

### Beyond 5G に資する低環境負荷な物質・デバイス商用化技術の創出 Society 5.0 for SDGs に資するキーテクノロジー

2021年2月3日  
東北大学電気通信研究所  
信越化学工業株式会社  
高エネルギー加速器研究機構  
東北大学多元物質科学研究所  
高輝度光科学研究センター  
情報通信研究機構

#### ■概要

次世代無線通信システム (Beyond 5G) は、来るべき社会、持続可能性を担保しつつ、必要な人に必要なモノ・サービスが必要なだけ届く快適な社会 (Society 5.0 for SDGs, 一般社団法人日本経済団体連合会 (経団連) 提唱) の基盤インフラとなるものです。

本研究グループは、グラフェンを用いた低環境負荷かつ超高速なデバイスの革新的な製造法を創出しました。本法は世界最高水準品質を保ちつつコストを 1/100 以下にすることを可能にし、さらに、グラフェン・デバイスが従来抱えていた弱点を克服することで Beyond 5G に不可欠な THz 帯で動作するデバイスの商用化を可能にするものです。

本研究は、東北大学電気通信研究所の吹留博一准教授らの研究グループと信越化学工業、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所、高輝度光科学研究センター、情報通信研究機構 (NICT) との産官学連携共同研究の成果です。

本研究成果は、2月4日に MDPI の科学誌「Nanomaterials」に掲載されます (この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/02/PR20210204.pdf> をご覧ください)。

### 電場に追従した強誘電体の電子状態のリアルタイム観測に成功 ~鉛を使わない環境に優しい強誘電体材料開発に道筋~

2021年3月4日  
広島大学  
東京工業大学  
静岡大学  
高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

広島大学大学院先進理工系科学研究科の加藤盛也大学院生 (博士後期課程 1 年)、中島伸夫准教授らは、東京工業

大学科学技術創成研究院の安井伸太郎助教、同大学物質理工学院の安原颯助教、静岡大学大学院総合科学技術研究科の符徳勝教授、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の足立純一研究機関講師、仁谷浩明助教、武市泰男助教、ラトビア大学のアンドリス・アンスボックス主任研究員らと共同で、チタン酸バリウム薄膜に交流電場をかけた際に引き起こされる電子状態変化のリアルタイム観測に初めて成功しました。

物質に電場をかけた際に、物質を構成する原子間の結合がどのように変化するのか、その場観察することは困難でした。放射光 X 線を用いた元素選択的な測定と、高速信号処理が可能な半導体 X 線検出器を組み合わせることにより、この困難を克服し、バリウムイオンとチタンイオンの静電相互作用を実験により初めて明らかにしました。古くから知られているチタン酸バリウムは、人体に有害な鉛を使わない強誘電体として再注目されており、本研究により、この物質を使った材料開発に新たな道筋を見出しました。

本研究の成果は、材料学で権威のある雑誌 Acta Materialia に 1 月 21 日付でオンライン掲載されました (この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/03/PR20210304imss.pdf> をご覧ください)。

### 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 O157 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> をご覧ください)。

### 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と、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/wp-content/uploads/2021/05/PR20210525.pdf> をご覧ください)。

### 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イ材料として期待されています。中でも、熱活性化型遅延蛍光 (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> をご覧ください）。

## 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）の富田雅典上席研究員、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> をご覧ください）。

## 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/wp-content/uploads/2021/07/PR20210721.pdf> をご覧ください）。

### 放射光でついに見えた磁気オクタポール ～熱を電気に変える新たな担い手～

2021年9月22日  
東北大学金属材料研究所  
東北大学大学院理学研究科  
東北大学国際放射光イノベーション・  
スマート研究センター  
高輝度光科学研究センター  
高エネルギー加速器研究機構  
京都大学複合原子力科学研究所  
東京大学大学院理学系研究科

