将	5A, NW12A
2019G573	マイクロデバイスによるタンパク質-リガンド複合体構造解析の高速化	北海道大学	真栄城 正寿	17A
2019G578	結晶性セルロース分解に関与する立体反転型セルラーゼの反応機構の解明	東京大学	五十嵐 圭日子	5A, NE3A, NW12A
2019G587*	タンパク質結晶学によるシャーガス病治療薬の創薬適格性の検証	産総研	久保田 智巳	1A
2019G592	抗菌薬の適正使用を目指した抗菌薬とタンパク質複合体の構造解析	藤田医科大学	河合 聡人	1A, 5A, 17A
2019G595	自己免疫疾患関連受容体CD72のリガンド複合体結晶構造解析	東京医科歯科大学	沼本 修孝	1A, 17A
2019G620	植物の重力シグナル解明に向けた構造研究	東京大学	平野 良憲	1A, 17A
2019G625	Wntシグナル伝達終結因子の動的ホモオリゴマー形成における高親和性獲得機構の解明	群馬大学	寺脇 慎一	1A, 17A
2019G627	歯周病原細菌のATP産生に関与する酵素の結晶構造解析	岩手医科大学	毛塚 雄一郎	NE3A, NW12A
2019G639	非天然アミノ酸を用いたレクチンの糖鎖認識機能の高度化	産総研	山崎 和彦	1A, 17A
2019G656	Mnカタラーゼの反応機構解明に向けたX線結晶構造解析	茨城大学	庄村 康人	1A, 5A, 17A
2019G657	リゾチーム加水分解反応機構の再解明	茨城大学	田中 伊知朗	5A
2019G669*	脱アセチル化酵素の結晶解析	理化学研究所	工藤 紀雄	1A, 5A, 17A, NW12A
2019G675	CNC-bZIP型転写因子Nrf2の構造解析と阻害剤開発	横浜市立大学	仙石 徹	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2019G677	エピジェネティクス制御タンパク質の分子認識機構解明に向けた結晶構造解析	理化学研究所	梅原 崇史	17A, NE3A
2019G681	IgG非天然型立体構造に特異的な人工タンパク質の構造基盤	産総研	本田 真也	1A, 17A
2019G682	抗体と機能性タンパク質の分子間相互作用解析	原研機構	安達 基泰	5A
2019G683	結核菌由来のQAPRTaseとピラジナミドとの結合様式及びピラジナミド耐性への獲得機構に関する研究	国立感染症研究所	金 玄	NW12A
2019G686	Structural analysis of Corticotropin-releasing factor receptor 1	Yonsei University, KOREA	Hyun-soo CHO	1A, 17A

5. 生命科学II

2019G515	電気二重層相互作用の起源をあらためて問い質す:新旧モデルの適用範囲の解明とモデルの統合	筑波大学	菱田 真史	10C
2019G521	自己修復性をもつホスト-ゲスト相互作用による超分子材料の延伸プロセスの解明	山形大学	松葉 豪	6A
2019G522	倍率可変X線ラミノグラフィーの開発	KEK物構研	平野 馨一	14B, 3C
2019G523	金属イオンを用いた相分離構造体のリアルタイム追跡	北海道大学	斉尾 智英	6A, 10C
2019G524	側鎖型液晶性高分子における側鎖メソゲン基密度が液晶相に与える影響	滋賀県立大学	竹下 宏樹	6A
2019G532	SAXSによる薬物封入ナノ粒子形成過程のリアルタイムモニタリング	千葉大学	東 顕二郎	10C
2019G537	糖ガラスに包埋されたタンパク質の構造安定性の分子機構:生物の低温・乾燥耐性と食品保存研究への展開	群馬大学	平井 光博	10C
2019G538	高分子形状初期化・再生法に基づく動的ナノ構造の解析	東京大学	本多 智	10C
2019G541	位相X線顕微鏡を用いた3D形態観察によるヒト胚子画像解析と発現現象の再定義	京都大学	山田 重人	14C
2019G542	位相コントラストX線撮像法を用いたヒト胚子の気管支形成の検討	京都大学	高桑 徹也	14C
2019G551	有機溶媒/水/界面活性剤混合エマルション系での銀ナノ粒子形成過程のin-situ SAXS解析	奈良女子大学	原田 雅史	6A
2019G565	昆虫体表脂質の構造と物性に関する構造化学的研究	大阪大学	金子 文俊	10C, 15A2
2019G571	多重層X線トポグラフィによるダイヤモンド結晶の成長履歴の研究	島根大学	水野 薫	20B
2019G576	医療用放射線のイメージングを目指した有機半導体放射線検出器の開発と特性評価	富山高等専門学校	高田 英治	14A
2019G577	小角X線散乱法による牛乳内のカゼインミセルの構造解析	KEK物構研	高木 秀彰	15A2
2019G579	超強偏斥単分散ブロック共重合体が形成するシングルナノスケール相分離構造に関する研究	北海道大学	磯野 拓也	6A
2019G588	ブロック共重合体で形成するFrank-Kasperのσ相と複数の秩序相間の秩序-秩序相転移	KEK物構研	高木 秀彰	15A2

