第２２０号（２０２５年１１月１９日発行）

愛研技術通信

掲　示　板

法令・告示・通知・最新記事・その他

○ 2024 年の二酸化炭素の年増加量は観測史上最大

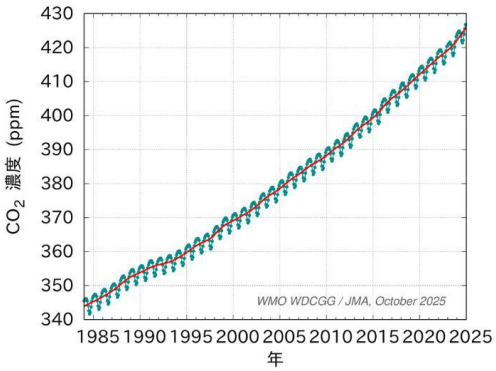
～ 「WMO 温室効果ガス年報第21号」の公表 ～

2025年10月16日気象庁報道発表資料抜粋

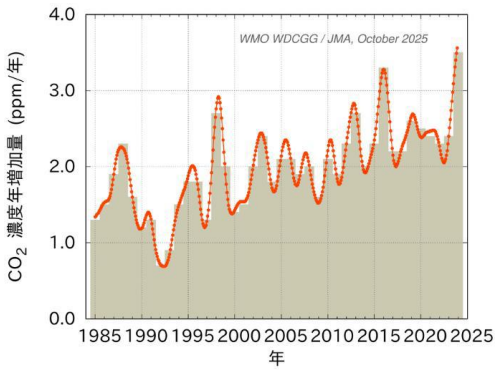
気象庁が世界気象機関（WMO）の要請に基づき運営するWMO温室効果ガス世界資料センター（World Data Centre for Greenhouse Gases: WDCGG）において、2024年までの大気中における世界の温室効果ガス濃度を解析しました。解析の結果、主要な温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素）の濃度は引き続き増加しており、2024年の世界平均濃度はいずれも観測史上最高を更新したことがわかりました。特に、二酸化炭素濃度は前年からの増加量が観測史上最大となりました。 WMOによると、2023年春から2024年春に発生したエルニーニョ現象による高温と乾燥により、生態系による炭素吸収量が減少したことと、干ばつによる大規模火災により大気中への二酸化炭素の排出量が増加したことが要因とされています。

表 主要温室効果ガスの2024年の世界平均濃度と増加量

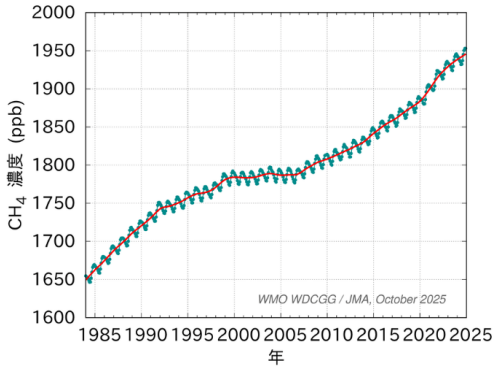
	二酸化炭素 CO_2	メタン CH_4	一酸化二窒素 N_2O
2024 年の世界平均濃度	423.9±0.2 ppm	1942±2 ppb	338.0±0.1 ppb
前年からの増加量	3.5 ppm	8 ppb	1.0 ppb
最近10 年間の平均年増加量	2.57 ppm/年	10.6 ppb/年	1.07 ppb/年