#### ■概要

物質中の電子が持つスピンを起源とする高い熱電変換効率や大きな異常ホール効果は、これまで電子スピンの揃った状態でのみ起こると考えられてきました。その一方で、スピンの互いに打ち消し合うように整列した反強磁性と呼ばれる状態でも、大きな効果が報告されており、スピンは打ち消し合っているにも関わらず、何らかの状態が打ち消し合わずに向きを揃えていると考えられていました。これは、「磁気八極子」として理論的に予測されていましたが、実験的には検出されていませんでした。

東北大学金属材料研究所の木俣基准教授、野尻浩之教授と高輝度光科学研究センター（JASRI）の雀部矩正博士研究員、小谷佳範主幹研究員、横山優一博士研究員、東北大学大学院理学研究科の栗田謙亮大学院生、是常隆准教授、物質・材料研究機構の山崎裕一主幹研究員、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所の中尾裕則准教授、雨宮健太教授、京都大学複合原子力科学研究所の田端千紘助教、東京大学大学院理学系研究科の中辻知教授、東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センターの中村哲也教授らの研究グループは、磁石のマイクロな起源である電子スピンの互いに打ち消しあう反強磁性と呼ばれる状態の中に潜んだ「磁気八極子（磁気オクタポール）」を放射光X線実験から明らかにしました。

今回検出された磁気八極子は、従来のスピンよりも高速制御が可能で、スピントロニクスデバイスなどの大幅な高速化にも貢献すると期待されています。本研究の成果は新規なスピントロニクスや熱電変換機能を生み出す起源を探る新たな手法の提案であるとともに、放射光を用いたX線磁気分光や共鳴X線散乱の新たな可能性を拓くものです。

本成果は2021年9月22日10:00（英国時間）に、Nature Communications 誌にオンラインで公開されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/09/PR20210922r.pdf> をご覧ください）。

### 極めて安定な天然赤色色素を分解できる バクテリアを発見 ～新たな糖代謝酵素の同定～

2021年9月30日  
筑波大学  
高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

カルミン酸は、コチニールカイガラムシという甲虫の一種が作る天然の赤色色素で、食品や化粧品、医薬品の着色に広く利用されています。この色素は、糖が炭素-炭素（C-C）結合した化合物群 C-配糖体の一つで、その C-C 結合は極めて安定なため、自然環境中でどのように分解されているのかは不明でした。

本研究では、筑波大学周辺の土壌から、カルミン酸を分解するバクテリアを発見しました。このバクテリアは、まずカルミン酸の糖を酸化し、その後、C-C 結合を分解します。その際の酸化反応を触媒する酵素を同定し、CarA と名付け機能解析を行いました。

CarA は、糖を酸化する酵素のグループに属し、C-配糖体を基質とする新規な酵素でした。また、CarA 以外に、別のバクテリアから遺伝子クローニングした2種類のホモログ（複数の生物種で類似する）酵素についても、同様の働きが見られることを明らかにしました。データベース検索により、さまざまな微生物が CarA ホモログを有することが判明し、C-配糖体代謝において、C-配糖体3'-オキシダーゼ（CarA ホモログ）による糖の酸化が、初発反応として広く一般的に見られることが示唆されました。さらに、これらのホモログ酵素の一つについてのX線結晶構造解析により、このC-配糖体3'-オキシダーゼの反応機構が立体構造に基づいて提唱されました。

今後、他の代謝酵素も同定することにより、C-配糖体代謝の全容を解明していく予定です（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/09/PR20210930.pdf> をご覧ください）。

### 昆虫のさやばね内部に十字型の影をもつ球 晶構造を発見

2021年10月5日  
筑波大学  
高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

タマムシやオサムシ、コガネムシなど昆虫の外骨格は美しい構造色（微細構造によって光の干渉や散乱が生じて発

色する現象)を示します。これは、主としてさやばねが、らせん構造をもつコレステリック液晶のような規則的な構造を持つことに由来します。このような材料は、柔らかさと固さを併せ持っており、さらに表面は、虹色に輝いたり、金色もしくはエメラルドグリーンのような金属反射が見られたりすることから、生体模倣材料などへの応用も期待されています。

