

磁場に対する円偏光活性をもつらせん導電性高分子の合成に成功

2024 年 2 月 22 日
筑波大学, 高エネルギー加速器研究機構

近年, 半導体分野においては, 磁場を担うスピン (電子の自転) を制御することで電子機器の制御を行うなど, 通信を担う技術としてスピントロニクスへの期待が高まっています。しかしながら, 研究の多くは無機磁性体を対象としており, 導電性高分子を基盤とした有機エレクトロニクス分野においては, スピントロニクスの研究はほとんどなされていません。本研究グループは 1990 年代後半よりトポロジ的な磁性の研究を進め, 半導体分野のスピントロニクスに資する物質として, 新規有機磁性体をいくつか報告してきました。

本研究では, これまでの有機磁性体 (らせん導電性高分子) の開発の知見に基づき, らせん磁気活性導電性高分子の開発に成功しました。これにあたって, 医療分野で移植手術や免疫不全に対する重要な薬剤であるシクロスポリン A を用いることを着想しました。シクロスポリン A は天然の菌類より抽出され, 大きならせん誘起力をもつために, これを用いて合成した導電性高分子は極めて高いらせん構造を有すると考えられます。得られた導電性高分子について, シンクロトロン放射光により微細構造を調べたところ, シクロスポリン A と同様のらせん構造を有していることが分かりました。また, マイクロ波領域で電子スピン活性を示し, 磁場方向に対する異方性が認められました。このような性質は有機高分子では初めてであり, ポリマースピントロニクスの第一歩となるものです。

本研究成果は 2024 年 2 月 22 日, 科学誌 The Journal of Physical Chemistry に掲載されました (この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2024/03/pr20240222.pdf> をご覧下さい)。

血液凝固因子の正常な分泌に必須なカーゴ受容体の全長構造をクライオ電子顕微鏡によって解明

2024 年 3 月 29 日
東北大学, 九州大学, 東京大学大学院理学系研究科,
高エネルギー加速器研究機構

血液凝固因子などの分泌タンパク質は, 細胞内の小胞体において合成された後, 積荷 (カーゴ) として特異的なカーゴ受容体によって認識され, 効率よく細胞外へと分泌されています。カーゴ輸送の異常は, 血液性疾患などの様々

な遺伝性疾患の原因となることが知られています。カーゴ輸送の中心を担うカーゴ受容体として, ERGIC-53 とその補助因子 MCFD2 が約 40 年前に同定され, ERGIC-53 の糖鎖を認識する領域 (ドメイン) を中心に構造機能研究が進められてきました。しかしその全長構造は未決定で, 全長において多様なカーゴを認識し輸送する仕組みは未解明のままでした。

東北大学多元物質科学研究所の渡部聡助教, 稲葉謙次教授らの研究グループは, クライオ電子顕微鏡単粒子解析を用いて, 全長 ERGIC-53 と補助因子 MCFD2 との複合体の立体構造を世界で初めて決定しました。構造解析の結果, 全長構造はヘッド領域, ストック領域, 膜貫通領域で構成されており, 四葉のクローバーに類似した全体構造をとることが分かりました。また, ERGIC-53 の全長構造のダイナミックな構造変化の様子の可視化にも成功し, 柔軟な構造変化を利用したカーゴ認識機構が明らかになりました。また, ERGIC-53-MCFD2 複合体のヘッド領域を高分解能で構造決定し, 四量体形成の詳細な分子基盤が明らかになっただけでなく, MCFD2 において新たに亜鉛結合部位があることが分かり, 分泌経路下流におけるカーゴの解離が亜鉛によって促進される機構が示唆されました。

本研究成果は, 2024 年 3 月 16 日に科学雑誌 Nature Communications に掲載されました。

研究成果は東京大学大学院理学系研究科の木瀬孔明特任准教授, 濡木理教授, および高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 物質構造科学研究所の米澤健人研究員 (現: 奈良先端科学技術大学院大学), 清水伸隆教授らとの共同研究により得られたものです (この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2024/03/pr20240329.pdf> をご覧下さい)。