2019G589	カーボンファイバーの効果的リサイクル方法の開発を目指した構造・物性解析	東京工業大学	塩谷 正俊	6A
2019G594	せん断応力印加によるチョコレート結晶化促進効果に対する乳脂肪添加の影響の解明	広島大学	上野 聡	6A
2019G596	ポリエチエングリコール共存下における金ナノクラスターの自発的融合現象の解明	宇都宮大学	上原 伸夫	6A
2019G597	35 keVから75 keVまでのX線領域における人体軟組織3次元描画のためのX線暗視野法光学系開発	総合科学研究機構	安藤 正海	14C
2019G598	高解像度屈折コントラストCTによるX線病理解剖学の確立	北海道科学大学	島雄 大介	14B
2019G606	新積分型SOIピクセル検出器を用いたX線残留応力の精密測定とCT測定法の開発	KEK物構研	西村 龍太郎	14A, 14B, 14C
2019G608	計数型SOIピクセル検出器の実用化に向けたプロトタイプ検出器開発	KEK物構研	西村 龍太郎	14A
2019G611	X線小角散乱によるヒドロゲナーゼ成熟化因子複合体の構造解析	茨城大学	庄村 康人	6A, 10C, 15A2
2019G613	X線ピクセル検出器(XRPIX)のサブピクセル内の応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	14A
2019G617	X線散乱法による高分子材料の破壊の前駆段階で起こる一連の結晶構造変化の詳細解明と局所ひずみとの関連化	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	15A2
2019G623*	血流を保ったin vivo骨格筋の2次元X線回折法の確立	東京慈恵会医科大学	中原 直哉	6A
2019G624	フッ素化スルホン酸アイオノマーと金属酸化ナノ粒子の混合分散液のSAXS測定	技術研究組合 FC-Cubic	山口 真	6A
2019G637	時分割回折X線減法を用いた光励起型の膜タンパク質微結晶分子動態計測	東京大学	佐々木 裕次	NW14A
2019G648	X線天文衛星「XRISM」搭載X線CCDのSi-K吸収端における応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	11B
2019G651	X線マイクロビームを細胞質に限定的照射したときに誘導される放射線適応応答へのバイスタンダー効果の関与	原研機構	鈴木 雅雄	27B
2019G654	X線小角散乱法を用いたDNA修復タンパク質XRCC4の疑似リン酸化による構造変化の研究	原研機構	横谷 明德	10C
2019G659	液晶エラストマーの異方収縮を利用したキック導入の試みとそれによる高分子材料の強化	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	10C, 15A2
2019G661	水相中に存在するイオンの逆ミセルサイズへの影響	東京工業大学	原田 誠	10C
2019G663	巨大球状ポリ酸分解生成物の解明	日本大学	尾関 智二	10C, NE3A, NW2A
2019G666	マイコプラズマ・モービル滑走運動タンパク質の立体構造解析	東京大学	新井 宗仁	10C
2019G667	トリブロック共重合体ポリマー型材料中のドメイン光架橋がナノ構造の熱・力学変形耐性に与える影響	名古屋工業大学	林 幹大	10C, 15A2
2019G672	機能性高分子を複合化したナノ粒子間相互作用ポテンシャルの研究	千葉大学	森田 剛	6A
2019G673	その場GI-WAXD法に基づく剛直高分子の垂直配向機構の解明	東京工業大学	石毛 亮平	10C
2019G680	拡張型心筋症原因変異がもたらすトロポニンの構造変化	原研機構	松尾 龍人	10C
2019G685	Mg ₈₅ Y ₉ X ₆ (X=Cu,Co,Ni) LPSO形成初期のクラスター構造とクラスター状態図の検討	京都大学	奥田 浩司	9C, 10C, 15A1
2019G687	X線小角散乱法による吸着剤・凝集体構造と金属イオンの吸着・錯形成挙動の相関解明	東京工業大学	中瀬 正彦	10C, 15A2
2019G691	パーキンソン病関連蛋白質シヌクレインのSAXS解析	原研機構	藤原 悟	6A

課題名等は申請時のものです。*印は条件付き採択課題。

2018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				
2018P019	銅酸化物高温超伝導体Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+x} の結晶構造と電子状態に関する研究	筑波大学	柏木 隆成	4C, 16A
2018P021	表面偏析単分子膜を用いた有機半導体薄膜表面の分子配向制御	理化学研究所	但馬 敬介	13A
2019P003	マグネトロンスパッタ成膜された透明導電膜中に残存する成膜希ガスの存在状態の同定	産総研	野本 淳一	11B
2019P005	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
2. 構造物性				
2017P012	極性錯体結晶における極性構造の圧力依存性	東北大学	青山 拓也	18C
2017P015	複合金属ナノ粒子の形態・構造のハイスループット評価	産総研	中村 浩之	15A2, 8A
2017P017	鉄系超伝導体Ba _{1-x} K _x Fe ₂ As ₂ における新奇電子秩序相の解明	大阪大学	中島 正道	4C
3. 化学・材料				
2019P001	X線吸収分光法によるゼオライト合成水溶液内の局所構造評価	産総研	小平 哲也	9C, NW10A
5. 生命科学II				
2019P006	Phase contrast imaging with synchrotron X-ray using interferometry	Korea University Anam Hospital,	Eunjue YI	14C

2019年度第1期配分結果一覧

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/6	5/7	5/8	5/9	5/10	5/11	5/12
	STOP	TM	TM	TM	E	E	E
1A					調整		
2A/2B					調整	18S2-004 組頭 広志	18G587 松田
3A					18G687 Wolfgang VOEGL	18G566 田中	
3B					19G046 枝元 一之		
3C					18G117 山口 博隆		
4A					調整	18G575 高橋 嘉夫	
4B2					17G608 植草 秀裕		
4C					17G553 中尾 裕則		
5A					調整		19RP-10 大戸 勇
6A					調整	18G655 野島 勉	18G027 藤井 伸一
6C					18G103 有馬 寛		
7A					18P016 境 誠司		
7C					18G066 鈴木 秀士		
8A					17S2-001 熊井 隼児		
8B					18G080 西村 真一	17S2-001 熊	
9A					調整	17G587 中島 伸夫	
9C					調整	19G067 原田 雅史	
10A					調整		
10C					調整	19PF-09 桑原 健人	18G541 早井 光地
11A					17G625 志岐 成友		
11B					18G671 田端 千雄		
11D					18G012 小池 雅人		
12C					調整	19G070	18G089 高橋 嘉夫
13A/13B					18S2-00	18S2-00	18S2-005 小澤 剛
14A					調整		
14B					18G669 砂口 尚輝		
14C					調整		18G560 米山 明男
15A1					調整		
15A2							
16A					調整	17G645 兩宮 健太	
17A					調整		
18B					運営	19-IB-17	
18C					18G088 石井 陽祐	19G026 興野	
19A/19B					調整	18S1-001 高橋 嘉夫	
20A					18G516 北島 昌史		
20B					調整		
27A					調整	19G032 馬場 祐治	
27B					18G684 大原 麻希	17G695 鈴木 雅雄	
28A/28B					調整		
NE1A	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF					17G577 前川 雅樹		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/13	5/14	5/15	5/16	5/17	5/18	5/19
	E	E	B	E	E	E	E
1A	調整	19G0	19RP-01 松崎 直之	19Y008	18G5	19R	19RP-08
2A/2B	18G587 松田	19Y002	18G587	19Y002	19Y002	17G537	17G537 木村 真一
3A	18G566 田中 悟	19G056 清水 亮太	17G703 犬飼 潤治				
3B	19G046 枝元 一之						
3C	18G008 高橋 由美子	18G501 藤 永昭					
4A	18G575 高橋	18G558 三河内 岳	18G578 森田 明子	18G593 安井			
4B2	17G608 植草 秀裕	18G080 西村 真一					
4C	17G553 中尾	17G643 中島 正道	18G571 中島 正道				
5A	19C201	19G	19Y005	18	17	17	19
6A	調整	19PF-05	19G116 杵水 祥一	17G566 齊藤 智哉	18G092 上野 聡	18G626 上野 聡	17G648 上野 聡
6C	19G087 杉山 和正	18G683 坂井 伸行					
7A	18P016 境 誠司	19C202	19G121 長浜 太郎				
7C	18G066 鈴木 秀士	17G706 手塚 泰久					
8A	18S2-006 山崎 裕一	18G080 西村 真一	19G145 佐賀山 基				
8B	17S2-001 熊	調整	19G145 佐賀山 基				
9A	17G587 中島	18G067 野原 俊秀	19C213	19G133	17G603 岡田 仁	19WY001	16S2-005 藤森 洋
9C	19S2-002 木村 正雄	19P001	18G151	18G628 奥村 和	18G510 林 久史		
10A	調整	19G084 吉朝 朗					
10C	17G698 早井 光地	19RP-06 西野 達也	18G564 奥田 史郎	18G099 山本 勝也	19G002 奥田 健二	17G526 奥田 真史	19RP-05 角田 大
11A	17G625 志岐 成友						
11B	18G671 田端 千雄	17G553 中尾 裕則					
11D		18G072 江島 丈雄					
12C	19Y003	19Y004	18S2-002 佐藤 文彦				
13A/13B	18S2-005 小澤 健一	18S2-00	18S2-00	18S2-00	18S2-00	18S2-00	18S2-00
14A	19PF-14 岸本 俊二	18G053 岸本 俊二	17G542 高田 英治				
14B	18G669 砂口 尚輝	17G697 安藤 正海	19G103 橋 勝				
14C	19C210	19G040 The The LWIN	調整	17G598 山田 重人	17G688 高橋 敬也		
15A1	調整	19PF-15	19G066 武市 泰男	19C211	17G587 中島 伸夫		
15A2							
16A	17G	18G025 熊	18P012 志賀 友里	16S2-005 藤森 洋	18S2-004 藤森 洋	17G597 和	
17A	調整	19Y001	17	19Y010	19G	19Y009	17G
18B	19-IB-17	運営	19-IB-06				19-IB-02
18C	19G026 興野	18G605 篠崎 影子	17G644 篠崎 裕之				17G640 中野
19A/19B	18S1-001 高橋 嘉夫						
20A	18G516 北島 昌史						
20B	18G686 加藤 有香子						
27A	18G518 藤村 志郎				18G085 関口 智弘		
27B	17G555 藤村 明雄	調整	18G065 本間 克広	18G518 藤村 志郎	18G567 松浦 治典	18G568 松浦 治典	17G623 松浦 治典
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史				19G122 吉田 鉄平		
NE1A	T/M	T/M	T/M	T/M	E	E	E
NE3A					19S2-001 小林 寿夫		
NE5C					調整		
NE7A					19G047 大高 理	19G143 浦川	
NW2A					18G580 松下 昌之助		
NW10A					17G680 尾関 智二	18G083 井口	
NW12A					18G615 朝倉 清高	17G620 池本	
NW14A					調整		
SPF					18S2-003 足立 純一	19G053 CA	
					18G513 枝元 一之	18G664 平川 力	