本研究では、外骨格を有する昆虫であるカナブン類のさやばねについて、透過型および反射型の顕微鏡観察を同時に行い、構造を調べました。その結果、さやばね内部に、表面の構造色の反射だけでなく、マルターゼクロスと呼ばれる十字型の影をもつ球状の構造(球晶)を発見しました。昆虫においてマルターゼクロスが観察された報告は、本研究が初めてとなります。この構造は、オサムシの場合、整然と列をなして並んでいます。タマムシでは、不規則に存在しています。また、コメツキムシでは楕円上のマルターゼクロスの配列がみられました。これは、甲虫の種類に応じて、同様の液晶性構造からマルターゼクロスを形成したためだと考えられます。つまり、この現象は、タマムシやオサムシ、コメツキムシが同じ種類の生物から進化したことと関わっている可能性があります(この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/10/pr20211005.pdf>をご覧ください)。

## 岡山県産鉱物「逸見石」が示す新奇な磁性特徴的な結晶構造が量子力学的なゆらぎを生み出す

2021年10月18日

東北大学

岡山大学

東京工業大学

高エネルギー加速器研究機構

福井大学

神奈川県立産業技術総合研究所

### ■概要

我が国ではこれまで140種類を超える多くの新鉱物が発見されていますが、サンプルの稀少さから、固体物理学の視点で物性研究をした例は多くありません。東北大学多元物質科学研究所 山本孟助教、坂倉輝俊助教、木村宏之教授らの研究グループは、岡山県高梁市布賀鉱山で産出する逸見石が量子力学的なゆらぎの強い磁性体であることを、放射光や理論計算、極低温物性測定を用いて発見しました。高い精度で結晶構造を解析できる放射光X線回折により、逸見石が従来の報告とは異なる結晶構造を持つことが明らかとなりました。今回決定した結晶構造と理論計算から、逸見石は量子力学的なゆらぎが強く現れる磁気スピン格子の性質を持つことが分かりました。この発見は、稀少さのために磁性研究の舞台に上がることが少なかった「日本産新

鉱物」に注目するという、新しい視点を持った研究成果です。

本成果は2021年10月13日(米国時間)にPhysical Review Materials誌でオンライン公開されました(この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/10/pr20211018.pdf>をご覧ください)。

## 金属が破壊する瞬間に出現する不思議な原子配列を発見

2021年10月27日

高エネルギー加速器研究機構

### ■概要

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所の丹羽尉博技師、高橋慧博士研究員、一柳光平研究員、阿部仁准教授、木村正雄教授、European XFEL 佐藤篤志 シニア・サイエンティストからなる研究グループは、レーザー衝撃による金属銅の破壊に伴う原子構造の変化を、放射光を用いたX線吸収分光とX線回折を併用して調べ、破壊する瞬間に不思議な原子配列が出現することを初めて見いだしました。

レーザー照射された銅は時間とともに、(i)弾性変形(時間 $t=0\sim 20$ ナノ秒)、(ii)塑性変形( $t=20\sim 50$ ナノ秒)を経て、(iii)近接する原子間の構造は大きく乱れているのに、数100個の原子列全体では結晶の特定方位での配列が揃っているという不思議な原子配列状態("short-range-disorder-only" stateと命名)( $t=50\sim 320$ ナノ秒)が出現し破壊に至ることが本研究により明らかになりました。

本研究のアプローチ法および得られた情報は、社会インフラ構造材料として信頼性が求められる金属系材料の破壊メカニズムの理解と制御に重要な知見を与える(工学的重要性)とともに、従来の材料科学分野ではほとんど例の無い不思議な原子配列状態("short-range-disorder-only" state)を見いだした(学術的重要性)という両面で今後の展開が期待できます。

この研究成果は、10月26日にMaterials Science & Engineering Aに掲載されました(この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/10/pr20211027.pdf>をご覧ください)。

