

天然メタンハイドレートのマクロとミクロの構造可視化に成功 メタンハイドレートを高密度分解能・高空間分解能で三次元非破壊測定

2025 年 2 月 3 日
産業技術総合研究所，北見工業大学，
九州シンクロトロン光研究センター，
高エネルギー加速器研究機構

産業技術総合研究所（以下「産総研」という）エネルギープロセス研究部門 竹谷敏 上級主任研究員らは，北見工業大学 八久保晶弘 教授ら，高エネルギー加速器研究機構（以下「KEK」という）物質構造科学研究所 平野馨一 教授ら，九州シンクロトロン光研究センター（以下「SAGALS」という）米山明男 主任研究員らと共同で，十勝沖の海底から採取した天然のメタンハイドレートを非破壊構造観察し，海水と共存する様子をとらえ，また，メタンハイドレートの分解過程をその場観察することに成功しました。

メタンハイドレートは新たな国産エネルギー資源として期待されており，産総研は表層型メタンハイドレートのエネルギー資源化に向け，メタン回収・生産技術開発や海域調査，および環境影響評価を実施しています。この回収・生産技術開発のためには，天然のメタンハイドレートの物性の理解が必要です。しかし，既存の観察・分析手法では，メタンハイドレートと周囲の海水や氷との区別ができません。そこで，ミリメートルないしセンチメートルスケールの試料中の天然メタンハイドレートの分布（マクロスケール）を調べ，マイクロメートルスケールの内部構造（ミクロスケール）を可視化するため，位相コントラストX線CTとマイクロX線CTによる観察を行いました。その結果，天然のメタンハイドレートは，メタンガス気泡の周囲に膜状に分布し，その際に形成されたと思われる擬似球状構造が維持されていることが明らかになりました。また，メタンハイドレート分解時の経時変化を三次元観察することにも成功しました。

本研究で提案する観察手法を用いることにより，メタンハイドレートの生成・分解の挙動や堆積物の物性などの理解に寄与します。なお，この成果の詳細は，2025 年 1 月 20 日に「CrystEngComm」に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/202502031400methane> をご覧ください）。

木質由来の低分子性リグニンを分解できる細菌の炭素利用の一端を解明 バイオマスの利用に向けて

2025 年 3 月 7 日
高エネルギー加速器研究機構，長岡技術科学大学

生物の細胞は DNA やアミノ酸の合成に関わる「1 炭素代謝」というよく知られた代謝経路があり，MTHFR という酵素が重要な役割を果たします。ヒト，マウス，酵母，大腸菌などの通常の生物では MTHFR はメチレンテトラヒドロ葉酸をメチルテトラヒドロ葉酸に変換（還元）しますが，リグニン分解菌 *Sphingobium lignivorans* SYK-6 株（SYK-6 株）の MTHFR は通常とは違い，メチルテトラヒドロ葉酸を酸化してメチレンテトラヒドロ葉酸を生成する反応を触媒することが分かりました。これは，SYK-6 株が通常のようにグルコースなどを取り込んで生育することができず，低分子性のリグニン（一種の芳香族化合物）を摂取して生育するために，独自の 1 炭素代謝を進化させてきたものと考えられます。本研究では SYK-6 株の MTHFR が持つ独特な酵素機能とその触媒反応メカニズムを結晶構造に基づき解明しました。さらに，SYK-6 株と同様に一風変わった 1 炭素代謝を持つ微生物が多数存在しそうなこともデータベース解析から発見しました。この成果は，微生物の代謝研究に新たな視点を提供するものです（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202503071400lignin> をご覧ください）。

半導体デバイスの動作中に内部構造の可視化に成功 半導体を評価する新しい手法の提案

2025 年 4 月 9 日
高エネルギー加速器研究機構，科学技術振興機構（JST）

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所に設置されているフェムト秒パルスレーザーを光源とする光電子顕微鏡装置（フェムト秒光電子顕微鏡）を用いて，半導体デバイスの動作下において，pn 接合界面に形成され，電流の制御に重要な役割を担う空乏層の形状のイメージングに成功しました。この手法は，半導体デバイスの性能を評価しながら，その内部の様子が可視化できる新たな手法として，ダイオード，トランジスタ，太陽電池，LED など様々な半導体デバイスへの利用が期待されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202504091400pn> をご覧ください）。

【論文情報】

「Imaging p-n Junctions Using Operando Photoemission Electron Microscopy（日本語名：オペランド光電子顕微鏡による pn 接合界面の可視化）」

雑誌名「Nano Letters」 volume 25（オンライン版 4 月 9 日）

DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.5c00513>

バルクでは磁石につかない物質を原子層厚の薄膜で磁石に変換— 次世代スピントロニクスへの応用に期待 —

2025 年 4 月 21 日

東北大学，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（JST）

電子がもつミクロな磁石の性質である「スピン」が物質中で揃うと強磁性が発現します。もし原子レベルの薄さをもつ二次元物質で強磁性が実現すれば，次世代スピントロニクスへの応用が期待できます。しかし，理論的には二次元物質では磁気秩序が消失すると予測されていました。

東北大学，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からなる研究グループは，クロムを含む反強磁性体 Cr_2Se_3 に着目し，分子線エピタキシー法によってグラフェン上に Cr_2Se_3 の二次元薄膜を成長させることに成功しました。1 層から 3 層まで膜厚を系統的に変化させた試料を高輝度放射光 X 線で調べた結果，三次元の結晶では反強磁性を示す Cr_2Se_3 が，二次元になると強磁性へ転じ，さらに膜厚が薄いほど強磁性転移温度（ T_c ）が高まることを明らかにしました。加えて，マイクロ ARPES による電子状態解析から，グラフェン基板から界面を介して Cr_2Se_3 に注入される伝導電子が，この高温強磁性の決定的な要因であることを突き止めました。

本成果は二次元材料で高温強磁性を安定化させる新たな手法を提案するとともに，スピントロニクスデバイスや省エネルギー素子などへの応用に道を拓くものとして期待されます。

本研究成果は，2025 年 4 月 18 日（現地時間）に科学誌 Nature Communications のオンライン版にて公開されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202504211000spintronics> をご覧ください）。