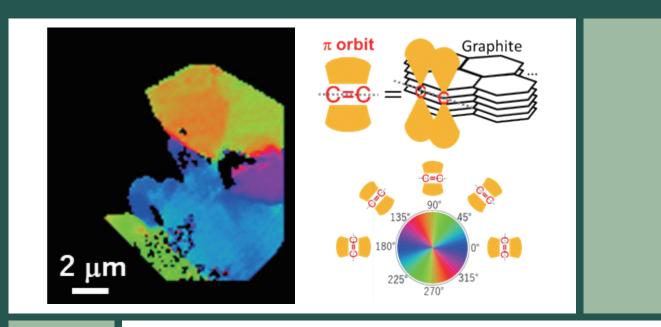


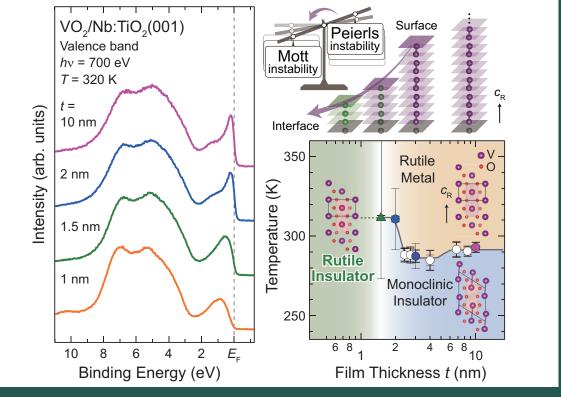
AUG 2021 Vol.39 No.2

■ 直線偏光を利用した走査型透過X線顕微鏡による炭素材料中π軌道配向マッピング

2020年度量子ビームサイエンスフェスタ 学生奨励賞受賞論文

■ バナジウム酸化物デバイス界面に出現する新たな電子相に関する研究





物構研だより······	小杉	信博		· 1
現 状				
入射器の現状	古川	和朗		. 2
光源の現状	小林	幸則		. 6
放射光実験施設の現状	船守	展正		. 9
放射光科学第一,第二研究系の現状・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	千田	俊哉		10
最近の研究から				
直線偏光を利用した走査型透過 Χ線顕微鏡による炭素材料中 π 軌道配向マッピング				
Mapping of π -orbital Orientation in Carbon Materials using Scanning Transmission X-ray				
Microscopy with Linearly Polarized Synchrotron Radiation X-rays ·····	原野	貴幸		12
バナジウム酸化物デバイス界面に出現する新たな電子相に関する研究				
Novel Electronic Phases Emerging at Device Interfaces Based on Vanadium Oxides				
	組頭	広志		20
プレスリリース				
志賀毒素の毒性発揮に必要な2つのユニットを共通して阻害する分子を発見-新たな0157感染症	台療薬開	発に期	待	25
金属を持たない新たな炭酸脱水酵素を発見~生物が二酸化炭素を変換する多様な仕組み~				
次世代有機 LED 材料の電子の動きを直接観察することに成功 ~発光効率低下の原因を解明~ ・				
被ばく線量が少ない細胞では細胞質への被ばくの有無が生と死を分ける				
~放射光X線を用いた細胞局所照射技術で解明~ ····································				26
脱窒菌から取り出した亜硝酸還元酵素の構造解析に成功 高精度クライオ電子顕微鏡				
の画像を解析 環境浄化技術の開発に期待				26
ユーザーとスタッフの広場				
総研大の三木 宏美さんがNestlé Young Scientist Award を受賞				27
PF トピックス一覧 (5月 ~ 7月)				
PF-UAだより				21
PF-UA 報告 ······	阿部	盖扣		28
低速陽電子ユーザーグループ紹介				
産業利用ユーザーグループの紹介・米山 明男,高松 大郊,村尾 玲子,原野貴幸,				20
世来刊のユーザーブルーブの相介				20
人 事	印加	四十田		23
人事異動・新人紹介 ····································				
				33
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				
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 お知らせ				
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	•••••	•••••		34
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ川崎 卓郎,	中尾	裕則		34 36
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/第39回PFシンポジウム) 開催のお知らせ川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について	中尾	裕則		34 36 36
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について KEK 一般公開(オンライン開催)のお知らせ	中尾	裕則 ········ 理英		34 36 36 36
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾引田松岡	裕則 理英 亜衣		34 36 36 36 36
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引田 松岡崎	※割 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		34 36 36 36 36 37
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引田 岡崎	裕則 理英 亜衣 政人		34 36 36 36 37 37
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	裕則 理英衣人 展正		34 36 36 36 37 37 37
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引岡崎 :: 船守	裕則 理英衣 展正		34 36 36 36 37 37 37 38
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引岡崎 :: 船守	裕則 理英衣 展正		34 36 36 36 37 37 37 38
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引田 松岡崎 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	裕則 理英 亚 政		34 36 36 36 37 37 37 38 39
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中一引松川二船	裕則 理		34 36 36 36 37 37 37 38 39
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中型。引松川、船、兵	裕則 理		34 36 36 36 37 37 37 38 39 40 42
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中引松川・船・兵・田岡崎・守藤	裕則 理英衣人 展正 一行		34 36 36 36 37 37 38 39 40 42 47
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 : お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ : 川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について	中尾引松川・船守兵藤	裕則 		34 36 36 36 37 37 37 38 39 40 42 47 48
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中尾 引 松川 ・ 船 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	裕則 理英衣人		34 36 36 37 37 37 38 39 40 42 47 48 48
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中一引松川一船 兵 縣	裕川 理亜政 展 一 一 一 一		34 36 36 37 37 37 38 39 40 42 47 48 48 48
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中一引松川一船 兵 縣	裕川 理亜政 展 一 一 一 一		34 36 36 37 37 37 38 39 40 42 47 48 48 48
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お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中一引松川一船一兵	裕則 		34 36 36 36 37 37 38 39 40 42 47 48 48 48 49
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について KEK 一般公開 (オンライン開催) のお知らせ	中 引松川 船 兵 藤	裕		34 36 36 36 37 37 38 39 40 42 47 48 48 48 49 54
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/ 第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ 川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について KEK 一般公開 (オンライン開催) のお知らせ 山下 翔平, 防災・防火訓練のお知らせ 野澤 俊介, Photon Factory Activity Report 2021ユーザーレポート執筆のお願い 2022 年度前期共同利用実験課題公募について 2022 年度前期フォトンファクトリー研究会の募集 予定一覧 運転スケジュール (Sep. ~ Dec. 2021) 掲示板 放射光共同利用実験審査委員会速報 君島 堅一, 2021 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G型) 2021 年度前期からこれまでに採択されたP型課題 第132 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第 第135 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第 物構研コロキウム 2021 年度第1 期配分結果一覧 編集委員会だより 「PFニュース」からのお知らせ 投稿のお願い	中 引松川 船 兵 藤	裕		34 36 36 36 37 37 38 39 40 42 47 48 48 48 49 54 54
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ	中 引松川 船 兵 田岡崎 守 藤	裕		34 36 36 36 37 37 38 39 40 42 47 48 48 49 54 54 54
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 お知らせ 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第13回MLF シンポジウム/ 第39 回PFシンポジウム) 開催のお知らせ 川崎 卓郎, 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」開催について KEK 一般公開 (オンライン開催) のお知らせ 山下 翔平, 防災・防火訓練のお知らせ 野澤 俊介, Photon Factory Activity Report 2021ユーザーレポート執筆のお願い 2022 年度前期共同利用実験課題公募について 2022 年度前期フォトンファクトリー研究会の募集 予定一覧 運転スケジュール (Sep. ~ Dec. 2021) 掲示板 放射光共同利用実験審査委員会速報 君島 堅一, 2021 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G型) 2021 年度前期からこれまでに採択されたP型課題 第132 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第 第135 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第 物構研コロキウム 2021 年度第1 期配分結果一覧 編集委員会だより 「PFニュース」からのお知らせ 投稿のお願い	中 引松川 船 兵 田岡崎 守 藤	裕		34 36 36 36 37 37 37 38 39 40 42 47 48 48 49 54 54 54

⁽上段) 天然球状黒鉛のπ軌道配向角度マップ「直線偏光を利用した走査型透過 X 線顕微鏡による炭素材料中π軌道配向マッピング」より (下段) 二酸化バナジウム極薄膜における(右)価電子帯光電子スペクトルの膜厚依存性と(左)電子相図「バナジウム酸化物デバイス 界面に出現する新たな電子相に関する研究」より

国立大学と大学共同利用機関(以下,国立大学等)は2004年度の法人化以降,6年ごとの中期計画に従って運営されるようになりました。来年度から第4期に突入します。法人化第1期は始動期,第2期は本格化期,第3期は見直し期,第4期は見直し後の新たな体制の定着期というようなサイクルがスタート時から想定されていました。今は最終段階ですが,第3期では組織体制,ガバナンス機能,法人評価,業績評価,年俸制,運営費交付金などについて精力的に見直しが行われてきました。1年前の「物構研だより」でご報告した大学共同利用機関の自己検証・外部検証もその一環でした。

大学共同利用機関はそもそも単科大学相当の学術研究機関であり、機関長によるトップダウン的運営を基本とし、外部への透明性確保のために法律により機関長の諮問機関である運営協議員会(機関内外約半数ずつ)と機関長の選考・監察会議的要素を持った評議員会(全員機関外)が常設されていました。ボトムアップ運営の象徴となっている教授会は、大学共同利用機関の制度には合わないので認められませんでした。

国立大学の法人化は1大学1法人から始まりましたが、大学共同利用機関は先行して複数機関1法人の4つの大学共同利用機関法人(以下,機構法人)にまとめられました。国立大学等の法人化では,類似の評議会,協議会(正式名称は教育研究評議会,経営協議会)に加え、常設の学長選考会議が法律により法人に置かれることになりましたが、法人化前の大学共同利用機関の制度設計から見ると、内部委員の関与が増えた運営体制は透明性において後退していると言えなくはありません。

法人化によって、大学共同利用機関の適切な運営に不可欠だった運営協議員会、評議員会が消滅しました。困った各機関は、内規として運営協議員会相当の運営会議を置くことにしました。現在、国立大学では東海国立大学機構のように複数大学1法人の動きが加速していますが、評議会だけは各大学に残すことにしたようです。大学共同利用機関もそうあるべきだったと思います。法人化によって、機構法人に置かれる大学共同利用機関は根拠省令があるものの、国立大学法人に置かれる学部や共同利用・共同研究拠点と同格になってしまいました。

大学共同利用機関と研究者コミュニティの関係は機関によって大きく違います。コミュニティと1:1の関係である機関では、コミュニティがその機関を作った歴史を持っていますが、物構研の場合、研究分野別、ビーム施設別に多くのコミュニティが関わっています。そのため、各コミュニティの意見を吸い上げる会議体として施設別に置かれた共同利用実験審査委員会が非常に重要です。ただし、機構法人では、大学に分散している各分野の研究者ではなく、大学法人単位で連携を考えることが強まっています。各大学に横串を刺すことをミッションとしている大学共同利用

機関からすると違和感を感じるところですが、ある意味、 ますます大学共同利用機関の重要性が高まっているとも言 えます。

国立大学より先行していた大学共同利用機関の数々の制度設計は法人化によって大きく崩れてしまいました。また、直轄研でなくなったことによって、文科省から見えにくくなった影響でしょうか、国立大学の学部や附置研の変化(良い方向での変化かどうかはさておき)に比べて、各大学共同利用機関創設後の変化が見えない、各研究者コミュニティに変化が見えない、機関名も創設当時のまま、大学の附置研と大学共同利用機関の入れ替えなども起きていない、という指摘によって検証が行われるところとなりました。しかし、当初の目論見とは違って、本年1月に公表された外部検証結果の総評では「学術的・社会的動向に対応した組織の改編等について多くの機関で行われている。」「他の機関・大学等との連携強化等については、なお一層の取組が必要である。」ということが確認されています。

一方,機構法人について,18年前には大学共同利用機関の全機関1法人という考え方もあり,4機構体制は仮の姿であり適当な時期に見直す必要があるという宿題が残されていました。宿題を再度検討した結果,4機構と総合研究大学院大学の5法人は今の形を変えることなく,一般社団法人大学共同利用研究教育アライアンス(仮称)という連合体を形成する案にまとまりつつあります。東海国立大学機構のような組織化は18年前の大学共同利用機関の法人化のときに済んでいるので,さらに上位組織を作る方向は柔軟性を欠くことになります。強い連合体になるのか,弱い連合体になるのか,まだ,わかりませんが,大学共同利用機関の本来のミッションが全体として強化できるようになるのか,より強固な横串を各大学に刺すことができるようになるのか,今後,問われることになります。

現在,物構研として第4期中期計画期間中に運営費交付 金の概算要求が必要な研究計画・施設計画や自助努力で外 部資金獲得を目指す計画を整理しているところです。しか し, 国立大学等の法人化の際の国会の附帯決議に反して, 最近は評価結果を運営費交付金の配分に反映させる考えが 表に出てくるようになってきました。また, 絶対評価が基 本の法人評価とは独立に、相対評価のための客観的な共通 評価指標を設定して,毎年その数値を算出し,偏差値に基 づいて運営費交付金の一部を傾斜配分する相対評価がすで に始まっています。しかも傾斜率は毎年上昇しています。 弱みに対して適切に予算措置してこそ健全な成長を促しま す。偏差値が低く予算が削られてしまうと、再浮上は難し くなります。選択と集中に頼るだけでは将来は狭まります。 大学共同利用機関は、日本の国力の維持向上のために大学 を区別せず基盤的科学や技術を長期にしっかり支え, 人材 を含めて育てていく学術機関です。今後も学術の多様性に 配慮した柔軟な組織でありたいものです。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗 (2021年7月9日付け)

概要

夏の停止期間までの今年の加速器運転(2021ab)におい ては、放射光実験施設と SuperKEKB の 4 つの蓄積リング 加速器へ向けての同時入射が順調に継続し、典型的には, 2 つの放射光施設に最大 1 Hz ずつ, SuperKEKB HER にバ ンチあたり 1.3 nC 最大 25 Hz, LER にバンチあたり 2.6 nC パルスあたり 2 バンチ最大 25 Hz の入射を行った (図 1)。 SuperKEKB の衝突性能については、ピークルミノシティ と1日あたりの積分ルミノシティの世界記録を更新した。 運転期間の最後に2日間の入射器専用運転を行い、大電力 を伴う検査保守作業、ビーム改善開発などを行い、その後 9月17日までの予定で、夏の停止期間中の作業に取り掛 かっている。今期の運転においては、電子ビームの特性の 悪化、ビーム輸送路におけるエミッタンスの増大、ビーム 輸送路から蓄積リングへの光学的整合性など、HER への 電子入射の安定化が課題であった。ビーム輸送路内での期 待しないビームバンチ圧縮が発生し、コヒーレント・シン クロトロン放射 (CSR) によりビームエミッタンスが増大 する可能性の指摘もある。秋には後に述べる改善作業により解決を目指しているが、その確認のためにも、秋の加速器本体立ち上げ直前には RF 電子銃専用の立ち上げ調整時間を確保し、その後の入射器全体の立ち上げ調整に必要十分な時間を割り当てられるよう計画している。

電子系加速器入射タイミング生成と商用周波数

電子陽電子入射器と PF リング、PF-AR、SuperKEKB の入射タイミングは商用周波数 50 Hz に約1ミリ秒程度に緩く同期して動作している。これは、古い設計の装置は商用周波数に依存して設計されていたものが多かったためであるが、実際 KEKB 計画開始前に、商用周波数に同期しない正確な 50 Hz を基本とするビーム生成を行うと、ビームエネルギーの変動が大きくて使えないことが確認されていた

今期,商用周波数の変動が大きくなり、イベントタイミング制御機構(図2)のバケット選択ソフトウェアが対応できなくなり、入射運転に影響する頻度が一桁以上高くな

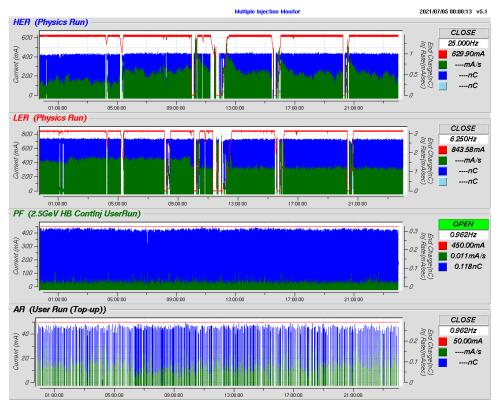


図1 入射運転の典型例として、運転停止直前 7 月 4 日 24 時間について、上段から SuperKEKB HER、LER、PF リング、PF-AR の 4 蓄積リングへの入射の様子を蓄積電流(赤 mA)、入射電荷(青 nC)、入射率(緑 mA/s)で示す。

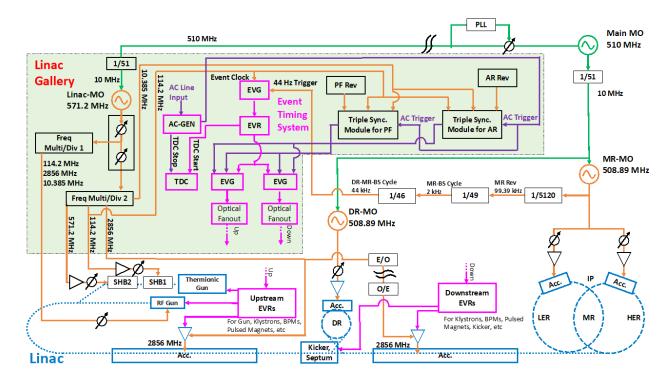


図2 バケット選択を含む入射器のタイミング同期機構の概略図。中央左にある時間測定器(TDC)で商用周波数の位相を監視し、信号 発生に反映させている。

った。タイミング信号が生成できなくなることで、例えば 大電力パルス変調器を含めたパルス電源が動作できなくな るとともに、装置を保護するために突然電源を停止するこ とになり、入射運転は停止してしまう。突然の停止により、 連続運転する加速装置に様々な問題が引き起こされ、特に 加速管内の放電の発生による真空の悪化からの回復に長時 間を要する場面が、1日に一回ほど起こるようになった。 なお、このような問題は以前から知られていたが、3月ま では10日に1度以下の頻度であったため、他のソフトウェアの改修が優先され心配されていた。優先順位の捉え方 についても、関係者で調整を進めているところである。

以上のことから、20年前の KEKB 開始時に比べ性能が

改善している電源やクライストロンの特性を慎重に検討した上で、暫定対策措置として 4 月 14 日に正確な 50 Hz を基本とするビーム生成を始めざるを得なくなった。問題がなければ、電力会社の周波数制御に依存せずに加速器の運用が可能となる可能性もあったが、ビーム軌道やエネルギーの安定度が 5 割ほど悪化し (図 3)、現在の SuperKEKB入射には耐えるものの、将来の性能向上との整合は難しいと思われた。さらに、現在は PF リングの入射キッカーが商用周波数に同期しないと安定度が悪く、短期間での改善は困難であることがわかった。

そこで、連休後の PF リングの入射開始に合わせて、5 月6日に更なる暫定対策措置として、商用周波数の信号を

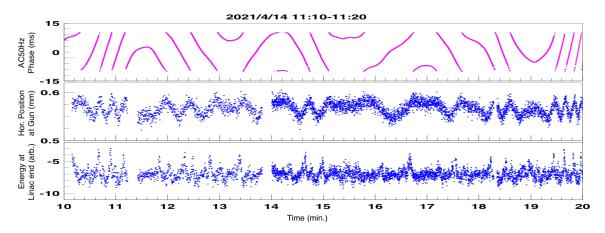


図3 商用周波数非同期運転時のビームの挙動。上から, 商用周波数位相(20 ミリ秒で 360 度), 入射器最上流部でのビーム位置変動(ミリメートル), 入射器終端部でのビームエネルギー(任意の単位)。

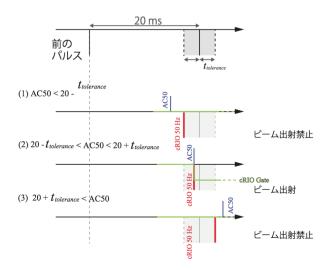


図4 第2の暫定対策措置として用意したタイミング調整機構。 AC50 から生成された cRIO 50 Hz 信号がイベントタイミン グ制御機構に接続され、cRIO Gate が PF リングへの入射許 可信号として送られる。

イベントタイミング制御機構に伝える前に,タイミングを 調整することを始めた。つまり図4のように,

- ・ 商用周波数が正常な場合は、商用周波数に緩く同期して SuperKEKB, PF, PF-AR に入射
- ・商用周波数が大きく外れたら、PF入射を止め、 SuperKEKB、PF-ARには商用周波数非同期入射を継続 というような動作をする回路を cRIO FPGA 上に組み、設 置した。

今回の複数の暫定対策措置については,準備期間の短い対応であったが,多数の関係者がそれぞれ発想を持ち寄り,それらを組み合わせて設置することになり,良い結果を得ることができた。長期的にはイベントタイミング機構で複数の解決策が検討されており,早ければ秋には暫定措置が不要になると期待される。

本年度夏の改善計画

この夏の停止期間には,通常の保守作業と並行して, RF 電子銃,パルス電磁石,マイクロ波中電力分配系,電 子陽電子分離位置モニタ,劣化導波管,劣化スクリーンモニタ,などに複数の改善作業が予定されている。 RF 電子銃に関しては、第 2 レーザーに第 1 レーザーと 同様の回折光学素子 (DOE) と増幅器を整備導入し、2 つのレーザーを対称にして同時照射することにより、出力が 2 倍以上となり、充分な余裕を持てると考えられる。第 1 レーザーは DOE の利用により図 5 のようにビーム形状が 安定しており、第 2 レーザーにも DOE を導入することに より、今期のように思わぬ小さなサイズのビームを作り出 すことが避けられて、放電を引き起こす要因が無くなると 期待される。この放電事象によりマイクロ波の時間幅を広げることが難しくなったため、96 ns 離れた 2 バンチ目の 特性が改善しなかったが、秋にはこれらの当面の課題は解決すると期待している。また、放電によって汚れたと考えられる蛍石窓や光陰極の交換を行う。さらに、真空度の改善を狙った空洞の開発試験を予定している。

パルス電磁石について、これまでに入射対象リング(ビームモード)によってエネルギーが大きく異なる入射器下流部の整備を終えているので、上流部の軌道補正とビーム光学整合を狙って、10台のパルス電磁石の投入を予定している。上流部においてもビームモード毎に軌道が大きく異なってしまい、SuperKEKB向けに徐々に大きくなってきたバンチ電荷のために航跡場によるビーム品質劣化があらわになってきたが、今回の上流部へのパルス補正電磁石の投入により、ビームモード毎の補正を行い、ビーム品質劣化を抑えられると期待している。装置の増設により、クライストロンギャラリー内の電源装置の配置が今後は困難になると考えられ、旧型の大電力マイクロ波パルス電源のインバータ電源利用による小型化の検討も必要となるかもしれない(図6)。

電子陽電子分離位置モニタは、陽電子生成標的直後において電子陽電子を分離して測定しようとするもので、基本的な実証試験を終え、運転に貢献させるよう準備を進めている。標的において電子陽電子対生成し 10 MeV 近傍の広いエネルギー範囲を持った正負両電荷の粒子は、直後の Sバンド加速管によってバンチングされる。その際に電荷の違いにより 180 度異なるマイクロ波位相に乗ることになるが、その間隔が 175 ピコ秒と小さいため、簡単な測定を行おうとすると正負電荷が打ち消しあって何も見えない。しかし、ビームモニタから結合器やケーブルを通した信号の伝送特性パラメータを測定した上で、広帯域の測定器で測

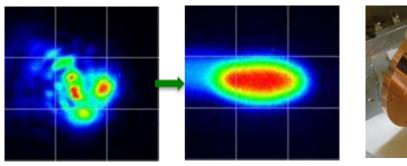




図 5 回折光学素子によるレーザービーム形状整合と安定化(左),イリジウム・セリウム光陰極(右)。





図 6 パルス収束電磁石,パルス補正電磁石(左),電源とコントローラを収めた筐体(右)。

った信号波形を逆変換すれば、粒子の信号を図7のように 再現できる可能性がある。そのような機能を FPGA上に構築し、高速に波形を再現できるデジタルオシロスコープが 入手できる。昨年、信号を効果的に検出できるモニタを開発して、狭隘な陽電子捕獲収束部にどうにか割り込ませて 設置し、これまでに2回ビーム試験を行った。期待した測定結果が得られており、近いうちに運用が可能になると思われる。陽電子の捕獲効率を向上させるためと、隣のバンチに漏らさないために、最初の加速管では陽電子を減速し、バンチング効率を上げる方が好ましいことがシミュレーションにより分かっており、そのことを直接測定して最適化が可能となることの効果が大きいと期待される。ちなみに 隣のバンチに陽電子が漏れると、その全てが加速周波数が 異なるダンピングリングでは失われることになり、ダンピ ングリングでは放射線遮蔽が薄いためにビーム運転が継続 出来なくなる可能性があるため、できるだけ漏らさないこ とが重要である。

運転体制

今年度、ミシガン大学 FRIB のコミッショニングを経験した由元崇氏が、特別助教として加速管陽電子グループに着任し、現在更新を進めている加速管の性能測定や設置準備などと共に、運転の検討にも参加している。また、総研大においてミューオン g-2 実験のミューオン蓄積検証実験を電子ビームで行ったムハマド・アブドウル・レーマン氏が、制御ビームモニタグループに所属し、上に述べた陽電子標的直後の陽電子電子分離型のビーム位置モニタの開発を開始している。いずれも SuperKEKB の運転にも参加し、装置の開発が直結するビーム特性や実験効率を肌で感じてもらっている。



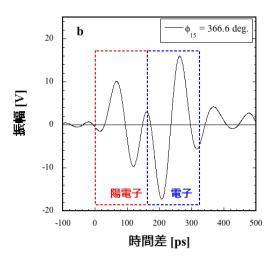
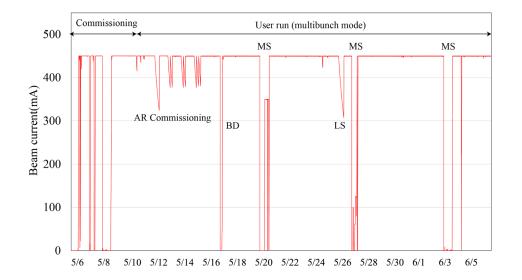


図7 粒子信号アンテナを持ったビーム位置モニタ(上),モニタ 位置で再現された電子陽電子の測定波形(下)。

光源リングの運転状況

図1に、PFリングにおける5月6日9:00~7月5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した。入射路偏向電磁石電源(BTBM)制御系の小型電源で故障が見つかったが、予備電源と交換して短時間で復旧した。その後は概ね順調に立ち上がった。しかし、修理したパルスベンドは電流の安定度が以前より3倍程度悪い状態のため、入射効率が低調であったことから、入射ビームの電荷を0.15 nCから0.3 nCに変更した。変更後も放射線レベル等に問題はなく順調に入射できている。立ち上げ調整は順調に進み、5月10日9:00から光軸確認を行い、11:37ユーザーランが開始され

た。ボールねじユニットに不具合のあった ID#13 については、停止期間中に修理が完了し、通常通りの使用が可能となった。リングのフィルパターンは、昨年度進行方向のビーム不安定対策として 188 バンチを 4 分割したものにしていたが、250 バンチ(分割なし)でも問題がないことが判明し、今期からこのフィルパターンで運転することとした。前期の運転から課題となっていた、キッカー電磁石2の光アブソーバおよびセプタム電磁石2の蓄積ダクトの冷却水流量が徐々に低下していた件について調査したところ、キッカー電磁石2の下流側アブソーバが流量低下の原因(詰まりが生じている可能性がある)であることが判明した。5月27日のマシン調整日にセンサー交換等の作業



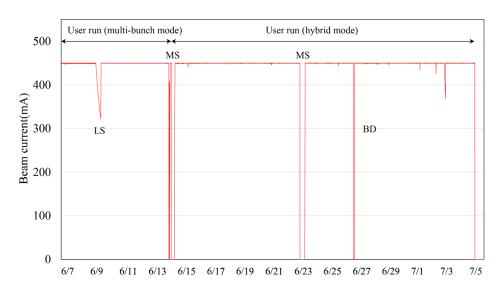


図 1 PF リングにおける 5 月 6 日 9:00 から 7 月 5 日 9:00 までの蓄積電流値の推移を示す。LS は入射器調整日,MS は PF リングのマシン調整日,BD はビームダンプを示す。