## 新しい半導体物質「硫化ホウ素シート」の生成に成功

2021年10月28日

筑波大学

東京工業大学

高知工科大学

東京農工大学

名古屋大学

高エネルギー加速器研究機構

### ■概要

硫化ホウ素シートは、ホウ素と硫黄から構成される原子4層の厚みの二次元状に広がった物質で、優れた熱電特性や水素吸蔵特性を示すことが理論的に予測されていました。しかしながら、これまでに実際に合成あるいは観測された報告はありませんでした。本研究では菱面体硫化ホウ素という層状の物質の表面を剥離することにより、硫化ホウ素シートの生成に成功しました。

分析の結果、この硫化ホウ素シートは、ホウ素と硫黄が共有結合した半導体であり、このシートを重ね合わせることで、バンドギャップが最大で1.0 eV（エレクトロンボルト）程度変化することが分かりました。これは、太陽電池やトランジスタなどの電子デバイス部品や、光触媒として用いる上で重要な特性です。さらに、電子の有効質量が軽いという性質を持ったn型半導体であることが計算により示されました。

今後、理論予測されていた熱電材料や水素貯蔵材料としての応用に加え、電子デバイスの半導体部品としての利用や、光触媒としての応用、光に反応するセンサー材料など、幅広い分野への展開が期待されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/10/pr20211028.pdf> をご覧ください）。

### C-配糖体の安定な炭素-炭素結合を切断する酵素の機能と立体構造を解明

2021年11月17日

筑波大学

高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

本研究グループは、糖の炭素-炭素結合切断酵素（C-C結合切断酵素）についてデータベースを解析した結果、腸内細菌から土壌細菌まで幅広い種類の細菌がC-C結合切断酵素をもっており、腸内だけでなく、自然界全体で、C-配糖体が代謝され循環していることを見いだしました。自然環境中の細菌からC-C結合切断酵素が発見されたのは初めてです。どの細菌のC-C結合切断酵素も、2種類のタンパク質（糖異性化酵素と機能未知酵素）が複合体を形成し、一つの酵素として働きます。試験管内での酵素機能の解析から、プエラリン（葛の根に含まれるイソフラボン的一种）などのC-配糖体はいずれの細菌においても、まず酸化酵素によって糖の部分が酸化されて3'-oxo-C-配糖体になってからC-C結合切断酵素で分解されることが判明しました。また、本酵素は金属イオンを反応に用いることも明らかとなりました。

次に、全ての酵素において、さまざまな3'-oxo-C-配糖体を準備し、基質の選択性注を調べたところ、アグリコン部分の構造に対しては寛容である一方、構造中の糖の結合位置は厳密に認識していることが分かりました。さらに、細菌のC-C結合切断酵素について、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（IMSS）放射光実験施設フォトンファクトリー（PF）でのX線結晶構造解析と、同じく構造生物学研究センターのクライオ電子顕微鏡を利用した単粒子解析により、この酵素の立体構造の解明にも成功しました。腸内細菌由来の酵素と土壌細菌由来の酵素のアミノ酸配列の類似度は40%程度ですが、全体構造はよく似ており、反応に重要なアミノ酸残基（活性部位）もよく保存されていました。また、それぞれの酵素の構造解析から、活性部位の空間の形が、基質として受け入れられる3'-oxo-C-配糖体の糖の位置を認識していることも見いだしました。酵素の立体構造が明らかになったことで、2種類のタンパク質がどのように結合しているのか、どのように基質を受け入れるのかだけでなく、反応する際の構造変化や、反応に関与するアミノ酸や金属も特定され、詳細な反応機構が結晶構造に基づいて初めて提案されました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/11/pr20211117.pdf>をご覧ください）。

