研究成果

共創の場形成支援プログラム（COI-NEXT）
地域共創分野「ゼロカーボンバイオ産業創出による資源循環共創拠点」

光合成細菌を窒素肥料に

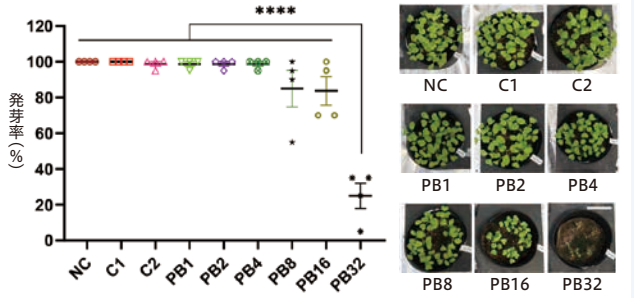
窒素固定細菌を無機肥料の代替に

現在の農業は、大量の作物を作るために無機肥料に大きく依存しています。適度な使用では問題は起こりませんが、過剰に施肥してしまうと、余剰となった無機窒素は環境中へ流出してしまいます。また土壌中の余剰窒素は温室効果ガスである一酸化二窒素へと変換されるため、農業分野からの排出の一因となっています。堆肥などの有機肥料を用いると土壌の状態は改善されますが、一般的な有機肥料は窒素含有量が低く、土壌改善のためには大量の施肥が必要です。これにより、土壌塩分濃度の上昇など別の懸念が発生します。以上のことから、持続可能な農業のために、環境負荷が小さい新たな窒素肥料の開発が求められています。

これに対し、京都大学大学院工学研究科／理化学研究所環境資源科学研究センターの沼田圭司教授／チームリーダーらの研究グループは、海洋性の非硫黄紅色光合成細菌に着目。この細菌は窒素と二酸化炭素（CO_2）の固定が可能であり、破砕・乾燥処理した非硫黄紅色光合成細菌バイオマスは重量比で11パーセントもの窒素を含有していました。コマツナを育てる実験では、この非硫黄紅色光合成細菌バイオマスを無機肥料の4倍施肥しても発芽と生育に悪影響を及ぼさないことが判明。さらに、研究チームはコマツナが含有する窒素量と土壌に添加した窒素量の相関解析をすることで、低温・高温のいずれの条件においてもコマツナが非硫黄紅色光合成細菌バイオマスから窒素を取り込んでいることも明らかにしました。

今回の結果から、非硫黄紅色光合成細菌を窒素肥料として利用できる可能性が示されました。今後は、実際にこの非硫黄紅色光合成細菌バイオマスを施肥した土壌の特性を明らかにし、新しい肥料としての適性や経済性を検討していきます。

■ コマツナの発芽と生育におけるバイオマス肥料の影響



種まき後7日におけるコマツナの発芽率（左）と生育（右）。NC：無窒素肥料、C1～2：無機肥料、PB1～32：非硫黄紅色光合成細菌バイオマス肥料。1～32の数字は、施肥量を無機肥料の窒素量に対する相対値で表している。****はPB32とそれ以外の肥料における発芽率の統計的有意差を表している。

