

2024年9月10日

微生物がPET原料製造廃水処理を助ける ～ 2倍の効率化に成功～

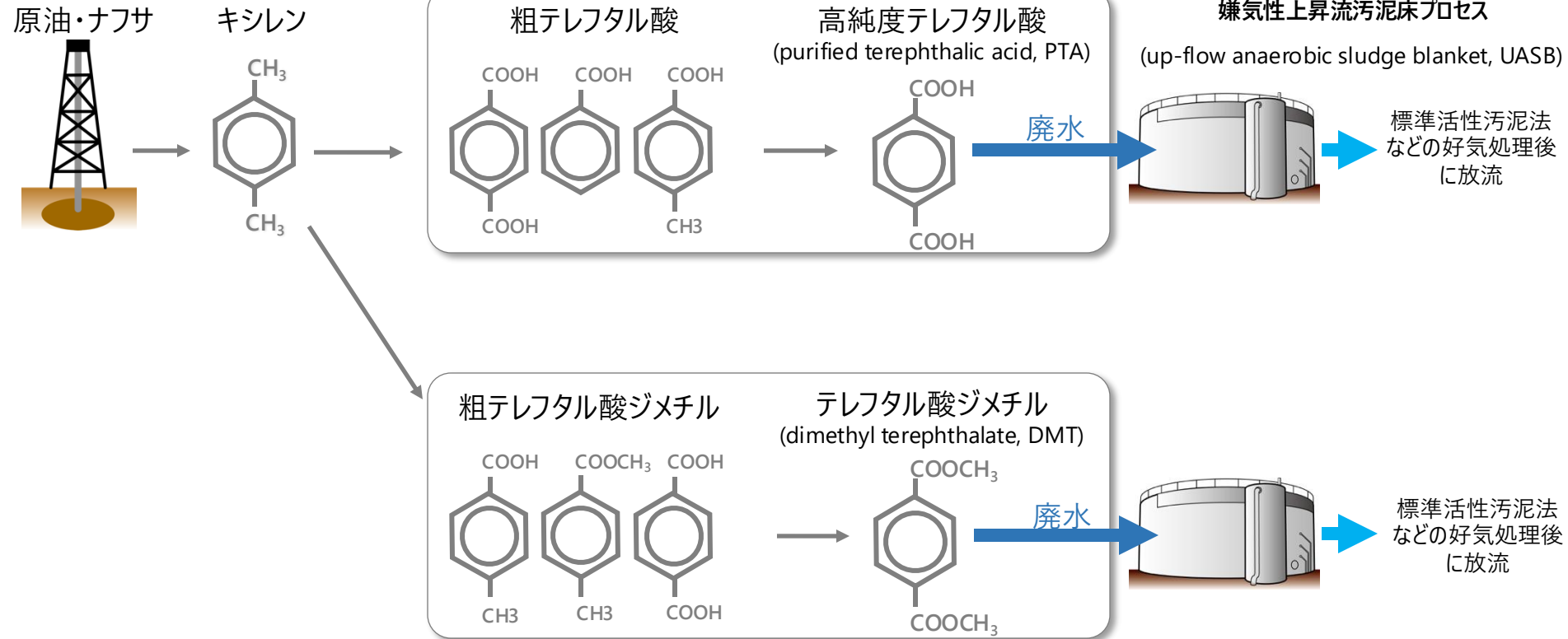
産業技術総合研究所 生命工学領域 生物プロセス研究部門
微生物生態工学研究グループ

