

溶質と溶媒が相互に影響し合う機構を原子レベルで直接観測 － 光化学反応における溶質と溶媒和の構造変化を 100 兆分の 1 秒単位で追跡 －

2023 年 2 月 14 日
高輝度光科学研究センター
理化学研究所
高エネルギー加速器研究機構

■概要

高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室の片山哲夫主幹研究員、理化学研究所放射光科学研究センター利用システム開発研究部門 SACLA ビームライン基盤グループの矢橋牧名グループディレクター（高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室室長）、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の野澤俊介准教授、同機構の足立伸一理事、ヨーロッパ XFEL（ドイツ）のクリストファー・ミルネグループリーダー、ハンガリー科学アカデミー（ハンガリー）のジョージ・バンコ教授、ニューキャッスル大学（イングランド）のトーマス・ペンフォールド教授、マドリッド自治大学（スペイン）のポチェック・ガウエルダ教授、アイスランド大学（アイスランド）のジャンルカ・レヴィ研究員らによる共同研究グループは光を吸収した溶質分子とその周りを囲う溶媒分子がお互いに影響し合いながら光化学反応が進行するメカニズムを原子レベルで解明することに成功しました。

溶液中では、反応する分子（溶質分子）の周りは常に溶媒分子に囲われており、溶媒の種類によって化学反応のスピード、反応中間体の寿命、生成物の種類や収率が変わることが知られています（溶媒和効果）。しかし、溶媒分子がどのように溶質分子の構造変化や化学反応を促したり抑制したりするのか、その様子を直接観測することはこれまでできませんでした。

本研究グループは、X線自由電子レーザー（XFEL）施設 SACLA の BL3 を使い、光を吸収した金属錯体（溶質分子）とアセトニトリル（溶媒分子）の構造変化を正確に追跡しました。その結果、溶質分子の動きが周囲の溶媒分子の再配置を促すだけでなく、溶媒の再配置によって溶質の動きが駆動されることが分かりました。すなわち、溶質分子と溶媒分子間の影響が双方向的であることを原子の動きとして捉えることに初めて成功しました。

この研究は、溶質と溶媒の構造変化を観測する分子動画を実現したものであり、光化学反応における溶媒和効果の機構の解明に貢献することが期待されます。またこの研究は、2019 年に科学雑誌 Nature Communications 誌に掲載された同研究グループによる研究成果の続編になります。本成果は科学雑誌 Chemical Science 誌の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/2023/02/pr20230214.pdf> をご覧ください）。

南極の藻類が赤外線で光合成する仕組みを解明。地球外生命の新たな鍵？

2023 年 2 月 16 日
アストロバイオロジーセンター
中央大学
東北大学
高エネルギー加速器研究機構
基礎生物学研究所
国立極地研究所
兵庫県立大学

■概要

アストロバイオロジーセンターの小杉 真貴子 特任研究員（現、基礎生物学研究所 特任助教、および中央大学 共同研究員）、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所の川崎 政人 准教授、安達 成彦 特任准教授、守屋 俊夫 特任准教授、千田 俊哉 教授、東北大学の柴田 穰 准教授、秋田県立大学の原 光二郎 准教授、東京農業大学の高市 真一 元教授、基礎生物学研究所の亀井 保博 RMC 教授、兵庫県立大学の菓子野康浩 准教授、国立極地研究所の工藤 栄 教授、中央大学の小池 裕幸 教授の研究チームは、赤外線の一部である遠赤色光（700~800 nm）で酸素発生型の光合成を行うことが知られている緑藻ナンキョクカワノリにおいて、遠赤色光を吸収するための光捕集アンテナタンパク質（Pc-ftLHC）を同定し、KEK にあるクライオ電子顕微鏡による単粒子解析によりその分子の立体構造を明らかにしました。Pc-ftLHC は 11 個の同じタンパク質がリング状に結合した大きな複合体を作っていました。1つのタンパク質にそれぞれ 11 個のクロロフィルが結合しており、このうちの 5つのクロロフィルが遠赤色光の吸収に関わる特別なクロロフィルであると示唆されました。分光学的な解析から、この特別なクロロフィルに吸収された遠赤色光のエネルギーの一部が Pc-ftLHC 内で可視光と同等のエネルギーに変換されて光合成利用されていることを示しました。この結果は、英国の科学誌『Nature Communications』に 2023 年 2 月 15 日付で掲載されました（Kosugi *et al.*, 2023, “Uphill energy transfer mechanism for photosynthesis in an Antarctic alga”）。この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2023/02/pr20230216.pdf> をご覧ください。

