

回転平膜を用いた膜分離高濃度活性汚泥法における
汚泥の活性変化に関する研究

山口大学○今井 剛、(株)森組 岡田啓靖、山口大学 浮田正夫
宇部高専 深川勝之、(株)日立プラント建設 大熊那夫紀

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、高濃度・高速処理を可能にする。本研究では、まず、人工廃水を対象に、回転平膜装置を用いて連続処理実験を行い、処理水質に関しては全有機炭素(TOC)、化学的酸素要求量(COD)、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の除去率から、汚泥を高濃度化した場合の活性度の変化については、脱水素酵素活性試験(INT法)、酸素利用速度試験(電極法)から最適微生物濃度について検討した。次に、この結果を踏まえて、実廃液を対象に連続運転を行い、装置の処理効率、汚泥の活性度の変化および装置の機械的限界について検討した。

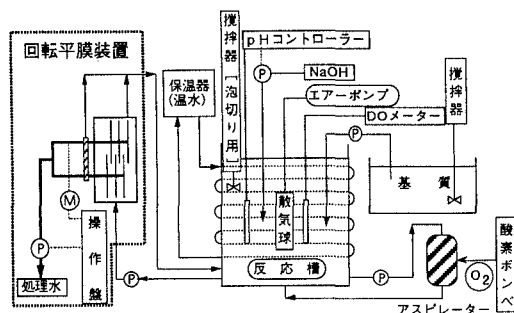


図1 回転平膜装置概略図

2. 実験方法

装置図(図1)、人工廃水および実廃液の組成(表1)、装置仕様(表2)、実験条件(表3)をそれぞれ示す。反応槽(有効容積30ℓ、曝気に散気球およびアスピレータを併用)に、表3の設定MLSS値になるように表1の廃水を希釈して、チューブポンプで送入し、高濃度活性汚泥をポンプで循環させることにより連続処理させ、回転平膜装置で固液分離を行った。各分析及び活性試験は、反応槽内の汚泥濃度がMLSS6,000、10,000、15,000、20,000、30,000mg/ℓ(人工廃水の場合)、7,500、10,000mg/ℓ(実廃液の場合)で馴致された状態でを行った。

3. 実験結果および考察

3.1 人工廃水を用いた最適汚泥濃度の推定

実験条件(表3)で汚泥負荷を約0.1に設定した場合、余剰汚泥は発生せず、設定MLSS値で安定した。MLSSの経日変化(図2)、TOC、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理水、槽内での除去率(図3)、活性試験の結果(図4)をそれぞれ示す。流入廃水濃度の増加にも関わらず、除去率は、ほぼ90%以上(人工廃水の場合)と良好な結果が得られた(図3)が、MLSS20,000~30,000mg/ℓで除去率の低下が見受けられた。さらにこの間の活性試験の結果(図4)から、菌体当たりの活性度が低下していたことが確認された。これらはMLSS濃度が上昇したことにより、反応槽内の微生物が過密状態になり、多少失活したことによると考えられる。また装置の状態としてはMLSS20,000 mg/ℓ付近から、一定量の処理水を引き抜くための平膜の回転数の増加、それによるモーターへの負担、回転軸にそっての本体後部からの汚泥の漏出、また反応槽内のDOの不足による純酸素曝気の付加など、高濃度域においては、装置面、コスト面においてかなりの負担がかかることが明らかとなった。以上を考慮した上で、この回転平膜を用いた高濃度活性汚泥法の人工廃水での最適MLSS値は20,000mg/ℓ程度であると推定された。

Run No.	設定 MLSS (mg/l)	温度(℃)	DO (mg/l)
1	6000	29.1	3.0

3.2 実廃液への移行過程およびその適用結果

3.1の実験結果に基づいて、TOC濃度500mg/ℓを目標値に人工廃水と実廃液を混合して希釈し(混合廃水)、[(人工廃水):(実廃液) = 9:1, 8:2, ・・]順次、実廃液の割合を増やし、実廃液へと切り替えた。切り

$$\text{汚泥負荷} = (\text{流入水の BOD 濃度} \times \text{流入水量}) / (\text{反応槽の容積} \times \text{MLSS})$$

表1 人工廃水および実廃液組成表

人工废水		実廃液	
成分	濃度 (mg/l)	成分	濃度 (mg/l)
Pepton	5300	TOC	39900
Meel EX	5400	COD	119988
Urea	1000	NH ₄ -N	3850
NH ₄ Cl	2200	T-N	20938
(NH ₄) ₂ CO ₃	4700	SO ₄ ²⁻	22913
NaCl	500	SO ₄ ²⁻ -S	7638
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	1.81ℓ/min
処理水流量計	0～1ℓ/min
架台	800×1200×1200

表3 実験条件

Run No.	設定 MLSS (mg/l)	温度(℃)	DO (mg/l)	pH	污泥負荷	滞留時間 (day)	処理水流量 (l/day)	廃水の種類
1	6000	29.1	3.0	7.0	0.1	2	15.0	人工廃水
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	3.0	7.0	0.1	2	15.0	◇
6	30000	31.7	3.0	7.0	0.1	2	15.0	◇
7	12000	26.5	3.0	7.0	0.1	2	15.0	実廃液
8	10000	25.3	3.0	7.0	0.1	2	15.0	◇