多彩なスピン構造の間のトポロジカル数スイッチングに成功—超高密度な新しい情報担体としての活用に期待—

2024 年 3 月 29 日
東京大学, 理化学研究所, 北海道大学,
J-PARC センター, 高エネルギー加速器研究機構,
科学技術振興機構

東京大学大学院工学系研究科の吉持遥人 大学院生, 高木里奈 助教 (研究当時), 関真一郎 准教授らの研究グループは, 同大学物性研究所の中島多朗 准教授, 北海道大学大学院理学研究院の速水賢 准教授らとの共同研究を通じて, GdRu_2Ge_2 という希土類合金において, 外部磁場の大きさを変化させることで, 「楕円形スキルミオン」や「メロン-アンチメロン分子」, 「円形スキルミオン」といった

多彩なスピン構造を観測することに成功しました。

磁性体で見られる電子スピンの渦構造である磁気スキルミオンは、トポロジに保護された安定な粒子として振る舞うことから、次世代の情報担体の候補として注目を集めています。スキルミオンは従来、対称性の低い結晶構造を有する物質のみで発現すると考えられてきました。しかしながら、近年では新しい形成機構によって、対称性の高い物質において直径数ナノメートル（nm、1 nm は 10 億分の 1 メートル）の極小サイズのスキルミオンが報告されています。

そこで本研究では、希土類合金 GdRu_2Ge_2 を対象として研究を行った結果、本物質では直径 2.7 ナノメートルの極小サイズのスキルミオンが実現しており、さらに外部磁場の大きさに応じて複数の多彩なスピン構造が発現することを明らかにしました。本成果は、極小サイズのスキルミオンにまつわる新しい物質設計指針を与える結果であることに加え、本物質で見られるスキルミオンとメロン・アンチメロン分子は異なるトポロジカル数によって特徴付けられることから、外部磁場による多値メモリ動作といった新たな応用展開につながる可能性を秘めています。

本研究成果は 2024 年 4 月 1 日（英国夏時間）に英国科学誌「Nature Physics」オンライン版に掲載されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2024/04/pr20240401.pdf> をご覧下さい）。

ホタルの発光メカニズムを探れ！ 炭素原子 X 線吸収計測でルシフェリン分子の構造変化を解明

2024 年 4 月 12 日

群馬大学、高エネルギー加速器研究機構、
分子研科学研究所、SOKENDAI、静岡大学

群馬大学大学院理工学府・工藤優斗（2022 年度修士卒）、樋山みやび准教授、板橋英之教授、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所・熊木文俊博士研究員、足立純一講師、分子科学研究所（総合研究大学院大学）・長坂将成助教、静岡大学・野口良史准教授、名古屋大学・古賀伸明名誉教授による共同研究グループは、炭素原子の X 線吸収の計測および理論計算による分析を通じて、ホタル生物発光の発光色に大きく関わるホタルルシフェリンのフェノール性水酸基からの脱プロトン化が pH の変化により生じる様子を明らかにすることに成功しました。

本研究成果は 2024 年 1 月 5 日に「The Journal of Physical Chemistry A」に掲載されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202404121400> をご覧下さい）。

カイラル結晶構造と反強磁気秩序の自発的出現 時間と空間の反転対称性が同時に破れた新奇構造を発見

2024 年 4 月 26 日

茨城大学、高エネルギー加速器研究機構、
総合科学研究機構、日本原子力研究開発機構、
J-PARC センター、静岡大学

茨城大学大学院理工学研究科の下田愛海さん（研究当時大学院生）、茨城大学原子科学研究教育センターの岩佐和晃教授を中心とするグループは、茨城大学大学院理工学研究科の桑原慶太郎教授、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所の佐賀山基准教授と中尾裕則准教授、総合科学研究機構中性子科学センターの石角元志副主任技師と中尾朗子副主任研究員、J-PARC センターの河村聖子研究副主幹と村井直樹研究員と大原高志研究主幹、東北大学金属材料研究所・高等研究機構の南部雄亮准教授の協力のもと、Remeika 相化合物のうちネオジム・ロジウム・錫（スズ）を含む $\text{Nd}_3\text{Rh}_4\text{Sn}_{13}$ が示す結晶構造相転移と磁気秩序の詳細を明らかにし、空間反転と時間反転の対称性が逐次的・自発的に破れる相転移を発見しました。

