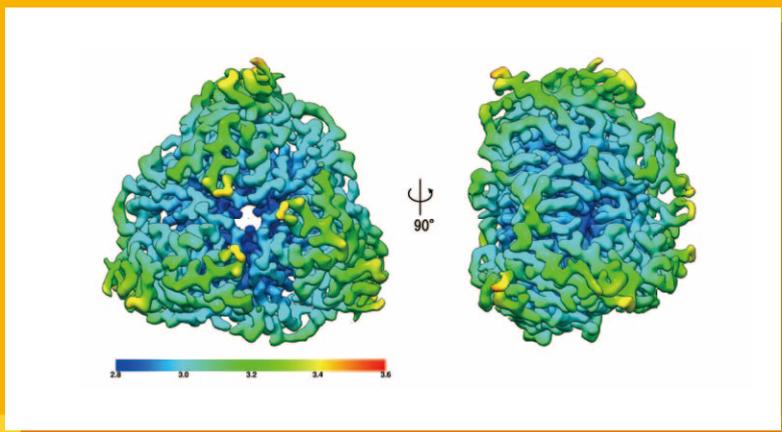
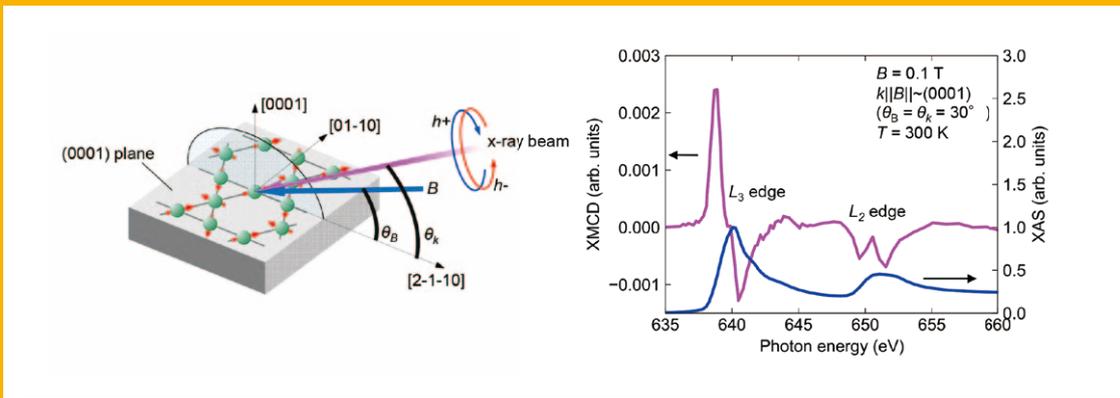
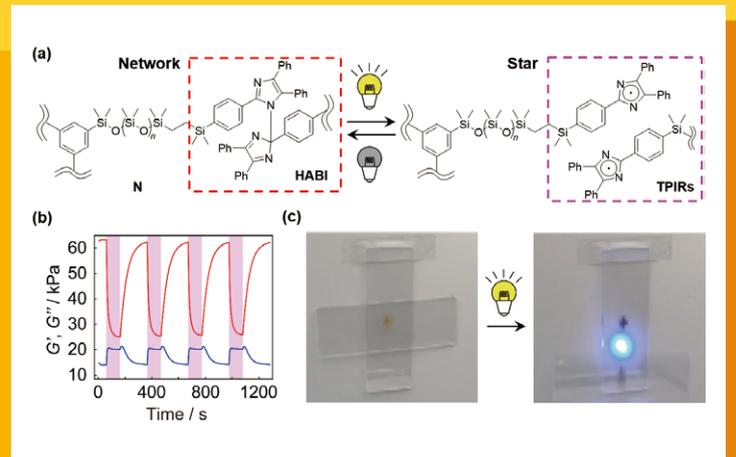
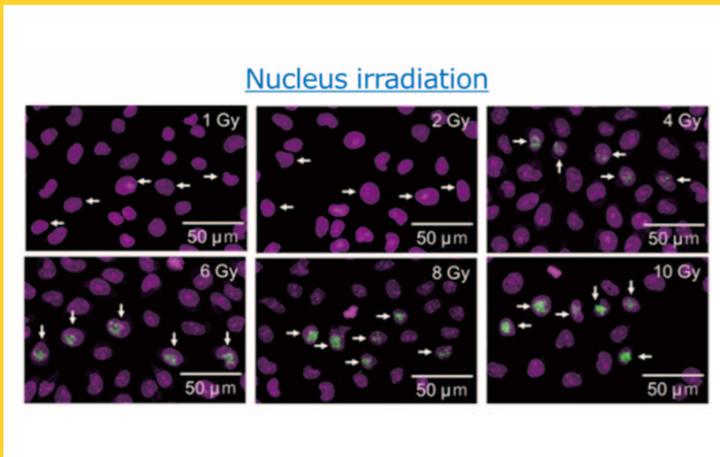


- 細胞質の放射線応答が細胞の放射線感受性に与える影響とそのメカニズム
- 光刺激で遠隔的に剥離・解体可能なシリコンエラストマーの合成と構造解析
- 巨大な異常ホール効果を生み出す磁気八極子秩序の軟X線磁気円二色性
- クライオ電子顕微鏡単粒子解析による亜硝酸還元酵素のパッキングフリー構造



目次

物構研だより	小杉 信博	1
現 状		
入射器の現状	惠郷 博文	2
光源の現状	小林 幸則	4
放射光実験施設の現状	船守 展正	8
放射光科学第一, 第二研究系の現状	千田 俊哉	9
最近の研究から		
細胞質の放射線応答が細胞の放射線感受性に与える影響とそのメカニズム Impact of cytoplasmic radiation responses on cellular radiosensitivity and its mechanism 前田 宗利, 前田 未佳, 宇佐美徳子, 冨田 雅典		10
光刺激で遠隔的に剥離・解体可能なシリコンエラストマーの合成と構造解析 Synthesis and structural characterization of photocleavable regenerative silicone elastomers 岡 美奈実, 本多 智		15
巨大な異常ホール効果を生み出す磁気八極子秩序の軟 X 線磁気円二色性 Soft X-ray magnetic circular dichroism of magnetic octupole order producing large anomalous Hall effect 木俣 基, 雀部 矩正, 栗田 謙亮, 山崎 裕一, 田端 千紘, 横山 優一, 小谷 佳範, MUHAMMAD Ikhlas, 冨田 崇弘, 雨宮 健太, 野尻 浩之, 中辻 知, 是常 隆		20
クライオ電子顕微鏡単粒子解析による亜硝酸還元酵素のパッキングフリー構造 Packing-Free Structure of Nitrite Reductase by Cryogenic Electron Microscopy Single Particle Analysis 山口 峻英, 安達 成彦, 守屋 俊夫, 川崎 政人, 小祝孝太郎, 篠田 晃, 山田 悠介, 湯本 史明, 高妻 孝光, 千田 俊哉		25
プレスリリース		
鉍物が一瞬だけ衝撃を受けるとどうなるか		29
タンパク質の結晶のほとんどはねじれている！ - 微小な“ねじれ”の観測に成功 -		29
エネルギーは、電流ではなく「摩擦」で失われていた～電気自動車用モーターの効率化に向けた新発見～		29
AWS と KEK, 日本のアカデミアにおける研究 DX を加速		30
新奇トリテルペン生成経路を発見		30
有機溶媒中で導電性高分子ポリアニリンを容易に合成する方法を開発～さまざまな物質との複合化が可能に～		30
有機トランジスタの動きを動画に - 電子の流れをイメージング -		31
つくば駅前特設展示「POP into サイエンス」開始のお知らせ - 第 1 回 中和抗体あるときないとき -		31
ユーザーとスタッフの広場		
小林正典先生を偲んで	本田 融	33
PF トピックス一覧 (5 月～7 月)		34
人 事		
人事異動・新人紹介		35
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教員公募について		36
お知らせ		
2022 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第 14 回 MLF シンポジウム / 第 40 回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ	山田 悟史, 宮田 登	38
Photon Factory Activity Report 2022 ユーザーレポート執筆のお願い	阿部 仁	38
KEK 一般公開のお知らせ	引田 理英, 高木 秀彰	38
防災・防火訓練のお知らせ	小山 篤, 野澤 俊介, 濁川 和幸	39
PF-UA タンパク質結晶構造解析グループ 第 7 回中級者講習会開催のお知らせ		39
2023 年度前期共同利用実験課題公募について		39
2023 年度前期フォトンファクトリー研究会の募集	船守 展正	40
予定一覧		40
運転スケジュール (Sep. ~ Dec. 2022)		41
掲示板		
放射光共同利用実験審査委員会速報	君島 堅一, 北島 義典	42
2022 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)		43
2022 年度前期からこれまでに採択された P 型課題		47
第 146 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		48
第 147 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		48
物構研コロキウム		48
2022 年度第 1 期配分結果一覧		49
編集委員会だより		
「PF ニュース」からのお知らせ		54
投稿のお願い		54
編集後記		54
巻末情報		55

〈表紙説明〉最近の研究から

- (上段左) 細胞核のみを X 線で照射すると 2 Gy 以下では DNA 損傷修復応答が観察されなかった。(「細胞質の放射線応答が細胞の放射線感受性に与える影響とそのメカニズム」より)
- (上段右) 光解体・再生式網目状物質の (a) 構造, (b) 粘弾性変化, および (c) 解体性粘着剤に応用した図 (「光刺激で遠隔的に剥離・解体可能なシリコンエラストマーの合成と構造解析」より)
- (中段) 巨大異常ホール効果を示す反強磁性体 Mn_3Sn の磁気構造、XMCD 実験配置 (左) と実験で得られたスペクトル (右) (「巨大な異常ホール効果を生み出す磁気八極子秩序の軟 X 線磁気円二色性」より)
- (下段) 銅型亜硝酸還元酵素のクライオ電子顕微鏡マップ (「クライオ電子顕微鏡単粒子解析による亜硝酸還元酵素のパッキングフリー構造」より)

今から約20年前に、国の大学や研究機関が法人化された後、自由な発想で研究する時間が減少し、国際比較では論文数のシェア減少が見られるなど、研究力が低下するような深刻な事態になっています。法人化の影響をどう評価するかはさておき、国ではこのような研究力低下から研究力向上へのV字回復を狙っているいろいろな施策を打っています。しかし、一度下がったものを再浮上させるのは、高度成長期後の現在の社会インフラ問題と同様、研究基盤の老朽化問題や後継者問題・人材育成問題も複雑に絡んでおり、簡単ではありません。大学を中心とした学術研究を支え、先導するという大学共同利用機関のミッションが変わるところはありませんが、大学とともに問題解決にあたるのが急務です。

国立大学は2015年に実施されたミッションの再定義を経て、運営費交付金の重点支援を行うために世界トップ型、専門分野型、地域貢献型の3類型に分類されたのち、2017年以降、世界トップ型16大学から研究力、社会連携、国際協働が最高水準である7つの指定国立大学が指定されています。また、法人化前には限られていた全国共同利用型の大学附置研究所の制度を発展的に解消して、100を超える共同利用・共同研究拠点やネットワーク型共同研究拠点が認定され、さらに2018年からは国際的なプレゼンスを向上させるための国際共同拠点の認定も始まっています。一方、これら文部科学省内（学術）の指定・認定制度と違って、国の行政方針に従う研究機関（科学技術）も独立行政法人化されたのち、国立研究開発法人となり、最近、国の指定（法律も制定）によって特定国立研究開発法人がいくつか誕生しています。

こうしてみると大学共同利用機関では、ミッションの再定義や自己検証・外部検証などがあったものの、今のところ大学のような大きな変化は起きていないことに気付かされます。もともと大学の研究力強化を図るために重点化された組織であるからでしょう。ただし、大学共同利用機関が属する4機構法人と総合研究大学院大学の5組織によって2022年3月に一般社団法人・大学共同利用研究教育アライアンスが組織されましたし、2023年4月より総研大が大きく改組されますので、変化がないわけではありません。

大学では、さらなる改革として、いわゆる10兆円大学ファンドの運用益による助成対象（JSTを通じた助成）となる「世界と伍する研究大学」としての国際卓越研究大学という制度が今年5月18日に成立した「国際卓越研究大学の研究及び研究成果の活用のための体制の強化に関する法律」に従って始まろうとしています。国際卓越研究大学に認定されるためには、研究及び研究成果の活用実績・体制、効果的な資源配分等を行う運営体制、研究と管理運営業務の役割分担等の執行体制などが一定基準である必要があり、さらに基盤的な研究活動を支援するために戦略的経営、マネジメント改革を求めるとされています。

大学で行なわれている学術研究では人材育成を組み込んだ形で個人の自由な発想で無から有を生み出すことがもともと大事なところですが、人材育成を競争的研究費でカバーすることなく、最低限の生活費（基盤的研究費）や人件費をどの分野でも無期限に保証すべきなのですが、法人化以降の流れの中で、大学院生間、研究者間、分野間、大学間、地域間で貧富の差が生まれるようになりました。海外の先進国の大学に比べて、上位層以外の日本の大学は厚みが足りない（研究費、研究時間、論文数等の観点で）との指摘がある中で、国際卓越研究大学制度が動き出すと、ますます他の大学との格差が開くばかりで、国立大学全体の厚みがなくなってしまいます。

そこで、総合科学技術・イノベーション会議において、10兆円大学ファンドの対象にもならない地域の中核大学に対して既定路線を打ち破る構造改革政策として、今年の2月に「地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージ」という答申が提出されました。そこでは国際卓越研究大学と地域中核大学によって研究大学群の形成（研究拠点、産学連携拠点、地域振興拠点などの魅力ある拠点形成）が提案されています。方向性としては、国際卓越研究大学や大学共同利用機関等がハブとなり、地域中核大学等の連携を強化することにより、人材の流動性向上や共同研究の促進、リソースの共有等を図り、全体の研究力向上を牽引する研究システムを構築することになります。

放射光分野においては、フォトンファクトリーの大成功によって、放射光の原理を知らなくても成果が確実に出せる標準的手法が確立したことを踏まえ、国は産業界への展開も目的に含め、共用施設を整備してきました。共用施設は国の行政方針に従う特定国立研究開発法人が担当しています。25年前に理化学研究所がSPring-8の共用を開始し、現在、量子科学技術研究開発機構がPhoSICを代表とするパートナーと役割分担して東北大キャンパスにNanoTerasuを建設中です。一方、大学の研究力向上に貢献することをミッションとしてきた大学共同利用機関、共同利用・共同研究拠点などの共同利用・共同研究体制については、国際卓越研究大学や地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージに関連して、国際動向や研究DXの進展を踏まえた大学研究基盤としての機能（人材育成を含む）をより強化する方向性が打ち出されていますので、UVSOR、HiSORを含めた学術基盤3施設の役割はますます重要になると言えます。研究者は確立した手法を利用するだけではありません。人材も手法も育成していく（自由な発想で無から有を生み出す）ことを重視するのが学術基盤です。

大学において大きな様変わりがある中でも、物構研は大学共同利用機関のミッションである大型学術研究基盤の構築・運用と次世代への創造的研究人材育成に責任を果たし続けますので、引き続きご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 惠郷博文
(2022年7月1日付け)

運転状況

5月6日よりPFリング、5月12日よりPF-ARのビーム入射調整を開始した。運転調整は順調に進み、PFリングは5月10日より、PF-ARは5月16日よりトップアップによるユーザー運転へビーム供与となった。PF-ARは6月7日から5 GeVから6.5 GeVへ運転エネルギーを切り替え、PFリングは6月14日よりハイブリッド運転を行っている。途中、光源リングへの入射に関する特異なトラブルが2件あった。5月24日に入射パターン制御パネルがビーム繰り返し設定の変更を検知できず、PFリングとPF-ARの入射が一時停止した。6月19日には三重同期モジュールの同期外れが生じ、蓄積電流の積み上げが停滞して定格の450 mAまで蓄積されなくなったため、ゲート幅を調整して回復させた。

SuperKEKBにおいてはOff-momentumでの物理運転を5月11日に終え、5月16日よりビーム衝突点の β 関数(β_y^*)を1.0 mmから0.8 mmに絞り、ルミノシティ向上を目指す試験運転調整を行った。5月26日より再び $\beta_y^* = 1.0$ mmに戻して電流増強による運転に切り替えてビーム入射を行った。リングのオプティクス補正に合わせて、LER 3 nC 2バンチ、HER 1.3 nC シングルバンチで入射調整し、LER エミッタンス $\epsilon_x/\epsilon_y = 119/4$ mm (MR-BTでのワイヤースキャナ測定値)、HER エミッタンス $\epsilon_x/\epsilon_y = 21/20$ mm となり、エミッタンスの大幅改善と過去最高となる入射効率90%を達成した。運転繰り返しを12.5 Hzから25 Hzに変更してもエミッタンスは良好であった。また、この時期、入射器内のVSWRダウン頻度も最小状態を維持することができ、入射器運転は安定に推移した。しかしながら、電力制限のため、6月22日にSuperKEKBメインリングの運転は停止となった。図1に運転停止までの入射状況の推移を示す。

途中、A_1(A)ユニットのクライストロンモジュレータ用インバータ充電機が故障し、電流過多インターロックで入射中断が多発したが、予備機と交換にて復旧した。今期よりクライストロン関連のインターロック発生時にはクライストロンギャラリー内に設置したモジュレータ監視カメラによってコントロール室から遠隔にて状態確認ができるようになった。軽微異常に対して遠隔リセットを行い、復帰対応時間の短縮が可能となった。なお、遠隔リセットができない重故障や異常の場合は、これまで通り現場確認にて対処する。

また、日時は異なるが2つの加速ユニット(AC_12, AC_22)で経年劣化による加速管カプラー部から冷却水漏

れが発生した。この場合、ユニット全体を運転停止しなければならず、1ユニットあたり約150 MeVのエネルギー減となるが、スタンバイユニットを代用することによりビーム運転に支障を与えることはなかった。しかしながら、止水処置には、排水・水路乾燥作業、リキッドシール塗布、乾燥後の通水確認などの工程を踏む必要があるが、2週間毎のメンテナンス時間内で対応しなければならないため、復旧には1ヶ月を要する。劣化が大きく、上記の処置で水漏れ修理ができない場合は加速管の交換となるため、今後、計画的な新型加速管の調達が必要である。

5月後半より気温が上昇、1日の気温差が大きくなって各機器の動作へ影響した。入射ビームの軌道変動やエミッタンス劣化が大きくなり、入射効率が悪化した。そのため、3セクターから5セクターのクライストロンRF出力の位相調整や、バンチ電荷量と均等化を図るA、Bセクター調整を、入射の合間に手動にて行い、ビーム品質改善に努めた。ただし、連続入射中は、パラメータ変更によるビームアポートを引き起こす危険性があるため、これらの手動調整作業を行うことができない。機械学習などを導入した自動制御の高度化が今後の課題である。

一方、M2D系統(陽電子生成部FCなどを冷却)の冷却水温制御用二方弁が故障し、一時的に水温が30°Cから45°Cへ上昇したため、インターロックが発生した。二方弁および三方弁バルブを共に手動調整にて全開(冷却能力最大)させて対処した。M2A系統(加速管AC_16, AC_17, AC_18およびSB_2用冷却水)の水温不安定も発生しており、今後、施設側にて冷却系異常の調査と修理が必要である。それ以外にも空調機故障によるRF電子銃用レーザーハット内温度、定盤温度の変化が大きく、これも手動にて状態調整中である。しかしながら、SuperKEKBのルミノシティ向上運転を優先させるため、5月25日、6月8日、6月15日の定期メンテナンスを中止して6週間連続運転となり、施設側トラブルは未対応の状態である。暫定対処としてアラーム監視を強化して、状態変化時への対応に備えている。

入射器の運転において重篤なトラブルが5月30日に発生した。入射器ネットワークのコアスイッチ4台中1台に不調が発生し、一部の電磁石電源、SuperKEKB制御ネットワーク、入射器NAS間の通信が不通となった。これによりSuperKEKBは運転できなくなったが、PFリングとPF-ARはトップアップを継続できていた。該当の電磁石電源配下の電源と該当するコアスイッチを再起動させて復旧した。原因はコアスイッチのファームウェアの不具合で

運転状況によってメモリにスローリークが発生し、メモリ使用率97%超となってネットワーク通信が不良となる。6月13日にも同様の不具合が別のコアシッチで発生したため、再起動で対応、夏期保守期間中にファームウェアのアップデートによる改修を行う予定である。

6月18日午後、低速陽電子テストホールでの機器ベキング作業の際に漏電が3度発生、2回目の事象により

J-Arc 部と C セクターの電磁石電源のブレーカーがオフとなって1時間以上入射器の運転が停止した。入射器運転スタッフが通常感知していない場所でのヒーター線露出による地絡が原因であったため、原因究明が遅れた。今後、再発防止の施作を進めると共に、入射器棟内の各作業、機器運転状態の情報共有と連絡体制の強化に努めていく。

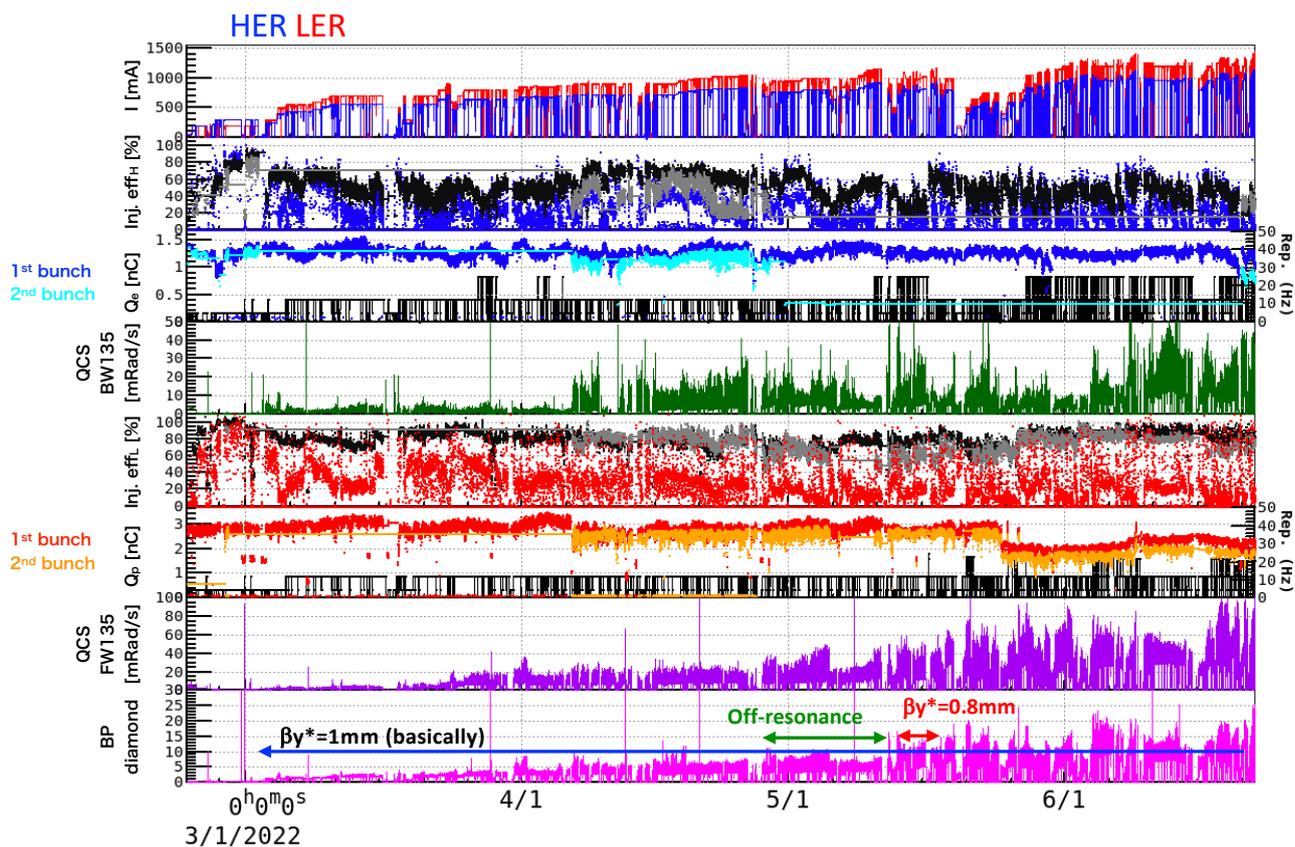


図1 SuperKEKB リング (HER, LER) へのビーム入射状況 (2022b)。QCSFW135, FW135, BP diamond : バックグラウンド評価用放射線モニター。

PF リングの運転状況

図1に、PFリングにおける5月6日9:00～7月8日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。5月6日9:00からリングの立ち上げを開始、5月10日9:00からの光軸確認を経て、予定通りマルチバンチモードでのユーザ運転を開始した。

5月20日10:36 4極電磁石(Q264)の冷却水が流量低下

しインターロックが動作して、ビームダンプとなった。リングトンネル内に入域し、電磁石を保護しているストレーナを交換することで復旧した(図2)。同様の現象が5月22日21:46 4極電磁石(Q011)でも発生し、周辺の4極電磁石の冷却水量を確認したところ、軒並み低下していたため、インターロックの閾値を下げて様子を見ることとした。5月23日1:12 瞬停によりRFがダウンしてビームダンプ

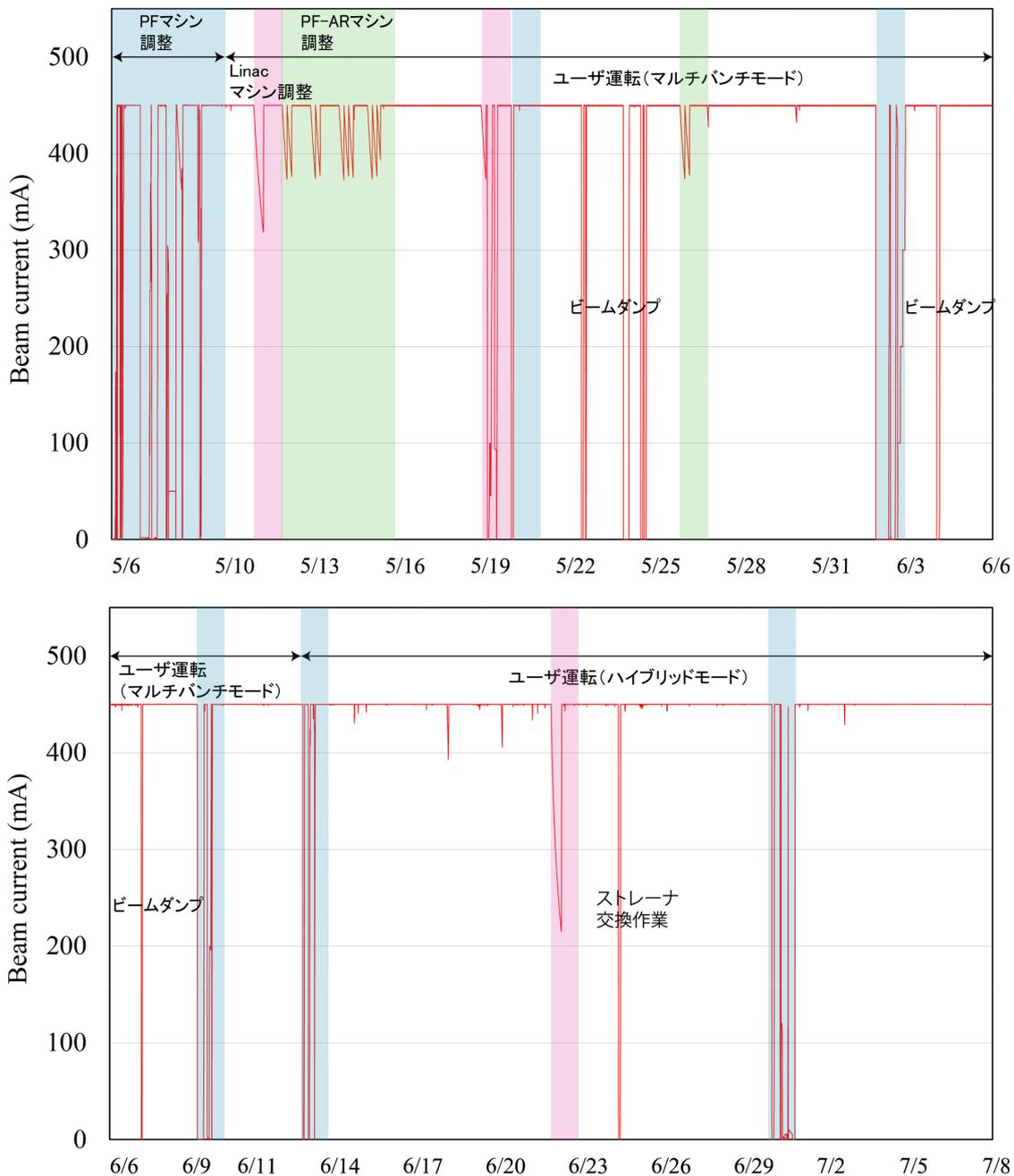


図1 PFリングにおける5月6日9:00から7月8日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。



図2 メッシュが目詰まりして冷却水量低下を招いた4極電磁石 (Q264) のストレーナの写真

となった。RFを含め他の機器にも異常はなく、2:03にユーザ運転を再開した。

5月24日9:00から13:45まで、4極電磁石冷却水トラブルへの対応のため、ユーザ運転を中断して、流量の低下している電磁石のストレーナの交換作業を実施した。しかしながら、その後立て続けに2回4極電磁石 (Q024, Q281) の冷却水トラブルによるビームダンプが発生してしまった。流量を確認した段階ではこれらの電磁石の流量は低下

していなかったにもかかわらず、1日も立たずに急激に低下して閾値を下回るという状況であった。その後はしばらく安定していたが、6月2日6:24 4極電磁石 (Q033)、6月4日9:47 4極電磁石 (Q163) において、流量低下が原因となった2回のビームダンプが発生した。いずれもストレーナの交換作業で復旧している。これまではトラブルが発生していたのは主にリング北側に設置している4極電磁石であったが、Q163は南側に設置してある電磁石であった。そこで念のため、6月9日のマシン調整日に南側の4極電磁石すべてのストレーナの交換および清掃作業を実施した。一部のストレーナで目詰まりが進行しているものも確認された。根本的な対策として、循環冷却水の入れ替え作業に期待するところであるが、作業におよそ1週間程度要するため、ユーザ運転の停止後を予定している。それまでは、マシン調整日に流量低下が懸念される箇所のストレーナの交換・清掃作業を行って対処する方針とした。

一方、PFリングにおけるもう一つの懸案となっている水平方向の軌道変動であるが、5月19日のマシン調整日に Slow Orbit Feedback を高速化 (軌道補正の時間間隔を20秒から2秒とした) してから、スパイク的な100 μmを超える変動の頻度が少なくなった (図3)。しかしながら、頻度は減少したものの、この振動は完全に抑制されたわけではなく、引き続き振動原因の調査を行うこととした。

6月13日にハイブリッドモードへの切り替えを行ない、

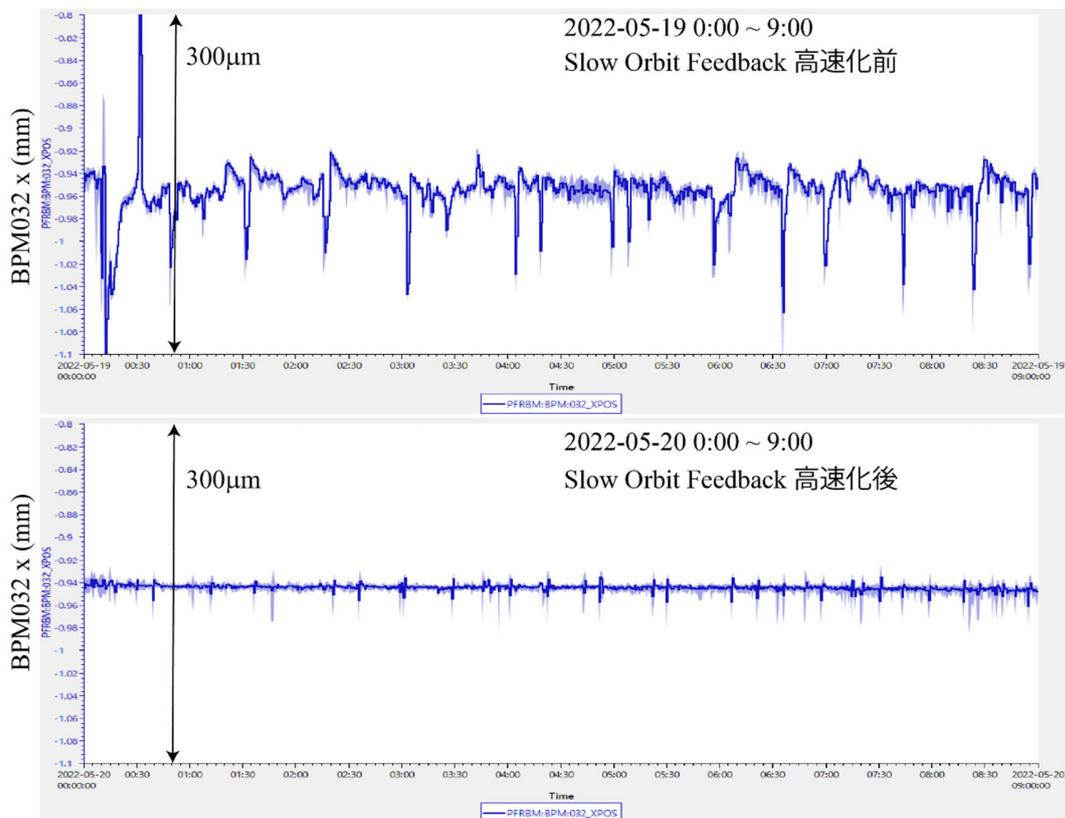


図3 PFリングにおける水平方向軌道変動の時間推移 (振動の振幅が比較的大きい場所のビーム位置モニター BPM032 で観測した軌道の水平位置) を示す。上図は Slow Orbit Feedback 高速化前、下図は高速化後の約9時間の推移を示している。

6月14日9:00から光軸確認を行った後、ユーザ運転を再開した。ハイブリッドモードでは、シングルバンチ部30 mA、マルチバンチ部420 mA、計450 mAの蓄積電流値で運転している。このモードにおける蓄積電流値とビーム寿命の積 ($I \cdot \tau$) は、平均180 A·min程度であった。原因不明の水平方向の変動は、ハイブリッドモードでも発生しているが、数10 μm 程度の変動が断続的に起きて、たまに大きく跳ねるといった状態が続いた。

6月16日9:00過ぎ、垂直方向でおよそ100 μm の断続的な変動が発生した。10:15にチャンネルをクローズして調査したが、原因特定には至らないまま、変動が収まってしまった。再発の恐れはあるものの、11:11にユーザ運転を再開した。結果的に、垂直方向の変動は運転停止まで再発しなかった。

6月22日3:30水平・垂直方向の両方で大きめの軌道変動が発生し、同時にシングルバンチの純化ができなくなるという現象が発生した。原因調査を行ったところ、垂直方向のベータトロンチューンが通常に比べて20 kHzほどずれていることが判明した。このチューンのずれを4極電磁石 (QD) で調整したところ、純化が可能となりバンチ純度も元に戻った。結果的に、原因は多極ウィグラー (MPW#5) のメインエンコーダが故障し、ギャップ値が正常な値を示さず、それを受けてチューン補正機構が動作して、チューンのずれが生じたことが判明した。故障したエンコーダのままでは、再発の恐れがあるため、同日17:00にチャンネルをクローズし、サブのエンコーダへ切り替え正常なギャップ値を確認して、ユーザ運転を再開した。

6月23日22:30監視していた4極電磁石 (Q282) の流量計で、冷却水流量低下が見られたため、翌日6月24日19:30からユーザ運転を中断して、Q282を含めた4カ所のストレーナ交換作業およびリング全周の流量計の確認を実施した。4カ所のストレーナはかなり汚れていたが、交換作業により流量低下が改善された。