主任研究員 黒田 恭平
研究グループ長 成廣 隆

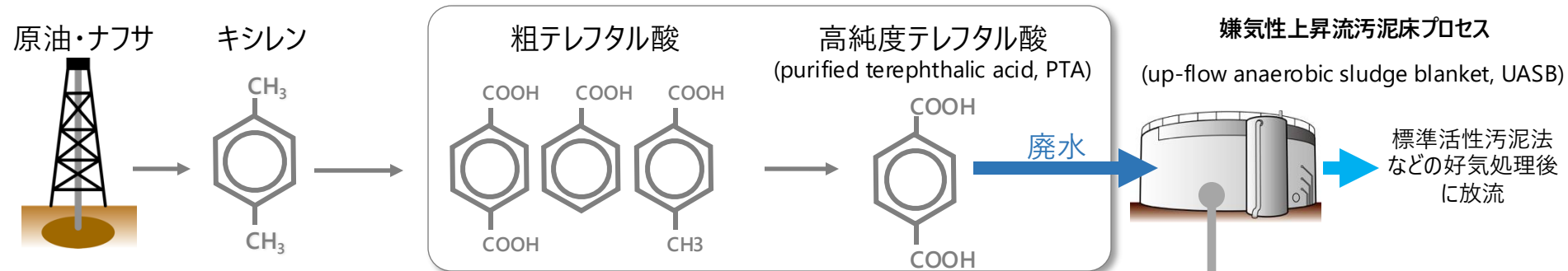
- 2023年、「淡水資源 (freshwater use)」と、「化学物質汚染 (novel entities)」が地球のプラネタリー・バウンダリーの許容範囲を超えたことが報告された。
- 2024年、内閣府のバイオエコノミー戦略においても引き続き「有機廃棄物・有機性排水処理」がバイオものづくり・バイオ由来製品市場領域を構成するひとつの要素であると位置付けられている。

➔ 淡水資源の保全と化学物質の浄化を同時に行うことができる生物学的廃水処理技術の高度化が求められている

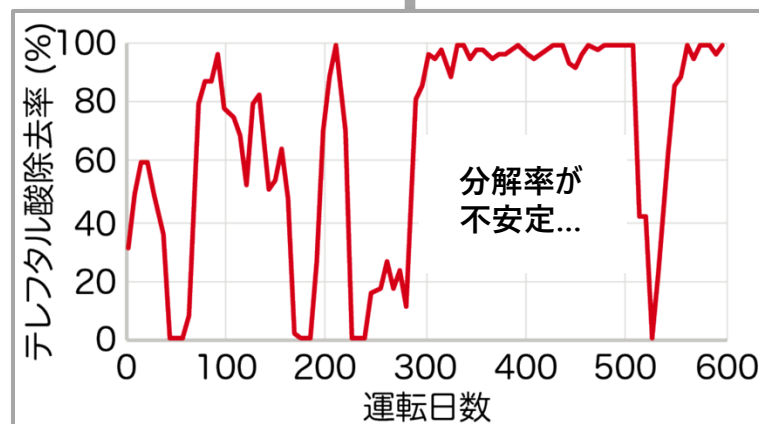
プラスチック原料製造工場廃水処理プロセスにおける課題



プラスチック原料製造工場廃水処理プロセスにおける課題



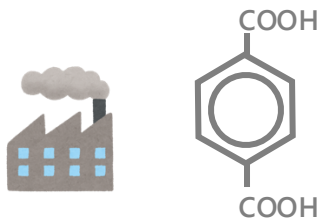
- 実規模・実験室スケールの嫌気性リアクターから試料を採取して菌叢解析と処理の安定化を目指した検討を実施



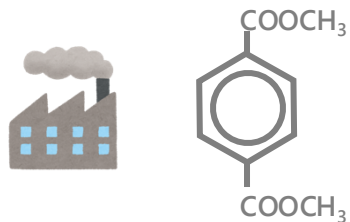
プラスチック原料製造過程における難分解性廃水の効率的な処理技術の開発

2種類のPET原料

テレフタル酸 (PTA)



テレフタル酸ジメチル (DMT)



