

日本ードイツ・フランス・トルコ 国際共同研究 「持続可能な社会のためのスマートな水管理」 2021 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	膜処理の課題を解決して都市における合理的で高効率な水管理の実現へ
研究課題名（英文）	Removal of obstacles in widespread application of membrane technology: toward smart water management in future cities
日本側研究代表者氏名	木村 克輝
所属・役職	北海道大学 大学院工学研究院・教授
研究期間	2020 年 4 月 1 日 ~ 2023 年 9 月 30 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
木村 克輝	北海道大学 大学院工学研究院・教授	デッドエンド膜ろ過実験、FEEM 他の手法による有機物分析、パイロットスケール MBR 運転、研究取りまとめ

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

複数の日本国内水道水源、欧州の水道水源より採取した試料のデッドエンド膜ろ過試験を行い、膜ファウリング発生の原因となる成分の比較を行う。フランス側研究チームと緊密な連絡を取りながら水道原水の FEEM 分析を行い、原水水質に基づく膜ファウリング発生度の予測を試みる。パイロットスケール MBR を用いた実都市下水処理実験を行い、フランス側研究チームと連携をしながら槽内水質変動と膜間差圧の関連性について調査する。ドイツ・トルコ側研究チームが試作する新規膜についても、日本の水試料を用いた予備実験に着手する。

3. 日本側研究チームの実施概要

本年度は、日本側研究グループが表流水膜ろ過におけるファウリング発生の最重要有機物画分として注目している水中の超高分子量（100 万 Da 以上）バイオポリマーの特性解析を実施した。ドイツ・フランス・トルコ各国から水道水源として用いられている表流水試料を日本側研究室に輸送し、日本側研究室が確立した超高分子量バイオポリマーの回収・精製方法の適用可否について検討した。欧州試料は、日本側研究室がこれまでに検討してきた国内試料とは水質特性が大きく異なっていたが、欧州試料からも 70%以上のバイオポリマーを回収・精製可能であった。日本側研究室が国内試料について確認しているバイオポリマー特性は欧州試料についても概ね同一の傾向が観察され、日本側研究室が提唱しているバイオポリマー特性に関する知見の一般性をより強固なものとした。

バイオポリマーが発生させるファウリングと膜材質との関係を検討するために、水晶振動子マイクロバランス（QCM）法による膜ポリマーと各国バイオポリマー試料との親和性評価を行った。膜ポリマーとバイオポリマーとの親和性は高い順に PVDF、PE、PAN であり、試料を採取した国によらず同様の傾向が観察された。全く異なる水質特性を有する各国試料から回収したバイオポリマーにより得られた本実験の結果は汎用性の高いものであることが予想される。本研究で行ったような方法による膜材質のスクリーニングをより広い膜材質について実施すれば、耐ファウリング性の高い膜の製造が容易になることが期待される。

フランス側研究室との共同作業により、膜分離活性汚泥法（MBR）における急激な膜間差圧上昇（TMP jump）を早期に予測できる時系列予測ツールの開発を試みた。約 400 日分の運転データに基づいて検討を行い、運転期間中に発生した全 4 回の TMP jump の内 3 回を再現できるようなツール開発に成功した。MBR 槽内水質との関連性検討も並行して行い、TMP jump と MBR 槽内コロイド多糖との関連性が示唆された。本研究で開発した予測ツールはニューラルネットワークなどを用いる他の競合ツールに比べると計算負荷が低く実行が容易となっている。このため、最新の運転データを随時入力して予測内容を更新しながら MBR の運転管理（薬品洗浄の実施準備などが想定される）を行うことが可能になると考えられる。