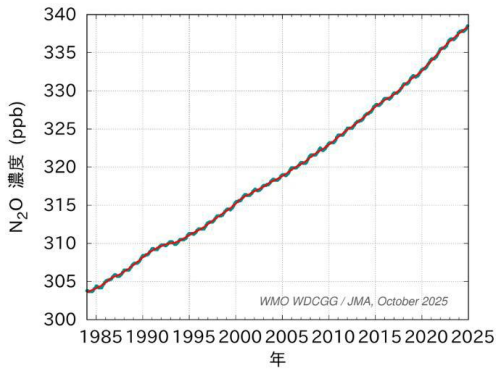
二酸化炭素の世界平均濃度の経年変化



二酸化炭素の世界平均濃度の年増加量の経年変化



メタンの世界平均濃度の経年変化



一酸化二窒素の世界平均濃度の経年変化

○ 温室効果ガス削減を目指して

～ 大阪都市部のメタン排出を移動観測で詳細に調査 ～

2025年10月15日大阪公立大学報道発表資料抜粋

大阪公立大学、国立研究開発法人 国立環境研究所、米国Environmental Defense Fund、英国Royal Holloway University of Londonの共同研究グループは、ガス測定器を積んだ自転車と自動車で大阪市と堺市の都市部を走行しながらメタン濃度を測定しました。そして、堺市に設置した定点観測装置で長期間測定したメタン排出量データも合わせ用いることで、地図上にメタン排出地点を描くことに成功しました。

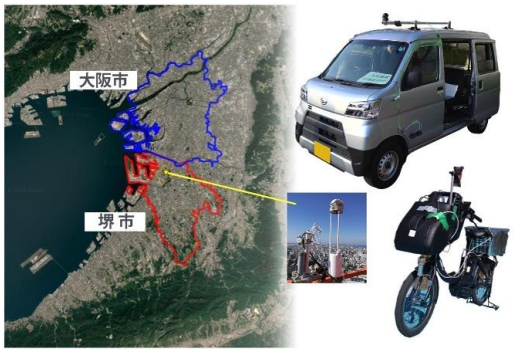


図1. 移動観測用車両と観測装置

【 研究の背景 】

温室効果ガスの一つであるメタンは、二酸化炭素（CO_2）に比べて地球を温める力が25倍以上も強い気体です。メタンは大気中にとどまる期間がCO_2よりも短いため、その排出量を減らすことは地球温暖化を防ぐ短期的で効率的な対策の一つと考えられています。このような背景から、日本を含む100を超える国や地域が2021年にグローバル・メタン・プレッジに署名し、2030年までに世界全体のメタン排出量を少なくとも30%削減するという目標を掲げています。

都市部では、都市ガス（化石燃料）の使用に伴うメタンの漏洩や下水などに含まれる微生物からのメタン生成があると考えられていますが、日本の都市のどの場所からどのくらい発生しているかは、これまで詳しく調べられていませんでした。欧州や北米などでは自動車や飛行機を使用したメタン排出量の調査が進んでいますが、日本ではあまり行われておらず、化石燃料や下水処理などのメタン排出起源を区別して調査した研究もほとんどありませんでした。行政によるメタン排出量データは、排出部門別の活動量データと各々の排出係数を用いて算定されます。しかし、「実際の排出量を正確に反映しているか」が行政単位で検証されているわけではなく、現地での大気の観測を用いて独立にメタン排出の実態を明らかにする必要があると考えました。

【 研究の内容 】

本研究グループは、ガス測定器を積んだ自転車と自動車で大阪市と堺市の都市部を中心に走行し、町の至る所でメタン濃度を測定しました。同時に、堺市役所高層館屋上の電波塔に設置した装置（図2）で、風で運ばれるメタンを長期間にわたって観測する渦相関法と呼ばれる方法も用いて排出量を評価しました。これらのデータから、どの場所からどのくらいのメタンが発生しているのかを地図上に描き出すことができました（図3）。

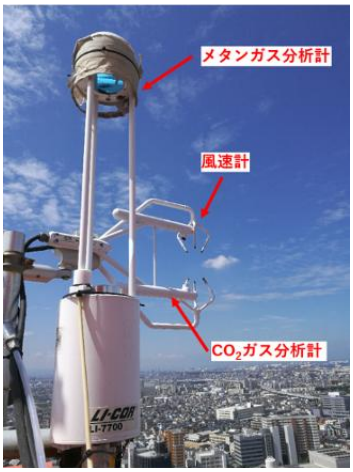


図2. 堺市役所高層館屋上の電波塔に設置された都市域のメタンとCO2の排出量をモニタリングするための気象観測装置。365日、30分毎に、堺市中心部からの温室効果ガス排出量を連続的にモニタリングしている。