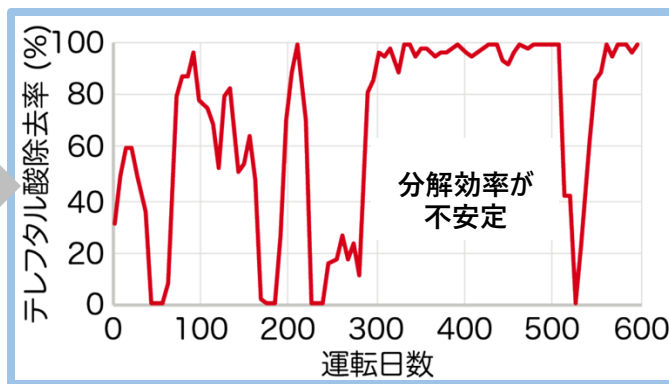
2種類の廃水

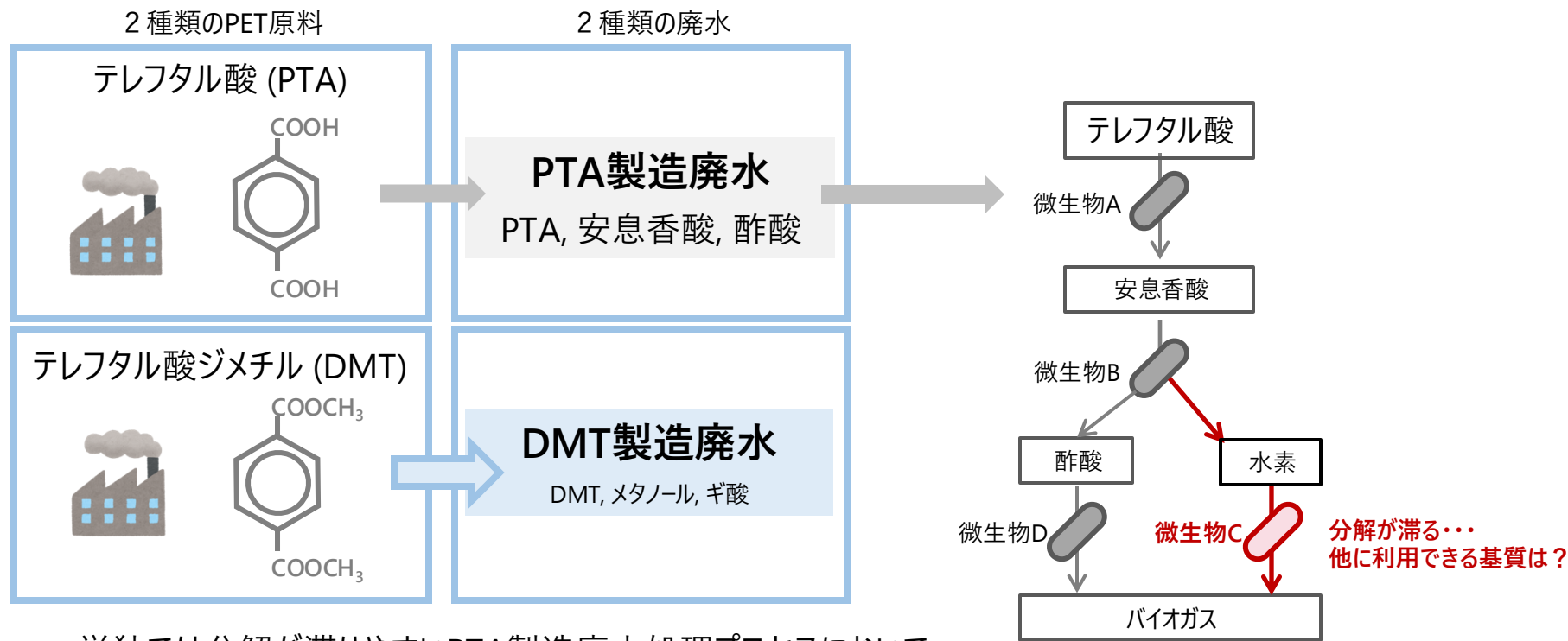
PTA製造廃水

PTA, 安息香酸, 酢酸

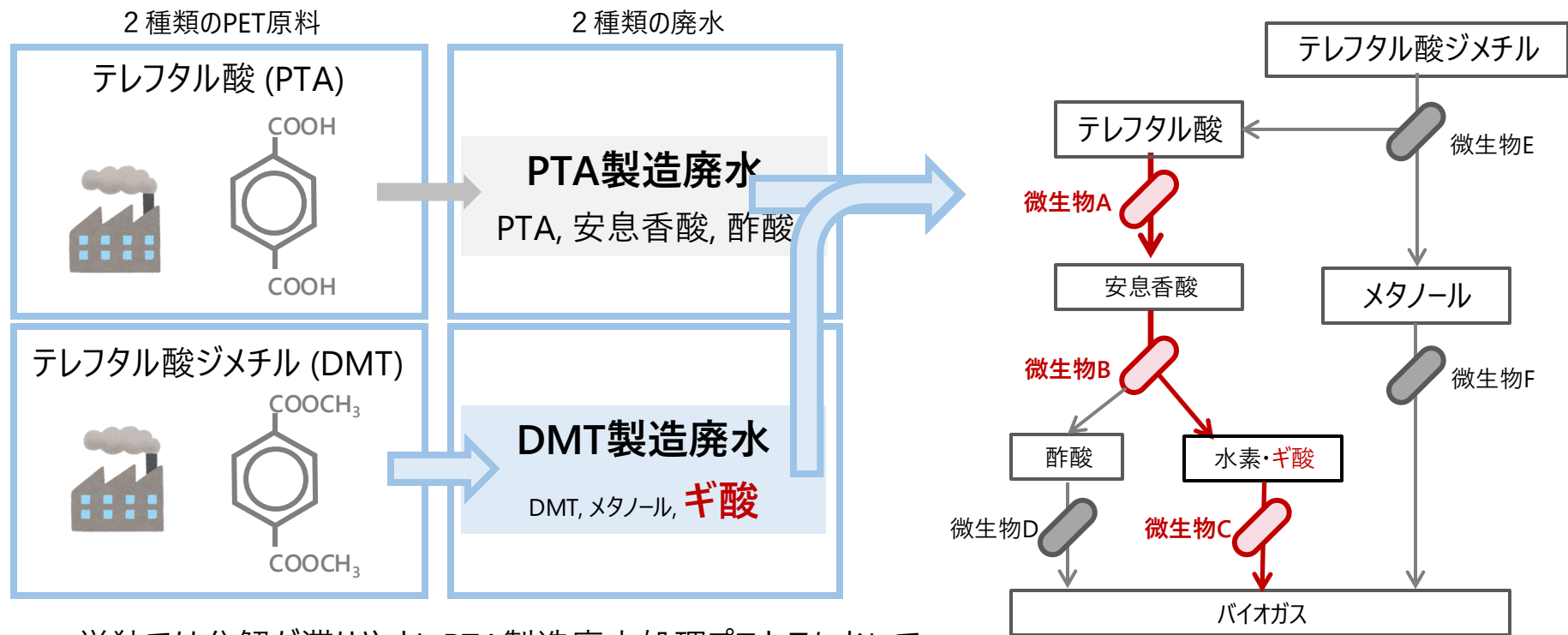
DMT製造廃水

DMT, メタノール, ギ酸





- 単独では分解が滞りやすいPTA製造廃水処理プロセスにおいて鍵となる微生物を特定

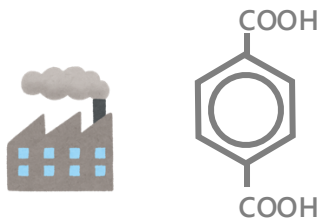


- 単独では分解が滞りやすいPTA製造廃水処理プロセスにおいて鍵となる微生物を特定、利用可能な成分がDMT製造廃水に含まれていたため混合処理を着想

プラスチック原料製造過程における難分解性廃水の効率的な処理技術の開発

2種類のPET原料

テレフタル酸 (PTA)