を行った。その後は流量低下が収まり、6月29日から再 度低下する傾向はみられたものの、運転停止まで問題は起 きなかった。同様な直径 10 mm の細い光アブソーバは PF リング内に他に 10 本あり、2006 ~ 2008 年の設置以降す べて順調であった。夏期の停止期間中に、流量低下が発生 している K2 下流アブソーバを交換し、問題対処と原因調 査を行う予定である。5 月 17 日 8:34 ビームダンプが発生 した。原因は PF エネルギーセンターのサブ変電所で停電 が起きた際に、冷却水関連のポンプが停止し、一次冷却水 が供給されないため、水温上昇によりビームが不安定にな ったためと推察される。この件は、次節で詳述する。6月 14 日 9:00 までマルチバンチモードで運転を行い, 6 月 14 日のマシン調整日にハイブリッドモードに切り替える作業 を行った。翌日 6 月 15 日 9:00 から蓄積電流値 450 mA (シ ングルバンチ電流値 30 mA + マルチバンチ電流値 420 mA) ハイブリッドモードでの運転を再開した。ビーム不安定性 による変動は抑制され、またバンチ純度も問題なく概ね順 調にユーザー運転が実施された。6月27日1:33にBL-14 チャンネルダンプによるビームダンプが発生した。インターロックに使用しているPLCが故障して光源側に送っている信号が途絶えたためと判明した。復旧に時間がかかることから一旦BL-14を閉鎖して、リングの再立ち上げを優先することとした。リングは3:09に運転を再開、4:06にはPLC故障の問題が解決してBL-14の閉鎖が解除された。このトラブル以後はビームライン側にも大きなトラブルはなく、予定通り7月5日9:00で第一期の運転は終了して夏期の停止期間となった。

図 2 に、PF-AR に お け る 5 月 13 日 9:00 \sim 7 月 5 日 9:00 までの蓄積電流値の推移を示す。5 月 13 日 9:00 から 5 GeV で立ち上げを開始した。立ち上げおよびリングの調整は概ね順調に進み、5 月 14 日に予備光軸確認、5 月 17 日 9:00 から光軸確認を実施して、ユーザー運転を開始した。開始当日に発生した PF エネルギーセンターの停電に関しては、PF-AR では大きな影響は受けなかった。6 月 9

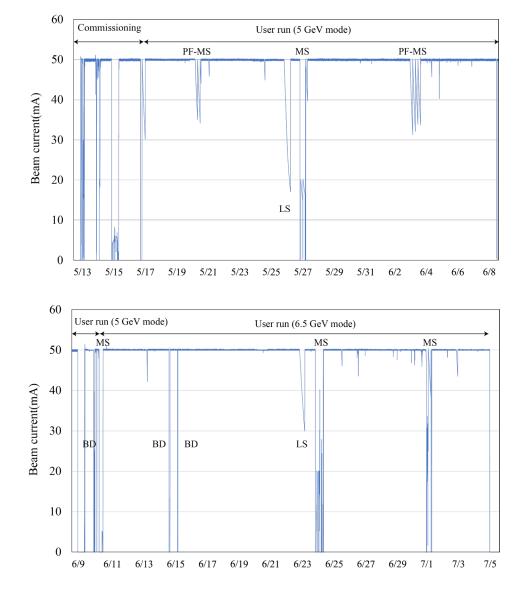


図 2 PF-AR における 5 月 13 日 9:00 ~ 7 月 5 日 9:00 までの蓄積電流値の推移を示す。LS は入射器マシン調整日,MS は PF-AR のマシン調整日,PF-MS は PF リングのマシン調整日を示す。

日 9:00 までビームエネルギー 5 GeV でユーザー運転を行 い,6月9日と10日の2日間でビームエネルギーの切り 替え作業を行った。翌日6月11日9:00からビームエネル ギー 6.5 GeV での運転を再開した。この期間 3 件のビーム ダンプが発生した。1件目は,6月8日20:42 西RF空洞 #1.2のチューナードライバーモジュールが故障してビー ムダンプとなった事象であった。予備のモジュールと交換 してすぐに復旧し、21:51 運転が再開された。2件目と3 件目はそれぞれ 6 月 15 日 3:20 と 16:13 に発生した。2 件 ともリング偏向電磁石の冷却水インターロックが動作して 電源がダウンしたことによる。いずれも現場でリセットす ることで復旧したためすぐに運転が再開された。同様のト ラブルが生じたときには,原因調査を行う予定であったが, 幸いトラブルは再発しなかった。夏期の停止期間中に原因 調査を行うこととした。これらのトラブルの他はリングお よびビームラインに大きな異常はなく、PF リングと同様 に予定通り7月5日9:00で運転を停止して,夏期の停止 期間となった。

PF エネルギーセンターの停電について

5月17日8:34 PF リングにおいて、軌道変動が発生し蓄積電流値が徐々に減少を始めた。さらに、真空ゲージ BAG#162(ID#17上流部)が、 2.8×10^8 Pa 台から 6.8×10^4 Pa 台へと急激に悪化した。一方 8:30 頃から圧力空気が低下し、8:44 には閾値を下回り入射路のビームストッパーが動作して、PF Ready が落ちた。これにより、入射器

の全クライストロンがダウンした。一連の現象は、8:30頃 に PF エネルギーセンターサブ変電所(S506)で発生した 停電によるものである。図3に停電時における蓄積電流値, 冷却水温,圧力空気,BAG の推移のグラフを示す。この 停電により、センター全域の機器が停止したため、冷却水 や圧力空気が供給されなくなった。リング側では、8:30頃 から M7-B 系,C 系(A 系はビームライン側)で水温上昇 が始まると同時に圧力空気が低下し始めている。電磁石や 高周波加速空洞等の水温上昇に伴い、ビーム軌道が変動し てビームが徐々に削れ、特に真空ゲージ BAG#162 の圧力 変化から、垂直方向のアパーチャが狭い真空封止型アンジ ュレータ ID#17 でビームが削れたのではないかと推察さ れた。8:59 にエネルギーセンターの復電が完了して、リン グ側の復旧作業を開始し、11:25 に作業完了してビーム入 射となった。ビーム入射・蓄積は、低電流から ID #17 の ギャップ開閉試験を行い,動作に異常がないことを確認し ながら慎重に実施した。リング機器にすべて問題ないこと を確認して、13:06 にユーザー運転再開となった。

今回のエネルギーセンターの停電による影響で、PF リングおよび入射器の冷却水と圧力空気の供給が停止した。それにもかかわらず、リングにビームが蓄積できている状態は、挿入光源や各種真空機器の破損につながる可能性がある。今回は運良く ID#17 は破損にはならなかったが、同様のトラブルが起きた際は直ちにビームをダンプするような対策を検討する。

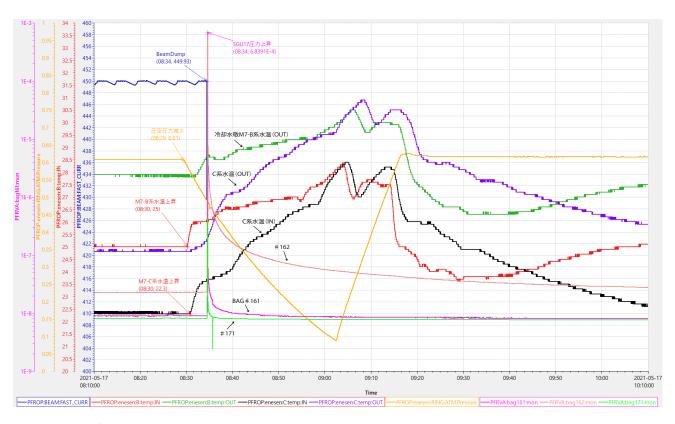


図3 PF エネルギーセンター停電時のビーム蓄積電流値(青), 冷却水系 M7-B 系水温(IN 赤, OUT 緑), C 系水温(IN 黒, OUT 紫), 圧力空気(黄), BAG#161(ピンク), #162(橙), #171(黄緑)の推移を示す。

放射光実験施設長 船守展正 (2021年8月10日付け)

前号の放射光実験施設の現状の原稿の中で、実験施設として推進しているプロジェクトについて、プロジェクト責任者に協力してもらって紹介すると説明しましたが、まずは私のほうから、全体の概略を紹介することにさせていただきたいと思います。

2019年4月に放射光実験施設が正式な組織として再誕生したのを機に、実験施設として推進すべきプロジェクトの検討を行いました。広い分野での利用が期待される開発研究を推進するという観点で選定されたのが、「3次元X線ズーミング顕微鏡の開発」(責任者:平野馨一)と「多目的軟X線時間分解計測システムの開発」(責任者:足立純一)の2つのプロジェクトで、2~3年程度の期間での実用化(公開)を目指すことにしました。今年度が3年目にあたることから、2つのプロジェクトについて、この現状の原稿の中で、それぞれの責任者に報告してもらうつもりです(平野プロジェクト:2021年11月号、足立プロジェクト:2022年5月号を予定)。

開発研究の推進には、ビームタイムが必要になります。 放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)等の議論により、 従来の「スタッフ優先課題」「施設留保課題」を整理し、「PF 課題」として,2021年度より運用を開始しました(https:// www2.kek.jp/imss/pf/use/program/pfproposal.html)。PF 課題 は、PFのミッション遂行の円滑化と創出成果の最大化を 目的としており、5つのカテゴリーに分類されています。 その中の1つ、PF-S型はPFとして推進すべき課題(技術 開発や分野開拓など)とされており、前述の2つのプロ ジェクトも PF-S 型課題として採択され, 2021 年度第 1 期 のビームタイム配分が行われました。また、7月に新規の PF-S 型課題として、「軟X線領域のコヒーレンスを利用し たイメージング手法の技術開発」(責任者:中尾裕則)が 採択されました。放射光科学第一研究系所属の責任者の課 題を実験施設として支援することになります。こちらも 2~3 年程度の期間を想定していますので、来年度の後半か 再来年度に報告してもらうつもりです。

運転・共同利用関係

2021 年度第 1 期の運転は、無事、7月 5 日に終了しました。第 2 期ですが、PF は 10 月 14 日に、PF-AR は 10 月 25 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 11 月 26 日から 12 月 23 日を予定しています。PF-AR は 5 GeV で運転を開始して、11 月 18 日から 12 月 7 日まで 6.5 GeV で運転を行います。2021 年度第 3 期の運転は、11 月中旬ごろに決定する見通しです。

新委員会になって初めての PF-PAC が 7月 26 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、これまで「国外からの申請の場合には、日本に在住し日本語を理解する研究者 Contact Person in Japan が必要」とされてきましたが、実状に合わせて「日本語を理解しない課題責任者が申請する場合には」に修正することになりました。その他、昨年度までの前委員会で制度改正等が検討されてきた事項について協議しました。次回以降に、順次、審議を進める予定です。詳細については、本誌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。 7月1日付けで、間瀬一彦さんが准教授から教授に昇任しました。基盤技術部門・真空系チームのチームリーダーとして、施設全体のビームライン群の真空系の維持管理と無電力・無振動の NEG(Non Evaporable Getter)ポンプの開発普及を担当します。

放射光科学第一, 第二研究系の現状

放射光科学第二研究系研究主幹 千田俊哉 (2021年7月7日付け)

はじめに

今回は二系の千田が担当です。以前(Vol 36 (2018 年) No. 2) に、クライオ電子顕微鏡(クライオ電顕)の導入に関してお知らせしましたが、我々のクライオ電顕の運用も軌道にのり、KEK の構造生物学研究センター(SBRC)のクライオ電顕で測定したデータを利用した論文も出始めました。そこで、最近のクライオ電顕の運用状況や利用案内、そして今後の計画などについてこの場を借りてお知らせしたいと思います。

クライオ電子顕微鏡の運用状況

AMED の支援により導入された加速電圧 200 kV のクライオ電顕(Talos Arctica)は、2018 年 10 月より以下 3 点をミッションとして運用してきました。

- ① アカデミア / 企業ユーザーにマシンタイムを提供 (年間 200 日以上を目指す)
- ② グリッド凍結 / データ測定を支援 (必要に応じて単粒子解析も支援)
- ③ クライオ電顕実験に関する技術導入を支援

①については、透明性と公平性の確保のため、全てのマシンタイムの利用と予定を web 上で公開し(https://www2.kek.jp/imss/sbrc/beamline/cryoem.html)、各グループに平均して月1枠のマシンタイムを配分しています。2020年度以降はコロナ禍の厳しい状況ですが、リモート実験の体制を立ち上げて2018、2019年度と変わらぬ頻度で利用されています。②については、ほぼ全てのマシンタイムでグリッド凍結/データ測定の支援を行い、データの質を判定するためのClass2Dまでの解析や、必要に応じて論文掲載

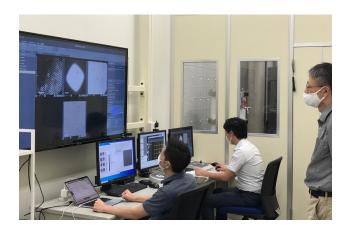


図 1 クライオ電顕の測定風景。ユーザーに説明をしながら測 定を行います。

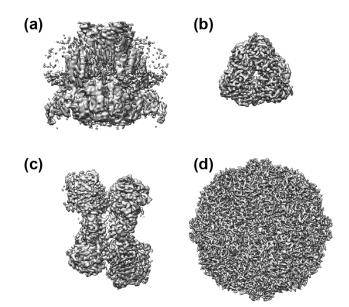


図2 SBRC のクライオ電顕で解析されたタンパク質の例。
(a) hERG (Asai et al. Structure, 2021), (b) 亜 硝 酸 還 元 酵 素 (Adachi et al. J. Struct. Biol., 2021), (c) FmoA3 (Katsuyama et al. Angewandte Chemie Int, 2021), (d) Sulfur oxygenase reductase (Sato et al. J. Struct. Biol. X, 2020)。これらのうち、いくつかは X 線結晶構造解析とクライオ電 顕の単粒子解析の両方で解析されています。

レベルの単粒子解析を行っています。③については、多 くの専門家からのアドバイスを得て KEK が作成した操作 マニュアルを web 上で公開するとともに,通算 14 回の初 期トレーニングを実施して各グループへの技術導入を支援 してきました (図1)。単粒子解析についても解析環境の 導入に関する相談や、解析講習会(4回)を開催してきま した。これらの支援を通して、導入から39ヶ月で5Å分 解能以上のマップを50件得ており、7報の論文が出版さ れています [JSB-X (2020); Nature Commun (2020); Structure (2021); Angew. Chem (2021); NAR (2021); JSB (2021); NAR (2021)] (図 2)。さらに、必要に応じてクライオ電顕ネッ トワークの枠組みを利用して他施設の300kVクライオ電 顕へのサンプルの受け渡しも行っており、東大・阪大など とのスムーズな連携を実現しています。また、多くのユー ザーは PF の結晶構造解析用ビームライン・小角散乱用ビ ームラインとクライオ電顕を併用し、相関構造解析を実施 しています。加えて、海外のクライオ電顕の専門家による International Seminar (9回) やエキスパート育成のための 研究会(5回)も主催しています。以上のように、既存の クライオ電顕コミュニティーから多大なサポートを受けつ つ、安定した支援と高度化を遂行してきました。

クライオ電子顕微鏡の利用案内

KEK クライオ電顕の利用は、アカデミアユーザーは創 薬等先端技術支援基盤プラットフォーム事業(BINDS)の 枠組みを通して、企業ユーザーは施設利用等の枠組みで利 用可能です。担当スタッフとの打ち合わせ等を経て利用方 法が確定し、メールでの調整によりマシンタイムが配分さ れます。オンサイト実験の場合は、午前中にグリッドを準 備し午後は1枚1時間程度かけてスクリーニング測定を行 います。18:00 ころからデータ測定(1日枠であれば終夜 測定, 週末の3日枠であれば週末測定)を開始して解散と します。測定したデータは翌日以降,KEK スタッフがユ ーザーの HDD にコピーし返送いたします。リモート実験 の場合は、マシンタイム前日までにサンプルを郵送してい ただき、当日は zoom に接続してオンサイト実験と同様の スケジュールで実験を進行します。現地での実験は zoom などでディスカッションしつつ KEK スタッフが行い、午 後はクライオ電顕の操作画面を共有してディスカッション しつつ良好なグリッドをスクリーニングしていきます。

今後の計画

ユーザーからの主な要望としては、①マシンタイムの増 加,②共用の解析環境の構築,③高分解能データの収集, が挙げられます。①については、今年度に行われる検出器 のアップグレードで撮影速度が約6倍となり、1日で高分 解能の単粒子解析を目的とした測定が可能となるので、実 質的なマシンタイムは増加する予定です。②については, パブリッククラウドでのクライオ電顕データの解析に特化 した仮想計算機の立ち上げと, 自動化による解析計算の簡 便化などを進めています。これは、検出器アップグレード に伴う測定データの増加に対応した計算資源の確保にも活 用されます。③について、現状では300kV クライオ電顕 を共同利用型の方法で運用している他施設への受け渡しで 解決していますが、将来的には KEK に 300 kV クライオ電 顕を導入し、高分解能データの収集を KEK 内で迅速に実 施することを目指しています。この他、小型グリッド凍結 装置の開発や、microED (電子線単結晶構造解析) 実験の 共同利用体制の確立を行い, ユーザーのニーズに応えてい く計画です。

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が、量子ビーム連携研究センター(CIQuS)の小野寛太さんが大阪大学大学院工学研究科物理学専攻に教授として転出されました。ただし、引き続きクロスアポイントメントで CIQuS に 20% のエフォートは残ります。

直線偏光を利用した走査型透過 X 線顕微鏡による炭素材料中 π 軌道配向マッピング

原野貴幸 1,2

- 1日本製鉄株式会社 技術開発本部 先端技術研究所,
- 2 総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科 物質構造科学専攻

Mapping of π -orbital orientation in carbon materials using scanning transmission X-ray microscopy with linearly polarized synchrotron radiation X-rays

Takayuki HARANO 1,2

¹ Advanced Technology Research Laboratories, Research and Development, Nippon Steel Corporation, ² Department of Materials Structure Science, School of High Energy Accelerator Science, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

Abstract

吸収端近傍 X 線吸収微細構造(NEXAFS)において,注目する分子軌道への励起に伴う吸収強度がその分子軌道の向きと放射光の直線偏光(電場ベクトル)の相対関係により変化することを応用し,走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)を用いて,炭素繊維中黒鉛微結晶の π 軌道の 2 次元配向分布が,その原料(polyacrylonitrile,ピッチ)由来の差異を反映して異なることを明らかにした。また,連続的な π 軌道配向角度の 2 次元マップを計測するため,PF BL-19A に常設している compact STXM (eSTXM) 専用の試料回転ホルダーを開発し,複数の試料面内回転角で撮像した X 線吸収像から炭素材料(天 然球状黒鉛)内部の配向角の 2 次元マップを算出する画像解析手法を確立した。

1. はじめに

構造材料のほとんどは広い意味で複合材料である。そ のマクロな物性(強度, 弾性, 成形性 etc.) は, 構成 する各相の結晶性、結晶構造や、それらの微細組織 (microstructure), 元素組成の分布だけでなく, 価数, 化学 結合種、官能基、分子軌道配向といった化学(電子)状態 の分布(不均一性)により大きな影響を受ける。炭素繊維 強化プラスチック(carbon-fiber-reinforced plastic:CFRP) も, 炭素繊維 (carbon fiber: CF) と樹脂 (主にエポキシ樹脂) から構成される複合材料であり、CF と樹脂の接着性・密 着性が、物性の支配因子のひとつであることが知られてい る [1]。CF と樹脂の境界部やそれぞれの材料内部の微細組 織を観察する場合、CF と樹脂はいずれもその元素成分の 殆どが炭素であるため、単なる"元素由来の"コントラス トのマップのみでは有用な情報を得ることは困難であり, 両者を明瞭に区別できる"化学(電子)状態由来の"コン トラストで、その分布(不均一性)を調べることが重要で ある [2, 3]。

化学(電子)状態の計測は、従来バルク測定として、赤外分光(Infrared spectroscopy: IR)やX線光電子分光(X-ray photoemission spectroscopy: XPS)、吸収端近傍 X線吸収微細構造(Near edge X-ray absorption fine structure: NEXAFS)、走 査 透 過 電 子 線 顕 微 鏡(Scanning transmission electron microscope: STEM)の電子エネルギー損失分光(Electron

Energy Loss Spectroscopy: EELS)が一般的である [4]。サブ ミクロン以下の微細な構造を観察するには、プローブとし て電子線が優れている。しかし、炭素材料や有機物に対し ては, 試料によって程度の差はあるが, 超高真空の試料環 境や(クライオ機構を用いたとしても)ビーム照射による 試料へのダメージが大きいことが課題となっている。一 方、X線は電子線に比べて、ビーム照射時の試料へのダメ ージが小さい。加えて、電子線より低真空環境で計測でき ることや、基底準位から励起準位への遷移確率を考えて も、X線の方が、吸収スペクトルを得るプローブとして電 子線より優位である。1990年代から、軟X線を用いた顕 微分光計測技術の開発が進み [5], リソグラフィー技術の 発展より、超微細加工が必要な光学素子の開発が可能にな り、X線ビームを 10 nm のオーダーで集光できるようにな った。走査型透過 X 線顕微鏡(Scanning transmission X-ray microscopy: STXM) は, "STEM-EELS の X 線版"と言える 計測手法である。STXM は、集光した放射光を用いて、試 料表面を走査して原則透過法により NEXAFS スペクトル の 2 次元マップを得る手法である。STXM は、特に、50-100 nm 程度の空間分解能での化学(電子) 状態分布計測 に適した手法である [6]。STXM は, 1980 年頃から開発が 進み,世界的に主流になっているいわゆる "ALS (Advanced Light Source) デザイン"が 2000 年前後に確立した。現在 では、世界中の第3世代放射光施設(専用の加速器にアン

ジュレーター主体の挿入光源を多数設置できるように設計された施設)で一般的に利用されている。2013 年頃から、高エネルギー加速器研究機と分子科学研究所でほぼ同時にSTXMの開発および導入が実施され、日本でも学術界はもちろんのこと、産業界でもそれを利用した研究が盛んになっている[7,8,9]。

CF の種類は、原料により PAN 系とピッチ系に大別できる。PAN 系 CF は、原料である polyacrylonitrile を焼成し、黒鉛化したものである。PAN 系 CF は主に、高引張強度の特長を活かし、航空機材料として広く利用されている。一方、ピッチ系 CF の原料は、石油、石炭の乾留時に生成するコールタールである。ピッチ系 CF は、コールタールピッチや石油ピッチを精製、改質、熱処理して得られたピッチを紡糸し、不融化後、所定の温度で炭素化、黒鉛化することにより製造される。ピッチ系 CF は、原料の芳香属性を引き継ぎ CF 中の黒鉛結晶が PAN 系に比べて発達していることから、高弾性、高熱伝導性、低熱膨張性の特長を有しており、宇宙、土木、工業機械、レジャー等の用途に多く使われている [10]。

本報では、炭素材料中の π 軌道配向の分布(不均一性)を STXM で計測した結果について述べる。特に NEXAFS において、注目する電子(分子)軌道への励起に伴う吸収強度(本報では、C $1s \to \pi^*$)が、その軌道の向きと放射光の直線偏光(電場ベクトル)の成す角度の相対関係により変化することを応用して、CF 中黒鉛微結晶に由来する π 軌道配向の分布(不均一性)が、その原料の差異を反映して異なることを報告する [3,11]。また、PF BL-19A に常設している [3,11]。また、[3,11]。また、[3,11]。また、[3,11]。また、[3,11]。また、[3,11]。

2. 走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)の原理

Fig. 1 に STXM の概念図を示す。放射光をピンホール で, 円形ビームに成形した後, フレネルゾーンプレート (Fresnel Zone Plate: FZP)と呼ばれる光学素子によって, 1次回折光を50 nm程度のビーム径に集光した光を用いる。 薄片試料 (edge jump 前後での線吸収係数 μ と試料厚み t の積の差が1程度に調整)を集光ビームに対して走査し、 NEXAFS スペクトルを測定(原則,透過法)することで, 50-100 nm 程度の空間分解能で元素選択的な化学(電子) 状態の2次元マップの取得が可能である。透過法に加えて, 蛍光収量法や転換電子収量法、電子収量法を併用すること で、バルク敏感や表面敏感な情報を同時に取得することも 原理上可能である。元素選択的に NEXAFS を測定するた め、IRには不向きな赤外光領域に吸収がほとんど無い無 機物であっても、価数、配位数、化学結合種などの局所構 造情報を得ることが可能である。また, 円偏光した放射 光を用いれば、X線磁気円二色性(X-ray Magnetic Circular Dichroism: XMCD) から元素選択的な磁区構造やスピン・ 軌道磁気モーメントなどの磁気状態の2次元マップも取得

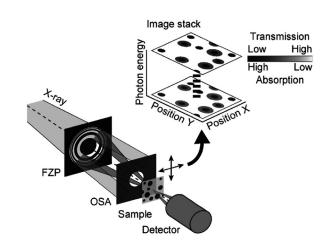


Figure 1 Schematic figure of scanning transmission X-ray microscopy [7, 8].

可能である。なお、本報の3,4章の内容は、武市らが開発したcSTXM[13]を用いてそれぞれPFBL-13A,BL-19Aで実験した結果である。

3. 原料による炭素繊維中 π 軌道配向の不均一性の差異

本章では、原料(PAN、ピッチ)の差異による CF 中の π 軌道が配向した集合体 (ドメイン) の組織構造の差異を 調査することを目的に、STXMを用いて、同程度の物性 (引張強度,弾性率)を有する PAN 系 CF とピッチ系 CF の Cross section (C 断面) 及び Longitudinal section (L 断 面) の C K-edge NEXAFS マッピングを行った結果につい て述べる。それぞれの試料を集光イオンビーム(Focused ion beam: FIB) で薄片化し, Ar イオンで, FIB による表面 のダメージ層を除去しつつ, 膜厚を約 100 nm になるよう に調整した。それぞれで、C 断面と L 断面の観察用に 1 枚 ずつ薄片試料を作製した。NEXAFS スペクトルの測定は、 C K-edge (280-315 eV) のエネルギーを選んだ。一般に, 注目する電子(分子)軌道と入射する放射光の偏光(電場 ベクトル)の向きが平行な時に、その軌道由来の吸収が最 大になり, 垂直な時に最小(理論上ゼロ)にことが知られ ている。そこで, π 軌道 (C=C 由来) と σ 軌道 (C-C 由来) の電子(分子)軌道の配向分布を調べるため、直交する2 ーに相当する *E*=285.4 eV および *E*=292.0 eV で, C 断面全 体のX線吸収像を測定した。

Fig. 2 に PAN 系 CF およびピッチ系 CF の E=285.4 eV および E=292.0 eV における X線吸収像を示す。一般に、 X線の吸収強度は、物質毎に決まる線吸収係数(μ = ρ μ m(ρ :密度、 μ m:質量吸収係数))と試料厚みの積で決まる。さらに、特定の化学結合由来の吸収は、その結合の量にも比例する。つまり、 X線吸収強度のコントラスト差は、線吸収係数 μ 、試料厚みt、化学結合の量で決まる。本実験で用いた放射光の直線偏光を Fig. 2 中に赤(linear horizontal(LH))および青両矢印(linear vertical(LV))で示す。各像は、150 × 150 pixel で、ピクセルサイズは 40 nm²

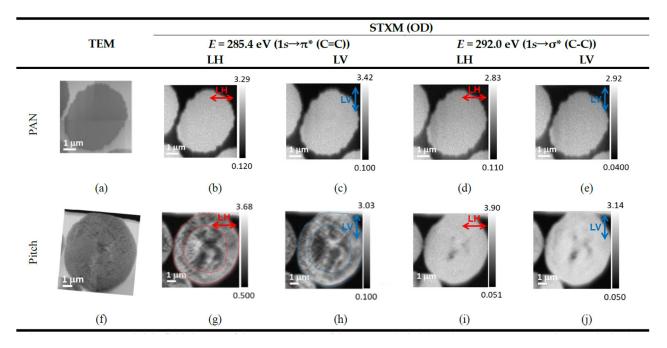


Figure 2 (a), (f) TEM (bright field) images of the cross sections of the PAN- and pitch-based CFs; (b-e), (g-j) Optical density (OD) images obtained using STXM at the energies 285.4 eV ($1s \rightarrow \pi^*$) and 292 eV ($1s \rightarrow \sigma^*$) with LH and LV polarized X-ray beams. (f) is rotated to align with another X-ray absorption images (g-j) [3, 11].