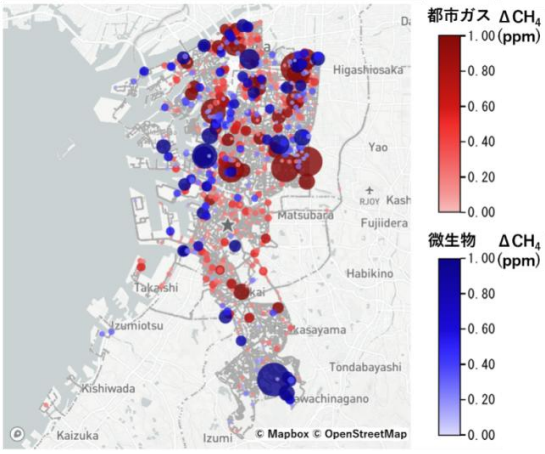


図3. 自動車での移動観測により検出されたメタン排出地点。
周囲の濃度からのメタンの増加量（ppm）に応じて円の大きさを示す。赤色は都市ガス起源、青色は微生物により生成されたメタンを表す。

都市ガスには、メタン（CH_4）とエタン（C_2H_6）が決まった割合で含まれていますが、下水などに含まれる微生物がつくるメタンにはエタンが含まれていません。本研究では、メタンとエタンを同時に測ることで、都市ガスなどの「化石燃料起源」なのか、下水などの「生物起源」のメタンなのかを見分けることもできました。これにより、これまで見逃されていたメタンの排出源が多数あること、そしてそれらの多くが行政による排出量データに含まれていない可能性を突き止めました。

【 期待される効果・今後の展開 】

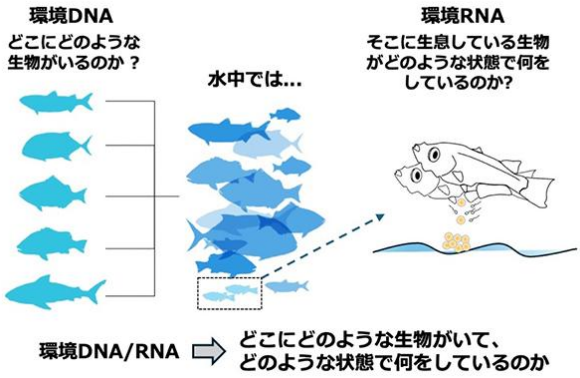
本研究により、都市部からのメタン排出の実態が自転車と自動車を利用した大気観測で初めて明らかになりました。これにより、これまで見過ごされていた排出源の削減に向けた具体的な対策が進むことが期待されます。本研究の移動観測は、都市のメタン排出を短時間・広範囲に把握するスナップショット的手法であるため、不確実性があります。今後は繰り返し測定や多都市展開を進め、評価手法を確立し、日本の大都市におけるメタン排出の理解を深めていきたいと考えています。本成果が日本の温暖化対策に大きく貢献することを願っています。

○ 水をとることで魚の繁殖行動が明らかに

～ 環境水中の精液由来RNAの定量により魚類の繁殖を検出する手法を確立 ～

2025年11月6日東京大学報道発表資料抜粋

東京大学の研究チームは、飼育水中に存在する精液由来のRNAを調べることで、メダカの繁殖行動を、水をとるだけで検出する手法を開発しました。本手法（環境RNA）と環境DNA手法を併用することにより、「どこにどのような生物がいて、何をしているのか」を明らかにすることができるようになります。



環境DNAとRNA：それぞれの特徴

【 発表内容 】

私たちが直接見ることのできない水中には、まだ多くの未知の生物が存在すると考えられます。また、どこにどのような生物が生息しているのかも、実際に生物を捕獲して調べることは容易では

なく、希少な生物を捕獲してしまうことは絶滅の恐れを加速させる可能性もあります。さらに、近年の地球レベルの環境変化は生物の生息域にも大きな影響を与え、水産資源の変動など社会経済的な影響も顕在化しています。そこで近年では、「水をとるだけで、どこにどのような生物がいるのかを明らかにする」環境DNA研究が盛んに行われています。