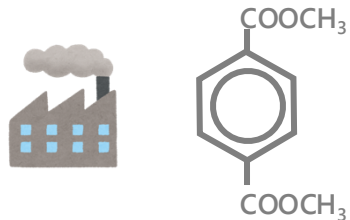


2種類の廃水

PTA製造廃水

PTA, 安息香酸, 酢酸

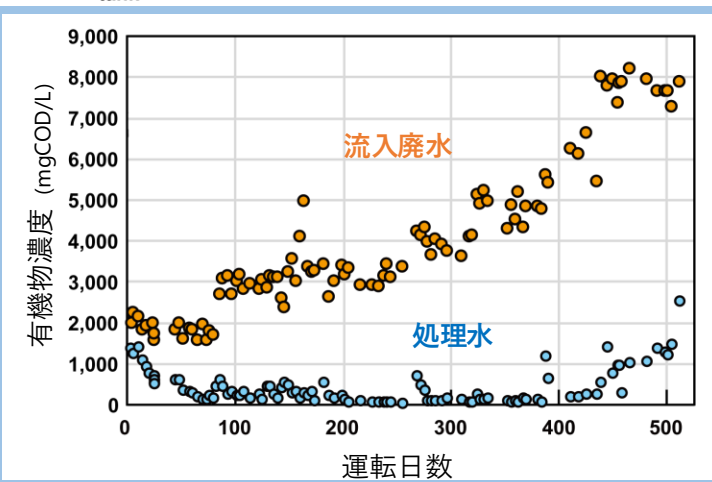
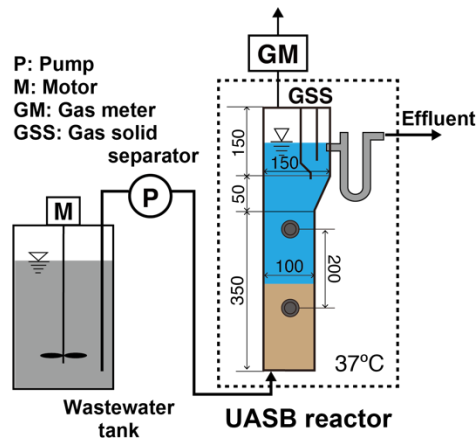
テレフタル酸ジメチル (DMT)