であった。なお比較のため、それぞれの観察視野に対応す る TEM 像 (明視野) も Fig. 2(a), (f) に示す。PAN 系 CF では、 $1s \rightarrow \pi^*$ と $1s \rightarrow \sigma^*$ 両方の励起エネルギーの X 線吸 収像 (Fig. 2(b), (c) と (d), (e)) で CF 内に明瞭なコント ラスト差は確認できなかった。つまり, π 軌道が配向した ドメインが、少なくとも STXM の解像度である 40 nm 以 下の大きさで C 断面内にランダムに分布していると推測 される。また、他の PAN 系 CF でも同様の傾向が確認さ れており、このπ軌道配向の分布は、原料のPAN由来の 特徴を反映したものであると考えられる[2,3]。一方,ピ ッチ系 CF では、 $1s \rightarrow \sigma^*$ の X 線吸収像(Fig. 2(i), (j))で は、PAN系CFと同様、C断面内にコントラストは確認 されなかったが、 $1s \rightarrow \pi^*$ の励起エネルギーでは、偏光に よってX線吸収像(Fig. 2(g), (h)) のコントラストが逆転 していることが確認された。これは PAN 系 CF と異なり、 ピッチ系 CF の内部には、π軌道の特定の配向を有する領 域(ドメイン)が存在し、そのドメインの集合体として1 本の CF を形成していることを示唆している。なお、粉末 X線回折の $d_{\text{graphite}}(002)$ のピークの半値幅から算出したピ ッチ系 CF の黒鉛の結晶子サイズは、約10 nm 程度であり、 STXM で観測された 100 nm-1 μm のドメインの大きさと は整合しない。これの差異は、粉末 XRD では、Bragg の 回折条件を満たす "集合体" (結晶子) を見ているのに対し、 STXM では、数。程度以下の方位差の結晶子はひとつの "集 合体"として観測しているためであると考えられる。つま り、ピッチ系 CF の内部構造を観察するためには、平均的 な情報が得られる粉末 XRD や汎用的な NEXAFS では不十 分であり、ナノスケールでの化学(電子)状態のマッピン グをして初めて characterize されることが明らかになった。

また、ピッチ系 CF の C 断面では、C 断面の中心から外径 に伸びる様にドメインが分布している一方で、C 断面外周 部は Fig. 2(g), (h) の点線の様に外周を囲む様なドメインが 存在していることが観測された。

一方, Fig. 3 に PAN 系 CF およびピッチ系 CF の繊 維軸に平行な断面 (L 断面) の光学顕微鏡画像, 及び, E=285.4 eV および E=292.0 eV での X 線吸収像を示す。 PAN 系 CF では、両偏光で CF 内に X 線吸収強度のコント ラスト差は確認されなかった。Fig. 4 に Fig. 3(b) と (c) の CF 領域の平均 NEXAFS スペクトルを示す。 $1s \rightarrow \pi^*$ 励起 由来の E=285.4 eV の吸収強度が Fig. 3 (b) と (c) で異なり, CF 中で黒鉛結晶中の π 軌道は C 断面内に配向しているこ とがわかった。ピッチ系 CF については、LH で計測した X線吸収像 (Fig. 3(e)) では、PAN 系同様 CF 内部にコン トラストが確認されないことから、CF 軸方向のπ軌道の 配向は揃っていると考えられる。しかし、LV で計測した X線吸収像では, 200-300 nm の縞状のコントラストが観 測された。これは、C 断面で観測されたドメインが繊維軸 方向にも伸びていることを示唆している。このことを確認 するため、Fig. 3(f) に示した A ~ E の領域における平均 C K-edge NEXAFS スペクトルを比較した結果を Fig. 5 に示 す。なお,各スペクトルは, E=292.0 eVのX線吸収強度 で規格化している。各領域によって、 $1s \rightarrow \pi^*$ の励起由来 のピーク強度が異なることがわかり、Fig. 3(f)で確認され た X 線吸収コントラストは、繊維軸方向に伸びた π 軌道 配向ドメイン (π 軌道は C 断面内に配向) の存在によるも のであることを確認した。

以上の結果から、原料により、CF内の π 軌道配向分布が大きく異なることがわかった (Fig. 6)。PAN系 CFに

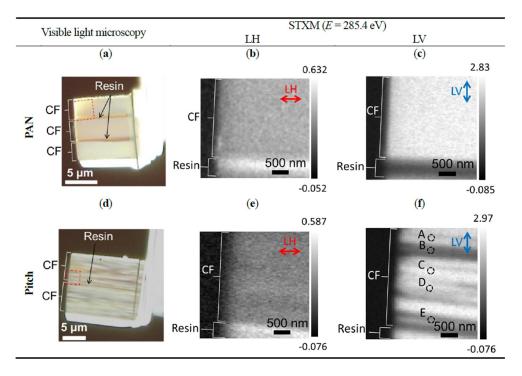


Figure 3 (a), (d) Visible light microscopy images of the longitudinal sections of PAN- and pitch-based CFs, which contain the field of view of STXM (OD) images (red doted areas); (b-c), (e-f) The STXM images are the OD of the X-ray absorption [3, 11].

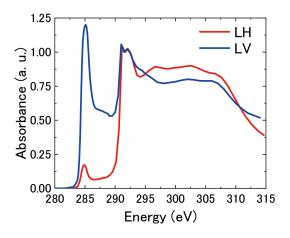


Figure 4 Average C *K*-edge NEXAFS spectra of the CF areas in Figs. 3(b) and (c) [3, 11].

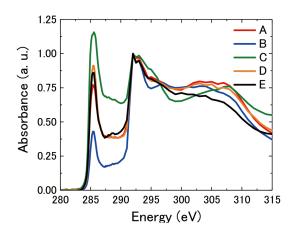


Figure 5 Average C *K*-edge NEXAFS spectra of the areas A to E shown in Fig. 3(f) [3, 11].

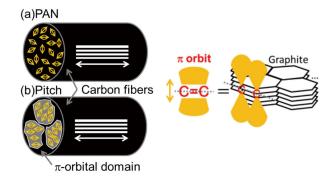


Figure 6 Schematic figure of the distribution of the π -orbital-oriented domains and the stacks of graphene sheets in a single (a) PAN- and (b) pitch-based CF, respectively. The white and yellow two-way arrows represent the directions of the graphene sheets along the fiber and within the fiber cross section, respectively [3, 11].

ついては、CF 軸方向にグラフェンシート積層構造の網面が伸び、C 断面は、少なくとも $40~\rm nm$ 以下の π 軌道が配向したドメインがランダムに分布していることがわかった。この特徴は、原料である PAN 由来のものであると考えている。一方、ピッチ系 CF は、C 断面においては、 $100~\rm nm-1~\mu m$ 程度の π 軌道が配向したドメインの集合体で形成されていることがわかった。さらに、このドメインは、繊維軸方向(L 断面)に、 $200-300~\rm nm$ の縞状に伸びていることを確認した。この特徴は、原料であるピッチの芳香属性が PAN 系 CF に比べて高いことから、CF を構成する黒鉛の結晶子の大きさが PAN 系のそれに比べて大きいことを反映していると推測される。

4.2次元電子(分子)軌道配向計測のための試料回転ホルダーの開発

前章では、直交する直線偏光を用いて、電子(分子)軌道の定性的な配向分布を議論した。本章では、定量的に分子軌道の配向角度の 2 次元マップを計測するために開発した試料回転ホルダーの詳細について報告する。また、その性能を評価するために、二次電池の負極材等に用いられている天然球状黒鉛の $1s \to \pi^*$ および $1s \to \sigma^*$ 励起由来の X 線吸収強度の回転角依存性を測定し、 π 軌道(C=C 由来)が配向したドメインの分布(不均一性)を調査した結果についても述べる。

本ホルダーは、分子研 UVSOR BL4U で大東らが開発したホルダー [14, 15] を参考に作成した。Fig. 7(a) に開発したホルダーを示す。なお、本ホルダーの設計及び制作は、神津精機株式会社と共同で実施した。モーターは、真空対応の AM1020RC018008+10/1(Faulhaber Co., Ltd. 製)を採用した。回転部にはクロスローラーベアリング(REV2008CC0P5S、THK Co., Ltd. 製)を採用し、試料回転時にホルダー回転軸と光軸の平行度の変化を軽減するように設計した。本ホルダーの回転精度は 0.1°以下で、360°回転させた際のホルダーの試料位における高さずれは、5 μm 以下であった。回転軸と光軸の平行度は、X線吸収像の焦点合わせに大きな影響を与える。従来報告されているホルダーの構造では、サンプルの回転中にスリップすることが多く、試料位置が 100 μm 以上大きくずれることがある。

本実験では、検出器にフォトダイオードを検出器として採用した。現在は、本ホルダーから小型化を図り、シンチレーション検出器で計測できる様になっている。Fig. 7(b)に、cSTXM に装着された試料回転ホルダーの写真を示す。BL-19の APPLE-II タイプのアンジュレーターは、水平および垂直の直線偏光モードの放射光 X線を生成できる(円偏向、楕円偏向も生成可能)。本実験は、試料回転角 θ ,は θ °から θ 90°の範囲で、 θ 2つの直交した直線偏光 X線(LH、LV)を使用した(Fig. 7(b)中に図示)。つまり、実質的に試料が感じる放射光の偏光(電場ベクトル)の角度は θ 0°から θ 180°の範囲である。Fig. 7(c)に、回転測定時に試料が感じる(検出器側から見た)偏光(電場ベクトル)の方向を示す。また、画像解析には、 θ 13×12000 を用いた [16]。

Fig. 8 に、天然球状黒鉛の TEM 像(暗視野)および X 線吸収像を示す。TEM 像(Fig. 8(a))の赤い点線内の領域は、回転角 0° での X 線吸収像と同一視野である。Fig. 8(b), (c), (d) は、それぞれ 280.0 eV(pre-edge),285.7 eV($1s \rightarrow \pi^*$),および 292.0 eV($1s \rightarrow \sigma^*$)での LH での X線吸収像である。像のコントラストは、上述の様に、直線偏光された放射光の電場ベクトルの方向と天然球状黒鉛中の π 軌道の方向との相対関係によって変化する。

Fig. 9 に、各偏光と回転角に対応した 285.7 eV での X線 吸収像の変化をまとめた。視野は 9 μ m × 9 μ m, ピクセル サイズは 90 μ m であった。各ピクセルにおける信号検出 の dwell time は 40 μ m をであった。各像は、最初に測定し

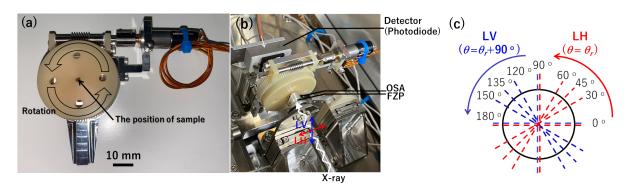


Figure 7 (a) Azimuthal-rotation sample holder developed for cSTXM. (b) Photograph of the holder used in cSTXM. (c) Direction of the electric field in the LH and LV modes applied to the sample during the measurements (viewed from the detector side) [3, 12].

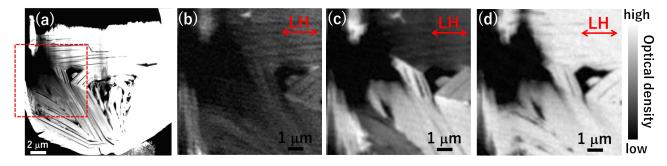


Figure 8 (a) TEM (dark field) image of natural spherical graphite. The red dotted line shows the FOV of an X-ray absorption image obtained via cSTXM with a rotation angle of $\theta = 0^{\circ}$ in the LH mode. X-ray absorption images at $\theta = 0^{\circ}$ (LH) with energies of (b) 280.0, (c) 285.7, and (d) 292.0 eV. When the intensity of OD increases, the color of the image changes from black to white [3, 12].

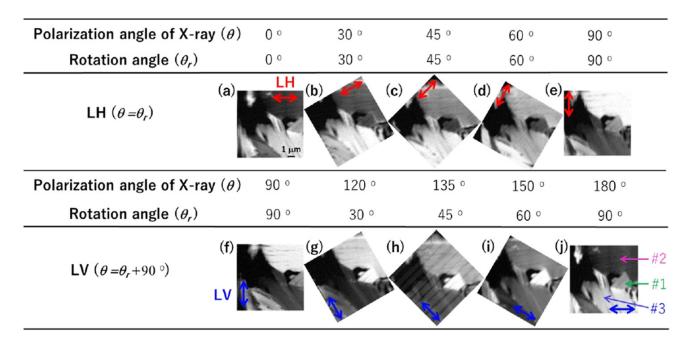


Figure 9 X-ray absorption images of natural spheroidal graphite at 285.7 eV, measured at a wide range of polarization angles, $\theta = 0^{\circ}-180^{\circ}$ for the LH and LV modes; the FOV is 9 μ m × 9 μ m with a pixel size of 90 nm [3, 12].

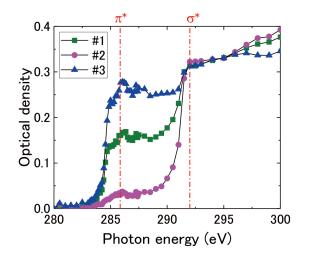


Figure 10 C K-edge NEXAFS spectra in domains #1, #2, and #3 for condition in Fig. 9(j) [3, 12].

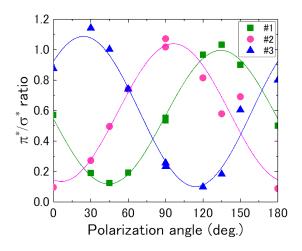


Figure 11 Rotational dependence of π^*/σ^* ratio (absorbance ratios at 285.7 and 292.0 eV) in areas #1, #2, and #3 shown in Fig. 9(j). The three solid-line curves are the results of the nonlinear fitting based on equation (1) [3, 12].

た観察視野とほぼ同じ視野(0°)で測定した。

Fig. 10 に、Fig. 9(j) の吸収コントラストが異なる 3 つの領域(# 1、# 2、および# 3)での C K-edge NEXAFS スペクトルを示す。また、Fig. 11 に、Fig. 9(j) の領域# 1、# 2、および# 3 の 285.7($1s \to \pi^*$) および 292.0 eV($1s \to \sigma^*$) の X線吸収強度の比(π^*/σ^* 比)の回転依存性を示す。285.7 eV での X線吸収強度は、各領域の π 軌道の向きと、放射光 X線の偏光(電場ベクトル)との相対関係に応じて変化した。Fig. 9 の (a) と (j)、(e) と (f) は、試料と偏光の相対関係が同じのため、その X線吸収強度はそれぞれでほとんど同じであった。一般に、放射光の偏光(電場ベクトル)と π 軌道の向きのベクトルとの間の角度が θ の場

合, X線吸収の強度は $\cos^2\theta$ に比例することが知られている [17]。本報では,292.0 eV($1s \to \pi^*$)の強度で 285.7 eV($1s \to \sigma^*$)の強度を規格化した比強度を以下の(式 1)で,フィッティングすることで,各領域の平均配向角を算出した。 Fig. 11 に示す 3 つの曲線の非線形フィッティングにより, Fig. 9(j) の # 1, # 2, # 3 の各領域における平均配向角度は,それぞれ 134.2°,89.5°,29.8° と算出された。

$$\frac{\pi^*}{\sigma^*} \ \ \text{ratio} = \frac{I(1s \to \pi^* \colon 285.7 \ \text{eV})}{I(1s \to \sigma^* \colon 292.0 \ \text{eV})} = A \times \cos^2(\theta - \theta_{ori}) + B \quad (\text{\mathbb{R}}\ 1)$$

上記のような画像解析を平均領域で無く,各 X 線吸収像のピクセルで行うことにより,90 nm 刻みの連続的な配

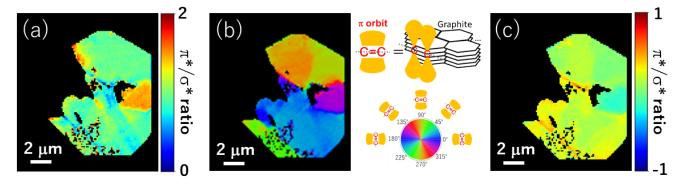


Figure 12 Maps of (a) amplitude (A), (b) orientation angle (θ_{ori}), and (c) background (B) of natural spheroidal graphite [3, 12].

向角マップを得た。Fig. 12 に, (a) 振幅 A, (b) 配向角 θ_{ori} , (c) バックグラウンド B の 2 次元マップを示す。

以上の様に,ナノスケールで炭素材料の分子軌道配向の分布(不均一性)を計測するために,光軸回りに試料回転が可能でcSTXMに対応した試料回転ホルダーを開発した。ホルダーの性能を評価するために,天然球状黒鉛の各領域の π^*/σ^* 比の角度依存性を調査し,各試料位置($90~m^2$ 角)においてそれぞれの平均配向角度を決定した。また,LHと LV の直交する直線偏光を用いて,試料と偏光方向の相対関係が同じであれば,ほぼ同じX線吸収強度を得られることを確認した。

5.おわりに

本報で述べたように、STXM は、炭素材料の電子(分子) 軌道の数 10 nm のスケールの配向分布解析に適した手法で ある。材料中の化学(電子)状態の分布(不均一性)がマ クロな物性(引張強度、弾性率 etc.)に与える影響が明ら かになると期待される。今後、既存の放射光施設や東北に 建設が予定されている次世代放射光施設において STXM 計測の環境が整備され、炭素材料に限らず、様々な分野 (材料科学、地球惑星科学、生命科学、物理学 etc.)での STXM の利用が国内でさらに促進されることを期待した い。STXM で学位を取らせていただいた者として、微力な がらその啓蒙活動の一翼を担いたい。

謝辞

本研究は,高エネ研 武市泰男助教,若林大佑助教,山下翔平助教,木村正雄教授,分子研 UVSOR 大東琢治助教,神津精機 信藤大祐氏,根本英治氏,日鉄ケミカル&マテリアル株式会社(日本グラファイトファイバー株式会社)荒井豊博士,日本製鉄 村尾玲子博士,臼井雅史氏,禰宜教之氏との共同研究である。また,本研究は,課題番号2015C206,2019C202の下で実施した。

引用文献

- [1] S. Chand, Journal of Materials science, **35**, 1303 (2000).
- [2] T. Harano, R. Murao, Y. Takeichi, M. Kimura, and Y. Takahashi, J. Phys.: Conf. Ser. 849, 012023 (2017).

- [3] T. Harano, Doctoral thesis (2021).
- [4] J. A. Nielsen, D. McMorrow, Elements of Modern X-ray Physics, 2nd Edition (2001).
- [5] J. Kirz, H. Ade, E. Anderson, D. Attwood, C. Buckley, S. Hellman, M. Howells, C. Jacobsen, D. Kern, S. Lindaas, I McNulty, M. Oversluizen, H. Rarback, M. Rivers, S. Rothman, D. Sayre, D. Shu, Phys. Scr. 12 (1990)
- [6] A. P. Hitchcock, Handbook of Nanoscopy, 745 (2012).
- [7] 武市泰男,日本放射光学会誌,29,6,282 (2016).
- [8] 武市泰男, 応用物理, 89, 9, 509-514 (2020).
- [9] 大東琢治,小杉信博,日本放射光学会誌,**29**,6,287 (2016).
- [10] P. Soo-Jin, Carbon Fibers, Springer (2018).
- [11] T. Harano, Y. Takeichi, M. Usui, Y Arai, R. Murao, N. Negi, and M. Kimura, Appl. Sci. 10(14), 4836 (2020).
- [12] T. Harano, Y. Takeichi, T. Ohigashi, D. Shindo, E. Nemoto, D. Wakabayashi, S. Yamashita, R. Murao, and M. Kimura, J. Synchrotron Radiat. 27, 1167-1171 (2020).
- [13] Y. Takeichi, N. Inami, H. Suga, C. Miyamoto, T. Ueno, K. Mase, Y. Takahashi, K. Ono, Rev. Sci. Instrum., 87, 013704-1 (2016).
- [14] T. Ohigashil, M. Nagasaka, T. Horigome, N. Kosugi, S. M. Rosendahl, A. P. Hitchcock, AIP Conference Proceedings, 1741, 050002 (2016).
- [15] D. Hernández-Cruz, A.P. Hitchcock, T. Tyliszczak, M. E. Rousseau and M. Pézolet, Rev. Sci. Instrum. 78, 033703 (2007).
- [16] http://unicorn.mcmaster.ca/aXis2000.html.
- [17] J. Stöhr, NEXAFS Spectroscopy, Springer (1992).

(原稿受付日:2021年7月11日)

著者紹介

原野貴幸 Takayuki HARANO



日本製鉄株式会社 技術開発本部 先端技術研究所 解析科学研究部 主任研究員 (現日鉄ケミカル&マテリアル株式会社総合研究所 基盤技術センター研究員) 〒 293-00021 千葉県富津市新富 20-1 e-mail: harano.ya6.takayuki@jp.nipponsteel.com 略歴: 2011 年 3 月 慶應義塾大学 理工学

部物理学科卒業(指導教員:白濱圭也教授),2013年3月東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了(指導教員:藤森淳教授),2013年4月新日鐵住金株式会社(現日本製鉄株式会社)入社,2019年4月日本製鉄株式会社技術開発本部先端技術研究所解析科学研究部主任研究員,2021年3月総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻博士課程修了(指導教員:木村正雄教授,武市泰男助教)。2021年4月日本製鉄株式会社技術開発本部人事室主査(社外勤務休職日鉄ケミカル&マテリアル株式会社出向)。博士(理学)。

最近の研究:放射光・X線を用いた構造材料の結晶構造及 び化学(電子)状態解析(特に, XRD, XAFS (STXM))。

趣味:ドライブ,旅行,料理

バナジウム酸化物デバイス界面に出現する新たな電子相に関する研究

志賀大亮 ^{1,2},簑原誠人 ²,吉松公平 ¹,湯川龍 ²,北村未歩 ²,堀場弘司 ²,組頭広志 ^{1,2} ¹ 東北大学多元物質科学研究所,² 物質構造科学研究所

Novel Electronic Phases Emerging at Device Interfaces Based on Vanadium Oxides

Daisuke SHIGA^{1,2}, Makoto MINOHARA², Kohei YOSHIMATSU¹, Ryu YUKAWA², Miho KITAMURA², Koji HORIBA², and Hiroshi KUMIGASHIRA^{1,2}

¹Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, ²Institute of Materials Structure Science

Abstract

二酸化バナジウム(VO_2)は、内包する 2 つの転移不安定性が協調することで室温付近において急激な電子相転移を示す強相関酸化物である。そのため、モットトランジスタのチャネル材料候補として注目を集めている。しかし、2 つの転移不安定性がデバイス動作時における VO_2 チャネル層の挙動にどのように関わっているのかについては未だよく分かっていない。そこで本研究では、 VO_2 の電子相転移にキャリア・次元性といった摂動を与え、その時の電子状態変化をその場放射光電子分光により直接観測した。その結果、 VO_2 デバイス界面には従来とは異なる新しい電子相が出現することが明らかになった。

1. はじめに

強相関遷移金属酸化物である二酸化バナジウム(VO₂) は、室温付近でVイオンの二量化による構造相転移(Fig. 1の挿入図参照)とともに電気抵抗率の巨大かつ急激な変 化を伴った金属 - 絶縁体転移 (MIT) を示す。近年, 電界 効果トランジスタ構造,特に多くの電荷を誘起可能な電気 二重層トランジスタ(EDLT)構造を用いたゲート電圧印 加による電荷蓄積(注入)により VO2の MIT が制御可能 であることが報告された[1]。そのため、VO2は超低消費 電力で高速にオン・オフ動作するモットトランジスタのチ ャネル材料候補 [1-4] として現在最も盛んに研究されてい る。この VO₂ の特徴的な MIT は, モット転移(強相関効果) とパイエルス転移(V-V二量化)とが協調的に作用した結 果であると考えられている[5]。しかしながら、両者がデ バイス動作時におけるチャネル層(界面数ナノメートル領 域)の挙動にどのように関わっているのかについては未だ よく分かっていない。

特に、EDLT 構造における電界誘起 MIT の動作機構については、静電電荷蓄積(界面キャリア注入)[1] 以外に、ゲーティングに伴う界面化学反応(エッチングによる酸素欠損の生成 [6] やプロトン等のイオンの脱挿入 [7,8])の重要性が指摘されており、未だ議論が続いている。一方で、強相関酸化物を用いたデバイスでは、ナノメートルのサイズ領域で特性が大きく変化することが知られている [9]。そのため、精密な VO_2 薄膜デバイスの設計には、電荷注入・サイズ(次元性)制御時における VO_2 チャネル層の電子相変化に関する知見が不可欠である。

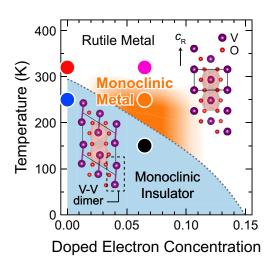


Figure 1 Possible electronic phase diagram of electron-doped VO₂(001) films represented as functions of temperature and amount of electron doping. The dotted line is obtained from the results of the electronic phase diagram of epitaxially stabilized $V_{1-x}W_xO_2$ films [16] under the assumption that the effect of electron doping induced by K deposition is equivalent to that by chemical substitution of W^{6+} for V^{4+} ions. Solid circles represent spectroscopic measurement points. The insets show the crystal structures of corresponding rutile (right top side) and monoclinic (left bottom side) VO_2 . The c_R axis is defined as the c axis of the rutile structure.

そのため本研究では、 VO_2 の MIT にキャリア・次元性 といった摂動を与えることによってモット - パイエルス相 転移不安定性の均衡を崩し、その時の電子・結晶構造変化 をその場放射光電子分光によって調べることで、MIT における各相転移不安定性の役割を解明することを目的とした。

2. 実験

実験は PF の BL-2A MUSASHI に設置された「その場放射光電子分光-レーザー分子線エピタキシ複合装置」を用いて行った。レーザー分子線エピタキシ装置を用いて、 $TiO_2(001)$ 基板上に表面・界面・膜厚 t (次元性)を原子レベルで制御した VO_2 エピタキシャル極薄膜を作製し、その場でアルカリ金属原子蒸着(表面電子ドーピング)を行った。その後、ビームラインに接続された分光測定室においてその場での放射光光電子分光(電子状態変化の観測)及び X線吸収分光(結晶構造変化の観測)を行った。これら一連の実験は、超高真空下で接続されたチャンバー間で試料を搬送することで、試料表面を一度も大気に曝すことなく行った。

3. 実験結果と考察

3-1. 電子ドープ VO2 薄膜における新たな電子相の出現 [10]

キャリア制御による VO₂ チャネル層の電子相変化に 関する知見を得るために、VO。エピタキシャル薄膜表面 へのアルカリ金属(K)原子のその場蒸着による電子注 入[11,12]を行った。上述したように本研究では, VO,薄 膜の作製とK原子の薄膜表面への化学吸着を一貫した 真空プロセス下で行っているため、他イオン種(O²-や H⁺など)の寄与は無視できる。そのため、上述のエッチ ング効果 [6] やイオン脱挿入反応 [7,8] の影響を排除した キャリア注入にのみ誘起される現象を特定できる。Fig. 2 に, t = 10 nm の VO_2 薄膜(MIT 温度 $T_{MIT} \sim 295$ K) に おけるK原子蒸着前後の価電子帯スペクトルの温度依 存性を示す。K蒸着前のスペクトルでは、VO2のルチル 型金属(RM)-単斜晶系絶縁体(MI)相転移に特徴的 な温度変化 [5] が観測されており、T = 250 K では、VO、 薄膜の絶縁体状態を反映してフェルミ準位(E_F)上に エネルギーギャップが形成されている [Fig. 2(a)]。こ の絶縁体相薄膜の表面に K を蒸着すると, フェルミ端 が出現することから、VO2が金属化したことが分かる [Fig. 2(b)]。これらの結果から、K から VO, 薄膜表面への 電子注入により、K/VO2薄膜においてはキャリア誘起 MIT が実現していると考えられる。さらに、この K/VO。薄膜 は、150 Kで再び絶縁体相へと転移することから、 T_{MIT} が 150-250 K まで抑制されていることが分かる (Fig. 1 参照)。 ここで、この絶縁体相 K/VO2 における結合エネルギー 1.1 eV を中心とした V 3d 状態のピーク位置とそのスペク トル形状は、Fig. 2(a) に示した MI 相 VO₂ のものとよく一 致している。このことは、K/VO2の絶縁体基底状態が VO2 における通常のMI相と同じである可能性を示唆している。 一方で, この K/VO₂ 薄膜のキャリア誘起金属相(250 K)

一方で、この K/VO_2 薄膜のキャリア誘起金属相(250 K)におけるスペクトルに注目すると、Fig. 2(a) に示した RM相 VO_2 (320 K)のものとは形状が大きく異なっており、

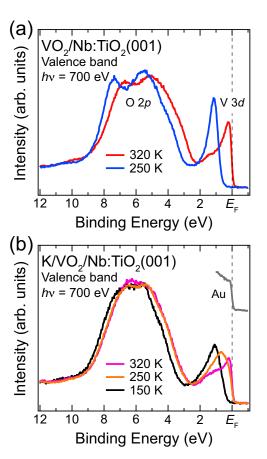


Figure 2 (a) Valence-band spectra measured at $T=320~\rm K$ (RM phase) and 250 K (MI phase) for VO₂/Nb:TiO₂(001) films before K deposition. (b) Temperature dependence of that after K deposition, wherein the spectrum near $E_{\rm F}$ of Au acquired at 250 K under the same experimental conditions is shown as a reference of the Fermi edge cutoff.

