

光に安定だが光で分解する高分子を開発 酸の有無で切り替え、光機能性材料にも利用可能

近年、プラスチックのような高分子材料を分解する技術に注目が集まっています。特に、光を使って分解する方法は産業界で広く利用されていますが、光で分解可能な材料は光を当て続けるとすぐに分解してしまい、長時間の使用には向きません。そのため、太陽光や蛍光灯の光が当たらない場所でしか使えないという制約があり、利用範囲が限られていました。

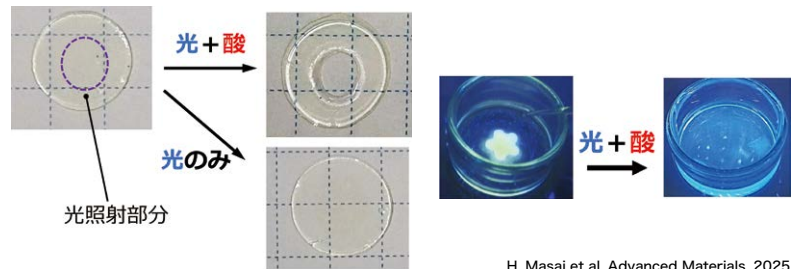
東京大学大学院工学系研究科の正井宏准教授らの研究チームは、酸の有無によって自在に光安定性と光分解性を切り替えられる高分子材料の開発に成功。研究チームはこれまでも同様の材料を開発してきましたが、従来の材料には白金化合物が必須で、非常に高価な貴金属を利用するコスト的な問題や、光安定性が低いなどの問題を抱えていました。

これらの問題を解決するために、安価なケイ素を用いた「ジピレニルケイ素化合物」を開発。この化合物は、従来の材料よりも高い光安定性を持つ上に、光と酸と一緒に作用して高

効率に材料を分解することを明らかにしました。また、ゲル材料として応用したところ、長期的に光を当てても材料は安定である一方、酸がある状態で光を当てると速やかに分解反応を進行することを確認しました。さらに、ブラックライトを照射すると発光する光機能性材料や、光で材料を成型する光造形3Dプリント材料としての利用も可能でした。

今回の研究では、地球上に豊富に存在する安価なケイ素を使用して、光と酸で分解できる新材料を作ることになりました。材料の分解性・安定性という相反する特性の両立を可能にしたこの成果が、材料の光制御技術における革新に貢献することが期待されます。

■ ジピレニルケイ素化合物を材料に導入した例



H. Masai et al. Advanced Materials, 2025
ジピレニルケイ素化合物を導入した円盤状の材料に対して、酸がある場合とない場合に光を当てた際の変化を比較した写真。光と酸と一緒に作用することで、光を当てた部分の分解が起きていることを確認できる(左)。同化合物を導入した発光性材料にも応用可能であることを確認した(右)。

メスの体内時計はオスよりも乱れやすい 性差を考慮したシフトワーカーの健康管理に期待

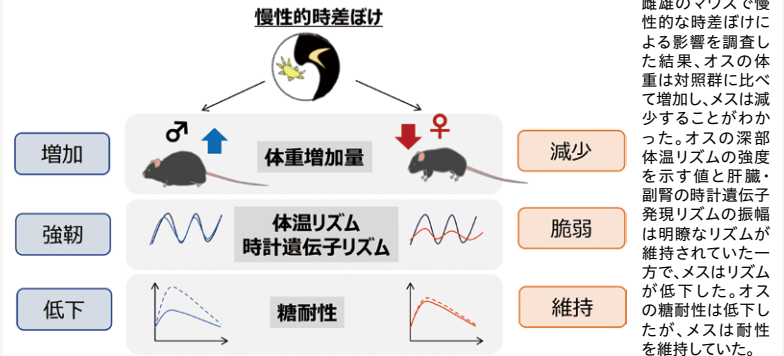
昼夜関係なく活動できる現代社会では、生活習慣が乱れやすくなっています。時差ぼけを長く経験した動物は、健康リスクが高まることが知られていますが、体内時計の乱れと健康状態の関連に性差があるかはわかっていません。従来は主にオスの動物を用いて、研究されてきたからです。そのため、性別による体内時計の乱れやすさの違いについて、詳しく調べる必要がありました。

九州大学大学院農学研究院の安尾しのぶ教授らの研究チームは、長期的に明暗周期をずらしてマウスに時差ぼけ状態を誘導する実験を行い、メスの体内時計がオスよりも乱れやすいことを発見。体重はオスが対照群と比べて増加する一方で、メスは減少していました。また、肝臓の糖・脂質代謝遺伝子の発現や各種生理指標を解析した結果、オスのみで糖尿病低下や血漿インスリンレベルが増加していることなどを確認。さらに、精巣由来の男性ホルモン「テストステロン」の役割を明らかにするための実験を行い、精巣を摘出したオスのマウスでは、時差ぼけのメ

スのような体重減少や糖耐性の維持が観察されました。オスにテストステロンを投与すると、オス特有の体内時計の強靭性が回復したため、テストステロンが体内時計の性差に関与していることがわかりました。

この成果は、不規則な生活を送る医療従事者などのシフトワーカーの健康管理において、性差を考慮する重要性を示しています。ヒトでは明暗環境に加えて、食生活やストレスによる影響なども考慮しなければなりません。性別により、これらの変化や体内時計との相互作用が異なることも予想されます。この成果が、性別ごとの体内時計の乱れに基づいた適切な対処方法の開発につながることを望めます。