結晶中の原子配列の対称性は物質の性質を決定づける因子です。例えば、原子が存在する物質領域とその外側の真空の境界で空間反転対称性が破れた場合、物質内部が絶縁体であっても、境界表面では電流が生じるというディラック電子状態が知られています。また、右手と左手、あるいは右ネジと左ネジのような対掌性の関係にある構造は、鏡に映る実像と虚像の関係にありますが、右と左それぞれは反転対称性が失われています。このようなカイラル対称性においてもワイル電子と呼ばれる特殊な電子状態が現れ、実効的には質量のない電子が運動する半金属状態が期待されています。

本研究グループは、このような空間反転対称性の破れた結晶構造に自発的に相転移し、さらに磁気秩序によって時間反転対称性も破れうる物質を開拓すべく、Remeika 相化合物 $\text{Nd}_3\text{Rh}_4\text{Sn}_{13}$ を詳しく調べました。その結果、この物質がカイラル対称結晶構造に相転移し、さらに反強磁気秩序化することを明らかにしました。特に、ネオジムイオンの一次元鎖状格子の磁気モーメントが反強磁気状態を取りつつ、隣接する一次元鎖と三角格子を介して連結して三次元構造をとるという特徴を明らかにしました。このような対称性の破れは新たなトポロジカル電子状態を示唆するものと期待できます。

本成果は、Physical Review B 誌の Editors' Suggestion として 2024 年 4 月 16 日付で公開されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202404261400> をご覧下さい）。

溶媒を混ぜると高分子が溶けなくなる現象を 解明 - 高分子溶液の軟 X 線吸収分光計測 -

2024 年 5 月 17 日
分子科学研究所, 高エネルギー加速器研究機構,
総合研究大学院大学

自然科学研究機構 分子科学研究所／総合研究大学院大学の長坂将成助教, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所／総合研究大学院大学の足立純一講師, 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の熊木文俊博士研究員, 浙江大学 (中国) の望月建爾教授, Yifeng Yao 大学院生は, 軟 X 線吸収分光計測と計算機シミュレーションを基にして, ポリイソプロピルアクリルアミドが, 水とメタノールそれぞれに溶けるのに対して, 水とメタノールを混ぜた溶液には溶けなくなる共貧性溶媒効果のメカニズムを明らかにしました。

本研究成果は, 国際学術誌『Physical Chemistry Chemical Physics』に速報として, 2024 年 4 月 17 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/ja/press/pr202405171000> をご覧下さい)。

安定して存在するトポロジカルなキラル 量子細線を発見 - 量子ビットや高効率太 陽電池への応用に期待 -

2024 年 5 月 31 日
東北大学, 大阪大学, 京都産業大学,
高エネルギー加速器研究機構,
量子科学技術研究開発機構, 科学技術振興機構

金属, 絶縁体, 半導体に次ぐ固体の新しい状態であるトポロジカル絶縁体は, 次世代の超低消費電力デバイスへの応用が期待されており, その基礎となる理論研究に 2016 年のノーベル物理学賞が授与されるなど, 大きな注目を集めています。また, グラフェンの発見 (2010 年ノーベル物理学賞) を契機に, 新しい機能性材料として, 原子 1 個から数個分の厚さの薄膜や量子細線の研究が世界中で進められています。究極的に小さな量子細線のトポロジカル絶縁体は, これら固体物理の重要テーマが交差する領域の興味深い研究対象であり, 理論的には研究されていますが, 安定して存在する理想的な物質が見つかっておらず, 実際の物質での計測結果などをもとにした性質の理解は進んでいません。東北大学, 大阪大学, 京都産業大学, 高エネルギー加速器研究機構, 量子科学技術研究開発機構の共同研究グループは, ガスクラスターイオンビーム (GCIB) と高輝度放射光を用いた実験と理論計算により, テルルの量子細線が 1 次元トポロジカル絶縁体であることを明らかに