「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、どうぞご登録下さい。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、どうぞご投稿下さい。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/>

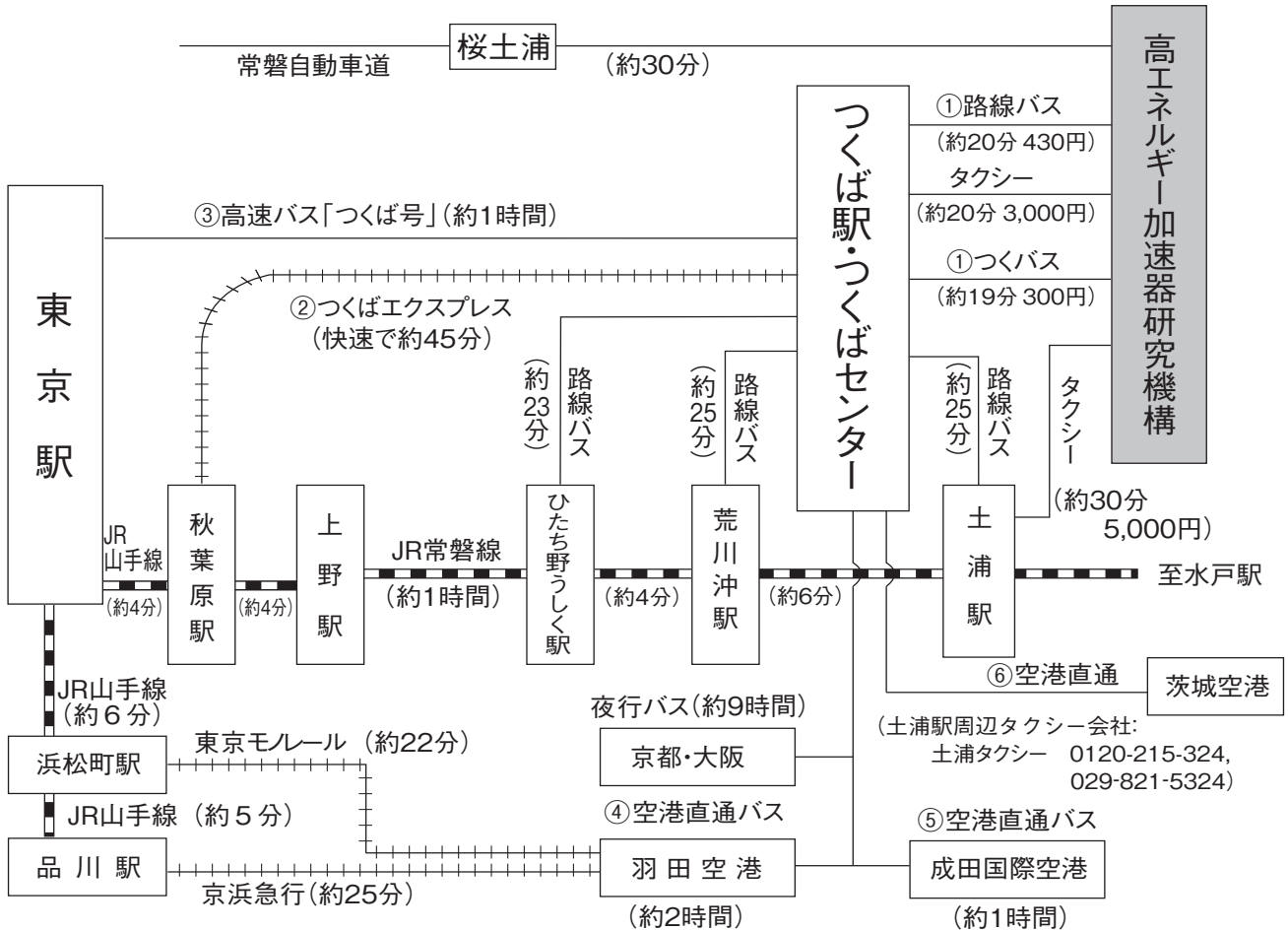
編集後記

令和に改元され、早くも（原稿執筆時点で）3ヶ月が経過した。昭和の終わりに生まれ、失われた30年とも一部から言われるようになってしまった平成を生きてきた筆者としては、改元に多少なり期待感を抱いていた。たしかに身の周りの生活レベルで突然何かが変わるわけでも無いのだが、好きな音楽を聴いたらスッと気持ちが軽くなるかのごとく、「改元ムード」によって社会に明るい話題が増えれば良いなと思っていたわけである。しかしながらこの3ヶ月を振り返ってみると、貿易戦争懸念や凄惨な事件、芸能事務所と演者のトラブルといった話題にさらわれ、あまり明るいニュースは聞こえてこない。先日の参議院選挙では投票率が24年ぶりに50%を割ってしまったそう。特に20歳代といった若者の投票率が低かったらしく、「どうせ、何も変わらない」といった「あきらめムード」の世相を反映しているように感じられた。研究業界はどうか。今朝も、政府主導の大規模な科学技術政策のニュースが記事になっていた。パンを片手に記事を読みながら「何も変わらないのでは」と思っている自分にふと気づく。そんな思いを払拭するかのように、玄関に向かって、好きな音楽、好きな服を身に纏い、令和気分ですきだす。明るいムードで、ネバーギブアップでいきましょう。(M.S.)