PFリングでは、猛暑の中であったがビームダンプもなく比較的安定に運転が続けられ、7月8日9:00に運転を停止して、夏期の停止期間となった。秋の運転再開は、10月4日9:00を予定している。

PF-ARの運転状況

図4に、PF-ARにおける5月12日9:00～7月1日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。5月12日9:00から5 GeVで立ち上げを開始し、5月16日9:00から光軸確認を実施して、予定通り5 GeVモードでのユーザ運転を開始した。

5月19日14時から15時の間にバンチ純度が悪化した。その時間に“Master Oscillator FB OFF/ON” (SKEKBでリングの周波数を振っている時に出るメッセージ)が出ていた。この場合、LINACの周波数の設定も変わるので、それが原因でバンチのずれが発生したと推測された。20:11に再入射で復旧したが、“Master Oscillator FB OFF/ON”が出る時は、入射を行わないように制御系を改修した。

5月25日2:244極電磁石電源 (QC2N) が停止しビームダンプとなった。原因は、冷却水インターロックが動作したためであるが、リセットにより復旧した。流量計センサーの誤動作と推察された。

6月7日9:00から6.5 GeVへの切り替え作業を行った。各種調整は順調に進み、6月10日9:00から光軸確認を行った後、ユーザ運転再開となった。

6月10日17:00ビームロスが発生した。原因はビーム入射用キッカー電磁石 (K#3) が動作していないためであった。担当者により故障原因の調査を行ったが、K#3の早急な復旧は困難と判断し、キッカー電磁石電源 (K#2とK#3) を入れ替えて、K#1とK#2の2台のキッカー電磁石で入射することとした。入れ替え作業および入射調整が順調に進み、22:42ユーザ運転再開となった。

6月19日16:30頃からビーム入射が不調となり調整を行ったところ、メインバンチの隣のバンチにビームが入ってしまったため、一端ビームを捨てて再入射を行った。

6月25日11:28西電源棟のビーム入射路4極電磁石電源 (QF3, QF5) が温度インターロックでダウンした。これらの電源はリセットで対処したが、電源復旧中に同じく西電源棟のリング4極電磁石電源 (QC1N) が出力過電流インターロックでダウンし、ビームダンプとなった。最初はリセットが効いたので何度か立ち上げを試みたが、途中でリセットが効かなくなったため、メーカーに故障調査を依頼した。調査の結果、出力過電流を検出しているメタリレーの故障が原因であることが判明し、予備品と交換して復旧した。

6月26日14:47故障から復旧したQC1N電源が、今度はトランス温度異常のインターロックが動作してダウンし、ビームダンプとなった。筐体を開け、スポットクーラで冷風を当てることでトランスを冷却し復旧となった。

6月27日13:30ビームロスが発生した。ビーム入射路QF3電源がダウンしたため、冷却ファンにより冷却をさらに増強して対処した。

同日14:30再度ビームロスが発生した。今度は、水平方向のビーム不安定性が発生したためであることが判り、再入射を試みた。しかし、積み上げ途中でRFの反射でビームダンプとなった。原因を調査したところ、RF空洞の冷却水温度が上がり過ぎて不安定性を誘発していると推察された。調整中に水温が下がったことから、不安定性が収まり50 mAまで積み上げることができて、ユーザ運転再開となった。

6月28日17:11RF反射によるビームダンプが発生したが、このときは、ビーム不安定性は起きていなかったことからダンプの原因は不明であるが、すぐに再入射ができてユーザ運転再開となった。

6月29日15:00リング偏向電磁石電源のトランスの油温が上昇、温度インターロックが動作してダウンし、ビームダンプとなった。屋外に設置したトランスであるが、ファンを設置して冷却を試みたところ、油温が下がり復旧した。今回生じた一連のトラブルは、西電源棟室内の電磁石電源

およびRFで起きており、猛暑のため電源棟内が高温になったためではないかと推察される。空冷式の冷却塔で冷却水を冷やしているため、今年のような猛暑となると冷却が追いつかなくなることも要因の一つと考えられる。

PF-ARは、7月1日9:00に運転を停止して、夏期の停止期間となった。秋の運転再開は、10月12日9:00を予定している。

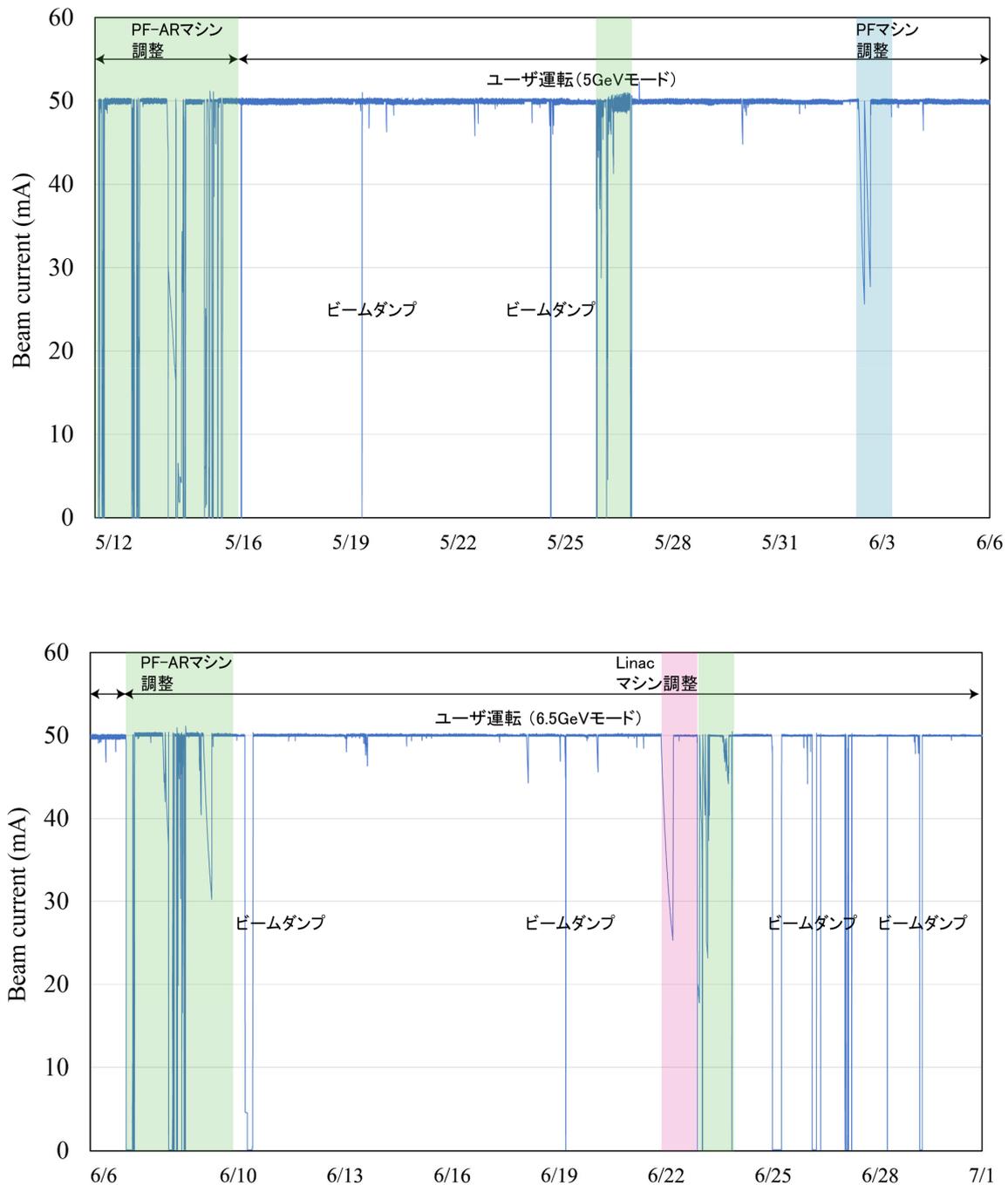


図4 PF-ARにおける5月12日9:00から7月1日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。

前号の『施設だより』でもお伝えしましたが、PFの将来計画は、新放射光源施設の実現に向けて、新しいフェーズに入ったと考えています。2ビーム利用をはじめとする革新的なアイデアの試行を可能にする開発研究多機能ビームラインをBL-11に建設することが決定しています。これに伴い、現在のBL-11A、BL-11B、BL-11Dのアクティビティについては、50 eVから5000 eVの広いエネルギー領域をカバーする新しいビームラインをBL-12Aに建設して（仮称：広波長域軟X線ビームライン）、この新ビームラインと既存のビームライン群で継続することになります。現在、BL-11A、BL-11B、BL-11Dの利用を2022年度末で停止、BL-12Aの利用を2023年度後半から開始するスケジュールで進めています。夏期の運転停止期間に入り、BL-12基幹部とBL-12Cの改造工事を開始しました。次号以降、各ビームラインの構成や仕様、工事の様子など、担当者に協力してもらって紹介したいと思います。

本号では、今年度後半に開催する予定のPF研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」について簡単に紹介します。内容としては、「本研究会では、施設側からビームラインの検討の状況を説明し、それを受けて利用者側からサイエンスの提案を行う。また、ビームラインで実施する開発研究やビームラインの運用方法に関する議論を行う。提案や議論を検討に反映させることで、開発研究多機能ビームラインにおいて、放射光2ビーム利用による画期的なサイエンスの成果の創出を可能にすることを目的とする。（提案書抜粋）」ということになります。本研究会では、特に、試料を2本のビームラインに持ち込んで測定することでは対応できない、1本のビームラインで2ビームを利用して測定することが本質的に重要なサイエンスケースについて、多数の提案と活発な議論をお願いしたいと思います。現在、PF-UAの高橋会長、UVSORの解良施設長、HiSORの島田センター長と相談しながら準備を進めていますが、研究会を前半と後半に分けて開催することで、施設側からの説明と利用者側からの提案の間に、十分な検討の期間を設ける方向で考えています。

運転・共同利用関係

2022年度第1期の運転は、無事、7月8日に終了しました。第2期の運転ですが、PFは10月4日に、PF-ARは10月12日に運転を開始する予定です。PFのハイブリッドモードは12月2日から12月26日を予定しています。PF-ARは5 GeVで運転を開始して、11月11日から12月5日まで6.5 GeVで運転を行います。第1期と第2期の合計で、一昨年度までと同様のPF 3000時間・PF-AR 2000時間の利用運転となる見通しです。しかしながら、第1期と第2期の運転のため、KEKから高額の支援を受けており、電

気料金の上昇もしくはKEK外部からの支援がなければ、第3期（1月～3月）の運転は厳しい状況にあります。第3期の運転の可否は、11月中旬ごろに決定する見通しです。

PF-PACの全体会議が7月19日にWeb会議方式で開催され、課題の評点と採否が審議されました。また、G型課題への博士後期課程学生の申請や課題審査におけるレフェリーによる総合評価廃止の影響などについて協議されました。詳細については、本誌記事をご参照ください。

人事異動

最後に、放射光実験施設に関する人事異動を報告します。5月15日付で、PF事務室の沼崎沙織さんが退職されました。また、8月1日付で、足立純一さんが機構内公募により研究機関講師から講師に昇任しました。足立さんは、基盤技術部門・時間分解チームのチームリーダーとして、前号で紹介した「多目的時間分解X線計測法の開発」プロジェクトをはじめとする開発研究を推進するのに加え、引き続き、PFの運転調整を担当します。

はじめに

今回は放射光科学第二研究系の担当です。これまで、多くの場合は測定装置に関しての話題を取り上げてきましたが、今回は少し違った視点、収集したデータを処理する部分に関して、最近になって盛んに利用するようになったクラウド計算機環境に関して書いてみたいと思います。

オンプレミスからクラウドへ

私たちは放射光などを利用して日々実験データを集め、その解析をしています。実験データの収集はもちろん重要なことで、これがないと何も始まりませんが、実験データの解析も結果を導くものとして無くてはならないものです。近年は、光源性能の向上とともに検出器の性能が飛躍的に良くなることで、一昔前では考えられなかったほど大量のデータを集められるようになってきました。生体高分子の結晶構造解析分野においても、1日に200セットほどのデータを収集することが可能になっています(30年前は、1日10セットのデータを集めることもできませんでした)。また、大量のデータを収集することで、以前の感覚では信じられないような計算量の解析も可能になっています。その一例がクライオ電子顕微鏡(クライオ電顕)を用いた単粒子解析です。このように大量のデータを収集、解析することで、進展する科学もあるわけですが、これと同時に必要とされるコンピューターパワーも飛躍的に上がってきました。例えば、結晶構造解析に関して言えば、一つのデータを処理するのに必要なコンピューターパワーはたいしたことはないのですが、これが一度に数百もあると話が変わってきます。一日で収集したデータを処理するのに一年近くかかってしまうというのもあながちあり得ない話ではありませんが、これでは何のために実験を高速化したのか分かりません。それを解決するために、自身の研究室にたくさんのコンピューターを買い込んで処理をするのも一つの解決方法です(オンプレミス)。しかし、今度はコンピューターの管理という問題が生じてきます。例えば、構造生物学研究センターにはクライオ電顕のデータ解析のために、GPU BOXと呼ばれる高性能パソコンを10台近く保有していますが、自前で管理をすることが極めて困難になっています。つまり、GPU BOXを購入した時期によってソフトウェアのバージョンが違いトラブルが起きる、常にGPU BOXのどれかが調子がおかしいなどという状態に陥りがちです。もちろん、このようなトラブル処理も含めて解析を学ぶ、コンピューター処理を学ぶというのも当然であっても良い話ではありますが、解析結果に基づいて次にやる実験をデザインして実行する場合には、果たして解析部分にどれだけ注力すべきなのか悩まれる方も多いかと思えます。また、研究室単位で考えた場合でも、解析の計算が

常に必要というわけでもなく、計算資源の利用率に大きなムラが発生しがちです。かといって大枚叩いて購入した計算機資源を有効活用するために、解析のみを“生業”にするというのもおかしな話です。これは、何も計算機に限ったことではなく、そのような実験機器は他にもあります。ライフサイエンス分野では遺伝子合成や遺伝子暗号の解読(シーケンスと呼ばれます)がそうで、以前はそれなりの高額機器を研究室ごとで購入していましたが、通常の実験室では利用率にムラのある機器であったと思います。しかし最近ではそれらを請け負う外注業者が成長し、多くの場合これらの実験は外部に委託して行われていますし、医学分野においては必須の技術になっています。簡単に言えば、産業化に成功したということです。

このような状況を鑑みて、構造生物学研究センターでは構造解析分野においてもシーケンス分野のように産業化を目指そうと考え、商用のクラウドサービスを用いた解析環境の開発を始めました。その一環として、今年の5月にタンパク質構造解析分野におけるクラウド活用に関してKEKとAWS(アマゾンウェブサービス)は覚書を締結し、より強力な協力関係を築いていくことを公表しました(5月25日プレスリリース)。生体高分子の構造解析分野は、成功率、必要なコストと時間などを考えると、まだまだシーケンス分野のようなレベルで産業化されているとは言えません。また、商用クラウドを使うわけですから開発コストはオンプレミスを使っただけの開発とは違った形で必要です。しかし、コンピューターの管理から解放される、無尽蔵とも言える計算資源を使える、利用に関するサポートも受けられるなど、産業化に向けたメリットも多くあります。我々としては少しずつでも前進して、“上がり”を目指していきたいと考えています。また、このような開発の中に新しい研究の芽(アルゴリズム開発や自動化などを含む)もありますし、新たな環境(手軽に大量の解析が可能となる環境)ができることで初めて可能になる研究もあります。それこそ次世代の研究でしょう。このような開発は単一の研究室で進めるというよりは、我々のような大学共同利用機関でこそ進めるべきことのように感じています。できれば、このような開発に興味のある研究者の方には積極的に開発に参加し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です。6月30日付けで一柳光平さんが退職されました。また、7月1日付けで千田美紀さんが研究員として採用され、8月1日付けで岩野薫さんが講師に昇任されました。新しい環境での活躍を祈念いたします。

細胞質の放射線応答が細胞の放射線感受性に与える影響とそのメカニズム

前田宗利¹, 前田未佳¹, 宇佐美德子², 富田雅典³

¹(公財)若狭湾エネルギー研究センター, ²(共)高エネルギー加速器研究機構, ³(一財)電力中央研究所

Impact of cytoplasmic radiation responses on cellular radiosensitivity and its mechanism

Munetoshi MAEDA¹, Mika MAEDA¹, Noriko USAMI², Masanori TOMITA³

¹The Wakasa Wan Energy Research Center, ²High Energy Accelerator Research Organization,

³Central Research Institute of Electric Power Industry

Abstract

本研究では、ビームサイズ可変(5×5 μm以上)の放射光X線マイクロビームによって細胞全体、細胞核、細胞質を照射する細胞局所照射技術を開発し、細胞中の照射領域に応じて細胞の運命が決定される仕組みを解析した。これまで、放射線の生物影響を考える上では細胞核の応答が重要視されてきたが、被ばく線量が少ない場合には細胞質の応答も細胞の運命決定に大きく関与し、細胞質への照射の有無によって生と死の競合が生じることが示された。

1. はじめに

医学利用に代表されるように、放射線利用技術は現代の社会生活を営む上で必要不可欠な社会基盤の一つといえる。また、地球温暖化対策や持続可能な開発目標(SDGs)においても原子力発電の重要性が再認識されつつある。加えて、私たちは常に自然環境からの微量の放射線にさらされており、生命はこのような低線量放射線の存在下で誕生し、維持され、あるいは進化してきた。これらの背景から、放射線の健康影響に関する正しい理解の社会的重要性は益々高まっており、そのリスクを科学的知見に基づいた論理的な考察によって推定することは放射線影響研究における重要な課題の一つとなっている。

すべての生命はその基本構成単位、すなわち、自身で増殖可能な最小単位である細胞で構成されており、例えばヒトは約37兆個の細胞によって形成された多細胞生物である。生体が低線量の放射線にさらされた場合、そのエネルギーは荷電粒子によって離散的に与えられるため、放射線のエネルギーを全く受け取らない多数の細胞の中で極少数の細胞にのみエネルギーが与えられるという状況が生じる。この時、エネルギーが与えられた細胞に目を向けると、1個の細胞の中でもエネルギーを受け取った領域と受け取っていない領域が混在する場合も生じる。このように、低線量域では被ばくした細胞集団や細胞内のエネルギーの受け取り方が均一ではないため、細胞集団の生物応答を観察してもメカニズムに関する情報は殆ど得られない。このため、広い放射線場(ブロードビーム)で細胞集団を均一に照射して平均値としての生物応答を観察する従来の手法では低線量放射線の生物影響を詳しく解析することは難しい。そこで、細胞集団中の特定細胞を狙い撃ち

し、被ばくした細胞と被ばくしていない細胞とを区別して追跡、観察することのできるマイクロビームを用いた細胞照射技術が開発された。我々は、放射光X線の指向性の高さを利用し、細胞核のみ、細胞質のみ、あるいは細胞全体をX線マイクロビームによって照射することのできる細胞局所マイクロビーム照射技術(Fig. 1a)を世界で初めて確立し[1, 2]、細胞内の照射領域と細胞の生死(放射線感受性)の関係について評価してきた。

本稿では、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 放射光実験施設(Photon Factory) BL-27B に設置されている放射光X線マイクロビーム細胞照射装置(Fig. 1b)を用いて実施した研究の成果を概説し、細胞内の被ばく領域に着目した低線量域における細胞の放射線応答を俯瞰する。

2. 放射光X線マイクロビーム細胞照射装置を用いた細胞局所照射

一連の研究に用いた放射光X線マイクロビーム細胞照射装置では、精密なスリットシステムによって5.35 keVのX線を切り出すことで、最小5×5 μmから任意のサイズのビームを細胞に照射することができる。照射標的である細胞あるいは細胞の一部に対して一様にX線を照射するためには、厚みが6~25 μm程度の細胞を透過するエネルギーのX線を用いる必要がある。一方で、軟X線を照射された物質からは光電効果によって電子が放出され、放射線のエネルギーの大部分は放出された二次電子によって物質中に与えられる。エネルギーを付与する領域を細胞や細胞内の一部に限定するためには、光電子の飛程が短いエネルギーのX線を用いる必要がある。5.35 keVのX線の軟組織内

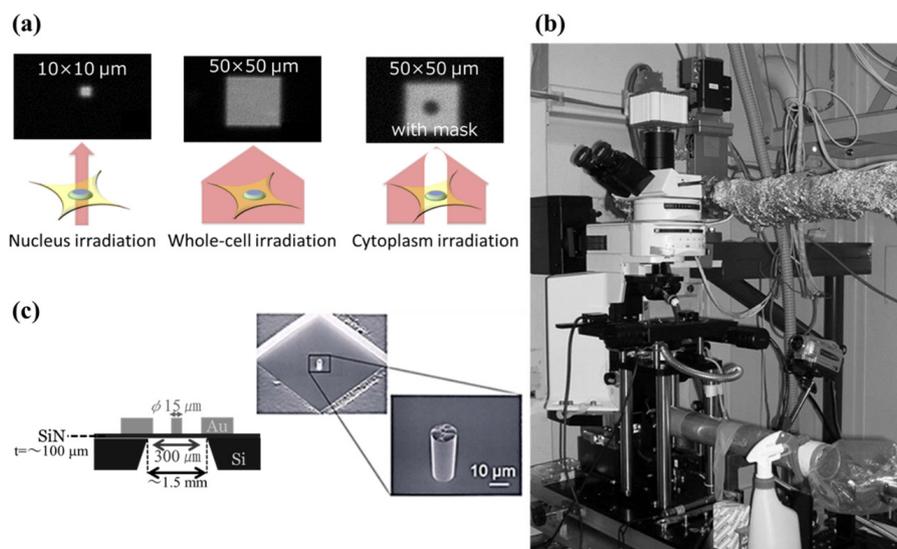


Figure 1 A method for localized cell irradiation using synchrotron radiation X-ray microbeams. (a) Shape of the X-ray beams for nucleus, whole-cell, and cytoplasm irradiation and schema of each type of irradiation. The shape of X-ray beams was visualized with a scintillator. (b) Synchrotron radiation X-ray microbeam cell irradiation system installed in beamline 27B (BL-27B) at Photon Factory, KEK. (c) Cross-sectional illustration of a custom-designed X-ray mask and scanned electron microscopy analysis showing the gold post at the center of the X-ray mask responsible for shielding the nucleus from X-ray microbeams.

の透過距離 ($1 e^{-1}$) は $290 \mu\text{m}$, 光電子の水中飛程は $0.78 \mu\text{m}$ であり, 細胞内の微小領域に限定して X 線のエネルギーを与える目的に合致している。また, 我々は, 細胞質への照射によって誘導される現象を検証するために, 培養細胞の細胞核の大きさに対応する直径の金の円柱 (直径 $15 \mu\text{m}$, 厚さ $20 \mu\text{m}$) を薄い窒化シリコン基板上に形成した特殊な X 線マスク (Fig. 1c) を用いて細胞核に相当する領域を遮蔽する照射手法を開発した [2]。5.35 keV の X 線は, この窒化シリコン基板を 99% 以上透過する。一方で, 金の円柱により遮蔽された領域では透過する X 線は 0.1% 未満となる。放射光 X 線マイクロビーム細胞照射装置への X 線マスクを組み込むことで, 任意のビーム内に X 線非透過領域を作り, 標的細胞の細胞核をこの領域に合わせて照射すること, 即ち, 細胞質照射が可能になった。このような照射手法は世界に類を見ず, 細胞の局所にのみ放射線のエネルギーが与えられた場合の細胞の応答を詳しく検証することがはじめて可能になった。

3. 細胞内の照射領域と細胞の放射線感受性

生命の本質である自己複製を阻害する細胞死は, 最も基本的かつ重要な放射線の生物影響である。1 個の細胞が増殖することによって形成されるコロニーを観察して細胞の生死を判別するコロニー形成法が確立され [3], 放射線にさらされた培養細胞の放射線感受性を定量的に解析することが可能となった。照射した細胞の生存率は, 非照射細胞のコロニー形成効率に対する照射された細胞のコロニー形成効率の割合で表わされる。本研究では, 一定時間培養してから全ての単独細胞に由来するコロニー像を撮影して形成された微小コロニー内の細胞数 (分裂数) を指標に細胞の生死を判定するマイクロコロニー法を確立し [4], X

線マイクロビームを照射した個々の細胞の生死を判定して放射線感受性を評価した。チャイニーズハムスター肺由来の V79 細胞の細胞全体, 細胞核, 細胞質をそれぞれ $50 \times 50 \mu\text{m}$, $10 \times 10 \mu\text{m}$, X 線マスクを併用した $50 \times 50 \mu\text{m}$ のビームで照射して求めた生存率を Fig. 2 に示した [2, 4, 5]。これまで, 放射線被ばくによる細胞死は, 主に細胞核内

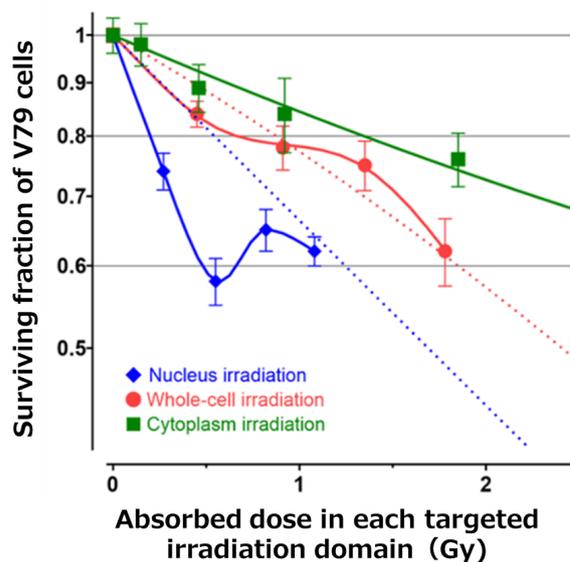


Figure 2 Surviving fraction of V79 cells irradiated with differently sized synchrotron radiation X-ray microbeams. Surviving fractions of V79 cells irradiated with a $10 \times 10 \mu\text{m}$ (◆; nucleus irradiation), a $50 \times 50 \mu\text{m}$ (●; whole-cell irradiation), and a $50 \times 50 \mu\text{m}$ X-ray beam with the X-ray mask (■; cytoplasm irradiation) were plotted as a function of the absorbed dose in each targeted irradiation domain [2, 4, 5]. Dotted lines show the linear-quadratic fitting based on data for higher radiation doses.

に生じた DNA 損傷，なかでも修復が困難な DNA 二本鎖切断 (DSB) に起因すると考えられてきた。細胞核に同質かつ同量の放射線のエネルギーが与えられた場合，細胞核だけに照射しても細胞全体に照射しても細胞核内に生じる DNA 損傷の質や量に大きな違いは生じないため，両者は同程度の放射線感受性を示すと予測された。しかしながら，細胞核に与えられた線量をそろえて比較すると，細胞核だけに X 線を照射した場合よりも細胞全体に X 線を照射した場合に，細胞に与えられたエネルギーの総量は多くなるにもかかわらず細胞死の誘導頻度が顕著に低下した [2, 4, 5]。一方，細胞質のみに X 線を照射した場合，細胞核や細胞全体へ X 線を照射した場合と比べて細胞死の誘発頻度は遙かに低いものの，線量の増加と共に直線的に細胞死が増大した [2]。一般的に，X 線照射による細胞核内の DNA 損傷に起因した細胞死の場合，修復される DNA 損傷を反映して線量-生存率応答 (生存率曲線) は肩をもった線形-二次曲線を示すことが知られている。したがって，細胞質への照射に由来する細胞死は DNA 損傷とは異なり回復応答の存在しない線量依存的に増大する因子によって誘導されると考えられる。この因子はまだ明らかになっていないが，細胞質への活性酸素種の蓄積に由来する酸化ストレスや放射線によるミトコンドリアの損傷が関与していると考えられる [2]。一連の研究から，細胞核と細胞質の両方が X 線にさらされた場合に細胞の放射線抵抗性を高める仕組みが存在することが明らかになった。

4. 細胞内の照射領域と DNA 損傷修復機構の活性化

細胞核と細胞質は緊密に連携して生理作用を営んでおり，細胞質への照射によって誘導される応答が細胞の放射線感受性を変化させると考えられる。スリットで切り出した放射光単色 X 線を用いているため，本研究に用いたマイクロビームの線質はビームサイズによって変化しない。DNA 損傷は，放射線と生体構成分子との物理化学的相互作用に起因して生じるため，細胞核に与えられた線量が等しければ細胞質への照射の有無による違いは生じない。そこで，DNA 損傷が生じた後に誘導される生物学的プロセスである DNA 損傷修復に細胞質への X 線照射の有無が与える影響を検証した。DNA はヒストンタンパク質に巻き

ついてヌクレオソームを形成し，対になって線維状に圧縮された構造 (クロマチン構造) をとっている。細胞死に繋がる可能性の高い DNA 損傷である DSB が生じると，その周辺の数百から数千のヒストン H2AX (ヌクレオソームを構成するコアヒストンの一つである H2A のバリエーション) がリン酸化されて集積する [6]。リン酸化ヒストン H2AX は， γ -H2AX の呼称で広く知られている。DNA 損傷の修復に関係する多くのタンパク質がこの γ -H2AX と相互作用することで損傷部位に集積して DSB 修復が行われる。免疫蛍光抗体法を用いると γ -H2AX の集積部位 (フォーカス) を検出できるため，DSB 修復の誘導を確認するための指標 (マーカー) として使うことができる。V79 細胞の細胞集団に対して $130 \times 130 \mu\text{m}$ の X 線ビームを用いてビーム内に存在する細胞群の全体，即ち，細胞核と細胞質の双方を $1 \sim 10 \text{ Gy}$ で照射した。また， $10 \times 10 \mu\text{m}$ の X 線ビームを用いて細胞集団中の $5 \sim 6$ 細胞の細胞核のみを $1 \sim 10 \text{ Gy}$ で照射した。照射後 30 分間培養し，蛍光抗体法を用いて DNA 損傷修復の初期に誘導される γ -H2AX のフォーカス形成を可視化して定量解析を行った。その結果，Fig. 3 に示したように，細胞全体に X 線を照射した場合には 1 Gy で照射した場合からフォーカス形成が誘導されるのに対し，細胞核のみに X 線を照射した場合には 2 Gy 以下では有意なフォーカス形成は誘導されず，細胞質に X 線が照射されている場合，X 線が照射されていない場合と比べてより低線量域から H2AX のリン酸化が誘導されることが明らかになった [2]。したがって，被ばく線量が少ない場合，核の中に生じた DSB の質や量が等しいにもかかわらず，細胞質が X 線にさらされていない場合には DSB を修復する仕組みが十分に活性化されないことが明らかになった。なお，同様の結果がヒト肺由来の正常細胞である WI-38 細胞においても確認されたことから，この応答はほ乳類細胞に普遍的な応答である可能性が高い [2]。

5. 細胞質の放射線応答による放射線感受性変化のメカニズム

細胞質に X 線が照射されている場合，細胞質に X 線が照射されていない場合よりも低い線量から DSB 修復系が活性化されると共に細胞死の抑制が観察されたことから，細

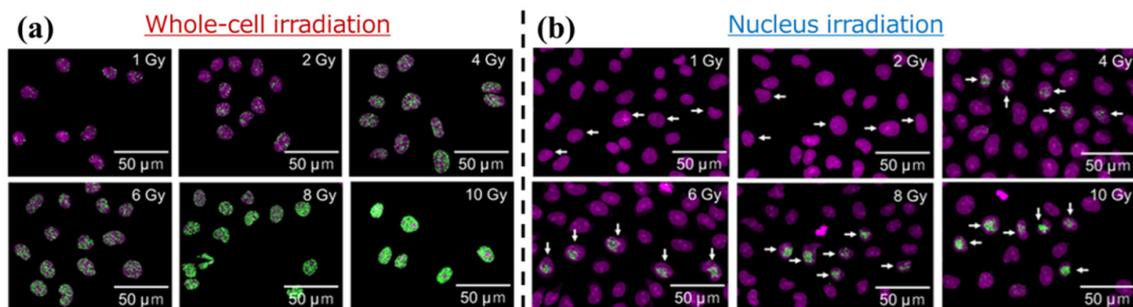


Figure 3 Accumulation of phosphorylated histone H2AX (γ -H2AX) foci in V79 cells after 30 min of nucleus or whole-cell irradiation. γ -H2AX foci formation following the irradiation of V79 whole cells (a) or V79 nuclei (b) [2]. White arrows in right panel identify irradiated cells. Propidium iodide staining and γ -H2AX foci in the captured images are presented as magenta and green signals, respectively.

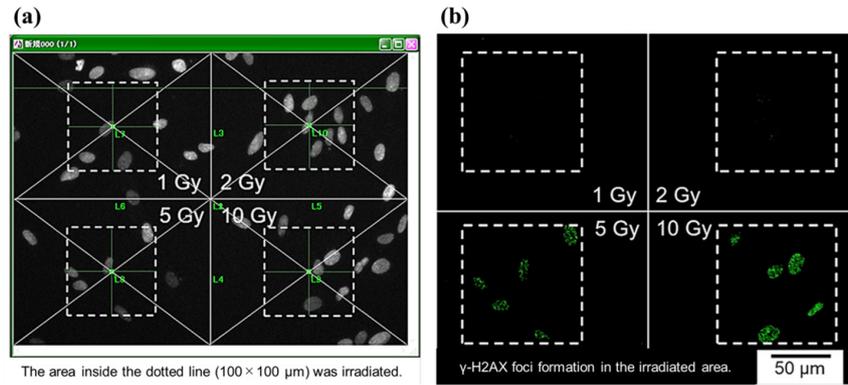


Figure 4 Accumulation of phosphorylated histone H2AX (γ -H2AX) foci in whole-cell-irradiated WI-38 cells in the presence of an ATM inhibitor following 30 min irradiation. An acquired image frame was divided into four, with WI-38 cells existing at the center of each area irradiated with $100 \times 100 \mu\text{m}$ beams of 1, 2, 5, or 10-Gy (a), and γ -H2AX foci formation at the irradiated sites (b) [2]. γ -H2AX foci formations in the captured images are presented as green signals. White dotted squares represent the $100 \times 100 \mu\text{m}$ beam. The X-ray doses deposited in each area are shown in each panel.

