HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Impact of Anodic Respiration on Membrane Fouling in Electrode-assisted Membrane Bioreactor [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	石﨑, 創
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12768号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65566
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ishizaki_So_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（工学）　　氏名　石﨑 創

学　位　論　文　題　名

Impact of Anodic Respiration on Membrane Fouling in Electrode-assisted Membrane Bioreactor
(電極支援型 MBR における膜ファウリング抑制効果の解明)

水資源、エネルギー資源の逼迫に対応するため、より少ないエネルギーで高度な処理水質の実現が可能なエネルギー回収型排水処理技術の適用が必要である。しかしながら、主要な排水処理方式である活性汚泥法は、好気微生物による有機物除去を促すためのエアレーションおよび余剰汚泥処理に多大なエネルギー・コストを要している。排水中に潜在する量、質共に安定した未利用バイオマスエネルギーを活用することにより、より省エネルギーな排水処理を実現する新規技術の開発が求められている。

近年、エネルギー回収型水処理技術として、バイオ燃料電池 (microbial fuel cell: MFC) と膜分離活性汚泥法 (membrane bioreactor: MBR) を統合した電極支援型 (electrode-assisted)MBR(e-MBR) が注目を集めている。MFC は有機物が持つ化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換することができるエネルギー回収技術であり、エアレーション不要・汚泥減容など省エネルギー化に関わる利点を多く有しているが、MBR と統合することにより排水処理能力の大幅な向上が可能となる。しかしながら、MFC 同様、e-MBR 内において微生物は電極を電子受容体とした電極呼吸を行うことで酸素供給のためのエアレーションを必要としないものの、MBR におけるエアレーションには膜洗浄の効果もあるため、e-MBR では MBR 以上に顕著な膜ファウリングの進行が懸念される。顕著な膜ファウリングの進行は稼働に必要なエネルギー・コストの増大を招くため、e-MBR における膜ファウリング進行の理解は非常に重要な課題である。

膜ファウリングは MBR 槽内の微生物及びそれらの分泌物を原因として生じることから、膜ファウリング進行に関わる微生物の特定及び特徴解析は、膜ファウリング進行の理解のために不可欠である。しかしながら、従来の研究は膜ファウリング進行に特に関わっている微生物の存在を仮定した上で、MBR 槽内の菌相と膜ファウリングの進行度合の関連を示すに留まっており、微生物の膜ファウリングポテンシャルを直接的に測定し、比較検証した例は少ない。顕著な膜ファウリングポテンシャルを有する菌 (fouling-causing bacteria: FCB) の特定及びその特性解析は、膜ファウリング抑制技術の効果検証及び機構解明に大きく役立つと考えられるが、未だ明らかにはされていない。

そこで本研究は、e-MBR での膜ファウリング進行の評価を目的とし、電極呼吸の程度を制御した MFC を構築し、電極呼吸が膜ファウリング進行に与える影響を評価した。この結果、電極呼吸の促進による膜ファウリング抑制効果を確認できたため、実排水を処理する MBR 内より FCB を探索し、さらにその中から電気生産能を有する FCB を特定し、電極呼吸の促進による膜ファウリング抑制効果の検証及び機構解明を行った。

本論文は 7 章から構成されており、各章の概要を以下の通りである。

第 1 章では、本研究の導入として、研究背景や目的、本論文の構成を示した。

第 2 章では、本研究の対象である e-MBR の要素技術である MFC、MBR 研究の現状、また膜

ファウリング進行に関わる因子解明に関する報告、また e-MBR の開発の進捗状況を中心として整理した。

第 3 章ではまず、e-MBR における膜ファウリング進行を評価した。外部抵抗を用いて電極呼吸を制御した MFC を 4 台構築し、膜ファウリングポテンシャル、微生物分泌物の定量、槽内およびアノードバイオフィルムの菌相を比較検証した。本章を通じ、e-MBR における膜ファウリング原因物質がバイオポリマーであることを明らかにし、電極呼吸の促進によりバイオポリマー濃度が低減し、膜ファウリングポテンシャルが抑制されることが確認された。アノードバイオフィルム内部の菌相解析の結果、電極呼吸の促進に伴った Geobacter sulfurreducens 属の優占化を確認したため、G. sulfurreducens strain PCA を用いて、電極呼吸の促進がバイオポリマー生産に及ぼす影響を検証した。

第 4 章では、実下水を処理する MBR 中より FCB の探索を行った。本研究では、cross-flow filtration membrane system(CFMFS) を用いた連続培養系における純粋株の膜ファウリングポテンシャル測定法を確立し、MBR 槽内より得られた 41 株の単離株の膜ファウリングポテンシャルを測定した。16S rRNA 遺伝子解析に基づいた菌種特定、生理生態学的特性の定量評価を行い、膜ファウリングポテンシャルとの関連を比較検証した。

第 5 章では、4 章で得られた菌株を用いて、菌間相互作用が FCB に及ぼす影響を調査した。異なる種に属する 13 株を純粋培養また共培養し、膜ファウリングポテンシャルの増減を比較検証した。本章を通じ、複合環境中においても FCB は顕著な膜ファウリングポテンシャルを示し、膜ファウリング抑制における FCB 制御の重要性を明らかにした。また、顕著に膜ファウリングポテンシャルを増大させる菌株の組合せを発見し、その機構解明を通じて、膜ファウリング抑制における菌間相互作用の重要性も示した。

第 6 章では、3 章で示した電極呼吸の促進による膜ファウリング抑制効果について、4 章で得られた FCB を用いて検証した。電極、酸素、もしくは硝酸を電子受容体として用いた条件、及び電子受容体を与えない条件で FCB を培養し、膜ファウリングポテンシャル及び微生物分泌物の定量評価を行った。

第 7 章は本研究の総括であり、電極呼吸の促進が膜ファウリングの抑制に与える効果及び FCB が膜ファウリング進行に与える影響について示した。