 $E_{\rm F}$ 上における V 3d 状態のコヒーレントピークがかなり抑制されていることが分かる。そこで、測定温度を $320~{\rm K}$ まで上げたところ、このコヒーレントピークの形状が RM相 VO2 のものと類似するように変化する様子が観測された [Fig. 2(b)]。このことは、 ${\rm K/VO_2}$ のキャリア誘起金属相は VO2 における通常の RM相とも ${\rm K/VO_2}$ の高温相($320~{\rm K}$) とも異なっている可能性を示唆している。これらの結果は、電子ドープ ${\rm K/VO_2}$ の電子相境界に新たな電子相が形成されていることを示している。この ${\rm K/VO_2}$ におけるキャリア誘起 MIT の起源を結晶構造の観点から検証するために、偏光依存 XAS 測定を行った。

Fig. 3 に、 VO_2 薄膜における K 蒸着前後の偏光依存酸素 K 端 X 線吸収分光 (XAS) スペクトルの温度依存性を示す。 ここで VO_2 の MI 相においては、V-V 二量化により RM 相における非結合性 d_n 軌道が結合性 d_n 軌道と反結合性 d_n 軌道に分裂し [Fig. 3(a) の挿入図参照] [13],この d_n 軌道が酸素 K 端の偏光依存 XAS スペクトルで観測される [5,14]。 つまり,偏光依存 XAS 測定により, VO_2 薄膜の構造相転移に関する検証が可能となる。実際,K 蒸着前の MI 相 VO_2 (250 K) における XAS スペクトルでは, d_n 状態に由来するピーク構造が光子エネルギー 530.8 eV に観測され

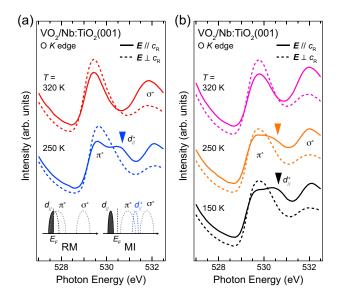


Figure 3 Temperature dependence of O-K edge XAS spectra with different polarizations for VO₂/Nb:TiO₂(001) films (a) before and (b) after K deposition. XAS spectra acquired with the polarization vector E parallel to the c_R axis $(E // c_R)$ and perpendicular to the c_R axis $(E \perp c_R)$ are represented by solid and dashed lines, respectively. The XAS spectra with $E // c_R (I_{\parallel})$ are deduced from the expression $I_{\parallel} = (4/3)(I I_{\perp}/4$), where I_{\perp} (namely, that corresponding to $E \perp c_{\rm R}$) and Idenote the spectra measured with normal ($\theta = 0^{\circ}$) and grazing $(\theta = 60^{\circ})$ incidence, respectively. Filled triangles indicate the position of shoulder structures originating from the d_{\parallel}^* states. Following the assignments made in previous studies [14], the corresponding band diagrams are schematically illustrated in the inset of (a); the first peak around 529.5 eV can be assigned to π^* bands formed by V $3d_{xz}$ and $3d_{yz}$ orbitals, while the second peak can be assigned to σ^* bands formed by $3d_{z^2, z^2}$ and $3d_{x^2,y^2}$ orbitals.

ているのに対して、RM相(320 K)では消失している様子が見てとれる [Fig. 3(a)]。興味深いことに、 K/VO_2 薄膜(250 K)においては、光電子スペクトルでは金属的な挙動を示しているにもかかわらず [Fig. 2(b)]、XAS スペクトルでは V-V 二量化に由来する d_n 状態が観測されている [Fig. 3(b)]。これらの結果は、 K/VO_2 のキャリア誘起金属相は、単斜晶相 VO_2 に特有の V-V 二量化を維持した「単斜晶系金属相」といった新しい電子相であることを示している。

さらに、この単斜晶系金属相は、昇温により RM 相 (320 K) へ、降温により MI 相 (150 K) へと転移している。これらの電子・結晶構造のその場観測の結果から、Fig. 1 に示す VO_2 チャネル層における電子相図を決定した。この電子相図から、電子蓄積時の VO_2 チャネル層においては、MI と RM の相境界に単斜晶系金属相が出現すると結論づけた [10]。 すなわち、EDLT 構造の VO_2 チャネル層において発現する金属相は、従来考えられていた様な RM 相 [1,3] ではなく、単斜晶系金属相という新たな電子相である可能性を示している。

3-2. VO2 極薄膜における電子・結晶構造の膜厚依存性 [15]

次に、次元性制御による VO、チャネル層の電子相変化 に関する知見を得るために,原子レベルで膜厚を制御し た VO₂ 極薄膜における電子・結晶構造の膜厚依存性を評 価した。Fig. 4(a) に, 320 及び 250 K で測定した VO₂ 極 薄膜における価電子帯スペクトルの膜厚依存性を示す。 t=10 nm の厚膜 ($T_{\text{MIT}}\sim 293 \text{ K}$) で観測されている RM (320 K) 及び MI (250 K) 相に特徴的なスペクトルの形 状は, $t \ge 2$ nm でほぼ一致している。このことは, VO, が 2 nm まではその物性を維持していることを示している。 一方, t < 2 nm では, 320 K で測定したスペクトル (実 線)における $E_{\rm F}$ 上の状態密度が急激に減少し、 $0.5~\rm nm$ で は完全に消失する様子が観測されている。ここで、フェ ルミ端の有無に注目すると [Fig. 4(b)], VO2の金属状態 は 1.5 nm 程度(面直方向に沿って V イオン 5 個分に相当) まで維持されることが分かる。これらの結果から、VO2は 1.0-1.5 nm の臨界膜厚で膜厚(次元性)に依存した MIT を示すことが明らかになった。さらに、この臨界膜厚以下 のスペクトル形状に注目すると、 $t \ge 2$ nm で見られる特徴 的なスペクトルの温度変化がかなり抑制されている。この ことは、VO2の2次元極限において安定化する絶縁体状態 が,厚膜の MI 相とは異なる新たな電子相である可能性を 示唆している。このことを結晶構造の観点から検証するた めに、偏光依存 XAS 測定を行った。

Fig. 5 に、320 及び 250 K で測定した VO_2 極薄膜における酸素 K端 XAS スペクトルの膜厚依存性を示す。10 nmの厚膜で観測されている d_y 状態に由来するピーク [5,13]

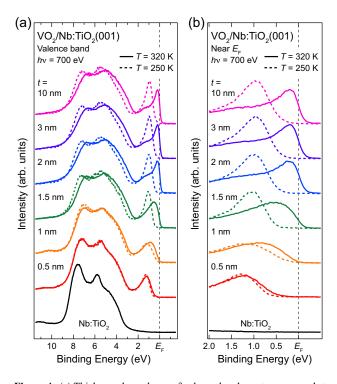


Figure 4 (a) Thickness dependence of valence-band spectra measured at 320 and 250 K for VO_2/Nb : $TiO_2(001)$ films. (b) Photoemission spectra near E_F in an expanded energy scale.

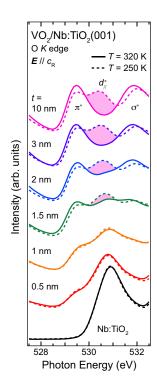


Figure 5 Thickness dependence of O-K edge XAS spectra acquired with $E / / c_R$ at 320 and 250 K for VO₂/Nb:TiO₂(001) ultrathin films. The additional peak that emerges around 530.6 eV only for the spectra of insulating monoclinic phase (t = 10 nm, T = 250 K) can be assigned to the d_{\parallel} state due to V-V dimerization.

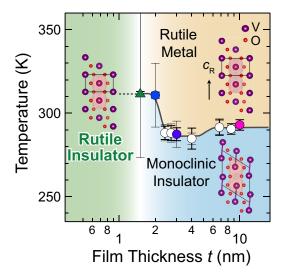


Figure 6 Electronic phase diagram of $VO_2(001)$ ultrathin films as functions of temperature and t. The circles indicate $T_{\rm MIT}$ determined from transport measurements [15]. Here, $T_{\rm MIT}$ is defined as the center of the hysteresis loop, namely, an average of the two inflection points in temperature-dependent resistivity (ρ -T) curves during cooling and heating. The thick and thin bars in the vertical axis represent the hysteresis and transition width in the ρ -T curves, respectively. Solid and dotted lines are merely guides for ease of visualization. The insets show the crystal structures of corresponding rutile and monoclinic VO_2 .

の強度は膜厚の減少とともに徐々に弱くなり、臨界膜厚 (1.5 nm) 以下では完全に消失している。このことは、絶縁体基底状態が安定化している VO_2 の 2 次元極限 (Fig. 4) では、もはや V-V 二量体は形成されていないことを示している。

以上の結果から、 VO_2 の2次元極限においては、V-V二量化を伴わない絶縁体相が発現することを見いだした。さらに、以上の放射光電子分光解析の結果を輸送特性評価 [15] の結果と比較することで、Fig. 6 に示す VO_2 極薄膜における電子相図を作成した。酸化物薄膜をナノメートル領域まで薄くすると、強相関電子は2次元的に閉じ込められるため [9]、量子サイズ効果としてモット転移不安定性は増大する。一方で、面直方向に沿ったVイオン(二量体)の数は減少するため、パイエルス転移不安定性は抑制されると考えられる。したがって、2次元極限時の VO_2 における絶縁体相は、低次元化によりモット転移不安定性がパイエルス転移不安定性に打ち勝つことで生じる「ルチル型モット絶縁体相」といった新たな電子相であると結論づけた [15]。

4. まとめと今後の展望

本研究では、 VO_2 の MIT における 2 つの相転移不安定性の役割を解明することを目的として、キャリア及び次元性を制御した VO_2 における電子・結晶構造変化のその場放射光電子分光による直接観測を行った。これにより、電子注入時の VO_2 においては「単斜晶系金属相」、2 次元極限時の VO_2 においては「ルチル型モット絶縁体相」、といった新しい電子相が発現することをそれぞれ見いだした。これらの結果から、 VO_2 が示す急激な MIT を動作原理とするモットトランジスタの挙動は、独立する 2 つの相転移不安定性のバランスに非常に敏感であることを電子分光学的に明らかにした。

以上の新たな電子相の存在は、従来の VO₂ デバイスにおけるチャネル層の設計に重要な指針を提供するものである。今後、この知見に基づいて最適なデバイス構造を設計することで、次世代のモットトランジスタの実現が期待される。

謝辞

本研究は、物質構造科学研究所の放射光共同利用実験(課題番号 2015S2-005, 2018S2-004, 及び 2019T004)の もとに実施されたものであり、Billy E. YANG、長谷川直人、神田龍彦、徳永凌祐(東北大学多元物質科学研究所)、Andrés F. SANTANDER-SYRO、Marcelo J. ROZENBERG(パリ=サクレー大学フランス国立科学研究センター)、Mikk LIPPMAA(東京大学物性研究所)、及び倉本義夫(物質構造科学研究所)各氏との共同研究である。

引用文献

 M. Nakano, K. Shibuya, D. Okuyama, T. Hatano, S. Ono, M. Kawasaki, Y. Iwasa, and Y. Tokura, Nature (London) 487, 459 (2012).

- [2] T. Yajima, T. Nishimura, and A. Toriumi, Nat. Commun.6, 10104 (2015).
- [3] T. Yajima, T. Nishimura, and A. Toriumi, small 13, 1603113 (2017).
- [4] D. Lee, B. Chung, Y. Shi, G.-Y. Kim, N. Campbell, F. Xue, K. Song, S.-Y. Choi, J. P. Podkaminer, T. H. Kim, P. J. Ryan, J.-W. Kim, T. R. Paude, J.-H. Kang, J. W. Spinuzzi, D. A. Tenne, E. Y. Tsymba, M. S. Rzchowski, L. Q. Chen, J. Lee, and C. B. Eom, Science 362, 1037 (2018).
- [5] T. C. Koethe, Z. Hu, M. W. Haverkort, C. Schüßler-Langeheine, F. Venturini, N. B. Brookes, O. Tjernberg, W. Reichelt, H. H. Hsieh, H.-J. Lin, C. T. Chen, and L. H. Tjeng, Phys. Rev. Lett. 97, 116402 (2006).
- [6] J. Jeong, N. Aetukuri, T. Graf, T. D. Schladt, M. G. Samant, and S. S. P. Parkin, Science 339, 1402 (2013).
- [7] H. Ji, J. Wei, and D. Natelson, Nano Lett. 12, 2988 (2012).
- [8] K. Shibuya and A. Sawa, Adv. Electron. Mater. 2, 1500131 (2016).
- [9] K. Yoshimatsu, T. Okabe, H. Kumigashira, S. Okamoto, S. Aizaki, A. Fujimori, and M. Oshima, Phys. Rev. Lett. 104, 147601 (2010).
- [10] D. Shiga, M. Minohara, M. Kitamura, R. Yukawa, K. Horiba, and H. Kumigashira, Phys. Rev. B 99, 125120 (2019).
- [11] Y. K. Kim, O. Krupin, J. D. Denlinger, A. Bostwick, E. Rotenberg, Q. Zhao, J. F. Mitchell, J. W. Allen, and B. J. Kim, Science 345, 187 (2014).
- [12] R. Yukawa, M. Minohara, D. Shiga, M. Kitamura, T. Mitsuhashi, M. Kobayashi, K. Horiba, and H. Kumigashira, Phys. Rev. B 97, 165428 (2018).
- [13] J. B. Goodenough, J. Solid State Chem. 3, 490 (1971).
- [14] M. Abbate, F.M. F. de Groot, J. C. Fuggle, Y. J. Ma, C. T. Chen, F. Sette, A. Fujimori, Y. Ueda, and K. Kosuge, Phys. Rev. B 43, 7263 (1991).
- [15] D. Shiga, B. E. Yang, N. Hasegawa, T. Kanda, R. Tokunaga, K. Yoshimatsu, R. Yukawa, M. Kitamura, K. Horiba, and H. Kumigashira, Phys. Rev. B 102, 115114 (2020).
- [16] K. Shibuya, M. Kawasaki, and Y. Tokura, Appl. Phys. Lett. 96, 022102 (2010).

(原稿受付日:2021年7月26日)

著者紹介

志賀大亮 Daisuke SHIGA



東北大学多元物質科学研究所 助教 〒 980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 E-mail: dshiga@tohoku.ac.jp

略歴:2018年東北大学大学院理学研究科修士課程(物理学専攻)修了,2021年同研究科博士課程(化学専攻)修了,同年4月から現職。博士(理学)。

最近の研究:酸化物ナノ構造の放射光計測と物質設計

簑原誠人 Makoto MINOHARA

産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門 主任研究員 (現所属)

〒 305-0801 茨城県つくば市梅園

E-mail: m-minohara@aist.go.jp

吉松公平 Kohei YOSHIMATSU 東北大学多元物質科学研究所 講師 〒 980-8577 宮城県仙台市青葉区片平

E-mail: kohei.yoshimatsu.c6@tohoku.ac.jp

湯川龍 Ryu YUKAWA

大阪大学大学院工学研究科 助教(現所属) 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘

E-mail: ryukawa@ap.eng.osaka-u.ac.jp

北村未歩 Miho KITAMURA 物質構造科学研究所 助教 〒 305-0801 茨城県つくば市大穂

E-mail: mkita@post.kek.jp

堀場弘司 Koji HORIBA

量子科学技術研究開発機構次世代放射光施設整備開発センター 主幹研究員(現所属)

〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉

E-mail: horiba.koji@qst.go.jp

組頭広志 Hiroshi KUMIGASHIRA 東北大学多元物質科学研究所 教授 〒 980-8577 宮城県仙台市青葉区片平

E-mail: kumigashira@tohoku.ac.jp

志賀毒素の毒性発揮に必要な2つのユニットを共通して阻害する分子を発見 - 新たな0157感染症治療薬開発に期待-

> 2021 年 5 月 10 日 同志社大学 高エネルギー加速器研究機構 日本医療研究開発機構

■概要

血清型 O157 に代表される腸管出血性大腸菌による感染症は、毎年世界中で多くの感染者・死者を発生させています。また、抗生物質の使用は症状を増悪させる可能性も示唆され、WHO の治療指針においても検討課題とされており、有効な治療薬がない状況です。

志賀毒素 (Shiga toxin; Stx) は腸管出血性大腸菌が産生する主要な病原因子であり、その毒性を阻害する分子は有望な治療薬として期待できます。

Stx は、標的となる細胞のタンパク質合成を阻害する A-サブユニットと、標的細胞上に存在する受容体を認識し A-サブユニットを細胞内に届ける働きを持つ B-サブユニット 5 量体から構成されています。

同志社大学生命医科学部の高橋美帆助教,高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の千田美紀特任助教,千田俊哉教授,および同志社大学大学院生命医科学研究科の西川喜代孝教授らの研究グループは,Stxの機能が異なる2つのサブユニットに共通して結合し,その働きを阻害するペプチド分子を同定しました。同定したペプチドについて,X線結晶構造解析を行ったところ,A-サブユニットとの結合様式の詳細が解明され,本ペプチドのカルボキシル末端の5アミノ酸からなる領域がA-サブユニットの触媒ポケットをほぼ塞ぐように結合していることを見出しました。

これまで A- サブユニットの機能を阻害することが確認されたペプチドは同定されておらず、本成果は、腸管出血性大腸菌感染症に対する新たな治療薬開発に貢献すると考えられます(この記事の続きは https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/05/PR20210510-2.pdf をご覧下さい)。

金属を持たない新たな炭酸脱水酵素を発見 〜生物が二酸化炭素を変換する多様な仕 組み〜

> 2021 年 5 月 25 日 筑波大学 高エネルギー加速器研究機構

■概要

炭酸脱水酵素(Carbonic anhydrase; CA)は、バクテリアから真核生物まで様々な生物に存在し、二酸化炭素と重炭酸イオンを相互変換する反応の触媒として作用します。この反応は、呼吸や光合成、細胞の pH 恒常性などに関わるもので、現在までに 8 つの異なる種類の CA が報告されています。これらは、タンパク質の配列や構造は異なるものの、全て、活性中心に亜鉛などの金属補因子(金属イオン)を含む金属酵素として知られていました。

本研究では、バクテリアや真核藻類に広く保存されてい る機能未知タンパク質 COG4337 が、金属イオンを持たな い新規の CA であることを、生化学的解析と X 線結晶構造 解析により発見しました。これまで CA は、活性中心の金 属イオンが水分子の活性化を行うと考えられてきました が、COG4337 タンパク質は、親水性と疎水性のアミノ酸 で構成される小さな穴を持ち、その内部で水分子と二酸化 炭素を反応させて重炭酸イオンの合成を行います。すなわ ち、従来知られているものとは異なるメカニズムを持ちま す。金属イオンを必要としない COG4337 タンパク質は, 陸から離れた海洋など金属の乏しい環境でも機能すること ができるため、そのような環境に生息する生物において 進化したと推測されます。本研究成果は,「炭酸脱水酵素 =金属酵素」という固定概念を覆し、CAの新たな多様性 を示すものです(この記事の続きは https://www.kek.jp/wpcontent/uploads/2021/05/PR20210525.pdf をご覧下さい)。

次世代有機 LED 材料の電子の動きを直接 観察することに成功 ~発光効率低下の原 因を解明~

> 2021 年 6 月 24 日 筑波大学 高エネルギー加速器研究機構 産業技術総合研究所 九州大学

■概要

有機 LED (OLED) は、次世代のディスプレー材料として期待されています。中でも、熱活性型遅延蛍光 (TADF)

と呼ばれる特異な発光を示す分子材料は、軽元素のみからなり、発光量子効率 100%の実現が可能であることから、次世代の OLED の中心を担う材料として大きく注目され、盛んに研究が進められています。

TADF 材料の発光を支配するのは、励起状態の電子の動き(ダイナミクス)です。従来、電子のダイナミクスは、発光から間接的に推測されてきましたが、直接的な計測は困難でした。今回、改良した時間分解光電子顕微鏡(TR-PEEM)を用いることで、構造がよく制御された TADF 材料の薄膜に対して、TADF 発光過程の電子のダイナミクスを直接観察することが初めて可能になりました。これにより、励起電子の生成から、発光による失活、また、濃度消光と呼ばれる特異な無輻射失活過程までの電子の動きを捉えることに成功しました。また、観察の結果、励起電子により生成された励起子が自発的に解離することで長寿命の電子が生成され、この電子が TADF の発光効率を低下させていることを突き止めました(この記事の続きは https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/06/PR20210625.pdf をご覧下さい)。

被ばく線量が少ない細胞では細胞質への被ばくの有無が生と死を分ける ~放射光X線を用いた細胞局所照射技術で解明~

2021年7月6日 若狭湾エネルギー研究センター 電力中央研究所 高エネルギー加速器研究機構 福井大学

■概要

公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター (エネ研, 理事長:石塚博英,福井県敦賀市)研究開発部 粒子線医 療研究室の前田宗利主任研究員,一般財団法人電力中央 研究所(電中研,理事長:松浦昌則)の冨田雅典上席研 究員、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機 構(KEK,機構長:山内正則)の小林克己名誉教授お よび KEK 物質構造科学研究所の宇佐美徳子講師,国立 大学法人福井大学(福井大, 学長:上田孝典)の松本英 樹シニアフェローらは共同で、最小5マイクロメートル (0.005 ミリメートル) 角から自由にビームのサイズを変 えることのできる放射光X線マイクロビーム細胞照射技 術を駆使した研究を進め、低線量の放射線にさらされた ヒトやハムスターの細胞では、細胞核だけではなく細胞 質にも放射線があたっていないと DNA に生じた放射線 による損傷を直す仕組みが十分に働かないことを解明し ました。

これまで、放射線の生物への影響を考える場合には細胞核の応答が重要視されてきましたが、被ばく線量が小さい場合には細胞質の応答も細胞の運命決定に大きく関

与しており、細胞質への照射の有無による生と死の競合が生じることが、本研究によって初めて明らかになりました。これらの知見は、低線量放射線被ばくによる健康影響の解明につながるだけでなく、放射線によるがん治療の効果をさらに高める薬剤の開発にもつながる重要な成果といえます(この記事の続きは https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/07/PR20210706.pdf をご覧下さい)。

脱窒菌から取り出した亜硝酸還元酵素の構造解析に成功 高精度クライオ電子顕微鏡の画像を解析環境浄化技術の開発に期待

2021 年 7 月 21 日 茨城大学 高エネルギー加速器研究機構

■概要

茨城大学大学院理工学研究科(理学野)の山口峻英助教,高妻孝光教授と,高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所の千田俊哉教授,安達成彦特任准教授,守屋俊夫特任准教授らの共同研究グループは,クライオ電子顕微鏡法(Cryo-EM 法)を用いて,環境浄化に有用な脱窒菌から取り出した銅含有亜硝酸還元酵素(CuNiR)の構造を高精度に決定しました。

Cryo-EM 法で、CuNiR のようなサイズの小さいタンパク質の構造を精度良く求めることは通常困難ですが、研究グループは、物質構造科学研究所の構造生物学研究センターにある電子顕微鏡を用いて撮影した分子画像を適切に解析していくことで、CuNiR の構造を3オングストローム(1オングストロームは100億分の1メートル)を切る解像度で構造を得ました。これまでに報告されたX線結晶構造解析による分子構造は、結晶中に閉じ込められることによる歪みとX線による損傷を含んでいました。しかし、今回 Cryo-EM 法で得た構造は、溶液中という生体内により近い状態で瞬間凍結され、極低温に保たれたまま撮影されたため、これらの歪みや損傷を含みません。

本研究による成果は、酵素利用技術や人工酵素の設計・開発等による水環境・土壌の浄化に貢献することが期待されます。また、結晶による歪みや損傷を含まない CuNiR の構造が明らかになったことで、クライオ電子顕微鏡による金属タンパク質の単粒子構造解析の重要性がより一層強調されました(この記事の続きは https://www.kek.jp/wpcontent/uploads/2021/07/PR20210721.pdf をご覧下さい)。

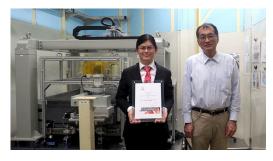
総研大の三木 宏美さんが Nestlé Young Scientist Award を受賞

物構研トピックス 2021年7月27日

7月12日~14日にオンラインで開催された国際会議, 6th International Conference on Food Oral Processing(第6回 食品の口腔処理に関する国際会議)において、総合研究 大学院大学(総研大)高エネルギー加速器科学研究科 物 質構造科学専攻の三木 宏美さんが Nestlé Young Scientist Award を受賞しました。この国際会議は、歯科医学や栄養 学、心理学、食品科学など口腔の活動や知覚、栄養や代謝、 生理学や食品構造に関する分野を包括している、非常に学 際的な学会です。

三木さんは、歯科医師として仕事をしながら、総研大に入学し、物質構造科学という新たな分野にチャレンジしています。この学会では、分離型X線干渉計を用いて、レトルト食品(一般米飯及び介護用食品)の内部構造の放射光X線イメージングを行い、得られた画像と食品テクスチャー特性との比較、分析を行うという、キャリアを活かした独創的な研究成果をポスター発表しました。受賞したNestlé Young Scientist Award は、食品業界における製品やサービスにつながる可能性のある優れた研究を行った若手研究者に贈られる賞です。受賞者は2名で、それぞれに賞金として1000ユーロが贈られました。三木さんは、歯科医師のキャリアを持ちながら、他分野(物質構造科学)の博士課程で研究をしていることと、放射光イメージングと介護食品の組み合わせの新規性が評価され、受賞となりました。

日本時間で7月15日の午前1時ごろに受賞の知らせを受けたという三木さんは、深夜だったこともあり最初は実感がなかったそうですが、一夜明けて徐々に嬉しさと驚きの気持ちが湧いてきたとのことです。「食品科学分野での放射光イメージングは決して主流の研究ではないので、まさか賞を貰えると思ってもいませんでした。とても嬉しいです。今回の受賞を励みに、あと2年博士課程での研究を頑張ります」と、今後の意気込みを語ってくれました。



研究に使ったフォトンファクトリー BL-14C の大型干渉計の前で, 指導教員の平野 馨一 准教授と。

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 に関係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下さい。

2021 年 5 月~ 7 月に紹介された PF トピックス一覧

- 5.10 【プレスリリース】志賀毒素の毒性発揮に必要な2 つのユニットを共通して阻害する分子を発見一新 たな O157 感染症治療薬開発に期待一
- 5.21 【トピックス】KEK ウィンター・サイエンスキャンプ 2020 をオンラインで開催
- 5.25 【プレスリリース】金属を持たない新たな炭酸脱水 酵素を発見~生物が二酸化炭素を変換する多様な 仕組み~
- 5. 28 【KEK エッセイ #44】加速器と生体分子研究をつな ぐ「お皿」のひみつ
- 6.3 【物構研ハイライト】「地球に生命をもたらしたもの」が 小惑星の探査で分かるわけ ~小惑星探査機 はやぶさ 2 が持ち帰った小惑星リュウグウ試料の分析~
- 6.4 【物構研トピックス】小天体探査ミッションに選ばれた人 ~東北大学 中村智樹教授~
- 6.11 **【KEK** のひと #48**】**「難しいことに挑戦するのがおもしろい」 田中オリガさん
- 6.22 【物構研 News】No.33 掲載
- 6.24 【プレスリリース】次世代有機 LED 材料の電子の 動きを直接観察することに成功〜発光効率低下の 原因を解明〜
- 6.24 【トピックス】物構研のリュウグウ試料分析特設ページができました~「はやぶさ 2」微粒子分析~
- 7.6 【プレスリリース】被ばく線量が少ない細胞では細胞質への被ばくの有無が生と死を分ける~放射光 X線を用いた細胞局所照射技術で解明~
- 7.13 【トピックス】国立科学博物館で企画展「加速器~ とてつもなく大きな実験施設で宇宙と物質と生命 の謎に挑んでみた~」が始まりました
- 7.14 【トピックス】国立科学博物館で企画展「加速器~ とてつもなく大きな実験施設で宇宙と物質と生命 の謎に挑んでみた~」が始まりました
- 7.21 【プレスリリース】脱窒菌から取り出した亜硝酸還元酵素の構造解析に成功 高精度クライオ電子顕微鏡の画像を解析環境浄化技術の開発に期待
- 7. 27 【物構研トピックス】総研大の三木 宏美さんが Nestlé Young Scientist Award を受賞

PF-UA 報告

庶務幹事 阿部善也

令和3年4月より, 高橋嘉夫 PF-UA 新会長の下, 新し い幹事会、運営委員会の活動がスタートいたしました。 PF ニュース前号 (Vol. 39, No. 1) には高橋会長からの「会 長挨拶」が掲載されておりますので、ぜひご覧いただけれ ばと思います。PF-UAには、その活動を支える7つの小 委員会があります。以下、各小委員会の主な担当業務につ いてご紹介させていただきます。庶務小委員会は、会員へ の情報伝達のほか、庶務の統括や PF との連絡を執り行い ます。行事小委員会は、各種学術会合や講習会、また量子 ビームサイエンスフェスタや、JSR(日本放射光学会年会・ 放射光科学合同シンポジウム)の運営に携わります。広報 小委員会は、WEB および PF ニュースを利用した情報発 信のほか、PF-UA 賛助会員の拡大に努めます。戦略・将 来計画検討小委員会は、PF-UAやPFの将来計画への提言 を行います。推薦・選挙管理小委員会は、運営委員会およ び次期会長の選挙管理を担当します。共同利用小委員会は、 PF ユーザーやユーザーグループからの声を集約し、それ に基づいた PF への意見の提案を行います。教育小委員会 は、若手研究会や講習会などを含む広く教育に関係する事 項を扱います。

昨年から世界中で始まった新型コロナウイルスの感染拡 大に伴い, 施設側, ユーザー側の双方にとって, 大きな変 化を余儀なくされました。一方で、オンラインでのリモー ト会議が普及したことで、PF-UA においても昨年度から 幹事会・運営委員会などの集まりをオンラインの形で実施 しております。昨年9月の第37回 PF シンポジウム, 今 年 3 月の第 38 回 PF シンポジウム (2020 年度量子ビーム サイエンスフェスタ内で実施) 共にオンラインでの開催と なり、PF-UA 総会では現地開催だと参加困難な遠方の会 員の方々にも多数ご参加いただくことができました。今年 度の第1回幹事会・運営委員会についても9月にオンライ ンでの開催を予定しております。まずはコロナ禍という未 曾有の苦境を施設・ユーザーで一体となって乗り越えてい くべく、「ニューノーマル」時代に沿った体制や活動につ いて意見を交わしながら、具体的な指針や計画を議論する 予定です。

PF-UA 会員の皆様におかれましては、PF および PF-UA の活動についてご関心やご意見をお持ちでしたら、ぜひ PF-UA 事務局または庶務幹事までお知らせいただければ幸いです。PF-UA の活動は、会員の皆様からのご協力なくしては成り立たないものです。引き続き、皆様からのご支援を心よりお願い申し上げます。

