

膜分離活性汚泥法における汚泥堆積層中の微生物群集構造の解析

日本水工設計(株) 正会員 ○高野 裕輔
広島大学大学院 正会員 金田一 智規
広島大学大学院 正会員 尾崎 則篤

1. 背景

今日、水処理技術において高度に水中の懸濁物質を除去できる膜分離技術が注目されており、浄水処理をはじめとして、各種産業排水処理、中水道設備、し尿処理等で膜分離技術を用いた水処理が導入されている。膜分離技術の導入が進む中、直接生物反応槽に膜モジュールを浸漬させ、固液分離を行う浸漬型膜分離活性汚泥法は、し尿処理場を中心に実用化が進められている処理方法である。この浸漬型膜分離活性汚泥法の特徴としては、処理水質が汚泥の沈降性に左右されないこと、微生物の高濃度保持と高活性維持により高度な有機物分解性が期待できること、また安定した固液分離が可能であることなど利点が多い。しかしその一方で、懸濁物質の膜面への堆積による膜の目詰まりが原因となって生じる膜の透水性の低下という問題点もある。浸漬型膜分離活性汚泥法が、広く適用されるためには、懸濁物質の膜面への堆積による膜の透水性の低下という問題点の解明が重要であり、特に懸濁液中に存在する微生物群集が膜の目詰まりに与える影響は大きいと考えられる。

2. 目的

(1)膜ろ過実験の概要

本研究では浸漬型膜分離活性汚泥法の懸濁液中に存在する微生物について、膜の運転性や処理性、膜の目詰まりに影響を及ぼす因子を解明することを目的とした。特に、膜面に堆積した汚泥に対して分子生物学的手法を用い、膜の目詰まりに関与していると考えられる微生物の群集構造について解析し、微生物群集が目詰まりに及ぼす影響を調べた。

3. 実験内容

膜ろ過実験を行った際の活性汚泥懸濁液は、実排水処理過程における返送汚泥を用いた。初期透過フラックスは、0.2 m/d、0.5 m/dで行い、実験期間は48時間、曝気量は一定で人工基質を用いた培養を行わず、実験を行った。また、返送汚泥は、それぞれの実験ごとに

採水し、膜ろ過を行った。そのときの MLSS 濃度は、およそ 5000 mg/L であった。膜ろ過実験については、定量ろ過を行ったが、設定フラックスを維持することが困難になった場合は、定圧ろ過に切り替えて行った。

(2)微生物構造解析方法

分子生物学的手法の一つである、16S rRNA 遺伝子に基づく系統解析および FISH(Fluorescence In Situ Hybridization)法を用い、微生物の群集構造を解析した。系統解析は懸濁液に対して用い、FISH 法は懸濁液および膜面堆積汚泥に対して用いた。また、FISH 法を用いて、懸濁液および堆積汚泥に対して、全細菌と解析対象とする細菌を2種類の蛍光色素(FITC、TRITC)によって染め分けた。この後、共焦点レーザー顕微鏡を用いて、同一視野におけるそれぞれの蛍光色素の面積を測定し、全細菌の面積から目的とする細菌の面積を除いたものを対象とする細菌の構成比とした。対象とした細菌は、系統解析により検出された細菌を対象とした。さらに、Live-dead Staining Kit を用いて堆積汚泥および懸濁液の細菌の活性について調べた。また、初期透過フラックス 0.2 m/d、0.5 m/d における膜面堆積汚泥の細菌の Cell カウントを行った。

4. 膜ろ過実験の結果

図1に、初期透過フラックス 0.2 m/d および 0.5 m/d のときの膜間差圧および透過フラックスの時間変化を示した。初期透過フラックス 0.2 m/d の場合は、ほとんど膜間差圧は上昇が見られず、透過フラックスの低下も見られなかった。一方で、0.5 m/d では時間経過とともに膜間差圧が上昇し、透過フラックスの低下が見られる。これは、膜面に汚泥が堆積し、目詰まりを引き起こしているものと考えられる。

5. 分子生物学的手法による細菌相解析の結果

系統解析により、活性汚泥懸濁液には多様な細菌相を示した。この系統解析により検出された細菌の中で対象としたのは *Alphaproteobacteria*、*Betaproteobacteria*、*Gammaproteobacteria*、*Chloroflexi*、*Candidatus division*