胞質の放射線応答によって DNA 修復応答を修飾して放射線抵抗性を誘導するメカニズムが存在することが示唆された。そこで、細胞質への X 線照射の有無により、ヒトの正常細胞 (WI-38) において DSB 修復応答に関する既知の 84 遺伝子にどのような変化が生じるか検証した。細胞質に X 線が照射されていない細胞核照射では細胞死の誘導に関する 3 遺伝子 (*ABL1*, *CDC25C*, *TP73*) の発現が、細胞質にも X 線が照射されている細胞全体照射では DSB 修復に関連して細胞周期の進行を停止させる遺伝子 (*CDKN1A*) の発現が、それぞれ顕著に亢進した [2]。これら 4 遺伝子の発現は、いずれもヒト毛細血管拡張性運動失調症 (Ataxia Telangiectasia) の原因遺伝子産物である ATM (ataxia telangiectasia mutated) によって調整されていることから、細胞質への X 線照射の有無によって ATM の働きが大きく変化すると考えられる。ATM は DSB 修復の初期過程のマーカーとして用いた H2AX のリン酸化にも関与している [7, 8]。そこで、ATM が DSB 修復に与える影響を検証した。細胞全体に X 線を照射すると低い線量で照射

した場合にも γ -H2AX フォーカスが形成された (Fig. 3) が、Fig. 4 に示したように ATM の特異的阻害剤を添加した場合には細胞全体に X 線を照射しても、細胞核だけを X 線で照射した場合と同様に 2 Gy 以下ではフォーカスが形成されなかった [2]。したがって、細胞の被ばく線量が少ない場合には細胞内の ATM の状態に応じて DNA 損傷を修復する能力が変化すると考えられる。また、被ばく線量が多くなると ATM の状態とは関係無く、DNA 損傷を修復する機能が働くことも明らかになった。

Fig. 5 に一連の研究成果から考えられる細胞質への X 線照射の有無による細胞の放射線感受性変化のメカニズムをまとめた。細胞核照射では内在性 ATM (定常状態において細胞核中に存在する一定量の ATM) を介した *ABL1*, *CDC25C*, *TP73* の活性化によって細胞死が誘導される一方で、細胞核に加えて細胞質も照射される細胞全体照射では細胞質からの ATM の核内移行 (ATM nucleo-shuttling [9]) によって細胞周期の進行を停止するために十分な量の ATM が供給されるために DNA 損傷修復が亢進して放

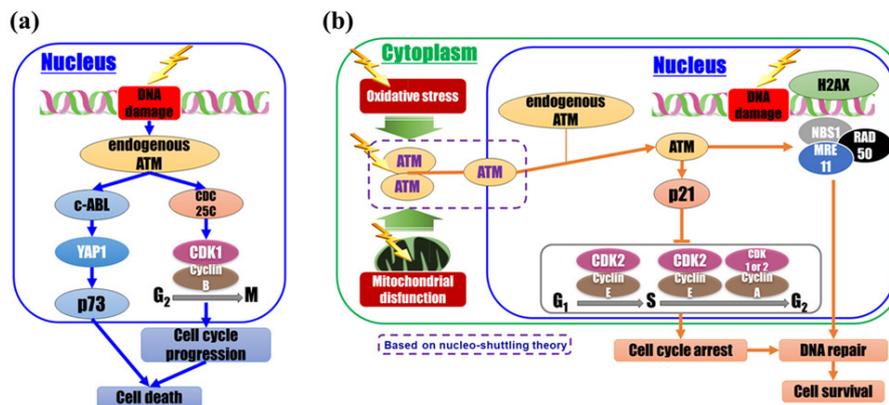


Figure 5 Schematic illustration of the possible cell death-related mechanisms involving cellular signal transduction under exposure to low-dose X-rays. Cell death-related possible mechanisms in nucleus (a) and whole-cell (b) irradiation with low dose X-ray microbeams [2]. Although functions of the molecules indicated in white color font in the pathway and nucleo-shuttling of ATM were not directly confirmed in this study, they are shown based on the knowledge reported thus far, as described in the discussion.

放射線抵抗性が増大すると考えられる [2]。低線量放射線にさらされた細胞では、細胞核に由来する細胞死誘導機構と細胞質に由来する放射線抵抗性誘導機構が競合しており、これらが ATM によって調節されていることが分かってきた。

6. おわりに

放射線の生物影響は、主に重篤な放射線損傷の一つである DSB に起因すると考えられてきた。また、被ばくした細胞では DSB を修復するための仕組みが被ばくの直後から活性化することや、放射線感受性疾患の原因遺伝子の多くが DSB 修復関連遺伝子であることから、細胞質の役割は重要視されてこなかった。マイクロビームによる細胞局所照射技術を活用した一連の研究から、細胞質への照射の有無が、ATM を介した DNA 損傷応答や細胞周期制御などを大きく修飾することが明らかとなった。ATM は従来考えられてきた以上に複雑な細胞応答の調整機構として働いており、生体内情報伝達ネットワークのいわばハブのような働きをしているのかもしれない。今後、さらに詳しく研究を進めてその機能を明らかにしていきたい。

7. 謝辞

本研究は、PF-PAC 課題番号 2008G624, 2010G040, 2017R-27 の下で実施した。本稿で紹介した内容には、(公財)放射線影響協会研究奨励助成(平成 22 年度)、科学研究費助成事業(23710076)、(公財)若狭湾エネルギー研究センターと(一財)電力中央研究所との共同研究による成果の一部を含む。本研究の推進にあたり、(共)高エネルギー加速器研究機構を退官された小林克己先生、(国研)量子科学技術研究開発機構の平山亮一先生、福井大学の松本英樹先生をはじめとする多くの方々には様々なご助言、ご協力を頂いた。関係諸氏に深く御礼申し上げる。

引用文献

- [1] K. Kobayashi, N. Usami, H. Maezawa, T. Hayashi, K. Hieda, and K. Takakura, *J. Biomed. Nanotechnol.* **2**, 116 (2006).
 - [2] M. Maeda, M. Tomita, M. Maeda, H. Matsumoto, N. Usami, K. Kume, and K. Kobayashi, *Sci. Rep.* **11**, 13113 (2021).
 - [3] T. T. Puck, and P. I. Marcus, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **41**, 432 (1955).
 - [4] M. Maeda, N. Usami, and K. Kobayashi, *J. Radiat. Res.* **49**, 171 (2008).
 - [5] M. Maeda, N. Usami, and K. Kobayashi, *Radiat. Res.* **166**, 679 (2006).
 - [6] L. J. Kuo, and L. X. Yang, *In Vivo*. **22**, 305 (2008).
 - [7] T. Stiff, M. O'Driscoll, N. Rief, K. Iwabuchi, M. Löbrich, and P. A. Jeggo, *Cancer Res.* **64**, 2390 (2004).
 - [8] Y. Shiloh, and Y. Ziv, *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* **14**, 197 (2013).
 - [9] L. Bodgi, and N. Foray, *Int. J. Radiat. Biol.* **92**, 117 (2016).
- (原稿受付日: 2022 年 3 月 17 日)

著者紹介

前田宗利 Munetoshi MAEDA



公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター 研究開発部 粒子線医療研究室 主任研究員

〒914-0192 福井県敦賀市長谷 64 号 52 番地 1
e-mail: mmaeda@werc.or.jp

略歴: 2006 年総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科博士課程修了,

2006 年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, 2008 年(一財)電力中央研究所特別契約研究員, 2012 年(公財)若狭湾エネルギー研究センター研究開発部着任, 主査研究員を経て 2018 年より現職。博士(理学)。最近の研究: マイクロビームを利用した細胞局所の放射線応答解明, 異種放射線や薬剤の併用による集学的治療を活用した陽子線がん治療の高度化。

前田未佳 Mika MAEDA



公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター 研究開発部 粒子線医療研究室 協力研究員

〒914-0192 福井県敦賀市長谷 64 号 52 番地 1
e-mail: mimaeda@werc.or.jp

略歴: 2006 年総合研究大学院大学生命科学研究科博士課程修了, 2006 年自然

科学研究機構基礎生物学研究所博士研究員, 2007 年甲南大学理工学部生物学科特別研究員, ライフイベントを経て 2018 年(公財)若狭湾エネルギー研究センター研究開発部スタッフ, 2019 年より現職。博士(理学)。最近の研究: 集学的治療を活用した陽子線がん治療の高度化に掛かる分子生物学的課題の解決。

宇佐美徳子 Noriko USAMI

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 放射光実験施設 講師

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

e-mail: noriko.usami@kek.jp

富田雅典 Masanori TOMITA



一般財団法人電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部 生物・環境化学研究部門 研究推進マネージャー

〒201-3511 東京都狛江市岩戸北 2-11-1
e-mail: mstomita@criepi.denken.or.jp

略歴: 2002 年東京大学大学院医学系研究科医学博士課程修了, 2002 年理化学

研究所協力研究員, 2005 年(一財)電力中央研究所特別契約研究員, 2008 年同主任研究員, 2015 年同上席研究員, 2021 年 7 月より現職。博士(医学)。最近の研究: 低線量率放射線による DNA 損傷の修復機構解明, 放射線感受性個人差の評価。

光刺激で遠隔的に剥離・解体可能なシリコンエラストマーの合成と構造解析

岡美奈実¹, 本多智¹

¹ 東京大学大学院総合文化研究科

Synthesis and structural characterization of photocleavable regenerative silicone elastomers

Minami OKA¹, Satoshi HONDA¹

¹Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

Abstract

光解体・再生式網目状物質 (PRN) は, 解体性粘接着剤やリサイクル可能なエラストマー材料への応用が期待されている。本研究では, 網目状ポリジメチルシロキサン (PDMS) 由来の PRN を開発し, 溶媒を必要とせず市販のレーザーポインターで遠隔的に剥離可能な光解体性粘着剤として応用することに成功した。また, ナノスケールにおける PRN 内部構造の均一性を放射光小角散乱 (SAXS) 法によって明らかにすることができたので紹介する。

1. はじめに

共有結合で連結された三次元網目構造を持つ高分子すなわち網目状高分子は, 粘接着剤, タイヤなどのエラストマー (ゴム), さらに 3D プリンティング材料に至るまで, 様々な場面で日常生活に利用されている [1]。網目状高分子は, ひとたび生成すると不溶・不融な性質ゆえに物性を制御することが困難になることから, 解体・再利用可能な素材・システムを開発することが持続可能な社会を創る観点から切望されてきた [2-3]。これまで, 網目状高分子を解体・再利用する様々な方法論が提案されてきた [3]。その多くは熱を外部刺激として利用するもので, 熱刺激には材料全体に及ぼして性質を変化させることができる利点がある。しかし, 熱刺激は周囲に伝播するため, 一般に局所的に作用させることは難しい。それに対して, 光刺激には任意の場所やタイミングで材料の特性を変化させることができる時間的および空間的局所性があるため, 必要なタイミングで狙った場所の網目構造だけを制御できる新たな解体・再利用法に繋がる可能性がある。そこで本研究では, 光刺激に反応して解離・再結合可能な共有結合を含む光応答性分子に着目し, 主鎖を自在に切断・再生できる光解体・再生式網目状物質 (PRN) の創製を目指した。また, 粘接着剤やゴム材料として広く応用されてきたポリシロキサン (PDMS) を基本骨格とする PRN を開発し, PRN の光解体性粘接着剤としての応用可能性を明らかにすることを目的とした。

これらの目的を達成するために, 第一に, PRN の前駆体となる星型 PDMS の精密合成に取り組んだ。より均一な網目はより優れた力学物性を示すことで知られることから, 網目状 PDMS の前駆体となる星型 PDMS の分子量・分子量分布および分岐数を制御することは, 優れた光応答

性を示す PRN 創製の鍵になるだろう。第二に, PRN 内部における網目の形成および光応答性部位と PDMS の相溶状態を放射光 X 線小角散乱 (SAXS) 法によって明らかにする分析に取り組んだ。PRN 内部の高分子鎖や末端基の集合状態は, 光刺激によって切断された分子鎖の運動性を左右し, 相溶性の高い組合せであるほど光刺激を与えた際には大胆な力学物性の変化を示すだろう。本報では, 最近著者らが報告したこれらの取り組み [4] の詳細, 開発した PRN の光解体性粘着剤への応用について紹介する。

2. PRN の合成と光応答性評価

著者らはこれまで, 光応答性ヘキサアリアルビイミダゾール (HABI) によって主鎖が連結された PDMS を合成してきた [5-6]。HABI は照射により一対のトリフェニルイミダゾリルラジカル (TPIR) を生成し, 生成した TPIR は暗所で再び HABI に戻る (Fig. 1a) [7]。TPIR は空気中でも安定であることから, この光反応は空気中で PRN の力学物性および解体・リサイクル性を制御するための仕掛けとして魅力的である。著者らは過去に, 最も単純な四官能性アルコールのペンタエリスリトールを開始剤とするヘキサメチルシクロトリシロキサン (D3) の開環重合 (ROP) により星型 PDMS を合成した [5]。ところが, ペンタエリスリトールと D3 の重合溶媒への溶解性は大きく異なるため, 重合を制御することが困難だった。また, 開始点由来のアルコールはシリルエーテルに変換されて PDMS に組み込まれることになるが, 加水分解を受けやすいシリルエーテルの存在が保存安定性を低下させる原因となっていた (Fig. 1b, top)。それに対して本研究では, 尿素アニオンを触媒として [8], シラノールを開始剤とする D3 の ROP を実施した。この設計によれば開始点由来のシラノールはシ

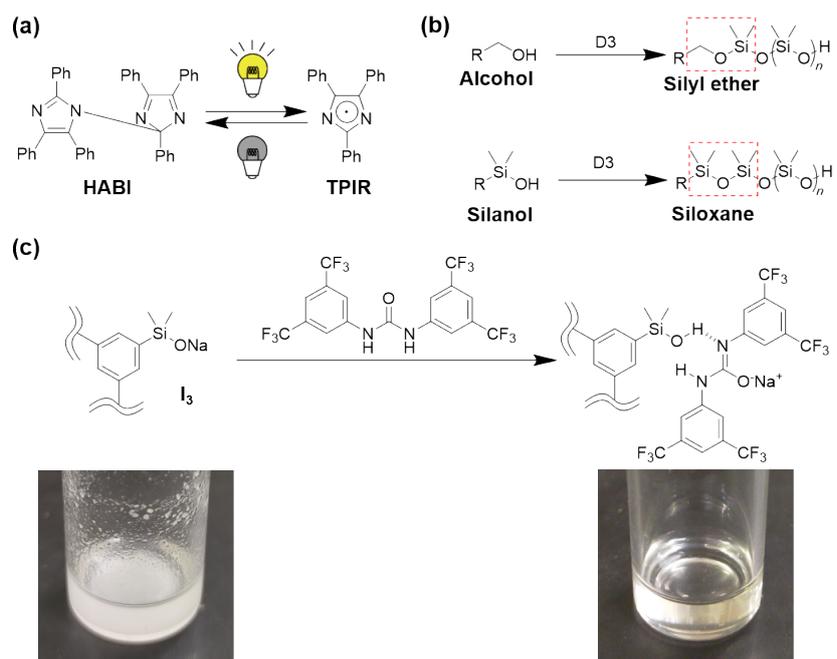


Figure 1 (a) Photochemistry of HABI. (b) ROP of D3 initiated from either alcohol (top) or silanol (bottom). (c) Addition of U(4CF₃) to the silanolate form of I₃ and the corresponding photographs of the mixtures.

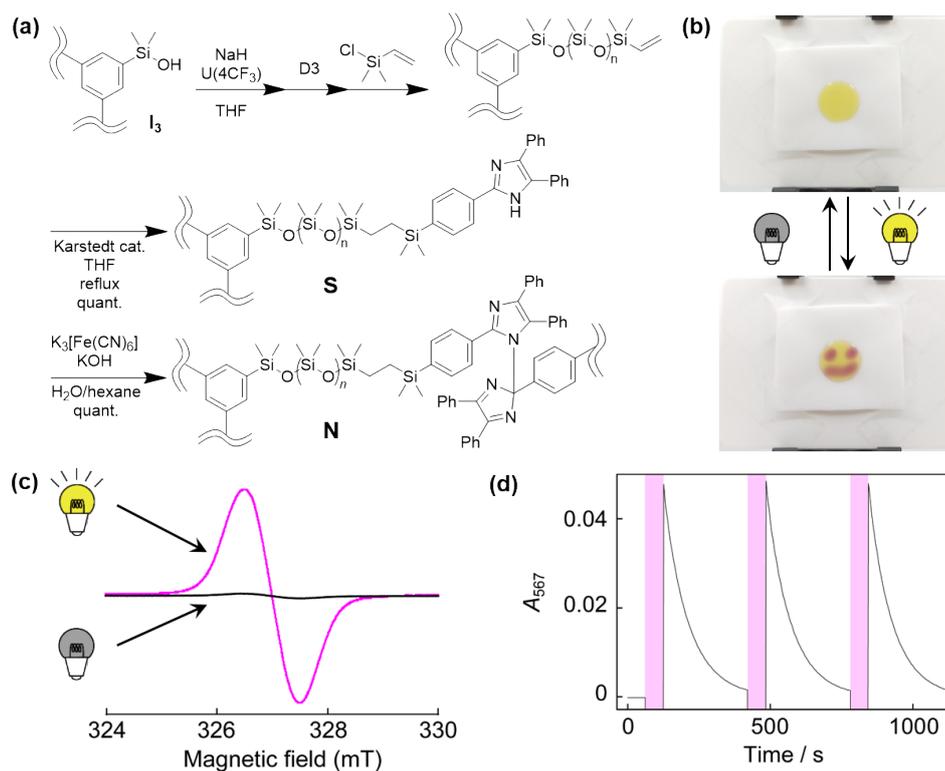


Figure 2 (a) Synthetic route for network PDMS having HABIs in the chains (N). (b) Photographs of a film prepared from N on a PTFE sheet without (top) and with (bottom) photoirradiation (λ ~ 410 nm). (c) ESR spectra of N before (black curve) and after (pink curve) photoirradiation (λ ~ 410 nm). (d) Time-course plots of A₅₆₇ upon ON-OFF cycles of photoirradiation (λ ~ 365 nm). The sample was irradiated during pink-shaded time ranges.

ロキサンに変換されるため、保存安定性の問題を解消できる (Fig. 1b, bottom)。また尿素アニオンは、ベンゼン環上の置換基により溶媒への溶解性が変化することから、反応混合物の溶解性の問題を克服できると期待した。実際に

種々の置換基を持つ尿素誘導体の三官能性シラノラート (I₃) に対する可溶性を調べたところ、置換基を4つ導入した尿素アニオン U(4CF₃) がシラノラートに対する高い可溶性を持つことを見いだした (Fig. 1c)。

そこで次に、 $U(4CF_3)$ 存在下、 I_3 を開始剤とする D3 の ROP を試みた。その結果、ROP は均一系で進行し、分子量 ($MW = 10000$) および分子量分布 ($D = 1.05$) の制御された星型 PDMS を与えた (Fig. 2a, top)。また、末端にトリフェニルイミダゾール (TPI) を導入して網目状 PDMS の前駆体となる星型 PDMS (S) を合成し、次いで TPI を HABI に変換することで網目状 PDMS (N) を得た (Fig. 2a, bottom)。得られた N は黄色透明なゴム状固体で (Fig. 2b, top)、レーザーポインター ($\lambda = 410$ nm) の光を照射すると照射された部分のみがピンク色に変化し (Fig. 2b, bottom)、光の照射をやめると元の黄色に戻った。光照射直後の試料に対して電子スピン共鳴 (ESR) スペクトルを測定したところ、照射前にはみられないラジカル種由来のシグナルが 327 mT に明確に出現した (Fig. 2c)。このシグナルは TPIR 由来のもので一致しており [9]、光照射によって HABI 中のイミダゾール間の結合が解離して TPIR が生成したことが裏付けられた。また、HABI の解離と TPIR の再結合反応の速度を明らかにするために紫外可視 (UV-vis) 分光光度計を利用してタイムコース測定をおこなった。光照射の有無に伴う TPIR 由来 ($\lambda = 567$ nm) の吸収 (A_{567}) の変化を調べたところ、 A_{567} は光照射に伴って瞬時に増加し、光の照射をやめると 4 分程度でほぼ元の値に減少した (Fig. 2d)。また、光の照射を繰り返すと A_{567} も増減を繰り返したことから、この光反応が可逆的であることが示された (Fig. 2d)。

3. PRN が示す光粘弾性変化とその解体性粘着剤への応用

HABI の光反応に基づいて PRN 内部で分子鎖が切断・再生することが示されたため、次に光照射による力学物性の変化を粘弾性測定によって調べた。はじめに円形状

のフィルム試料 (Fig. 2b) をレオメータにセットし、貯蔵弾性率 (G') および損失弾性率 (G'') を調べたところ、 G' および G'' はそれぞれ 65 kPa および 10 kPa と測定された。 $G' > G''$ の関係はこの試料がゴム状固体であることと矛盾しない。光を照射すると HABI から TPIR が生成するとともに網目構造が切断されることから (Fig. 3a)、 G' が低下してより柔らかいゴム状固体に変化すると期待できるだろう。そこで続いて、光照射 ($\lambda = 365$ nm) に伴う粘弾性の変化を調べた。その結果、光照射後 1 分程度で G' が 25 kPa 程度にまで大幅に低下し、 G'' は 20 kPa 程度にまで上昇した (Fig. 3b, pink-shaded region)。古典ゴム論によれば弾性率と架橋密度には比例関係があることから、 G' の低下は架橋密度の低下、すなわち網目の切断を裏付ける結果である。それに対して、 G'' が光刺激を受けて上昇した理由の考察は難しいが、網目の切断に伴って高分子鎖が絡み合うことができるようになったことが理由の一つとして考えられる。その後、光の照射をやめると、4 分程度で G' および G'' ともにほぼ光照射前の値に戻った (Fig. 3b)。すなわち N は、光が照射されている間のみ分子鎖が切断されて弾性率が大幅に低下する PRN であることが実証された。また、この光粘弾性変化は可逆的であり何度も繰り返すことができることから (Fig. 3b)、優れた解体・再利用システムとしての応用可能性も示唆された。

本研究ではさらに、PRN の遠隔操作型光解体性粘着剤への応用可能性を検証した。PRN を介して接合された 2 枚のガラスを壁に固定し (Fig. 3c, left)、レーザーポインターで光 ($\lambda = 410$ nm) を照射した。その結果、PRN は速やかに応答して 2 枚のガラスは剥離した (Fig. 3c, right)。この検証により、光刺激によって自在に力学物性を制御し、さらに解体・再利用可能な粘接着剤として応用可能

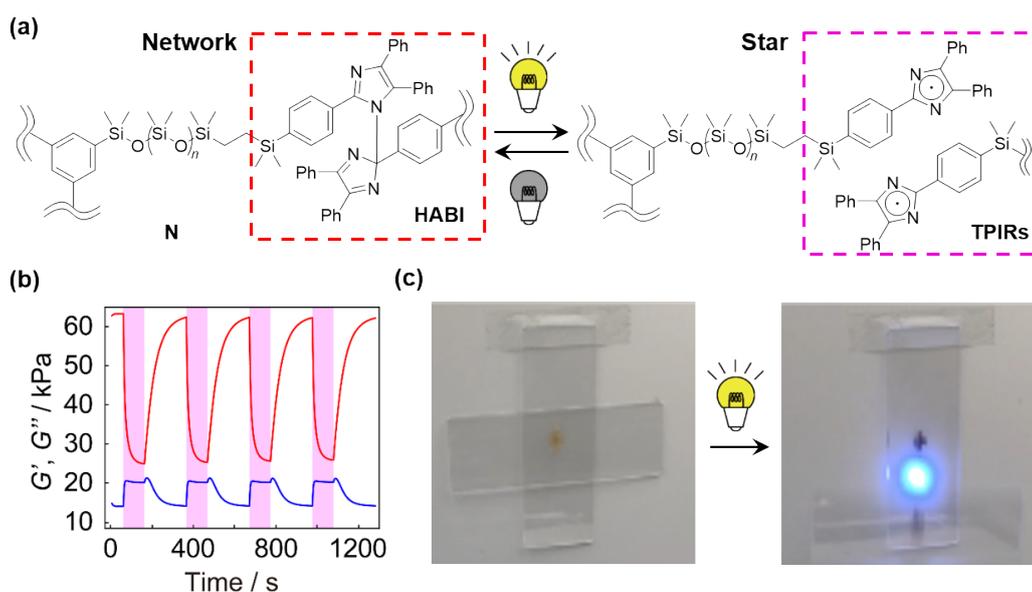


Figure 3 (a) Change in the chemical structure during network cleavage and reformation reactions upon photoirradiation. (b) Time-course plots of G' and G'' upon ON-OFF cycles of photoirradiation ($\lambda \sim 365$ nm) to N. The sample was irradiated during pink-shaded time ranges. (c) Photographs of glass slides attached on a wall with N as an adhesive before (left) and during (right) photoirradiation ($\lambda \sim 410$ nm).

な PRN を開発する、という当初の研究目標は達成された。これらの一連の過程において溶媒を必要としない点は特筆すべきであろう。

4. PRN の放射光 SAXS 分析

さて、ESR および UV-vis 分光法によって網目の切断と再生を可能にする HABI-TPIR 間の分子構造上の変化を分析することができた。また、光照射に伴う分子鎖の切断と再生に立脚したマクロな力学物性の変化を観測することができた。これらは分子スケールとマクロスケールの変化とみることができる。その一方でこれらの測定では、実はナノスケールの網目構造の存在そのものを観測することはできていない。また、一見相分離してもおかしくない PDMS と HABI が、PRN 中でどのように分布しているのか、すなわち相分離状態を分析することも PRN の特徴を明確にするために必須である。

そこでまず、**N** とその前駆体である **S** (Fig. 2a) を SAXS 法により分析し (BL-10C, KEK-PF)、散乱プロファイルと比較した。その結果、**S** の散乱プロファイルには、末端基の相分離に由来する散乱がみられた (Fig. 4a)。この散乱パターンは、過去の研究 [6] とも対応しており、TPI 末端がランダムな球状の凝集構造を形成していることを示す。しかし、**N** のプロファイルには、より高 q 領域において、末端基間の距離に対応する散乱、すなわち相関空孔由来の散乱が現れたのみであった (Fig. 4a)。したがって、HABI は PRN 中で相分離することなく PDMS と相溶して

いることが示唆される。**S** の場合には TPI 末端間の水素結合形成 [10-11] (Fig. 4b) を駆動力とする相分離を引き起こしやすいだろう。その一方で、HABI 形成には水素の消失を伴うため、相分離の駆動力となる水素結合が **N** 中からは失われていることになる。すなわち、この水素結合の消失が **N** のナノスケールにおける均一性を生み出し、光刺激で切断された分子鎖末端の PDMS 中での運動を可能にする一因になっていると考察できる。

一方、PRN 中で確かに網目構造が形成されていることを確認するために、**N** をヘキサンまたは酢酸エチルで膨潤させたゲル試料を作製した。これらのゲル試料に対する SAXS 測定を試みたところ (BL19B2, SPring-8)、PDMS と溶媒の散乱にコントラストがつき、ヘキサン (Fig. 4c) および酢酸エチル (Fig. 4d) のいずれの溶媒を用いた場合にも網目構造に由来するブロードな散乱を確認することができた。また、濃度が低下するほど散乱は明確になり、ゾル化せずにゲル状態を維持できる限界の濃度であった 5wt% で最も顕著な散乱プロファイルを得ることができた。これらのプロファイルに現れた散乱は末端基の凝集によるものとは明確に異なる一方で、既報の星型高分子網目由来のゲルの散乱プロファイルとは対応した [12]。

網目構造を形成するとともに主鎖と光応答性部位の相分離を避けることが良好な光粘弾性変化を示す物質を創出するための分子設計の鍵になるだろう。たとえ光に反応して主鎖が切断されても、主鎖と光応答性基が相分離する場合には、高分子主鎖の運動が抑制され大きな物性変化を引き

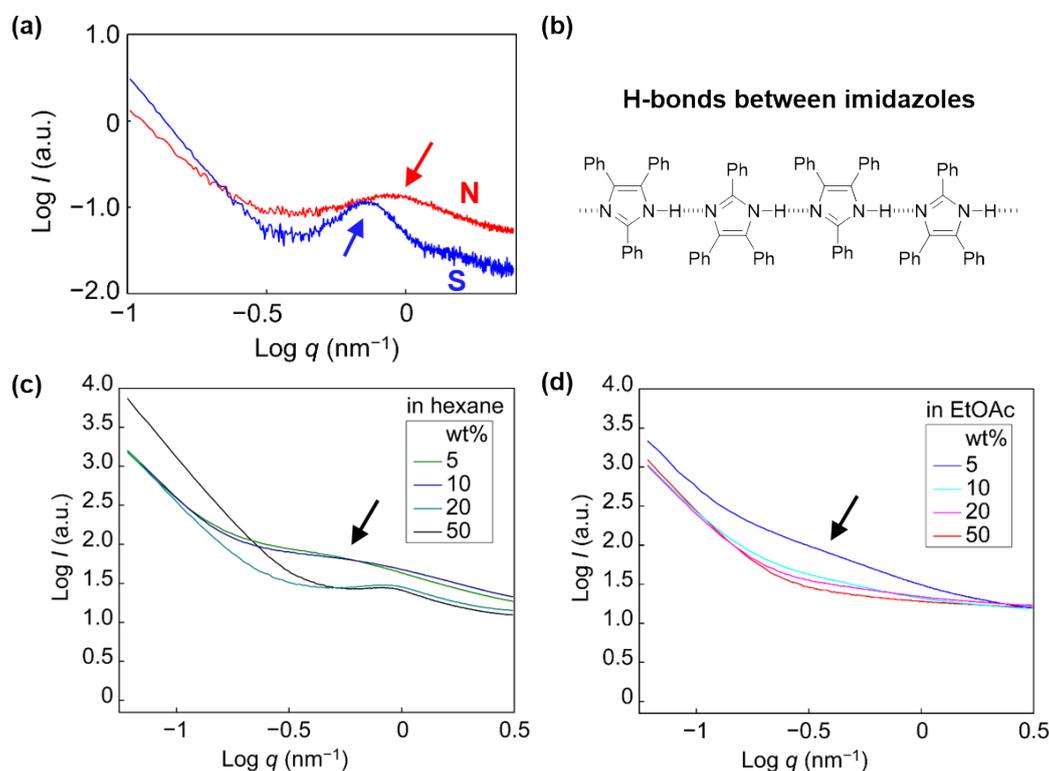


Figure 4 (a) SAXS profiles of **S** and **N** (BL-10C in KEK-PF). (b) Formation of H-bonds between imidazoles in TPIs. Concentration-dependent SAXS profiles of **N** swollen with (c) hexane and (d) EtOAc (BL19B2 in SPring-8).

出すことができないことが多い。したがって、網目構造の形成と相溶状態を明らかにすることは本研究の構造解析上の鍵であった。

5. おわりに

本報では、光刺激に応答して解離・再結合可能な共有結合を含む光応答性基を主鎖中に含む PRN を紹介した。この PRN に光刺激を与えると大きな粘弾性変化を示し、市販のレーザーポインターにも鋭敏に応答することから、遠隔的に剥離可能な光解体性粘着剤としての応用を期待できる。一方、高い光応答性を持つ分子であればどのような物質でも優れた PRN になりうるわけではなく、ナノスケールにおいて高分子鎖と光応答性基とが相分離しない分子設計の重要性が放射光 SAXS 分析を通じて明らかになった。今後、持続可能性の観点から環境に配慮した様々な解体性粘着剤の開発が切望されており、本報の PRN がその一翼と担うことを期待したい。また、こうした動的機能物質の研究分野において、物質内部の構造やその解体に伴う動的な変化を観測可能な放射光分析がますます活躍すると確信している。

謝辞

本研究は、高木秀彰助教（高エネルギー加速器研究機構）、宮澤知孝助教（東京工業大学）、および Robert M. Waymouth 教授（スタンフォード大学）との共同研究である。本研究の放射光分析は、KEK-PF の放射光共同利用実験（課題番号 2017G124 および 2019G538）および SPring-8 の一般利用課題（産業利用分野）（課題番号 2018A1746）のもとに実施された。また、本研究の一部は科学研究費補助金・新学術領域研究（研究領域提案型）「次世代物質探索のための離散幾何学」（18H04479）、科学研究費補助金（18K14071, 20K21218, および 21H01632）、公益財団法人花王芸術・科学財団、および公益財団法人 東電記念財団の助成を受けて実施された。

引用文献

- [1] Y. Gu, J. Zhao, J. A. Johnson, *Angew. Chem. Int. Ed.* **59**, 5022 (2020).
- [2] M. Shirai, *Polym. J.* **46**, 859 (2014).
- [3] D. J. Fortman, J. P. Brutman, G. X. De Hoe, R. L. Snyder, W. R. Dichtel, M. A. Hillmyer, *ACS Sustainable Chem. Eng.* **6**, 11145 (2018).
- [4] M. Oka, H. Takagi, T. Miyazawa, R. M. Waymouth, S. Honda, *Adv. Sci.* **8**, 2101143 (2021).
- [5] S. Honda, T. Toyota, *Nat. Commun.* **8**, 502 (2017).
- [6] S. Honda, M. Oka, H. Takagi, T. Toyota, *Angew. Chem. Int. Ed.* **58**, 144 (2019).
- [7] G. R. Coraor, L. A. Cescon, R. Dessauer, A. S. Deutsch, H. L. Jackson, A. MacLachlan, K. Marcali, E. M. Potrafke, R. E. Read, *J. Org. Chem.* **36**, 2267 (1971).
- [8] B. Lin, R. M. Waymouth, *J. Am. Chem. Soc.* **139**, 1645 (2017).
- [9] M. Oka, S. Honda, *React. Funct. Polym.* **158**, 104800 (2021).
- [10] Y. Morita, T. Murata, S. Yamada, M. Tadokoro, A. Ichimura, K. Nakasuji, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* 2598 (2002).
- [11] S. Horiuchi, F. Kagawa, K. Hatahara, K. Kobayashi, R. Kumai, Y. Murakami, Y. Tokura, *Nat. Commun.* **3**, 1308 (2012).
- [12] S. Nakagawa, X. Li, H. Kamata, T. Sakai, E. P. Gilbert, M. Shibayama, *Macromolecules* **50**, 3388 (2017).

