

■研究テーマ

- 微生物機能を活用したエネルギー・資源回収型廃水処理技術
- 水環境保全技術ならびに高度水質浄化技術
- 湿潤有機性廃棄物の生物学的処理技術

■キーワード

微生物燃料電池, 微生物機能, 水浄化, 水環境保全, 物理化学作用, 資源・エネルギー回収

■産業界の相談に対応できる技術分野

排水処理, 上下水道, 水環境保全技術, 水質浄化, 廃棄物処理・処分, 有用資源分離・回収

■主な設備

イオンクロマトグラフィ, GC-MS, HPLC, GC, TOC計, Real-time PCR装置, 落射蛍光顕微鏡, レーザー回折式粒度分布計, 電気化学測定装置, 恒温恒湿器, 各種微生物培養・水質測定機器類 他

連絡先  
環境創生部門 渡邊智秀 TEL 0277-30-1631 FAX 0277-30-1601 e-mail watanabe@gunma-u.ac.jp  
環境創生部門 窪田恵一 TEL 0277-30-1633 FAX 0277-30-1601 e-mail kubotak@gunma-u.ac.jp



渡邊智秀 教授 窪田恵一 助教

研究概要

環境新技術で豊かな水環境の形成や自然共生・低炭素・資源循環社会の構築へ貢献

私たちの日常の活動や生活は、生態系を含む自然環境からの恩恵にすべて支えられています。しかしながら現代社会における大量の各種資源採取や不要物の排出に対して自然環境容量は限界に達しており、既に様々な規模で深刻な環境問題が顕在化しています。そのため、人と自然環境の調和を図り、将来にわたり持続可能な社会を構築するために環境への負荷をできるだけ小さくすることが可能な要素技術やそれらを適用したシステムの開発が急務になっています。

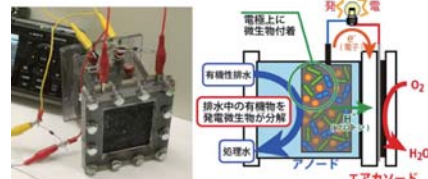
当研究室では、人の活動に不可欠な水や豊かな水環境の形成と維持のための水質交換技術や水質浄化技術を中心に、温室効果ガスの排出ができるだけ少ない社会や資源循環社会の構築に資する未利用エネルギー・資源の回収と利用に関わる環境新技術の研究開発に取り組んでいます。対象の基本的性状や特徴を踏まえて、新規な微生物や微生物群集としての機能に加え、化学的作用や物理的作用を駆使して革新的な効果や機能を有する技術の研究を行っています。

特徴と強み

新奇な微生物機能による水処理とエネルギー回収の両立ならびに水環境浄化への展開

水環境を保全するために、廃水の処理は不可欠となっています。しかし、例えば、私たちの日常生活で生じる下水の処理には、1m<sup>3</sup>あたり約0.6kWhものエネルギーが費やされています。ところが、それにほぼ匹敵するエネルギーが有機性汚濁物質として下水中に潜在しています。すなわち、活性汚泥法に代表される現在世界的に主流の方法は、エネルギーを使用して汚れとして潜在しているエネルギーも失ってしまっているのです。

当研究室ではこのことに着目し、有機性廃水の処理とエネルギー回収を両立する創エネルギー型処理技術の開発研究に取り組んでいます。カギとなるのは、最近までその存在が知られていなかった細胞外の導電性物質へ電子を放出可能な発電微生物と呼ばれる微生物で、生物学的にも非常に強い関心が持たれています。図のように発電微生物が集積したアノードと酸素が電子受容体となる反応が生じるカソードを組み合わせると、導線に繋ぐと廃水中の有機物の分解(水の浄化)と同時に電流が流れます。微生物の代謝であたかも有機物が燃料となり電気が発生するので微生物燃料電池と呼ばれています。

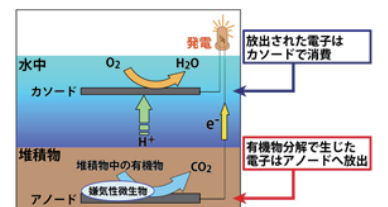


微生物燃料電池の概要 (一槽式MFCの例)

この仕組みでは、これまで、廃水中の有機物が除去可能と考えられてきました。これに対し、当研究室では、有機性廃水に常に含有されてその除去が不可欠となっている窒素成分に着目し、カソードに硝化細菌を集積して機能の複合化を図ることで、有機物および窒素除去が単一の槽内で完結可能で、電気的な出力性能も向上することを実証しました。

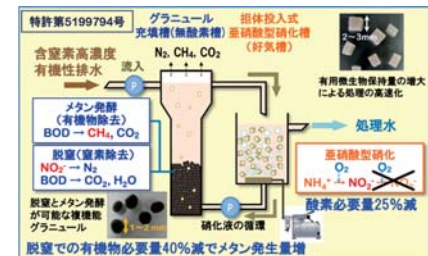
さらに、酸素を利用するカソードに代えて、脱窒細菌を集積したバイオカソードを用いるとカソードで硝酸イオンの除去(脱窒)が可能であることを明らかにして、硝酸イオンで汚染された地下水の浄化への適用を試みています。

窒素やリンといった栄養塩類の流入が多い港湾や湖沼の底質は、ヘドロが厚く堆積して底質環境は非常に深刻な状態となってしまっています。当研究室では、図のように底質側がアノードとなるような微生物燃料電池の仕組みの適用を試み、室内実験で底質中の有機物が分解されることを確かめました(写真)。さらに、フィールド試験でも底質環境の大幅な改善効果が示唆され、深い水底まで外部から酸素を供給することなく、嫌気化してしまった底質の浄化が可能で新しい底質改善技術としての展開が期待されます。



通常のサンプリングコアの底質 Sediment MFC 適用時 底質浄化への応用例と底質改善効果

上記以外に、他の微生物機能や物理化学作用の可能性を追求した廃水処理や水質浄化ならびに水環境保全に関する研究も広く実施しています。例えば、微生物群の生育環境(馴致)に工夫してメタン生成と脱窒の複機能を有するグラニュールと亜硝酸型硝化を組み合わせることで省スペースと省エネルギーを実現した含窒素高濃度有機性排水処理プロセス(下図参照)を開発しています。



循環式USB-亜硝酸型硝化プロセス (特許第5199794号)

今後の展開

さらなる可能性の拡大と実用へ向けて

発電微生物の機能の水処理への活用では、「直接発電」に加え、有機物除去のために曝気が必要で汚泥の発生量が少ないことが、現在主流の活性汚泥法に代わる可能性を有する大きな魅力といえます。さらに、既存の創エネ型処理として知られるメタン発酵法では対応が困難であった下水のような低濃度有機性廃水への適用性も大きな特徴です。

とはいえ、まだ緒がついたばかりで未解明の現象や不明な点が多く、また、実用へ向けての越えるべきハードルもあります。これまで培ってきた生物学的廃水処理や生物電気化学システムに関する研究経験を活かし、現象を掘り下げて理解を深めながら、新しい工夫や発想を大胆に加え、適用性の拡大や実用を目指した取り組みを展開していく予定です。