PF-UA 小委員会メンバー

任期:2021年4月1日~2024年3月31日

庶務小委員会:阿部善也(委員長),植草秀裕,近藤寬,

田中信忠, 田渕雅夫, 兵藤一行

行事小委員会: 北島昌史(委員長), 藤井健太郎(委員長),

稲田康宏,清水伸隆,山口博隆,横谷明徳

広報小委員会: 古賀舞都(委員長), 山本勝宏(委員長),

雨宮健太,一國伸之,久保友明,吉田鉄平

戦略·将来計画検討小委員会: 朝倉清高(委員長), 若林裕助(委員長),今井英人,海野昌喜,鍵裕之,

小林寿夫, 千田俊哉, 平井光博

推薦・選挙管理小委員会:田中万也(委員長),山崎信哉 (委員長),阿部善也,齋藤智彦、兵藤一行

共同利用小委員会:上久保裕生(委員長),清水敏之(委員長),雨宮健太,齋藤智彦,山口博隆,米山明男教育小委員会:上野聡(委員長),吉田真明(委員長),奥田弘司,金安達夫,小林幸則,佐藤友子,手塚泰久,橋本博

低速陽電子ユーザーグループ紹介

東京理科大学 長嶋泰之

はじめに

低速陽電子ユーザーグループは、低速陽電子実験施設 (Slow Positron Facility, SPF) で得られる低速陽電子ビーム の共同利用者からなります。メンバーは北大、東北大、筑 波大、千葉大、東大、早稲田大、東理大、原子力機構、量研、産総研などに所属する研究者、それに SPF のスタッフの皆さん(和田健さん、望月出海さん、兵頭俊夫さん、Rezwan Ahmed さん)です。Ahmed さんは、2020 年度より 物構研に設置された量子ビーム連携研究センター (CIQuS,サイキュース)所属の博士研究員です。

SPFでは、専用電子リニアックを用いて発生する陽電子を使って低速陽電子ビームを生成し、共同利用実験が行われています。加速器では電子をおよそ50 MeV まで加速してタンタル標的に入射し、発生する制動 X線の電子・陽電子対生成によって陽電子を生成します。これをタングステン中で減速し、負の仕事関数で決まる数 eV で再放出された陽電子を電場で最大35 keV まで加速します。その後、陽電子は磁場によって(磁場に巻き付いて)各実験ポートまで輸送されます。

低速陽電子ビームを生成することは、²²Na 密封陽電子線源を使えば一般の大学や研究所の放射線管理区域で可能ですが、SPF のビームには、線源を利用する場合よりも強度が数桁高いという大きなメリットがあります。またリニアックの特性を反映してパルスビームとして得られるた

め、高強度パルスレーザーと同期させて使用することも可能です。近年、線源の価格が高騰して購入が容易ではなくなってきていることを考えると、ユーザーにとって大変有難い存在です。同様の施設は世界中にいくつかありますが、SPF はミュンヘン工科大学の原子炉を用いた高強度低速陽電子施設(Neutron Induced Positron Source Munich, NEPOMUC)と並んで、世界の最も重要な低速陽電子ビームの共同利用拠点です。施設ではスタッフの皆さんが、日夜、装置の管理から共同利用のサポートまで尽力してくださっています。

SPFで展開されている実験で最も重要なものは、全反射高速陽電子回折(TRHEPD)法による固体表面の構造解析です。これは低速陽電子ビームを試料表面すれすれの角度で入射して回折像を得ることによって、結晶表面の構造解析を行うものです。反射高速電子回折(RHEED)法の陽電子版ということができますが、陽電子の固体内でのポテンシャルエネルギーは、電子の場合と異なり真空中よりも高いため、浅い角度で入射すると全反射し内部に侵入することがなく表面第1層のみの構造解析が可能です。角度を少しずつ大きくしていくと、2層目、3層目の情報も得られるようになります。この手法によって表面数層の構造が手に取るようにわかります。

そのほかに、陽電子と電子の束縛状態であるポジトロニウムが固体表面から放出される様子を調べることによってポジトロニウム生成機構や結晶のバンド構造を調べたりするためのポジトロニウム飛行時間装置や、ユーザーが持ち込んだ装置を設置するための汎用ポートが用意されています。

2020年の夏に、陽電子生成部が 10年ぶりに新しくなり、ビーム強度が増大しました。以前は $10^7 e^4/s$ の半ば以下だったビーム強度が $10^8 e^4/s$ の大台に乗りました。これによって、新たな成果が次々と得られることが期待できます。

最近の研究成果1:グラフェン超伝導材料の原子配列解明

東大、早稲田大、原子力機構、SPFの研究チームは、これまで未解決だった超伝導を示す炭素原子層物質グラフェンとカルシウムの2次元化合物の原子配列を、TRHEPD法を用いて初めて決定しました。グラフェンを利用した新たな化合物の原子配列を解明したことで、エネルギー損失ゼロの超高速情報処理ナノデバイスなどなどの材料開発への応用に道を開くものです。

Y. Endo et al., Carbon 157, 857 (2020).

最近の研究成果 2: Ge(111) 基板上の二重三角格子

Ge(111) 基板上に ZrB₂ 薄膜をエピタキシャル成長させると二次元 Ge 層が形成されるということが、走査型トンネル顕微鏡(STM)観測と内殻光電子分光などの測定結果から分かっていたものの、その構造の詳細は不明でした。TRHEPD 法によって、この二次元 Ge 層の構造が「二重三角格子」であると特定されました。二重三角格子には、「フラットバンド」と呼ばれる、強磁性をはじめとする様々な

興味深い特性を示す電子状態の発現が期待されています。 角度分解光電子分光 (ARPES) 測定と、TRHEPD で特定された構造をもとにした第一原理電子状態計算によって、基板上に二重三角格子が形成された場合の電子状態を調べました。

A. Fleurence, et al., Phys. Rev. B 102, 201102(R) (2020).

最近の研究成果3:ポジトロニウム負イオンの分光

東理大、理研、SPFの研究チームは、陽電子1個と電子2個が束縛し合っているポジトロニウム負イオンを生成し、その分光を行うことに成功しました。誰も容易に実現できるとは考えていなかった、ポジトロニウム負イオンの光脱離や共鳴状態の生成と観測が可能になりました。最も単純な三体系であるポジトロニウム負イオンの分光実験が可能になったことで、三体量子系の研究の発展が期待されます。

K. Michishio et al., Nat. Commun. 7, 11060 (2016)

産業利用ユーザーグループの紹介

- (株)日立製作所研究開発グループ 米山明男,高松大郊 日本製鉄株式会社 村尾玲子,原野貴幸 (株)日産アーク,新構造材料技術研究組合 苑 秋一,伊藤孝憲
 - (株) 神戸製鋼所, 新構造材料技術研究組合 高橋佑輔

1. 産業利用ユーザーグループの概要

本ユーザーグループは、PFにおける産業利用の推進と発展を目的として設立され、放射光計測を主に産業に活用する民間企業のユーザーを中心に構成・運営されています。他のユーザーグループが計測手法や装置を核として集まっているのに対して、利用形態で集まっているところが大きく異なります。このため、XAFSやXRDからトポグラフィーやイメージングまで利用している計測手法は非常に多岐にわたっています。このような状況の下、産業利用の仕組みや活用方法だけでなく、各計測手法に関する各種情報の交換の場として、年1回のユーザーミーティングやPF研究会の開催などを行っています。

2. 本グループの主な活動

2.1 PF 研究会

これまでに以下のPF研究会を提案・開催してきました。 各会とも多くの方々にご参会頂き、各計測手法に関する情報交換に加え、PFにおける産業利用のあり方や発展などについて深い議論を行うことができました。詳細は各研究会の報告書をご参照ください。(https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/pfproc.html)

2014/11 「放射光イメージングの産業利用の現状と将 来展望 |

2016/1 「放射光のオンリーワン計測と産業利用展開」

2016/11 「高エネルギー X線・縦偏光を用いる先端研究 の現状と将来の展望」

2020/10 「X線干渉計と縦型ウィグラーを用いた超高感 度画像計測の現状と将来展望」

2.2 各ユーザーの利用例

本ユーザーグループのメンバーによる PF の代表的な産業利用例を以下ご紹介致します。

2.2.1 走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)を用いた炭素繊維強化プラスチックの顕微化学状態解析 (日本製鉄(株) 村尾玲子,原野貴幸)

炭素繊維とエポキシ樹脂の複合材料である炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は、樹脂と炭素繊維(CF)の接着性が力学特性の支配因子の一つであることが知られています。樹脂とCFの接着性を解析するために、PFBL-13A*の走査型透過X線顕微鏡(Scanning Transmission X-ray. Microscopy:STXM)[1]を用い、境界面領域の炭素 K-edge XANES イメージングを行いました。炭素のXANES イメージングを行うことで、官能基や化学結合の種類や分布を調べることが出来ます。STXM はフレネルゾーンプレートで約40 nm に集光したX線ビームを用い、試料を走査しながら吸収スペクトルを透過法で得る装置で、電子エネルギー損失分光法(Electron energy-loss spectroscopy: EELS)と比較すると電子線による試料損傷がない長所があります。

図1に市販のポリアクリロニトリル(PAN)系 CFRP の 薄片の観察結果を示します [2]。図1 (b) は、CF の繊維軸 に平行な断面と樹脂の境界部分の吸収コントラスト像です。炭素の C-OH 結合に由来する吸収ピークが存在する E=285.6 eV における像で、CF と樹脂の界面にいずれともコントラストが異なる領域が観測されました。図1 (b) に破線で示した3つの領域の平均 XANES スペクトルが図1(a) です。樹脂部と境界部には、C=C 結合、C-OH 結合、O(C-H)R 結合など、典型的なエポキシ樹脂に含まれる官能基に由来する吸収ピークが見られますが、樹脂部と境界部

ではこれらの強度比が異なり、密着性をよくするための第三層の存在が示唆されます。一方、CF部にはグラファイト由来の C=C 結合および C-C 結合が観測されました。図1(c)は各ピクセルのスペクトルを図1(a)の3相の平均スペクトルの線形結合でフィッティングし、相分率を RGBで色付けした結果です。炭素繊維と第三層の境界と比較し、樹脂と第三層の境界は色が重なっており不明瞭です。この結果から、CFと樹脂の界面に厚さ約100 nmのコーティング層が存在し、約200 nmにわたって、樹脂に浸透していることが分かりました。

このような空間分解能数十 nm オーダーの 2 次元の XANES イメージングのスペクトル解析を通じて、CFRP の高強度化に向けて理想的なコーティング層の種類や厚み、浸透度合いを提案できる可能性があります。さらに、炭素繊維内部のドメイン構造の STXM を使った解析についても、本号の最近の研究からに投稿していますのでそちらもご覧ください。

- [1] Y. Takeichi, N. Inami, H. Suga, C. Miyamoto, T. Ueno, K. Mase, Y. Takahashi and K. Ono, *Rev. Sci. Instrum.*, 87, 013704 (2016).
- [2] T. Harano, R. Murao, Y. Takeichi, M. Kimura and Y. Takahashi, *Journal of Physics: Conference Series*, 849, 012023 (2017).
- * 現在, STXM は BL-19A に常設されています。

2.2.2 AI-接着界面の走査型透過X線顕微鏡による観察 (日産アーク,新構造材料技術研究組合 苑 秋一,伊藤 孝憲 神戸製鋼所,新構造材料技術研究組合 高橋佑輔)

近年,自動車の軽量化に不可欠な要素技術として,異種材接合の研究が注目されている。中でも接着接合に関する関心は高く,高性能な接着技術の開発や,その信頼性を高めるためには,界面の接着メカニズムの理解が欠かせない。この目的には,サブミクロンの分解能で,接着接合界面における金属や接着樹脂の化学状態,形態を観察できる手法が理想的である。走査型透過 X 線顕微鏡(Scanning Transmission X-ray Microscopy:STXM)は,高い空間分解

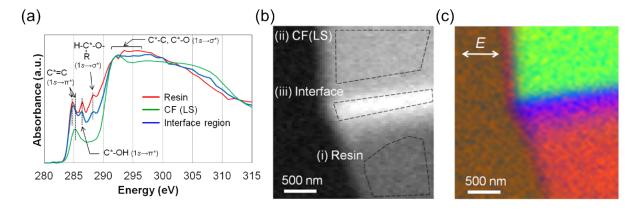


図 1 (a) 樹脂,CF および境界領域の C K-edge XANES スペクトル,(b) E=285.6 eV(C*-OH(1s $\rightarrow \pi^*$)) における CF,樹脂境界部の吸収コントラスト像。破線は (a) の (i) 樹脂,(ii) CF,(iii) 境界領域の平均 XANES を求めた領域を示す。 (c) XANES の線形結合解析により得た相分率の RGB 像(赤:樹脂,緑:CF,青:境界領域の第三相)。 [2]

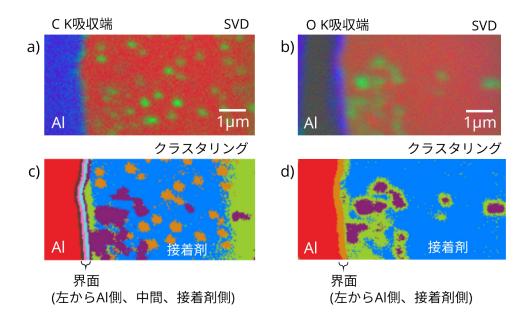


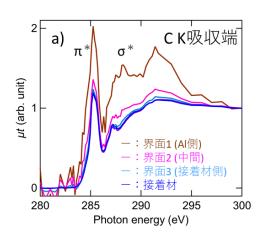
図 2 Al- 接着剤界面の STXM の SVD 解析とクラスタリング解析。 SVD 解析:a) C K 吸収端, b) O K 吸収端, クラスタリング解析:c) C K 吸収端, d) O K 吸収端

能(数十nm)で化学結合状態が得られること、電子線と 比べて試料ダメージが低いこと、10 μm 超える視野を観察 できることから、接着接合界面のメカニズムの解析に有力 な手法と言える。

近年、STXMで材料の接着界面を測定することが可能となっているものの、データ解析に関しては、特に標準試料がない場合の成分分離やその分布のフィッティングに課題が残っている。今回、集東イオンビーム(Focused Ion Beam: FIB)加工した Al-接着剤界面を STXM で観察し、そのデータに対し Singular Value Decomposition(SVD)法[1]、およびクラスタリング解析[2]を実施した。図 2 a)、b)に炭素(C)、酸素(O)の K 吸収端の SVD 法による解析結果を、同図 c)、d) にクラスタリング解析の結果を示す。SVD 法では、STXM から抽出したスペクトルにより各成分の数値分布を求めた。クラスタリング解析では主成分分析から相似成分のクラスタ化を行った。

2つの手法ともに AI および接着剤とは成分の異なる相の分布が確認された。CK吸収端では、クラスタリング解析においては界面に複数のクラスタが確認でき、界面も単一ではなく複数の相から成ることが分かる。一方、SVD法ではこのような複数の相は確認できなかった。同様にOK吸収端においてもクラスタリング解析では界面にバルクの接着剤と違う相が確認できたものの、SVD法では明確な相は確認できなかった。

界面と界面層近傍のスペクトルを図3に示す。CK吸収端のスペクトルを比較すると、AIに一番近い界面では π^* 、 σ^* 共に強度が高いことが分る。OK 吸収端では界面の π^* は接着剤の母材部分とほぼ同じ強度を示している。これらの結果からCの電子状態が変化したことが示唆される。今後は、ラマン、IR などの他の分析法を用い相補的に界面を議論していく予定である。このようにSTXMを用いることで界面反応を数 10~nm レベルで議論することが可能



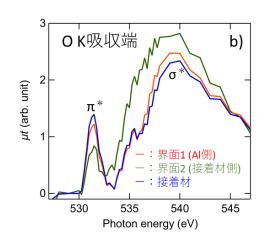


図3 クラスタリング解析から得られた界面クラスタと母材のスペクトル。μt の規格化データ a) C K 吸収端, b) O K 吸収端

となり、接着メカニズムの解明に向けた強力な武器となる。

謝辞

本成果は NEDO の委託業務「革新的新構造材料等研究開発」の結果得られたものです。また、BL-19A/B の STXM 実験に関して、武市様、山下様に多大なご協力を頂きました。ここに感謝を示します。

- [1] I. N. Koprinarov, A. P. Hitchcock, C. T. McCrory, and R. F. Childs, *J. Phys. Chem. B*, **106**, 5358 (2002).
- [2] M. Lerotic, R. Mak, S. Wirick, F. Meirer and C. Jacobsen, J. Synchrotron Rad., 21, 1206 (2014).

2.2.3 位相コントラスト X 線イメージングによる蓄電池 動作中の電解液内イオン濃度分布のリアルタイム可視化 ((株) 日立製作所 高松大郊)

リチウムイオン二次電池(LIB)を始めとする蓄電池の 内部では、ナノ~ミリオーダーの空間的な階層構造、ミリ 秒~年におよぶ時間的な階層構造が存在し、これらの空間 的・時間的な階層構造が複雑に関連した反応過程が、電池 の耐久性・出力特性・安全性などの特性に大きな影響を及 ぼす。そのため、特性向上のためには、蓄電池内部で起こ っている反応を十分理解して対策を立てる必要がある。放 射光は、高強度かつ高い透過能、光学系や検出器の工夫に よるミリ~ナノ程度までの空間分解能、エネルギーが可 変による多くの解析手法,等の特徴から,密閉された LIB の非破壊その場評価に非常に有効である。これまでに我々 は、放射光X線吸収分光/回折による LIB の充放電中その 場計測を活用し、活物質粒子レベルの相変化挙動、電極/ 電解液ナノ界面挙動,合剤電極内での反応不均一性の把握, といった空間的・時間的な階層構造での反応理解を進めて きた。しかし、軽元素からなる"電解液"内の不均一性・ 動的挙動に関しては、従来の LIB その場計測法が適用で きず、適切な計測法がなかったため、その詳細がブラック ボックスであった。我々は、軽元素の可視化に有効な位相 コントラストX線イメージング法を用いて、充放電中の 電解液内のイオン濃度分布のその場可視化を試みた。BL-14C に常設された結晶分離型 X 線干渉計の光路に電池セル を設置し(図 4(a)),充放電中の正負極に挟まれた電解液内の X線干渉像を透過法にて連続取得した。その結果,充放電中の LIB 電解液内でイオン濃度分布が発生している現場(過渡状態)を,位相シフトとしてその場可視化することに成功した [1]。特に連続高出力動作時にイオン濃度分布(濃度分極)が顕在化し,電池容量を規定する可逆的抵抗上昇の要因になることを実証した。

このような電解液内のイオン濃度分布の可視化は, 車載 用途の鉛蓄電池(LAB)でも重要である。近年、自動車か らの CO₂ 排出規制のため, ハイブリッド車 (HEV), アイ ドリングストップシステム (ISS) 車,電気自動車 (EV) などが続々と市場投入されており、なかでも、信号待ちや 渋滞停車時にエンジンを停止させる ISS 車は、HEV や EV に比べて大幅に低コストで低燃費を実現できるため急速に 普及している。この ISS 車に搭載される LAB には、高頻 度な高速充放電サイクルに対する高い耐久性が要求され る。LABでは、充電で電極から放出された高濃度の硫酸 イオンが自重によりセルの下部に沈降し、セル内電解液の 上部と下部で硫酸イオン濃度が異なる"成層化"現象が発 生する。この成層化は電池寿命に直結するため、ISS 車用 LABでは成層化をいかに抑制するかが鍵になる。この成 層化挙動の可視化に位相コントラストX線イメージング法 が有効と考え、充放電中の LAB における硫酸イオンの動 的挙動の可視化に取り組み、図 4(b) に示すように充放電 中の LAB 電解液内で成層化(上下での電解液密度差)が 起こる現場を二次元像としてリアルタイムで可視化するこ とに成功した[2]。

- [1] D. Takamatsu et al., J. Am. Chem. Soc. 140 (2018) 1608.
- [2] D. Takamatsu et al., Chem. Commun. $\mathbf{56}$ (2020) 9553.

3. 今後の活動方針

コロナの影響で活動が大きく制限されていますが、今後は積極的にミーティング等を開催して、高度な産業利用に向けた計測装置やビームラインの整備に関する要望や、より活発な利用に向けた施策等に関する提案を集約し、PF-UAを通じて、PFや関係機関に対して提言を行っていきたく考えています。

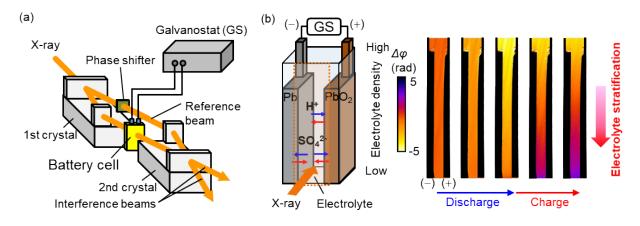


図 4 (a) BL-14C での電池オペランド計測の模式図, (b) 充放電中の鉛蓄電池における電解液内の成層化挙動の二次元像

人事異動・新人紹介

•	発令年月日	氏 名	現職	旧職
(辞職)	2021. 5. 31	小野寛太	大阪大学	物構研 量子ビーム連携研究センター
			教授	准教授
(採用)	2021. 7. 1	小野寛太	物構研 量子ビーム連携研究センター	(大阪大学とのクロスアポイントメント)
			特別教授	
(昇任)	2021. 7. 1	間瀬一彦	物構研 放射光実験施設	物構研 放射光実験施設
			教授	准教授

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

本機構では、下記のとおり特定有期雇用職員として、博士研究員を公募いたします。

記

公募番号 物構研 21-6

1. 公募職種及び人員

博士研究員(常勤) 1名(任期 単年度契約で最長3年まで)

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

2. 研究(職務)内容

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・生命科学研究を推進している。

本公募の博士研究員は、以下のいずれかの研究・開発に従事する。勤務地はつくばキャンパスである。

- (1) 放射光科学第一研究系の固体物理学研究部門に所属し、X線回折法をはじめとする様々な手法を用いた構造物性研究を行う。
- (2) 放射光科学第二研究系の材料科学研究部門に所属し、X 線吸収分光法をはじめとする様々な手法を用いた材料科学研究を行う。
- 3. 応募資格

博士の学位を有する者又は着任までに博士の学位取得が確実な者

4. 給与等

基準年俸額3,960,000円(事業年度の中途で採用された場合は、採用時期に見合った額、及び各種手当(本機構の規則による)。

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

2021年8月31日(火)正午必着

7. 着任時期

採用決定後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。

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

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

※KEK 指定様式以外の履歴書を使用する場合は、通常の履歴事項の後に必ず応募する公募番号 物構研 21-6(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(jinjl@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 21-6 応募希望」とし、本文に所属、氏名及び電話番号を記載してください。) ※応募に係るファイルは、PDF でお願いします。

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

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

(2)推薦書または参考意見書

郵送もしくは電子メール(件名は「物構研 21-6 推薦書」とし、添付ファイルは PDF でお願いします。)で送付してください。 送付先 〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

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

- 注)電子メールは様々な理由により受信できない可能性があります。数日以内に返信がない場合には、別メールアドレスや電話等によりご連絡ください。
- 11. 問い合わせ先
 - (1)研究内容等について

放射光科学第一研究系 研究主幹 雨宮 健太 TEL: 029-879-6027(ダイヤルイン) e-mail: <u>kenta.amemiya@kek.jp</u> 放射光科学第二研究系 研究主幹 千田 俊哉 TEL: 029-879-6178(ダイヤルイン) e-mail: <u>toshiya.senda@kek.jp</u>

(2)提出書類について

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

- 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/IMSS21-6-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。

2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第 13 回 MLF シンポジウム / 第 39 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 川崎卓郎 副委員長 中尾裕則

2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ(第 13 回 MLF シンポジウム/第 39 回 PF シンポジウム)を 2022 年 3 月 7日 (月) \sim 9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すようお願い申し上げます。

詳細が決まり次第ホームページや PF ニュース等で皆様にお知らせ致します。

「フォトンファクトリーの礎を築いた先生 方を記念する講演会」開催について

2019年4月から、物質構造科学研究所の新体制が発足し、それに伴い「放射光科学研究施設」:フォトンファクトリー(PF)は、「放射光実験施設」:PFに生まれ変わり、共同利用機関として更に将来を見据えた運用が開始されています。現在、PFリング(2.5 GeV)、PFアドバンストリング(PF-AR, 6.5-5.0 GeV)という、特徴ある2つの放射光専用の光源加速器を有し、KEKで培ってきた放射光技術・加速器技術により世界最先端の研究の場を提供しています。1982年に放射光発生に成功したPFリングは、二度の大きな改造を経て、現在も3000名近い共同利用者が登録されていて、大学院生を含む広範な分野の研究者により研究が推進されています。

この度,「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を 記念する講演会」をフォトンファクトリー同窓会主催で開 催させていただくことになりました。

放射光実験施設・初代施設長 高良和武 先生 放射光入射器研究系・初代主幹 田中治郎 先生 放射光光源研究系・初代主幹 富家和雄 先生 放射光測定器研究系・初代主幹 佐々木泰三 先生

上記4名の先生方のご功績やお人柄を偲びながら,先生 方の熱き思いを若い世代と情報共有するとともに,フォト ンファクトリーの将来に向けてさらには放射光科学の将来 について情報共有をする場を提供させていただければと考 えております。

詳細につきましては、別途、情報提供をさせていただきます。皆様のご参加を心よりお待ち申し上げます。

日 時:8月28日(土)13:00-16:05(予定)

講演会(オンライン会議)

主 催:フォトンファクトリー同窓会

世話人:雨宮慶幸(代表),太田俊明,宮原恒昱,

齊藤芳男, 北村英男

KEK 一般公開(オンライン開催)のお知らせ

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

今年度の KEK 一般公開は 9月4,5日(土,日)の2日間に渡りオンラインで開催します。昨年度に続きCOVID-19の感染拡大防止のため、これまでのようにご来場頂けないことは残念ですが、今年度は量子ビーム連携研究センター(CIQuS)を中心に、物質構造科学研究所が一体となり、生中継でお送りする企画を計画中です。マルチプローブを駆使した研究のみならず、ビームラインや装置等にもカメラで迫っていきます。

YouTube よりご自宅でもお気軽にご覧頂けますので、どうぞお楽しみに!