* 2019 年度 PF ニュース編集委員 *

委員長	中尾 裕則	物質構造科学研究所			
副委員長	小松 一生	東京大学理学系研究科			
委員	荒川 孝俊	東京大学大学院農学生命科学研究科			
	石毛 亮平	東京工業大学物質理工学院	宇佐美徳子	物質構造科学研究所	
	加藤 龍一	物質構造科学研究所	坂野 昌人	東京大学大学院工学系研究科	
	島田 美帆	加速器研究施設	杉山 弘	物質構造科学研究所	
	高木 秀彰	物質構造科学研究所	武市 泰男	物質構造科学研究所	
	田中 雅人	東京大学大学院理学研究科	南部 英	(株) 日立製作所基礎研究センタ	
	若林 大佑	物質構造科学研究所	和田 健	量子科学技術研究開発機構	
	和田 敬広	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科			
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所			

KEK アクセスマップ・バス時刻表



高エネルギー加速器研究機構

(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー 0120-000-302, 029-864-0301) (確認日：2019. 7. 23)

①つくばセンター ↔ KEK (2019年7月1日改定)

関東鉄道バス 所要時間 約20分 運賃 440円 (KEKー土浦駅間の料金は780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	C8	× 20:05	× 20:20
HB	7:25	7:45	HB	10:50	11:10	C8	× 16:25	× 16:40	HB	20:10	20:30
C8	× 7:50	× 8:05	C8	10:55	11:10	HB	16:30	16:50	HB	20:30	20:50
HB	7:50	8:10	71	11:00	11:21	71	× 16:35	16:56	HB	21:20	21:40
18	○ 8:10	○ 8:32	HB	11:50	12:10	C8	17:00	17:15	HB	21:50	22:10
18	× 8:12	× 8:34	HB	12:20	12:40	HB	17:10	17:30	HB	22:30	22:50
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	18	× 20:50	× 21:10
HA	7:04	7:35	HA	10:59	11:35	HA	16:54	17:30	HA	21:04	21:40
HA	7:04	7:40	HA	11:29	12:05	71	16:58	17:25	HA	21:44	22:20
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	10:10	C8	× 14:50	× 15:10	HA	19:24	20:00			
HA	10:04	10:40	HA	14:54	15:30	C8	× 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

(2018年3月17日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速) 約45分 [1,190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	10:13	11:06	19:20	20:13
* 5:30	6:28	○ 10:30	11:15	△ 19:30	20:20
○ 5:50	6:35	10:43	11:36	19:40	20:35
6:06	6:59	(10時~15時まで同じ)		19:50	20:43
6:17	7:12	○ 16:00	16:45	○ 20:00	20:46
○ 6:28	7:15	16:13	17:06	20:10	21:04
* 6:31	7:30	○ 16:30	17:15	20:20	21:14
6:43	7:38	16:42	17:35	○ 20:30	21:17
○ 6:57	7:42	○ 17:00	17:45	20:40	21:34
7:11	8:04	17:10	18:04	20:50	21:44
○ 7:25	8:12	17:20	18:13	○ 21:00	21:46
7:39	8:34	△ 17:30	18:20	21:15	22:09
7:52	8:48	17:40	18:35	21:29	22:22
8:03	9:01	17:50	18:44	21:41	22:36
○ 8:19	9:05	△ 18:00	18:50	○ 22:00	22:45
8:33	9:29	18:10	19:05	22:16	23:09
○ 8:48	9:35	18:20	19:14	22:30	23:23
9:00	9:54	△ 18:30	19:20	22:45	23:38
9:13	10:07	18:40	19:35	○ 23:00	23:46
○ 9:30	10:15	18:50	19:44	23:15	0:09
9:43	10:36	△ 19:00	19:51	23:30	0:23
○ 10:00	10:45	19:10	20:05	* 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
5:08	5:59	○ 9:23	10:08	18:41	19:34	* 23:14	0:12
○ 5:26	6:11	9:28	10:23	○ 19:00	19:45		
5:32	6:25	9:51	10:44	19:02	19:55		
5:52	6:45	○ 10:11	10:56	19:11	20:04		
6:12	7:06	10:20	11:13	○ 19:30	20:16		
6:23	7:18	○ 10:41	11:26	19:32	20:25		
△ 6:38	7:28	10:50	11:43	19:41	20:35		
6:42	7:37	(10時~15時まで同じ)		○ 20:01	20:46		
6:53	7:48	○ 16:11	16:56	20:04	20:57		
7:04	8:00	16:20	17:13	○ 20:30	21:15		
7:12	8:08	16:31	17:26	20:38	21:31		
△ 7:24	8:16	16:41	17:35	20:50	21:43		
7:27	8:24	16:50	17:43	○ 21:09	21:54		
7:36	8:32	17:02	17:55	21:12	22:06		
7:43	8:38	17:11	18:04	21:26	22:19		
△ 7:53	8:44	17:22	18:15	21:40	22:33		
7:57	8:52	○ 17:42	18:27	21:52	22:45		
8:09	9:02	17:50	18:43	22:02	22:55		
△ 8:19	9:09	18:02	18:56	22:17	23:10		
8:27	9:23	18:10	19:04	22:29	23:22		
8:42	9:37	○ 18:29	19:15	* 22:42	23:40		
8:57	9:51	18:31	19:26	22:58	23:51		

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	9:43	10:36	○ 22:00	22:45
* 5:30	6:28	○ 10:00	10:45	22:15	23:08
○ 5:50	6:35	10:13	11:06	22:30	23:23
6:04	6:57	○ 10:30	11:15	22:45	23:38
6:16	7:09	10:43	11:36	○ 23:00	23:46
○ 6:30	7:15	○ 11:00	11:45	23:15	0:08
6:45	7:38	11:13	12:06	23:30	0:24
○ 7:00	7:45	○ 11:30	12:15	* 23:45	0:43
7:15	8:08	11:43	12:36		
○ 7:30	8:15	(11時~19時まで同じ)			
7:45	8:38	○ 20:00	20:45		
○ 8:00	8:45	20:13	21:06		
8:15	9:08	○ 20:30	21:15		
○ 8:30	9:15	20:43	21:37		
8:45	9:38	○ 21:00	21:45		
○ 9:00	9:45	21:13	22:06		
9:13	10:06	○ 21:30	22:15		
○ 9:30	10:15	21:43	22:36		