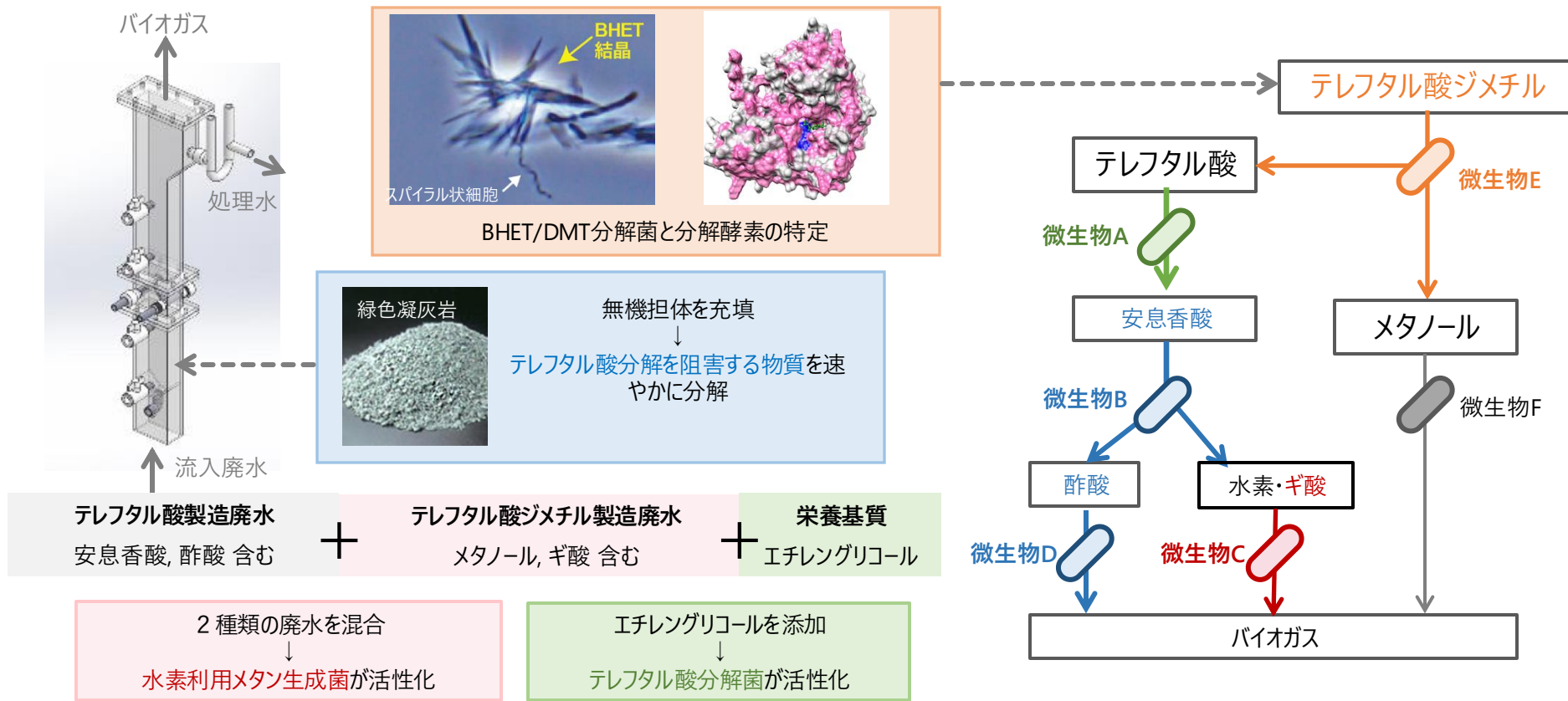
DMT製造廃水

DMT, メタノール, **ギ酸**

- 単独では分解が滞りやすいPTA製造廃水処理プロセスにおいて鍵となる微生物を特定、利用可能な成分がDMT製造廃水に含まれていたため混合処理を着想
- 2種類の廃水を混ぜることで処理効率が向上

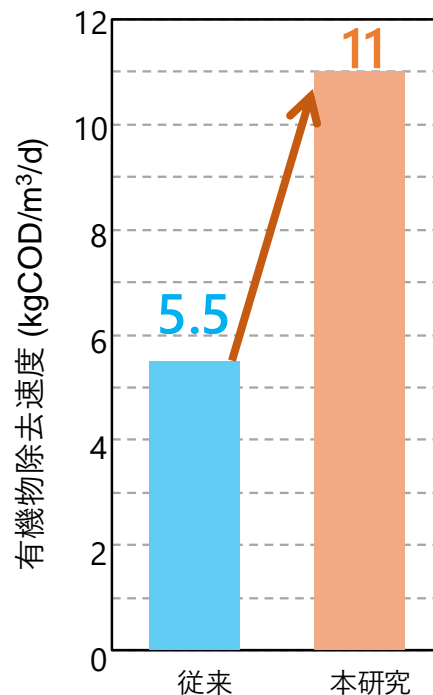
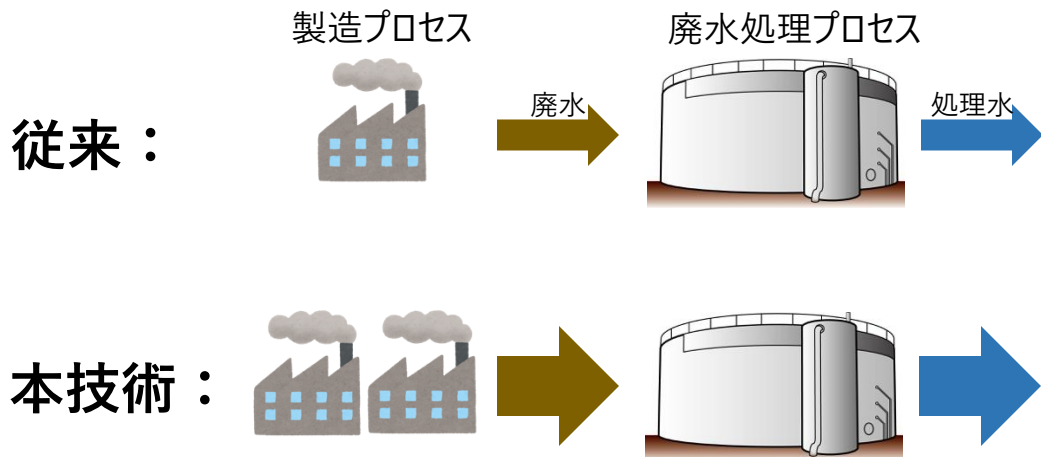