50 周年記念「KEK 一般公開 2021」オンライン開催のお知らせ

URL: https://www.kek.jp/ja/notice/20210607/

防災・防火訓練のお知らせ

放射光実験施設 防火・防災担当 野澤俊介・松岡亜衣

高エネルギー加速器研究機構の本年度の防災・防火訓練が 2021 年 10 月 7 日 (木) に実施される予定です(予備日は11 月 25 日)。昨年度は中止となってしまいましたが、例年はユーザーの皆様にもご参加いただき、緊急地震速報が発令された場合の対処や、地震発生後の機構指定避難場所(PFニュース裏表紙参照)への避難・安否確認等を行っています。新型コロナウイルス感染症への対策も引き続き必要であり、実施方法や内容に関して見直しを行う可能性があります。詳細が決まりましたら Web ページ等でご連絡いたします。

Photon Factory Activity Report 2021 ユーザーレポート執筆のお願い

PFACR 2021 編集委員長 川崎政人(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。皆様のご協力をもちまして2020年度 (PFACR2020)の編集作業は順調に進み、2021年秋には公開される予定です。

2021 年度版である PFACR2021 の受付を開始しております。つきましては、皆様が 2021 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。2021 年 4 月から 2022 年 3 月までに実施された実験について寄稿して頂くのが基本ですが、データの解析に時間を要する等が考えられますので、期間前の実験結果についての報告も歓迎しています。このユーザーレポートは、2014 年度より共同利用実験課題の終了届を兼ねることになりましたので、課題責任者は一課題につき一報以上をご提出することが求められています。

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

ユーザーレポートの原稿や電子ファイルの準備・投稿要領は PFACR2021 のホームページ (英語ページ: https://www2.kek.jp/imss/pf/eng/science/publ/acr/2021/acr-submission-en.html, 日本語ページ: https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2021/acr_submission_jp.html) に掲載しておりますのでご覧下さい。執筆は英語もしくは日本語でお願いします。

<ユーザーレポート提出締切:2022 年 6 月 30 日(木)>

2022 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)の次回の公募は10月上旬から受付開始し,締切は11月中旬を予定しております(低速陽電子実験施設の共同利用実験課題を併せて公募します)。緊急かつ重要(U型),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 2022 年 4 月に有効となり、実験が開始できます。

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

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

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

2022 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します。

記

- **1. 開催期間** 2022 年 4 月~ 2022 年 9 月
- **2. 応募締切日** 2021 年 12 月 17 日(金) [年 2 回(前期と後期)募集しています]
- 3. 応募書類記載事項(A4 判,様式任意)
 - (1) 研究会題名 (英訳を添える)
 - (2) 提案内容(400字程度の説明)
 - (3) 提案代表者氏名, 所属及び職名(所内, 所外を問わない)
 - (4) 世話人氏名(所内の者に限る)
 - (5) 開催を希望する時期
 - (6) 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究 者の氏名,所属及び職名
- **4. 応募書類送付先**(データをメールに添付して送付) 放射光実験施設 PF 秘書室 Email:pf-sec@pfiqst.kek.jp TEL: 029-864-5196

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します(1件当り上限30万円程度)。開催日程については、採択後、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

2021年

8月28日 「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」(オンライン)

9月4~5日 KEK 一般公開 (オンライン)

9月13~17日 第9回対称性・群論トレーニングコース (KEK つくばキャンパス)

10月7日 防災・防火訓練

10月19日 PF 2021年度第二期ユーザー運転開始

10月29日 PF-AR 2021年度第二期ユーザー運転開始

11 月 8 日 KEK 50 周年記念式典

11月 9~10日 KEK 50 周年記念シンポジウム

12月 7日 PF-AR 2021 年度第二期ユーザー運転終了

12月17日 2022年度前期フォトンファクトリー研究会応募締切

12月23日 PF 2021年度第二期ユーザー運転終了

2022年

1月7~9日 第35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7~9日 2021 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第13回 MLF シンポジウム/第39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. 2021)

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(水)			1(金)	Ė		1(月)		_	1(水)	_	B (6.5GeV)
2(木)			2(土)	Ė		2(火)	_ E	E (5GeV)	2(木)		(6.5GeV) M
3(金)			3(日)	<u> </u>		3(水)	 _ В	B (5GeV)	3(金)	_	IVI
4(土)			4(月)	<u> </u>		4(木)	- M	(5GeV)	4(土)		Е
5(日)			5(火)	Ė		5(金)	- IVI		5(日)	– HB	(6.5GeV)
6(月)			6(水)	Ē		6(土)	_		6(月)		E(I) (6.5GeV)
7(火)			7(木)	STOP	STOP	7(日)	_ E	E (5GeV)	7(火)		(6.5ĠeV)
8(水)			8(金)	Ė		8(月)	_ _ _		8(水)		
9(木)			9(土)	Ė		9(火)	_		9(木)		
10(金)			10(日)	Ē		10(水)	_ _ B	B (5GeV)	10(金)	M	
11(土)			11(月)	Ė		11(木)		(5GeV)	11(土)	_	
12(日)			12(火)	Ė		12(金)	_ _ _	IVI	12(日)		
13(月)			13(水)	Ē		13(土)	<u></u>		13(月)		
14(火)			14(木)			14(日)	_ E	E (5GeV)	14(火)	HB	
15(水)	STOP	STOP	15(金)	E		15(月)			15(水)		
16(木)			16(土)	T/M		16(火)			16(木)	Ē	
17(金)	E		17(日)	F' ' '' '		17(水)	= B	М	17(金)		
18(土)	_		18(月)			18(木)	_ M		18(土)	_	STOP
19(日)	_		19(火)	Ε		19(金)	- · · ·		19(日)	_	3105
20(月)			20(水)	B		20(土)			20(月)	HB	
21(火)	_		21(木)			21(日)	- - Е	E (6.5GeV)	21(火)	_ (I)	
22(水)	_		22(金)	_		22(月)			22(水)	_	
23(木)	_		23(土)	– – Е		23(火)	_		23(木)		
24(金)	_		24(日)			24(水)	_ B	B (6.5GeV)	24(金)		
25(土)	_		25(月)	_		25(木)	- M	(6.5GeV)	25(土)	_	
26(日)	_		26(火)	_		26(金)			26(日)		
27(月)	_		27(水)	_ B	Т/М	27(土)	_		27(月)	STOP	
28(火)			28(木)			28(日)	_ _HB	E (6.5GeV)	28(火)	E	
29(水)			29(金)			29(月)		(0.5GeV)	29(水)	E	
30(木)	_		30(土)	E	E (5GeV)	30(火)			30(木)	E	
			31(日)		(Suev)				31(金)	_	

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/) ご覧ください。

放射光共同利用実験審查委員会速報

放射光実験施設運営部門 君島堅一 兵藤一行

2021 年 7 月 26 日 (月) に,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,分科会が,7 月 7 日 (第 3 分科),7 月 12 日 (第 4 分科,第 6 分科),7 月 14 日 (第 5 分科),7 月 16 日 (第 2 分科),7 月 20 日 (第 1 分科)にそれぞれ開催されました。全体会議では午前中に課題審査,午後に放射光実験施設報告や PF-PAC 制度の改正など施設運営に関する重要事項の報告,審議,協議がなされました。

今回は、2021年度第1回目の全体会議であるとともに、 今年4月から新任期の最初の委員会になります。出席された委員による自己紹介の後、規程に基づいて委員の互選により、船守委員がPF-PAC委員長に選出されました。

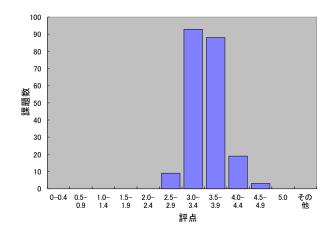
課題審査

2021 年 5 月 14 日に締め切られた 2021 年度後期共同利用実験課題公募には、G型 191 件、S2型 3 件、T型 1 件の実験課題申請があり、委員会での審査の結果、課題の採択は以下のとおりとなりました。その後、物質構造科学研究所運営会議の審議を経て最終決定となり実験責任者に審査結果が連絡されました。

1. G型課題

審査の結果,採択課題 184 件,条件付き採択課題 7 件となり,不採択課題はありませんでした。実験課題の採択基準は全体会議での審議により,評点 2.5 以上と設定されました。

令和 3 年度後期PAC 評点分布



条件付き採択課題は、実験責任者からの補足説明に関して PF-PAC 委員長の判断により条件が解除されて実施可能となります。条件付き採択課題となった課題の決定通知書には、条件に関する最初の返答(最終返答でなくても結構です)に関する期限を明記してあります。それまでに返答が無い場合には不採択となりますのでご注意下さい。

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

条件付き採択課題の条件の例

• タンパク質結晶試料の由来生物種, 試料の病原性や毒性 の有無を PF-PAC 委員長に報告して下さい。

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

PFを利用して出版された論文の登録を促進するために、これまでに採択・実施された実験課題からの報告論文数が少ない実験責任者に対しては、実験課題申請時に新たな論文登録をしていただくか、論文出版ができなかった理由書を提出していただくように実験課題申請システムにて設定されています(イエローカード方式)。以下に示す PF-PAC で設定した評価基準に従い、提出された理由書の内容を PF-PAC で検討して実験課題評点を減点する場合があります。評点が減点されている場合は実験課題申請者には審査結果とともに、その旨、通知されます。この評価基準は 2020 年度後期課題申請から変更されており、評点の減点に関しては PF-PAC で総合的に判断することになりました

参考:放射光共同利用実験課題審査手続き・評価基準

https://www2.kek.jp/uskek/apply/pfpac process.html

現在の評価基準(2020年度から)

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

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

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

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

また、PFを利用して記述された大学院生の修士論文、博士論文の登録も大学共同利用機関としての重要な指標のひとつですので改めてお願いします。これらは上記評価基準対象外の論文ですが、PF-PACでの審査時の参考にされることもあります(https://www2.kek.jp/imss/pf/use/result/)。

2. S2 型課題

全体会議での審査の結果,2件が採択,1件が条件付き 採択となりました。

課題番号:202152-003

課題名:顕微軟X線分光による機能性材料の電子状態可

視化と物性・反応との相関研究

実験責任者:東京工業大学 理学院 小澤健一

課題番号:2021S2-004

課題名:トポロジカル磁性体における位相欠陥と拡張多

極子の動的構造可視化

実験責任者:物質・材料研究機構 山崎裕一

課題番号:2021S2-002(条件付き採択)

課題名:オペラント ARPES による新原理モットトラン

ジスタの開発

実験責任者:東北大学多元物質科学研究所 組頭広志

3. T型課題

全体会議での審査の結果、1件が採択となりました。

課題番号:2021T002

課題名:TRHEPD 法による銅基板上の大面積ホウ素原子

シート、ボロフェンの構造解明

実験責任者:東京大学物性研究所 辻川夕貴

4. PF 研究会

今期は、以下の1件の研究会が採択されました。

「X線画像検出器の現状と将来展望」

提案代表者:

九州シンクロトロン光研究センター 米山明男 東北大学 矢代航

あいちシンクロトロン光センター 花田賢志

5. 報告事項,審議事項,協議事項

以下の項目が PF-PAC で報告、審議、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)

プロジェクト実施体制と組織,放射光共同利用実験審査委員会の新分科会,運転時間に関する方針,施設機能の維持・強化や将来計画に関する方針などについて報告がありました。

審議事項 (抜粋)

- G 型課題, S2 型課題, T 型課題および PF 研究会の実施 について審議されました。
- ・ Contact Person in Japan (CPJ) について

現在、外国からの申請は CPJ が必要となっていますが、「国外からの申請の場合には」を「日本語を理解しない課題責任者の場合に CPJ を置く」と修正する提案があり、提案の通り修正が認められました。

協議事項 (抜粋)

・今後の協議事項として以下の提案があり、次回以降継続して審議することになりました。

採択基準評点について、課題の再申請の基準について、実験責任者の資格について、S1、S2、U、Tおよび MP 課題の評価方法について、および、S2 型課題の規約と運用について、以前からの議論を整理したうえで、今後の議論に向けて説明・提案がなされました。

なお, 次回 PF-PAC 全体会議については, 2021 年 9 月 または 10 月の開催が予定されています。

2021 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				
2021G501	Ferromagnetism of magnetic skyrmions thin films studied by soft x-ray magnetic circular dichroism	Central University of South Bihar, INDIA	Vijay Raj SINGH	16A
2021G515	半導体からのポジトロニウム放出過程に関する研究—陽電子スピンフィルターを目指して 2021—	量研機構	河裾 厚男	低速陽電子
2021G518	オペランド全元素観測を活かした表面構造制御による水分解触媒の高効率 化	山口大学	吉田 真明	16A,7A
2021G525	軟X線レーザーによる新しい表面微細加工技術の研究開発	量研機構	石野 雅彦	11D
2021G530	高温超伝導体中のボルテックスを利用した応用技術の開発	筑波大学	柏木 隆成	16A, 3A, 4C
2021G533	光電子分光・X線吸収分光による複合アニオン酸化物薄膜の電子状態解析	東京大学	近松 彰	2A/B
2021G544	Sr ₂ IrO ₄ の反強磁性相における巨大交差相関と酸素のスピン偏極	KEK物構研	門野 良典	16A
2021G551	全反射高速陽電子回折によるβ酸化ガリウムの表面原子構造解析	東北大学	花田 貴	低速陽電子
2021G552	角度分解光電子分光による単結晶(InGaO ₃) _m (ZnO) _n の電子構造	東京理科大学	齋藤 智彦	28A/B
2021G554	充填スクッテルダイトPrT ₄ P ₁₂ (T=Ru,Fe)における高次の多極子状態の研究	KEK物構研	中尾 裕則	11B, 16A, 3A, 4C
2021G565	R ₃ T ₄ Sn ₁₃ (R = 希土類金属, T = 遷移金属) における時空対称性の破れによる電子状態	茨城大学	岩佐 和晃	11B, 16A, 3A, 4C, 8A, 8B
2021G577	TRHEPDによる単原子層Cu ₂ Siのノーダルライン型電子状態発現機構の解明	早稲田大学	高山 あかり	低速陽電子
2021G583	高効率有機太陽電池のための金属酸化物ナノ粒子薄膜の電子状態評価	千葉大学	奥平 幸司	11A, 13A/B, 27A, 3B, 7A
2021G590	オペランド軟X線吸収分光による5V級全固体Li電池正極の動作解明	東京工業大学	一杉 太郎	2A/B
2021G592	STXM study of interfaces in all solid-state batteries	NISSAN ARC, LTD.	Qiuyi YUAN	19A/B
2021G595	酸窒化ジルコニウムの原子価と局所構造	横浜国立大学	関谷 隆夫	11A
2021G600	ホウ素同位体組成を変えた模擬廃棄物ガラスの放射光分析	原研機構	永井 崇之	27A, 27B
2021G601*	X線ラマン散乱によるAサイト秩序型ペロブスカイトCaCu ₃ Ti ₄ O ₁₂ の電子構造の研究	弘前大学	手塚 泰久	13A/B, 16A, 2A/B, 7C
2021G603	蛍光基板検出によるEDLTデバイスのオペランド透過軟X線吸収分光法の開発	量研機構	堀場 弘司	2A/B
2021G607	紫外線光電子分光法による変角振動励起分子の振電相互作用に関する詳細 研究	上智大学	星野 正光	20A
2021G609	ボロン内包フラーレンの計測	産総研	榊田 創	11A, 13A/B, 16A, 7A 13A/B, 16A,
2021G610	電荷密度波を示すBaAl4型化合物における磁気テクスチャ	京都産業大学	下村 晋	19A/B, 3A, 4C, 8A, 8B
2021G611	強磁性を示すCoOナノ結晶の電子構造の解明 準大気圧光電子分光を用いた多元系材料のオペランド分析:表面機能に対	佐賀大学	石渡 洋一	13A/B, 16A, 2A/B
2021G613	単人	慶應義塾大学	豊島 遼	13A/B
2021G621	格子定数を制御したTi ₂ O ₃ 薄膜の電子状態と構造解析	東北大学	吉松 公平	2A/B, 4C
2021G622	炭素材料への物質挿入: XPSとPEEMによる深さ方向と横方向の分布の観 測	原研機構	関口 哲弘	27A, 27B
2021G626	異方性とラフネスを有する金属単結晶表面における多環芳香族炭化水素の 吸着構造解析	東京農工大学	遠藤理	12C, 7A
2021G628	フィラー粒子間バウンドラバー構造のその空間構造と化学結合状態	東北大学	江島 丈雄	19A/B
2021G629	X線ピクセル検出器(XRPIX)のサブピクセル内の応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	11B, 14A
2021G630	放射光軟X線分光器用テンダーX線多層膜回折格子の開発	東北大学	羽多野 忠	11B, 11D, 20B
2021G635	ナノ構造誘起L1 ₀ 規則化強磁性ナノワイヤの創成	東京工業大学	真島 豊	16A, 8A, 8B
2021G644	軟X線を光源としたエネルギー分散型薄膜透過XAS法の開発	KEK物構研	北村 未歩	2A/B
2021G651	酸水素化物EuVO2Hにおける応力誘起サイト間電荷移動の解明	京都大学	高津 浩	16A
2021G652	MA回収用抽出剤HONTAの電子構造と放射線分解に係る経路探索	原研機構	宮﨑 康典	20A, 28A/B, 7A
2021G656	UM ₃ O ₁₀ (M=V, Nb, Ta)に含まれるウランの原子価の決定	東北大学	秋山 大輔	27A, 27B
2021G659	不純物二価金属イオンによる炭酸カルシウム結晶多形選択機構の解明	東京大学	伊地知 雄太	NW10A, 11A, 12C
2021G660*	薄膜成長技術を活用したダブルペロブスカイト酸化物の構造・電子・スピン状態の包括的解明	東京工業大学	相馬 拓人	16A, 2A/B, 3A
2021G662	STXMによる金属-接着剤界面における分子構造解析	神戸製鋼所	高橋 佑輔	19A/B
2021G664 2021G665	全反射高速陽電子回折による二次元ハニカム・カゴメ格子の構造決定 巨大なファラデー効果を示すFeCo-BaF ₂ グラニュラー膜の軌道磁気モーメントの評	原研機構東北大学	深谷 有喜 伊藤 啓太	低速陽電子 16A
	価			
2021G666	200素子超伝導検出器を用いた X 線吸収分光装置の開発 巨大な磁気異方性を示すFe挿入遷移金属ダイカルコゲナイドのXMCD,	産総研	志岐 成友	11A, 11B
2021G668 2021G671	XMLDによる研究 蓄電池材料の溶液系オペランド軟X線吸収分光	東京理科大学 産総研	芝田 悟朗 朝倉 大輔	16A 2A/B
202100/1	田 电電台行列が成界ター・ティー・教育を教養し	/王心明	771/0 八粣	2A/D

2021G675	光電子分光法によるLPSO構造材料の局所クラスター形成メカニズムの解明	名古屋工業大学	宮崎	秀俊	13A/B
2021G678	SiC基板上のマクロスケールツイスト2層グラフェンの電子状態	東京工業大学	中辻	寬	2A/B
2021G679	傾斜SiC基板に作製したナノ構造グラフェンの電子状態	東京工業大学	中辻	寬	13A/B
2021G680	STXMによるポリオレフィン材料のサブミクロンスケール階層構造探索	京都大学	中西	洋平	19A/B
2021G681	3層遅延線アノード検出器を用いた低速陽電子回折図形の観測と表面構造 解析への応用	KEK物構研	和田	健	低速陽電子
2021G683	固体化学的アプローチで実現したアニオンドープ系酸化ガリウム薄膜の電子構造解明	東京工業大学	相馬	拓人	2A/B
2021G686	ビスマスダイカルコゲナイド系微小単結晶の顕微光電子分光による電子状態研究	物材機構	寺嶋	健成	28A/B
2021G691	時分解軟X線トモグラフィーによる磁気ダイナミクスの観測	東北大学	石井	祐太	13A/B, 16A
2021G693	反射型軟X線顕微鏡によるマルチスケール磁気イメージング	群馬大学	鈴木	真粧子	16A

第2分科				
2021G503	導電性高分子液晶のシンクロトロンXRD測定	筑波大学	後藤 博正	8B
2021G505	白金族-(Sb,Te,Se)系黄鉄鉱型鉱物の精密構造解析とDebye温度の系統的変化	熊本大学	吉朝 朗	10A
2021G516	チタンニクタイド酸化物における低温相結晶構造解析	東京大学	矢島 健	8A
2021G521	カンラン石の欠陥誘起による非晶質化プロセスの研究	筑波大学	興野 純	18C, 8B
2021G528	光学異常を示す大谷鉱山産cassiteriteの構造的要因の解明	東北大学	栗林 貴弘	10A, 6C
2021G529	Graphene-based nanomaterials in model biomembranes: Investigation of membrane	Kiel University,	Rajendra	18B
2021G530	cytotoxicity and cholesterol homeostasis 高温超伝導体中のボルテックスを利用した応用技術の開発	GERMANY 筑波大学	Prasad Giri 柏木 隆成	16A, 3A, 4C
2021G534	B20型キラル磁性体FeGeにおけるスキルミオン格子形成由来の磁歪効果に 関する研究	九州工業大学	美藤 正樹	8B
2021G542	遅延蛍光性金属錯体の固相加熱合成とその場X線回折	北海道大学	小林 厚志	8B
2021G549	六方ペロブスカイト関連酸化物イオン伝導体の高分解能X線回折データに 基づく結晶構造解析	東京工業大学	ZHANG WENRUI	4B2
2021G550	T型高温超伝導酸化物 $\Pr_{1.6 imes} La_{0.4} Ce_x CuO_4$ における異種析出相の結晶構造と超伝導	東北大学	木村 宏之	14A, 8A, 8B
2021G554	充填スクッテルダイト $\Pr{T_4P_{12}\left(T=Ru,Fe ight)}$ における高次の多極子状態の研究	KEK物構研	中尾 裕則	11B, 16A, 3A, 4C
2021G565	R ₃ T ₄ Sn ₁₃ (R = 希土類金属, T = 遷移金属) における時空対称性の破れによる電子状態	茨城大学	岩佐 和晃	11B, 16A, 3A, 4C, 8A, 8B
2021G566	酸素発生反応中の電極界面構造	千葉大学	中村 将志	3A
2021G579	金-テルル鉱物calaverite-krennerite固溶体コメンシュレート相の単結晶構造 解析	熊本大学	吉朝 朗	10A
2021G588	反転対称性を持つ系における磁気スキルミオン	東北大学	南部 雄亮	3A
2021G591	X-ray scattering studies across the helical, skyrmionic, and conical phases of chiral multiferroic Cu_2OSeO_3 single crystal	UGC-DAE Consortium for	Dinesh Kumar	3A
2021G596	スピン軌道結合系イリジウム酸化物Ca ₅ Ir ₃ O ₁₂ の105K相転移および磁気相転移の 解明	九州工業大学	松平 和之	3A, 4C, 8A
2021G599	粉末未知結晶構造解析によるフェニル酢酸系抗炎症物質塩結晶の脱水相転 移の解明	東京工業大学	植草 秀裕	4B2
2021G601*	X 線ラマン散乱による A サイト秩序型ペロブスカイト $CaCu_3Ti_4O_{12}$ の電子構造の研究	弘前大学	手塚 泰久	13A/B, 16A, 2A/B, 7C
2021G604	Aサイト秩序型ペロブスカイト $CaCu_3Ti_4O_{12}$ の局所構造研究	弘前大学	手塚 泰久	6C
2021G610	電荷密度波を示すBaAl ₄ 型化合物における磁気テクスチャ	京都産業大学	下村晋	13A/B, 16A, 19A/B, 3A, 4C, 8A, 8B
2021G614	新積分型SOIピクセル検出器を用いた撮像システムの開発とX線残留応力の 精密測定への応用	KEK物構研	西村 龍太郎	-
2021G615	(110)層状ペロブスカイトの結晶構造、相転移と物性	東京工業大学	八島 正知	4B2
2021G618	X線異常散乱法用いた, AlMnCoおよびAlMnNi系近似結晶の構造解析	東北大学	杉山 和正	6C
2021G619	放射性元素除去剤としてのスティルバイトにおけるCs交換特性と結晶構造	山口大学	中塚 晃彦	10A
2021G621	格子定数を制御したTi ₂ O ₃ 薄膜の電子状態と構造解析	東北大学	吉松 公平	2A/B, 4C
2021G623	単結晶X線異常散乱法を利用した硫化鉱物中のFe, Co およびNiの状態分析	東北大学	徳田 誠	4A, 6C
2021G624	$Y_3Fe_5O_{12}$ の Fe -O-Feの超交換相互作用に関与する $3d$ 電子軌道の観測	東北大学	坂倉 輝俊	14A
2021G629	X線ピクセル検出器 (XRPIX) のサブピクセル内の応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	11B, 14A
2021G631	石英の放射光XRD分析による衝撃圧力推定:オーストラリア-アジアテクタイトイベントへの応用	千葉工業大学	多田 賢弘	4B2
2021G632	ZrSiS型トポロジカル物質の精密構造解析	岡山大学	野上 由夫	8B
2021G635	ナノ構造誘起L1 ₀ 規則化強磁性ナノワイヤの創成	東京工業大学	真島 豊	16A, 8A, 8B
2021G637	TI系熱電材料の相転移と3次元原子イメージ	熊本大学	細川 伸也	6C
2021G648	同種元素ペアの結合距離多様化に誘起される非晶質合金中の短距離秩序構 造の解明	東北大学	川又 透	7C
2021G655	充填スクッテルダイトROs ₄ Sb ₁₂ (R:希土類)でのSb籠中の孤立振動の観測	茨城大学	大山 研司	6C

2021G657	Local atomic structure of icosahedral quasicrystals by X-ray fluorescence holography	Hiroshima University	Jens STELLHORN	6C
2021G660*	薄膜成長技術を活用したダブルペロブスカイト酸化物の構造・電子・スピン状態の包括的解明	東京工業大学	相馬 拓人	16A, 2A/B, 3A
2021G669	パイロクロア格子系におけるアイス型格子変位とスピン液体状態の解明	大阪大学	花咲 徳亮	12C, 4C, 8B
2021G674	単結晶X線構造解析に基づく日本産新鉱物の再検討	国立科学博物館	門馬 綱一	10A
2021G682	ハイ・ミディアムエントロピー合金における局所構造の解明	大阪大学	花咲 徳亮	12C, 4C, 8B
第3分科				
2021G502	白亜紀-第三紀境界堆積層中のSeとSe含有鉱物の局所構造	熊本大学	吉朝 朗	NW10A, 9C
2021G511	Role of Z atom in influencing martensitic transition in Ni-Mn- Z (Z = Ga, Sn, In, Sb) alloys	Goa University, INDIA	Kaustubh PRIOLKAR	NW10A, 9C
2021G539	細胞質へのX線照射がトリガーとなる放射線適応応答へのバイスタンダー 効果の関与	量研機構	鈴木 雅雄	27B
2021G540	Quick XAFS法によるアモルファスカルコゲナイドへの銀の光拡散の研究	総合科学研究機構	坂口 佳史	9A
2021G543	酸窒素水素化物触媒によるアンモニア合成・分解反応機構の解明	東京工業大学	北野 政明	NW10A, 12C
2021G546	Ag, Auナノコア@Fe, Co, Ni, Cu, Pdナノシェルの合成とCO2光燃料化過程の追跡	千葉大学	泉 康雄	NW10A, 9C
2021G547	Unraveling the valence state change during the trapping-detrapping process of lanthanide/transition-metal ions activated persistent phosphors	National Institute for Materials Science	健許	9A
2021G548	亜鉛空気二次電池負極における化学状態変化の解析	立命館大学	稲田 康宏	NW2A, 9C
2021G553	LPSOを形成するMgY (Gd) TM合金の初期クラスターの構造特徴と非周期性組織形成機構の解明	京都大学	奥田 浩司	10C, 15A1, 9C
2021G559	雰囲気制御In situ XAFSによるガス応答機能材料の活性構造の研究	慶應義塾大学	近藤 寛	NW10A, 9C
2021G560	研究所ウラン廃棄物の処理プロセス生成物の構造解析	原研機構	高畠 容子	27B
2021G563	サイト選択的酸素欠損生成の制御に基づくp型酸化物半導体材料開発	産総研	簑原 誠人	NW10A, 12C, 9A, 9C
2021G564	電気化学全反射蛍光XAFSによる燃料電池白金コア・シェル触媒の高活性 化機構解明	北海道大学	朝倉 清高	NW10A, 12C
2021G578	Controling the Pt-Pt coordination numbers for electrochemical oxygen reduction reaction	University College London, U.K.	Wang Ryan Feng	9C
2021G580	シッフ塩基型TTF-Cu錯体の電子状態の解明	茨城大学	西川 浩之	9A
2021G584	酸化物ナノ粒子のソルボサーマル合成過程における中間生成物の構造解析	名古屋大学	高見 誠一	NW10A, 12C, 9A
2021G598	生物電気科学技術適用による底質内部の鉄形態への影響	群馬大学	窪田 恵一	12C
2021G600	ホウ素同位体組成を変えた模擬廃棄物ガラスの放射光分析	原研機構	永井 崇之	27A, 27B
2021G608	レドックス性層状ペロブスカイト群の化学状態・局所構造解析	東北大学	長谷川 拓哉	NW10A, 12C
2021G620	時間分解XAFS法による抵抗変化型メモリー材料の抵抗スイッチング機構	広島大学	中島 伸夫	15A1, 9A
2021G622	炭素材料への物質挿入: XPSとPEEMによる深さ方向と横方向の分布の観 測	原研機構	関口 哲弘	27A, 27B
2021G623	単結晶 X線異常散乱法を利用した硫化鉱物中のFe, Co およびNiの状態分析	東北大学	徳田 誠	4A, 6C
2021G625	Agハライド-酸化物混合系の異常なイオン伝導性の発現機構の解明	山形大学	臼杵 毅	NW10A
2021G626	異方性とラフネスを有する金属単結晶表面における多環芳香族炭化水素の 吸着構造解析	東京農工大学	遠藤理	12C, 7A
2021G633	Zスキーム型電子伝達に着目した半導体光触媒上助触媒の局所構造解析	東北大学	熊谷 啓	NW10A, 9A
2021G634	空間分解XAFSによる鉄の化学状態に基づく海洋地殻ーマントル断面における水素発生ポテンシャルの評価	東北大学	岡本 敦	NW2A, 12C
2021G643	蛍光XAFS測定による秩序磁性トポロジカル絶縁体の局所構造解析	筑波大学	黒田 眞司	9A
2021G646*	合金触媒による電解反応のXAFS測定	東京大学	佐々木 岳彦	NW10A, 9C
2021G647	ドープ氷中における金属イオンの水酸化鉄への吸着挙動	東京工業大学	原田 誠	15A1
2021G656	UM ₃ O ₁₀ (M=V, Nb, Ta)に含まれるウランの原子価の決定	東北大学	秋山 大輔	27A, 27B
2021G659	不純物二価金属イオンによる炭酸カルシウム結晶多形選択機構の解明	東京大学	伊地知 雄太	NW10A, 11A, 12C
2021G667	全反射X線分光を用いたアルミナ被膜ステンレス表面の高温条件下での構造解析	産総研	阪東 恭子	NW10A, 9A, 9
2021G669	パイロクロア格子系におけるアイス型格子変位とスピン液体状態の解明	大阪大学	花咲 徳亮	12C, 4C, 8B
2021G682	ハイ・ミディアムエントロピー合金における局所構造の解明	大阪大学	花咲 徳亮	12C, 4C, 8B
2021G687	単結晶氷中に含まれるイオンの構造解析 メタン低温酸素酸化を触媒するサブナノ粒子のハイスループットスクリー	東京工業大学	原田 誠	12C, 9A NW10A, 12C,
2021G688 2021G690	ニング 新規太陽電池材料SnドープSiGe薄膜での局所構造観測	東京工業大学 	今岡 享稔 大山 研司	9C NW10A
第4分科				
2021G506	DNA維持メチル化を制御するUHRF1の阻害剤の探索	横浜市立大学	有田 恭平	17A, 5A
2021G507	酵素機能改変による細胞透過性ペプチドの創出	北里大学	松井 崇	1A
2021G508	希少糖生産関連酵素および酸化還元酵素の構造解析研究	香川大学	吉田 裕美	5A