小惑星探査機「はやぶさ2」初期分析 固体有機物分析チーム研究成果の科学誌 「Science」論文掲載について

2023年2月24日
宇宙航空研究開発機構
広島大学
横浜国立大学
高エネルギー加速器研究機構
九州大学
北海道大学
東北大学
京都大学
東京大学

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）では小惑星リュウグウ試料分析を、6つのサブチームからなる「はやぶさ2初期分析チーム」および、2つの「Phase-2キュレーション機関」にて進めています。

この度「はやぶさ2初期分析チーム」のうち「固体有機物分析チーム」の研究成果をまとめた論文が、アメリカの科学誌「Science」に2023年2月24日付（日本時間）で掲載されましたのでお知らせします。

タイトル：小惑星リュウグウ試料中の黒い固体有機物
原題：Macromolecular organic matter in samples of the asteroid (162173) Ryugu
掲載誌：Science
DOI：10.1126/science.abn9057
公表日：日本時間2023年2月24日（金）午前4時（オンライン公開）
（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202302241000/> をご覧ください。）

マイクロメートルサイズの微小な粉状結晶の電子構造測定に初めて成功 - 次世代半導体開発や微粒子の物性解明のブレークスルーに -

2023年3月2日
東北大学
筑波大学
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
東京工業大学
科学技術振興機構（JST）

■概要

近年、高輝度放射光を用いた電子状態の観測により、高温超伝導体やトポロジカル絶縁体などに代表される量子材

料における物性解明が大きく進展しています。一方、これまで電子状態の観測対象は大面積の試料（大型単結晶など）に限られるという問題があり、様々な材料の物性研究における障害となっていました。

東北大学、筑波大学、物質・材料研究機構、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、東京工業大学の共同研究グループは、マイクロメートル（ μm ）サイズに集光された放射光を用いて、これまで困難とされてきた微小な粉状結晶における電子状態の直接観測に世界で初めて成功しました。具体的には、近年発見され2次元材料としての応用が期待されている層状半導体である r-BS の微小粉状結晶に μm 程度に集光された紫外線をピンポイントで照射して、放出された電子のエネルギー状態を新たに開発したマイクロ集光角度分解光電子分光（マイクロARPES）装置を用いて精密に観測しました。その結果、r-BS が異方的な有効質量を持つ p 型半導体であることを突き止めました。今回の成果は、r-BS を用いたエレクトロニクスデバイスの開発に貢献するだけでなく、これまで計測が困難だった様々な粉状材料や微粒子における物性研究へのブレークスルーとなります。

本研究成果は、アメリカ化学会発行の学術雑誌 Nano Letters の2023年2月28日号で公開されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2023/03/pr20230302.pdf> をご覧ください）。

プレートの沈み込み帯の短期的な流体移動の痕跡を上盤マントルで見 - 沈み込み帯における地震活動と流体との関係を示唆 -

2023年4月6日
東北大学大学
高エネルギー加速器研究機構
秋田大学

■概要

沈み込み帯で観測される地震活動は流体と密接に関係していると推測されてきました。しかし沈み込み帯での流体活動の継続時間や速度について直接的な物的証拠を得ることは難しく、よくわかっていませんでした。

東北大学大学院環境科学研究科大学院生の吉田一貴氏と岡本敦教授、国土館大学の大柳良介講師、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の木村正雄教授、オランダ・ユトレヒト大学のオリバー・プランパー准教授、秋田大学大学院理工学研究科の福山蘭子准教授は、過去に沈み込み帯の上盤を構成したマントルの岩石から、特徴的な反応帯を伴う鉍物脈のネットワークを発見しました。微量元素分析により、この鉍物脈は沈み込むプレートから供給された流体の痕跡であることを示しました。さらに熱力学的解析及び物質移動モデリングにより、その流体活動の継続

時間が非常に短期間（数ヶ月～数年）であり，流速が大きい（秒速 0.1 ～ 1cm）ことを見出しました。本研究で明らかにされた流体活動は，現在の沈み込み帯で観測されている微小地震の継続時間や震源の移動速度とも類似し，沈み込み帯における地震発生過程と流体活動との関連を示唆しています。本成果は，沈み込むプレートの上盤マントルで生じている流体活動を岩石学的アプローチから初めて解明したものであり，プレート境界地震のメカニズムの解明に貢献できると期待されます。

本成果は，2023 年 4 月 6 日，科学誌 Science Advances に掲載されました（この記事の続きは <https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2023/04/pr20230406.pdf> をご覧ください）。