

ISS 飲料用再生水の細菌の特徴を分析 宇宙居住時の水環境支える基盤情報に

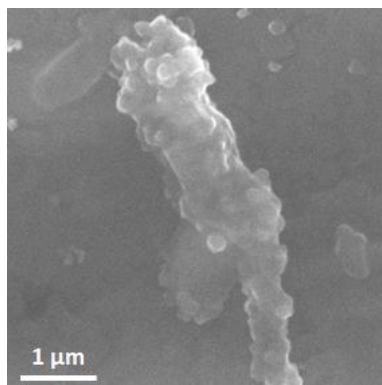
摂南大学（学長：久保康之）生命科学科 分子生態学研究室の見坂武彦教授、大阪樟蔭女子大学の一橋知昭教授、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の山崎丘教授の研究グループは、国際宇宙ステーション（ISS）の飲料水供給装置（PWD：Potable Water Dispenser）から得られた再生水の微生物学的特徴を詳細に解析しました。その結果、PWD 水中にラルストニア属細菌※が3年以上にわたり優占していることが明らかになりました。また、ISS 由来のラルストニア属細菌は、高い細胞外高分子物質（EPS）産生能に加え、強いバイオフィーム形成能を有することが示されました。EPS はバイオフィーム形成に重要な役割を果たすことから、これらの特性は、ラルストニア属細菌が ISS という特殊な水環境に適応し、長期的に生存するうえで重要な要因であると考えられます。本成果は、宇宙居住環境における再生水の微生物学的安全性評価と管理手法の高度化に貢献することが期待されます。

本研究成果は、2026 年 2 月 5 日に米国微生物学会の学術雑誌「Microbiology Spectrum」に掲載されました。

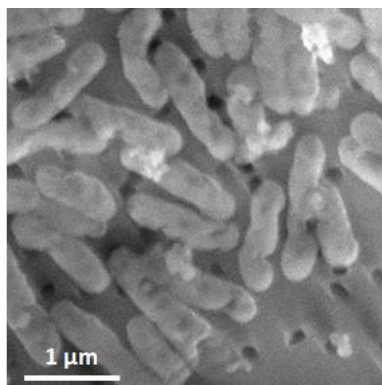
URL：<https://doi.org/10.1128/spectrum.02913-25>

【本件のポイント】

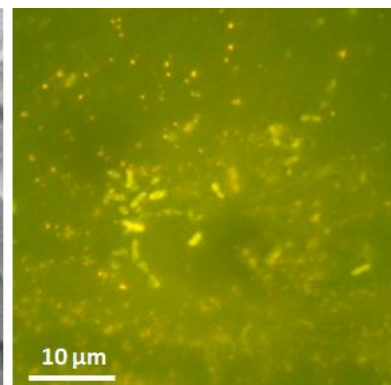
- ISS の飲料水に長期的にラルストニア属細菌が優占することを発見
- ISS 由来のラルストニア属細菌が EPS を産生し、バイオフィームを形成しやすいことを発見
- 本菌のこの性質が ISS の水環境への適応を支える重要な要因であると示唆



ISSのPWD水に生息する
EPSを表面に付着した細菌



ISS由来のラルストニア属細菌



バイオフィームを形成しつつある
ISS由来のラルストニア属細菌とEPS

上記顕微鏡写真は論文の図を改変

研究の背景

長期にわたる宇宙滞在ミッションでは、乗組員が飲用する水の衛生状態を維持し、微生物学的な安全性を確保することが極めて重要です。ISS では、空気中の湿度から得られる凝縮水に加え、宇宙飛行士の汗や尿から回収した水分を組み合わせることで再生し、飲料水として利用しています。

一方で、こうした再生水は成分特性によって栄養塩に富む場合があり、微生物にとって増殖しやすい環境となり得ることが知られています。再生水の一部は、PWD を介して宇宙飛行士に供給されます。これまでの PWD 水の微生物解析から、飲料水として必要な処理は十分に行われている一方で、再生処理装置において細菌を完全には除去できていない可能性が示されてきました。更に、細菌そのものとは異なる生物学的因子の存在も示唆されており、PWD 水の微生物学的特徴をより多角的に捉える必要がありました。

本研究では、電子顕微鏡観察により PWD 水中に存在する EPS を直接観察・測定するとともに、PWD 水の細菌群集構造の経時変化を解析しました。ラルストニア属細菌が優占していることを確認しましたので、更に、ISS 由来のラルストニア属菌株と地上環境由来株を比較し、宇宙環境に特有の適応メカニズムの解明を試みました。