2021G509	リン酸基の反応に関わる酵素の構造機能相関の解析	大阪医科薬科大学	藤橋 雅宏	NE3A, 1A
2021G510	バイオマス変換に使われる多様な酵素の基質認識機構の解明	東京大学	五十嵐圭日子	5A
2021G513	抗リウマチ薬及びその代謝物と炎症性サイトカインの複合体構造解析	秋田大学	松村 洋寿	17A, 1A
2021G514	核内受容体PPARリガンド結合ドメインと難溶性フェニルプロピオン酸化合物の複合体結晶構造解析	山梨大学	大山 拓次	NE3A, 5A
2021G519	澱粉に作用する新規マルチドメイン糖転移酵素の立体構造解析	東京農工大学	殿塚 隆史	5A
2021G522	メタゲノム解析より見出した新規Cas12aタンパク質のX線結晶構造解析	九州大学	松本 俊介	NE3A, NW12A, 17A, 1A
2021G526	澱粉代謝に関わる酵素群の構造機能解析	秋田県立大学	鈴木 龍一郎	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2021G532	植物二次代謝の機能および構造多様性に関する構造生物学的解析	東京農業大学	須恵 雅之	NW12A, 17A, 5A
2021G537	新規アミノ酸代謝酵素類およびカルボニル還元酵素の構造学的研究	富山県立大学	日比 慎	17A, 5A
2021G541	多彩な蛍光色を呈するDNA-銀ナノクラスターのX線結晶解析	上智大学	近藤 次郎	17A
2021G555	微生物のアミノ酸・脂肪酸代謝におけるユニークな代謝調節機構の構造基 盤の解明	東京大学	富田 武郎	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2021G556	有機金属錯体を足場として用いるタンパク質結晶化法の開発	和歌山県立医科大 学	佐々木 大輔	NE3A, 17A, 1A
2021G558	緑膿菌由来マイクロヘムエリスリンの酸素結合時におけるプロトン移動機 構の解明	茨城大学	海野 昌喜	NW12A, 1A, 5A
2021G561	疑似微小重力環境で生成した蛋白質結晶による精密構造解析	岩手医科大学	阪本 泰光	5A
2021G572	核内受容体/リガンド/コファクターペプチド複合体の網羅的な結晶構造解 析	昭和薬科大学	大橋 南美	5A
2021G575	クレブシエラ由来G6-アミラーゼのマルトへキサオース複合体結晶構造解 析	農研機構	藤本 瑞	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2021G582	Ni置換型ルブレドキシンのX線結晶構造解析	茨城大学	庄村 康人	5A
2021G585*	R1EN-fusion法を利用した汎用的結晶化方法の開発	徳島大学	真板 宣夫	NW12A, 5A
2021G589*	結晶スポンジ法の1000分の1倍スケールでの実施による高度化	東京大学	佐藤 宗太	17A
2021G597	ヒトSaposin-脂質複合体の分子基盤	北海道大学	喜多 俊介	NE3A, 17A, 1A, 5A
2021G606	NZ-1ラベリング技術の汎用化に向けた複合体作製法の最適化	横浜市立大学	禾 晃和	17A
2021G612	光合成蛋白質の光エネルギー変換機構の構造研究	名古屋大学	梅名 泰史	NW12A, 17A, 1A, 5A
2021G636	植物病原菌が生産する新規糖質加水分解酵素の構造と機能	近畿大学	大沼 貴之	NE3A, NW12A, 17A, 1A
2021G638	イネTGW6の阻害剤開発に向けたX線結晶構造解析	農研機構	鈴木 喜大	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2021G642	HLA-C拘束性HIV-1由来ペプチドの宿主免疫細胞受容体認識機構の構造基盤	北海道大学	前仲 勝実	NE3A, 17A, 1A, 5A
2021G645	脱アセチル化酵素の内在性制御因子との結晶解析	理化学研究所	工藤 紀雄	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2021G649	エピジェネティクス制御タンパク質阻害剤開発のための複合体結晶構造解 析	理化学研究所	梅原 崇史	17A
2021G650	マイクロデバイスを用いた室温条件下でのタンパク質・リガンド構造解析 法の開発	北海道大学	真栄城 正寿	17A
2021G670	回折X線ブリンキング法による機能発現に伴う分子運動解析	茨城大学	倉持 昌弘	NW12A
2021G672	アミノ基キャリアタンパク質を用いる生合成機構とその多様性創出の構造基盤	東京大学	西山 真	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2021G673	タンパク質結晶核生成数を制御する結晶育成装置の開発	茨城大学	田中 伊知朗	5A
2021G676	Molecular mechanisms of type V CRISPR-Cas systems	Institute of Biophysics, CHINA	Yanli WANG	17A, 1A
2021G685	環状β-1,2-グルカン合成酵素の環化ドメインの新規X線結晶構造解析	東京理科大学	田中 信清	NW12A, 5A
2021G689	オキシドスクアレン閉環酵素 (ラノステロール合成酵素) の立体構造を基盤とした創薬開発	産総研	山崎 和彦	1A
2021G692	ゴードスポリン生合成関連酵素の構造解析	新潟薬科大学	井深 章子	NW12A, 5A
	低分子量Gタンパク質Arfに対するGEFの細胞局在を制御する機能領域のX	群馬大学	寺脇 慎一	17A, 1A

第5分科					
2021G517	温度可変SAXS/WAXS測定による高分子電解質膜の相分離構造とイオン導 電性との相関解明	産総研	大平	昭博	6A
2021G520	昆虫体表におけるクチクラ脂質のトポロジーに関する構造科学的研究	大阪大学	金子	文俊	10C, 15A2
2021G523	超音波応答性ソフトマテリアルのin-situ SAXS分析	東京大学	本多	智	10C
2021G524	超分子を用いた高靱性かつ自己修復性高分子材料の変形時におけるナノ~ サブミクロンスケールの観察	山形大学	松葉	豪	6A
2021G531	糖鎖含有ブロック共重合体が形成するネットワーク状ミクロ相分離構造の 解析	北海道大学	磯野	拓也	6A
2021G553	LPSOを形成するMgY (Gd) TM合金の初期クラスターの構造特徴と非周期 性組織形成機構の解明	京都大学	奥田	浩司	10C, 15A1, 9C
2021G562	In situ SWAXS測定による刺激応答性脂質/シクロデキストリンナノ粒子の 構造変化モニタリング	千葉大学	東	順二郎	10C

2021G568	垂直配向したラメラ状ミクロ相分離構造を用いたキンク形成と材料強化メ カニズムの解明	京都工芸繊維大学	櫻井	伸一	15A2
2021G569	8本鎖からなる対称性星型かご型シルセスキオキサン(POSS)9分子の結晶転移	京都工芸繊維大学	櫻井	伸一	10C
2021G570	相溶性結晶性/結晶性高分子ブレンドにおける結晶ラメラ構造と力学物性	滋賀県立大学	竹下	宏樹	6A
2021G571	光相分離性タンパク質の時間分解構造解析	京都大学	中曽根		15A2
2021G573	分子コア配列制御による双連続キュービック液晶相の室温安定化	岐阜大学	沓水	祥一	6A
2021G581	金属イオンを用いた天然変性タンパク質の構造分布解析	徳島大学	斉尾	智英	10C, 15A2, 6A
2021G586	ソフトマターの凝集構造と水和状態の相関解明	筑波大学	菱田	真史	10C
2021G602	擬環状エーテル結合型リン脂質リポソームに再構成したバクテリオロドプシンの3量体2次元格子構造の安定性	群馬大学	高橋	浩	10C, 6A
2021G605	X線小角散乱による六量体型ルブレリスリンの立体構造解析	茨城大学	庄村	康人	10C, 15A2, 6A
2021G639	小角散乱法による水素結合性凝縮相の構造ゆらぎの研究	千葉大学	森田	岡山	6A
2021G640*	タンパク質/核酸内包脂質混合リポソームの低温における構造安定性と保存性に関する研究	群馬大学	平井	光博	10C
2021G654	マルチ量子ビームを活用した牛乳内カゼインミセルの構造解析	KEK物構研	高木	秀彰	15A2
2021G684	経時的測定可能な血流を保ったin vivo骨格筋の2次元X線回折法の確立	東京慈恵会医科大 学	中原i	直哉	6A

Attraction of				
第6分科				
2021G504	ビスマスの高温高圧相境界の再評価	海洋研究開発機構	小野 重明	NE7A
2021G512	高圧条件下におけるマグマ構造と含水量の間にある相関関係の解明	東北大学	坂巻 竜也	NE5C
2021G521	カンラン石の欠陥誘起による非晶質化プロセスの研究	筑波大学	興野 純	18C, 8B
2021G527	アルカリ土類金属水素化物イオン伝導体の高圧多水素化反応と物性変化	物材機構	中野 智志	NE1A, 18C
2021G545	局所反転対称性の破れたCe化合物における長距離秩序と構造相転移の関係	室蘭工業大学	川村 幸裕	18C
2021G557	希土類多ホウ化物の高温高圧合成と高圧下その場X線観察	物材機構	遊佐 斉	NE1A, 18C
2021G567	シリカライト-1の永久高密度化過程の直接観察	物材機構	小原 真司	NE1A, 18C
2021G574	ヒト胚子4次元高精細画像データベースの作成と形態発生の定量的解析	京都大学	山田 重人	14C
2021G576*	全反射入射回折X線明滅法によるタンパク質を含む機能性分子の実時間動態観察	東京大学	佐々木 裕次	NW14A
2021G587	X線暗視野法用の低歪・薄型ラウエケースアナライザの開発	北海道科学大学	島雄 大介	14B
2021G593	Study of the degradation mechanism of the perovskite solar cell by time-resolved XAFS utilizing pulse-probe technique	KEK物構研	Dongxiao Fan	NW14A
2021G594	Revealing the structure of I atom - benzene charge transfer complex by time- resolved X-ray solution scattering	Pohang University of Science and Technology, KOREA	Kyung Hwan Kim	NW14A
2021G614	新積分型SOIピクセル検出器を用いた撮像システムの開発とX線残留応力の 精密測定への応用	KEK物構研	西村 龍太郎	14A, 14B
2021G616	放射光X線回折による高圧下加工油の構造解析	京都大学	平山 朋子	NE5C
2021G617	厚い角度分析板を用いたXDFI光学系における空間解像度測定とX線病理像 への応用実験	総合科学研究機構	安藤 正海	14C
2021G627	高圧技術に基づいた半導体量子ドット間相互作用に関する研究	室蘭工業大学	武田 圭生	18C
2021G630	放射光軟 X 線分光器用テンダー X 線多層膜回折格子の開発	東北大学	羽多野 忠	11B, 11D, 20B
2021G641	50万気圧超を目指した大容量高温高圧セルの開発	KEK物構研	佐野 亜沙美	NE7A
2021G653	Unveiling photoinduced metathesis mechanism with organometallic catalysts by time-resolved x-ray liquidography and absorption spectroscopy	Korea Advanced Institute of Science	Hyotcherl IHEE	NW14A
2021G658	単色X線ステップスキャンニングトポグラフィの開発と強誘電体結晶の相 転移研究への応用	島根大学	水野 薫	20B
2021G661	高温高圧その場観察実験によるFe-Si-H3成分系の相図及び状態方程式の決定と水素溶存量の決定	東京大学	鍵 裕之	NE7A
2021G663	フッ素が含水鉱物の圧力応答に及ぼす影響	東京大学	鍵 裕之	18C
2021G677	鉛フリーハライドペロブスカイト半導体の高圧構造物性の解明	筑波大学	松石 清人	NE1A, 18C

課題名等は申請時のものです。*印は条件付き採択課題。

2021 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				
2021P007	Investigating the network structure of plasma-assisted chitosan-acrylic acid hydrogels using NEXAFS	University of the Philippines-Diliman	Kathrina Lois Taaca	7A
第3分科				
2021P002	$Ln_4Ni_3O_8(Ln:$ ランタノイド)の特定サイト元素置換によるキャリアドーピングの検証	横浜国立大学	上原 政智	9A, 12C
2021P004	鉄・コバルト系磁性イオン液体における低温の局所構造解析	防衛大学校	下野 聖矢	9A
2021P008	新規銀多核錯体の構造解析	日本大学	尾関 智二	NW10A
第6分科				
2021P001	疎水性ナノ空間における微小水集団の超高圧下での特異な相挙動	信州大学	二村 竜祐	18C
2021P003	有機伝導体単結晶の単色X線トポグラフによる結晶評価	埼玉大学	谷口 弘三	20B
2021P005	新規ユウロピウム酸水素化物における圧力下での異方的格子圧縮の解明	京都大学	高津 浩	18C

第 132 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時:2021年5月28日(金) 15:30~

開催方法:Web 会議

【1】第131回議事要録について

【2】審議

- (1) 教員公募(放射光(軟X線・真空紫外領域)・准教授 もしくは特別助教若干名)
- (2) 教員公募(放射光(回析・散乱,硬X線吸収分光)・ 准教授もしくは特別助教若干名)
- (3) 教員公募(中性子・教授1名)
- (4) 教員公募(中性子・准教授1名)
- (5) 教員公募(ミュオン・特別助教1名)
- (6) 物構研の人事方針等について
- (7) 教員人事(物構研 20-6・放射光・教授 1 名)
- (8) 教員人事(物構研 20-7・ミュオン・助教 1 名 女性)
- (9) 所長候補者選考手順に関する意見交換

【3】報告事項

- (1) 人事異動
- (2) 博士研究員の選考結果について
- (3) 研究員の選考結果について
- (4) 2020 年度および 2021 年度放射光共同利用実験課題 審査結果について (P型)
- (5) 2021 年度前期放射光共同利用実験課題審査結果について(条件解除報告)
- (6) 協定等の締結について(国内機関関係)(資料配布のみ)
- (7) 協定等の締結について(外国機関関係)(資料配布のみ)

【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

第 135 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時:2021年7月9日(金) 15:00~

開催方法:Web 会議

【1】前回議事要録(案)について

【2】審議

- (1) 教員公募(中性子・助教1名・女性)
- (2) KEK 研究実施計画 2022 について
- (3) 教員人事(特定人事・ミュオン・特任助教1名)
- (4) 物構研の人事方針等について
- (5) 所長候補者選考手順に関する意見交換

【3】報告事項

- (1) 人事異動
- (2) 第3期中期目標期間4年目終了時の業務の実績に関する評価結果
- (3) 2021 年度放射光共同利用実験課題審査結果について (P型)
- (4) 協定・覚書等一覧(国内機関関係)(資料配布のみ)
- (5) 協定・覚書等一覧(外国機関関係)(資料配布のみ)

【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: 2021年5月31日(月) 16:00~(オンライン)

題名: #33 宿主内環境を支配する寄生蜂の生存戦略:寄生

蜂毒の同定と機能解析に向けて

講師: 丹羽隆介氏(筑波大・生存ダイナミクス研究セン

ター)

日時: 2021 年 6 月 14 日(月) 16:00 ~ (オンライン・物構研内限定)

題名:#34 in situ XAFS による触媒の動的変化に関する研究

講師: 朝倉清高氏(北大・触媒科学研究所)

日時: 2021年7月12日(月) 16:00~(オンライン)

題名:#35 中性子で観る量子物質の準粒子構造

講師: 益田隆嗣氏(東大・物性研究所)

2021 年度第 1 期配分結果一覧

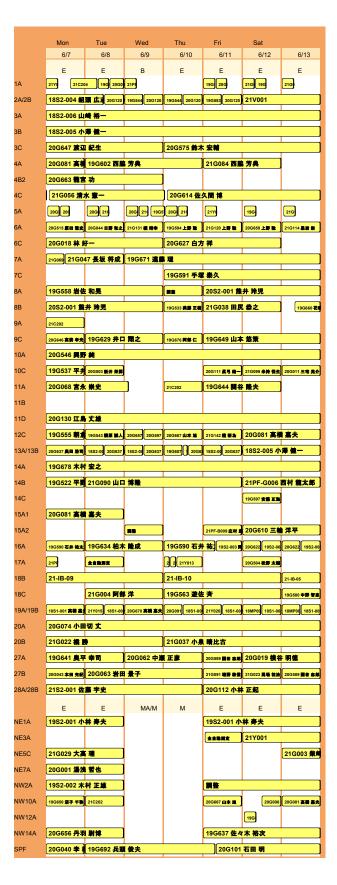
	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8	5/9
	STOP	STOP	STOP	T/M	T/M	T/M	T/M
1A							
2A/2B							
3A							
3B							
3C							
4A							
4B2							
4C							
5A							
6A							
6C							
7A							
7C							
8A							
8B							
9A							
9C							
10A							
10C							
11A							
11B							
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							

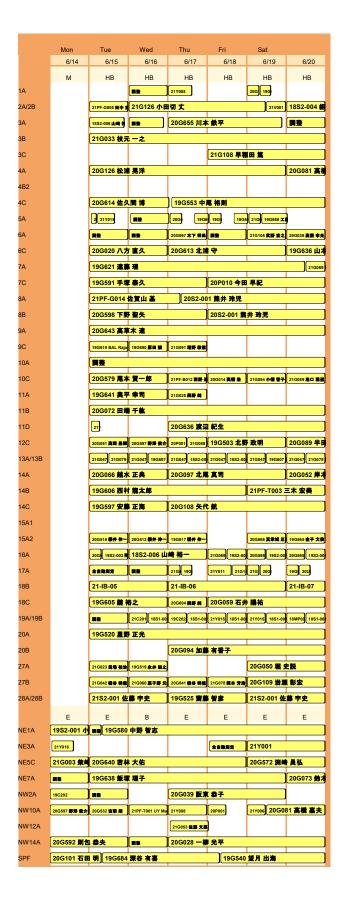
	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/10	5/11	5/12	5/13	5/14	5/15	5/16
	E	E	В	E	E	E	E
1A	調整		21PF-B004	公垣 直宏		21G 21G121 #	
2A/2B	18S2-004 組	頭 広志					
3A	19G670 中	村 将志		20\$2-002	中村 智樹	20G526 岩	林 裕助
3B	21G079 櫻井	岳暁					
3C		20G094 加濃	有番子				
4A	#	20G081 高相	喜夫		20G611 三河	内岳	
4B2	19G552 植草				19G507 三年		
4C		19G553 中,	- 40 Ril	18\$2-004		. 90	
	調整						
5A	調整	21Y005	21G 21F	20G	20G 21F	21P#	19G
6A	調整	開整	19G687 中瀬 正彦	20G107 古質 舞都	19G654 微善 明億	21G049 金子 文使	21G116 小田 隆
6C	20G638 徳田	M					
7A	20G054 朝倉	大輔	1982-	003 南宮 健太	19C202		19S2-003
7C	20S2-001 龍	井 玲児					
8A	調整		2082-001 龍	井 玲児	20S2-001 館	井 玲児	
8B	20G660 客野	温	20S2-001 龍	井 玲児		20G628 佐賀	山基
9A	-	21PF-Q001 阿書(20G596 丹羽 秀治	20G0	81 高橋 嘉夫		19G689 原日
9C	##	20G039	21Y006		21Y008	20G673 椿 俊太郎	
		200035	211000	400547 ***	_	200073 # 1824	2000/09
10A	調整			19G517 吉朝			
10C	調整		21G139 石毛 亮平		21G089 港口 職道	20G077 今村 比昌	20G071 山本 勝宏
11A		21G047 長坂	模成				
11B		20P009			20G051 高層	昌輝	
11D	19G547 羽多	野忠					19G642 羽多
12C	開整	21Y003	19G655	20G081 高権	嘉夫	20G608 保倉 明子	21G076 億余 截平
13A/13B	1852 185 1852	1852	18S 19G5	21PF 18SE 18S2-	21PF 18S 18S2	18S2 18S 19G5	1852 185 1852
14A	W#	20G052 岸本	後二		19G576 高田	英治	20G045 岸本
14B	21PF-T003				調整		20G585 姚 #
14C	調整		20G556 米山		調整		
			20G330 ж µ	14020			
15A1	調整				19G685 奥田	治可	
15A2							
16A	20G049 椎名	20G537末	21PF-T0	002 渋谷 昂平	1982-00	3 雨宮 健太	20G595 19S2-00
17A	調整	20G504 松野 太韓	21G 20U 19G5	21Y013 21C20	200 2000	21Y001	
18B	運営						
18C	19G550 川村	幸裕			20G635 健 补	春之	
19A/19B	#2	21PF-S 20G675	21PF-SI 20G675	21PF-SI 18S1-00	21PF-SI 18S1-00	21PF-S 18S1-00	21PF-T 18S1-00
20A	調整		20G609 北島				
20B	32		21G090 山口				20G094 加加
27A	21G023 馬場 補給		. 5000 ра	and the same	20G589 圖書 志郎		
							040000 == 3
27B	#	21G078 岡本 労拾	21G023 馬場 補始			20G589 国谷 志郎	21G080 岡本
28A/28B	調整			21S2-001 佐	票 宇史		
	STOP	STOP	STOP	T/M	T/M	T/M	T/M
NE1A							
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW12A NW14A							
	21G021 望月	出海		20G040	李松田		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/17	5/18	5/19	5/20	5/21	5/22	5/23
	E	E	В	М	E	E	E
1A	19G 20G	2110	21G 20G 19G5		21Y005	20G	
2A/2B	19G645 環場 弘司	19G632 小瀬	文夫		21G092 福尾 眞史	20G669 相層	清吾
3A	20G526 若料	i mi	20G665 有馬 4		20G665 有馬	李尚	
3B	21G079 櫻井	岳暁			21G079 櫻井	岳曉	
3C					20G585 姚 ź	k昭	
4A	20G650 佐竹	涉	20G534 伊藤 敏		20G008 石榴	秀巳	20G126 松湯
4B2	19G507 三宅	亮					
4C	19G634 柏	木隆成)	19G634 柏木	20G671 増	田卓也
5A		21G046 大津 博棚	19G 190		21G	19G	
6A	21G030 米器 亩人	19G672 泰田 剛					20G553 松村 衛隆
6C	20G638 億 田				19G558 岩佑		
7A		003 南宮 健太	-		19S2-003 m		21G069
							J[21G069]
7C	20S2-001 m		WAN E		20S2-001 m		(200000 #4
8A			NIAN Padmai			ASUBRAMA	20G628 佐男
8B	20G628 佐賀				20G628 佐賀	進	
9A	19G689 原田	i Mi	21G076 億余 截平		21C206		
9C	19G652 亀川 孝	20G539	19G676 阿部 仁		21G008 朝倉	清高	21G017 原田
10A	19G517 吉朝	朗					
10C	20G567 矢員 史樹	20G011 三宅 亮介	19G515 菱田 真史			19G523 斉尾 智英	20G674 新井 第一
11A							
11B							
11D	19G642 羽多	21PF-Q003	山田 悟史				
12C	19G503 北野 取明	19G575 黒田 美司	19G569 岡本 敬		21T001 福 億太郎	21G123 票据 義業	20G644 森田
13A/13B	1852 185 1852-	1852 1851 1852	1852 185 1852-		1852-00 1852-00	1852-00 1852-00	19G5
14A	20G045 岸本	後二			19G566 山本	Z	
14B	20G585 號 ź	k昭			19G598 島城	大介	
14C	調整	21G086 Thet Thet	20G126 松油 黒洋		20G032 高松		
15A1	19G569 岡本				調整		19G554 朝倉
15A2		-					
16A		20G630 安井	- Ats-4- Att		19G553 中層	松剛	20G577
						נאנד	200577
17A	20G 20G	全自物研定	21PF-B010		21Y011	04 ID 45	
18B	21-IB-14					21-IB-15	
18C	20G635 ##		19G605 盤 格之		19G580 中野		
19A/19B			21PF-T004 農木 3			001 高橋 嘉夫	20G675 挽野 眞希
20A	20G609 北島				20G609 北島	昌史	
20B	20G094 加加	21G090 山口	博隆		21PF-S001	平野 馨一	
27A					21G023 馬場 補油		
27B	21G080 岡 才	19G519 永井	操之		20G041 機备 明德	21G060 菓子野 元	19G651 鈴木 鞭雄
28A/28B	21S2-001 佐	藤 宇史			21S2-001 佐藤 宇	21G101 吉田	鉄平
	E	Е	В	Е	Е	Е	E
NE1A	#	21PF-S001					
NE3A	調整		調整		全自购到定	21Y001	
NE5C	調整			19G567 坂着			
NE7A			調整	20G073 鈴木			
NW2A	調査	20G588 河里		20G053 井口		19G663 尾脚	42二
NW10A	開登	20G656 21G136		20G621			19G543 後原 輸入
		200000 216136		200621			
NW12A		000000 ===	調整		20G 20G 21G0	,	21G048 佐4
NW14A	調整	20G022 野港		7	40 m -11-11-		
SPF	調整	21G077 前島	前行	21G021	望月出海		N#

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/24	5/25	5/26	5/27	5/28	5/29	5/30
	E	E	В	М	E	E	E
1A	2 21020	20G			20G016 #	20G 20G	
2A/2B	20G669 相屬	19G645 堀埔	弘司		21G085 湯川	椎	19G514 木井
3A] 19G557 岩	佐 和晃			20G034 松井	武	
3B	21G079 櫻井	岳曉			18S2-005 小	澤 催一	
3C	20G585 姚 ź	k昭					
4A	20G126 松浦	見洋			20G126 松浦	見洋	
4B2		19G665 八島	正知		19G665 八島	正知	
4C	20G671 増圧		20G628 佐賀山 (20G628 佐賀	ரம் ஆ	
5A		21Y011				21G 20G533 🖀	1
6A	調整		FR				
		19G691 華原 悟				19G623 中原 宣教	20G102 重型 黄
6C	19G616 手類				19G568 細川		
7A		003 南宮 健太			20G047 境 i		
7C	20S2-001 麓	井 玲児			調整		
8A	20G628 佐賀	(山 基			20S2-001 熊	井 玲児	
8B	20S2-001 麓	井 玲児			21PF-G015 松平 \$	20G660 客駅	# #
9A		開業	19T002 徐木 崩		20G080 高導	木達	
9C	21G017 原田	21G032 前之	園 信也		19G655 今間 享港	21G133 市原	文彦
10A					20G535 吉朝	朗	
10C	21G006 矢澤 備二		19G659 棚井 伸一		21PF-B005 波都 및	20G637 奥田 培司	19G685 奥田 浩司
11A					20G049 權名	達雄	
11B					21G146 沼子	千弥	
11D		20G587 伊蘭	雅英		20G587 伊藤	雅英	
12C	20G644 森田	21G129 大津 博義	21Y010		21G088 21G146	20G042 —	伸之
13A/13B	19G591 手填	19G618 小森	文夫		19G543 装原 輸入	18S2-00 19G591	18S2-00 19G591
14A	19G566 山本	: 孟				19G606 西井	龍太郎
14B	19G598 🚓 🖠	20G565 安蘭	正海		20G565 安藤	正海	20G583 砂口
14C	20G678 🏚	治一			20G678 森 油一	20G549 松T	昌之助
15A1	19G554 朝倉		21PF-Q001 阿部 (
15A2							
16A	20G577 🗞 🕏	19G553 中見	(地)		18S2-006 山	峰坐 —	21G069 19S2
17A	2000 364		20G 21G 20G5		1002 000 12	21G 21G	21G 20G
	21-IB-15	全自動測定	200 210 2005				21-IB-04
18B		- 4m-t-			温紫		21-16-04
18C	19G580 中野		19G580 中野 智恵		21G122 佐藤		
19A/19B		21V002 21G123	21C206		18S1-001 高	侑 景夭	
20A	20G609 北島	善更					
20B	21PF-S001				19G642 羽多		
27A		20G019 横名	明徳		20G062 中海		
27B	21G078 岡本 芳油	20G043 本田 充紀	20G589 國卷 志郎		20G606 松浦	治明	20G558 渡者
28A/28B	21S2-001 佐	夢 宇史			21S2-001 佐	夢 宇史	
	Е	Е	В	М	Е	Е	E
NE1A	21PF-S001	平野 馨一			1982-001 小	林 寿夫	
NE3A		210	開整		全自物別定		
NE5C	調整	19G628 急 畫	川卓美		19G628 亀畫	川卓美	20G073 鈴才
NE7A	20G073 鈴木	昭夫			20G073 鈴才	昭夫	
NW2A	調整	21C205			19C202		19G569 岡本
NW10A	20G657	20G653 西 I	女廠		21G129 大津 博蘭	20G081 高橋 高夫	20G608 保倉 明子
NW12A	21G048 佐久	2110	調整		21G050 佐藤	· 文菜)
NW14A	20G022 野湾	_			調整		
SPF	19G692			20G631 石田			20G101 石田

