

B-3 回転平膜を用いた膜分離高濃度活性汚泥法における
高MLSS域の微生物活性の変化

山口大学工学部○今井 剛、浮田正夫、岡田啓靖、関根雅彦
宇部高等工業専門学校 深川勝之 大阪工業大学 中西 弘

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。しかしながら、汚泥を高濃度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、CODおよびNH₄-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。装置の仕様および実験条件については表2、3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。廃水を反応槽に投入し、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および写真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MLSS6000、15000、20000mg/ℓにおいて十分馴致された状態でを行った。

表1 人工廃水組成

成分	濃度 (mg/l)
Pepton	5300
Meet EX	5400
Urea	1000
NH ₄ Cl	2200
(NH ₄) ₂ CO ₃	4700
NaCl	500
K ₂ HPO ₄	1400
KH ₂ PO ₄	1100
CaCl ₂ ・2H ₂ O	1000
KCl	3200
MgSO ₄ ・7H ₂ O	1000

表2 装置仕様

機器	仕様
回転平膜槽	SUS製密閉型 容量約10ℓ
平膜ディスク	ポリスルホン系膜 断面積0.055m ² /枚
処理水ポンプ	1.8ℓ/min
処理水流量計	0~1ℓ/min
架台	800×1200×1200

表3 実験条件

RUN No	MLSS (mg/l)	温度 (℃)	DO (mg/l)	pH	汚泥負荷	滞留時間 (day)	処理水流量 (l/day)
1	6000	29.1	3.0	7.0	0.1	2	15.0
2	10000	29.9	3.0	7.0	0.1	2	15.0
3	15000	29.8	3.0	7.0	0.1	2	15.0
4	20000	31.5		7.0	0.1	2	15.0
5	25000	31.7	3.0	7.0	0.1	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)

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、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した。

(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、活性度の指標とした。本研究ではテトラゾリウム塩としてINT（塩化インドフェニル・ニトロフェニル・フェニルテトラゾリウム）を使用した。

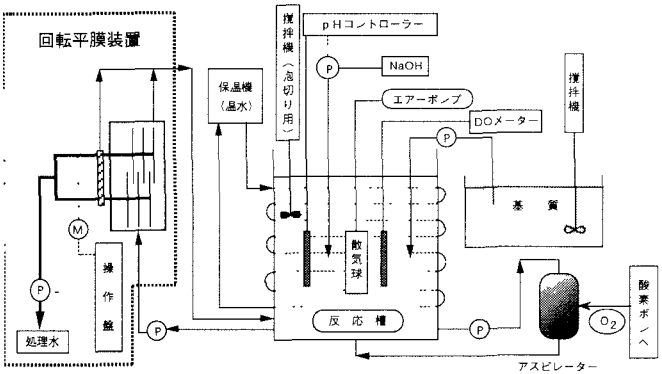


図1 実験装置の概略

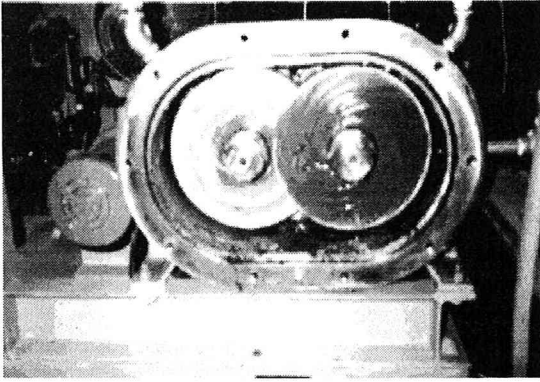


写真1 回転平膜分離装置

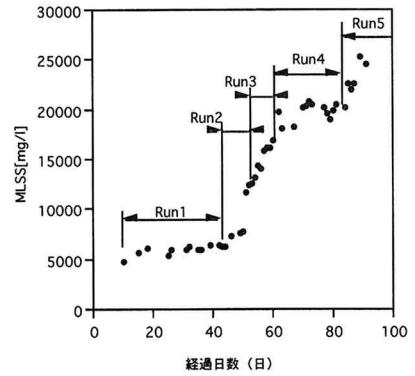


図2 反応槽内の MLSS 濃度の推移

2.2 回転平膜装置

一般に膜分離高濃度活性汚泥法では、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により、一定量の処理水を容易にろ過できることである。さらに、膜が互い違いに設置されているため（図1参照）、膜面に付着した汚泥を容易に分離することができ、また、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等、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