keyword: 回轉平膜, 高濃度活性污泥法, 微生物活性, MLSS, 好氧性處理

山口大学工学部：〒755 宇部市常盤台 2557 TEL: 0836-35-9111 Fax: 0836-35-9429

替え後は、TOC 濃度 750mg/ℓ まで負荷を上げて運転を行った。混合廃水、実廃液での結果(図2, Run7 以降)については、TOC、CODは、特に槽内において除去率が低下しているのが見受けられたが(図3)、これは実廃液中に含まれる生物難分解性有機物が処理されずに蓄積したものと考えられる。NH₄-Nについては(図3)、高い除去率が得られたことから硝化は順調に進行していたものと判断される。また実廃液中にはアミノ酸等の有機性窒素が多く含まれていたため、これらをT-N(全窒素)として、またSO₄²⁻、NO₂⁻、NO₃⁻(硫酸、亜硝酸、硝酸性イオン)およびT-P(全リン)を新たに分析項目に加えて測定した。T-N、NO₂⁻、NO₃⁻は除去率が負という結果になった。これは、反応槽にDOが十分供給され、完全酸化状態であったことから、脱窒は生じず、また、汚泥の自己分解による反応槽内への蓄積から、結果的に除去率が負になったと考えられる。また、SO₄²⁻の値はほとんど変化しなかった。これは、前述のように反応槽内が完全酸化状態であったことから、硫酸塩還元反応は生じておらず、妥当な結果であると考えられる。最後にT-Pにおいても、除去率が負になるという結果になったが、本来、リンは、汚泥の引き抜きと同時に除去されるものなので、引き抜きを行わない循環系の本実験では、汚泥の自己分解等による反応槽内への蓄積を考慮すると数値的に妥当なものと考えられる。活性試験に関しては(図4)、混合廃水処理中では人工廃水より活性がやや低下したが、これはRun7において、実廃液に切り替えるために、設定負荷を急激に低下させたことにより微生物が失活し、その老廃物が槽内に蓄積したことによると考えられる。この老廃物の除去および菌の新陳代謝促進のために、50mℓ/dayの汚泥の引き抜きおよび同量の処理水の反応槽への返送をRun7の期間のみ行った。実廃液切り替え後は(Run7後半)、活性は単位汚泥当りでは人工廃水の時に比べて少し低めの値になったが、反応槽全体としては人工廃水とほぼ同等であった。以上のことから、未だ中途段階であるが、実廃液での装置の最適汚泥濃度も20,000mg/ℓ程度であると推定された。

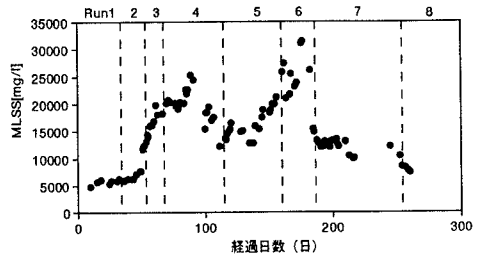


図2 MLSS 経日変化

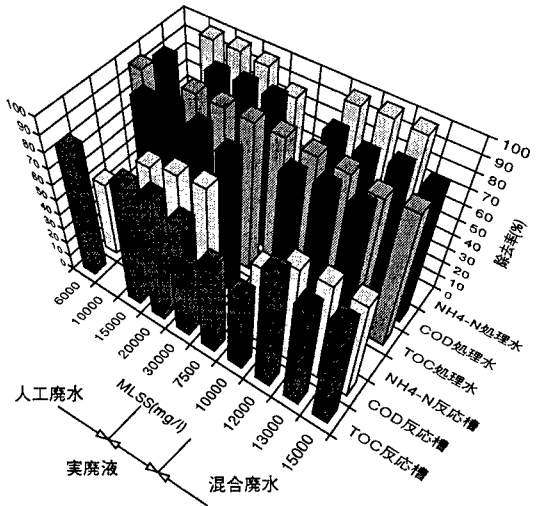


図3 人工廃水、実廃液でのTOC、COD、NH₄-N除去率

4. おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 流入廃水濃度の上昇にも関わらず高い除去率が得られたことから、高濃度域での高度処理が可能である。
- (2) 活性試験の結果および装置の運転条件等から、この装置の人工廃水での最適汚泥濃度は、20,000mg/ℓ程度と推定された。
- (3) 実廃液切り替え後も、人工廃水とほぼ同様の結果が得られたことから、本実験装置の実廃液での最適汚泥濃度も20,000mg/ℓ程度であると推定された。

謝辞：回転平膜装置をご提供いただいた日立プラント建設（株）に深甚なる謝意を表します。

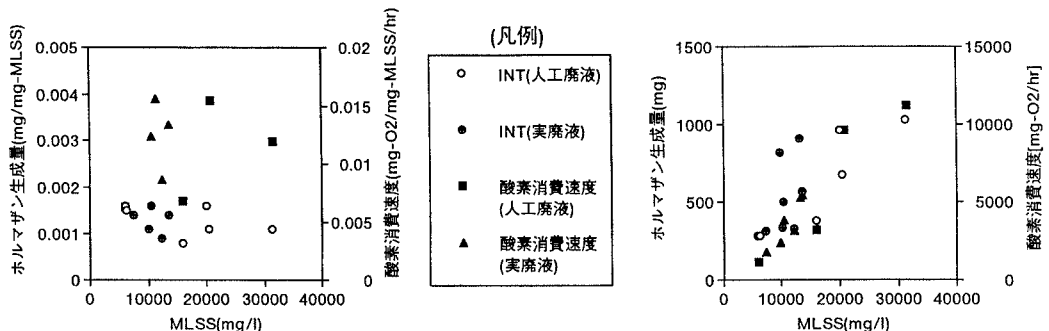


図4 単位汚泥当り(左)、および反応槽全体(右)の活性度の変化