一方で、細胞内にはDNAに加えてRNAも存在します。DNAは生物の遺伝情報を保持しており、基本的に全ての細胞が同じDNAを持つのに対し、RNAの一種であるメッセンジャーRNA（mRNA）はタンパク質合成の鋳型であり、細胞の機能によって異なる種類のmRNAを持ちます。そこで本研究グループは、水中に存在するmRNAを解析することで、そこに存在する生物がどのような状態で何をしているのかを知ることができると考えました。その第一歩として、魚類の繁殖に注目しました。集団で繁殖するような魚であれば、繁殖時には大量の卵と精子を放出します。メダカにおいてklhl10と呼ばれる遺伝子のmRNAが精巣や卵巣に多量に含まれており、繁殖行動を行ったメダカの飼育水から特異的に検出されることを見出しました（図１）。さらに、飼育下のメダカは照明点灯とともに繁殖行動を行うため、１時間毎に飼育水を回収して行動観察と同時に調べたところ（図2）、夜間にはklhl10のmRNAは検出されず、照明点灯時あるいはその直前から検出され、その検出量は繁殖行動の回数と強い相関を示しました（図3）。一方で、粘液細胞などに含まれると考えられるmuc5ac遺伝子のmRNAは常に水中に存在しており、繁殖行動との相関は見られませんでした（図3）。

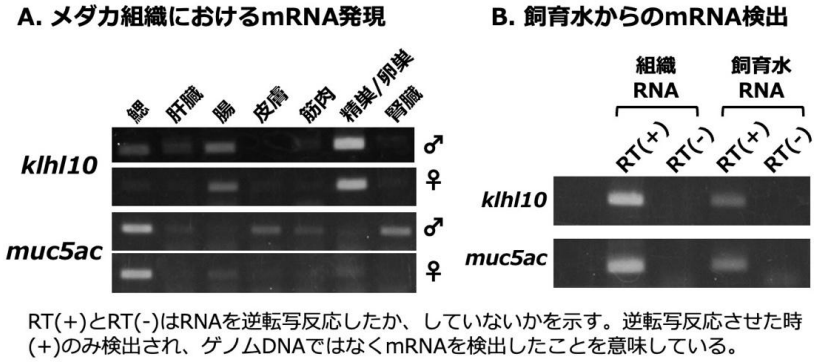


図１：klhl10 の mRNA はメダカの生殖腺と繁殖行動をおこなった飼育水から検出される

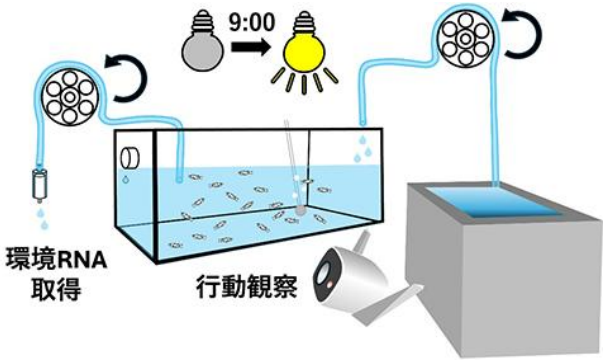
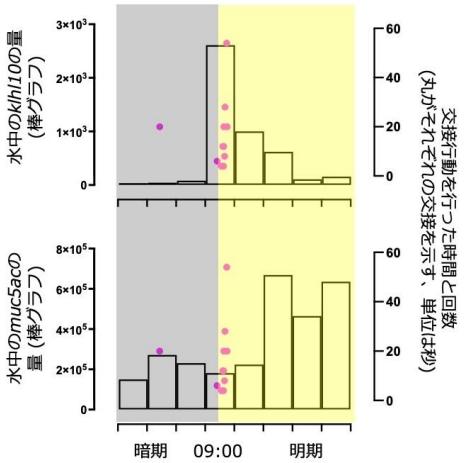


図２：実験のイメージ。メダカの行動観察と環境 RNA 取得を同時に行う



照明点灯とともに繁殖行動が開始し、同期して*klhl10* mRNAが検出されるようになる。*muc5ac* mRNAは常に検出され、繁殖行動との相関は見られない。