(原稿受付日：2022年3月18日)

著者紹介

岡美奈実 Minami OKA



東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 博士後期課程3年生
〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1
e-mail: oka-minami927@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
略歴：2018年 東京理科大学応用化学科卒業，2020年 東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了。2022年 日本学術

振興会特別研究員（DC2）。

最近の研究：リサイクル性と光着脱性を併せ持つ機能性高分子網目の創製

趣味：水泳（バタフライ専門）、スキー、書道（師範）、手芸（アクセサリー製作等）、おしゃべり

本多智 Satoshi HONDA



東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 助教
〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1
e-mail: c-honda@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

略歴：2013年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了，2013年–2015年 東京理科大学嘱託助教，2015年より現職。この間，2018年–2019年 スタンフォード大学化学科訪問研究員。2018年東京大学卓越研究員。2019年より PLOS ONE 誌（PLOS）編集委員，2021年より Communications Chemistry 誌（Springer Nature）編集委員。工学博士。

最近の研究：SF映画に着想を得た動的機能物質の創製。工学×音楽の融合研究。

趣味：ジャズ（聴く方）とキックボクシング（やる方）。

巨大な異常ホール効果を生み出す磁気八極子秩序の軟 X 線磁気円二色性

木俣基¹, 雀部矩正², 栗田謙亮³, 山崎裕一⁴, 田端千紘⁵, 横山優一², 小谷佳範², MUHAMMAD Ikhlas⁶, 富田崇弘⁶, 雨宮健太⁷, 野尻浩之¹, 中辻知⁸, 是常隆³, 中尾裕則⁷, 有馬孝尚⁹, 中村哲也¹⁰

¹ 東北大学金属材料研究所, ² 高輝度光科学研究センター (JASRI), ³ 東北大学理学研究科, ⁴ 物質・材料研究機構,

⁵ 京都大学複合原子力科学研究所, ⁶ 東京大学物性研究所, ⁷ 高エネルギー科学研究機構構造科学研究所,

⁸ 東京大学理学研究科, ⁹ 東京大学新領域創成科学研究科, ¹⁰ 東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター

Soft X-ray magnetic circular dichroism of magnetic octupole order producing large anomalous Hall effect

Motoi KIMATA¹, Norimasa SASABE², Kensuke KURITA³, Yuichi YAMASAKI⁴,
Chihiro TABATA⁵, Yuichi YOKOYAMA², Yoshinori KOTANI², Ikhlas MUHAMMAD⁶,
Takahiro TOMITA⁶, Kenta AMEMIYA⁷, Hiroyuki NOJIRI¹, Satoru NAKATSUJI⁸,
Takashi KORETSUNE³, Hironori NAKAO⁷, Taka-hisa ARIMA⁹, Tetsuya NAKAMURA¹⁰

¹Institute for Materials Research, Tohoku University, ²Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI),

³Department of Physics, Tohoku University, ⁴National Institute for Materials Science (NIMS),

⁵Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University, ⁶Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

⁷Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization,

⁸Department of Physics, University of Tokyo, ⁹Department of Advanced Materials Science, University of Tokyo,

¹⁰International Center for Synchrotron Radiation Innovation Smart, Tohoku University

Abstract

反強磁性体 Mn_3Sn は自発磁化が強磁性体に比べて極めて小さいにもかかわらず大きな異常ホール効果を示すことから近年大きな注目を集めている。その起源として、各副格子磁化をクラスターとして考えた時に出現する拡張磁気八極子の秩序が理論的に提案されているが、局所的な電子状態との相関は明らかになっていなかった。今回我々は、 Mn_3Sn に微視的な磁気状態のプロープである X 線磁気円二色性を適用し、以前から XMCD の起源の一つとして知られていた T_2 項と呼ばれる原子多極子の一種を反映した信号が、拡張磁気八極子秩序と対応することを実証した。

1. はじめに

近年、物質中のスピンの由来して電子の進行方向が曲がる異常ホール効果や、磁気熱電効果の一種である異常ネルンスト効果が、次世代のスピントロニクス、エネルギーハーヴェスティング、センサ技術等の要素として大きな注目を集めている。これまでこのような効果はスピンの一方向に揃った強磁性体で大きくなると考えられており、盛んに研究が行われてきた。一方で、スピンの打ち消し合うように配列した反強磁性体では磁化が小さいため、直感的には大きな効果の発現は期待されず、物質開発は進んでいなかった。このような背景の中、一種の反強磁性体である Mn_3X ($X = Sn, Ge, Ga$) において、強磁性体に匹敵する異常ホール効果や異常ネルンスト効果が近年観測され、その起源に注目が集まっている [1-5]。なぜならば、 Mn_3Sn の自発磁化は強磁性体に比べて桁違いに小さいためである。

Mn_3Sn は Fig. 1(a) に示すような二次元カゴメ格子に Mn スピンが互いに 120° の角度をなして配列した反強磁性体であり、物質や磁気構造は以前から知られているも

のである [6-8]。Mn の副格子磁化は $\sim 3 \mu_B$ 程度であるが、トータルの磁化は先述のように小さく、磁場がカゴメ面 (0001) に平行な配置で約 $0.002 \mu_B/Mn$ 程度である。従って、 Mn_3Sn の巨大な異常ホール効果や異常ネルンスト効果は、強磁性体のように磁化を起源とするものではないことが示唆される。

この新たな起源として、拡張磁気八極子と呼ばれる自由度が理論的に提案されている [9]。拡張磁気八極子は従来から知られる原子の多極子とは異なり、 Mn_3Sn の 120° 磁気構造を複数の副格子磁化から成るクラスターと考えた時に出現する自由度であり、正味の磁化がなくても時間反転対称性を破る。しかしこのような拡張磁気八極子秩序と局所的な電子状態の相関は未解明であった。今回我々は、 Mn_3Sn に X 線磁気円二色性 (XMCD) を適用することで、磁気構造のマクロな考察から生じる磁気八極子秩序と Mn の局所的電子状態がどういった関係性にあるのか、解明を試みたのでその結果について紹介する [10]。

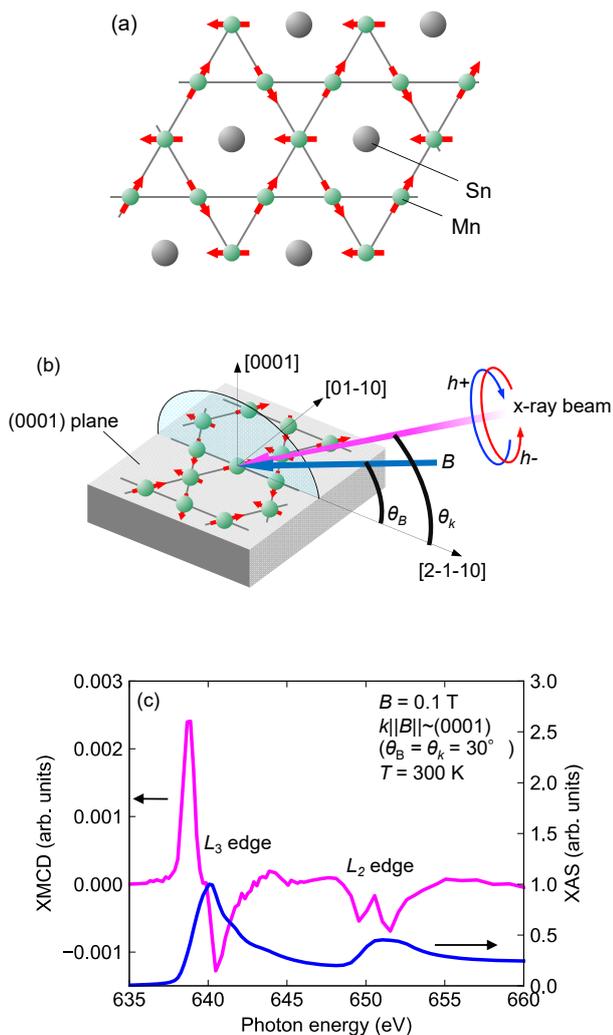


Figure 1 (a) Magnetic structure of Mn_3Sn . (b) Experimental configuration of XMCD measurements. (c) Typical XMCD and XAS spectra of Mn_3Sn . Data are taken from Ref. [10].

2. 実験

実験は PF の BL-16A と SPring-8 の BL25SU において行った。使用した X 線の波長領域は Mn の $L_{2,3}$ 吸収端に対応する 630-680 eV 程度の領域である。試料は結晶の (0001) 面を高真空中で劈開し、清浄な表面を得た。磁場と X 線の入射ベクトル (k) が (0001) 面 (= カゴメ面) となす角をそれぞれ θ_B, θ_k とした。磁場と X 線の入射方向は平行になるように固定されているが、一部のデータは 10° の角度をなした状態 (即ち $\theta_B - \theta_k = 10^\circ$) で取得されている。また Fig. 1(b) のように試料を回転することで結晶面に対する磁場と X 線入射方向を変化させた。

3. 結果と考察

Fig. 1(c) は Mn_3Sn における室温、 $B = 0.1$ T の X 線吸収スペクトル (XAS) ならびに磁気円二色性 (XMCD) スペクトルである。磁場と X 線入射ベクトル k の方向は平行で、カゴメ面から 30° 傾いているが、主にカゴメ面内の信号を検出すると考えられる。このような配置を以下 $k \parallel B \parallel (0001)$ と記述する。XAS では Mn- L_3 と L_2 端で特に構造のないブロードな吸収が観測されており、Mn の遍歴バンドを反映したものと考えられる。一方、XMCD については XAS 強度 0.2-0.4% 程度と大きな信号ではないものの、明確な信号が観測された。観測された信号は L_3 端で上向き、 L_2 端で下向きの符号を持つことがわかる。実は、この XMCD の符号は、通常の強磁性体で観測される磁場に誘起された磁化によるものとは反対であり、この符号反転は今回観測された Mn_3Sn の XMCD 信号の特徴の一つである。次に、X 線入射方向に対する XMCD の異方性を Fig. 2 に示す。以下に示すデータでは磁場と X 線は完全に平行ではなく、 $\theta_B - \theta_k = 10^\circ$ の関係にある。Fig. 2 の水色のデータは磁場がカゴメ面に垂直な時の XMCD スペクトルである。このような配置を以下 $k \parallel B \perp (0001)$ と記述する。

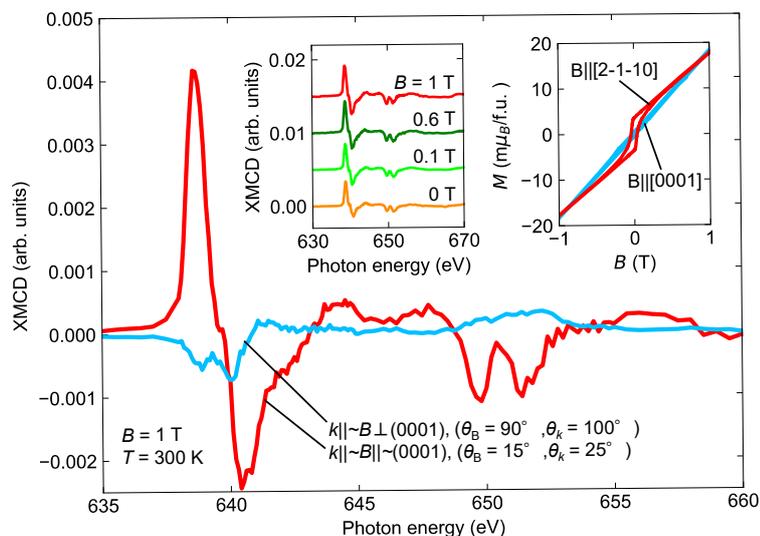


Figure 2 Main panel: Field orientation dependence of XMCD of Mn_3Sn . Left inset: Field strength dependence of XMCD spectra. Right inset: Magnetization process of Mn_3Sn with different field orientations. Data are taken from Ref. [10].

この配置では主にカゴメ面直方向の XMCD 信号を検出すると考えられる。Fig. 2 から分かるように、 $k_{\parallel} \sim B_{\perp}(0001)$ では $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ とはスペクトル形状が大きく異なり、強度も極めて小さいものとなっている。 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の配置では X 線と磁場の入射方向が 10° の角度をなしている。さらにスペクトルの符号は L_3 端で下向き、 L_2 端で上向きとなっているため、磁場によってわずかに誘起された磁化によるものと考えられる。実際、XMCD 総和則を用いた解析では、静磁化率の値とよく一致する (後述)。また左の内挿図に示すように、 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ ではスペクトルに顕著な磁場依存性は見られず、 $B > 0.1$ T 以上で線形な増加を示す静磁化率の磁場依存性 (Right inset) とは整合しない。このように XMCD スペクトルが大きな異方性を示すこと、さらには $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の XMCD がほとんど磁場に依存しない点は今回の XMCD 信号の第二、第三の特徴である。

こういった特徴は、XMCD ピーク強度の磁場依存性にも顕著に現れる。Fig. 3(a) は X 線のエネルギーを L_3 端のピーク位置に固定して、その磁場依存性を測定したものである。Fig. 3(a) からわかるように、 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の配置ではゼロ磁場付近で大きな飛びを持つ強的なヒステリシスループが観測されるのに対し、 $k_{\parallel} \sim B_{\perp}(0001)$ ではわずかに負の傾きを持つ微小信号が観測されるのみである。これらの磁場依存性のデータを Fig. 2 の右内挿図に示す磁化過程と比較する。まず $k_{\parallel} \sim B_{\perp}(0001)$ の XMCD は磁化過程の $B_{\parallel}[0001]$ に対応し、線形に増加する磁化に対応する XMCD 信号がわずかな負の傾きとして観測されている。一方 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の XMCD は $B_{\parallel}[2-1-10]$ の磁化過程に対応するはずであるが、磁化が 0.1 T 以上でも線形に大きく増加するにもかかわらず、XMCD は高磁場で飽和しており、磁化過程との対応が見られない。

次に、磁気モーメントを定量的に求めるために、XMCD 総和則を用いた解析を行なった。Fig. 3(b) にその結果を示す。一般に、 L_3 、 L_2 吸収端における XMCD 総和則から得られる磁気モーメントは、XMCD と XAS のエネルギー積分を用いて、以下のように表される [11, 12]。

$$\frac{m_L}{n_h} = -\frac{4q}{3r}$$

$$\frac{m_{S_{\text{eff}}}}{n_h} = -\frac{(6p - 4q)C}{r}$$

ここで、 n_h は一原子あたりの 3d 軌道における hole 数 (今の場合は ~ 4)、 p 、 q は XMCD スペクトルの L_3 端、および全エネルギー領域における積分値、 r は XAS の全エネルギー領域での積分値である。 C は jj 結合による修正係数で Mn の場合は 1.5 程度であることが知られている [13, 14]。また m_L は軌道モーメントである。 $m_{S_{\text{eff}}}$ は $-(2\langle S_z \rangle + 7\langle T_z \rangle)\mu_B$ と表され、スピンと磁気双極子に起因する項を含む。 S_z と T_z はそれぞれスピンと磁気双極子演算子 ($\mathbf{T} = \mathbf{S} - 3\mathbf{r}(\mathbf{r} \cdot \mathbf{S})$) に対する期待値である。まず $k_{\parallel} \sim B_{\perp}(0001)$ では磁場に対してほぼ線形に増加する $m_{S_{\text{eff}}}$ が観測され、その値は 1 T で $30 m\mu_B/\text{f.u.}$ 程度である。この値は静磁化率の値よりも少し大きい、X 線の入射方向が磁場と 10° の角度をなしていることを考慮すると $10 m\mu_B/\text{f.u.}$ 程度過剰にモーメントを評価しており、それを考慮すると静帯磁率測定の結果と定量的に一致する。このことは今回の XMCD スペクトルが確かに Mn_3Sn のバルクの磁気モーメントを検出していることを示している。

一方 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の配置では、XMCD 総和則から得られた磁気モーメントは静磁化測定の結果とは完全に異なる振る舞いを示す。XMCD 総和則から得られる磁気モーメントは符号が負であり、定性的にも一致しない。またエラーバーの範囲内で磁場依存性がほとんどない。ここまで議論した XMCD 信号の特徴は、その起源が従来型の磁化とは異なるものであることを示している。ちなみに m_L は両方の磁場配置で極めて小さく、軌道モーメントがほぼ消失していることを示しており、第一原理計算の結果とも整合している。

次に非従来型の XMCD の起源について考察したい。一般に、XMCD の起源は、上述の総和則解析の項でも示したように、電子のスピン、軌道に加え T_z 項と呼ばれる磁気双極子項が含まれることが知られている。この項はスピ

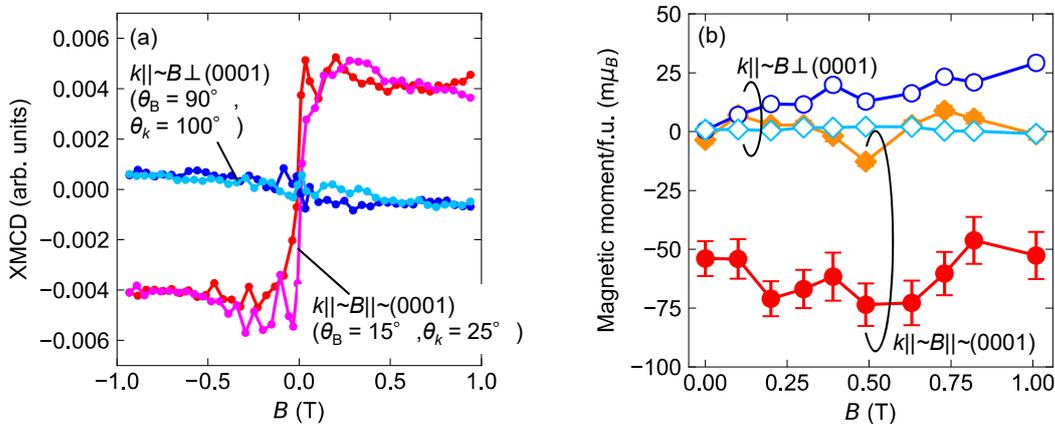


Figure 3 (a) Magnetic Field dependence of XMCD peak intensity at the L_3 edge with different field orientations. (b) Magnetic Field dependence of magnetic moments obtained from the sum rule analysis. Data are taken from Ref. [10].

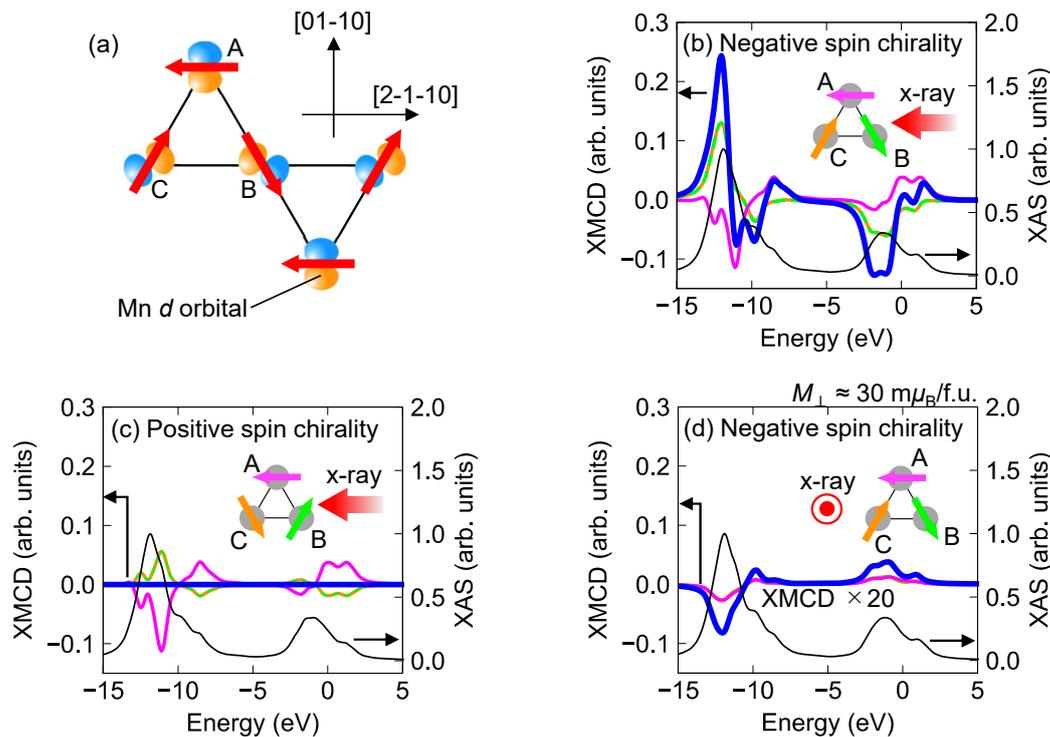


Figure 4 (a) 3d orbital configuration of Mn₃Sn for minority spins. (b), (c) Calculated XMCD spectra for (b) negative and (c) positive spin chiralities. (d) Calculated XMCD spectra for perpendicular field configuration for $B_{\perp} \approx 1.6$ T. For (b), (c) and (d), the individual XMCD contributions from sublattice A, B, and C are indicated by magenta, light green, and orange lines, respectively. The total XMCD signal is shown by thick blue line. Data are taken from Ref. [10].

ンと四極子の結合演算子として書かれることが知られており、多極子の一種を反映したものであることが知られていたが [15, 16]、今回着目する拡張磁気八極子との対応は明らかになっていなかった。また通常の XMCD において、 T_2 項はスピンの寄与に比べて桁違いに小さいことが多く、無視しても差し支えない場合も多い。しかし、今回の Mn₃Sn ではスピンモーメントが打ち消しており、相対的に T_2 の寄与が大きくなることを期待される。そこで、Mn₃Sn の実際の磁気構造と結晶の対称性を踏まえ、モデル計算を行った。Mn₃Sn の磁気構造は、Fig. 4(a) に示す通りであり、その特徴は各原子サイトを時計回りに ABC と移動した時に、スピンの方向が反時計回り（即ち -120° ずつ）に回転する点である。 -120° ずつスピンの方向が回転することから、このスピン構造は「負のスピンカイラリティ」を持つと定義されている。一方、各サイトでの Mn の d 軌道の向きは結晶の対称性を反映し、時計回りに 120° ずつ回転した配置を持つ (Fig. 4(a))。これらのことは、Mn の d 軌道とスピンの相対的な配置が、各副格子において異なることを示している。スペクトルのモデル計算における d 軌道とスピン状態は、第一原理計算から得られた Mn 原子の d 軌道の配置とスピン状態に近いものを選定して行なった。Fig. 4(b) に負のスピンカイラリティの場合のスペクトル計算の結果を示す。各サイトからの寄与を細い線で示しており、太い線で示したスペクトルが、それらの和を示している。各サイトで d 軌道の向きとスピンの相対配置が異なることを反映

し、スペクトルの形状もサイトごとに異なることがわかる。従って、これらの和であるトータルの XMCD スペクトルも有限に残る。各サイトからの XMCD スペクトルにはスピンと T_2 の寄与が両方含まれるが、トータルのスペクトルではスピンの寄与は相殺しており、観測されるのは T_2 の寄与である。実際 Mn₃Sn の対称性に基づいた最近の理論的考察 [17, 18] でも、負のスピンカイラリティの場合は T_2 の寄与が相殺せずに残ることが示されている。一方で、スピンカイラリティが正の場合は、スピンも軌道と同様に $+120^\circ$ ずつ回転するため、各サイトでの軌道とスピンの配置が同じになる。この場合は各サイトからの XMCD 信号は（符号は異なるが）同じ形状となり、全て足し合わせると T_2 項も含めてゼロとなる (Fig. 4(c))。

モデル計算と実験結果を比べると、Fig. 4(b) の計算結果は L_3 端で上、 L_2 端で下であり、XMCD の符号は実験をよく再現していることがわかる。さらに T_2 項による XMCD を考えると今回観測された XMCD の大きな異方性、磁場に依存しない特性を理解することができる。前述のように、Mn₃Sn の磁気構造はカゴメ面内で 120° の角度をなす負のスピンカイラリティを持つ。スピンと T_2 モーメントはともにカゴメ面内で回転するため、 T_2 モーメントも面内で大きな成分を持つ。磁場が面直の場合はわずかにスピンの傾くことで磁化が生じ、その XMCD が観測されるが、その大きさは面内の T_2 項の寄与に比べてずっと小さいことも示された (Fig. 4(d))。さらに、面内磁場の効果について

も、測定した 1T 程度の磁場では磁気構造にほとんど変化がないため、負のスピカイラリティの帰結として生じる T_z の XMCD はほとんど影響を受けない。ただし、スピが傾くことによる変化は存在し、これは磁場依存データのわずかな負の傾きとして観測されている。Fig. 3(a) での高磁場での負の傾きは $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ と $k_{\parallel} \sim B_{\perp}(0001)$ でほぼ一致しており、これは磁化過程が高磁場でほぼ同じ傾きを持つことと整合している。これらの結果から、 $k_{\parallel} \sim B_{\parallel}(0001)$ の XMCD 信号はほぼ全てが T_z の寄与と考えることで説明できることがわかった。

4. まとめ

今回、巨大異常ホール効果を示す反強磁性体 Mn_3Sn において、拡張磁気八極子秩序に由来する T_z 項の XMCD 信号を観測した。この結果は、高次多極子秩序の放射光 X 線による新たな検出法を提案するものである。また拡張多極子秩序は、スピントロニクスなどに有用なさまざまな交差相関応答の起源として近年注目されている。従って共鳴 X 線散乱など他の X 線磁気分光法との組み合わせや、様々な磁気構造を持つ物質へ適用するなど新たな展開が期待される。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科研費 (19K03736, 15H05882, 15H05883, 15H05885 等) などの援助を受けて行われました。また放射光実験は、KEK-PF の課題番号 2018S2-006, 2018PF-31, SPring-8 の課題番号 2018A1525, 2018B1533, 2019A1589 で行われました。

引用文献

- [1] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, *Nature* **527**, 212 (2015).
- [2] N. Kiyohara, T. Tomita, and S. Nakatsuji, *Phys. Rev. Appl.* **5**, 064009 (2016).
- [3] A. K. Nayak, J. E. Fischer, Y. Sun, B. Yan, J. Karel, A. C. Komarek, C. Shekhar, N. Kumar, W. Schnelle, J. Kübler, C. Felser, S. S. P. Parkin, *Science Advances* **2**, e1501870 (2016).
- [4] H. Guo, Z. Feng, H. Yan, J. Liu, J. Zhang, X. Zhou, P. Qin, J. Cai, Z. Zeng, X. Zhang, X. Wang, H. Chen, H. Wu, C. Jiang, Z. Liu, *Adv. Mater.* **32**, 2002300 (2020).
- [5] M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M-T. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani, and S. Nakatsuji, *Nature Phys* **13**, 1085 (2017).
- [6] S. Tomiyoshi, and Y. Yamaguchi, *J. Phys. Soc. Jpn.* **51**, 2478 (1982).
- [7] S. Tomiyoshi, *J. Phys. Soc. Jpn.* **51**, 803 (1982).
- [8] S. Tomiyoshi, Y. Yamaguchi, and T. Nagamiya, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **31-34**, 629 (1983).
- [9] M-T. Suzuki, T. Koretsune, M. Ochi, and R. Arita, *Phys. Rev. B* **95**, 094406 (2017).

- [10] M. Kimata, N. Sasabe, K. Kurita, Y. Yamasaki, C. Tabata, Y. Yokoyama, Y. Kotani, M. Ikhlas, T. Tomita, K. Amemiya, H. Nojiri, S. Nakatsuji, T. Koretsune, H. Nakao, T.-H. Arima and T. Nakamura, *Nature Communications* **12**, 5582 (2021)
- [11] G. van der Laan, and A.I. Figueroa, *Coordination Chemistry Reviews*, **277**, 95 (2014).
- [12] C. T. Chen, Y. U. Idzerda, H.-J. Lin, N. V. Smith, G. Meigs, E. Chaban, G. H. Ho, E. Pellegrin, and F. Sette, *Phys. Rev. Lett.* **75**, 152 (1995).
- [13] K. Nagai, H. Fujiwara, H. Aratani, S. Fujioka, H. Yomosa, Y. Nakatani, T. Kiss, A. Sekiyama, F. Kuroda, H. Fujii, T. Oguchi, A. Tanaka, J. Miyawaki, Y. Harada, Y. Takeda, Y. Saitoh, S. Suga, and R. Y. Umetsu, *Phys. Rev. B* **97**, 035143 (2018).
- [14] H. A. Dürr, G. van der Laan, D. Spanke, F. U. Hillebrecht, and N. B. Brookes, *Phys. Rev. B* **56**, 8156 (1997).
- [15] T. Oguchi, and T. Shishidou, *Phys. Rev. B* **70**, 024412 (2004).
- [16] H. Kusunose, R. Oiwa, S. Hayami, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 104704 (2020).
- [17] Y. Yamasaki, H. Nakao, T.-H. Arima, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 083703 (2020).
- [18] N. Sasabe, M. Kimata, T. Nakamura, *Phys. Rev. Lett.* **126**, 157402 (2021).

(原稿受付日：2022 年 3 月 21 日)

著者紹介

木俣基 KIMATA Motoi

東北大学金属材料研究所 准教授

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

e-mail: motoi.kimata.b4@tohoku.ac.jp

略歴：2007 年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了，2007 年物質・材料研究機構 PD，2010 年東京大学物性研究所助教，2017 年から現職。理学博士。

最近の研究：三次元ベクトル強磁場を用いた対称性の破れた電子状態の研究。

趣味：アウトドア活動

クライオ電子顕微鏡単粒子解析による亜硝酸還元酵素のパッキングフリー構造

山口峻英^{1,2}, 安達成彦³, 守屋俊夫³, 川崎政人^{3,4}, 小祝孝太郎³, 篠田晃³, 山田悠介^{3,4}, 湯本史明³, 高妻孝光^{1,2}, 千田俊哉^{3,4}

¹茨城大学大学院理工学研究科, ²茨城大学フロンティア応用原子科学研究センター,

³高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所, ⁴総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科

Packing-Free Structure of Nitrite Reductase by Cryogenic Electron Microscopy Single Particle Analysis

Takahide YAMAGUCHI^{1,2}, Naruhiko ADACHI³, Toshio MORIYA³, Masato KAWASAKI^{3,4}, Kotaro KOIWA³, Akira SHINODA³, Yusuke YAMADA^{3,4}, Fumiaki YUMOTO³, Takamitsu KOHZUMA^{1,2}, Toshiya SENDA^{3,4}

¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University,

²Frontier Research Center for Applied Atomic Sciences, Ibaraki University,

³High Energy Accelerator Research Organization, Institute of Materials Structure Science,

⁴The Graduate University of Advanced Studies (Soken-dai), School of High Energy Accelerator Science

Abstract

亜硝酸還元酵素は脱窒過程において最初の気体状生成物を与える酵素である。これまでに、X線・中性子の特性を活かした構造解析が行われ、酵素反応中の構造等が決定され、反応機構の理解が進んできた。しかし、その構造特性が亜硝酸還元酵素そのものに由来するものなのか、あるいは結晶中にパッキングされることに由来するものであるかについての理解を深めることが重要となっている。溶液での構造はX線や中性子小角散乱によって低分解能構造として得られるが、詳細な酵素反応機構を解明するための構造情報として不十分である。本稿では、亜硝酸還元酵素の反応機構の理解に重要なパッキングフリー構造をクライオ電子顕微鏡単粒子解析によって得た最近の事例を紹介する。

1. はじめに

脱窒菌は、窒素酸化物を窒素分子へと段階的に変換する働きをもつ微生物で、地球規模での窒素循環の一端を担っている (Fig. 1)。脱窒菌によるこの反応は脱窒と呼ばれ、硝酸イオンを最終的な電子受容体としてエネルギーを獲得する嫌気呼吸の一種であるが、水資源環境や土壌の酸性化の原因である窒素酸化物の除去に利用できるという点でも重要である。また、脱窒過程の最終段階では、二酸化炭素の約 300 倍もの温室効果を有する亜酸化窒素を窒素分子に変換するが、この反応は土壌の酸性化等で阻害される。特に農耕地では窒素肥料の過剰な使用によって亜酸化窒素の排出量が増加していることが知られている [1]。脱窒過程は気候変動や食糧問題にも関わる生化学反応であり、遺伝子改変などによる脱窒菌の効率的な利用を考える上でも、各素過程を分子科学的に理解することが重要である。

この脱窒の一連の反応は、脱窒菌がもつ様々な金属酵素によって行われている。この中で亜硝酸還元酵素は、亜硝酸イオンを最初の気体状生成物である一酸化窒素へと変換する反応を担っている酵素である。亜硝酸還元酵素には大きく 2 種類に分けられ、銅イオンを利用している銅型亜

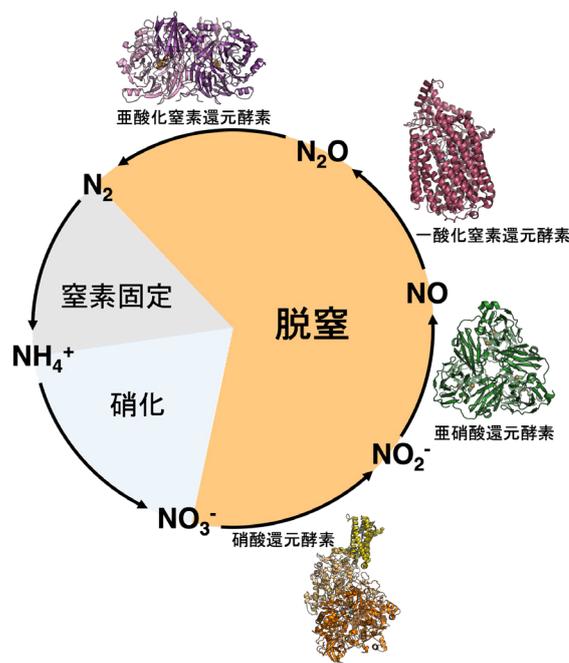


Figure 1 Nitrogen cycle and the structures of denitrifying metalloenzymes.

硝酸還元酵素 (CuNiR) と、ヘム鉄を活性中心にするヘム型亜硝酸還元酵素 (*cd*₇NiR) が存在する。

名古屋大学の Iwasaki らは、1962 年に *Pseudomonas denitrificans* から見出される酵素に脱窒活性があることを見出し [2, 3], 翌年に CuNiR が初めて単離精製された [4]。その後、*Achromobacter cycloclastes* や *Alcaligenes faecalis* などからも CuNiR が単離されている。1990 年頃になると、X線結晶構造解析によって、活性中心であるタイプ 1 銅 (T1Cu) とタイプ 2 銅 (T2Cu) の構造が明らかにされた (Fig. 2)。基質である亜硝酸を還元するのは T2Cu であり、亜硝酸還元に必要な電子は、システイン 136 番 (Cys136) とヒスチジン 135 番 (His135) を介して T1Cu から供給される。また、亜硝酸を還元する際に必要なプロトンの供給源としては、T2Cu 近傍のアスパラギン酸 98 番 (Asp98) が推定されるなど、酵素反応機構の研究が展開されてきた [5]。近年では、量子化学計算や、放射光・X線自由電子レーザー・中性子を用いた精密な結晶構造解析が行われ、亜硝酸が結合する前の休止状態や、亜硝酸に電子を渡す前後の構造が明らかにされたことで、より詳細な酵素反応機構が報告されている [6-8]。しかし、結晶中では、分子どうしが接近しながら充填 (パッキング) されているため、構造の一部に歪みが生じ酵素反応が阻害される例も知られている [9]。そのため、CuNiR をはじめとする様々な酵素の構造研究において、パッキングフリー構造に基づいて反応機構の理解を得ることが重要となる。近年、KEK に設置されているクライオ電子顕微鏡 (Cryo-EM) を利用することにより、CuNiR の近原子分解能パッキングフリー構造を初めて決定することに成功した [10]。

2. 銅含有亜硝酸還元酵素の cryo-EM 構造

2-1. 電子顕微鏡写真の撮影, cryo-EM マップの再構成

脱窒条件下で静置培養を行った脱窒菌 *Achromobacter cycloclastes* から CuNiR (*AcNiR*) を精製した。pH 6.2 と pH 8.1 にそれぞれ調製した *AcNiR* をカーボングリッドにアプライして瞬間凍結した試料を、200 kV クライオ電子顕微鏡 Talos Arctica (FEI) を用いて液体窒素温度で撮影し、単粒子解析に用いるタンパク質粒子画像を収集した。クライオ電子顕微鏡でタンパク質の粒子画像を撮影する際には、電子線が照射されることによって、グルタミン酸やアスパラギン酸などの側鎖やジスルフィド結合に損傷が生じ

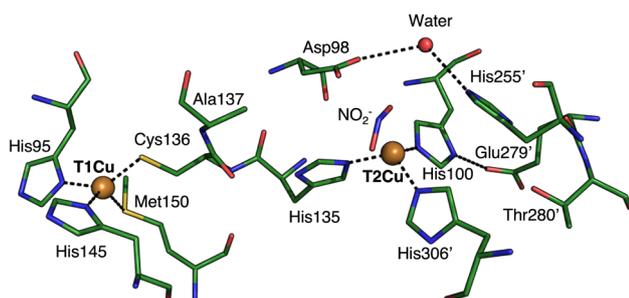


Figure 2 Active site structure of nitrite reductase (PDB ID:5D4I).

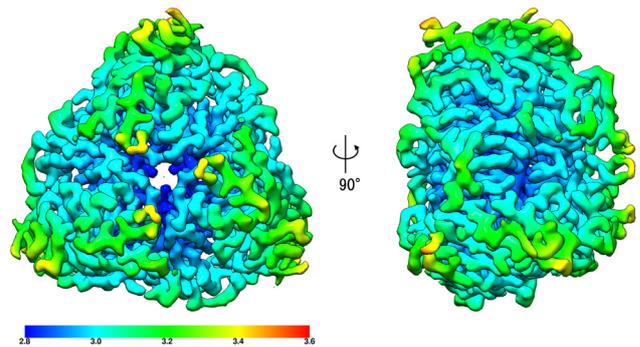


Figure 3 The cryo-EM map of *AcNiR* at pH 8.1 (resolution: 2.85 Å). The local resolution of cryo-EM map is indicated by the color scale at the bottom of figure.