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	○ 7:45	8:30	10:20	11:13	○ 22:10	22:55
○ 5:26	6:11	7:50	8:43	○ 10:41	11:26	22:15	23:09
5:32	6:25	8:04	8:57	10:50	11:43	22:30	23:24
5:51	6:44	○ 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		
7:28	8:21	○ 10:11	10:56	21:46	22:39		

○: 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

③ 高速バス

高速バス発車時刻表 [つくば号]

(2018年12月1日現在)

運賃 東京駅←つくばセンター (←筑波大学) : 1180円 (交通系電子マネー利用で下りは1130円, 上りは950円※)
 ※~2020年3月31日のキャンペーン期間は800円
 @ミッドナイトつくば号 東京駅→筑波大学 : 2200円
 所要時間 東京→つくば65分~70分
 つくば→上野90分 (平日) つくば→東京110分 (平日)
 つくば→東京80分 (日祝日)

○ 6:50U	○ × 9:30U	○ × 14:30U	○ × 18:40U	× 21:30U
× 7:00U	○ × 10:00U	○ × 15:00U	○ × 19:00U	○ 21:40U
○ 7:20	○ × 10:30U	○ × 15:30U	○ 19:20U	○ × 22:00U
× 7:30U	○ × 11:00U	○ × 16:00U	× 19:30U	○ 22:20U
○ 7:40	○ × 11:30U	○ × 16:30U	○ 19:40	× 22:30U
○ × 8:00U	○ × 12:00U	○ × 17:00U	○ × 20:00U	○ 22:40U
○ 8:20U	○ × 12:30U	○ × 17:20U	○ × 20:20U	○ × 23:00U
× 8:30U	○ × 13:00U	○ × 17:40U	○ × 20:40U	○ 23:50U@
○ 8:40U	○ × 13:30U	○ × 18:00U	○ × 21:00U	× 24:00U@
○ × 9:00U	○ × 14:00U	○ × 18:20U	○ 21:20U	○ 24:10U@
			○ × 24:30U@	

○ 5:00U	× 8:40U	○ × 11:30U	○ 16:20U	○ 19:20U
○ × 5:30U	○ × 9:00U	○ × 12:00U	× 16:30U	× 19:30U
○ × 6:00U	○ 9:20	○ × 12:30U	○ 16:40	○ 19:40U
○ × 6:30U	× 9:20U	○ × 13:00U	○ × 17:00U	○ × 20:00U
○ × 7:00U	○ 9:40	○ × 13:30U	○ 17:20U	○ 20:20U
× 7:20U	× 9:40U	○ × 14:00U	× 17:30U	× 20:30U
○ 7:30U	○ × 10:00U	○ × 14:30U	○ 17:40U	○ 20:40U
× 7:40U	○ × 10:20U	○ × 15:00U	○ × 18:00U	○ × 21:00U
○ × 8:00U	○ 10:40	○ 15:20U	○ 18:20U	○ 21:20
× 8:20U	× 10:40U	× 15:30U	× 18:30U	× 21:30U
○ 8:30U	○ × 11:00U	○ 15:40U	○ 18:40U	○ 21:40U
		○ × 16:00U	○ × 19:00U	○ × 22:00U

※○: 平日 ×: 土日休日 @ミッドナイトつくば号

上りは, 平日のみ都営浅草駅, 上野駅経由。八潮PAで下車も可。

※つくば市内のバス停 (上下便とも) 筑波大学, 学生会館, 筑波大学病院, つくばセンター, 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木二丁目, 並木大橋, 下広岡

※ミッドナイトつくば号の乗車券は乗車日の1カ月前から発売。

●発売窓口: 学園サービスセンター (8:30~19:00) 東京営業センター (東京駅乗車場側/6:00~発車まで)

新宿営業センター (新宿駅南口JRバス新宿営業センター内/6:00~23:00)

●電話予約: JRバス関東03-3844-0489 (10:00~18:00) ●ネット予約: 決済 <http://www.kousokubus.net/> (高速バスネット)

④⑤⑥ 空港直通バス

(つくばセンターバス乗り場: 8番)

羽田空港←つくばセンター

所要時間: 約2時間 (但し, 渋滞すると3時間以上かかることもあります。) 運賃: 1,850円 (2018年10月1日改定)

国際線ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
9:20	9:30	9:35	11:20
11:10	11:20	11:25	13:10
14:45	14:55	15:00	16:45
15:55	16:05	16:10	17:55
17:45	17:55	18:00	19:45
19:05	19:15	19:20	20:45
20:45	20:55	21:00	22:15
21:55	22:05	22:10	23:25

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル	国際線ターミナル
4:40	6:17	6:22	6:29
6:00	7:47	7:52	7:59
8:00	9:57	10:02	10:09
9:30	11:27	11:32	11:39
12:30	14:07	14:12	14:19
14:30	16:07	16:12	16:19
17:30	19:07	19:12	19:19
18:35	20:02	20:07	20:14

※ 平日日祝日とも上記時刻表

※ 羽田空港乗り場: 1階到着ロビーバス乗り場13番, 国際線ターミナル6番

※ 上下便, つくば市内でのバス停: 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木大橋

※ 問い合わせ: 029-836-1145 (関東鉄道) / 03-3765-0301 (京浜急行)

成田空港←つくばセンター (土浦駅東口行) (AIRPORT LINER NATT'S)

運賃: 2,300円

(2019年6月29日改定)

乗車券購入方法 (成田空港行): 予約制。1カ月前から予約受付。乗車券は3日前までに購入。

予約センター電話: 029-822-5345 (月~土: 9:00~19:00)

つくばセンター方面土浦駅東口行: 成田空港1F京成カウンターにて当日販売

第3ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
7:30	7:35	7:40	8:40
8:30	8:35	8:40	9:35
9:30	9:35	9:40	10:50
10:30	10:35	10:40	11:50
11:30	11:35	11:40	12:35
13:00	13:05	13:10	14:20
14:40	14:45	14:50	15:45
16:00	16:05	16:10	17:20
16:50	16:55	17:00	18:00
17:50	17:55	18:00	19:10
18:50	18:55	19:00	19:55
20:30	20:35	20:40	21:50

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル	第3ターミナル
5:20	6:15	6:20	6:25
6:20	7:30	7:35	7:40
7:20	8:15	8:20	8:25
8:50	10:00	10:05	10:10
10:20	11:30	11:35	11:40
11:50	13:00	13:05	13:10
12:50	14:00	14:05	14:10
13:40	14:50	14:55	15:00
14:50	15:45	15:50	15:55
16:10	17:05	17:10	17:15
17:20	18:20	18:25	18:30
18:50	19:50	19:55	20:00

※ 平日日祝日とも上記時刻表

茨城空港←つくばセンター

(2019年3月31日改定)

所要時間: 約1時間

運賃: 1,030円

問い合わせ 029-836-1145 (関東鉄道)