しました。この成果は, バルク結晶 (3 次元) や薄膜 (2 次元) 形状をした既存のトポロジカル絶縁体とは異なる性質が期待される 1 次元トポロジカル絶縁体の基礎研究の進展に加えて, 量子ビット (量子コンピュータ) や高効率太陽電池などの実現に道を拓くものです。

本研究成果は 2024 年 6 月 6 日, 科学誌 Nature に掲載されました (この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202406061000> をご覧下さい)。

光触媒の表面でいま何が？ クリーン水素生産に向けた新しい観察法

2024 年 7 月 25 日
高エネルギー加速器研究機構

太陽光を用いて水を水素と酸素に分解できる半導体光触媒は, 生成した水素をエネルギーとして使用できるため, 環境負荷の低い次世代エネルギー源の一つです。この半導体光触媒は p 型半導体材料でできた水素発生電極と n 型半導体材料でできた酸素発生電極を組み合わせてデバイスとして用いられています。酸素発生電極は水素発生電極に比べ, 性能のボトルネックになっているため, システム全体の性能向上のために, 酸素発生電極の性能向上が必須となっています。

一方で, 電極上での酸素発生の反応過程には未だ不明点が多くあります。特に, 光触媒による水分解反応は固液界面での反応を扱うため, この固液界面でどのような化学種が生成し, どのように反応が進行するかがデバイスの特性を左右すると考えられます。

今回は, モデル触媒として, 本多・藤嶋効果で知られる酸化チタンに着目し, 波長分散型 (エネルギー一括測定型) 軟 X 線吸収分光法を用いることで, 酸化チタンの固液界面における化学反応 (酸素発生反応) を観察しました。この手法を用いると, さまざまなエネルギーを持つ軟 X 線の吸収の大きさを一度に測定することができるため, 化学反応中に現れる化学種の時間変化をリアルタイム観察することが可能です。

軟 X 線吸収分光法は金属酸化物半導体の表面・界面における化学種やその電子状態を観察できる強力な手法です。電位をスキャンしながら (または, UV 光や可視光を照射しながら) 固液界面の触媒反応時の電極／電解質溶液界面に生じる化学種をリアルタイムかつオペランド測定することで, 触媒電極表面近傍に吸着した中間体や発生した酸素を観察することができました。

本研究成果は, 専門誌 Electrochemistry Communications に掲載されました (この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2024/07/pr202407251400.pdf> をご覧下さい)。

原子配列の乱れをもつフッ化物イオン導電性 固体電解質のイオン伝導メカニズムの解明ー リチウムイオン電池を凌駕する次世代蓄 電池の創成を目指してー

2024年9月6日

高エネルギー加速器研究機構, J-PARC センター
京都大学, 総合研究大学院大学, 茨城大学
ファインセラミックスセンター

革新型蓄電池（ポスト・リチウムイオン電池）の開発競争をリードする上で、全固体フッ化物電池で使用するフッ化物イオン導電性固体電解質は、今後の蓄電池開発において重要なキーマテリアルとなります。高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（総合研究大学院大学 先端学術院、茨城大学大学院 理工学研究科）森一広教授、同研究所 ソン スンヨプ 特任助教、齊藤高志 特別准教授、京都大学成長戦略本部 佐藤和之 特定研究員、福永俊晴 研究員、同工学研究科 安部武志 教授、ファインセラミックスセンター 小川貴史 主任研究員、桑原彰秀 主席研究員の共同研究グループは、フッ化物イオン導電性固体電解質 $\text{Ca}_{0.48}\text{Ba}_{0.52}\text{F}_2$ のイオン伝導メカニズムを原子レベルで解明しました。

蛍石型構造をもつフッ化カルシウム（ CaF_2 ）やフッ化バリウム（ BaF_2 ）は、全固体フッ化物電池において重要な高電圧下での利用が期待されますが、その反面、イオン伝導率が低い物質です。 CaF_2 と BaF_2 を原子レベルで混合することで、イオン伝導率が飛躍的に向上することが知られていましたが、 CaF_2 - BaF_2 系のフッ化物イオン（ F^- ）の分布やその伝導メカニズムは不明のままでした。

