

## 研究成果

### 戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出」

研究課題「電子貯蔵触媒技術による新プロセスの構築」

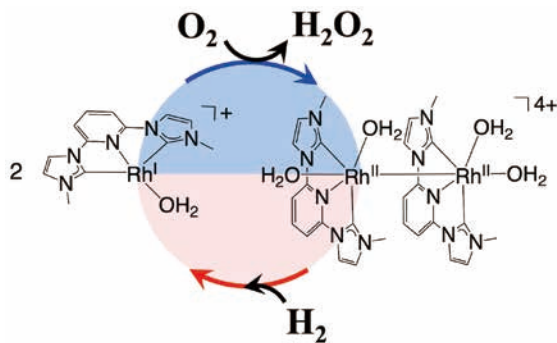
## 過酸化水素を危険なく合成できる新触媒 フラスコ1つでOK、世界最高の反応効率を確認

過酸化水素は、工業用酸化剤や漂白剤、半導体の洗浄など、私たちの身の回りで幅広く利用されています。化学工業では工場で大規模生産していますが、研究室で利用するような小規模単位で水素と酸素から過酸化水素を合成しようとすると、①爆発の危険性がない比率で両ガスを混合しても反応が進む②複雑な設備が必要ない③直接混合しても反応効率が高い、という3つの条件を同時に満たす触媒はありませんでした。

そこで、九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所の小江誠司主幹教授と三菱ガス化学の共同研究チームは、ロジウム錯体からなる新たな分子触媒を開発しました。自然界では水素を合成・分解するヒドロゲナーゼ酵素のように、温和な条件で過酸化水素を合成していることから着想を得て、触媒には電子求引性と電子供与性を併せ持った配位子を用いました。これにより、最初に水素から電子を引き抜くと、その電子を酸素の還元を利用し、最後に水から水素イオンを得て過酸化水素を作るといった一連の反応が、円滑に進むようになりました。

この触媒を用いると、爆発の危険性がほとんどない水素：酸素＝95：5の混合比率で、複雑な設備を使わない1つのフラスコ内の水系反応により、効率的に過酸化水素を合成できます。さらに触媒1分子で910個の過酸化水素分子を合成できた計算になり、これまでに報告された均一系触媒の中で世界最高の反応効率を示すことを確認しました。この成果は、天然酵素の機能を模倣することで新分子触媒を開発できたという学術的な価値だけでなく、次世代のエネルギーである水素を利用した新たな合成反応の基盤となるものです。

水素と酸素から過酸化水素を作る新しい反応サイクル



## 研究成果

### 戦略的創造研究推進事業CREST

研究課題「自己組織化トポロジカル有機マイクロ共振器の開発」

### 戦略的創造研究推進事業ACT-X

研究課題「細胞トラッキングのための生体適合性レーザー発振子の開発」

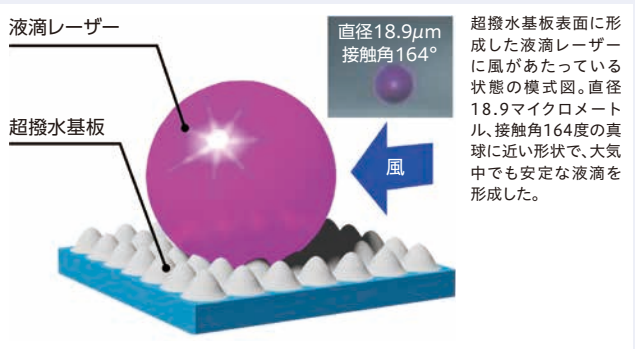
## 100%液体の微小なレーザー光源を開発 新たな柔らかい光デバイスの実現に期待

電気・光学分野では、変形すると機能を調整できる柔らかいデバイスが注目されていますが、その柔軟さには限界があります。そこで、究極に柔らかい素材として液体が有望視されています。レーザーを発生するデバイス全体を液体で作るために必須とされる、数マイクロ(100万分の1)メートルほどの完全な球体(真球)の液滴を作る試みも始まっています。しかし、基板上での作製や蒸発を防ぐことは難しく、大気中で安定に利用できる液滴を実現できていませんでした。

今回、筑波大学数理物質系の山本洋平教授、山岸洋助教授らは、100パーセント液体でできた微小なレーザー光源の開発に成功しました。具体的には、不揮発性のイオン液体で表面張力が大きなイミダゾール塩を、超撥水性表面を持つ基板上へ滴下しました。その際、液滴を極小にして落下速度を抑えることで接触角を大きくし、真球に近い液滴を生成できました。この液滴は、基板上でほぼ真球の形状を維持できる上に、大気中でも1カ月以上にわたって蒸発が検知できないほど安定しています。さらに、液滴のレーザー光源として

の機能を調べたところ、1平方センチメートル当たりおよそ1マイクロジュールという、最も優れた有機マイクロ球体固体レーザーと同等の閾値でレーザーを発振することがわかりました。

液体は形や位置が定まらないため、光デバイスとしての利用はこれまで限定的でした。しかし今回開発した手法により、安定な液体レーザーデバイスを構築できる上、変形や外部刺激応答性といった液体本来の性質を十分に発揮できます。これにより、新たな柔らかい光デバイスの実現につながると期待されます。