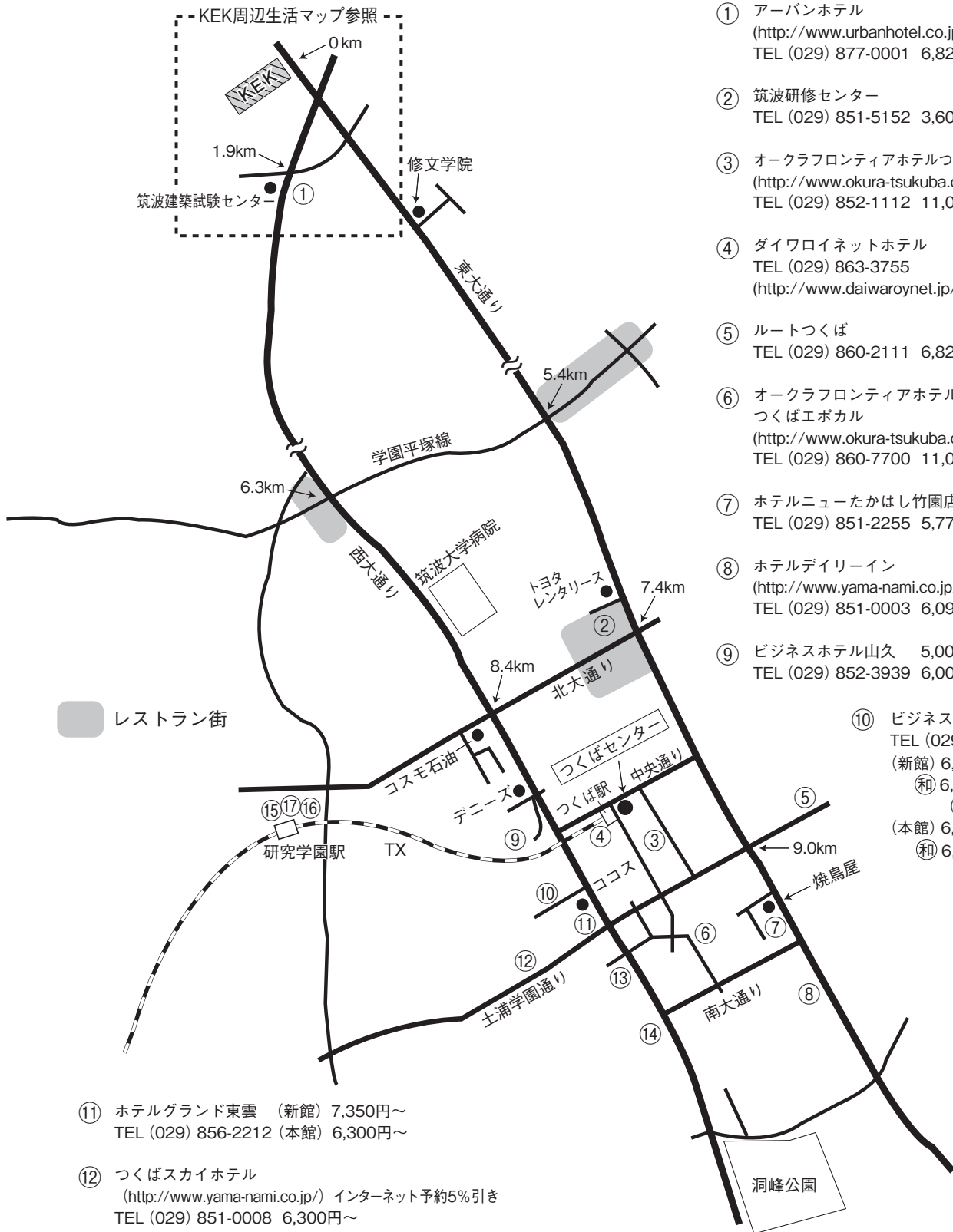
10:50	11:50
17:20	18:20

9:00	10:00
14:40	15:40

※航空便の運行状況によって, 運休/時刻変更の場合があります。

つくば市内宿泊施設

(確認日:2019. 7. 23) ※ 料金は参考値です。



- 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 オークラフロンティアホテルつくば
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)
TEL (029) 852-1112 11,088円～
- ④ ダイワロイネットホテル
TEL (029) 863-3755
(<http://www.daiwaroynet.jp/tsukuba/>)
- ⑤ ルートつくば
TEL (029) 860-2111 6,825円～ (朝食付)
- ⑥ オークラフロンティアホテル
つくばエボカル
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)
TEL (029) 860-7700 11,088円～
- 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)

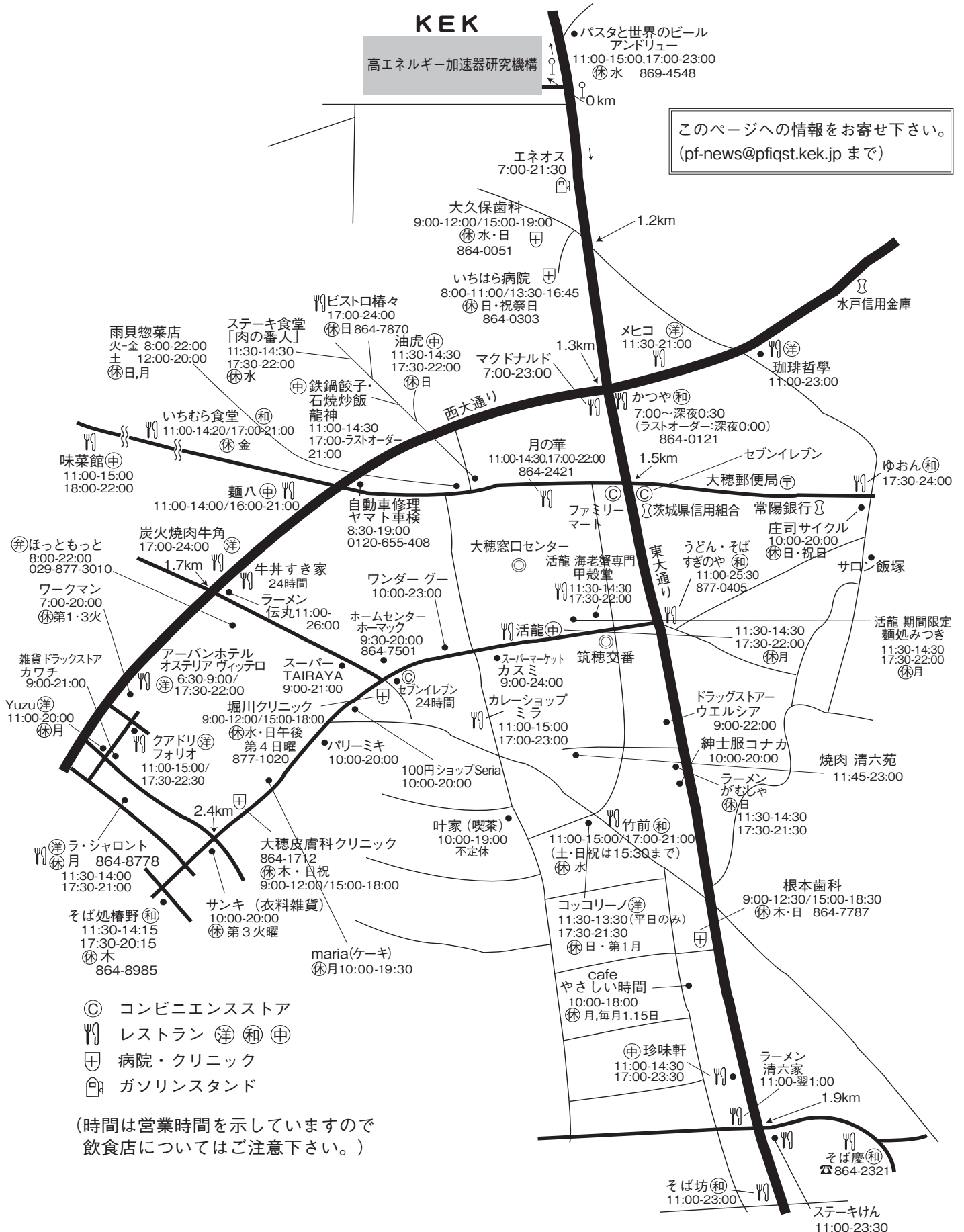
- ⑪ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑫ つくばスカイホテル
(<http://www.yama-nami.co.jp/>) インターネット予約5%引き
TEL (029) 851-0008 6,300円～
- ⑬ 学園桜井ホテル
(<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>)
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑭ ビジネス旅館二の宮
TEL (029) 852-5811 5,000円～
(二人部屋のみ 2食付)