研究成果

創発的研究支援事業（FOREST）
研究課題「多圏間の相互作用を紐解く新しい地球温暖化科学の創設」

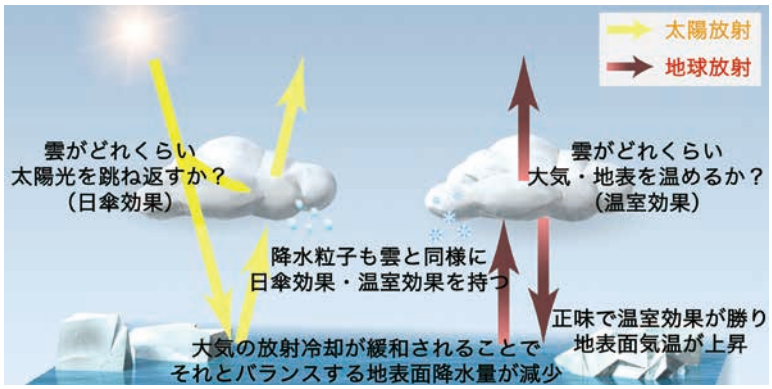
雨や雪など降水粒子の放射効果を定量化

観測結果と整合し、気候変動予測の精度向上に寄与

地球温暖化をはじめとする気候変動は、二酸化炭素（CO_2）などの温室効果ガスの影響だけでなく、雲や大気中の微粒子の作用により太陽から地球に入射する「太陽放射」などが崩れることでも起こります。中でも雲は、太陽放射を宇宙に反射することで地球を冷却する「日傘効果」と、地球が宇宙に射出する赤外線を地表へと再放射する「温室効果」の役割を持っており、この放射伝達過程は、世界の気候を予測する数値モデルにおいて考慮されています。その一方で、雲から生じる雨や雪などの降水粒子は、考慮されずにモデル化されることが一般的で、その放射効果については未解明でした。

九州大学応用力学研究所気候モデリング研究室の道端拓朗准教授は、降水粒子も雲などと同様に日傘効果や温室効果に影響を与えている可能性を考慮し、雲や降水過程を大幅に高度化して降水粒子を精緻に取り扱う降水微物理スキーム「CHIMERRA」を開発。従来の数値気候モデルでは評価自体ができなかった降水粒子の放射効果を定量化することに成功しました。

現在、世界ではさまざまな数値モデルが開発されていますが、北極域における気候の再現性はモデル間でばらつきが大きく、観測結果よりも温暖化の度合いが過小評価される系統誤差が見られます。一方で、降水粒子の放射効果を考慮した今回の研究では、北極域の温暖化増幅において観測結果との整合性が高まることを発見しました。不確実要素であった降水粒子の放射効果を明らかにしたこの研究成果により、中・長期の気候変動や温暖化、異常気象予測などの精度向上につながることが期待されます。



雲や降水粒子が持つ放射効果と地表面気温・降水量への影響を表した図

 （TEXT：上段 JST広報課 中嶋彩乃、下段 原絵里香）

研究成果

創発的研究支援事業（FOREST）
研究課題「感染症媒介蚊の吸血を制御する口吻味覚基盤の包括的理解」

蚊は腹八分目で血を吸い終わる

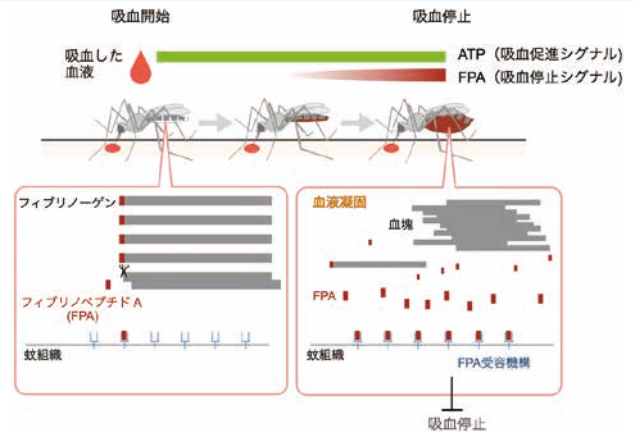
血液凝固物質がシグナル、感染症抑制に道

蚊に刺されると皮膚がかゆくなるだけでなく、日本脳炎やデング熱といった感染症に罹患する恐れがあります。蚊は宿主の皮膚に止まって血を吸い始めると、血中に存在する吸血促進シグナルのアデノシン三リン酸（ATP）を受容することで吸血を続けます。しかし多くの場合、蚊は満腹ではなく「腹八分目」の状態で吸血を終え、気づかれる前に宿主から離れます。この吸血を終えるシグナルについては、これまで明らかになっていませんでした。

理化学研究所生命機能科学研究センター栄養応答研究チームの佐久間知佐子上級研究員らの共同研究グループは、吸血の進行に伴い、宿主の血液凝固時に生成されるフィブリノペプチドA（FPA）が、蚊の体内に蓄積することで吸血を止める作用を生み出していることを発見しました。