人口基質の濃度を順次上昇させることにより、活性汚泥を集積させた。そのMLSSの推移を図2に示した。MLSS6000mg/ℓ付近で安定した後、負荷の上昇に伴って20000mg/ℓ付近まで順調に集積された。ただし、10000～15000mg/ℓ付近における活性度の測定においては、安定期間が短いため、馴致期間が必ずしも十分ではなかった可能性がある。また、MLSS6000mg/ℓ付近からMLSS濃度を上昇させる際に1度だけ濃縮した活性汚泥の投入を行った。図3、4に基質、反応槽内水および処理水のTOC、COD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、処理水中のTOC濃度、COD濃度は幾分増加する傾向がみられたものの、除去率は95%以上と非常に良好な結果が得られた。また、汚泥が濃縮されるとともに、除去率が上昇する傾向がみられ、汚泥を濃縮することによる処理の高速化および高効率化の可能性が示されたと考えられる。図5に基質、反

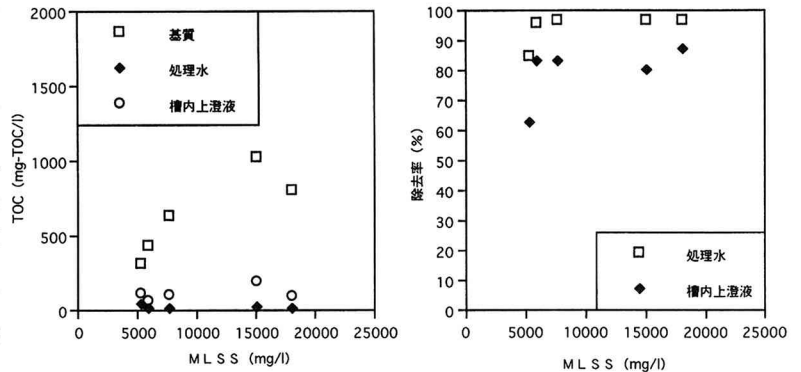


図3 基質、槽内および処理水中の TOC 濃度と除去率

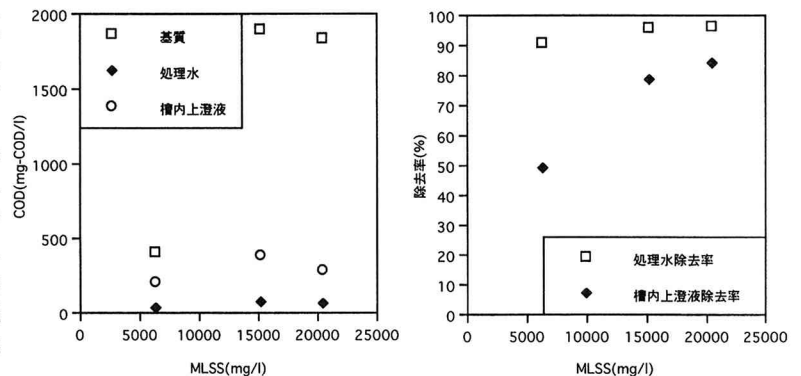


図4 基質、槽内および処理水中の COD 濃度と除去率

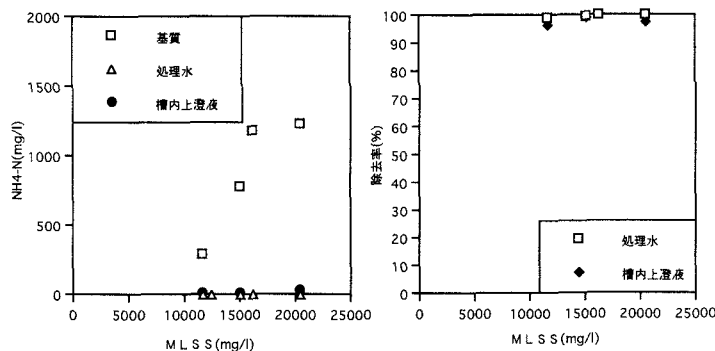


図5 基質、槽内および処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と除去率

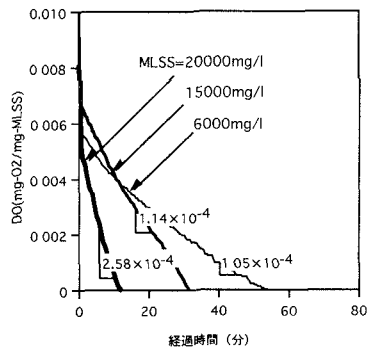


図6 単位汚泥あたりのDOの経時変化

反応槽内水および処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度およびその除去率を示した。TOC、COD 濃度と $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度とを比較した場合、前者は反応槽内水よりも処理水の方が低い結果となったが、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、COD 濃度は低下するが、アンモニアを処理する硝化菌は一般に十分な酸素を必要とするため、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、アンモニア濃度にほとんど変化がなかったものと考えられる。