



Title: Presence of unculturable bacteria in the permeate of microfiltration membranes with various pore-sizes in wastewater treatment (さまざまな孔径の排水処理用精密ろ過膜の透過液に含まれる培養困難微生物)

Authors: Shuai Zhou, Saki Goto, Taro Urase

(周 帥(東京工科大 バイオ・情報メディア研究科博士課程学生)、後藤早希(東京工科大 応用生物学部 助教)、浦瀬太郎(東京工科大学 応用生物学部 教授))

Journal: Journal of Water Process Engineering 76 (2025) 108182

掲載年月: 2025 年 6 月

研究概要: 下水処理に精密ろ過膜を用いた場合の膜を透過する細菌群集をあきらかにしました。群集遺伝子解析手法として、次世代シーケンサーを用いることで、これまで培養が困難であった細菌を含めて、膜利用の安全性や限界の根拠となる情報が得られました。生態系にやさしい公衆衛生確保手法として、膜による下水処理方法の普及を目指した研究です。

研究背景: 膜を用いた排水処理方法は、そのコンパクト性や安定した処理水質により、徐々に普及してきています。膜を用いた排水処理では、その優れた細菌除去性能が認められるものの、その場合でも処理水の塩素消毒が必要かどうかについていくつかの見解が対立し、排水処理を膜で行う場合でも塩素が添加されてきました。塩素消毒は放流水域の生態系に大きな影響を与えることから、その是非は公衆衛生的な観点と生態系への影響の両面から検討する必要があります。

研究成果: 本研究では、次世代シーケンサーを用いた細菌群集解析手法を導入することにより、孔径の小さな膜の透過水では、OP3, OD1 などの培養困難な微小細菌と考えられる細菌が全細菌の半分程度を占めていることを示しました(図 1)。また、細菌種の系統解析情報をもとに KEGG 解析と呼ばれる手法で細菌群集の機能予測をしたところ、ろ過前(AS-Bulk)に比較して、孔径 0.4 μm の膜の透過水では、細胞の基本的な機能に関する遺伝子の割合が多く、脂質代謝や汚染物質の分解にかかわる遺伝子の割合が少なくなり、コアな機能に特化した細菌が膜を透過する傾向がわかりました(図 2)。

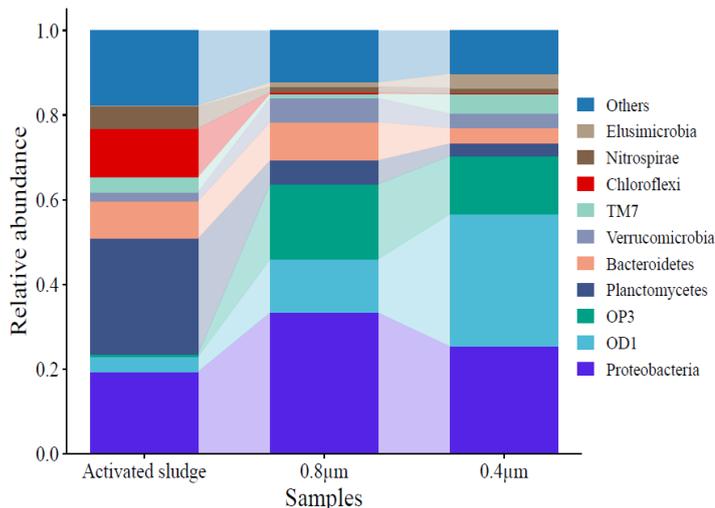


図 1 ろ過前(Activated sludge)に比較して、孔径 0.4 μm の膜透過水中では、未培養の微小細菌と考えられる OD1, OP3 が多くの存在量を占めていた。

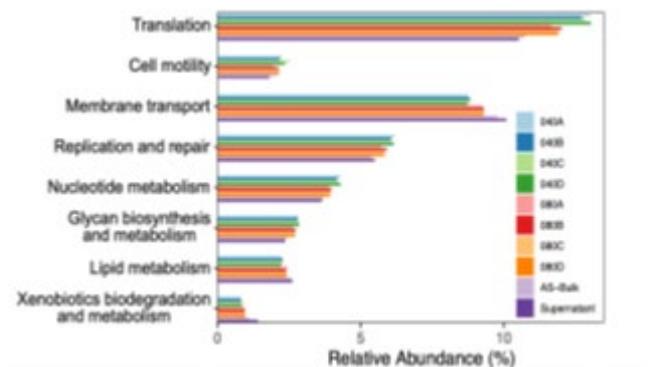


図 2 ろ過前(AS-Bulk)に比較して、孔径 0.4 μm の膜の透過水では、細胞の基本的な機能に関する遺伝子の割合が多く、脂質代謝や汚染物質の分解にかかわる遺伝子の割合が少なくなり、コアな機能に特化した細菌が膜を透過していた。

社会への影響: 膜の優れた分離性能を生かして、生態系に影響のある塩素添加を減らした排水処理システムの構築を本研究は目指しています。水処理にかかわる微生物学の進展に本研究は寄与するとともに、基礎的な知見が集積されることで、膜による排水処

理の普及が進んでいくことが期待されます。

専門用語：

次世代シーケンサー(Next-Generation Sequencer)：試料に含まれる DNA の塩基配列を高速かつ大量に解析できる装置の名称。いくつかの使い方があるが、本研究では、試料に含まれる細菌群集の系統分類情報を得るために使用した。細菌種の同定のためには、かつては培養を必要としたが、培養できない細菌も同時に解析できるところが、次世代シーケンサーによる群集解析の大きな利点である。

KEGG(Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes)解析：京都大学で開発された遺伝子などの分子レベルの情報を代謝や機能と関連付けるデータベースによる解析手法で、本研究では、次世代シーケンサーで得られた細菌群集の系統解析情報から、細菌群集の機能を推測するために使用した。