本研究成果は、英国科学雑誌Nature Communicationsのオンライン版に2021年11月2日付けで公開されました。

### 高速データ解析で極薄膜物質の原子配列解析を加速 ～全反射高速陽電子回折における新しいデータ解析法の導入～

2021年11月24日

鳥取大学

高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

鳥取大学工学部機械物理系学科・同大学同学部先進機械電子システム研究センターの星健夫准教授（兼任：高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所客員准教授）、同大学大学院博士前期（修士）課程の阪田大志郎氏、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（IMSS）低速陽電子実験施設（SPF=Slow Positron Facility）の望月出海助教・兵頭俊夫協力研究員（東京大学名誉教授）、九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門の田中悟教授、同大学大学院修士課程の尾家翔太郎氏、東京大学総合文化研究科の福島孝治教授の共同研究グループは、測定データに対する新しい解析法を提案し、スーパーコンピュータを用いて、SPFにおける先端実験である全反射高速陽電子回折法（TRHEPD法、トレプト法）のデータ解析で、その有用性を実証しました。TRHEPD法は物質最表面や極薄膜物質の原子配列の超高精度解析法です。本研究により、高速かつ自動的にデータ解析する計算手法が確立されました。今後、革新的化学反応触媒・超高速情報処理ナノデバイスなどの開発に必要な原子配列解析の加速が期待されます。

本研究成果は、エルゼビア社が発行する「Computer Physics Communications」誌のオンライン版に10月4日に掲載されました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/11/pr20211124.pdf>をご覧ください）。

### 共鳴トンネル効果を用いたモットトランジスタの原理検証に成功 ～次世代デバイスの実現に向けて～

2021年12月9日

東北大学多元物質科学研究所

高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

モットトランジスタは、高性能で消費電力の低いトランジスタが実現できることから、次世代デバイスの有力候補として盛んに研究されています。モットトランジスタでは、モット絶縁体における電気を流さない「電子固体」と電気を流す「電子液体」間の電子相転移（モット転移）を利用

して On/Off を切り替えます。しかし、モットトランジスタにおいては、従来広く用いられてきた電界効果型トランジスタ構造ではさまざまな原理的な問題がありました。東北大学多元物質科学研究所の組頭広志教授らの研究グループは、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の湯川龍特任助教（現：大阪大学大学院工学研究科 助教）らと共同で、量子井戸間の共鳴トンネル効果を利用した新しい原理で動作するモットトランジスタを開発しました。

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、Beyond CMOS の有力候補であるモットトランジスタの実現が期待されます。

本研究成果は、英国科学雑誌 Nature Communications のオンライン版に 2021 年 12 月 3 日付けで公開されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/12/pr20211209.pdf> をご覧ください）。

## 放射光源設計の新機軸 - ハイブリッドリングによる放射光 2 ビーム同時利用 -

2022 年 1 月 5 日

高エネルギー加速器研究機構

### ■概要

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（以下「KEK」）の物質構造科学研究所と加速器研究施設が共同で運営する放射光実験施設フォトンファクトリーにおいて、長パルス超伝導線形加速器と蓄積リングとを組み合わせた新しい放射光源のアイデアが提案された。

フォトンファクトリーは、X線域に及ぶ広範なエネルギーの放射光の利用を可能にする国内最初の専用施設として 1982 年にファーストビームの発生に成功し、40 年の長期にわたり、大学の基礎研究から企業の応用研究まで、幅広く活用されて成果を挙げてきた。

KEK では、ファーストビームから 50 周年にあたる 2030 年代前半までにフォトンファクトリーの後継施設を建設することを目指しており、世界的な加速器の研究機関に相応しい新光源施設の検討を進めている。

KEK 加速器研究施設・加速器第六研究系の原田健太郎准教授、同小林幸則教授（研究主幹）、KEK 物質構造科学研究所・放射光実験施設の船守展正教授（実験施設長）らの研究グループは、新概念による放射光源施設「ハイブリッドリング」を考案した。ハイブリッドリングでは、従来の放射光実験を継続・発展できるだけでなく、放射光 2 ビーム同時利用という新しいタイプの放射光実験が可能になることから、幅広い科学技術分野へのより一層の貢献が期待される。

この研究成果は、国際学術誌「Journal of Synchrotron Radiation」に 12 月 29 日に掲載された（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2022/01/pr20220105.pdf> をご覧ください）。