本研究では、熱プラズマ法で作製した $\text{Ca}_{0.48}\text{Ba}_{0.52}\text{F}_2$ 固体電解質を用いて中性子回折実験を行い、本系の原子配列と核密度分布を精密に決定しました。その結果、異なるイオン半径をもつ Ca と Ba が混合したことで構造歪みを誘発し、それによって F の原子配列が局所的に乱れることがわかりました。さらにフッ化物イオン伝導経路の可視化に成功し、 F の原子配列の乱れが伝導経路内のイオン流れ（イオン伝導率）の向上に大きく寄与していることを明らかにしました。

本研究成果は、2024年9月5日（米国時間）に、米国化学会（ACS）発行のエネルギー材料科学の専門誌「ACS Applied Energy Materials」のオンライン版に掲載されました。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409061400> をご覧下さい）。

最も単純な「原子」ポジトロニウムをレ ーザー光によって 1000 万分の 1 秒で極 低温にすることに成功ー反粒子を含む原 子の精密科学によって物理学の謎にせま る大きな第一歩ー

2024年9月12日

東京大学
高エネルギー加速器研究機構
産業技術総合研究所

東京大学大学院工学系研究科の吉岡孝高准教授、周健治助教と、同大学大学院理学系研究科の石田明助教らによる研究グループは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所、産業技術総合研究所と共同で、レーザー光によるポジトロニウムの急速な冷却を世界で初めて実現しました。

独自に開発したレーザー光源を使用することで、理論提案から 30 年の間実現が待たれていたポジトロニウムのレーザー冷却に成功し、わずか 1000 万分の 1 秒の間に、従来よりも桁違いに低温の気体にできることを証明しました。物理学は、宇宙に反粒子がほとんど残っていないことや、暗黒物質の起源など、多くの謎を抱えています。これを解決するため、基礎理論の綻びがどこにあるのかを検証する研究が世界中で進められています。本研究成果は、電子とその反粒子だけでできた最も基本的な原子を使って、基礎理論が現実をどこまで正確に表現できているのか、さらには反粒子の質量や重力の影響を精密に調べる研究を可能とするもので、今後大きな学際的研究分野の形成が期待されます。

本研究成果は 2024 年 9 月 11 日、科学誌 Nature に掲載されました。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409120930> をご覧下さい）。

不整脈誘発薬剤との結合状態を解明 ―副作用原因タンパク質 hERG チャネル の構造が安全な薬設計を導く―

2024 年 9 月 30 日

千葉大学

高エネルギー加速器研究機構

千葉大学大学院理学研究院(膜タンパク質研究センター、分子キラリティー研究センター兼任)の村田武士教授、大学院医学研究院の斎藤哲一郎教授、大学院医学薬学府博士後期課程2年の宮下靖臣らは、オックスフォード大学、高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所との共同研究により、薬剤の副作用によって引き起こされる薬剤誘発性心突然死の原因タンパク質である hERG チャネルと副作用誘発薬剤の結合モデルを、クライオ電子顕微鏡(Cryo-EM)を用いて明らかにすることに成功しました。本研究成果は、hERG チャネルと薬剤の結合情報に基づいて薬剤の設計や改変を可能にし、より安全な新薬を迅速に市場に送り出すための重要な手がかりとなることが期待されます。

本論文は、2024 年 9 月 24 日に米国科学誌 Structure にオンラインで掲載されました。(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409301000herg> をご覧ください)。

素社会の実現に大きな期待が寄せられています。この高温超伝導体を用いたエネルギーデバイスの実現には、超伝導ギャップが大きく、かつ空間的に乱れない材料を開発する必要があります。しかし、これまで超伝導ギャップの空間分布を正確に観察する手段がなく、その実現が望まれていました。そこで本研究では、これを可能にする顕微技術を開発しました。また、本開発技術により空間分解能が向上し、得られる実験データ量が数百倍以上増加するため、データサイエンスの手法で処理を行い、可視化する手法も開発しました。これらにより高温超伝導を特徴付ける超伝導ギャップが、10 マイクロメートルほどの微小領域で、空間的に不均一になっていることを世界で初めて可視化することに成功しました。さらに、高温超伝導の特性を最も強く示す電子の空間分布まで調べられるようになり、超伝導の不均一性の要因を探ることも可能となりました。