微生物叢の機能に基づく工夫による処理システムの効率化



微生物叢の機能に基づく工夫による処理システムの効率化

- 微生物叢の人為的制御により処理性能を2倍にすることに成功
- 理想的には、同容積の処理設備で2倍の廃水量を処理することが可能



- PET原料の需要拡大にも対応しつつ環境負荷低減にも貢献する
- 阻害物質を含む難分解性の様々な廃水種の処理への応用も期待

課題： PET原料製造廃水の生物学的処理では、広大な敷設面積を要する活性汚泥法や、複数台の嫌気性処理設備を用いる処理技術が用いられてきたが、敷設面積コスト、運用コスト、環境負荷が大きいことが問題であった。廃水中の化学物質の分解を担う微生物機能が未解明であり、PET原料製造廃水処理の効率化技術の開発が困難であった。

新技術の特徴

- 生物学的処理に必要な「微生物叢」を構成する個々の微生物種の機能を解明し、その制御技術を創出した。
- 処理速度が2倍になったことで、従来処理設備の2倍の廃水量に対して生物学的処理が可能となり、社会課題となっているPET原料廃水処理に伴う環境負荷を低減し、PET原料の生産量増大に対応することができるようになる。
- 性能が2倍になったことは環境負荷低減に貢献するのみならず、処理設備自体のダウンサイズを可能にし、廃水処理に係る導入・ランニングコストの低減につながる。

実用化への課題：ラボスケールでの結果のため、エンジニアリング企業やプラント企業と連携してスケールアップした実証試験が必要。

企業への期待、貢献、PRポイント

- PET関連の廃水、その他難分解性の芳香族化合物を含む廃水や生物の生育阻害物質を含む廃水の処理をご検討されている企業との共同研究を希望致します。
- 遺伝子情報などによる廃水処理微生物の生態や機能を解明したい企業との共同研究も可能です。
- 廃水処理の安定化や処理の過程で発生する汚泥などの廃棄物の有効利用に関する共同研究のご相談も受け付けています。
- 水処理メーカーや化学メーカー等へ廃水処理等の技術供与が可能です。

プレス発表など

1. 産総研マガジン: 水処理技術とは？, 2024年8月7日. https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20240807.html
2. 産総研プレスリリース: フンで見つける魚の病気－個体を傷つけることなく陸上養殖魚の病気を見つけ出すバイオマーカーを特定－, 2024年6月17日.
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240617/pr20240617.html
3. 産総研生物プロセス研究部門 研究紹介: PET原料製造廃水の効率的処理技術の開発に成功, 2024年6月4日.
<https://bpri.aist.go.jp/topic/4975>
4. 産総研プレスリリース: フェノールを含む廃水の処理の成否を左右する微生物群を特定－メタン生成アーキアと共生する微生物の管理が鍵－, 2024年2月13日.
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240213_2/pr20240213_2.html
5. 産総研プレスリリース: 廃水処理に利用される活性汚泥プロセスに共通する微生物群を特定－微生物同士の捕食・寄生が安定した廃水処理に寄与－, 2023年9月5日.
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20230905_2/pr20230905_2.html
6. 産総研マガジン: 微生物工学とゲノム解析で廃水処理に革新を起こす－PET原料製造廃水の効率的な処理システムを提案－, 2023年4月5日. https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20230405.html
7. 産総研プレスリリース: PET関連物質を酸素の無い環境で分解する微生物を発見－分解の鍵を握る新しい酵素を推定－, 2022年7月11日. https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2022/pr20220711/pr20220711.html
8. 産総研プレスリリース: ペットボトル原料製造過程における難分解性廃水の効率的な処理に成功－異なる組成の廃水を意図的に混ぜて微生物の相互作用を促進して環境を守る－, 2022年5月13日.
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2022/pr20220513/pr20220513.html

1. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, Maho Takai, Takeo Sekiguchi, Tomoya Ikarashi, Hazuki Kurashita, Meri Nakajima, Masaru K. Nobu, Masashi Hatamoto, Takashi Yamaguchi, Yuki Nakaya, Hisashi Satoh, Masahito Yamauchi, Masayoshi Yamada, ***Takashi Narihiro** (2024). Development of an internal two-stage upflow anaerobic reactor integrating biostimulation strategies to enhance the degradation of aromatic compounds in wastewater from purified terephthalic acid and dimethyl terephthalate manufacturing processes, *Water Research* (IF=11.4, Q1), in press.
2. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, Ryota Maeda, Futaba Shinshima, Kampachiro Urasaki, Kengo Kubota, Masaru K. Nobu, Taro Q.P. Noguchi, Hisashi Satoh, Masahito Yamauchi, ***Takashi Narihiro**, *Masayoshi Yamada (2024). Microbiological insights into anaerobic phenol degradation mechanisms and bulking phenomenon in a mesophilic upflow anaerobic sludge blanket reactor in long-term operation, *Water Research* (IF=11.4, Q1), Vol. 253, 121271. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121271>
3. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, Shun Tomita, Hazuki Kurashita, Masashi Hatamoto, Takashi Yamaguchi, Tomoyuki Hori, Tomo Aoyagi, Yuya Sato, Tomohiro Inaba, Hiroshi Habe, Hideyuki Tamaki, Yoshihisa Hagihara, Tomohiro Tamura, ***Takashi Narihiro** (2023). Metabolic implications for predatory and parasitic bacterial lineages in activated sludge wastewater treatment systems, *Water Research X* (IF=7.2, Q1), Vol. 20, 100196. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2023.100196>
4. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, ***Takashi Narihiro**, Yuki Nakaya, Taro Q.P. Noguchi, Ryota Maeda, Masaru K. Nobu, Yuki Ohnishi, Yasuhiro Kumaki, Tomoyasu Aizawa, Hisashi Satoh (2022). Elucidation of the biodegradation pathways of bis(2-hydroxyethyl) terephthalate and dimethyl terephthalate under anaerobic conditions revealed by enrichment culture and microbiome analysis, *Chemical Engineering Journal* (IF=13.3, Q1), Vol. 450, Part 1, 137916. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137916>
5. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, ***Takashi Narihiro**, Futaba Shinshima, Mio Yoshida, Haruka Yamaguchi, Hazuki Kurashita, Nozomi Nakahara, Masaru K. Nobu, Taro Q.P. Noguchi, Masahito Yamauchi, Masayoshi Yamada (2022). High-rate cotreatment of purified terephthalate and dimethyl terephthalate manufacturing wastewater by a mesophilic upflow anaerobic sludge blanket reactor and the microbial ecology relevant to aromatic compound degradation, *Water Research* (IF=11.4, Q1), Vol. 219, 118581. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118581>
6. ***Kyohei Kuroda (*共同責任著者)**, Futaba Shinshima, Shoichi Tokunaga, Taro Q.P. Noguchi, Masahito Yamauchi, Masaru K. Nobu, ***Takashi Narihiro**, *Masayoshi Yamada (2021). Assessing the effect of green tuff as novel natural inorganic carrier on methane producing activity of anaerobic sludge microbiome, *Environmental Technology & Innovation* (IF=6.7, Q1), Vol. 24, 101835. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101835>

AIST Solutions

知的財産本部 知財戦略渉外部

e-mail : aisol-syougai-all-ml@aist-solutions.co.jp