- 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

(確認日：2019. 8. 20)

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



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。

●共同利用宿泊者施設（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 2,000円

シングルバス・トイレなし 1,500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

●喫茶店「風来夢（プライム）」（内線 3910）

営 業 日：毎日（年末年始、夏季休業日を除く）

営業時間：8時00分～21時00分

（朝食）8時00分～9時30分

（昼食）11時30分～15時00分

（夕食）17時30分～21時00分

上記以外は喫茶のみで営業（ただし、10時～11時30分は休憩）。

※営業時間は変更になる場合がありますので、

HP(<https://www.kek.jp/ja/ForResearcher/KEKMap/Cafe/>)にてご確認ください。

●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 8:00～21:00

土日祝 10:00～17:00（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-〇〇〇（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〇〇〇（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）。

●常陽銀行ATM

取扱時間：9:00～18:00（平日） 9:00～17:00（土）

日・祝日の取扱いはありません。常陽銀行以外の金融機関もカードのみの残高照会、引出しが可能です。

●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 (2019. 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 高橋 (東大)
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	兵藤
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	清水
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 DAS, Gangadhar (JNCASR)
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	兵藤
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	兵藤
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

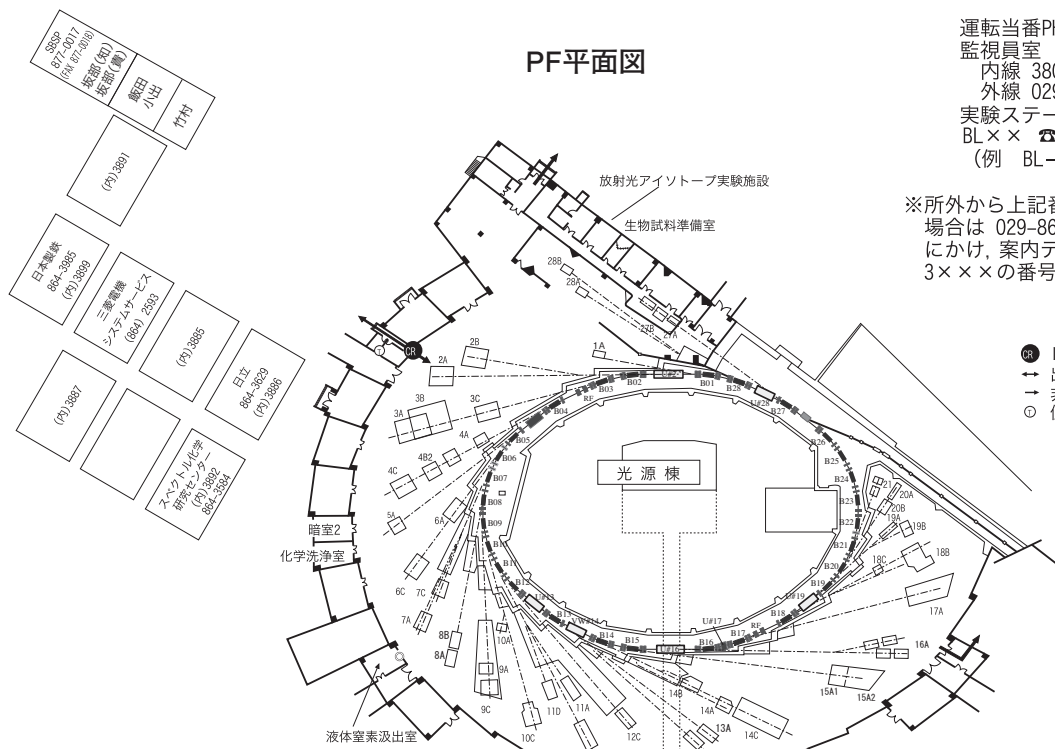
【UG 運営装置】 AR-NE7A 高温高压実験装置 (MAX-III) 久保友明 (九州大)

【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 JNCASR DAS, Gangadhar 029-879-6237 [2628] rnrsgangadhar@gmail.com

PF平面図

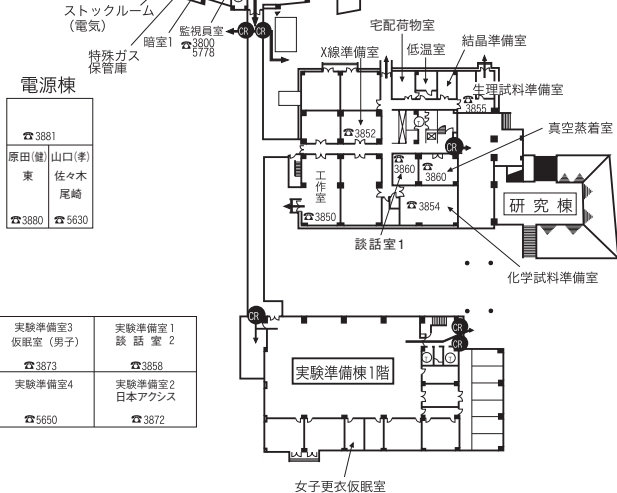
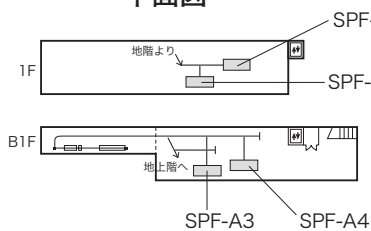
運転当番PHS 4209
 監視員室
 内線 3800
 外線 029-864-5778
 実験ステーション
 BL×× ☎38××
 (例 BL-6 ☎3806)