## マダガスカル、コメ増収で農民の栄養改善 量と質の両面から寄与 計量経済学で評価

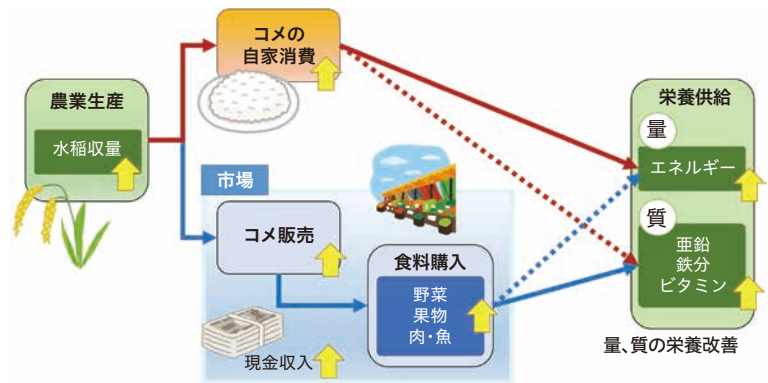
サハラ砂漠より南にあるサブサハラ・アフリカ地域は作物の生産性が極めて低く、人々の栄養不足が深刻です。中でも1人当たりのコメ消費量が日本の2倍以上を誇る稲作大国のマダガスカルは、国民の2人に1人が栄養不足という深刻な問題を抱えており、農家の貧困や不安定な稲作生産が栄養不足の一因である可能性が示唆されていました。

国際農林水産業研究センターの辻本泰弘プロジェクトリーダーと東京大学農学生命科学研究科の櫻井武司教授らの研究グループは、農業生産が農家の所得や栄養に及ぼす影響を調査しました。2018~20年までの3年間、マダガスカルの農村地域600家計を対象に、水稻生産量や現金収入、販売・購入などの消費行動に関するモニタリングを行い、計量経済学的手法を用いて水稻の収量が栄養供給に与える影響などを分析しました。その結果、水稻の生産性が向上すると農家のコメ消費量が増加するだけでなく、コメの販売で得られる現金収入が増えることで、栄養価の高い野菜や果物、肉・魚の購入量も増加

し、量と質の両面から栄養改善に貢献することが明らかになりました。

これまでサブサハラ・アフリカの農村地域における主食作物の生産性向上が農家の栄養供給に及ぼす影響を評価した事例は限られていました。水稻の生産性向上に向けた技術介入を行うことで、消費や市場の活性化とともに購買行動の多様性が生まれ、貧困農家における栄養状態の改善が、SDGsの目標2「飢餓をゼロに」に貢献することが望めます。

農業生産から農家の栄養供給への影響経路



経路(赤矢印): コメの生産性向上がコメの自家消費量を増加させ、主に「量」的な栄養改善に貢献します。経路(青矢印): コメの生産性向上が市場販売・現金収入を増加させ、他の栄養価の高い食品を市場で購入することで、主に「質」的な栄養改善に貢献します。矢印(黄矢印): 量が向上したことを表します。実線の矢印は大きく貢献した経路、破線の矢印は副次的に貢献した経路です。

## マイクロプラスチックによる健康被害を検証 高脂肪食下での経口摂取が異常を誘発

マイクロプラスチック(MP)とは、直径5ミリメートル以下の微細なプラスチック粒子の総称です。自然に分解されず海流や大気中を漂っているため、環境汚染が拡大しています。近年では健康面に対する影響も懸念されていますが、毒性学の側面からの生物学的評価は不十分であるため、健康被害の発現メカニズムは明らかにされていませんでした。

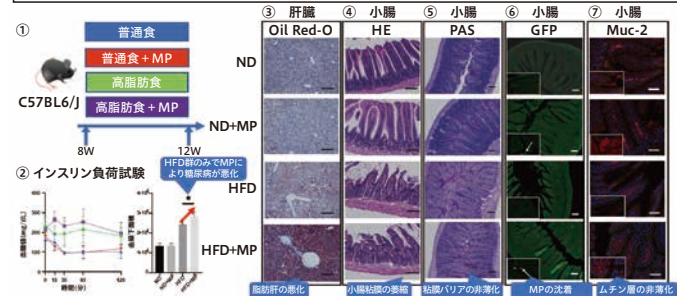
京都大学大学院地球環境学堂の高野裕久教授らの研究グループは、脂肪摂取量の増加により小腸のバリア機能が弱まり、細菌などの有害物質が体内に侵入してしまう「リーキーガット症候群」に焦点を当て、MPの影響発現メカニズムを検証しました。研究では野生型マウスを4群に分け、「普通食のみ」「普通食+MP」「高脂肪食のみ」「高脂肪食+MP」をそれぞれ4週間投与し、代謝障害の項目を評価しました。その結果、高脂肪食のみのマウスは普通食のみと比べて小腸の透過性が高く、粘液を分泌する杯細胞数が低くなっており、さらに高脂肪食+MPでは普通食+MPよりも血糖値、血清脂質濃度、非アルコール性脂肪肝疾患活動性

スコアが高くなっていったことが確認されました。また高脂肪食+MPでは、高脂肪食のみと比べて小腸の炎症細胞が多く、抗炎症細胞が少数だったこともわかりました。

以上の結果から、リーキーガット症候群が高脂肪食によって引き起こされたことや、MPが腸粘膜に沈着したことで炎症が起り、栄養吸収が変化した可能性が示唆されました。今回の研究は、高脂肪食条件下での代謝障害を医学的対策だけで改善するのではなく、環境面を見直し、MPの経口摂取量を減らす必要があることを世界で初めて指摘したものです。

高脂肪食とMP投与マウスの血糖値と代謝機能の変化

高脂肪食とMPの同時投与により糖尿病、脂肪肝、リーキーガット症候群は悪化する



ND(普通食のみ)、ND+MP(普通食+MP)、HFD(高脂肪食のみ)、HFD+MP(高脂肪食+MP)の4群を設定した実験の結果、高脂肪食+MP投与のマウスは高脂肪のみ投与マウスと比較して、血糖値や脂肪肝の悪化、小腸粘膜の萎縮が確認された。