■ 慢性的な時差ぼけがマウスにもたらす影響



安価なMoS₂を用いたナノリボン

水素発生触媒と次世代半導体への応用へ道

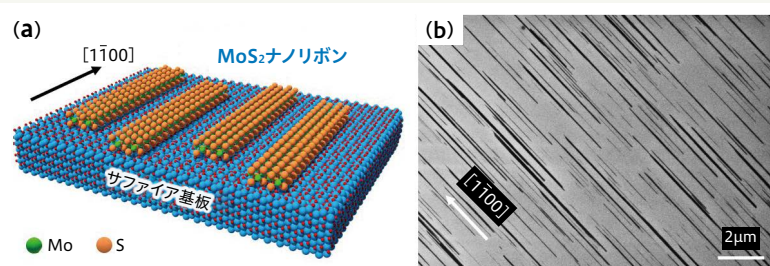
地球温暖化対策としてクリーンエネルギーの需要が高まる中、水素の活用が期待されています。水素を水から電気化学的に製造する際、触媒として使われる白金は高い活性を示す一方で非常に高価なため、その代替素材の開発が急務です。ここで注目されているのが、二硫化モリブデン(MoS₂)をはじめとする「遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)」と呼ばれる半導体シートです。TMDは薄さと優れた電気特性を示し、微細化の限界に近づきつつあるシリコンデバイスに代わる次世代半導体としても開発研究が進んでいます。しかし、デバイス応用には微細加工技術や大量生産の面で課題がありました。

九州大学大学院総合理工学研究院の吾郷浩樹主幹教授らの研究グループは、1100度の高温でサファイア基板上に原料ガスを反応させて2次元物質を合成する化学蒸着法を用いてMoS₂の極細構造(ナノリボン)を合成する手法を開発。合成されたMoS₂ナノリボンを電子顕微鏡で観察した結果、特定の方向に整列して高密度に成長しており、欠陥がほとんど

なく端の構造も比較的なめらかであることがわかりました。

また、MoS₂ナノリボンの電気化学的な触媒活性を測定したところ、MoS₂ナノリボンの端は中心部に比べて約100倍高い活性を示しました。さらに、MoS₂ナノリボンは半導体デバイスとしても優れた電気特性を示すことも判明。水素発生触媒として優れており、次世代半導体の材料としても有望なことがわかりました。

今後は、位置と方向を同時に制御したナノリボンを合成して集積化を目指すとともに、複数のナノリボンを組み合わせたヘテロナノリボンなどを作製して新たな物性開発や応用を図ります。この成果により、クリーンエネルギーの開発や次世代半導体開発への進展が見込まれます。



MoS₂ナノリボンがサファイア基板上にきれいに向きをそろえて高密度に成長していることを表したイメージ図。(a)。(b)は電子顕微鏡写真で、黒く見える線がMoS₂ナノリボンである。

組織が折りたたまれて器官になる仕組みを解明

加えた「時間」と「変化量」がカギ、再生医療に貢献

近年、iPS細胞などの幹細胞を培養して人体へ移植する「再生医療」が注目を浴びています。しかし、試験管内の培養では同じ条件でも組織の形状が一律にならず、器官の立体形状を正確に再現するには至っていません。このため、作製する器官の形作りの仕組みを理解し、その過程を試験管内で制御する必要があります。器官の形成過程では、シート状の上皮組織が折り紙のように複雑に折りたたまれて、各器官の形が形成されます。この折り目には不可逆性があることが知られていますが、メカニズムは未解明でした。

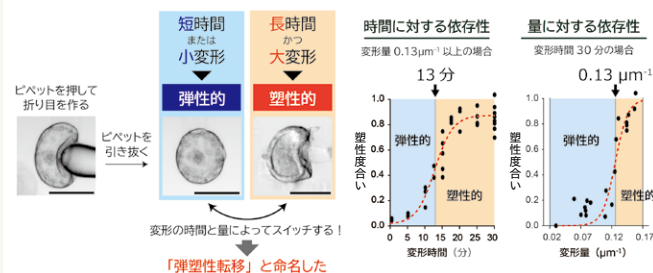
金沢大学ナノ生命科学研究所の奥田寛准教授らの研究チームは、生きた上皮シートに複雑な3次元変形を加える新技术を開発し、脊椎動物の目のもととなる眼杯オルガノイドやマウス胚の眼組織などに適用しました。その結果、上皮シートに加えた変形の「時間」と「変形量」によって折り目の不可逆性が変化することを発見し「弾塑性転移」と命名しました。具体的には13分以上変形を加え、曲率の変化を示す変形量が0.13マイクロ(マイクロは100万分の1)メートル

を超えた場合に折り目が元に戻らず保持されました。

また、この変化が閾値付近で急激に進む理由を探るべく、細胞の形の維持や変形に関連するアクチン分子に着目。組織を生きたまま観察する蛍光ライブイメージング観察を実施したところ、アクチン分子が折り目の内側に集まり、L字金具のような「アクチンブラケット」構造を形成することを見いだしました。

今回の研究により、細胞は上皮シートに加えられた変形の時間と量を感じし、アクチンブラケットを形成することで、折り目の不可逆性を調整していることが明らかになりました。この発見は、器官の形状が一度形成されると元に戻らないという発生生物学の根本的な疑問に対する解答であり、組織工学・再生医療分野での技術革新に貢献します。

■ 変形の時間と量によって組織の応答がスイッチすることを発見



力を加えると変化し、加えた力を取り除くと元の形に戻る「弾性」と力を取り除いても元に戻らない「塑性」の両方を持つ性質を「弾塑性」という。研究チームは、折り目に対する時間と変形量の依存性を実験により明らかにした。