※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)
 についで、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)
 - 東 佐々木 尾崎
 - ☎3880 ☎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) ☎3874	実験準備室1 談話室2 ☎3873	実験準備室2 日本アクセス ☎3858	実験準備室4 ☎5650	実験準備室1 談話室2 ☎3872
-----------------	-----------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------	-------------------------

0 25M

PF-AR平面図

PF-AR共同 研究棟

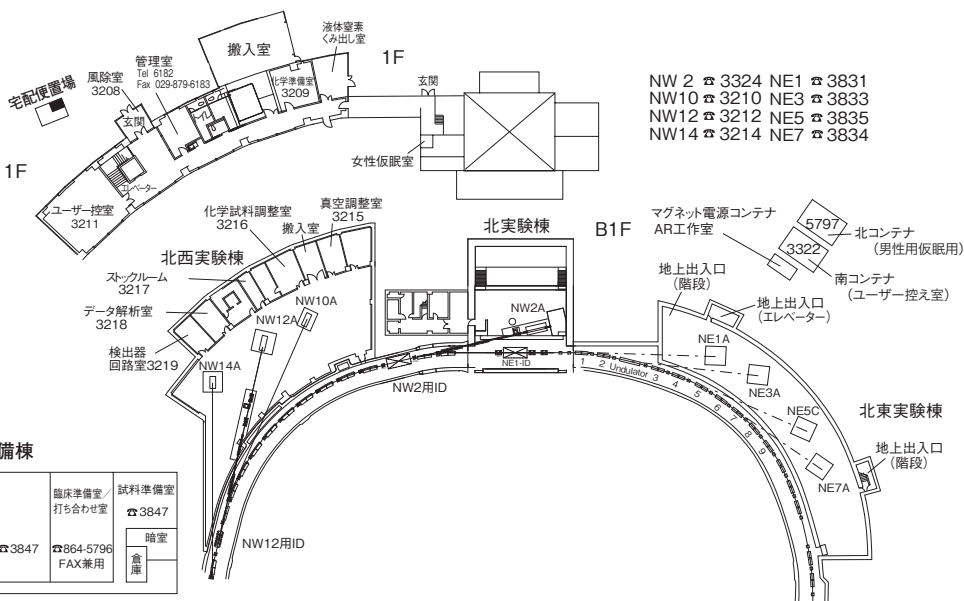
深谷、福本、
 高木(社)、一柳
 6185、6186
 Fax 6187

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

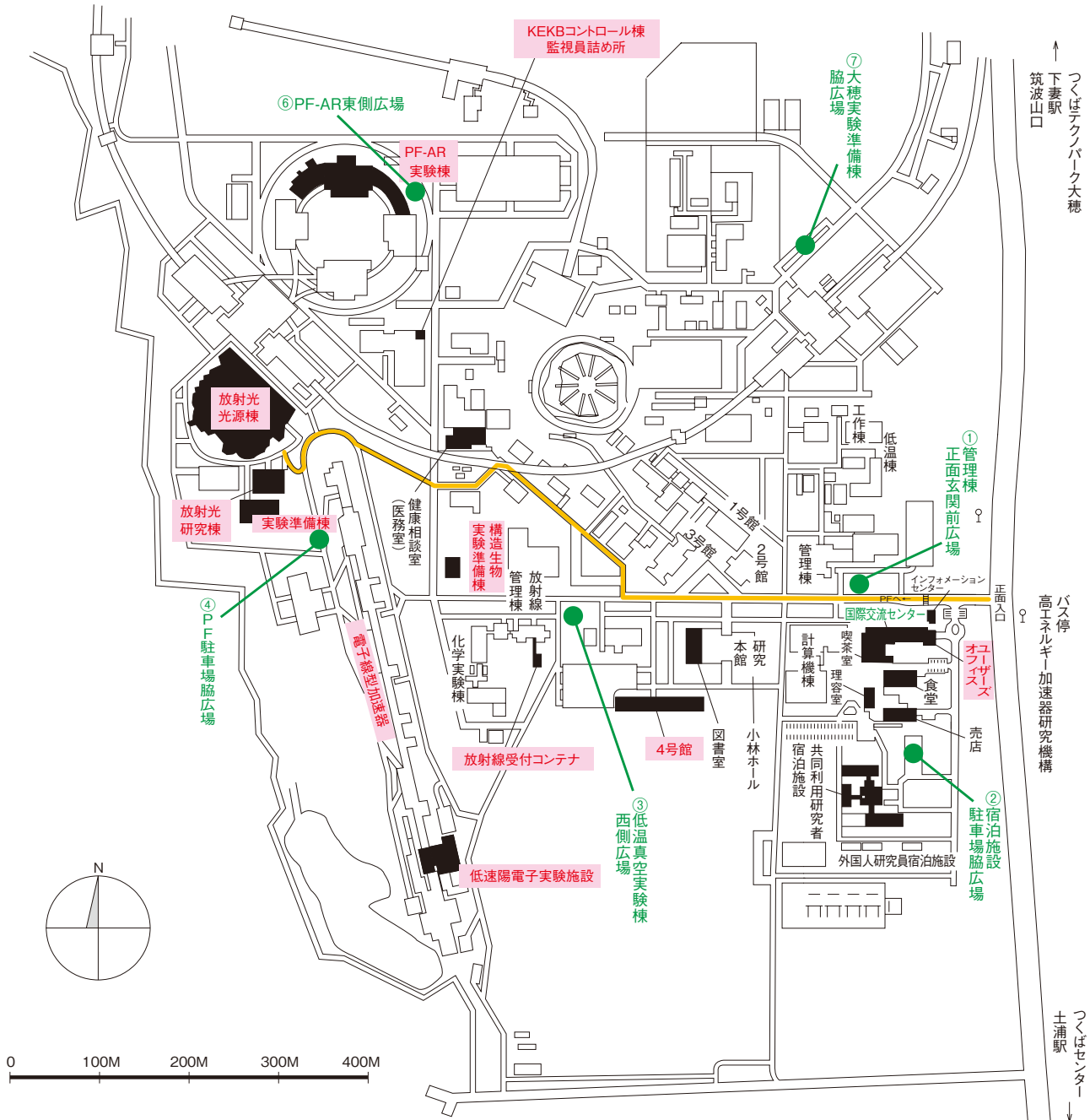
PF-AR実験準備棟

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



NW 2 ☎3324 NE1 ☎3831
 NW10 ☎3210 NE3 ☎3833
 NW12 ☎3212 NE5 ☎3835
 NW14 ☎3214 NE7 ☎3834

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