るほか、特に金属含有タンパク質である *AcNiR* の場合には電子線による活性中心の還元等が想定された [11]。そこで電子線による試料の損傷を抑えるために、1 フレームあたり 1.08 e⁻/Å² の低線量で撮影を行い、pH 6.2 と pH 8.1 でそれぞれ 794 枚、694 枚の電子顕微鏡画像を得た。さらに各フレームの照射線量に応じて損傷を考慮した分解能情報の重み補正をした後に、電子顕微鏡画像の中からピックアップした約 1 万個の粒子像を重ね合わせることで、Fig. 3 のような立体的な cryo-EM マップを高分解能で再構成した。cryo-EM マップを再構成する際に粒子像周辺に染み出した構造情報を含める工夫をすることで分解能を向上させ [12], 最終的な分解能は pH 6.2 で 2.99 Å, pH 8.1 で 2.85 Å になった。これは、200 kV 電子顕微鏡で撮影した分子量の小さい (110 kDa) タンパク質としては最も分解能の高い解析結果の 1 つである。

2-2. 亜硝酸還元酵素の cryo-EM 構造と結晶構造の差異

再構成されたマップを基に精密化を行い *AcNiR* の cryo-EM 構造を得た。*AcNiR* の cryo-EM 構造は、これまで結晶構造解析や小角散乱法によって明らかにされてきたものと同じくホモ三量体であった。cryo-EM 構造と、精密化の際に初期モデルとして用いた結晶構造 (PDB ID: 2BW4, 分解能 0.9 Å) の Root Mean Square Deviation (RMSD) は、Protein Data Bank に登録されている *AcNiR* の全 X 線結晶構造同士を重ね合わせた際に計算される RMSD (0.36 ± 0.17 Å) よりも大きく、0.697 Å であった。このことから、結晶中の構造はパッキングによる影響を受けているものと考えられる。パッキングによる影響は、全体的にホモ三量体の表面付近に分布していたが、さらに詳しくタンパク質主鎖の構造を調べたところ、*AcNiR* のバリン 185 番 (Val185) からグリシン 200 番 (Gly200) に至るループの構造が顕著に変化していることが判明した。タンパク質間の電子伝達反応においては、活性中心の酸化状態によって引き起こされる構造変化が、ドナー・アクセプター複合体の親和性を調節していることが報告されている [14]。結晶中でパッキングの影響を受ける Val185-Gly200 ループは、

T2Cu から 20 Å 以上離れているため、亜硝酸還元反応には直接関与しないものと考えられるが、電子伝達タンパク質であるシュウドアズリン (PAz) が T1Cu に電子を受け渡す際に、複合体形成の界面となるアミノ酸残基を含んでいる [13]。よって、CuNiR と PAz の電子移動反応を理解するには今回得られたパッキング構造が重要となると考えられる。

2-3. 亜硝酸還元酵素の活性中心とその近傍の構造

AcNiR の活性中心である T1Cu と T2Cu を調べたところ、cryo-EM 構造と結晶構造には、ほとんど違いはみられず、パッキングによる影響は分子内部の活性中心には及んでいなかった。T2Cu 近傍に存在するヒスチジン 255 番 (His255') は、O-NO 結合が切断される際にプロトンを供給すると考えられているため、His255' と周辺の水分子を含む水素結合ネットワークの構造を得ることが酵素機能理解に重要である。しかし、His255' のコンフォメーションは、X線照射によって T2Cu が還元されることで変化することが報告されている [7]。AcNiR の cryo-EM 構造では His255' のコンフォメーションが維持されていたことから、電子線による損傷のない構造が得られたものと考えられる。

また、AcNiR の酵素活性は pH 6.2 で最大になり、pH 6.2 から酸性・アルカリ性にずれると活性が低下することが報告されている [15]。Jacobson らは、pH 6.0 と pH 8.4 において *Rhodobacter sphaeroides* 由来 CuNiR (*RsNiR*) の結晶構造解析を行い、T2Cu 近傍に存在するヒスチジン 287 番 (AcNiR では His255' にあたる) の構造変化を見出している [16]。この構造変化によって、アルカリ性で T2Cu の酸化還元電位が上昇し酵素活性が低下すると説明しているが、これらの構造データは放射光 X線によって得られたものであり、実際には T1Cu と T2Cu が還元された状態であると考えられる。cryo-EM マップに基づいて精密化した AcNiR の構造は、電子線による損傷を含んでいなかった。そこで pH 6.2 と pH 8.1 における AcNiR の構造を比較したが、活性中心とその近傍に差異は認められなかった。しかし、cryo-EM マップ同士を直接比較するために作成した差分マップ (Fig. 4) では、差分 (赤色) が Asp98 と His255' の間に顕著に現れ、pH を変えた際に周辺構造が変化しているものと考えられた。この差分マップが現れた位置には、水素結合を介して Asp98 の O^δ 原子と His255' の N^ε 原子を繋ぐ水分子が存在する (Fig. 2)。pH 6.2 では、この水分子が揺らぎやすくなっているか、占有率が低下しているものと考えられる。CuNiR の反応機構では、基質に電子が移動する前に His255' から水分子にプロトンが移動する。通常、ヒスチジン側鎖のイミダゾール環の pK_a は 6 付近であり、His255' 側鎖のプロトン化・脱プロトン化が T2Cu の活性に関係すると考えられる。電子スピン共鳴 (EPR) スペクトルを用いて T2Cu への影響を分光学的に検証した結果、pH 6.0 と pH 8.0 で T2Cu 由来のスペクトル成分が変化し、クライオ電子顕微鏡単粒子解析の結果を裏付けることができた。

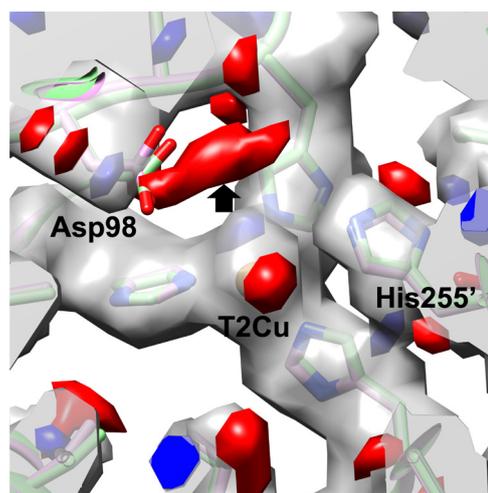


Figure 4 The equal-volume 3D difference map (pH 8.1–pH 6.2, red: positive, blue: negative) of AcNiR.

4. まとめ

今回、パッキングによる歪みや電子線による損傷を含まないであろう状態で、比較的分子サイズが小さい亜硝酸還元酵素の構造が明らかになったことで、クライオ電子顕微鏡を用いた金属タンパク質の単粒子構造解析の重要性が一層強調された。亜硝酸還元酵素をはじめとする金属酵素の機能を理解するためには、詳細な分子構造を与える X線・中性子単結晶構造解析と併せて、クライオ電子顕微鏡単粒子解析の結果を解釈することが酵素機能の理解に重要である。

5. 謝辞

本研究は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 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) の課題番号 JP20am0101071 の支援を受けました (支援番号 1401, 1630)。

引用文献

- [1] D. S. Reay, E. A. Davidson, K. A. Smith, P. Smith, J. M. Melillo, F. Dentener, P. J. Crutzen, *Nat. Clim. Chang.* **2**, 410 (2012).
- [2] H. Suzuki, T. Mori, *J. Biochem.* **52**, 190 (1962)
- [3] H. Suzuki, H. Iwasaki, *J. Biochem.* **52**, 193 (1962)
- [4] H. Iwasaki, S. Shidara, H. Suzuki, T. Mori, *J. Biochem.* **53**, 299 (1963).
- [5] E. T. Adman, J. W. Godden, S. Turley, *J. Biol. Chem.* **270**, 27358 (1995).
- [6] M. Lintuluoto, J. M. Lintuluoto, *Biochemistry*, **55**, 210 (2016).
- [7] Y. Fukuda, K. M. Tse, T. Nakane, T. Nakatsu, M. Suzuki, M. Sugahara, S. Inoue, T. Masuda, F. Yumoto, N. Matsugaki, E. Nango, K. Tano, Y. Joti, T. Kameshima, C. Song, T. Hatsui, M. Yabashi, O. Nureki, M. E. P. Murphy,

- T. Inoue, S. Iwata, E. Mizohata, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **113**, 2928 (2016).
- [8] Y. Fukuda, Y. Hirano, K. Kusaka, T. Inoue, T. Tamada, Proc. Natl. Acad. Sci. USA **117**, 4071 (2020).
- [9] E. G. Kovaleva, J. D. Lipscomb, Science **316**, 453 (2007).
- [10] N. Adachi, T. Yamaguchi, T. Moriya, M. Kawasaki, K. Koiwai, A. Shinoda, Y. Yamada, F. Yumoto, T. Kohzuma, T. Senda, J. Struct. Biol. **213**, (2021).
- [11] J. Hattne, D. Shi, C. Glynn, C.-T. Zee, M. Gallagher-Jones, M. W. Martynowycz, J. A. Rodriguez, G. Gonen, Structure, **26**, 759 (2018).
- [12] T. Moriya, KENBIKYO **55**, 37 (2020),
- [13] M. D. Vlasie, R. Fernández-Busnadiego, M. Prudêncio, M. Ubbink, J. Mol. Biol. **375**, 1405 (2008).
- [14] M. Senda, S. Kishigami, S. Kimura, M. Fukuda, T. Ishida, T. Senda, J. Mol. Biol. **373**, 381 (2007).
- [15] H. Iwasaki, S. Noji, S. Shidara, J. Biochem. **78**, 355 (1975).
- [16] F. Jacobson, A. Pistorius, D. Farkas, W. De Grip, Ö, Hansson, L. Sjölin, R. Neutze, J. Biol. Chem. **282**, 6347 (2007).

(原稿受付日：2022年3月24日)

著者紹介

山口峻英 Takahide YAMAGUCHI

茨城大学大学院理工学研究科 助教

〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1

e-mail: takahide.yamaguchi.qbs@vc.ibaraki.ac.jp

略歴：2016年茨城大学大学院理工学研究科博士課程修了
博士（理学），茨城大学博士研究員を経て2016年より現職

最近の研究：金属タンパク質の構造・機能・物性

趣味：ウィンドサーフィン

高妻孝光 Takamitsu KOHZUMA

茨城大学大学院理工学研究科 教授

〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1

e-mail: takamitsu.kohzuma.qbs@vc.ibaraki.ac.jp

略歴：1989年 学術博士（金沢大学） 大阪大学助手，茨城
大学助教授を経て2004年より現職

最近の研究：生物無機化学

趣味：料理，ヨット，スキューバダイビング，魚釣り

鉱物が一瞬だけ衝撃を受けるとどうなるか

2022年5月9日
高エネルギー加速器研究機構
筑波大学
大阪大学大学院工学研究科
国理化学研究所
高輝度光科学研究センター

■概要

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所、筑波大学、大阪大学大学院工学研究科、高輝度光科学研究センター、理化学研究所放射光科学研究センターの共同研究グループは、X線自由電子レーザー施設 SACLA を用いて、ジルコンという鉱物の衝撃特性を超高速度X線観察することに成功しました。これは、KEK 物質構造科学研究所の高木壮大博士、一柳光平研究員、野澤俊介准教授、筑波大学生命環境系の興野純准教授、岡田慧氏、大阪大学大学院工学研究科の尾崎典雅准教授、新田蒼真氏（当時）、理化学研究所の宮西宏併研究員、末田敬一研究員、高輝度光科学センターの藪内俊毅主席研究員、富樫格主幹研究員らを中心とした共同研究グループの成果です。

隕石衝突による衝撃は“瞬間的な高温高圧状態”を生み出して鉱物の状態を変化させ、鉱物にその痕跡を残します。ジルコンは少量のウランを含み、ウランが放射壊変して鉛になることで数億年から数十億年前の時間を知る「時計」として利用できる重要な鉱物です。ジルコンが受けた衝撃の大きさと残る痕跡の関係を知ることは、過去の隕石衝突の規模や年代を推定する上で重要です。

本研究では、強いレーザー光をジルコンに照射して5ナノ秒（1ナノ秒は1億分の1秒）という一瞬の衝撃を与え、その瞬間の結晶構造変化をX線を用いてリアルタイムで観察しました。ジルコンから高圧相であるレーダイトへの結晶構造相転移が観察された一方、長時間の高温高圧状態では観察される酸化物への分解は起こらないことが分かりました。

この研究成果は、国際学術誌「Physics and Chemistry of Minerals」に5月3日掲載されました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/05/PR20220509.pdf>をご覧ください）。

タンパク質の結晶のほとんどはねじれている！—微小な“ねじれ”の観測に成功—

2022年5月18日
横浜市立大学
高エネルギー加速器研究機構
広島大学

■概要

横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科 阿部満理奈（博士後期課程3年生）と鈴木凌助教、橘勝教授、小島謙一名誉教授、高エネルギー加速器研究機構（KEK）平野馨一准教授、広島大学大学院統合生命科学研究科 小泉晴比古准教授らの研究グループは、世界で初めて、タンパク質結晶に存在する微小なねじれの観察に成功しました。

本研究成果は、Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 誌（通称PNAS；米国科学アカデミー紀要）に掲載されました（日本時間2022年5月17日）。（この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/05/pr20220518.pdf>をご覧ください）。

エネルギーは、電流ではなく「摩擦」で失われていた～電気自動車用モーターの効率化に向けた新発見～

2022年5月20日
高エネルギー加速器研究機構

■概要

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 塚原宙協力研究員（研究当時は研究員）は、産業技術総合研究所エレクトロニクス・製造領域 今村裕志研究チーム長、物質・材料研究機構 三俣千春 特別研究員、オーストラリア モナッシュ大学 鈴木清策教授、および高エネルギー加速器研究機構 小野寛太特別教授と共同で、エネルギー損失が少ないモーターの主要部品として使用されるナノ結晶軟磁性材料のエネルギー損失機構をコンピューターシミュレーションにより明らかにしました。ナノ結晶軟磁性材料に与えられた磁気エネルギーは、結晶格子を歪ませ、力学エネルギーに変換されます。この力学エネルギーは、磁区構造の変化に伴う磁壁移動によって格子歪が緩和されることで、格子振動、すなわち熱エネルギーに変換されて失われるため、エネルギー損失が生じます。この新たなエネルギー損失機構の解明はモーターのエネルギー効率の更なる向上を可能にします。

本研究は2022年5月20日にNPG Asia Materials 誌でオ

ンライン公開されました。本研究はトヨタ自動車株式会社の支援により行われました（この記事の続きは https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/05/pr20220520_1.pdf をご覧ください）。

AWS と KEK, 日本のアカデミアにおける研究 DX を加速

2022年5月25日
アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社
高エネルギー加速器研究機構

■概要

Amazon.com, Inc. の関連会社であるアマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社（以下、AWS）と高エネルギー加速器研究機構（以下、KEK）は、AWS クラウドを活用する KEK の「GoToCloud」プラットフォームの構築および今後の展開について連携を強化することを発表いたしました。「GoToCloud」は、タンパク質の構造解析にかかる時間およびコストを大幅に削減し、構造生物学研究を含む日本の科学研究分野におけるデジタルトランスフォーメーション（研究 DX）を加速させます。新型コロナウイルス感染症の世界的流行を背景に、ワクチン開発につながる抗体や薬剤のターゲットとして使われるタンパク質に関する研究が増加するに伴い、タンパク質の構造解析需要も拡大しています。KEK と AWS はこの度の連携強化により、生命の起源の理解や創薬研究など様々な研究領域において、タンパク質の構造解析を利用する全ての日本の研究者が、世界トップクラスの研究成果を数多く生み出していくことを支援します（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/05/pr20220525.pdf> をご覧ください）。

新奇トリテルペン生合成経路を発見

2022年6月2日
東京大学
高エネルギー加速器研究機構

■概要

テルペノイド化合物は、知られているだけで 80,000 以上の分子が単離されている天然物の一群であり、生物活性を持つ化合物が数多く含まれることから、医薬品候補化合物の探索ソースとしても非常に重要な化合物群の一つです。その中でも、炭素数 30 (C30) のトリテルペンは、微生物、植物、動物に普遍的に見いだされ、細胞膜の重要な構成成分の一つであり、生物の生理機能を調節するステロイド化合物の前駆体などが含まれます。これまでに、トリテルペンの生合成経路としては、炭素数 15 (C15) のファルネシル二リン酸 (FPP) が 2 量化して生成するスクアレ

ンを経由するものしか知られていませんでした。

今回、東京大学大学院薬学系研究科の阿部郁朗教授と森貴裕助教、Hui Tao 特任研究員、および、高エネルギー加速器研究機構の千田俊哉教授と安達成彦特任准教授、武漢大学の Tiangang Liu 教授、ボン大学の Jeroen Dickschat 教授らの共同研究グループは、カビ由来テルペン合成酵素の機能解析を行い、スクアレニン由来せずに、C5 イソプレニル単位ジメチルアリル二リン酸 (DMAPP) とイソペンテニル二リン酸 (IPP) を基質として、C30 トリテルペンの骨格を一挙に構築する、画期的な新奇生合成酵素を世界に先駆けて発見しました。さらに、共同研究グループは、安定同位体を利用した酵素反応機構の精密解析や、酵素の X 線結晶構造解析、クライオ電子顕微鏡を用いた単粒子解析、さらには立体構造をもとにした部位特異的変異導入により、2 種類のトリテルペン合成酵素の反応機構の詳細を明らかにすることに成功しました。本成果は既存の常識を覆す新たな生合成経路と画期的な新奇酵素の発見であり、新しい分子認識化学の開拓や新たな触媒概念の確立など、学術的に大きなインパクトを与えるとともに、今後、合成生物学の手法を用いた生合成マシナリーの再設計により、天然物を超える新規機能分子の創製など、創薬研究に幅広く貢献することが期待されます。

本研究成果は 2022 年 6 月 1 日付で英国科学雑誌 Nature (オンライン版) に掲載されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/06/pr20220602.pdf> をご覧ください）。

有機溶媒中で導電性高分子ポリアニリンを容易に合成する方法を開発 ～さまざまな物質との複合化が可能に～

2022年6月15日
筑波大学
高エネルギー加速器研究機構

■概要

本研究では、アニリンと有機スルホン酸またはアニリン塩を、エタノール、クロロホルム、トルエンなどの有機溶媒に加え、少量のヨウ素を添加し、攪拌するのみで、ポリアニリン（エメラルジン）を合成することに成功しました。ヨウ素は、重合反応の初期段階でモノマーにラジカルを発生させるため、重合活性が向上し、さらに酸化剤を加えることにより重合が進行します。このポリアニリンの導電キャリアーであるポーラロン) の存在を、電子スピン共鳴法 (ESR = Electron Spin Resonance) で確認するとともに、四端子法で電気伝導性を評価しました。さらに有機溶媒にヒドロキシプロピルローズ液晶やアクリル樹脂、ポリスチレンなどのプラスチックを溶解し、その溶液中でアニリンの重合を行うと、これらのプラスチックとアニリンが分子レベルで複合化したポリマ

ーコンポジットが作成できることを見いだしました。このようなポリマーコンポジットのミクロ構造を放射光X線回折装置（高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 フォトンファクトリーのビームライン BL-8B）により評価したところ、コンポジット化に基づく分子レベルでの周期性構造が確認されました。

本研究成果は 2022 年 5 月 24 日付で Polymer-Plastics Technology and Materials 誌（オンライン版）に掲載されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/06/pr20220615.pdf> をご覧ください）。

有機トランジスタの動きを動画に － 電子の流れをイメージング－

2022 年 6 月 21 日
高エネルギー加速器研究機構
筑波大学

■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の福本恵紀 特任准教授は、筑波大学 数理物質系の山田洋一 准教授・同 応用理工学学位プログラム 修士 2 年の竹入総一郎氏らと共同で、フェムト秒パルスレーザーを励起光源とする光電子顕微鏡法（フェムト秒光電子顕微鏡）を用い、トランジスタの動作環境下における伝導電子の動きの可視化に世界で初めて成功した。

物質・材料研究機構（NIMS）国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（MANA）の早川竜馬 主幹研究員と若山裕副拠点長らが開発した、2 種類の有機材料を利用することで、室温で負性抵抗を示すアンチアンバイポーラトランジスタ（AAT）は、従来の有機集積回路の性能を飛躍的に向上させる多値論理回路へ応用できるため、近年注目されている。この負性抵抗トランジスタでは、半導体界面（n 型半導体と p 型半導体が形成する界面）が電子の流れを制御するバルブに相当する。その界面の役割を可視化することにより、動作原理の解明に成功した。新規に開発されたトランジスタの動作原理を、これまでになかった装置で解明したこの成果の社会的なインパクトは大きい。有機トランジスタだけでなく、太陽電池、発光素子などその他の半導体デバイスに適用できることが期待される。

この研究成果は、Advanced Materials 誌オンライン版に 5 月 30 日掲載された（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/06/pr20220621.pdf> をご覧ください）。

つくば駅前特設展示「POP into サイエンス」開始のお知らせ － 第 1 回 中和抗体あるときないとき－

2022 年 6 月 22 日
高エネルギー加速器研究機構

■概要

つくば市は研究学園都市と呼ばれ数多くの研究所がありますが、つくばエクスプレスつくば駅で降りても、研究所の街という雰囲気はあまり感じられません。また、KEK つくばキャンパスには常設展示施設「KEK コミュニケーションプラザ」がありますが、駅から遠く、電車で行くつくばを訪れた方にはアクセスしやすいとは言えません。

そこで、KEK 物質構造科学研究所（IMSS）では、つくば駅前の商業施設で特設展示を行い、訪れた人々に研究所の存在や研究の内容を知っていただくと考えました。ちょっと立ち寄って科学に触れてもらえたらという意味を含め「POP into サイエンス」と名づけました。

今年度の展示は構造生物学研究センター（SBRC）が担当します。初回の展示テーマは「中和抗体あるときないとき」です。

SBRC では、タンパク質のかたちを調べ、その機能や起源を解明するための研究をしています。このコロナ禍で、人々の関心が高い新型コロナウイルスと感染を防ぐ「中和抗体」について、構造を詳しく見てみようという企画しました。

中和抗体とは、ウイルスなどに感染した後やワクチンを打った後に体内で作られるタンパク質の一種です。中和抗体がウイルスのスパイクタンパク質にくっつくと、ウイルスはヒトの細胞の受容体にくっつきにくくなります。

展示では、体内に中和抗体があるときとないときの細胞の周りの様子を大きなパネルに描きました。クライオ電子顕微鏡や放射光（X線）を用いて解き明かされた中和抗体・スパイクタンパク質・受容体のかたちを描いています。一般に「鍵と鍵穴」と表現されるものが、実際にはどんなかたちなのかを確かめてみてください。

また、パネルの裏面では、ヒトの細胞に対してウイルスや中和抗体、受容体がどのくらい小さいかが分かるよう、横幅いっぱい細胞を描いています。

実際の構造を正確に再現した拡大模型「タンパク質の立体構造パズル」では、複雑な立体構造を組み合わせて遊ぶことができます。ウイルスのスパイクタンパク質とヒト細胞の受容体、スパイクタンパク質と中和抗体ががっちり組み合う様子を体験でき、タンパク質のかたちが機能と直結することが直感的に分かります。タンパク質のかたちを知ることは、病気のメカニズムを知ったり新しい薬を作ったりするために必要不可欠だと感じていただけるでしょう。

また、KEK IMSS の放射光実験施設 フォトンファクトリーを用いて解き明かされたタンパク質の立体構造の一部を、内部が透けて見えるカラフルな模型で紹介しています。胃がんの原因となるピロリ菌が作るタンパク質のかたちや、オートファジーに関わるタンパク質などの三次元模型をご覧ください。

この特設展示では、数ヶ月ごとに展示替えを行い、IMSS の研究内容を紹介していく予定です。また、複数の研究所の展示が集まる場所になればと考えており、つくば市内の他機関にも参画を呼びかけています（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/06/pr20220622.pdf> をご覧下さい）。

小林正典先生を偲んで

加速器第六研究系 本田 融

小林正典高エネルギー加速器研究機構名誉教授におかれましては、令和4年4月6日にご逝去されました。先生は昭和16年（1941年）のお生まれで81歳でした。

先生は平成9年よりご退官になる平成16年まで物質構造科学研究所放射光源研究系の研究主幹をお務めになりました。平成27年度から今年度まで、加速器研究施設のダイヤモンドフェローとして当研究系のアドバイザー、相談役をお願いしており、PF研究棟へお見えになる機会もしばしばありました。図は先生が令和元年8月にフォトンファクトリー新体制発足記念講演会～PF REBORN 2019～で黎明期の光源加速器について講演された時の写真です。物構研広報室が撮影した写真を拝借しました。現役のときさながらに、柔和な笑顔で、理路整然とお話をされる姿が思い出されます。

最近体調がすぐれないとお噂は耳にしておりましたが、お亡くなりになる直前の週にもPF研究棟まで小林幸則主幹に会いに見えており、突然の訃報に皆大変驚いた次第です。告別式でお会いした奥様に肺炎の悪化が原因であったとお聞きしました。

小林先生は昭和54年に高エネルギー物理学研究所加速器研究系に助教授として赴任され、昭和55年より放射光実験施設放射光源研究系のご所属となっております。時はまさに放射光実験施設の建設のまっ最中であり、先生はPFリングの真空システムの設計、建設を主導し、我が国で初めて大規模なアルミ合金製ビームダクトを採用するなど、随所に独自の工夫・考案を凝らされて、先行していた

陽子シンクロトロンよりも何桁も低い真空圧力が要求される電子蓄積リングの真空システムを完成されました。昭和57年の初放射光観測以来40年の長きに渡って第一線で稼働を続けるPFの礎を築かれたお一人です。

先生は蓄積ビーム電流値 I と蓄積寿命 τ の積 $I\tau$ がその性能を表す上で重要な指標となることを初めて提案されました。我々も真空圧力の改善のみならず、蓄積ビームの健全性にも関わる指標として常に監視、記録しています。また世界の放射光リングにおいても性能指標として当たり前になり $I\tau$ 積が用いられています。平成9年からは研究主幹を務められるなど、光源研究系で長年リーダーシップを発揮され、PFリングの高輝度化やPF-ARの高度化などを成功に導かれました。平成11年から12年ごろにかけて行われたPF-ARの高度化は、トリスタン加速器の入射器として設計され、また放射線損傷などによって性能劣化もみられたAR加速器を、放射光専用リングとして十分な真空性能を備えた蓄積リングとしてリニューアルする工事で、北西実験棟の新設と併せて実施されました。蓄積リング全周が無酸素銅製のビームダクトに一新され、蓄積電流値が増加し、蓄積寿命も一桁伸長することによって、 $I\tau$ 値が大幅に改善しました。また加速器トンネル内の放射線損傷の軽減も達成されました。これも先生が主催をされた光源研究系真空グループの大きな成果のひとつです。

学会活動では、日本真空学会（現日本表面真空学会）の真空夏季大学校長や理事を長年務められおり、平成17年度と18年度には学会長を務められて、名誉会員となっております。またこのたびは従四位、瑞宝小綬賞の叙位叙勲の栄誉を受章されましたことを謹んでご報告いたします。

生前のご指導ご鞭撻に深く感謝を申し上げるとともに、小林先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。



令和元年8月にフォトンファクトリー新体制発足記念講演会～PF REBORN 2019～で講演される小林正典先生（提供：物構研広報室）

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。

2022年5月～7月に紹介されたPFトピックス一覧

- 5.9 【プレスリリース】 鋳物が一瞬だけ衝撃を受けるとどうなるか
- 5.18 【プレスリリース】 タンパク質の結晶のほとんどはねじれている！—微小な“ねじれ”の観測に成功—
- 5.20 【プレスリリース】 エネルギーは、電流ではなく「摩擦」で失われていた～電気自動車用モーターの効率化に向けた新発見～
- 5.24 【物構研トピックス】 クライオ電顕 特設ページを公開しました。
- 5.25 【プレスリリース】 AWS と KEK, 日本のアカデミアにおける 研究 DX を加速
- 6.2 【プレスリリース】 新奇トリテルペン生合成経路を発見
- 6.6 【物構研トピックス】 ヒト GTP センサータンパク質誕生のトリック解明 —脊椎動物に特徴的な GTP センサー PI5P4K β の進化—
- 6.10 【物構研トピックス】 つくば駅前特設展示「POP into サイエンス」を始めました
- 6.15 【プレスリリース】 有機溶媒中で導電性高分子ポリアニリンを容易に合成する方法を開発 ～さまざまな物質との複合化が可能に～
- 6.21 【プレスリリース】 有機トランジスタの動きを動画に —電子の流れをイメージング
- 6.22 【プレスリリース】 つくば駅前特設展示「POP into サイエンス」開始のお知らせ —第1回 中和抗体あるときないとき—

人事異動

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(辞職)	2022. 6. 30	一柳光平		物構研 放射光科学第二研究系 研究員
(採用)	2022. 7. 1	篠原智史	加速器研究施設 加速器第六研究系 特別助教	加速器研究施設 加速器第六研究系 博士研究員
	2022. 7. 1	千田美紀	物構研 放射光科学第二研究系 研究員	
(昇任)	2022. 8. 1	足立純一	物構研 放射光実験施設 講師	物構研 放射光実験施設 研究機関講師
	2022. 8. 1	岩野 薫	物構研 放射光科学第一研究系 講師	物構研 放射光科学第一研究系 研究機関講師

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 物構研 22-1

1. 公募職種及び人員

特別助教(常勤、任期4年): 1名

3年目に定年制への移行の可否を審査する。ただし、着任前および着任後の経験と実績により、期間短縮して定年制に移行する場合がある。

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。定年制に移行した場合、本機構の教員の定年は63歳である。

2. 研究(職務)内容

大学共同利用機関である物質構造科学研究所では、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の4種類の量子ビームを先端的かつ横断的に利用した物質・生命科学を推進している。

本公募の特別助教は、同研究所放射光実験施設の基盤技術部門に所属し、主として放射光ビームライン関連の制御システムの整備と高度化により共同利用を推進する。勤務地はつくばキャンパスである。

より詳細な説明については、以下を参照のこと。

<https://www2.kek.jp/imss/employment/IMSS22-1-j.html>

3. 応募資格

研究教育上の能力があると認められる者。

4. 給与等

給与及び手当は本機構の規則による。(年俸制)

5. 勤務形態

専門業務型裁量労働制を適用する。(みなし勤務時間:1日7時間45分)

6. 公募締切

2022年10月12日(水)正午必着

7. 着任時期

2023年4月1日以降、できるだけ早い時期

8. 選考方法

原則として面接選考とする。ただし、第一段階の審査として書類選考を行うことがある。

面接予定日:決定次第機構 Web サイトに掲示します。(対象となる方には、おって詳細をお知らせします。)

9. 提出書類

(1) 履歴書: KEK 指定様式 (<https://www.kek.jp/ja/cv/> 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 物構研 22-1(2件以上応募の場合はその順位)、推薦者(もしくは意見者)、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: 提出する論文別刷の研究の位置付けを含めること。

(3) 業績リスト: 以下の所定様式に従って作成すること。該当のないものは省略可。

1. 査読付き原著論文リスト

・和文と英文は別葉とし、共著の論文については原則として共著者名を論文記載順にすべて記入すること。(ただし、共著者数が20名以上の場合は省略可。)また応募者の名前は下線をつけて示すこと。

・論文に整理番号を1からつけること。提出する論文別刷の番号には○印を付すこと。

・著者、論文題目、論文誌名、巻数、発行年、ページ(始めと終わり)はもれなく記載すること。記載の順番は問わない。

2. 総説、著書リスト

3. その他の発表論文リスト(査読のない論文、会議録、紀要等)

4. 国際会議等の招待講演リスト

5. その他、外部資金獲得状況や受賞歴など参考となる業績

(4) 着任後の抱負(研究計画等を含む)

(5) 論文別刷: 主要なもの3編以内

(6) 履歴書に記載の推薦者(意見者)からの推薦書または参考意見書(宛名は物質構造科学研究所長 小杉 信博とすること)

※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、内容が同じであれば提出書類は一部で良いが、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)。

10. 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(jini1@ml.post.kek.jp)宛に電子メールでご連絡ください。(件名は「物構研 22-1 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「物構研 22-1 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: jinj1@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。

11. 問い合わせ先

(1) 研究内容等について

放射光実験施設 実験施設長 船守展正 TEL: 029-864-5636 (ダイヤルイン)

e-mail: nobumasa.funamori@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: jinj1@ml.post.kek.jp

12. その他

(1) 本公募に関する、より詳細な説明は、以下を参照してください。

<https://www2.kek.jp/imss/employment/IMSS22-1-j.html>

(2) 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 (<http://www2.kek.jp/geo/>)

(3) 仕事と家庭生活の両立を図ることなどを目的とした在宅勤務制度があります。

2022年度量子ビームサイエンスフェスタ (第14回 MLF シンポジウム / 第40回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ

量子ビームサイエンスフェスタ実行委員会
委員長 山田悟史
副委員長 宮田 登

2022年度量子ビームサイエンスフェスタ(第14回 MLF シンポジウム/第40回 PF シンポジウム)を2023年3月13日(月)~15日(水)の日程で開催を予定しておりますが、開催方法等については現在検討を進めております。

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

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。

Photon Factory Activity Report 2022 ユーザーレポート執筆のお願い

PFACR 2022 編集委員長 阿部 仁 (KEK 物構研)

PFでは、施設の活動報告の一環として毎年 Photon Factory Activity Report (PFACR) を公開しております。これは当該年度に実施された実験課題の結果報告集(ユーザーレポート)であり、広く国内外に配布しPFの研究活動についてお伝えしています。皆様のご協力をお待ちして2021年度(PFACR2021)の編集作業は順調に進み、2022年秋には公開される予定です。

2022年度版であるPFACR2022の受付を開始しております。つきましては、皆様から2022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。2022年4月から2023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・投函要領はPFACR2022のホームページ(英語ページ:

<https://www2.kek.jp/imss/pf/eng/science/publ/acr/2022/acr-submission-en.html>, 日本語ページ:https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2022/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: 2023年6月30日(金)>

KEK一般公開のお知らせ

一般公開実行委員会 放射光科学第二研究系 引田理英
放射光実験施設 高木秀彰

今年度のKEK一般公開は9月3,4日(土,日)の2日間に渡り開催されます。3日(土)にオンラインでの配信を行い、4日(日)は一部の施設のみですが、完全予約制でのオンサイト見学ツアーを予定しています。

オンライン配信では、「加速器だから見える世界。」をテーマに、加速器の原理や加速器だからできることを研究者が分かりやすく説明してくれるような企画などを多数計画中です。また、「KEK かついい場所(もの) 選手権」と題して、KEK職員がかついいと思う場所やものを紹介し、視聴者に投票してもらおうオンライン参加企画も予定しています。オンライン配信は、YouTubeやニコニコ生放送での配信を予定していますので、ご自宅でもお気軽にご覧いただけます。

PFでは、今年度より復活したオンサイトの見学ツアーにおいて、実験ホールやPFリングの見学ツアーを予定しています。他にもSuperKEKBや超電導リニアック試験施設の見学ツアーが予定されており、普段は見る事ができない施設や装置などを間近で見ることができます。徒歩で見学できるコースもいくつか用意しており、KEKの加速器技術を支える共通基盤施設の見学が可能です。オンサイト見学ツアーは、完全予約制で人数制限がありますので、ご興味がありましたら、ご予約はお早めに!(事前予約の開始は、8月22日(月)からを予定しています。)

今年度の一般公開の詳細については、以下の一般公開特設ページよりご確認ください。

<一般公開特設ページ>

<https://www2.kek.jp/openhouse/2022/>

防災・防火訓練のお知らせ

放射光実験施設 防災・防災担当
小山篤・野澤俊介・濁川和幸

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2022年9月13日(火)に実施される予定です(予備日は9月22日)。例年はユーザーの皆様にもご参加いただき、緊急地震速報が発令された場合の対処や、地震発生後の機構指定避難場所への避難・安否確認等を行っています。本年度の訓練日は放射光運転中ではありませんが、実験準備などで来所している場合はご参加下さい。

なお、機構指定避難場所はPFニュース裏表紙に掲載されていますのでご確認下さい。

PF-UA タンパク質結晶構造解析グループ 第7回中級者講習会開催のお知らせ

開催概要

今年で7回目を迎えるPF-UAのタンパク質結晶構造解析ユーザーグループ(PX-UG)幹事会が主催する中級者講習会ですが、新型コロナウイルス感染症の拡がりの状況を鑑みて、昨年に引き続き、今年もオンラインで開催することにいたしました。今年のテーマは「情報科学とタンパク質構造解析」についてです。実際のプログラムの利用例についての講演と実習形式の講習会を行います。皆様奮ってご参加ください。

主催: PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ
幹事会

共催: 高エネルギー加速器研究機構
(創薬等先端技術基盤プラットフォーム事業)