TM7、*Bacteroidetes*、*Actinobacteria* を対象とした。これらの細菌について FISH 法により構成比を求めた。しかし、*Bacteroidetes* および *Actinobacteria* についてはほとんど検出されなかったため除外した。図 2 に、懸濁液および堆積汚泥について FISH 法による各細菌の構成比を示した。初期透過フラックス 0.2 m/d において、懸濁液と堆積汚泥の構成比はほぼ同じであった。一方、0.5 m/d においては、対象とした細菌の構成比が全体的に上昇しているのがわかる。これにより、堆積汚泥内の対象とした細菌が、目詰まりに関与している可能性を示した。また、初期透過フラックスごとに、堆積汚泥に存在する細菌の Cell カウントの結果を表 1 に示す。これを見ると、懸濁液においてほとんど差がないことを示しているが、堆積汚泥については、目詰まりを生じた初期透過フラックス 0.5 m/d において Cell 数の上昇が見られた。これにより、膜の目詰まりにおいて細菌が少なからず影響を及ぼしていると考えられる。Live-dead Staining Kit を用いて堆積汚泥および懸濁液の細菌の活性について調べた。結果を図 3 に示す。これにより、堆積汚泥および懸濁液に存在する細菌のおよそ 50% に活性があることが示し、また懸濁液および堆積汚泥に存在する活性のある細菌の割合は、ほとんど変化しないことが示された。

6. 結論

初期透過フラックス 0.5 m/d において、堆積汚泥の細菌の構成比の上昇が見られた。このことから、細菌が膜の目詰まりに関与していることが示唆された。また、懸濁液および堆積汚泥に存在する細菌のおよそ 50% に活性があることが示され、懸濁液と堆積汚泥の両者における活性のある細菌の割合は、ほぼ同じであった。また、堆積汚泥の Cell カウントの結果から、膜の目詰まりに細菌が少なからず影響していることを示唆した。

7. 今後の課題

今回、懸濁液の MLSS 濃度が一定であったため、今後は MLSS 濃度を变化させることで、膜の目詰まりにおいて細菌が与える影響についてさらなる結果が得られると考えられる。また、膜面堆積汚泥の MLSS 濃度を測定することで、Cell カウントの結果から、膜の目詰まりにおける細菌の影響についてさらなる知見が得られるものと考えられる。

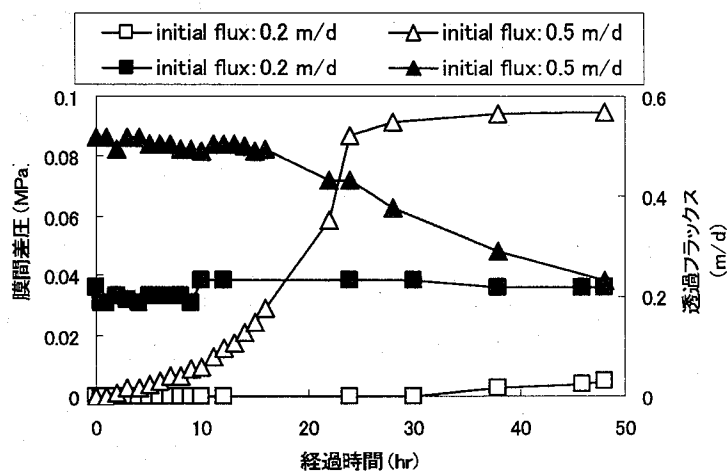


図 1 膜間差圧および透過フラックスの時間変化

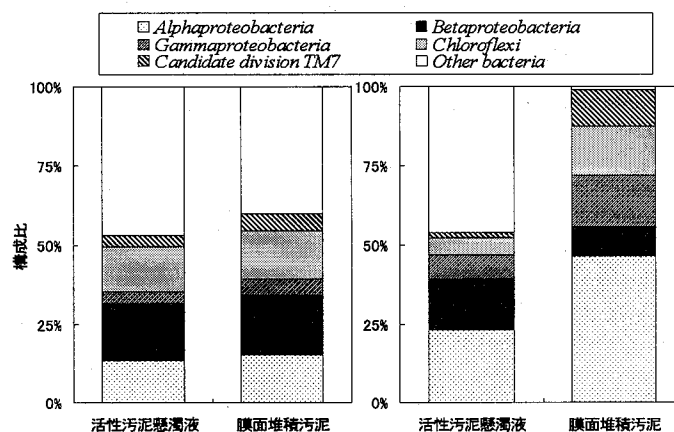


図 2 対象とする細菌の構成比

	初期透過フラックス 0.5m/d	初期透過フラックス 0.2m/d	unit
懸濁液	8.59×10^9	7.87×10^9	cells/mL
堆積汚泥	2.38×10^8	1.76×10^7	cells/cm ²

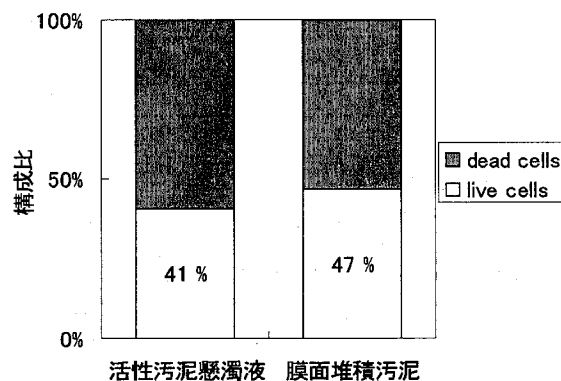


図 3 細菌の活性の有無