図 3：メダカの繁殖行動と環境 RNA 量の変化

本研究は、環境 RNA を用いることで、魚類の繁殖という現象を、水をとるだけで検出する手法を初めて確立したものです。この手法が他の動物にも適用できるかどうか、実際のフィールドでも検出できるのかどうかなど、さらに検討すべき課題はあるものの、環境 RNA により生物の機能を明らかにするための大きな第一歩を踏み出すことができました。今回は繁殖行動に注目しましたが、今後さらに適切なマーカーmRNA を同定できれば、ストレスや病気など、生物の健康状態の把握にもつながる技術であり、養殖の現場等への応用も期待できます。このように、水をとるだけで、「どこにどのような生物がいて、どのような状態で何をしているのか」がわかる技術として、生物の多様性や水産資源の保全など様々な分野への貢献と波及効果が期待されます。

○ なぜウリ科植物は汚染物質を蓄積しやすいのか？
～ 汚染のない作物、土壌浄化へ期待 ～

2025年10月30日神戸大学報道発表資料抜粋

神戸大学の研究グループは、ウリ科植物における汚染物質の蓄積メカニズムを、汚染物質輸送タンパク質の根の細胞外への分泌の違いから明らかにしました。今後、植物における輸送タンパク質を介した汚染物質の体内挙動が明らかになることから、汚染物質の作物への蓄積低減、農業環境における浄化による安全な作物の栽培技術の開発に貢献することが期待されます。

【 研究の背景 】

ウリ科植物（キュウリ、カボチャ、ズッキーニなど）は、他の植物と比べて疎水性の高い残留性有機汚染物質を地上部に多く蓄積することが知られています。汚染物質には、ダイオキシン類、ディルドリン、そしてポリ塩化ビフェニルなどが含まれ、このような化合物は分解されにくく、環境

に広く長期間存在します。そして食物連鎖を通して人間に摂取される機会が増えた結果、体内に汚染物質が蓄積し、様々な健康被害をもたらす危険性があります。そのため、ウリ科植物の食用部分にこれらの汚染物質が蓄積しないようにすることは重要です。

これまでの研究で、ズッキーニの根では、疎水性の多環芳香族炭化水素（PAH）が根の表皮から中心部近くの組織まで移動し、最終的に地上部にも運ばれることが明らかになっています。このような研究から、ウリ科植物が汚染するメカニズムは①土壌から根への汚染物質の取り込み、②根における汚染物質の輸送に関与するタンパク質（MLP：Major latex-like protein）と汚染物質の結合、③MLP-汚染物質複合体の根細胞から細胞外への分泌、④MLP-汚染物質複合体の地上への移行、に分類されることがわかってきました（図1）。根から地上部分への移動の際、疎水性の化合物は「アポプラスト」と呼ばれる根の細胞と細胞のすき間を満たす液体に溶け込む必要があります。ズッキーニの木部を満たす導管液では、MLPというタンパク質が、PAHの一種ピレンと結合して疎水性の化合物を溶かし込む働きをすることがわかっています。これにより、疎水性の化合物でも水の流れに乗って地上部に移動することができます。このMLPは主に根で作られ、化合物と結合し、導管液に溶かし込んでそれらを植物の地上部（茎・葉・果実）へと運ぶ役割を果たしていると考えられます。