協賛: 日本結晶学会

日時: 2022年11月24日(木) 13:00~17:30

形式: Zoomを利用したWEB会議形式
(参加方法については、参加登録して下さった方にメールでご案内します。)

プログラム:

13:00~13:05 はじめに(茨城大・海野昌喜)
13:05~15:05 「構造生物学者が知るべき Colabfold 活用方法」
(名古屋大・小野田浩宜, 東大・伏信進矢)
15:05~15:20 休憩
15:20~16:20 「PDBjのツールを使ってプラスαの構造情報を得る」(阪大・栗栖源嗣)
16:20~17:20 「タンパク質のポケット・キャビティサーチを探索して結合部位を予測する」
(阪大・于健)
17:20~17:25 おわりに(高エネ研・千田俊哉)
17:30~ Web懇親会

参加申し込み:

参加をご希望される方は、<https://pf-form.kek.jp/tanpaku/chukyu/7th/registration/> から参加登録を行ってください。参加登録の締め切りは、【11月17日(木)】とさせていただきます。

参加費: 無料

懇親会:

講習会終了後にはWEB懇親会を予定しております。奮ってご参加ください(食べ物・飲み物は各自でご用意ください)。

代表世話人: 海野昌喜(茨城大学大学院理工学研究科)

E-mail: masaki.unno.19@vc.ibaraki.ac.jp

2023年度前期共同利用実験課題公募 について

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

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

申請は専用Webページ(<https://pmsweb.kek.jp/k-pas>)にアクセスして、必要事項を入力して下さい。これまでPFを利用されていない方は新規にユーザー登録が必要になりますので、余裕を持って申請ください。締切時間はWebシステムで設定されており、少しでも締切時間をすぎますと受け付けられなくなりますので十分ご注意ください。2月に審査結果の速報が電子メールで送られる予定です。採択された課題は2023年4月に有効となり、実験が開始できます。

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

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

研究協力課 共同利用支援室 共同利用係

Tel: 029-864-5126 Fax: 029-879-6137

Email: kyodo1@mail.kek.jp

2023 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 2023年4月～9月
2. 応募締切日 2022年12月16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@pfqst.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、放射光実験施設長までご相談下さい。また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。

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

予 定 一 覧

2022 年

- | | |
|--------|--|
| 9月3～4日 | KEK 一般公開（9月3日はオンライン） |
| 9月6～9日 | 高エネルギー加速器セミナー OHO'22 超伝導電磁石技術（KEK つくばキャンパス + Zoom） |
| 9月9日 | 総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科大学院 2022年度第2回説明会 |
| 9月13日 | 防災・防火訓練 |
| 10月7日 | PF 2022年度第二期ユーザー運転開始 |
| 10月17日 | PF-AR 2022年度第二期ユーザー運転開始 |
| 11月24日 | PF-UA タンパク質結晶構造解析グループ 第7回中級者講習会（Zoom） |
| 12月5日 | PF-AR 2022年度第二期ユーザー運転終了 |
| 12月16日 | 2023年度前期フォトンファクトリー研究会応募締切 |
| 12月26日 | PF 2022年度第二期ユーザー運転終了 |

2023 年

- | | |
|----------|---|
| 1月7～9日 | 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム |
| 3月13～15日 | 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ／第14回 MLF シンポジウム／第40回 PF シンポジウム |

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

運転スケジュール(Sep. ~Dec. 2022)

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

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

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

放射光共同利用実験審査委員会速報

放射光実験施設運営部門 君島堅一
北島義典

2022年7月19日(火)に、第55回放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)全体会議が、オンライン会議形式で開催されました。全体会議に先立ち、分科会は、7月6日(第3分科)、7月11日(第5分科)、7月12日(第6、第2、第1分科)、7月15日(第4分科)にそれぞれ開催されました。全体会議では課題審査と放射光実験施設報告やPF-PAC制度の改正など実験施設運営に関する重要事項の報告と協議が行われました。

1. 課題審査

2022年5月13日に締め切られた2022年度後期共同利用実験課題公募には、G型176件の実験課題申請があり(今回はS2型、T型及びMP型の申請はありませんでした)、審査の結果としては、採択課題156件、条件付き採択課題14件、不採択課題6件となりました。採択課題は表に示す通りです。G型課題の採択基準は、評点2.5以上と設定されていますが、不採択となった課題のうち4件は、第4分科のタンパク質結晶構造解析の課題で必須とされている「結晶準備状況」シートが添付されていなかった書類不備によるものです。

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

なお、条件としては、生物安全に関する記述不十分が6

件、実験条件(持ち込み装置等)の説明が不十分で課題遂行に疑念が持たれるものが数件ありました。後者に関しては、条件付きとならなくても評点が低くなることもありますので、特に複数のビームラインを使う実験では、それぞれについて(必要であれば実験ステーション担当者と打ち合わせして)、実験遂行に問題がないと納得させるような記述を心がけていただくよう、お願いします。書類不備とされた4件を除いた172課題の評点の分布を参考として図に示します。

2. PF研究会

今年度後半開催予定としては、以下の1件の研究会が採択されました。

「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」

提案代表者：PF-UA 高橋嘉夫, UVSOR 解良聡,

HiSOR 島田賢也, PF 船守展正

3. 報告事項, 協議事項

以下の項目が報告, 協議されました。

報告事項(抜粋)

・放射光実験施設報告(船守実験施設長)
学術会議の「学術の中長期研究戦略」公募、2022年度の運転計画、KEK国際諮問委員会の答申とKEK-PIP 2022、第2回フォトンファクトリー計画推進委員会開催、新放射光源施設計画に向けた開発研究の概要、旅費辞退の状況などについて報告がありました。

協議事項(抜粋)

1. 博士後期課程学生の申請について

G型課題の実験責任者となる資格を認める「博士後期課程学生」の範囲と、申請にあたって指導教員に求める「誓約書」について協議しました。次回のPF-PAC全体会議で決定することを予定しています。

2. レフェリーによる総合評価廃止の影響

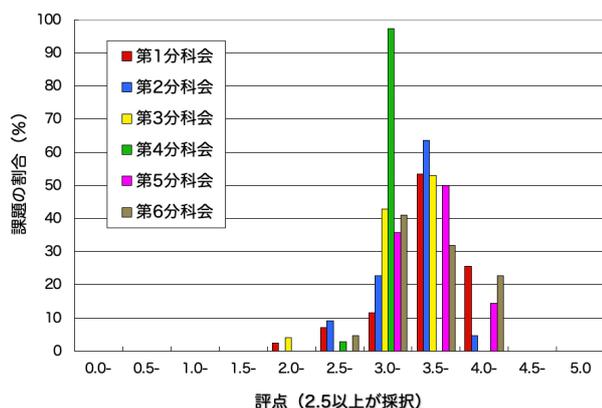
レフェリーの評価において「総合評価」を廃止した影響について、PF-PAC委員にアンケートを取り、改善策の検討を進めることになりました。

3. その他

申請書への過去の実績の記載方法、重要課題の発掘、旅費上限の設定、PF-PAC全体会議における委員の一時退席の基準などについて話し合われました。

・次回PF-PAC全体会議は2022年9月または10月の開催を予定しています。

2022年度後期PF-PAC評点分布(G型;分科会別)



2022 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
第1分科				
2022G507	アラニンへの軟X線照射によるエネルギー付与	東京都立産業技術 研究センター	中川 清子	27A, 27B
2022G508	Identifying the nature of cobalt oxide nano-island on Pt ₃ Co(111) surface.	Gwangju Institute of Science and Technology, KOREA	Bongjin Simon MUN	13A/B
2022G511	新規フェリ磁性ホイスラー合金薄膜のXMCD分光	量研機構	境 誠司	16A, 7A
2022G513	希土類表面合金の電子構造	大阪大学	木村 真一	2A/B
2022G515	Strain-induced changes in the electronic structure and correlations across the metal-insulator transition in V ₂ O ₃	Universite Paris-Sud 11, FRANCE	Andres F. SANTANDER	2A/B
2022G516	不揮発性磁気メモリのための異種結晶界面にあらわれる界面垂直磁気異方性の新規探索	東北大学	永沼 博	16A
2022G518	カイラル構造を持つ4d/5d遷移金属化合物のバンド構造	早稲田大学	溝川 貴司	28A/B
2022G522	光照射により生成する高反応性鉄ポルフィリンオキソ種の時間分解軟X線分光法による直接観測	名古屋大学	山田 泰之	13A/B
2022G529	しきい光電子源を用いた透過減衰法と電子軌道シミュレーションによる対称コマ分子の電子衝突断面積測定	東京工業大学	北島 昌史	20A
2022G533	Zr系金属ガラスの部分構造とガラス形成能の関係	熊本大学	細川 伸也	11A
2022G545	軟X線発光吸収分光によるFeあるいはCuを含む機能性ゼオライトの部分電子構造	熊本大学	細川 伸也	13A/B, 16A, 2A/B
2022G548	XPS, XAFSによる粘土鉱物を持つ光触媒活性機能発現機構の解明	原研機構	杉田 剛	27A, 27B
2022G552	蛍光収量深さ分解XMCDを用いた酸化物/Co薄膜における電界による保磁力変化機構の解明	KEK物構研	雨宮 健太	16A
2022G553	軟X線領域の時間-深さ同時分解XASによる金属酸化反応のその場観察	KEK物構研	雨宮 健太	16A
2022G558	軟X線XAFS測定から明らかにする水素イオンセラミックス中のH ⁺ とH ⁻ の共存状態	京都大学	高津 浩	11A, 7A
2022G562	蛍光収量軟X線波長分散XASによるエチレンのエポキシ化反応の機構解明	KEK物構研	雨宮 健太	16A
2022G565	極端軟X線表面XAFSによるオペランド計測系の開発と触媒研究への応用	慶應義塾大学	近藤 寛	13A/B
2022G568	電流がFe薄膜中のねじれたスピン構造に及ぼす効果に関する研究	筑波大学	柳原 英人	16A
2022G571	深さ分解X線磁気円二色性による界面磁気異方性の直接観察	群馬大学	鈴木 真粧子	16A
2022G583	光電気化学的分解反応中の固液界面に対する波長分散型軟X線吸収分光法によるリアルタイム観察	KEK物構研	阪田 薫徳	16A
2022G587	炭素質コンドライト母天体の集積位置推定のための有機物指標の確立	横浜国立大学	癸生川 陽子	19A/B
2022G589	水中ヌクレオチド分子の過渡軟X線吸収分光	東京農工大学	熊谷 嘉晃	13A/B
2022G594	光散乱角度分布の軟X線波長依存性を用いた幅100nm格子の3次元計測	筑波大学	星野 鉄哉	11D
2022G598	アイスダスト上での光学異性体過剰発現機構の解明	新潟大学	副島 浩一	20A, 28A/B
2022G599	超高速遊星ボールミルにより衝突格子圧縮した高圧無機物質・材料のXAFS分析	千葉大学	沼子 千弥	11A, 9A
2022G605	ナノスピンARPESによる局所電子構造観測に基づいたエキゾチックトポロジカル物質の開拓	東北大学	佐藤 宇史	28A/B
2022G615	格子歪みによるSb超薄膜のトポロジカル相転移の解明:陽電子回折による構造解析	早稲田大学	高山 あかり	低速陽電子
2022G628	軟X線発光分光実験で解き明かすペータサイロン蛍光体中の酸素原子の化学結合状態	山形大学	北浦 守	13A/B
2022G629	ブルシアンブルー類似体の相転移における電子状態変化	大阪公立大学	岩住 俊明	11A, 12C, 7C
2022G633	スピン欠陥を形成したSiCの原子構造および電子状態解析	量研機構	圓谷 志郎	27A
2022G634	β-Mn型カイラル磁性体Fe _{2-x} Pd _x Mo ₃ NおよびCo _{2-x} Pd _x Mo ₃ N薄膜の磁気状態の研究	名古屋大学	伊藤 孝寛	16A
2022G635	オペランドX線吸収分光による光~マイクロ波 外部刺激応答性リイス酸触媒の活性化機構の解明	大阪大学	西本 能弘	NW10A, 13A/B, 9C
2022G636	高繰返し時間分解共鳴軟X線散乱による非平衡電子秩序状態の直接観測	KEK物構研	深谷 亮	16A, 19A/B, 3A, 4C
2022G637	NEXAFS Analysis of Plasma-treated Chitosan-Acrylic Acid Hydrogel	University of the Philippines-Diliman, PHILIPPINE	Kathrina Lois Taaca	7A
2022G638	Eu:GGGにおける軟X線励起-可視光誘導放出抑制測定	東北大学	江島 丈雄	11D, 13A/B, 19A/B
2022G650	超高品質強磁性酸化物におけるワイル量子輸送特性の解明	東京大学	小林 正起	28A/B
2022G652	μ-およびSX-ARPESによるAFMトポロジカル物質の電子構造の解明	東北大学	相馬 清吾	28A/B, 2A/B
2022G654	溶液プロセスで作製した機能性薄膜の電子状態解析	東京大学	坂井 延寿	7A
2022G665	マイクロARPESによる銅酸化物高温超伝導体の表面エッジ状態の観測	量研機構	岩澤 英明	28A/B
2022G671*	X線ビクセル検出器 (XRPIX) のサブビクセル内の応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	11B, 14A
2022G675	VO ₂ 多層構造における電子相転移の直接観測	東北大学	志賀 大亮	2A/B
2022G677	共鳴X線散乱によるCe化合物の軌道混成状態に関する元素・軌道選択的研究	原研機構	久保田 正人	11B, 16A, 3A, 4C, 8A

第2分科

2022G501	細孔を有する新規ナノシートの結晶構造解析	物材機構	坂井 伸行	6C
2022G505	Rh・Ir系5族・6族元素化合物鉱物の局所構造と熊本産白金族鉱物	熊本大学	吉朝 朗	NW10A, 10A, 9A
2022G520	三方晶Gd(Ni,Co) ₃ Ga ₉ におけるらせん磁気秩序の探査	名古屋工業大学	中村 翔太	3A
2022G551	正方格子を有するEu, Gd系スキルミオン物質における構造相転移の研究	理化学研究所	巖 正輝	3A, 8A
2022G554	新規酸塩化物イオン伝導体の高分解能X線回折データに基づく結晶構造解析	東京工業大学	藤井 孝太郎	4B2
2022G556	Re酸化物における拡張多極子秩序の研究	KEK物構研	佐賀山 基	NE1A, 3A, 4C, 8A
2022G560	白金および白金-異種金属合金単結晶表面における硫黄吸着脱離挙動の解明	物材機構	増田 卓也	3A
2022G566	SiC m面表面および転写グラフェンの構造解析	産総研	白澤 徹郎	3A, 4C
2022G573	電圧印加蛍光X線ホログラフィーによるPb(Zr,Ti)O ₃ 圧電薄膜のその場局所構造解析	名古屋工業大学	木村 耕治	6C
2022G577*	GaN結晶の表面界面構造のX線CTR散乱法及びX線トポグラフ法による研究	日本女子大学	秋本 晃一	14B, 4C
2022G601	Site-selective short-range order analysis of Ni ₃ Fe by complex X-ray fluorescence holography	Hiroshima University	Jens STELLHORN	6C
2022G614	蛍光X線ホログラフィーを用いたAサイト欠損ペロブスカイト型固体電解質の元素選択局所構造解析	東京理科大学	北村 尚斗	6C
2022G624	日立鉱およびその関連鉱物の結晶構造解析	東北大学	栗林 貴弘	10A
2022G629	ブルシアンブルー類似体の相転移における電子状態変化	大阪公立大学	岩住 俊明	11A, 12C, 7C
2022G636	高線返し時間分解共鳴軟X線散乱による非平衡電子秩序状態の直接観測	KEK物構研	深谷 亮	16A, 19A/B, 3A, 4C
2022G639	強誘電性半導体BiFeO ₃ 中のドーパント近傍の局所原子構造の観察	兵庫県立大学	中嶋 誠二	6C
2022G655	カーボンナノチューブバンドルへのアルカン分子の吸着現象の研究	神奈川大学	客野 遥	8A, 8B
2022G657	トポロジカル超伝導体Cu _x Bi ₂ Se ₃ の歪みと超伝導対称性	岡山大学	俣野 和明	3A, 4C
2022G658	プロトン-電子混合伝導性Pr-Ni系ペロブスカイト酸化物の精密構造解析	名古屋工業大学	籠宮 功	4B2
2022G662	非周期結晶における共鳴禁止反射	名古屋工業大学	加藤 達也	3A
2022G669	XRD,XAFS法によるSb,Bi系有機無機ハイブリッド材料の結晶構造解析	防衛大学校	下野 聖矢	8B, 9C
2022G677	共鳴X線散乱によるCe化合物の軌道混成状態に関する元素・軌道選択的研究	原研機構	久保田 正人	11B, 16A, 3A, 4C, 8A

第3分科

2022G505	Rh・Ir系5族・6族元素化合物鉱物の局所構造と熊本産白金族鉱物	熊本大学	吉朝 朗	NW10A, 10A, 9A
2022G507	アラニンへの軟X線照射によるエネルギー付与	東京都立産業技術研究センター	中川 清子	27A, 27B
2022G512	溶存酸素に応じたシデライトの化学状態の変化に伴う環境中でのヒ素の移行・濃集挙動の解明	原研機構	徳永 紘平	12C, 9A
2022G514	黒鉛層間に形成した硫化モリブデン粒子の挿入構造のXAFSによる解析	岩手大学	白井 誠之	NW10A
2022G525	in situ XAFS による気相CO ₂ 電解触媒 Co-N ₄ -C _x の電子状態・構造の研究	北海道大学	朝倉 清高	9A
2022G526*	顎口腔組織中での微量金属元素蓄積状態の分析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	4A
2022G527	高温還元Fe, Co, Cu, Ga, In金属状/部分還元ナノ粒子のCO ₂ 光還元サイト解析	千葉大学	泉 康雄	NW10A, 9C
2022G528	Ln ₄ Ni ₅ O ₈ (Ln:ランタノイド) の元素置換とキャリア量調整のXAFSによる研究	横浜国立大学	上原 政智	9C
2022G543	X線マイクロビームを活用した放射線誘発細胞競合現象の解析	量研機構	今岡 達彦	27B
2022G544	ケイ酸塩マグマ中のジルコニウム飽和メカニズムの解明	海洋研究開発機構	中田 亮一	NW10A, 9A
2022G546	X線吸収分光による高エントロピー合金の短距離秩序の検出	筑波大学	谷本 久典	12C
2022G547	2種の遷移元素を含む酸素貯蔵材料の酸素吸収放出とredox反応の相関	高知大学	藤代 史	9C
2022G548	XPS, XAFSによる粘土鉱物が持つ光触媒活性機能発現機構の解明	原研機構	杉田 剛	27A, 27B
2022G549	XAFSによる固体光触媒上の二元系助触媒の構造解析	京都大学	山本 旭	NW10A, 12C
2022G559	H ⁺ とH ⁻ が共存した新しいセラミックス材料の価数変化と局所構造評価	京都大学	高津 浩	9A
2022G561	カーボンナノチューブ中のイオウ鎖の鎖状構造と共有結合力	富山大学	池本 弘之	9A
2022G564	月試料中斜長石の鉄価数測定から推測する月地殻の形成環境・進化史	東京大学	三河内 岳	4A
2022G569	XAFS法によるリン酸エステル配位高分子の結晶-結晶構造転移における金属イオンの局所構造変化の解析	埼玉大学	半田 友衣子	NW10A, 12C, 9A
2022G570	配位部位を制御したヌクレオチド配位高分子の金属イオン配位構造の解析	埼玉大学	半田 友衣子	NW10A, 12C, 9A
2022G576	オペランド偏光全反射蛍光XAFS法を用いた触媒活性点立体構造解析に基づく担体効果の解明	北海道大学	高草木 達	9A
2022G579	太陽電池の品質向上のためのXANESによるCu ₂ ZnSnS ₄ 薄膜の評価	弘前大学	宮永 崇史	9A
2022G581	オペランドXAFSによるCo/MFI触媒でのメタン活性化機構の解明	工学院大学	奥村 和	9C

2022G584	X線吸収分光法による固液界面における光触媒材料表面の局所構造解析	KEK物構研	阪田 薫穂	9A
2022G599	超高速遊星ボールミルにより衝突格子圧縮した高圧無機物質・材料のXAFS分析	千葉大学	沼子 千弥	11A, 9A
2022G606	マイクロ波非平衡反応場下での準安定相創出支配因子解明に向けたin situ XRD/XAFS測定	東北大学	福島 潤	NW10A, 9C
2022G609	オペランド全元素観測と理論解析による水分解触媒上の表面活性構造の3次元可視化	山口大学	吉田 真明	9A
2022G616	Mn-Zn ferrite系ナノ微粒子におけるZn配位特性と局所構造解析	横浜国立大学	一柳 優子	9C
2022G618*	生体高分子に吸着された核物質ならびに核分裂生成物の局所構造解析	東京都市大学	松浦 治明	27B
2022G619	ウィルソン病の脳における銅の定量的局在解析と錐体外路系	藤田医科大学	松浦 晃洋	14C, 4A
2022G625	ゼオライトに包摂された金属ナノ粒子の局所構造解明	東京工業大学	多湖 輝典	NW10A, 9C
2022G629	ブルシアンブルー類似体の相転移における電子状態変化	大阪公立大学	岩住 俊明	11A, 12C, 7C
2022G630*	ナノ材料のマルチスケール・マルチモーダル計測に向けた小角X線散乱分光法の開発	産総研	白澤 徹郎	NW2A
2022G631	気液界面における全電子収量法によるテングーX線吸収分光法の開発	原研機構	谷田 肇	9A
2022G632	新規二次元NiOの作製および原子構造解析	量研機構	圓谷 志郎	27B
2022G635	オペランドX線吸収分光による光~マイクロ波 外部刺激応答性ルイス酸触媒の活性化機構の解明	大阪大学	西本 能弘	NW10A, 13A/B, 9C
2022G641	XANESを用いたユークライト隕石中斜長石の鉄価数比の決定	千葉工業大学	佐竹 渉	4A
2022G644	CO ₂ 還元活性を有するFe-Sクラスター錯体の構造解析	KEK物構研	君島 堅一	12C
2022G645*	マイクロビームXAFSによる30 GHzミリ波照射による合金触媒上の局所「超」高温場の解析	九州大学	椿 俊太郎	15A1
2022G648	淡水真珠に含まれるマンガンの分布と化学形態の解析	東京電機大学	保倉 明子	NW10A, 4A, 9A
2022G649	高効率リサイクルを実現する金属相互分離法確立のための遷移金属塩化物錯体の分布と構造解析	東北大学	打越 雅仁	9A
2022G659	電気化学ゼーベック係数の起源解明に向けた混合溶液中のFeの局所構造解析	筑波大学	丹羽 秀治	9A, 9C
2022G660*	福島原子力発電所汚染水処理廃棄物のリン酸塩固化体の長期安定性評価のためのXPS、XAFS測定	東京工業大学	中瀬 正彦	27A, 27B
2022G669	XRD,XAFS法によるSb,Bi系有機無機ハイブリッド材料の結晶構造解析	防衛大学校	下野 聖矢	8B, 9C
2022G670	AxRhO ₂ (A = Li, Na, K, Rb, Cs)の充放電中における構造変化の解明	東京理科大学	駒場 慎一	NW10A, 12C
2022G674	局所構造解析によるアモルファス磁性合金薄膜の巨大磁応答の起源解明	東北大学	藤原 宏平	NW10A, 9A
2022G676	in situ XAFSによる構造解析に基づいた酸ハロゲン化合物光触媒の開発	KEK物構研	野澤 俊介	NW10A
2022G679	XAFS Studies of CeO ₂ Thin Films Grown by Femtosecond Pulsed Laser Deposition for Photocatalytic Applications	Philippine Nuclear Research Institute, PHILIPPINE	Vallerie Ann Innis Samson	NW10A, 9A

第4分科

2022G502	藍の葉由来β-グルコシダーゼの結晶構造解析	東海大学	米田 一成	NE3A
2022G504	Streptothricinへのアミノ酸転移を担うSbb17とSba18のX線結晶構造解析	富山大学	森田 洋行	1A
2022G506	アミノグリコシド抗生物質プロシシ生合成酵素の構造解析	東京工業大学	宮永 顕正	NE3A, 5A
2022G510	AMPDの結晶構造解析	長崎大学	海野 英昭	NW12A, 17A, 1A, 5A
2022G517*	膝がん治療を目指したAURK阻害剤の開発	横浜市立大学	小沼 剛	17A, 1A
2022G521	硫黄代謝を司る新奇FeSクラスター依存型アミノ酸リアーゼCyuAのX線結晶構造解析	埼玉大学	藤城 貴史	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2022G523	β-1,2-グルカナーゼ群の立体構造解析による新規な反応機構、分子認識機構の解明	東京理科大学	中島 将博	NW12A, 5A
2022G534	微小管結合タンパク質を標的とする植物病原細菌のエフェクターの結晶構造解析	横浜市立大学	林 郁子	NE3A, NW2A, 1A, 5A
2022G538	病原性細菌線毛タンパク質と細胞壁分解酵素のX線結晶構造解析	香川大学	神鳥 成弘	5A
2022G540	生体イメージング技術に係るタンパク質の構造生物学的研究	JAXA	木平 清人	17A, 1A, 5A
2022G563	アミロイド触媒のX線結晶構造解析	和歌山県立医科大学	佐々木 大輔	17A, 1A
2022G572	構造情報を基盤としたカルバペネマーゼ阻害剤の分子設計に関する研究	名古屋大学	和知野 純一	5A
2022G575	Development of microfluidic devices for in situ diffraction data acquisition	Nagoya University	Leonard MG Chavas	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2022G578	アンブレイン合成酵素創出のための構造基盤	産総研	久保田 智巳	1A
2022G582	土壌細菌由来亜硝酸還元酵素のX線結晶構造解析	農総機構	塚 ゆき枝	17A, 1A
2022G586	人工ドメインスワッピング型タンパク質の構造基盤	産総研	渡邊 秀樹	5A
2022G588	創薬標的タンパク質に対する共有結合型新規生物活性化化合物の相互作用解析	昭和薬科大学	石田 寛明	NW12A, 5A
2022G591	幼若ホルモン結合タンパク質と昆虫生育制御剤の複合体結晶構造解析	農総機構	土屋 渉	17A, 1A
2022G592	光照射・温度変化における結晶性分子ギアの構造転移過程の観測	北海道大学	陳 旻究	NW12A, 5A
2022G595	キネシンCENP-Eとその阻害剤やATPアナログとの複合体の構造決定	東京理科大学	横山 英志	17A, 1A

2022G596	放射光を用いたキラル炭素性3次元ネットワークの単結晶構造解析	東京大学	福永 隼也	17A
2022G597	ホスホン酸系天然化合物生成酵素の構造基盤の解明	東京大学	葛山 智久	NE3A, 17A
2022G600	微生物不凍タンパク質の氷結晶結合機能への水和水ネットワークの役割の解明	産総研	近藤 英昌	1A
2022G603*	リボソーム不活性化タンパク質と新規阻害剤との相互作用解析	東邦大学	後藤 勝	5A
2022G608	メタゲノム由来新規PET分解酵素の結晶構造解析	東京農工大学	野口 恵一	NW12A, 17A, 1A, 5A
2022G610	ヒトの心不全や拡張型心筋症の薬剤開発を目指したcMLCK及びcMLCK-CaM複合体の立体構造解析	KEK物構研	千田 俊哉	1A
2022G613	微小重力下で異種タンパク質共存の下成長したグルコースイソメラゼ結晶の結晶品質評価	徳島大学	鈴木 良尚	5A
2022G621	細孔性ネットワーク錯体を用いた天然物化合物の構造解析	東京工業大学	河野 正規	5A
2022G627	IncP-9群プラスミドの受容菌選択性を決める性線毛先端タンパク質MpfDの構造解析	東京大学	野尻 秀昭	1A, 5A
2022G642	感染症治療薬の開発に向けた標的タンパク質と阻害化合物の共結晶構造解析	千葉大学	星野 忠次	17A
2022G643	三次元骨格を有する多孔性分子導体の開発とイオン・分子導入による電子物性制御	名古屋大学	井口 弘章	5A
2022G656*	ATPと亜硝酸依存型ジアゾ基合成酵素の構造解析	東京大学	大西 康夫	17A, 1A
2022G661	ピルビン酸オキシム酸素添加酵素PODの構造解析とそれに基づく硝化抑制剤の開発	静岡大学	藤原 健智	NE3A, 17A
2022G663	NASH治療薬とPPAR α / δ / γ -LBD複合体の高解像度X線結晶構造解析	昭和薬科大学	鎌田 祥太郎	5A
2022G666	RNAターゲット創薬のための結晶解析用モデル分子の構築	上智大学	近藤 次郎	17A
2022G668	人工酵素Syn-F4_Link及び変異体ライブラリー由来新規人工酵素のX線結晶構造解析	信州大学	新井 亮一	NW12A, 17A, 1A, 5A

第5分科

2022G531	ポリマーブラシ鎖による基板表面改質が与えるブロック共重合体のマイクロ相分離構造	京都大学	小川 紘樹	15A2
2022G535	強靱な水系ラテックスフィルムの相互貫入深度の定量とナノ構造解析	弘前大学	呉羽 拓真	15A2
2022G536	エンベロープウイルスの膜融合過程におけるステロールの役割解明を目指したモデル生体膜系の構造解析	群馬大学	高橋 浩	10C, 6A
2022G537	自己組織化ナノポリカテナンの動的挙動の評価	千葉大学	矢貝 史樹	10C
2022G539	リン脂質二分子膜・金ナノ粒子複合体の形成過程のSAXS解析	奈良女子大学	原田 雅史	6A
2022G541	液晶の長距離規則性に基づく高規則性マイクロ相分離構造の形成過程の解明	京都工芸繊維大学	浅岡 定幸	15A2
2022G542	交流電場印加によるココアバター結晶の結晶成長制御技術の開発	広島大学	小泉 晴比古	6A
2022G550	時分割測定による脂質ナノ粒子の膜融合動態の解明	北海道大学	真栄城 正寿	15A2
2022G555	X線散乱法による多環状高分子および多環状高分子/線状高分子混合系の構造解析	北海道大学	磯野 拓也	10C, 6A
2022G574	ホルミウム錯体からなる超分子球の作製と特性解析	千葉大学	桑折 道済	10C
2022G607	アルコール添加ミセルの構造解析	防衛大学校	根本 文也	6A
2022G620*	敏感肌の角層構造特性の解析とその改善手法の開発	関西学院大学	中沢 寛光	6A
2022G623*	DNAイオンコンプレックスフィルムの一軸延伸にともなう構造変化の小角X線散乱によるオンライン解析	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	15A2
2022G667*	機能性人工タンパク質ナノ粒子複合体の設計開発およびX線溶液散乱解析	信州大学	新井 亮一	10C

第6分科

2022G503	動作中のパワーデバイスにおける欠陥挙動のリアルタイム観察	ファインセラミックスセンター	姚 永昭	14B, 3C
2022G530	放射光冠動脈造影による冠微小血栓の検出	筑波技術大学	松下 昌之助	14C
2022G532	沈み込むスラブ直上におけるC-O-H流体の化学組成とケイ酸塩鉱物との反応	北海道大学	篠崎 彩子	18C
2022G556	Re酸化物における拡張多極子秩序の研究	KEK物構研	佐賀山 基	NE1A, 3A, 4C, 8A
2022G557	圧力下における水素イオンセラミックスの格子異常圧縮の解明	京都大学	高津 浩	18C
2022G577*	GaN結晶の表面界面構造のX線CTR散乱法及びX線トポグラフィ法による研究	日本女子大学	秋本 晃一	14B, 4C
2022G580	放射光腎動脈造影による1糸球体機能の評価	筑波技術大学	松下 昌之助	14C
2022G585	肝臓治療・再生への適用を目指したX線位相コントラスト法による肝小葉微小循環の可視化	茨城県立医療大学	森 浩一	14C
2022G602	Revealing the Reaction Mechanism of Photo-Mediated Nickel-Catalyzed Cross-Coupling Reaction.	Pohang University of Science and Technology, KOREA	Kyung Hwan KIM	NW14A
2022G604	水電解中の固体高分子電解質膜内物質輸送挙動のオペランド計測	(株)日立製作所	高松 大郊	14C
2022G611	位相X線CTによるマウス・アトラスの作成	九州シンクロtron光研究センター	米山 明男	14C

2022G612	リニアアレイ型APDを用いたns時間分解X線回折による熱伝搬計測法の開発	九州シンクロtron光研究センター	米山 明男	14C
2022G617	リチウム-14族化合物の圧力下構造安定性に関する研究	岐阜大学	久米 徹二	18C
2022G619	ウィルソン病の脳における銅の定量的局在解析と錐体外路系	藤田医科大学	松浦 晃洋	14C, 4A
2022G626	病理像に匹敵する2-3ミクロン空間解像度を得るための60ミクロン厚角度分析板の開発	総合科学研究機構	安藤 正海	14B
2022G640	白色共鳴X線磁気回折法による磁気効果スペクトルの精密測定	群馬大学	鈴木 宏輔	3C
2022G647	光により動的挙動を示す有機結晶における時間分解X線計測	産総研	則包 恭央	NW14A
2022G651	X線暗視野法を用いた非浸潤性乳管癌で生じる腺腔の構造解析	名古屋大学	砂口 尚輝	14B
2022G653	エンスタタイト-アキモタイト相転移に誘発される変形集中と深発地震	九州大学	坪川 祐美子	NE7A
2022G672*	X線多波回折を利用した集光ポリクロメーター	東京学芸大学	荒川 悦雄	NE7A, 14C
2022G673	遷移層スラブの加水軟化に関する実験的研究	九州大学	久保 友明	NE7A
2022G678	X線回折法による高圧摺動下における潤滑油膜の構造解析	京都大学	平山 朋子	18C

2022 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
第1分科				
2022P001	軟X線領域におけるXAFS測定によるジオポリマーの化学状態分析	北海道大学	胡桃澤 清文	11A, 11B
2022P002	軟X線XAFS分析による水潤滑下SiC表面の超低摩擦メカニズムの解明	京都大学	平山 朋子	7A
第2分科				
2022P003	プロトン結合スピン転移錯体におけるプロトン移動過程の解明	九州大学	中西 匠	8A
2022P006	放射光を用いたコバルト錯体内包ゼオライトの単結晶X線構造解析	東京工業大学	多湖 輝興	8A
2022P007	共鳴X線回折実験によるGdOs ₂ Si ₂ の多彩な磁気秩序状態の解明	物質・材料研究機構	山浦 一成	3A, 4C
第3分科				
2022P005	反芳香族分子ノルコロールのXAFSによる局所構造解析	名古屋大学	忍久保 洋	9A
2022P008	リンタングステン酸で修飾した酸化セリウムの構造解析	東京理科大学	本田 正義	9A, 9C, NW10A
第6分科				
2021P014	ハロゲン化銀の新規高圧相探索	岐阜大学	木村 友亮	18C
2022P004*	高圧下におけるフッ化物結晶の内殻発光観測及び電子構造の解析	大阪大学	山ノ井 航平	18C
2022P009*	脳と身体の進化発生动態の統合的解明を目指した、位相CTによる末梢神経-筋連関の可視化手法の確立	筑波大学	鈴木 大地	14C

課題名等は申請時のものです。*印は条件付き採択課題。

第 146 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：2022 年 5 月 23 日（金） 15:30 ～
開催方法：管理棟 大会議室 + Web 会議

【1】 前回議事要録について

【2】 報告

- (1) 所長報告
- (2) 人事異動
- (3) 博士研究員の選考結果について
- (4) 研究員の選考結果について
- (5) 教員の人事選考手続等の一部改正について
- (6) 2022 年度放射光共同利用実験 P 型課題の審査結果について
- (7) 協定等の締結について（国内機関）（資料配付のみ）
- (8) 協定等の締結について（外国機関）（資料配付のみ）
- (9) 各実験施設と研究センターの現状と課題