研究内容

本研究により、ISS の飲料水では少なくとも 3 年以上にわたり、ラルストニア属細菌が細菌全体の約 70% を継続的に占めることが明らかになりました。更に、飲料水中に存在する EPS 粒子数が細菌数を上回ることを確認しました。平均体積と粒子数から算出した EPS 総量は、細菌総量の数十% に達することが初めて示されました。

EPS は、細菌が細胞外に分泌する粘性の高い高分子の混合物です。細菌は EPS を介して互いに接着することで、三次元的な集合体であるバイオフィームを形成します。EPS は、細胞が他の細胞や物体に付着する際の「接着剤」として働くだけでなく、網目状構造をつくることで抗菌薬や消毒剤の浸透を遅らせ、効果を低下させ得る防御バリアとしても機能します。加えて、EPS は細胞同士のコミュニケーションを支え、情報伝達の間としても重要な役割を果たします。

本研究では更に、ISS の飲料水から分離したラルストニア属細菌を用いて、その性質を実験室内で詳細に評価しました。宇宙環境を模倣した微小重力環境で培養したところ、通常重力環境と比べて細胞濃度および EPS 濃度がいずれも上昇し、総量が増加することが明らかになりました。

また、ISS 由来株は、栄養が豊富な条件下で地上由来株より高い EPS 産生能およびバイオフィーム形成能を示しました。加えて、栄養が乏しい条件下においても高いバイオフィーム形成能を維持することが確認されました。これらの結果は、高い EPS 産生能により、ラルストニア属細菌が ISS の水環境に長期的に適応し、優占する要因の一つである可能性を示しています。

本研究の意義

本研究は、ISS の飲料水に、バイオフィーム形成の鍵となる EPS が多量に含まれていることを、世界で初めて定量的に示したものです。EPS はバイオフィーム形成に不可欠な因子であり、バイオフィームは配管や機器に付着・増殖することで、汚染、詰まり、機能低下・機能不全といった運用上の問題を引き起こします。特に微小重力環境では、沈降や流れのパターンが地上と異なるため、バイオフィームの形成や影響が増幅される可能性が指摘されています。

こうした課題は宇宙に限りません。産業・研究用途を含むさまざまな水供給システムにおいても、バイオフィームは下流コンポーネントへ悪影響を及ぼし、配管・タンク・機器の損傷や性能低下の要因となります。更に、バイオフィーム内部では抗菌薬や消毒剤が作用しに

くくなることから、除去・制御の難しさに加え、抗生物質耐性の増加を通じた人体リスクの高まりも懸念されます。

水は飲料・調理用にとどまらず、洗浄や衛生管理、更には宇宙農業など、宇宙でのあらゆる活動の基盤となる資源です。今後、人類の活動領域が月や火星へと広がり、ISS よりも多くの人々が長期間宇宙で生活する将来を見据えると、地上と同様に「必要なときに安全な水を使える」環境の実現が不可欠です。

そのためには、水質そのものの管理に加え、微生物および EPS・バイオフィルムの形成まで含めた総合的な水マネジメントが求められます。本研究で得られた知見は、宇宙居住環境における再生水の微生物学的安全性評価の高度化に加え、バイオフィルム形成を考慮した水処理・装置設計・運用指針の構築に向けた重要な基盤情報となります。

用語説明：

※本研究で検出されたラルストニア・ピケットティイは、栄養の乏しい水環境に生息するグラム陰性桿菌である。健康な人では問題となることは少ないが、免疫力が低下した人では、呼吸器感染症や尿路感染症に加え、血液の中に細菌が入り込むことで全身に強い炎症が起こり、臓器に重い障害を引き起こすことがある。

論文情報

論文タイトル：High extracellular polymeric substances production and biofilm-forming capacity of *Ralstonia pickettii* isolates from ISS potable water（和訳：ISS 飲料水由来の *Ralstonia pickettii* 分離株の高い細胞外高分子物質産生能とバイオフィルム形成能）

著者名：見坂武彦、一條知昭、山崎丘

掲載誌：Microbiology Spectrum

公開日：2026 年 2 月 5 日

DOI：https://doi.org/10.1128/spectrum.02913-25

本研究は摂南大学開学 50 周年記念事業『むむプ』、JSPS 科研費 25K03284、21K12272、21H03654、JAXA「きぼう」利用 Micro Monitor および JEM Microbe の助成を受けたものです。

■内容に関するお問い合わせ先

摂南大学 理工学部生命科学科 教授 見坂武彦
TEL:072-839-8084（不在の場合は広報室へ）

■本件発信部署・取材のお申し込み先

学校法人常翔学園 広報室（担当：石村、木下）TEL:06-6954-4026 Koho@josho.ac.jp