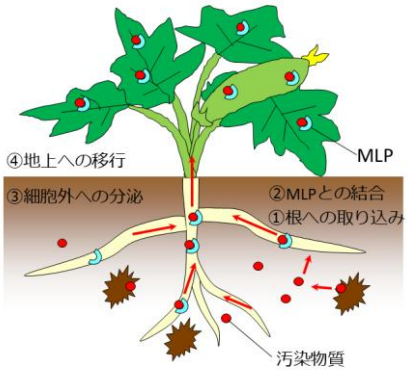


図1　ウリ科植物における汚染物質の挙動

このMLPは、ウリ科植物で見つかっているタンパク質ですが、その他多くの植物にも存在することが知られ、いずれもその内部に化合物を収容できる空洞を持っています。この空洞に収まる植物ホルモンや二次代謝産物を結合・輸送するとともに、水に溶けにくい汚染物質も同様に結合・輸送することができます。すなわち、MLPと汚染物質の結合も汚染物質の地上部蓄積の要因となっています。ズッキーニの中でも特に汚染物質を蓄積しやすい品種（高汚染品種）では、導管液中のMLPの量が多いことから、このタンパク質が汚染物質の輸送、地上部蓄積に重要な役割を果たしていると言えます。つまり、導管液におけるMLPの存在、汚染物質との結合が、植物汚染のカギになっているのです。しかしながら、ズッキーニの汚染物質蓄積に不可欠なMLPと化学物質の結合、MLPの細胞外への分泌（導管液における存在）の仕組みはこれまで明らかになっていません。

【 研究の内容 】

本研究チームはまず、先の研究でMLPのPAHに対する結合親和性が地上部での蓄積量にどのように影響するかを解析しました。コンピューター上で推測したウリ科植物（キュウリ、カボチャ、ズッキーニなど）がもつMLPの立体構造と各種PAHの結合の強さを測定した結果、PAHの立体構造が大きくなるほど結合の強さは低下し、MLP内部の空洞の大きさが大きくなるほど結合が強くなることが明らかとなりました（表1）。

	結合自由エネルギー (kcal/mol)								
	ナフタレン	フェナントレン	アントラセン	ピレン	ナフタセン	ペリレン	ペンタセン	ベンゾ[ghi]ペリレン	ヘキサセン
ズッキーニMLP	-8.8	-11	-8.1	-8.7	2.2	0.9	20	2.3	32

表1　ズッキーニMLPとPAHの結合自由エネルギー

オレンジは強い結合を示し、青は弱い結合を示す。
表中右にあるPAHほど大きな立体構造を持ち、疎水性が高い。

さらに、ズッキーニにおける汚染物質の蓄積量は、MLPとPAHの結合の強さが増すほど多くなることが明らかとなりました（図2）。すなわち、MLPとPAHの結合強度は地上部における蓄積量を決定する重要な要因であることがわかりました。

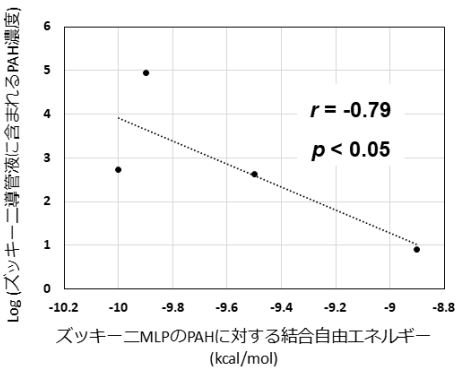


図2　MLPに対するPAHの結合の強さとズッキーニ地上部へのPAH蓄積の相関
横軸の値が小さい（結合が強い）ほど、縦軸の値が大きい（蓄積しやすい）。

しかし、MLPはウリ科植物以外の植物にも存在し、またウリ科植物内でも品種によって汚染物質の蓄積しやすさが異なります。高蓄積品種では導管液に含まれるMLP濃度が高いことから、研究チームはMLPが細胞外へ分泌する移行メカニズムの解明に進みました。

ズッキーニでは、MLP遺伝子は主に根で発現し、特に内皮細胞や根の中心でその発現が強く見られます。MLPに対して特異的に結合する抗体を用いた免疫染色実験の結果、ズッキーニの低汚染品種では内皮細胞をかたどるような蛍光像（MLPの存在を示す）を示しましたが、高汚染品種では内皮細胞の中心側半分で波状に蛍光像が見られました（図3）。これは内皮細胞にあるカスパリー線（根の内皮細胞に存在し、細胞と細胞の間のアポプラスト空間における液体・物質の移動を阻止している構造体）により、細胞間を満たす液体の移動がブロックされているために起こっていると考えられます（図4）。低汚染品種ではMLPは細胞内に存在したままで細胞外に分泌せず、高汚染品種ではMLPは細胞と細胞の間に存在していることから細胞外に分泌していると示唆されます。細胞外に分泌したタンパク質は導管に移動し、地上部へと移動することから、この根細胞におけるMLPの蓄積場所の違いが低汚染品種、高汚染品種を分ける要因となっていると考えられました。また、細胞外分泌の違いによって起こる蓄積場所の違いは、MLPのアミノ酸配列の違いに原因がありました。これは、別の植物にアミノ酸配列が異なるMLPを導入したときに観察された、MLPの蓄積場所の違いから示されました。