【3】 研究活動報告（資料配布のみ）

- (1) 物質構造科学研究所報告
- (2) 素粒子原子核研究所報告
- (3) 加速器研究施設報告
- (4) 共通基盤研究施設報告

- (2) 研究員の選考結果について
- (3) 2022 年度（令和 4 年度）放射光共同利用実験課題審査結果について（P 型）
- (4) 2022 年度後期フォトンファクトリー研究会採択状況について
- (5) 協定等の締結について（国内機関）（資料配付のみ）

【4】 研究活動報告（資料配布のみ）

- (1) 物質構造科学研究所報告
- (2) 素粒子原子核研究所報告
- (3) 加速器研究施設報告
- (4) 共通基盤研究施設報告

物構研コロキウム

日時：2022 年 5 月 23 日（月） 10:00 ～（オンライン）
題名：#44 固体物質内での外力により形成される非平衡状態への構造物性研究
講師：奥山大輔氏（KEK 物構研）

日時：2022 年 6 月 6 日（月） 16:00 ～（オンライン）
題名：#45 放射光および中性子を用いた次世代二次電池の開発
講師：内本喜晴氏（京都大学大学院 人間・環境学研究所）

第 147 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：2022 年 7 月 20 日（水） 13:30 ～
開催方法：大会議室 + Web 会議
・委員の交代について

【1】 前回議事要録について

【2】 審議

- (1) 特定有期雇用職員の雇用計画・公募について（物構研・特別助教 1 名・PF）
- (2) 特定有期雇用職員の雇用計画・公募について（物構研・特別助教 1 名・中性子）
- (3) 教員公募（物構研・特任助教 1 名・中性子）
- (4) 2022 年度後期放射光共同利用実験課題審査結果について
- (5) 教員人事（物構研 21-11・講師若干名）
- (6) 教員人事（物構研 21-12・PF・特別准教授もしくは特別助教 1 名・女性）
- (7) 教員人事（物構研 21-14・PF・特別助教 1 名）
- (8) 物構研の方向性について
- (9) 所長選考規程について

【3】 報告事項

- (1) 人事異動

2022年度第1期配分結果一覧

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8
1A	STOP	STOP	STOP	STOP	T/M	T/M	T/M
2A/2B							
3A							
3B							
3C							
4A							
4B2							
4C							
5A							
6A							
6C							
7A							
7C							
8A							
8B							
9A							
9C							
10A							
10C							
11A							
11B							
11D							
12C							
13A/13B							
14A							
14B							
14C							
15A1							
15A2							
16A							
17A							
18B							
18C							
19A/19B							
20A							
20B							
27A							
27B							
28A/28B	STOP						
NE1A							
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF							

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/9	5/10	5/11	5/12	5/13	5/14	5/15
1A	T/M	E	B	E	E	E	E
2A/2B		調整		22PF-B001 奥野 浩		21G 22G 20G5 22G	
3A		21S2-00	22T001 神田 龍彦			21G644	22G094 齋藤 大輔
3B							
3C							
4A							
4B2							
4C							
5A							
6A							
6C							
7A							
7C							
8A							
8B							
9A							
9C							
10A							
10C							
11A							
11B							
11D							
12C							
13A/13B							
14A							
14B							
14C							
15A1							
15A2							
16A							
17A							
18B							
18C							
19A/19B							
20A							
20B							
27A							
27B							
28A/28B	STOP	STOP	STOP	T/M	T/M	T/M	T/M
NE1A							
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF							

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/16	5/17	5/18	5/19	5/20	5/21	5/22
	E	E	B	M	E	E	E
1A	21G 20G	22Y007	22F 22PF-B007		21G 22G130 有 22G		
2A/2B	21S2-002 細頭 広志				21S2-002 細頭 広志	20G551 SANTANDER-SY	
3A	20S2-002 中村 智樹				20S2-002 中村 智樹	20G671 増田 卓也	
3B	21S2-003 小澤 健一				21G033 枝元 一之		
3C					21G108 早稲田 篤		
4A	21G137 松浦 晃洋	21G123 藤原 真由			20G513 光延 聖	20G662 原 誠	
4B2	20G547 藤井 孝太郎						
4C	21G554 中尾 裕則				21G554 中尾 裕則		
5A	20G 22F	21F			21G 21F	20G527 幸	
6A	22G091 戸田 真樹	21G639 森田 剛			21G570 竹下 崇樹	22G001 中沢 真光	21G049 金子 文典
6C	21G623 徳田 誠				21G528 栗林 貴弘		
7A	21G069	21G047 長坂 将成			21G047 長坂 将成	21P012 佐々木 岳彦	
7C	20G600 岩住 俊明				22G090 今田 早紀		
8A	20S2-001 熊井 玲児				20G628 佐賀山 基	21G596 松平 和之	
8B	21G503 後藤 博正			調整	20S2-001 熊井 玲児		
9A	22C204	調整	21G540 坂口 佳史		20G670 高橋 嘉夫		
9C	20G596 丹羽 勇治	21G035 原田 雅史			21G079 藤山 健之	20G339	
10A	20G535 吉朝 朗				21G619 中塚 晃彦		
10C	20G567 奥良 史郎		22G040 橋本 直		22G137 三宅 秀介	20G649 藤野 裕也	21G586 藤田 真史
11A		21PF-S002 足立 純一			21PF-S002 足立 純一		
11B	22G109 田端 千敏				22G109 田端 千敏		
11D	21G525 石野 雅彦			22G068 小池 雅人	22G068 小池 雅人		
12C	22Y001	20G670 高橋 嘉夫	21G089		21G076 藤永 敏平	20G609 藤倉 明子	21G067
13A/13B	21S2-00 21G091	21S2-00 21G091	21S2-00 21G091	21S2-00 21G091	21G583 22G134	21G583 22G134	21S2-00 22G134
14A	調整				21G624 坂倉 輝俊		
14B	22PF-T001			20G585 姚 永昭	20G585 姚 永昭		
14C	21G574 山田 重人				調整	20G556 米山 明男	
15A1	21G084 西脇 隆			21G647 原田 誠	22G116 西脇 芳典		
15A2							
16A	21G691 石井 祐太			19S2-003 岡宮 健	21S2-004 山崎 裕一		
17A	21G 20G	22C201	全自動調整	21G589 佐藤 清太		20G 20G	
18B	22-IB-08				インドビームライン	22-IB-04	
18C	調整	21P005 高橋 浩	21G521 藤野 純		20G635 藤裕之		
19A/19B	18S1-001 高橋 嘉夫				18S1-001 高橋 嘉夫	22G072 上野 智明	
20A	調整				20G609 北島 昌史		
20B	調整				調整		
27A	20G589 藤倉 明樹	21G042 藤倉 明樹	21P013 中川 清子		21G023 鳥嶋 祐治	21G000 永井 隆之	21G042 藤倉 明樹
27B	21G060 永井 隆之	21G656 秋山 大輔			20G558 渡部 創	21G091 増野 敬樹	
28A/28B	21S2-001 佐			21G141 坂野 昌人	21S2-001 佐藤 宇史	20G669 相馬 崇	
NE1A	E			E	E	E	E
NE1A	22G110 池田 修悟				22G110 池田 修悟		
NE3A	調整	21G	調整	22Y	全自動調整	22Y002	
NE5C	21G082 浦川 啓				22G088 鈴木 昭夫		
NE7A	22G015 矢野 陽子					22PF-Q001 山崎 勇	
NW2A	調整	22S2-001 木村 正雄			22S2-001 木村 正雄		
NW10A	調整	22C204	22G033 末廣 健	22Y014	21G035 原田 雅史	20G670 高橋 嘉夫	20G539
NW12A	調整	21G612 有	調整		21G670 倉持 昌弘		22G127 秋岡 千晴
NW14A	調整			21G594 KIM Kyung Hwan	調整		
SPF	21T002 辻川 夕貴			21G551 花田 貴		21G021 望月 出海	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/23	5/24	5/25	5/26	5/27	5/28	5/29
	E	E	B	E	E	E	E
1A	21G 21G	22PF-B001 松塚 直宏	22PF-B006 藤本 大	22Y		21G	
2A/2B	21G644	22G105 吉田 鉄平	22G006 溝川 貴司		21G603 堀場 弘司	21G085 湯川 洋	
3A	20G671 増田			21G565 岩佐 和晃		21G566 中村 将志	
3B	21G033 枝元 一之						
3C	21G108 早稲田 篤						
4A	20G662 原田 誠			20G670 高橋 嘉夫			
4B2					22G023 堀部 陽一		
4C	20G526 若林 裕助				20G506 秋本 晃一		
5A	21G			22G 21F 21G	22G088 有		
6A	21G602 高橋 浩			調整	21G624 秋澤 崇	22G112 浦口 宣明	21G684 中原 直樹
6C	21G528 栗林 貴弘			21G618 杉山 和正			
7A	19S2-003 岡宮 健太			21G069 藤林 剛	19S2-003 岡宮 健太	22C206	
7C	22G090 今田 早紀			21G601 手塚 泰久			
8A	22G066 二瓶 雅之			20G628 佐賀山 基	20S2-001 熊井 玲児		
8B	調整				22G131 嶋山 佑典	20G598 下野 智明	
9A	22G074 緒竹 祐太	21G076 藤永 敏平	20G540 池本 弘之		20G654 吉田 真明		
9C	20G648 高橋 孝史	22G139 朝倉 大輔	調整	21G091 増野 敬樹	21G688 今岡 享隆	22G061 BAL Raja	
10A	21G619 中塚 晃彦			21G505 吉朝 朗			
10C	22G010 山本 健史		21G094 小堀 晋子	22G026 木下 将剛	22G047 木多 智	21G006 矢野 健二	21G116 小田 隆
11A	20G603 幸村 幸由						
11B	22G109 田端 千敏			22PF-G007 久保田 正人			
11D							
12C	22PF-G009 岩島 直	21T001 福 健太郎	22G106 岡 真樹	22G108 井口 翔之	20G608 藤倉 明子		
13A/13B	22G128 山口 啓次	21S2-00 22G090	21S2-00 22G090	22G090 今田 早紀	21S2-00 20G541 細川 伸也	20G542	21G611
14A	21G624 坂倉 輝俊			調整	22G055 岸本 俊二		
14B	20G585 姚 永昭			21G090 山口 博隆			
14C	21G137 後藤 博正	22PF-G004 千田 俊敏		22G026 矢代 航			
15A1	22G089 渡部 敬樹	21G553 奥田 浩司	21G620 中島 伸夫				
15A2							
16A	22T002 藤野 智博	21S2-004 山崎 裕一	21G668 芝田 信樹	19S2-003 岡宮 健太	20G599	19S2-00 22G123 藤倉 明樹	
17A	21G 22Y	20G5 全自動調整	21G	21G 21G 22C201	22PF	21G	
18B	22-IB-04			22-IB-05			
18C	20G635 藤裕之			21G545 川村 幸裕			
19A/19B	18S1-001 高橋 嘉夫	22Y002	22S2-00 22Y002	18S1-00 22Y002	18S1-001 高橋 嘉夫		
20A	20G609 北島 昌史				21G630 羽多野 忠		
20B	調整						
27A	20G589 藤倉 明樹		21G023 鳥嶋 祐治	22G092 坂口 佳史	22G039 堀 史哉		
27B	22G065 本田 亮紀			21G078 岡本 芳浩	22G071 岩瀬 彰宏		
28A/28B	20G669 相馬 清香			21G141 坂野 昌人	21S2-001 佐		
NE1A	E			E	E	E	E
NE1A	22G125 河智 史朗				22G125 河智 史朗		
NE3A	調整	21G	調整	22Y	全自動調整	22Y002	
NE5C	22G088 鈴木 昭夫				22G088 鈴木 昭夫	20G572 淵崎 真弘	
NE7A	22G018 湯浅 哲也						
NW2A	22S2-001 木村 正雄			調整	21C213		
NW10A	22G052 宮永 康史			21G543 北野 敬樹	21G564 朝倉 清高		
NW12A	21G048 佐々木 裕次			調整	21G670 倉持 昌弘		
NW14A	調整			22G021 金澤 知器	22G021 金澤 知器	21G653 IHE	
SPF	21G021 望月			22PF-Q003 AHMED Rezwan		21G077 前島 尚行	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	5/30	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4
	E	E	B	M	E	E
	21G 20G	22Y			20G	21G 20G
1A						
2A/2B	21G085 浦川	20G669 相馬 清吾			20G669 相馬 清吾	21S2-002 相馬 広海 22G133
3A	21G566 中村 将志	22G016 菅原 泰			22G016 若林 裕助	
3B	21G033 枝元 一之				21G583 奥平 幸司	
3C	21G108 早稲田 篤				21G108 早稲田 篤	
4A	20G670 高橋 20G608 保倉 明子				20G554 伊藤 敏	21G623 藤田 誠 20G611 三所
4B2	22G023 堀部 陽一				21G599 植草 秀裕	
4C	22G013 近藤 敏啓				20G615 中島 正道	
5A					21G 21G	
6A	21G118 丸林 弘典	20G515 藤田 進史	21G605 庄村 麗人		22G099 上野 暁	20G659 上野 暁 21G120 上野 暁
6C	21G618 杉山 和正				20G503 坂井 伸行	
7A	19S2-003 雨宮 健太				21G518 吉田 真明	
7C	21G601 手塚 21G130 中島 伸夫				21G130 中島 伸夫	
8A	21G596 松平 和之				20S2-001 熊井 玲児	
8B	20G598 下野 聖矢				20S2-001 熊井 玲児	
9A	20G654 吉田 21G123 調整	22G030 EMP120			21G620 中島 伸夫	
9C	22G095 藤川 浩代	21G133 市原 大智			20G621 奥村 和	22G017 横山 利彦
10A	21G505 吉朝 朗				21G579 吉朝 朗	
10C	21G581 清水 智哉	調整			21G089 湯口 雅也	20G637 奥田 清男 21G640 平井
11A	22MP001 山岡 雅				21G595 岡谷 隆夫	
11B	22PF-G007 久保田 正人				22PF-G007 久保田 正人	
11D	20G587 伊藤 雅英				20G587 伊藤 雅英	
12C	21G083 加藤 優				21G564 朝倉 清高	
13A/13B	21S2-00 21G611 21S2-00 21G611 21S2-00 21S2-00				21S2-003 小塚 悠	21G679 中辻 寛
14A	22G055 岸本 俊二				21G550 木村 宏之	
14B	20G583 砂口 尚輝				20G583 砂口 尚輝	20G565 安藤
14C	22G026 矢代 航				20G550 松下 昌之助	
15A1	調整	22C204	調整		22G126 高橋 嘉夫	
15A2						
16A	21G544 門野 良典	21G693 鈴木 真樹			22P 22G036 東	22P 22PF-G005 22P 21G665 伊藤
17A	21G 22G	全自動調整	21G		22Y	21G 21G 22P 22PF-B007
18B	22-IB-05	22-IB-01			22-IB-01	22-IB-07
18C	21G122 柴崎 裕樹				21G527 中野 智志	
19A/19B	18S1-001 高橋 嘉夫	調整	22C204		22C203 18S1-001 高橋 嘉夫	
20A	20G609 北島 昌史				20G609 北島 昌史	
20B	21G630 羽多野 忠				21P003 香口 弘正	21G658 水野 薫
27A	22G039 堀 21G042 鏡谷 明徳				21G023 藤橋 祐也	21G583 奥平 幸司
27B	22G071 岩瀬	21G023 藤橋 祐也	20G589 藤倉 進郎		調整	21P013 22G117 鏡谷 明徳 21G639 鈴木 真樹
28A/28B	21S2-001 佐	21G101 吉田 鉄平			21G552 齋藤 智彦	21S2-001 佐藤 幸
NE1A	22G125 河智 史朗	22G111 北尾 真司				
NE3A	22PF-B007 20G	調整			全自動調整	22Y002
NE5C	20G572 瀧崎 真弘				20G640 若林 大佑	21G003 柴崎
NE7A	22G018 湯浅 哲也					
NW2A	調整	22C206				
NW10A	21G564 朝倉 清高	21G659 20G621 22Y001 21G688	21G688 今岡 草穂	20G621 奥村 和	20G676 泉 康雄	
NW12A	21G	調整			21G048 佐々木 裕	21G526 鏡
NW14A	21G653 IHEE Hyotcheri				20G620 KIM Taekyu	21G145 CA
SPF	21G077 前島 尚行	21G021 望月 出海			調整	21G681

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	6/6	6/7	6/8	6/9	6/10	6/11
	E	E	B	M	E	E
	21G 20G <td>22C201 21G</td> <td>22PF-B001 松原 博</td> <td></td> <td></td> <td></td>	22C201 21G	22PF-B001 松原 博			
1A						
2A/2B	22G102 22G135 21G660 22G135 21G683 22G135				21G644 21G092 21G590 一杉 太郎	
3A	調整	調整	22G132 道村 真		22G132 道村 真司	21G093 玉置 博
3B	21G583 奥平 幸司				21G583 奥平 幸司	21G079 櫻井 岳暁
3C	21G108 早稲田 篤				21G108 早稲田 篤	
4A	20G611 三河内 岳				20G650 佐竹 渉	
4B2	21G599 植草 秀裕					
4C	20G615 中島	21G682 花咲 健亮			21G682 花咲 健亮	22G109 藤橋 千
5A	20G	22Y	21G		22G	22G
6A	21G114 藤橋 祐	22G069 橋本 智之	22G115 鈴木 昌之		21G570 竹下 宏樹	調整
6C	20G503 坂井	20G581 木村 耕治			22G048 林 好一	
7A	19S2-00 21G069 岡林 真	19S2-003 雨宮 健太			19S2-003 雨宮 健太	22G113 朝倉 大輔
7C	21G130 中島	21G648 川又 遼			21G648 川又 遼	
8A	20S2-001 熊	20G628 佐賀山 基			20S2-001 熊井 玲児	
8B	21G503 藤橋 正	20S2-001 熊井 玲児			20S2-001 熊井 玲児	
9A	21G620 中島 伸夫				22G076 清水 健史	21G584 高見 隼一
9C	22G017 横山	21T001	21G667 藤原 幸子		20G673 橋本 太郎	22Y020
10A	21G579 吉朝 朗				21G528 栗林 貴弘	
10C	21G640 平井	22G003 新井 崇則			20G579 尾本 賢一郎	21G005 藤原 幸則
11A		21G583 奥平 幸司			21G583 奥平 幸司	
11B	21G554 中尾 裕則				21G554 中尾 裕則	
11D	20G587 伊藤 雅英				20G636 渡辺 紀生	
12C	21G564 朝倉 清高				21G123 栗尾 美菜	21G115 21G142 藤橋 貴
13A/13B	20G637 奥田 清男	21S2-00 20G637	21S2-00 20G637		21S2-00 20G637	21S2-00 20G637
14A	21G550 木村 宏之				21G057 山本 孟	
14B	20G565 安藤 正海				調整	22PF-G002 平野 響一
14C	20G550 松下 昌之助				20G549 松下 昌之助	
15A1	22G126 高橋 嘉夫	22G104 内藤 俊雄				
15A2					調整	21G568 藤井 伸一
16A	22PF-T003 山本 孟	20G577 永沼 博			21G 19S2-003 20G595 19S2-00 20G595 19S2-00	
17A	21G	全自動調整	22Y		21G589 藤原 幸太	22G 21G541 渡
18B	22-IB-07				22-IB-10	
18C	21G527 中野 智志	調整			21P001 三村 竜樹	21G004 阿部 洋
19A/19B	20G639 18S1-00 22C209 22PF-T0 18S1-00 22PF-T0				22S2-00 18S1-00 22PF-T0 18S1-00 22PF-T002 鈴木 大	
20A	20G609 北島 昌史				調整	
20B	21G658 水野 薫				21G658 水野 薫	
27A	21G583 奥平 幸司				21G600 佐井 健之	21G042 鏡谷 明徳
27B	21G042 鏡谷 明徳				調整	21G030 岡本 芳樹
28A/28B	22PF-G003 片岡 竜馬				21G092 堀尾 真史	21S2-001 佐藤 幸
NE1A	調整				21G019 小野 重明	21G527 中野
NE3A	21G				全自動調整	22Y002
NE5C	21G003 柴崎				21G036 藤橋 ちひろ	
NE7A	22G018 湯浅				22G088 鈴木 昭夫	
NW2A	21G634 岡本 敏					
NW10A	21G540 山口 健史				22G075 池本 弘之	20G605 藤原 幸子
NW12A	21G145 CA				22PF-G006 深谷 亮	
NW14A	21G145 CA					
SPF	21G681 和田 健		21G664 深谷 有喜		22G087 石田 明	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19
1A	M	HB	HB	HB	HB	HB	HB
2A/2B		22G 21G	調整	22G	20G	21G	22G
3A		22PF-G008 田中 大	21G678 中辻 寛	21G095 和田 真一			
3B		21G093 玉造 博夢		22G114 松村 武			
3C		21G079 櫻井 岳暁				21S2-003 小	
4A		20G575 鈴木 宏輔					
4B2		22G126 高橋 嘉夫				21G137 松浦	
4C		20G663 福宮 功					
5A		22G109 田端 千敏			20S2-001 熊井 玲児		
6A		調整	20G 21G	21G5	22G127 松橋 千	20G	21G
6B		21G105 渡野 達也	21G131 藤 祥伸	20G520 櫻井 伸一	21G573 香永 祥一		
6C		21G655 大山 研司	20G613 北浦 守	22G079 北浦 守			
7A		21G626 遠藤 理	21G069 岡林 潤	21G626 遠藤 理			
7C		20S2-001 熊井 玲児					
8A		20S2-001 熊井 玲児	20G628 佐賀山 基	調整			
8B		20S2-001 熊井 玲児	21G542 小林 厚志	20G660 寄野 暹			
9A		20G643 高草木 達					
9C		22Y014		21P010 藤代 史		21G073 一善 優子	
10A		21G528 栗林 貴弘					
10C		21G099 米持 規生	21G121 藤 潤	21G006 矢野 健二	20G674 新井 亮一	21G139 石地 亮平	
11A		22G050 宮永 崇史		21G146 沼子 千弥		21G595	
11B		21G554 中尾 裕則					
11D		20G636 渡辺 紀生					
12C		21G633 藤野 貴	21G088 21G634		21G659 伊地知 純	22G082 一	
13A/13B		20G664 21G613	21PF-S 21G613	21PF-S 21S2-00	21PF-S 21G009	21PF-S 21G009	21PF-S 20G619
14A		22G055 岸本 俊二		22G063 越水 正典		21C212	
14B		22G064 河野 哲朗				21G614 西村	
14C		21G617 安藤 正海					
15A1							
15A2		20G816 藤井 博一	20G610 三輪 洋平	21G520 金子 文雄	21G571 中野 健治	22G010 山本 勝彦	
16A		21PF-S003 中尾 裕	19S2-003 岡宮 寛	21PF-S003 中尾 裕	22T002 渋谷 昂平	21G691 石井	
17A		金自動調整	調整	22G		21G 20G	
18B		22-IB-09				22-IB-06	
18C		21G004 岡藤 光	21G627 武田 圭生			調整	
19A/19B		18S1-001 高橋 嘉夫	21G680 中野 洋介	22Y017 18S1-00	22L001 調整	18S1-001 高橋 嘉夫	22G072 上野 智則
20A							
20B		21G037 小泉 晴比古			21G022 橋 勝		
27A		調整		21G042 後谷 明樹	21G622 関口 哲弘		
27B		22G065 本田 充紀		22G092 坂口 佳史			
28A/28B		22G077 大塚 大樹	21G141 坂野 昌人	21S2-002 相頭 広志		20G669 相馬	
E	E	B	E	E	E	E	
NE1A		21G527 中野 智志	22G049 松本 凌		22G103 大村 影子		
NE3A		調整		金自動調整	22Y002		
NE5C		21G036 岡根 ちひろ	22G037 洲崎 貴弘				
NE7A		22G088 鈴木 21G504	小野 重明		21G661 籠 裕之		
NW2A		調整	21G634 岡本 敬		22G059 武市 泰男		
NW10A		22G097 平山 朋子	22PF-T005 UY Ms	22Y011	21G633	21G546 倉 康雄	20G667 山本 加
NW12A							
NW14A		22PF-G006 栗谷 亮			22G133 野澤 俊介		
SPF		22G087 石田 明	20G625 高山 あかり				

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/20	6/21	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26
1A		HB	HB	HB	HB	HB	HB
2A/2B		21G	調整	21G	22PF-B010	22PF-B001 飯塚 22G	21G
3A		20G634 石坂 香子		21G126 小田切 文			21S2-00 21G533
3B		22PF-G010 侯野 和明				20G628 佐賀山 基	
3C		21S2-003 小澤 健一					
4A		21G090 山口 博隆			22V001	20G585 橋	
4B2		21G137 松浦 晃洋		22G038 石橋 秀巳		20G661 安光ラヴェル 香	
4C		20G663 籠		20G547 藤井 孝太郎			22G014 上野
5A		21G056 清水 豪一		調整	調整	21G530 柏木 隆成	
6A		21G	20G	調整	21G 21G	21G 21G	21G 21G
6B		21G102 上野 智則	21G072 藤 祥伸	22G126 伊藤 弘樹	21G531 磯野 拓也	21G138 中沢 寛史	22G101 島山
6C		22G079 北浦	22G029 山本 篤史郎		22G129 宮永 依里子		
7A		21G069 岡林 潤	21G626 遠藤 理		21G583 奥平 幸司		21G069
7C		20S2-001 熊井 玲児					
8A		20G666 神戸 高志			21G565 岩佐 和晃		
8B		調整				20G660 寄野 暹	
9A		20G667 山本 旭	22PF-T004 RILLE	22Y019	20G654	22Y023 20G654	21G061 中山 剛太
9C		21G117 島山 雄樹	22G116 西脇 芳典	21P004 下野 真央	21P002 上原 政智		21G017 原田
10A		21G528 栗林 貴弘	20G586 栗林 貴弘				
10C		21G020 林 健大	21G562 東原 健二	22G137 三宅 亮介	22G047 木多 智	21G089 池口 聖也	22G138 長号 健一
11A		21G595 関谷 篤					20G600 岩住 俊明
11B							
11D							22PF-G003 片岡 竜馬
12C		22G082 一		20G597 野澤 俊介	22G011 久富 木海	21G064 藤 康雄	21G036 20G621
13A/13B		21S2-00 20G619	21S2-00 20G619	21G047	21S2-00 21G047	21S2-00 21G047	21S2-00 21G047
14A		21C212		22G055 岸本 俊二		21G614 西村 龍太郎	
14B		21G614 西村 龍太郎		21G587 島達 大介			
14C						20G678 森 浩一	
15A1							
15A2		21G103 島田 剛	21G096 中川 龍太	21G553 奥田 浩樹	21G135 LI Xiang	調整	22G008 山本
16A		21G691 石井	20G630 安井 伸太郎	21S2-004 山崎 裕一		20G593 19S2-00 20G593	19S2-00
17A		21G522 飯	金自動調整	調整	21G 20G	22Y 20G	20G 22PF-B007 20G 20G 21G
18B		22-IB-06				22-IB-02	
18C		調整	20G632 久米 健二			21P014 木村 友亮	
19A/19B		22C206 18S1-00	22C206 18S1-00	21G660 22PF-G	18S1-001 高橋 嘉夫	22C209 22PF-G	18S1-001 高橋 嘉夫
20A							22PF-G011 足立 純一
20B		21G022 橋 勝				21G090 山口 博隆	
27A		21G622 関口 哲弘		21G023 島崎 裕治	21G042 後谷 明樹		
27B			20G606 松浦 治明		21G078 岡本 芳浩		
28A/28B		20G669 相馬 清吾	21G141 坂野 昌人		22G007 菅原 克明		
E	E	B	M	E	E	E	
NE1A		21G557 遊佐 秀				21PF-S001 平野 馨一	
NE3A		21G 21G 22C201		21G		金自動調整	22Y002
NE5C		21G512 坂巻 竜也				21G512 坂巻 竜也	21G082 浦川
NE7A		21G661 籠 裕之		21G641 佐野 里紗		21G641 佐野 里紗	20G672 久保 友明
NW2A		22G059 武市 泰男	22S2-001 木村 正雄			調整	
NW10A		20G597 野澤 俊介	21T001	21G646 佐々木 勇		20G621 奥村 聡	22G106 岡 康雄
NW12A						21G670 倉持 昌弘	20G658 藤
NW14A		22G133 野澤 俊介				調整	21G576 佐々木 裕次
SPF		20G663 石田 明					22G087 石田 明

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/27	6/28	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3
	HB	HB	HB	M	HB	HB	HB
1A	21G 21G 20G6 21 22Y		調度		20G 21G 22G1 21G		21G 22PF-B07
2A/2B	22V003	21G671 朝倉 大輔			21S2-002 細頭 広志		
3A	20G628 佐賀山 基		20G665 有馬 孝尚		20G665 有馬 孝尚		
3B					21G079 櫻井 岳暎		
3C	21S2-003 小澤 健一				20G647 渡辺 紀生		
4A	22G116 西藤 芳典				20G662 原田 誠	22G126 高橋 嘉夫	
4B2	22G014 上原 政智						
4C	21G530 柏木	21G565 岩佐 和晃			21G565 岩佐 和晃	21G596 松 平和	
5A		21G	調度		21G 21G 22G0 22G140 22G 21G685 調		
6A	22G101 島山	22G027 飯塚 直	21G118 丸林 弘典		21G049 金子 文也 22G112 黒口 直明 21G684 中原 直樹		21G046 阿部 正寿
6C	21G657 STELLHORN Jer	22G045 八方 直久			22G045 八方 直久 21G604 手塚 泰久		21G637 細川 伸也
7A	21G068 21G583 奥平 幸司	19S2-003 調度 健			22PF-Q 22C206		
7C	20S2-001 熊 井 玲児	22PF-Q002 宇津木 茂樹					
8A	21G565 岩佐 和晃	22G066 二瓶 雅之			22G066 二瓶 雅之 21G057 山本 孟		
8B	21G503 後藤 博正	21G669 花井 健亮			20G628 佐賀山 基		
9A	20G668 藤倉 朝子 21G540 坂口 雅史 21G091 岩野 義徳				22G090 今田 早紀 21G846 佐々木 昂		
9C	21G017 原田	21G032 前之園 慎也			22G106 藤 真樹 21G063 藤倉 博行		
10A	20G586 栗林 貴弘				21G505 吉朝 朗		
10C		3	21G581 青島 雅典		20G567 矢島 史郎 22G028 木下 雅典 20G512 櫻井 雄二		
11A	20G600 岩住 俊明				20G600 岩住 俊明 22G123 椎名 達雄		
11B					21G146 沼子 千弥 22G081 高野 浩一		
11D	22PF-G003 片岡 竜馬				22	22PF-G003 片岡 竜馬	
12C	22G085 桐谷	20G597 野原 俊介 22G035 金野 知晴			22G126 高橋 嘉夫 20G670 高橋 嘉夫		
13A/13B	21G047 21S2-00 21G047 21S2-00 21G047 21S2-00				22PF-T 21S2-00 22PF-T 21S2-00 22PF-T002 藤木 文		
14A	21G614 西村 龍太郎				21G629 幸村 孝由		
14B					22G122 岡本 博之		
14C	20G678 森 浩一				20G678 森 浩一		
15A1							
15A2	22G008 山本	20G552 小川 義樹			調度 21G520 金子 文也		
16A	21S2-004 山崎 裕一				21PF-S 19S2-00 20G622 19S2-00 20G622 19S2-00		
17A	21G 21G0 金自院 剛史	調度			22Y 21G0 21G 22Y002		
18B	22-IB-03				22-IB-03 21G529 GIR		
18C	21G527 中野 智也	21G663 籠 裕之			21G663 籠 裕之 21G677 松石 清人		
19A/19B	22C208 18S1-00 22C208 18S1-00 21G592 YUAN Qiu				22MP001 山田 雅之 21G628 18S1-00 21G628 18S1-00		
20A		22G107 小田切 文			22G107 小田切 文		
20B	21G090 山口 博隆				21G090 山口 博隆 22G093 加藤 有香子		
27A	21G042 横谷 明徳				21G042 横谷 明徳		
27B	21G560 高島 幸子 21G080 岡本 芳浩				22G117 横谷 明徳 20G538 今岡 達郎 21G060 藤子 亮		
28A/28B	22G007 菅原 克明				21G141 坂野 昌人 22G007 菅原 克明		
NE1A	E	E	B	E	STOP	STOP	STOP
NE1A	21PF-S001 平野 善一						
NE3A		21G 20G	20G 22G031 調度				
NE5C	21G082 浦川 啓						
NE7A	20G672 久保 友明						
NW2A		調度	22G051 宮永 雅史				
NW10A	21G543 北野 政明		22G030 EMP120 22Y011				
NW12A		22G	20G 21G				
NW14A	21G576 佐々木 裕次	20G592 則包 恭央					
SPF	22G 21G664 藤谷 有喜			21G681 和田 健		21G577	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9	7/10
	HB	HB	HB	HB	STOP	STOP	STOP
1A	22Y 22C201	20G9 22Y 子 21G9 21G					
2A/2B	21S2-002 細頭 広志						
3A	20G665 有馬 孝尚						
3B							
3C	20G647 渡辺 紀生						
4A	22G126 高橋 嘉夫						
4B2							
4C	21G596 松 平和						
5A	20G 22G 21G9 22Y 22G0 21G 21G 21G046 阿部 正寿						
6A	21G623 本多 智	調度	22G100 日野 和之 22G067 岩木 久典				
6C	21G604 手塚 泰久	21G637 細川 伸也					
7A	22P002 平山 朋子 21G069 岡村 真 22MP001 山田 雅之						
7C	20S2-001 熊 井 玲児						
8A	21S2-004 山崎 裕一						
8B	20G628 佐賀山 基						
9A	22G095 藤川 浩代		22V004 22G074 22G090 今田 早紀				
9C	21G546 泉 康雄			22Y011			
10A	21G505 吉朝 朗	調整					
10C	20G512 櫻井 雄二		21G006 矢島 史郎 21G131 藤崎 幸				
11A	22G123 椎名 達雄						
11B	22G081 高野 浩一	22G020 加藤 貴宏					
11D	3	22Y	22Y				
12C	22P005 藤久 雅典	21G543 北野 政明	22PF-G009 藤倉 直樹				
13A/13B	20G664 藤井 一也 21G613 20G623 21G613 20G623 22 21 20G623						
14A	21G629 幸村 孝由						
14B	20G506 秋本 晃一						
14C	21G070 竹谷 敏			22G124 安田 尚也			
15A1							
15A2	20G668 高橋 健正		22PF-Q002 宇津木 茂樹 22G138 藤月 健一				
16A	21PF-S003 中尾 博 20G 19S2-003 調 21G530 19S2-00 21G530 19S2-00						
17A	21G 20G612 坂田 金自院 剛史	22Y007 22G0 21G589 佐藤 剛史					
18B	21G529 GIRI Rajendra Prasad						
18C	21G677 松石 清人						
19A/19B	21C213 22PF-G 22S2-00 22PF-G 20G639 22PF-G001 山下 朋						
20A	22G107 小田切 文		22PF-G011 足立 純一				
20B	22G093 加藤 有香子	21G090 山口 博隆					
27A		21G042 横谷 明徳	21G027 富田 雅典				
27B	22G117 横谷 明徳 21G027 富田 雅典 21G028 小嶋 光明						
28A/28B	22G007 菅原 克明 21S2-001 佐藤 幸史						
NE1A	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF	21G577 高山 あかり						

「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。

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

編集後記

PF ニュースの編集委員となり一年が過ぎました。この間、数編の研究記事の査読を担当させていただきました。本誌は、学会発行の専門誌などとは異なり、PF という共通のプラットフォームによる成果を集めているという特徴のため、様々な分野や手法の研究成果が掲載されます。私にとっては少し専門外となる記事を担当することもありましたが、編集委員としての活動は、そういった分野に目を向けるきっかけにもなっていると思います。同様に、今では一般的となったオンラインでの学会やセミナーは、比較的気軽にアクセスできることもあり、異分野研究へ視野を広げる好機になっていると言えるのではないのでしょうか。

2022 年度になり、大学では対面授業が推進されるようになってきたと感じています。また、先日、久しぶりに現地開催の学会へ参加しました。対面では、予期せずに、いろいろな方と交流できることの良さを実感しました。今後、授業も学会も対面・オンラインの良いところが合わさって形態進化していくものと思います。

PF ニュースとは直接関係ありませんが、私自身の 2022 年は波乱の幕開けとなりました。後悔のないように過ごすことを日々意識しています。(A.N.)

