

回転平膜を用いた膜分離高濃度活性汚泥法に関する実験的研究

山口大学○今井 剛 山口大学 浮田正夫 大阪工業大学 中西 弘
宇部市 末村明彦 宇部高専 深川勝之 宇部高専 原田利男

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は汚泥の高濃度化を容易にし、その結果高濃度・高速処理を可能にする。しかし汚泥を高濃度に集積した場合の活性度の変化に関する研究は少ない。そこで本研究では、人工廃水を対象に、回転平膜装置を用いた膜分離高濃度活性汚泥法による連続処理実験を行い、処理水質に関してはTOCおよび $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率の面から検討し、また汚泥を高濃度化した場合の活性度の変化に関しては脱水素酵素活性および酸素利用速度の面から検討することを目的とした。

2. 実験装置および方法

実験に用いた人工廃水の組成を表1に示す。実験条件については表2に示した。この廃水を反応槽（容積45ℓ、反応容積30ℓ、曝気には散気球およびアスピレーターを併用）と回転平膜からなる装置を用いて連続処理実験を行った。廃水を反応槽に送入し、高濃度活性汚泥により処理させ、回転平膜装置で固液分離を行った。本研究で用いた実験装置を図1に示した。分析および活性試験は、それぞれ反応槽内の汚泥濃度MLSS5000、10000、15000mg/ℓにおいて十分馴致された状態で行った。

2.1 活性試験

本実験では2つの活性試験を行った。

(1) 酸素利用速度試験（電極法）

十分曝気した酸素が飽和状態の活性汚泥（MLSS2000mg/ℓ程度に希釈したもの）を用いて、DO消費量の経時変化を求め、その傾きより酸素利用速度を決定する。

(2) 脱水素酵素活性試験（INT法）

脱水素酵素とは、有機物質から最終電子受容体への電子の伝達に関与している酸化還元酵素である。酸化能力の高い微生物ほどこの酵素活性が高く、テトラゾリウム塩などの酸化還元色素を水素受容体にして、その色調の変化から活性度を測定することができる。無色またはわずかに着色したテトラゾリウム塩は還元されて、強く着色されたホルマザンに変化する。そして、このホルマザンの生成量をもって、活性度の指標とする。本研究ではテトラゾリウム塩としてINT（塩化ヨードフェニル・ニトロフェニル・フェニルテトラゾリウム）を使用した。

2.2 回転平膜装置

一般に膜分離高濃度活性汚泥法は、固液分離のために限外ろ過膜を使用するが、本実験では回転平膜装置を使用した。この装置の特徴は膜を回転させながらインバーター制御による減圧ポンプの吸引で一定量を容易にろ過することができることである。さらに、膜が互い違いに設置されているため、膜面に付着した汚泥を容易に分離することができ、また、時間設定により膜を回転させたままろ過のみを停止し、膜の汚れを洗浄することができるなど膜の目詰まりへの対策もなされている。

3. 結果および考察

人工廃水のBODの変化に対するMLSSの推移を図2に示した。MLSS5000mg/ℓ前後までは順調にMLSSが増加したが、その後は汚泥の増殖に時間がかかるようになったので、馴致期間を短縮するために、汚泥を濃縮して順次反応槽に投入した。汚泥負荷を0.1に設定した場合、余剰汚泥がほとんど発生せず、設定値の各

表1 人工廃水組成

成分	濃度 (mg/l)
Pepton	5300
Meat EX	5400
Urea	1000
NH_4Cl	2200
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	4700
NaCl	500
K_2HPO_4	1400
KH_2PO_4	1100
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1000
KCl	3200
H_3BO_3	2600
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1000

表2 実験条件

MLSS (mg/l)	温度 (℃)	DO (mg/l)	pH	汚泥負荷	廃水BOD濃度 (mg/l)	滞留時間 (day)	処理水 (l/day)
5000	30	3.0	7.0	0.1	1000	2	15.0
10000	30	3.0	7.0	0.1	2000	2	15.0
15000	30	3.0	7.0	0.1	3000	2	15.0

汚泥負荷 = (流入水のBOD濃度 × 流入水量) / (反応槽の容積 × MLSS)