図6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決定した。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上昇する傾向をもつことが明らかとなった。この結果は前述したように、汚泥を濃縮することによる処理の高速化および高効率化の可能性を裏付けるものであると考えられる。図7に単位汚泥あたりの脱水素酵素活性 (INT法) すなわちホルマジン生成量、および酸素利用速度を示した。この結果から、酸素利用速度はMLSSが増加するにしたがって単位汚泥あたりの活性が上昇すること、また脱水素酵素活性はMLSSが増加するにしたがって幾分減少することがわかる。これらの結果から、汚泥は濃縮されることによって、単位汚泥あたりの活性度が上昇する傾向にあることがわかる。しかしながら、装置全体の処理能力を考える場合には、単位汚泥あたりの活性度よりも反応槽全体の総活性度を考える必要があると考えられる。図8に反応槽全体の総活性度を示した。脱水素酵素活性および酸素利用速度はどちらもMLSSが増加するにつれて、活性度が増すことが確認された。この結果からMLSSの上昇とともに反応槽全体の総活性度が増加しており、装置の運転管理が許容する限り、高濃度で運転する方がより高速かつ高効率な処理が行える可能性が示唆されたものと考えられる。これまでの装置の運転の経験から、MLSSが30000mg/ℓ以上になると運転が困難になることが予想されるので、本システムの最適なMLSSは25000mg/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集積による活性度の変化について実験的な検討を行った。以下にその結果をまとめた。

- (1) 流入廃水濃度の上昇にもかかわらず高い除去率が保持されたことから、汚泥を高濃度化することにより、高濃度廃水の高速かつ高効率な処理が可能であることが示唆された。
- (2) 活性度測定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 25000mg/ℓ 程度であると推定された。

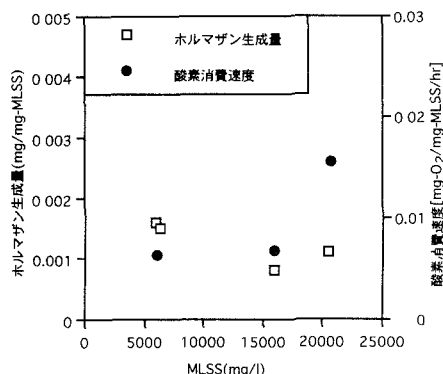


図7 単位汚泥あたりの活性度の変化

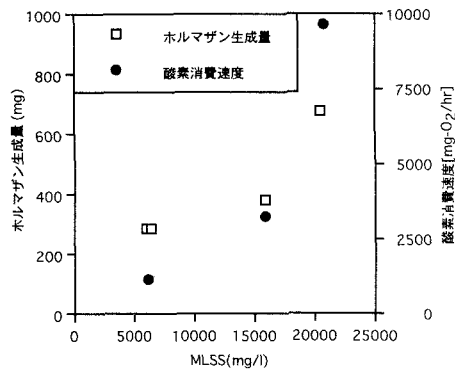


図8 反応槽全体の活性度の変化