	•		•				•
	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6
	Е	E	В	М	E	E	E
1A		2 21Y022	19G 20U		21PF-B004 松垣 首	19G	21G147 SU Xiaod
2A/2B	19G514 木井	其一	20G634 石板 香子		18S2-00 19G645	18S2-00 19G645	19G645 福場 弘司
3A	20G582 比基	野乃花			20G103 道杯	真司	
3B	18S2-005 小	澤 健一			18S2-005 小	澤 健一	
3C					20G647 渡辺	1 紀生	
4A	20G608 保倉 明子	20G513 光强	<u> 10</u>		20G081 高權	嘉夫	
4B2	20G547 藤井	孝太郎			20G663 簡言	T)	
4C	21PF-G015	松平 和之			21PF-G015	20G506 秋	本 晃一
5A			19G			20G 19G 19G5)
6A	21G020 幹 勢大	21G096 中川 慎太	19G579 職野 拓也		20G037 高賽 孝光	21G138 中沢 寛光	19G596 上原 件夫
6C	19G635 細川	伸也			20G581 木木	耕治	
7A	20G047 境 i	東 司			21G047 長坂	将成	21G069
7C	19G591	手塚 泰久					
8A					19G558 岩佑	和晃	
8B	19G534 英島 豊	20S2-001 熊	井 玲児		2082-001 盤井 琦!	21PF-G014	佐賀山 基
9A	20G080 高草	[木達			21PF-G002 仁書 #	20G006 植化	裕太
9C	20G532 吉朝 前	21G073 一柳 優子	21Y007		20G621 臭村 和		
10A	20G535 吉朝	朗			20G535 吉朝	朗	
10C	20G110 油本 弘之	21G135 LI Xiang	同性		20G071 山本 勝宏	21G139 石毛 亮平	19G537 平井
11A	20G049 椎名	連維			19G650 沼子		20G068 宮
11B							
11D	20G587 伊菔	雅英			20G130 江島	文雄	
12C	21G083 加度				19G555 朝倉		
13A/13B			21L(20G541 (1)			18S2-00 20G619	1852-00 20G619
14A	19G606 西本		2129(200041 48)		21PF-G006		
14B	20G583 70 C				19G522 平男		
14C	20G549 松丁		20G550 松下 昌之		20G550 松下		
15A1	200045 (2)	E CW	200000 & F M &		21G084 西屬		
15A2					210004	, A R	
16A	1002 003	244 4000 000	4000 000 1144 49		21PE C008	九里 绘制	400000 ### ###
		21L0 19S2-003			21PF-G008		19G622 芝田 信劍
17A	21Y016	全自動測定	21Pf		21G041 2 20G5	19G539 遊1	24 ID 00
18B	21-IB-04	. = 7	21-IB-02		21-IB-02	240004 = 4	21-IB-09
18C	21G122 佐倉					21Р001 二村	
19A/19B	19C202 18S1-00	19C202 20G639	19C202 20G639		21PF-G009		18S1-00 19G609
20A	400010 77	E di			20G074 小田		
20B	19G642 羽参		nn etr		21G022 橋 屋		
27A		21G042 横名			19G641 奥平		
27B		20G038 坂口	任史			21G060 菓子香 元	20G041 機器 明徽
28A/28B	21S2-001 佐	藤 宇史			21S2-001 佐	藤 宇史	
	E	E	В	E	E	E	E
NE1A	1982-001 小						
NE3A		21Y005	調整		全自助與定	21Y001	
NE5C	20G073 鈴才					21G029 大道	理
NE7A	#2	20G001 湯沙					
NW2A	19G569 岡本	敦	1982-002 木	村正雄			
NW10A	20G676 泉 康總		19G503 北野 政朝	20G039	19G655		
NW12A		20G514 m	調整]		19G
NW14A	調整		21PF-G010	深谷 亮			
SPF	20G101 石田	明	19G684 深名	有害		20G040	李 松田





	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/21	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26	6/27
	НВ	НВ	MA/HB	НВ	НВ	НВ	НВ
1A		21PF-B004 松堰 1	調整	19G 19G 20G6	21PF 21PF-B015	21G 20G	21G 20G642 干
2A/2B	18S2-004 組	21V001 21G095	21G095	和田真一		18S2-004 組	頭広志
3A	調整		2082-00	2 中村 智樹			
3B	21G033 枝元	こっさ	21G033	枝元 一之			19G641 奥平
3C	21G108 早 和	田篤	21G108	早稲田 篤			
4A	20G081 高相	嘉夫	20G081	高橋 嘉夫	21G123 栗棉	美菜子	20G611 三月
4B2							
4C	18S2-006 µ	山崎 裕一	18S2-006 L	19G558 岩·	佐 和晃		
5A	21G 200	21Y011	無金	20G	19G		20G
6A	20G046 答本 久典	20G649 REE Brian	調整	19G624 山口 裏	21G049 金子 文使	20G555 養田 真史	19G654 機器 明備
6C	19G636 山本	篤史郎	20G503	坂井 伸行			
7A	21G069 21PF-	-T005 山本 涼	19G641	臭平 幸司		21C206 19S2	003 南宮 健才
7C	19G591 手類	秦久	19G591	手塚 泰久			
8A	20S2-001 熊	井 玲児	調整		21PF-Q002	村井 直樹	調整
8B	21PF-G014	佐賀山 基	21PF-G	014 佐賀山 基			
9A	20G608 保倉 明子	19T002 鈴木 樂	21G091 增 1	20G656 21G051	21G134 高相	一志	
9C	21G117 畠山 衛帝				21G035 原日	雅史	21Р004 下野 聖失
10A	調整		20G586	栗林 貴弘			
10C	21G007 有田 参平	19G532 東 羅二郎		20G064 上夕	保裕生		21PF-B013 渦潭 男
11A							
11B	20G072 田蛸	千数	20G072	田端 千紘	21PF-G007	中尾 裕則	
11D	20G636 渡辺	1 紀生	20G636	渡辺 紀生			20G013 小湘
12C	20G089 半日		20G081 高	20G597 野郷 後介	21G088	21G067 田 旺帝	19G504 催永 徽平
13A/13B	21G047 21G079	21G047 19G607	1882-005 4	21PF-G 19G607	21PF-G 20G664	简件 21 20G548	18S2-005 /
14A	20G052 岸本	後二	調整			20C213	
14B	21PF-T003	三木 宏美	21G022	横勝			
14C	20G108 失代	航	21G066	亀沢 知夏			
15A1							
15A2	開放	21PF-B014 小田 N		調整	19G523 斉尾 智英	21G103 典田 剛	20G055 畠山 鶴滑
16A	18S2-006 山	崎 裕一	19S2-003 N	21Y023 18S2-00	21Y023 18S2-	006 山崎 裕-	21PF-G003
17A		全自助測定	調整	21Y013	20G 21G	20G658 5	21G 20G612 近 夏
18B	21-IB-07		重常	21-IB-11		E#	21-IB-1
18C	20G632 久米	· 徽二	20G632	久米 徹二	20G544 門 本	宏和	
19A/19B	18MP00 18S1-00	18MP00 18S1-00	1982-002 #	21C203 18S1-00	21C203 18S1	001 高橋 嘉邦	
20A	19G520 星雲	正光	19G520	星野 正光			
20B	19G571	水野 薫	19G571	水野 薫			
27A	20G050 堀 S	20G043 本田 完紀		20G589 國格 志郎	21G023 馬場 補始	20G038 板口	佳史
27B	20G109 岩湖	20G589 國祭 寒螂		20G035 渡台	蒯	21G080 岡 才	芳浩
28A/28B	21S2-001 佐	藤 宇史	2182-001	21G141 坂雲	昌人	21PF-G013	足立 純一
	E	E	В	М	E	E	E
NE1A	20Р008 松本	凌			19G580 中雲	智志	
NE3A	2102	104			全自物用定	19G663 尾間 智二	21P
NE5C	20G572 期時 員弘	20G048 興時 員弘			20G048 渤甸	員弘	
NE7A	20G073 鈴木	昭夫			20G672 久何	友明	
NW2A	#	20G106 山下	期平		20G106 山T	翔平	
NW10A	20G597 野海 後介	21G035 原田	雅史		20G090 池本	弘之	
NW12A						21G048 佐々木 報	21G013 🛣
NW14A	20G584 高木	壮大			開整	21PF-G011	船守 展正
SPF	21G077 前島	尚行		19G599	和田健		調整

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	6/28	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3	7/4
	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ
1A	21Y004	2 21Y022		21PF-B017	20G 20G5	21PF	21PF-B004 松堰 II
2A/2B	20G551 SAN	TANDER-SY	RO Andres				
3A	20S2-002 中	村智樹	18S2-006	山崎 裕一		21V003	
3B	19G641 奥平	幸司					
3C	21G108 早報	田篤					
4A	20G611 三河	20G650 佐竹 沙	20G081 高相	事夫	20G081 高相	嘉夫	
4B2							
4C	19G558 岩佑	和晃	20G526 若	林 裕助			
5A	206 206 2160	21G046 大津 博蘭		20G0 21G 20P0	21Y017	19G 20G527 4 J	21G 200 19G
6A				20G078 湯口 宣明			
6C	20G503 板井			21G043 伊東			
7A			003 南宮 健力		20G652 板井 延寿	190202	
	19G591 手爆		003 ME 182			190202	
7C		· 泰久		19G646 JI			
8A	調整				21PF 21PF-G016		
8B	18S2-006 山	嵴 裕一			21V001	19G511 小林	厚志
9A	21C206	19C202	19G614 中島 帶央	21PF-Q001 阿部 (19G614 中島 伸夫	19G650 沼子	- 千弥
9C	21G075 間山 範之	21C206		1982-00	21Y008	20G673 椿 f	後太郎
10A	20G586 栗村	貴弘					
10C	19G521 松葉 豪	21G131 複 培命	21G096 中川 慎太	20G567 矢貝 史樹	19G577 高木 旁彰	21G006 矢澤 億二	19G538 本多智
11A							
11B	21PF-G007	中尾 裕則	20G072 田蛸	千数			
11D	20G013 小池	3 雅人		21			
12C	20G039	20G597 野澤 後介	19G660 花明	徳亮	21Y024	21G133 市原	文彦
13A/13B	1882-005 小	海 21G009	20G542 21G009	20G542 21G009	20G623	20G548 20G623	19G641 20G623
14A	20C213	20G045 岸本	後二				
14B	21G022 福 I	20G095 河蜀	子哲朗		20G506 秋本	果一	
14C	21G066 急步		20G557 米山	田里	20G578 竹名		
15A1				,,,,,			
15A2	調整		20G552 小川	. * *	調整	20G065 山本	
	21 1852-00	C 1148 40		005 山本 涼輔			
16A						21PF-T002	
17A	21PF 21PF-B001	全自助詞定	調整	21Y005 21C20	2001 20G5	21G 19G 21G0	20G SE
18B	21-IB-13		21-IB-08	3			
18C		19G664 宮川	I C			19G605 ## *	
19A/19B	18\$1-001				21V002	18S1-001 高	商嘉夫
20A	20G086 種塚	i ##—					
20B	19G57	21G090 山口	博隆				
27A	20G019 機善 明他	21G042 機善 明徳	21G023 馬場 裕治	20G589 國眷 志郎	20G043 本田 完紀	21G027 富田	雅典
27B	20G043 本田	充紀	21G042 横名	明徳	21G027 富田 雅典	21G028 小嶋 光明	19G651 鈴木 雅雄
28A/28B	21PF-G013	21G101 吉田	鉄平				
	Е	E	В	М	Е	Е	E
NE1A			調整		開放	21PF-G001	柴崎 裕樹
NE3A	19G 21G	200	216 206		全自助測定	21Y001	
NE5C	20G048 溯向	21G082 浦川	啓		21G082 浦川	啓	
NE7A	20G672 久保	友明	20G075 山崎 大輔		20G075 山崎	大輔	
NW2A	1982-002 木				20G039 阪第		
	21Y008		19G619 BAL Raja		20G070 宮矛		
NW10A						.,,,,,,	
		2110	211		196 210 2400	196	20G570 ## +-
NW12A		21Y0	21Y(19G 21G 21G0		20G570 佐藤 文集
	21PF-G011 }	船守展正	21Y 原登 高山 あかり		20G617 2 5		20G570 佐藤 文集

	•						•
	Mon 7/5	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
	STOP						
1A	0.0.						
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							

「PF ニュース」からのお知らせ

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

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

PF ニュース編集委員一同

投稿のお願い

【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

【建設・改造ビームラインを使って】

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

【ユーザーとスタッフの広場】

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

詳細は事務局または PF ニュース HP をご覧下さい。

宛 先

〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 放射光実験施設内 PF ニュース編集委員会事務局

TEL: 029-864-5196 FAX: 029-864-3202 E-mail: pf-news@pfiqst.kek.jp URL: https://www2.kek.jp/imss/pf/pfnews/

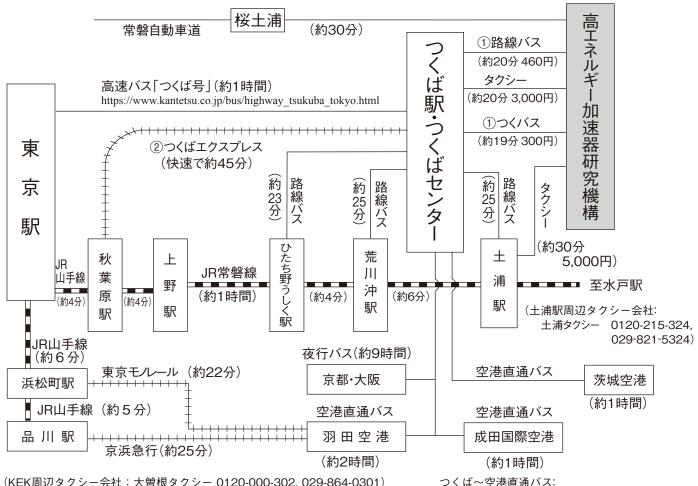
編集後記

2020 年春より PF News 編集委員を務めさせて頂き、早く も一年余りが経ちました。昨今のコロナ禍により、現在も 本誌の編集会議はオンラインで行われております。PF まで 片道2時間かかる私としては時間的メリットが大きい一方 で、他の編集委員の皆様と議論や交流を深める機会が限ら れている点は少し寂しくも感じます。ちょうど、大学でオ ンライン講義を受けることを余儀なくされた学生の境遇に 似たものを感じました。私の勤める大学でも昨年度多くの 講義がオンラインで行われましたが、通学が不要なことを 喜ぶ学生がいた一方で、学内で孤立し不安を感じた学生も 少なくなかったように見受けられます。オンライン化によ るメリットは多く、今後もこの波が続くことは間違いあり ませんが、それでも「生のもの」に触れる体験や「余白」 で得られるものの価値は褪せることがないと思います。本 誌はオンライン版と冊子版の両媒体で発行されており、両 者の利点を活かした情報発信を目指して一同取り組んでお ります。冊子版の場合、目の前に冊子があるということ自 体が読書意欲を誘うという利点があるのではないかと個人 的には思います。研究やビームタイムの「余白」の時間に、 本誌を手に取って目を通していただけるのであれば、編集 委員の一員として幸いなことこの上ありません。(G.S.)

* 2021 年度 PF ニュース編集委員*

委員長	清水	伸隆	物質構造科学研究所			
副委員長	古賀	舞都	産業技術総合研究所			
委 員	井口	翔之	東京工業大学物質理工学院	石田	明	東京大学大学院理学系研究科
	岩波	睦修	ENEOS(株)中央技術研究所	岩野	薫	物質構造科学研究所
	宇佐美	美徳子	物質構造科学研究所	門林	宏和	物質・材料研究機構
	北村	未歩	物質構造科学研究所	木村	正雄	物質構造科学研究所
	芝田	悟朗	東京理科大学理学部	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	山崎	信哉	筑波大学数理物質系
事務局	高橋	良美	物質構造科学研究所			

KEK アクセスマップ・バス時刻表



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

https://www.bus-ibaraki.jp/hwbus/highway.html

①つくばセンター ←→ KEK

(2020年12月19日改定)

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 関東鉄道バス 所要時間 約20分

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)

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
НВ	7:05	7:25	НВ	10:20	10:40	НВ	15:50	16:10	НВ	19:30	19:50
C8	× 7:20	× 7:35	НВ	10:50	11:10	C8	× 16:25	× 16:40	HB	20:10	20:30
НВ	7:25	7:45	C8	× 10:55	11:10	НВ	16:30	16:50	HB	20:30	20:50
C8	× 7:50	× 8:05	71	11:00	11:21	71	× 16:35	16:56	HB	21:20	21:40
НВ	7:50	8:10	НВ	11:50	12:10	C8	× 17:00	17:15	HB	21:50	22:10
18	× 8:12	× 8:34	НВ	12:20	12:40	НВ	17:10	17:30	НВ	22:30	22:50
НВ	8:20	8:40	НВ	12:50	13:10	НВ	17:50	18:10			
71	8:50	9:11	НВ	13:20	13:40	71	17:50	18:11			
71	× 9:07	× 9:28	C8	× 14:00	× 14:15	C8	× 17:55	× 18:10			
НВ	9:25	9:45	НВ	14:10	14:30	НВ	18:10	18:30			
НВ	9:45	10:05	НВ	14:50	15:10	C8	× 18:30	× 18:45			
71	× 9:55	× 10:16	71	15:15	15:36	НВ	18:55	19:15			
C8A	× 10:00	× 10:15	НВ	15:20	15:40	71	× 19:10	19:31			

18系統の土浦駅東口→つくばセンターは20分間です。

上り(×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	KEK	つくば センター	系統	KEK	つくば センター	系統	KEK	つくば センター	系統	KEK	つくば センター
HA	6:19	6:55	71	10:18	10:45	HA	15:44	16:20	HA	20:34	21:10
71	× 6:28	× 6:55	C8	× 10:55	× 11:19	HA	16:24	17:00	HA	21:04	21:40
HA	6:39	7:15	HA	10:59	11:35	HA	16:54	17:30	HA	21:44	22:20
HA	7:04	7:35	HA	11:29	12:05	71	16:58	17:25			
HA	7:04	7:40	C8	× 11:50	12:10	C8	× 17:20	× 17:45			
71	○ 7:28	○ 7:55	HA	11:59	12:35	HA	17:24	18:00			
71	× 7:28	× 8:00	HA	12:24	13:00	C8	× 17:50	× 18:15			
HA	7:34	8:10	HA	13:24	14:00	71	× 17:58	× 18:30			
HA	8:39	9:15	HA	13:54	14:30	HA	18:09	18:45			
C8	× 8:50	× 9:14	HA	14:24	15:00	HA	18:44	19:20			
HA	8:59	9:35	71	14:28	14:55	C8	× 18:45	× 19:15			
C8	× 9:25	× 9:49	C8	× 14:50	× 15:10	HA	19:24	20:00			
HA	9:24	10:00	HA	14:54	15:30	18	× 19:30	× 19:50			
HA	10:04	10:40	71	× 15:28	× 15:55	НА	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 (2020年3月14日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分〔1,210円〕 普通回数券(11枚綴り),昼間時回数券(12枚綴り),土・休日回数券(14枚綴り)あり 詳細はホームページ http://www.mir.co.jp/をご参照下さい。

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

9:01	9:56	19:10	20:06	 * 23:45	0:43
		土曜 / 休	日・下り		
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	8:45	9:38	○ 23:00	23:45
* 5:30	6:28	O 9:00	9:45	23:15	0:08
○ 5:50	6:35	9:13	10:06	23:30	0:23
6:04	6:57	○ 9:30	10:15	* 23:45	0:43
6:16	7:09	9:43	10:36		
O 6:30	7:15	O 10:00	10:45		
6:45	7:38	10:13	11:06		
○ 7:00	7:45	O 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	O 22:00	22:45		
00:8	8:45	22:15	23:08		
8:15	9:08	22:30	23:23		
○ 8:30	9:15	22:45	23:38		

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

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

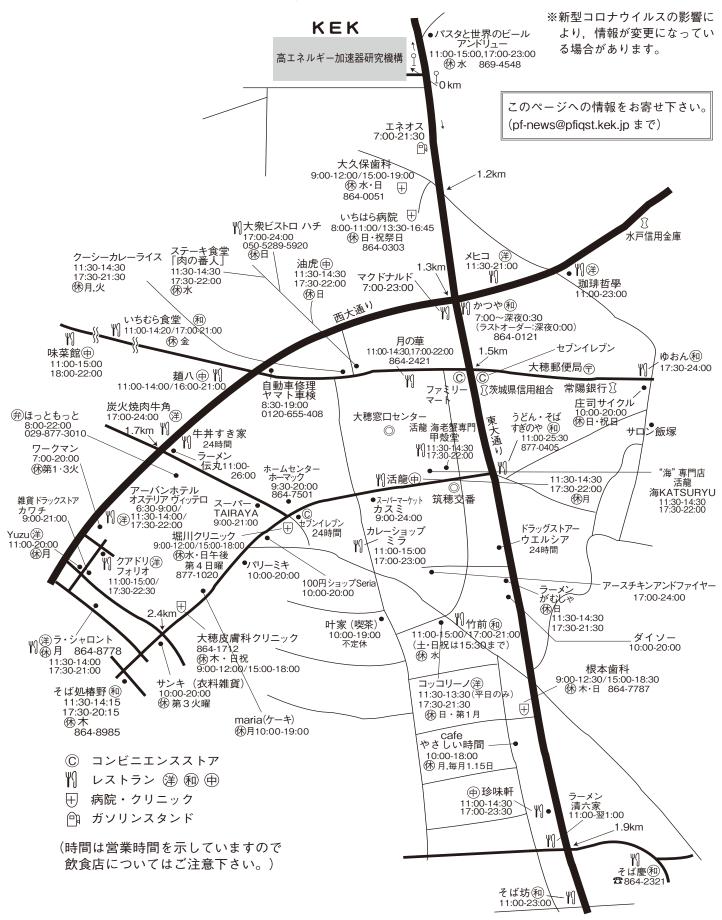
- ※新型コロナウイルスの影響により、情報が 変更になっている場合があります。 - KEK周辺生活マップ参照 - - $0 \, \text{km}$ (1) アーバンホテル (http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html) TEL (029) 877-0001 6,825円~ ② 筑波研修センター 1.9km TEL (029) 851-5152 3,600円~ 修文学院 筑波建築試験センタ (3) ホテル日航つくば(旧オークラフロンティアホテルつくば) (http://www.nikko-tsukuba.com) TEL (029) 852-1112 (4) 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) 学園平塚線 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) 6.3km 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~ トヨケリース 7.4km (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 8.4km (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) レストラン街 (10) ビジネスホテル松島 (5) TEL (029) 856-1191 (15)(17)(16) (新館) 6,500円~ (9) 和 6,800円 (3人~) - 9.0km 研究学園駅 焼鳥屋 (風呂・2食付) (本館) 6,000円~ 和 6,300円(3人~)(2食付) (13) 南大通り (8) (14) (11) ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円~ TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円~
 - ① 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~
 - (3) 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
- ⑥ 東横イン (http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/) TEL (029) 863-1045

洞峰公園

① ホテルマークワン (http://www.mark-1.jp/) TEL (029) 875-7272

KEK 周辺生活マップ

放射光実験施設研究棟, 実験準備棟より正面入口までは約800 m



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 **KEK内福利厚生施設** 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 2,200円 シングルバス・トイレなし 1,700円

- ドミトリーは夜の22時から朝の8時までは施錠されます。また、この時間帯は管理人が不在ですので、22時以降にドミトリーに到着される方はインフォメーションセンター(029-864-5572, PHS:3398)でドミトリーの部屋の鍵を受け取って下さい。
- 支払いはユーザーズオフィスにて、現金の他、クレジットカード、デビットカードが利用可能です。 また宿泊が週末等になり、ユーザーズオフィスで 支払えない場合は銀行振込または管理人による現 金での領収(土、日、祝のみ)も可能です。
- ●図書室(研究本館1階 内線3029)

開室時間:月~金 9:00~17:00

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

●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
- ●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、平日の昼食のみとなります。

【平日】

昼食 11:30~15:00まで (年末年始, 夏季一斉休業日は除く)

●売 店 (ニューヤマザキデイリーストア) (内線 2987) 弁当, パン, 食料品, 軽食, 菓子類, 日用品, タバコ, お酒, 雑誌, 切手等, KEKオリジナルグッズの販売等。

ユーザーの少ない閑散期は、平日のみの営業となります。

月~金 8:00~19:00 (年末年始,夏季一斉休業日は除く)

- ●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)。
- ★shipping@pfiqst.kek.jp宛のご連絡は不要となりました。
- ★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○○○(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にお願い 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

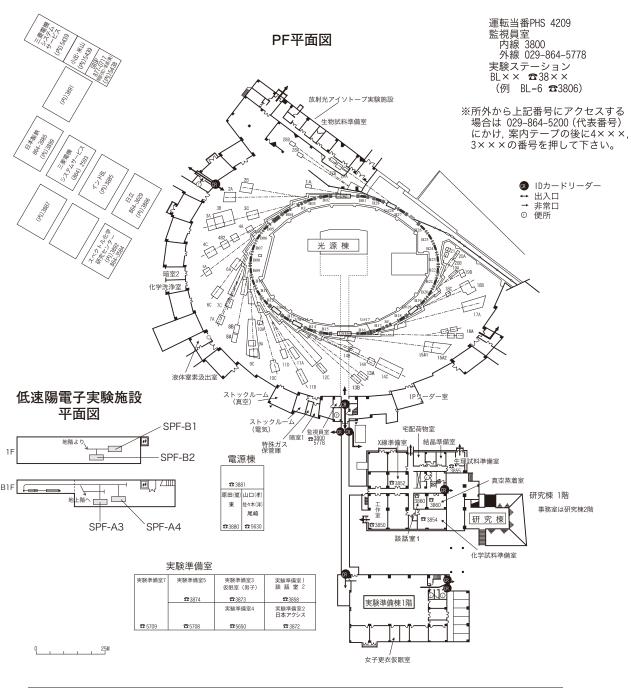
ビームライン担当一覧表 (2021.8.1)

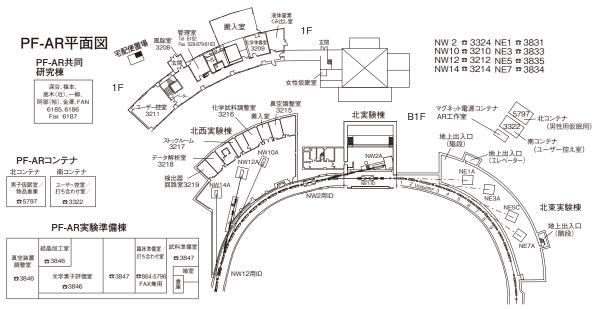
ビームライン	光源	BL担当者	
ステーション 形態	ステーション/実験装置名	担当者	担当者(所外)
(●共同)	司利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用E	BL, ★UG運営ST)	
BL-1	U	松垣	
BL-1A	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣	
BL-2	U	北村	
BL-2A∕B ●	MUSASHI:表面・界面光電子分光,広エネルギー帯域軟X線分光	北村	
BL-3	U (A) / B M (B, C)	中尾	
BL-3A	極限条件下精密単結晶X線回折ステーション	中尾	
BL-3B ●★	VUV 24m球面回折格子分光器(SGM)	間瀬	枝元 (立教大)
			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	MPW	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	ВМ	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	ВМ	雨宮(岡林:東大	;)
BL-7A 🔷	軟X線分光(XAFS, XPS)ステーション	雨宮	岡林 (東大)
(東大・スペクトル)	NI III yy left and an	17.1	
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	ВМ	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	VW	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		
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		
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	ВМ	熊井
BL-18B(インド・DST) ◇●	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 MANNA, Gouranga (JNCASR)
BL-18C ●★	超高圧下粉末X線回折計	船守 鍵 (東大)
BL-19	U	山下
BL-19A/B	軟X線顕微/分光実験ステーション	山下
BL-20	ВМ	足立(純)
BL-20A ☆●	3m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	ВМ	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	HU	北村
BL-28A/B	可変偏光 VUV·SX 不等間隔平面回折格子分光器	北村
	高分解能角度分解光電子分光実験ステーション	
PF-AR		
AR-NE1	EMPW	船守
AR-NE1A •	レーザー加熱超高圧実験ステーション	船守
AR-NE3	U	山田
AR-NE3A •	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
AR-NE5	ВМ	船守
AR-NE5C	高温高圧実験ステーション /MAX80	船守
AR-NE7	ВМ	平野
AR-NE7A	X 線イメージングおよび高温高圧実験ステーション	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	ВМ	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

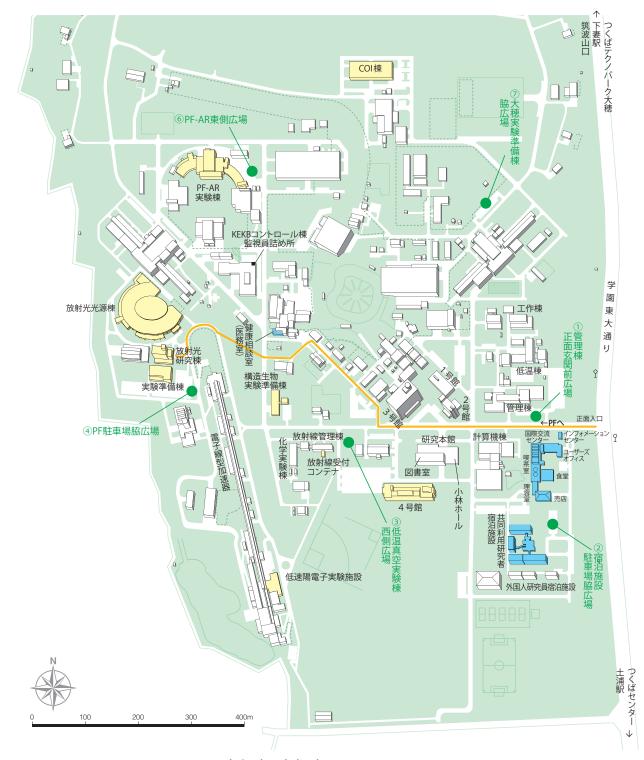
【UG 運営装置】 AR-NE7A 高温高圧実験装置(MAX-III) 久保友明(九州大)

【所外ビームライン】BL-7A東大 RCS岡林 潤 (東大)jun@chem.s.u-tokyo.ac.jpBL-18Bインド JNCASRMANNA, Gouranga029-879-6237 [2628]mannag1988@gmail.com





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