実験ではネッタイシマカを用い、マウスから直接吸血した場合と、吸血を促進するATP溶液を人工膜越しに与える人工吸血法を比較したところ、後者による液体摂取量がより多いことが判明。また、直接吸血時にはほとんどの蚊が膨満前に吸血を終えたことから、吸血の後半で急速に増加する物質が吸血抑制シグナルであると推測されました。

この結果を受け、吸血抑制シグナルの実体を調べるため、ATP溶液に血清を加えたところ、膨満するまで吸血する蚊が顕著に減少したことから、血清に吸血を抑制する働きがあることが明らかになりました。さらに血清内の物質を分離・解析したところ、FPAが吸血停止効果を持つことが確認できました。今後、蚊がどのようにFPAを受容し、吸血を終えるかという機構や活性化を促す物質が解明されれば、人為的に吸血を阻害する手法の開発につながり、蚊媒体感染症の抑制に向けた第一歩となります。



血中にあるATPが蚊の吸血を促進する。吸血によって血管から取り出された血液で進む血液凝固反応によって作られるFPAがシグナルとなって吸血を止める。

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST
研究領域「革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明」
研究課題「階層的時空構造と動的不均一性から紡ぐナノ力学機構の理解と制御」

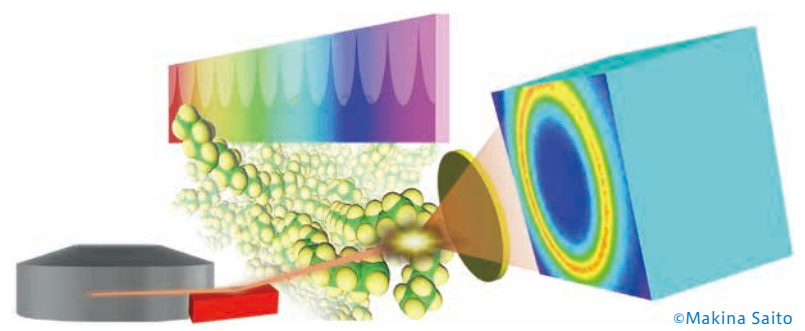
ナノ秒の原子運動を測る放射光技術

産業素材の開発や生命現象の理解を加速

産業、医療分野などで活用される高分子材料や生体材料などでは、さまざまな大きさの原子・分子の集団がそれぞれの時間尺度で運動しています。これらの構造や運動は、産業材料の柔らかさや脆さといった力学特性や生体機能の最も微視的な起源であるため、その理解は特に重要です。しかし、ナノ（ナノは10億分の1）秒近辺での運動の測定は多くの材料で重要であるにもかかわらず、X線を用いて十分な精度で測定することはできませんでした。

東北大学大学院理学研究科の齋藤真器名准教授らの研究グループは、放射光X線を用いて、0.1ナノ秒から100ナノ秒の時間域をX線従来法に比べて桁違いに高感度に観測できる「X線分光型ダイナミクス測定技術」を生み出しました。この手法の高い感度は、特定の波長の光を精密に切り出す「核モノクロメーター」と、光の強度を波長ごとに測定する「分光器」に対し、複数の波長を同時に切り出して測定できる新しい条件を付与することで、原子・分子運動の時間尺度を鋭敏に反映する「光のスペクトル構造」を作り出すことにより実現しました。また、次世代の高性能な2次元高速X線カメラ「CITIUS（シティウス）」を使用することで、原子・分子の構造の精密同時測定も可能としました。

この手法は測定対象の制限が少なく、物質の内部まで非破壊で測定できます。またその高い測定効率により、電池・液晶・タイヤなどのさまざまな産業素材や、生体モデル系に適用可能であるため、原子・分子レベルの知見に基づいた産業材料の開発や生命現象の理解につながることが見込まれます。



従来法より広い時間域を観測できる「放射光X線分光型測定技術」の概要図。放射光でくし型の波長順に並んだスペクトル構造を生成し、ナノ秒近辺での原子・分子構造における運動を観測できる。