



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	MBR汚泥ろ過性に影響を及ぼす成分の消長および特性に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	角田, 貴之
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14884号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85263
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takayuki_Kakuda_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 角田 貴之

審査担当者 主査教授 木村 克輝
副査教授 岡部 聡
副査教授 佐藤 久

学位論文題名

MBR 汚泥ろ過性に影響を及ぼす成分の消長および特性に関する研究
(Fate and Characteristics of Components Affecting Filterability of Sludge in Membrane Bioreactors)

膜分離活性汚泥法 (MBR) は下水処理の飛躍的な高度化を実現する技術として有望であるが、膜の目詰まりに伴う膜透水性能の低下 (膜ファウリング) の防止と対応に大きなコストがかかるため、広範な導入が進んでいない。MBR の運転コストを低減させるためには、膜ファウリングを効率的に抑制する必要がある。MBR の長期運転では、活性汚泥懸濁液のろ過性 (膜ファウリングの起こりやすさ) が大きく変動する。汚泥ろ過性の変動には反応槽内に保持する活性汚泥が放出する代謝産物 (汚泥上澄み液に含まれる) が重大な関与をすると考えられている。しかしながら、汚泥ろ過性の評価方法、代謝産物の定量方法ともに有効な方法が定まっていない。また、代謝産物のどのような特性が汚泥ろ過性の低下に関与しているのかについても十分に検討されていない。これらのことが原因となり、MBR における効率的な膜ファウリング制御は困難なままとなっている。

このような問題認識に基づき、本研究では MBR 汚泥ろ過性に影響を及ぼす成分の消長と特性について詳細に検討した。本論文は全 8 章で構成される。第 1 章では MBR の現状について整理し、本研究の目的を述べている。第 2 章では、実下水処理場に設置したパイロットスケール MBR を用いた実験の詳細について記述するとともに、本研究で提案する汚泥ろ過性の評価方法について述べている。

第 3 章では、汚泥ろ過性の継続的なモニタリング結果に基づいてパイロットスケール MBR における膜間差圧 (TMP) 上昇の原因を判別できること、本研究で提案する改良 CST 測定の有効性を示した。また、汚泥ろ過性の低下にはコロイドサイズのリポ多糖 (LPS) 濃度の増加、MBR 槽内水温の低下、流入原水中イオンバランスの変動が影響する可能性が高いことを指摘している。

第 4 章では MBR の汚泥馴致期間における汚泥ろ過性の評価に改良 CST 測定を適用し、その有用性を実証した。この過程で、閉塞膜表面に形成されたゲル層と汚泥上澄み液中コロイド成分とが極めて高い類似性を示すことが確認され、MBR 汚泥中のコロイド成分が MBR ファウリング発生の主要原因となりうることが改めて示された。

第 5 章では、液体クロマトグラフィー-有機炭素測定 (LC-OCD) により定量される高分子バイオポリマーの MBR 槽内での消長とその質変化について述べている。パイロットスケール MBR の長期運転では、低水温下で分子量 100 万 Da 以上の超高分子量バイオポリマーの濃度が顕著に増加したこと、この際に汚泥ろ過性が明らかに低下していたことを見出した。一方で、多用されてきた古典的な比色法で定量される糖濃度とタンパク質濃度は汚泥ろ過性の評価に用いえないことを明らかにした。FTIR スペクトル分析他により、MBR の連続運転中に MBR 槽内バイオポリマーの特性は

大きく変化していたことが示され、汚泥ろ過性変動との関連性について考察している。

第6章では、制御条件下で人工下水を用いて行ったベンチスケール実験においてバイオポリマーの物理化学特性が水温により明らかに変化すること、パイロットスケール実験の結果と同様に低水温下で生成する超高分子量のバイオポリマーが汚泥ろ過性の低下に強く関与することが再現された結果が示されている。

第7章では、実都市下水を処理するパイロットスケール MBR から選択的に回収・精製したバイオポリマーの特性を分析した結果について述べている。水晶振動子マイクロバランス (QCM) 法を用いた分析の結果、MBR から回収・精製したバイオポリマーと膜材料として多用されているポリフッ化ビニリデン (PVDF) ポリマーとの親和性が極めて高いことが示された。

第8章では、本研究によって得られた知見の整理と総括を行っている。

以上を要するに著者は、パイロットスケール MBR の長期運転を遂行して世界的に見ても希少である MBR 槽内有機物分析データセットの構築を行い、これも類例のない高頻度で実施した汚泥ろ過性の評価を組み合わせることで、これまでの関連研究で指摘されてこなかった有機物画分の MBR 膜ファウリングへの重大な関与を指摘している。これらの結果をベンチスケール実験において検証するとともに、有効性と実用性の高い汚泥ろ過性評価手法を提案している。本研究により得られた知見は MBR 技術普及の促進に繋がるものであり、水環境工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。