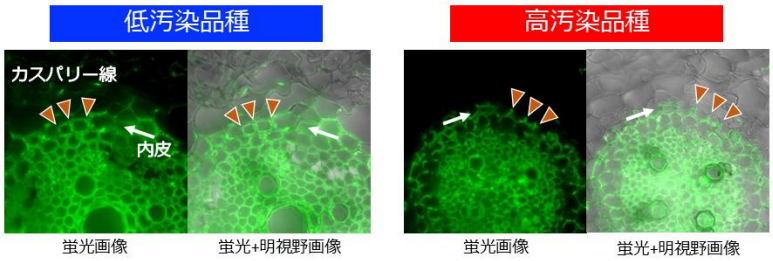


図3　ズッキーニ根に存在するMLPの検出
抗MLP抗体を用いた免疫染色実験を行った。低汚染品種では内皮細胞を形どるような蛍光像を示したが、高汚染品種では内皮細胞の中心側半分で波状に蛍光像が見られた。

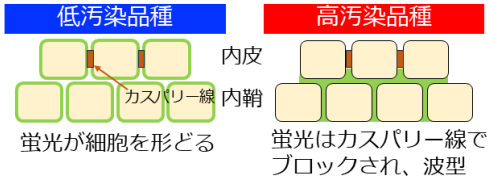


図4　ズッキーニ根におけるMLP分布の模式図
低汚染品種ではMLPは細胞内に存在し、高汚染品種ではMLPは細胞と細胞の間に存在していることから細胞外に分泌していると考えられた。

以上の結果は、MLPと汚染物質の結合、MLPの根における存在場所がウリ科植物の汚染を決定づける重要な要因であることを示しています。MLPはそのアミノ酸配列によって、細胞外への分泌が制御され、汚染物質の地上部への蓄積をもたらすことが明らかとなりました。

【 研究の意義と今後の展開 】

本研究の成果は、PAH のみならず、その他多くの汚染物質に対して有効な汚染低減技術につながります。なぜなら、MLP はダイオキシン類やディルドリン、ポリ塩化ビフェニル、その他汚染物質とも結合できるからです。このため、MLP と汚染物質の結合に関与するアミノ酸に変異を導入することで、様々な種類の汚染物質に対する輸送能力を低下させ、汚染のない安全な植物を作出することができます。

反対に、MLP の細胞外への分泌を促すよう MLP や植物を改変することで、地上部に移行する汚染物質の量を増やすことが可能です。これは植物を利用した土壌中汚染物質の環境浄化につながる技術となるでしょう。このように MLP に関連する機能を制御することで、安全な作物の栽培に貢献する技術の開発に役立てることができます。

編集後記

11 月 1 日は「計量記念日」です。経済産業省では、社会全体の計量制度に対する理解の普及を図るために、現行の計量法が施行された 11 月 1 日を「計量記念日」とし、また 11 月を「計量強調月間」として、計量制度の普及や社会全体の計量意識の向上を目指しています。

今年は、近代日本としては初めての度量衡法規である度量衡取締条例が公布されて 150 年となる年です。1875 年 8 月 5 日に公布されたこの条例は、長さ（度）、体積（量）、質量（衡）について基準を定め、それまで地域ごとにばらばらだった単位の基準を統一しようとしたものです。

計量制度は、私たちの暮らしや経済産業活動などで、あまり目立たないけれど欠くことができない重要なものです。（A.K）

令和 7 年度計量記念日ポスター
（経済産業省ホームページから引用）

株式会社 愛 研
（https://ai-ken.co.jp）
本 社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710
電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641
半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65
電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749