本技術は、高温超伝導デバイスの評価や動作原理の解明などにも広く適用できる実験手法であるため、物質・材料科学や応用科学分野での大きな貢献が期待されます。

本成果は英国 Taylor & Francis グループが発行する Science and Technology of Advanced Materials に 10 月 28 日付け(現地時間)で掲載されました。(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202410281300arpes> をご覧ください)。

超伝導の空間的な乱れを可視化する新たな顕微観察技術の開発 ―超伝導材料の高性能化に役立つ新手法として期待―

2024 年 10 月 28 日

広島大学

量子科学技術研究開発機構

高エネルギー加速器研究機構

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程後期3年の宮井雄大、広島大学放射光科学研究所の島田賢也教授、量子科学技術研究開発機構の岩澤英明プロジェクトリーダー(広島大学放射光科学研究所客員研究員)、および高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の小澤健一教授らを中心とする研究チームは、放射光を用いた顕微実験技術とデータサイエンスの手法を組み合わせ、銅酸化物が示す高温超伝導の強さを表す「超伝導ギャップ」が、10 マイクロメートル(100 分の1 ミリメートル)ほどの微小なスケールで、空間的に不均一であることを世界で初めて可視化することに成功しました。この発見は、超伝導の局所的な変化を引き起こす要因を解明するうえで重要な一歩であり、将来的には不均一性の制御を通じて、銅酸化物をはじめとする高温超伝導材料の高性能化や新たな超伝導現象の解明に貢献することが期待されます。高温超伝導体は、安価な冷却材である液体窒素で冷却できる温度で、電気抵抗がゼロになることから、省エネルギー技術の発展や脱炭

クラウドコンピューティング環境の活用で 加速するタンパク質立体構造に基づく 新しい創薬デザイン！ ～「GoToCloudプラットフォーム」の開発～

2024年11月21日
高エネルギー加速器研究機構

高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（IMSS）構造生物学研究センター（SBRC）の千田俊哉教授、守屋俊夫 特任准教授、山田悠介 研究機関講師らは、タンパク質の立体構造を原子分解能レベルで可視化するのに必要なクライオ電子顕微鏡データの解析と管理を効率的に行うため、アマゾン ウェブ サービス（AWS）のクラウドストレージ上に「GoToCloud プラットフォーム」を開発しました。

本研究成果は、『Communications Biology』2024年10月14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/ja/press/202411211400gotocloud>をご覧ください）。

バンコマイシン耐性腸球菌（VRE）感染症 の治療に道 - ナトリウムポンプ阻害剤の 発見とその阻害機構を解明 -

2024年11月25日
千葉大学、高エネルギー加速器研究機構、
分子科学研究所、総合研究大学院大学

千葉大学大学院理学研究院（膜タンパク質研究センター兼任）の村田武士教授、鈴木花野特任助教、真菌医学研究センターの後藤義幸准教授らは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所、自然科学研究機構分子科学研究所、京都大学大学院医学研究科、群馬大学大学院医学系研究科、横浜市立大学大学院生命医科学研究科との共同研究により、バンコマイシンを含む多くの抗生物質に耐性を持つバンコマイシン耐性腸球菌（*Vancomycin-resistant Enterococcus faecium*：VRE）感染症に対する新たな治療法の可能性を開きました。

研究チームは、VRE のアルカリ環境での生育に必須となるナトリウムポンプ（ Na^+ 輸送性 $\text{V}_0\text{V}_1\text{-ATPase}$ ）の阻害剤「V-161」を同定しました。そして、V-161 の投与によりマウス小腸での VRE の定着が抑制されることを発見しました。さらに、ナトリウムポンプと V-161 の結合部位の詳細な立体構造を解明し、ナトリウム輸送の仕組みと V-161 による阻害の仕組みを明らかにしました。

本研究成果は、VRE ばかりでなく、薬剤耐性菌による

多くの感染症に対する効果的な抗菌薬の開発にも貢献することが期待されます。この研究は 2024 年 11 月 21 日に英国科学誌 *Nature Structural & Molecular Biology* でオンライン速報版として発表されました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/press/202411251400inhibitor>をご覧ください）。