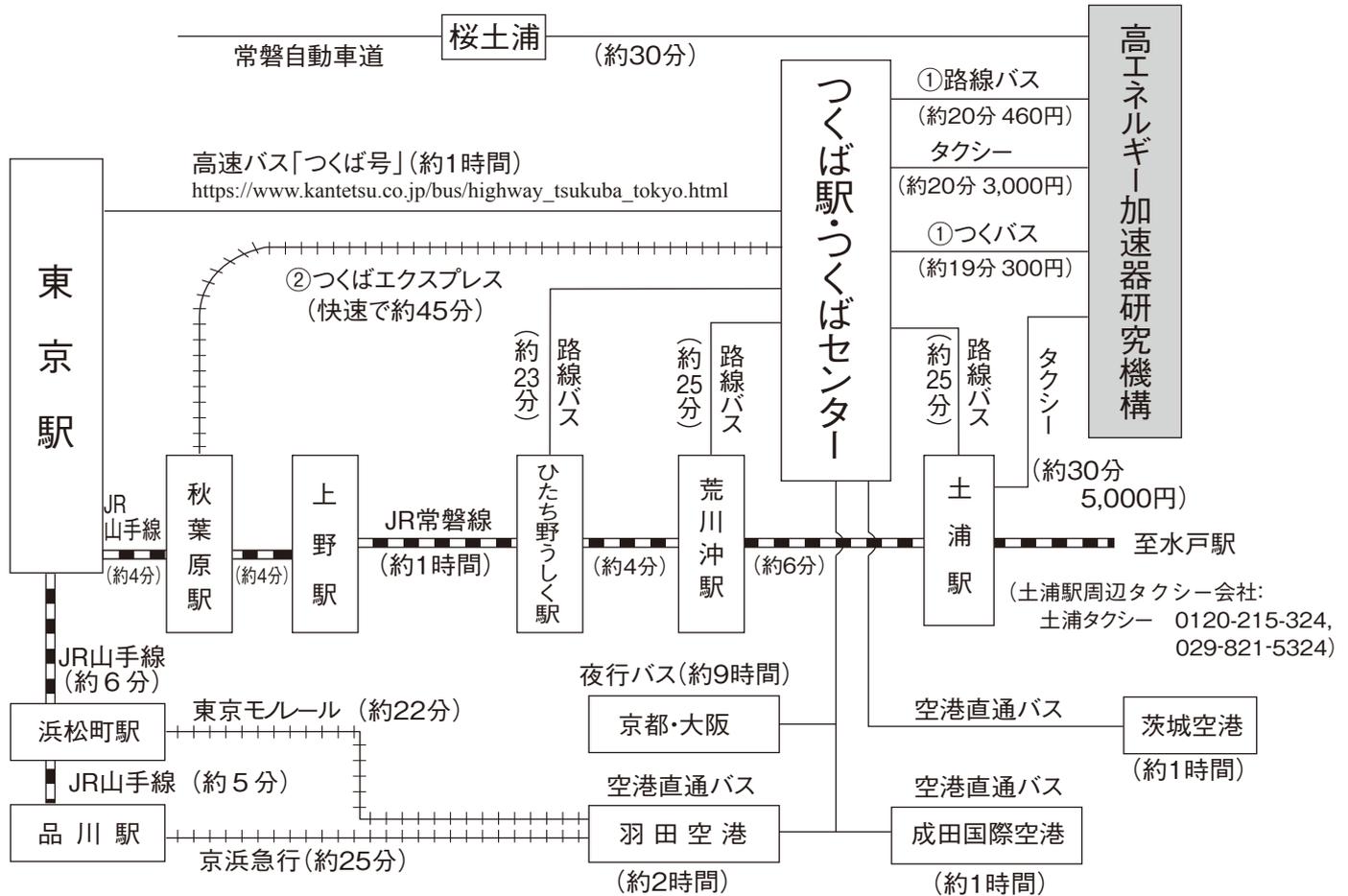
* 2022 年度 PF ニュース編集委員 *

委員長	木村 正雄	物質構造科学研究所		
副委員長	石田 明	東京大学大学院理学系研究科		
委員	井口 翔之	京都大学大学院工学研究科	岩野 薫	物質構造科学研究所
	宇佐美徳子	物質構造科学研究所	加藤有香子	産業技術総合研究所
	木村 信治	ENEOS (株) 中央技術研究所	坂本 祥哉	東京大学物性研究所
	篠崎 彩子	北海道大学大学院理学研究院	高木 宏之	加速器研究施設
	中村 顕	学習院大学理学部生命科学科	野澤 俊介	物質構造科学研究所
	引田 理英	物質構造科学研究所	菱田 真史	筑波大学数理物質系化学域
	松垣 直宏	物質構造科学研究所	望月 出海	物質構造科学研究所
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所		

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

巻末情報

KEK アクセスマップ・バス時刻表



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

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

①つくばセンター ↔ KEK (2022年6月11日改定)

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

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

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

下り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK
HB	7:00	7:21	71	× 10:15	× 10:36	HB	15:45	16:06	HB	19:20	19:41
HB	7:20	7:41	HB	10:45	11:06	HB	16:15	16:36	HB	20:00	20:21
C8	× 7:20	× 7:42	71	11:15	11:36	C8	× 16:25	× 16:40	HB	20:30	20:51
HB	7:50	8:11	HB	11:25	11:46	71	× 16:43	× 17:04	HB	21:10	21:31
C8	× 7:50	× 8:12	HB	11:50	12:11	HB	16:50	17:11	HB	21:50	22:11
18	× 8:12	× 8:34	HB	12:25	12:46	C8	× 17:00	× 17:15	HB	22:30	22:51
HB	8:25	8:46	HB	13:00	13:21	HB	17:30	17:51			
71	8:50	9:11	HB	13:35	13:56	71	17:43	18:04			
HB	9:15	9:36	HB	14:00	14:21	C8	× 17:55	× 18:10			
71	× 9:20	× 9:41	HB	14:35	14:56	HB	18:10	18:31			
HB	9:40	10:01	71	× 14:55	× 15:16	C8	× 18:30	× 18:45			
C8A	× 10:00	× 10:15	HB	15:10	15:31	HB	18:45	19:06			
HB	10:10	10:31	71	○ 15:35	○ 15:56	71	× 19:13	× 19:34			

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	6:50	71	10:30	11:00	HA	15:29	16:00	HA	20:29	21:00
71	× 6:28	× 6:55	HA	10:44	11:15	HA	16:04	16:35	HA	21:04	21:35
HA	6:39	7:10	C8	× 10:55	× 11:19	HA	16:44	17:20	HA	21:49	22:20
HA	7:04	7:35	HA	11:09	11:40	71	16:58	17:28			
HA	7:04	7:35	HA	11:44	12:15	HA	17:14	17:50			
71	○ 7:28	○ 7:55	HA	12:19	12:50	C8	× 17:20	× 17:45			
71	× 7:28	× 8:00	HA	12:54	13:25	18	× 17:50	× 18:15			
HA	7:39	8:15	HA	13:19	13:50	HA	17:54	18:30			
HA	8:29	9:05	HA	13:54	14:25	71	× 17:58	× 18:28			
C8	× 8:50	× 9:14	71	× 14:08	× 14:38	HA	18:24	19:00			
HA	8:54	9:30	HA	14:29	15:00	18	× 18:45	× 19:15			
C8	× 9:25	× 9:49	71	○ 14:43	○ 15:13	HA	19:09	19:45			
HA	9:24	9:55	HA	15:04	15:35	18	× 19:30	× 19:50			
HA	9:59	10:30	71	× 15:28	× 15:58	HA	19:44	20:20			

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

(2022年3月12日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,210円]

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

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

秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	9:13	10:06	19:19	20:14
* 5:30	6:28	○ 9:28	10:13	△ 19:30	20:21
○ 5:50	6:35	9:43	10:36	19:40	20:36
6:04	6:57	○ 10:00	10:45	19:49	20:44
6:16	7:09	10:13	11:06	△ 20:00	20:51
○ 6:27	7:12	○ 10:30	11:15	20:10	21:06
* 6:29	7:27	10:43	11:36	20:19	21:15
6:40	7:34	(10時~16時まで同じ)		△ 20:30	21:20
6:48	7:43	○ 17:00	17:45	20:40	21:35
7:00	7:54	17:10	18:04	20:49	21:45
7:06	8:02	17:19	18:13	○ 21:00	21:47
7:16	8:12	△ 17:30	18:21	21:16	22:11
7:24	8:22	17:40	18:36	21:29	22:24
7:36	8:31	17:49	18:45	21:41	22:36
7:43	8:41	△ 18:00	18:51	○ 22:00	22:46
7:55	8:52	18:10	19:06	22:16	23:11
8:03	9:00	18:19	19:14	22:30	23:25
8:13	9:11	△ 18:30	19:21	22:45	23:40
8:23	9:20	18:40	19:36	○ 23:00	23:55
8:34	9:29	18:49	19:44	* 23:13	0:11
○ 8:46	9:34	△ 19:00	19:51	○ 23:30	0:24
9:01	9:55	19:10	20:06	* 23:45	0:43

つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	* 8:36	9:36	17:50	18:43	21:52	22:45
○ 5:26	6:11	8:46	9:40	18:02	18:56	22:02	22:55
5:32	6:25	8:57	9:50	18:10	19:04	* 22:17	23:15
5:47	6:42	9:08	10:02	○ 18:28	19:13	22:29	23:22
6:02	6:56	9:20	10:13	18:32	19:26	* 22:42	23:40
6:12	7:05	* 9:34	10:39	18:41	19:34	* 22:59	23:58
6:23	7:20	9:43	10:27	○ 19:00	19:45	* 23:14	0:12
6:33	7:32	9:50	10:43	19:02	19:55		
6:41	7:41	○ 10:11	10:56	19:11	20:04		
6:55	7:53	10:20	11:13	○ 19:30	20:15		
7:02	8:00	○ 10:41	11:26	19:32	20:25		
* 7:09	8:11	10:50	11:43	19:41	20:35		
7:15	8:13	(10時~15時まで同じ)		○ 20:01	20:46		
7:22	8:20	○ 16:11	16:56	20:03	20:56		
* 7:29	8:28	16:20	17:13	20:11	21:06		
7:36	8:34	16:31	17:26	○ 20:32	21:18		
7:43	8:43	16:41	17:35	20:38	21:31		
7:52	8:49	16:50	17:43	20:50	21:43		
8:00	8:58	17:02	17:55	○ 21:09	21:54		
* 8:07	9:09	17:11	18:04	21:12	22:06		
8:17	9:13	17:20	18:13	21:25	22:19		
8:27	9:20	○ 17:42	18:27	21:40	22:33		

秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	○ 8:30	9:15	22:45	23:38
* 5:30	6:28	8:45	9:38	23:00	23:53
* 5:42	6:44	○ 9:00	9:45	23:15	0:08
○ 5:50	6:35	9:13	10:06	* 23:23	0:22
6:04	6:57	○ 9:30	10:15	* 23:45	0:43
6:16	7:09	9:43	10:36		
○ 6:30	7:15	○ 10:00	10:45		
6:45	7:38	10:13	11:06		
○ 7:00	7:45	○ 10:30	11:15		
7:15	8:08	10:43	11:36		
○ 7:30	8:15	(10時~21時まで同じ)			
7:45	8:38	○ 22:00	22:45		
○ 8:00	8:45	22:15	23:08		
8:15	9:08	22:30	23:23		

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

○: 快速

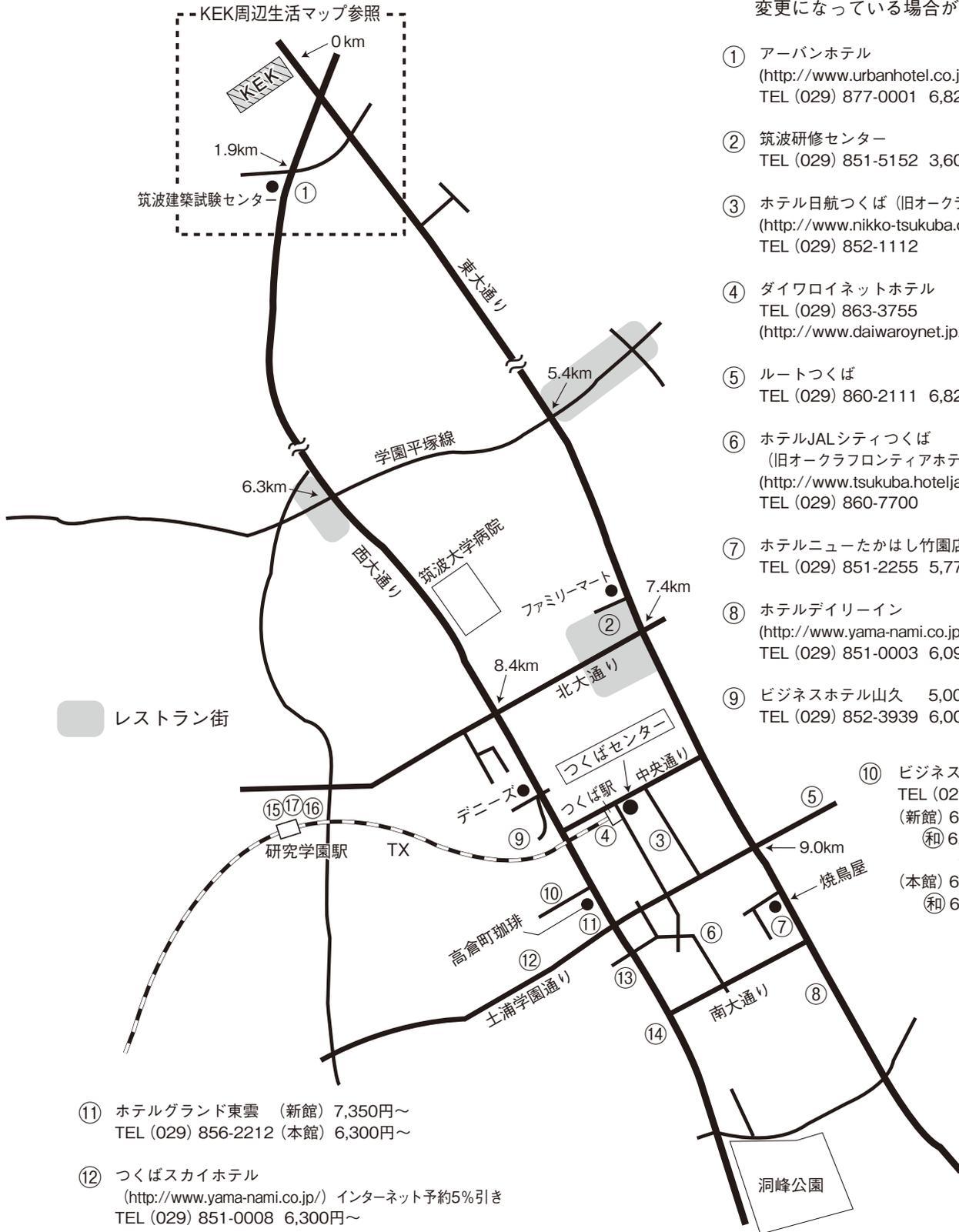
△: 通勤快速(研究学園駅にも停まります。)

無印: 区間快速 * : 普通

つくば市内宿泊施設

※料金は参考値です。

※新型コロナウイルスの影響により、情報が変更になっている場合があります。



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

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

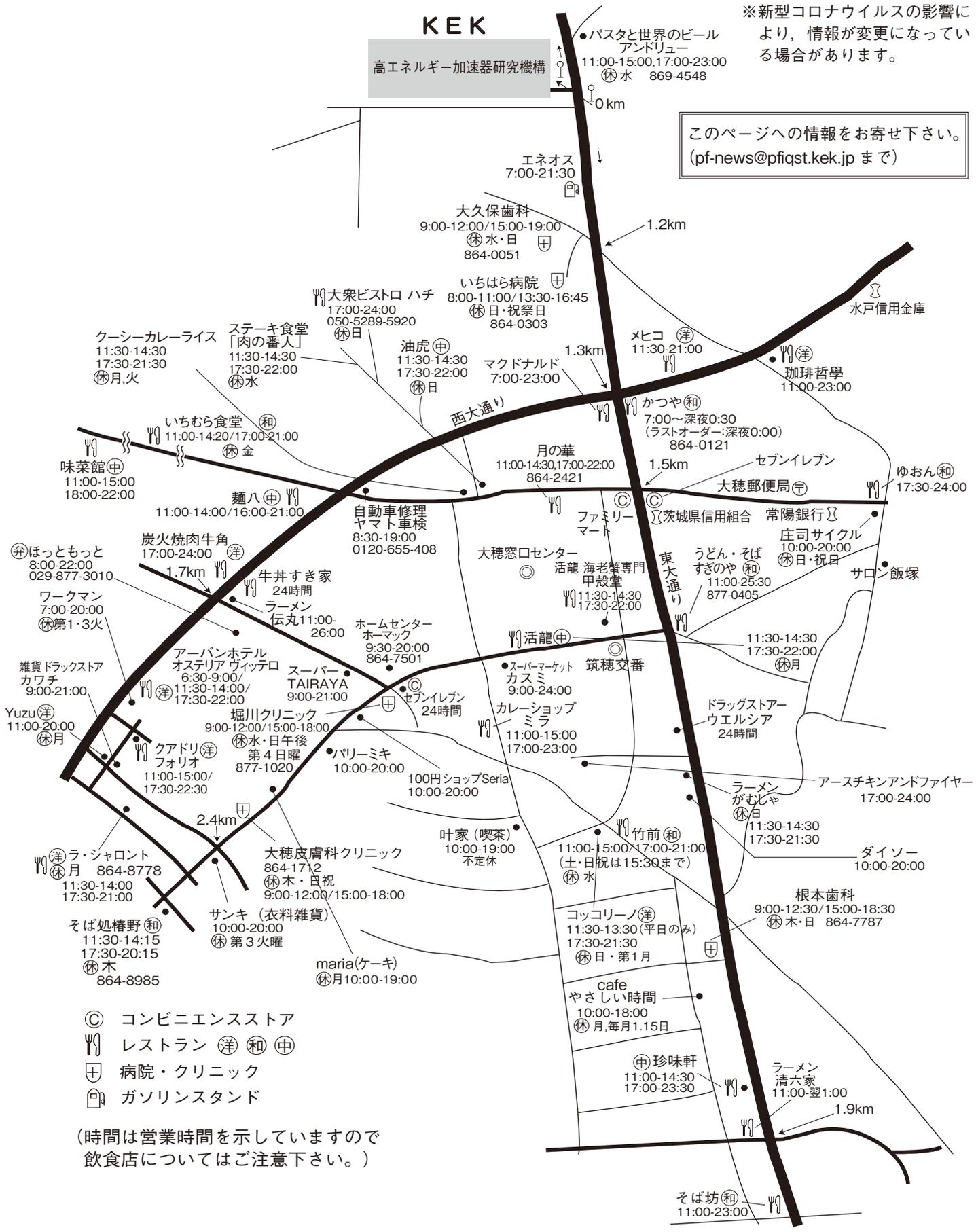
- ⑮ ホテルベストランド
(<http://www.hotel-bestland.co.jp>)
TEL (029) 863-1515
- ⑯ ホテルマークワン
(<http://www.mark-1.jp/>)
TEL (029) 875-7272
- ⑰ 東横イン
(<http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/>)
TEL (029) 863-1045

KEK 周辺生活マップ

放射光実験施設研究棟，実験準備棟より正面入口までは約 800 m

※新型コロナウイルスの影響により、情報が変更になっている場合があります。

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



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

(時間は営業時間を示していますので
飲食店についてはご注意ください。)

KEK内福利厚生施設

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

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

●共同利用研究者宿泊施設（ドミトリー） （管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2920）

シングルバス・トイレ付き
・3号棟, 4号棟 2,200円
・5号棟 3,000円
シングルバス・トイレなし 1,700円

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

●図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00
閉室日：土、日、祝、年末年始、夏季一斉休業日
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。

●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 8:30～12:00/13:00～17:00
（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*（*10月6日(木)までは18:30まで）

●喫茶室 Suzu Cafe（スズカフェ）（内線 3910）

ユーザーの少ない閑散期は平日昼食のみ。
10月7日（金）から12月26日（月）までの間、下記のとおり営業時間となります。

【平日】

朝食 8:00～9:30まで（完全予約制 注1）
昼食 11:30～15:00まで
夕食 18:00～21:00まで（ラストオーダー20:30）

【土・日・祝日】

朝食 8:00～9:30まで（完全予約制 注1）
昼食 11:30～15:00まで
夕食 17:00～20:00まで（ラストオーダー19:30）

（注1）朝食の予約について

朝食については、完全予約制となり、予約がない場合は閉店となります。

*予約は前日17時までに、ご連絡ください。

なお、土日祝及び休み明けの朝食については、直前の平日17時までに、ご連絡ください。

*予約の際に氏名、所属、連絡先、メニュー（和定食 or 洋定食）をお伝えください。

*当日キャンセルは、キャンセル料（料金分）を頂きます。

●売 店（いいじま）（内線 2987）

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

月～金 8:30～18:00（国民の祝日、年末年始、夏季一斉休業日は除く）
土（運転期間中のみ） 11:00～14:00

※PF研究棟1階ユーザー控室近くでPayPay払いの無人販売を始めました。

●宅配便（宅配荷物室はPF研究棟1階）

★荷物は基本的に置配となります（冷蔵便・冷凍便含む）。

★荷物の発送はご自身でお願いいたします。

宅配荷物室に設置したファイルで、業者への発送依頼方法を必ずご確認ください。

★伝票の記載方法

〒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 放射光実験施設

【PFで荷物を受け取る場合】PF宅配荷物室

BL-〇〇（ステーション名）+ 受取人名

【PF-ARで荷物を受け取る場合】PF-AR共同

研究棟 N〇〇〇（ステーション名）+ 受取人名

※電話番号は、受取人の携帯電話番号等を記入してください。

PF事務室の電話番号は記入しないようお願いいたします。

●自転車貸出方法（受付 [監視員室] 内線3800）

- ・貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
- ・貸出は一往復とし、最長でも半日とする。
- ・使用後は所定の自転車スタンドへ戻し、鍵は監視員室へ速やかに戻す。

（PF-ARでも自転車を10台用意していますので利用したい方はビームライン担当者または運転当番 [PHS 4209] に連絡して下さい。）

ユーザーズオフィスでも自転車の貸出を行っています（約50台）。

●郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

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

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 (2022. 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	北村
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	北村
BL-3	U (A) / B M (B, C)	中尾
BL-3A	● 極限条件下精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-3B	●★ VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	間瀬 枝元 (立教大) 吉信 (東大)
BL-3C	● X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野
BL-4	B M	中尾
BL-4A	●★ 蛍光X線分析/マイクロビーム分析	丹羽 宇尾 (東京医科歯科大)
BL-4B2	●★ 多連装粉末X線回折装置	中尾 植草 (東工大)
BL-4C	● 精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-5	M P W	松垣
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-6	B M	五十嵐
BL-6A	● X線小角散乱ステーション	五十嵐
BL-6C	●★ X線回折/散乱実験ステーション	中尾 八方 (広島市大)
BL-7	B M	雨宮 (岡林: 東大)
BL-7A	◇● 軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮 岡林 (東大)
BL-7C	● 汎用X線ステーション	杉山
BL-8	B M	佐賀山
BL-8A	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-8B	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-9	B M	阿部
BL-9A	● XAFS (高強度) 実験ステーション	阿部
BL-9C	● XAFS (その場) 実験ステーション	阿部
BL-10	B M	清水
BL-10A	●★ 垂直型四軸X線回折装置	熊井 吉朝 (熊本大)
BL-10C	● X線小角散乱ステーション	清水
BL-11	B M	北島
BL-11A	● 軟X線斜入射回折格子分光ステーション	北島
BL-11B	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-11D	● 軟X線光学素子評価装置用ステーション	間瀬
BL-12	B M	仁谷
BL-12C	● XAFS (ハイスループット) 実験ステーション	仁谷
BL-13	U	間瀬
BL-13A/B	● 表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーション	間瀬
BL-14	V W	平野
BL-14A	● 単結晶構造解析・検出器開発ステーション	佐賀山
BL-14B	● 精密X線光学実験ステーション	平野
BL-14C	● X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	平野
BL-15	U	五十嵐
BL-15A1	● XAFS (セミマイクロビーム) 実験ステーション	丹羽
BL-15A2	● 高輝度X線小角散乱実験ステーション	高木 (秀)
BL-16	U	雨宮
BL-16A	● 可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮

BL-17		U	山田
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
BL-18		B M	熊井
BL-18B(インド・DST)	◇●	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 MUKHOPADHYAY, Mrinmay (SINP)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	柴崎 鍵 (東大)
BL-19		U	山下
BL-19A/B	●	軟X線顕微鏡/分光実験ステーション	山下
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	小澤
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	小澤
PF-AR			
AR-NE1		E M P W	柴崎
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	柴崎
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	柴崎
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	柴崎
AR-NE7		B M	平野
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	平野
AR-NW2		U	丹羽
AR-NW2A	●	時間分解 DXAFS / X線回折実験ステーション	丹羽
AR-NW10		B M	仁谷
AR-NW10A	●	XAFS (高エネルギー) 実験ステーション	仁谷
AR-NW12		U	引田
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	引田
AR-NW14		U	野澤
AR-NW14A	●	ピコ秒時間分解 X線回折・散乱・分光	野澤
低速陽電子			和田
SPF-A3	●	全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーション	和田
SPF-A4	●	低速陽電子回折 (LEPD) ステーション	和田
SPF-B1	●	汎用低速陽電子実験ステーション	和田
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定ステーション	和田

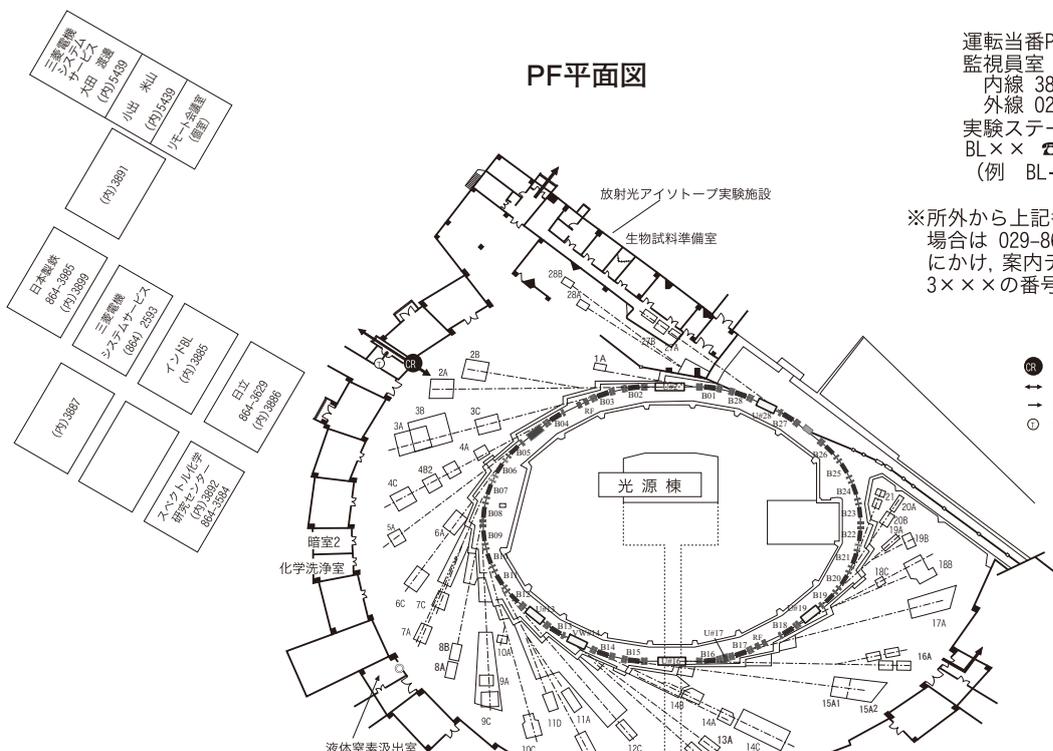
【UG 運営装置】 AR-NE7A 高温高压実験装置 (MAX-III) 久保友明 (九州大)

【所外ビームライン】 BL-7A 東大 RCS 岡林 潤 (東大) jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp
 BL-18B インド SINP MUKHOPADHYAY, Mrinmay 029-879-6237 [2628] india.japan@saha.ac.jp

PF平面図

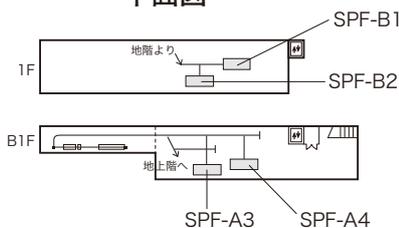
運転当番PHS 4209
 監視員室
 内線 3800
 外線 029-864-5778
 実験ステーション
 BL×× ☎38××
 (例 BL-6 ☎3806)

※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、案内テープの後に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	山口(幸)
☎3880	佐々木(洋)
☎5630	尾崎

実験準備室

実験準備室7	実験準備室5	実験準備室3 仮眠室(男子)	実験準備室1 談話室2
	☎3874	(閉鎖中)	☎3858
☎5709	☎5708	実験準備室4	実験準備室2 日本アクセス
		☎5650	☎3872



PF-AR平面図

PF-AR共同 研究棟

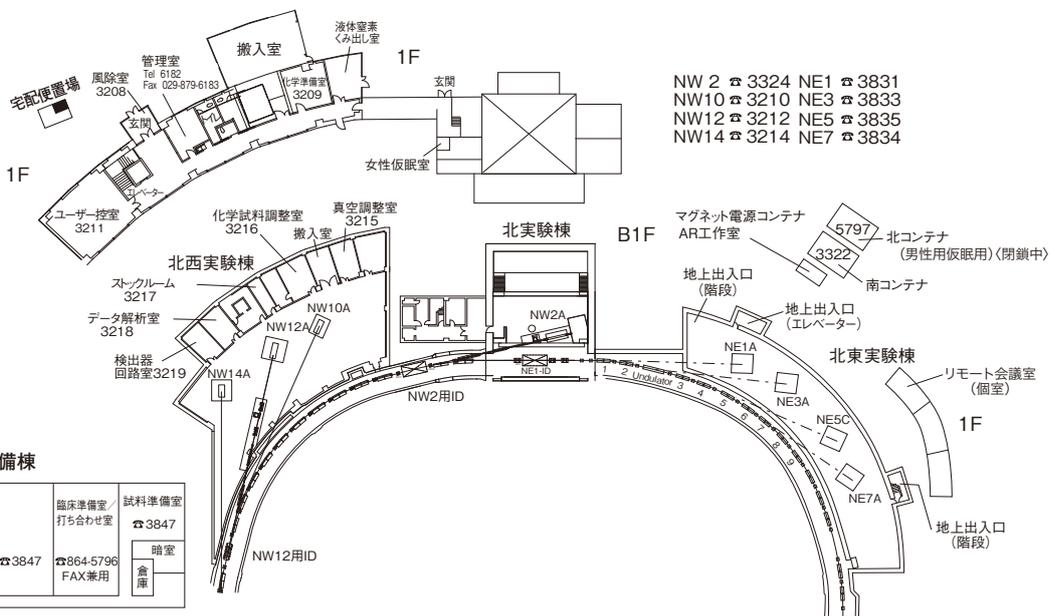
深谷 福本、
 高木(社)、閉鎖(俗)、
 金澤、FAN、KIM、永田
 6185.6186
 Fax 6187

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

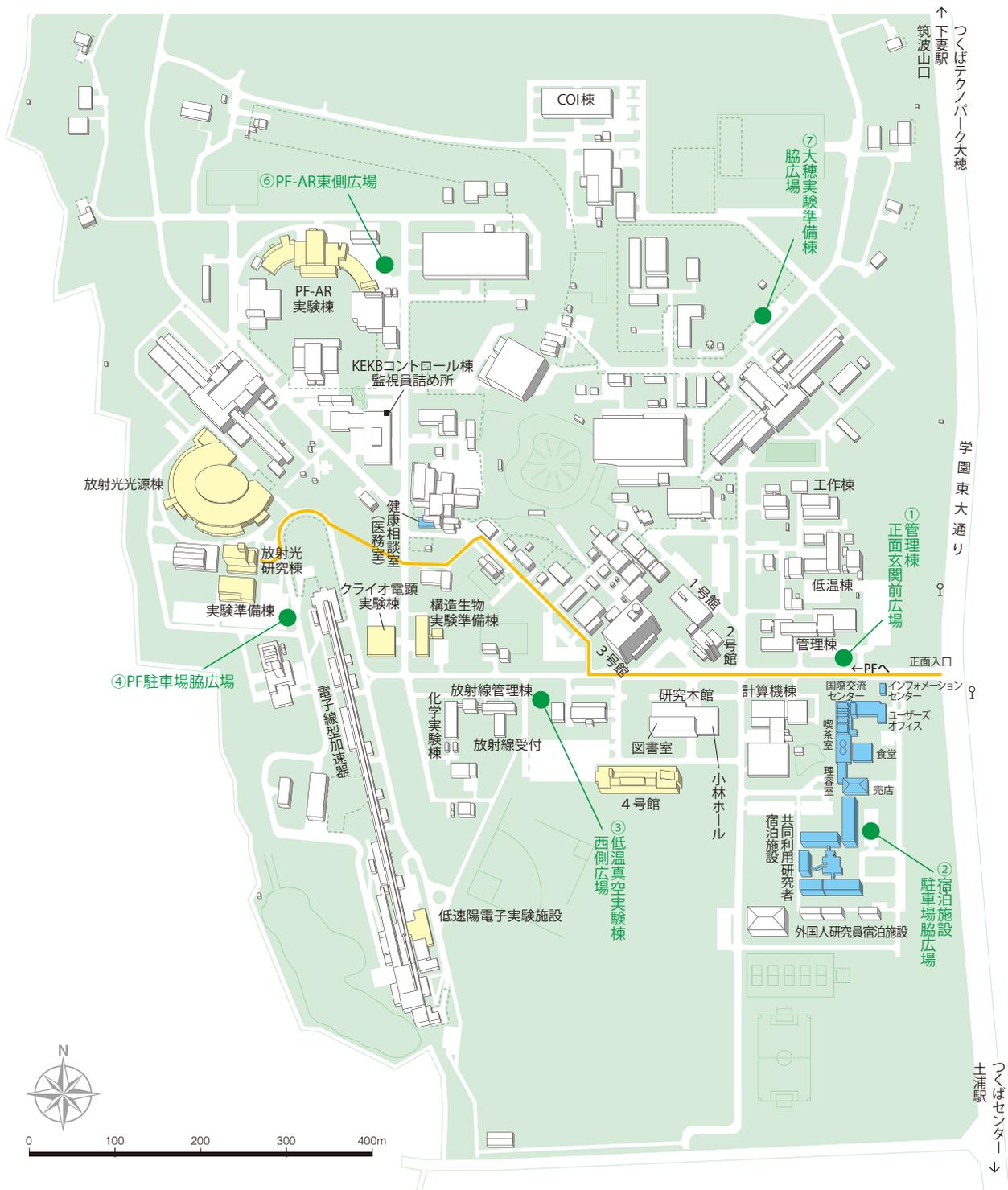
PF-AR実験準備棟

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 ☎864-5796 FAX兼用	暗室 倉庫
----------------------	----------------	--------------------------	-----------------------------	----------



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

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

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

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

Vol.40 No.2 2022 TEL:029-864-1171 (機構代表)