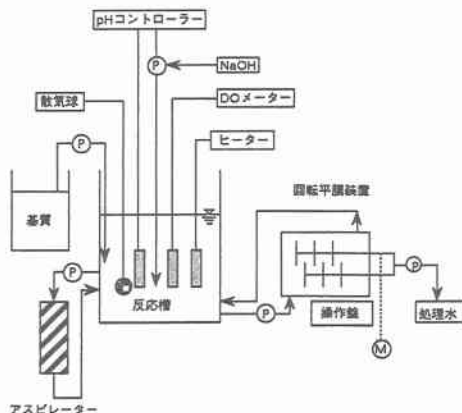


図1 実験装置の概略

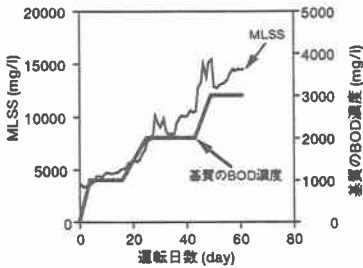


図2 基質のBOD濃度とMLSSの推移

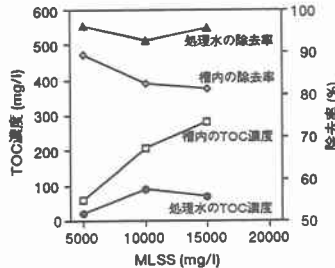


図3 槽内と処理水中のTOC濃度と除去率

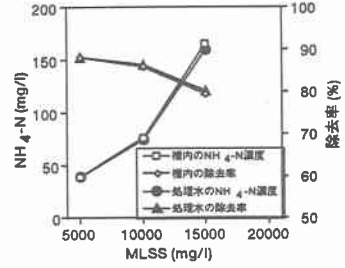


図4 槽内と処理水中のNH₄-N濃度と除去率

MLSS5000、10000、15000mg/lで安定した。図3、4に反応槽内水と処理水のTOC、NH₄-N濃度およびそれらの除去率を示した。流入廃水濃度の増加にともない、TOC濃度、NH₄-N濃度は増加する傾向がみられたものの、除去率は80%以上と良好な結果が得られた。また、TOC濃度とNH₄-N濃度を比較した場合、前者は反応槽内水よりも処理水の方が低い結果が得られたが、後者はほぼ等しい値となった。これは、回転平膜に付着した生物膜により有機物が除去されるためTOC濃度は低下するが、アンモニアを処理する硝化菌は通常十分な酸素を必要とするが、回転平膜分離槽内には酸素が十分存在しないことから硝化反応が生じず、アンモニア濃度に変化がなかったものと考えられる。図5に単位汚泥あたりのDOの経時変化を示した。この曲線の勾配から酸素利用速度を求めた。この結果から、MLSSが高濃度になるにつれて酸素利用速度が低下する傾向にあることが明らかとなった。図6に単位汚泥あたりの酸素利用速度、脱水素酵素活性 (INT法) およびアンモニア消費活性を示した。この結果からMLSSが増加するにしたがって単位汚泥あたりの活性が低下することが明らかとなった。また図7に反応槽全体の総活性量を示した。酸素利用速度と脱水素酵素活性はMLSS10000~15000mg/lで勾配がやや緩やかになっていることがわかる。アンモニア消費活性については、MLSS5000~10000mg/lの範囲内で直線的に増加しているのが確認された。装置全体の処理能力を考える場合、単位汚泥あたりの活性よりも反応槽全体の活性を考える必要がある。図7からMLSS10000~15000mg/lにおいて勾配がより緩やかになるという傾向があり、さらに高いMLSSにおいては反応槽全体の活性が横ばいになると予測される。アンモニア消費活性についてはより高いMLSSでもその消費活性が増加することが予測されるが、装置の運転管理がMLSS20000以上ではかなり困難であることが予想されるので回転平膜を用いた高濃度活性汚泥法の最適なMLSSは、15000~20000mg/l程度であると推定される。

4. おわりに

本研究では固液分離装置として回転平膜装置を用いた場合の膜分離高濃度活性汚泥法による連続的処理実験を行い、その処理特性および汚泥の活性の変化について実験的な検討を行った。以下に本研究で得られた結果をまとめる。

- (1) 流入廃水濃度の上昇にもかかわらず高い除去率が得られたことから、汚泥を高濃度に維持することにより高濃度排水の処理が可能であることが明らかとなった。
- (2) 活性試験の結果および装置の運転条件から、この装置の最適なMLSSは、15000~20000mg/l程度であると推定された。

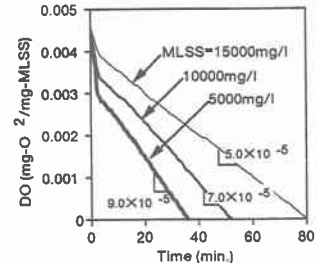


図5 単位汚泥あたりのDOの経時変化

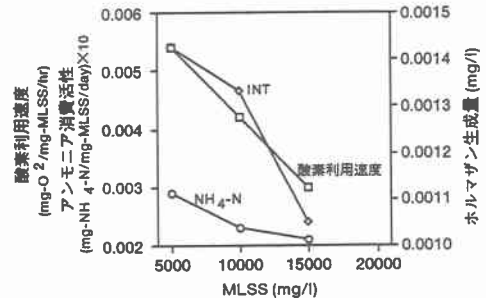


図6 単位汚泥あたりの活性度の変化

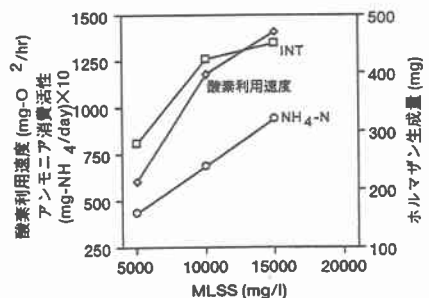


図7 反応槽全体の活性度の変化