液晶中で生長する不斉リビング重合に世界 で初めて成功

2025年1月20日
筑波大学、高エネルギー加速器研究機構

光学活性な液晶を反応環境とし、らせん方向のそろった高分子のリビング重合に成功しました。本方法では、光学不活性なモノマーが、液晶の不斉（鏡像異性）構造を転写しながら生長し、光学活性を持つ高分子が得られます。このような高分子合成は、不斉化学や高分子化学の分野で初めての成果です。

ポリイソシアニドは、らせん構造を持つことで知られている高分子であり、不斉触媒（鏡像異性体の合成に用いる触媒）により、らせんの巻方向（右または左）を制御することが可能です。これにより円偏光二色性や旋光性などの光学活性を付与できることから、安定な光学活性高分子材料としての開発が行われてきました。

本研究グループは、液晶反応場を外部環境として、化学的な反応ではなく物理的な作用により、光学活性を持たないモノマーから光学活性を持つ導電性高分子を合成してきました。今回、鏡像異性構造を持つ液晶を溶媒に用いた不斉リビング重合に世界で初めて成功しました。

得られたポリイソシアニドについて円偏光二色性測定を行ったところ、らせん構造に基づいた光学活性を確認しました。さらに、近年、液晶の研究分野で発見、注目されているツイストベンドネマチック相の液晶性を示すことが分かりました。高分子でツイストベンドネマチック液晶が見いだされたことは、液晶分野においても重要な知見となります。

本反応は、生体内で、キラル構造を持つアミノ酸が酵素により生長して、らせん構造を持つタンパク質を合成することにも比類し、バイオミメティックテクノロジー（生物の機能を模倣し活用する技術）の一つになると考えられます。

本研究成果は、2025年1月2日に *Macromolecules* (ACS) に掲載されました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/press/202501201400living>をご覧ください）。

飼い殺し型寄生の鍵となる寄生蜂毒遺伝子の同定に成功

2025 年 1 月 30 日

筑波大学，高エネルギー加速器研究機構，
東京大学，科学技術振興機構

キイロショウジョウバエを宿主とする寄生蜂ニホンアソバラコマユバチの巧みな生存戦略を支える毒遺伝子の同定に成功しました。この毒遺伝子から作られるタンパク質は、ハエが成虫になるために必要な成虫組織を殺すことで、宿主個体は生かしたまま宿主体内のハチの成長を助け、寄生を成功に導きます。

寄生蜂とは、主に昆虫やクモの栄養を一方的に奪って生活するハチ目の昆虫です。寄生蜂の種類は膨大であり、現在の地球上で最も繁栄している生物である昆虫類約 100 万種の中の約 20% を占めるとも推定され、地球上で最も成功した戦略を持つ動物群の一つです。この繁栄とユニークな生活戦略ゆえに、古くから多くの学者たちが、寄生蜂がどのようにして己の宿主の体を乗っ取って貪り尽くしてしまうのかを問う研究に取り組んできました。しかし、個体の小ささや飼育の困難さのため、寄生を支える分子機構には未だ不明な点が多く残されています。

本研究グループは、モデル生物であるキイロショウジョウバエを宿主とする寄生蜂ニホンアソバラコマユバチの飼い殺し型寄生に着目し、毒遺伝子 IDDF (成虫原基縮退因子) の同定に成功しました。IDDF は、宿主ハエ幼虫体内の成虫原基 (将来の成虫組織) を選択的に縮退させるのに必須です。宿主ハエを幼虫からサナギまで生かしつつ成虫になるのを防ぐ (飼い殺す) ことで、ハチの寄生を成功に導きます。本研究成果は、寄生蜂の巧みな生存戦略の分子機構の一端を明らかにするとともに、寄生蜂毒が新しい生物毒の候補として研究対象となる可能性を見いだしたものです。今後、さまざまな昆虫を標的とする寄生蜂毒の作用メカニズムを調べることで、農薬や天然医薬資源のシーズとして活用できると期待されます。

本研究成果は、2025 年 1 月 29 日に Science Advances に掲載されました (この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202501300400wasp> をご覧下さい)。