

回転平膜を用いた高濃度活性汚泥法における 間欠曝気による炭素・窒素の同時除去

山口大学○今井 剛、小松慶三、呂 樹光、浮田正夫、関根雅彦
宇部工業高等専門学校 深川勝之 大阪工業大学 中西 弘
日立プラント建設(株) 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・高率処理を可能にすることから近年注目を集めている。本研究では、まず、発酵廃液を対象に回転平膜装置を用いて連続曝気運転を行ない、処理水質に関しては全有機炭素（TOC）、化学的酸素要求量（COD_{cr}）、アンモニア性窒素（NH₄⁺-N）、全窒素（T-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）、酸素消費速度試験（電極法）の結果から検討し、実験装置の処理効率、汚泥の活性度の変化から装置の最適微生物濃度を推定した。次に、間欠曝気運転により溶存酸素濃度（DO）を時間的に制御し、反応槽内において硝化、脱窒、有機物除去が同時進行する最適曝気条件を推定した。

2. 実験方法

装置図（図1）、発酵廃液組成（表1）、各曝気運転条件（表2、表3）をそれぞれ示す。連続曝気運転では、反応槽（有効反応容積30ℓ、曝気にアスピレーターを使用）に表1の廃水を適宜希釈して投入し、活性汚泥濃度（MLSS）を増加させ、高濃度活性汚泥をポンプで循環させることにより連続曝気処理を行なった。なお、固液分離は回転平膜装置で行なった。また、間欠曝気運転は、連続曝気運転と同様に槽内MLSSを増加させ、MLSSが10,000mg/ℓを超えた時点で曝気時間を制限した。各分析および活性試験は、各曝気時間条件下で反応槽内が定常状態に達した時点で行なった。

3. 実験結果および考察

3.1 連続曝気運転における最適汚泥濃度の推定

MLSSの経日変化（図2）、TOC、COD_{cr}、NH₄⁺-N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、いずれの除去率も約80～90%と良好な結果が得られた。NH₄⁺-Nに関しては全体的に高い除去率が得られており、硝化反応は順調に進行していたものと判断された。これらの各処理成績から判断して、さらに高濃度域において廃水処理を行なうことも可能であるが、運転に支障がないように考慮して、本実験装置での最適汚泥濃度は20,000mg/ℓ程度であると推定された。また、活性試験の結果（図4）より、ホルマザン生成量、酸素消費速度ともに単位汚泥当たり、反応槽全体において汚泥の高濃度化にともない、活性度は上昇する傾向にあった。これらの結果より、汚泥濃度の増加とともに単位汚泥当たり、反応槽全体の総活性量が増加しており、装置が許容する限り、高濃度で運転でき、より高速で効率的な処理が行なえる可能性が示唆されたと考えられる。以上の結果および考察から、本実験装置の発酵廃液に関する最適MLSS値は20,000mg/ℓ程度であると推定された。

3.2 間欠曝気による最適曝気運転条件の推定

流入発酵廃液濃度の増加にともない、槽内MLSS（図5）は16,000mg/ℓを超える付近まで増加した。TOC、COD_{cr}、NH₄⁺-N、T-Nの除去率（図6）、活性試験の結果（図4）をそれぞれ示す。TOC、COD_{cr}に

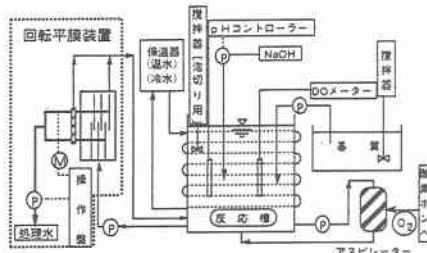


図1 高濃度活性汚泥プロセスの概略図

表1 発酵廃液組成

成分	濃度	連続曝気運転	間欠曝気運転
pH	5.3	5.3	
TOC (mg/ℓ)	42000	101000	
COD _{cr} (mg/ℓ)	103000	246000	
T-N (mg/ℓ)	15900	35700	
NH ₄ ⁺ -N (mg/ℓ)	3400	17600	
NO ₂ ⁻ (mg/ℓ)	0	0	
SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ)	23000	21400	

表2 連続曝気運転条件

run No.	基質TOC濃度 (mg/ℓ)	TOC負荷 (kg-TOC/m ² /day)	DO濃度 (mg/ℓ)
1	500	0.188	3.0
2	750	0.281	3.0
3	1000	0.375	3.0
4	1250	0.469	3.0
5	1500	0.563	3.0
6	1750	0.656	3.0
7	2000	0.750	3.0
8	2250	0.844	3.0

pH=7.0 処理水流量=15ℓ/day
温度=20~30℃ 滞留時間=2day

表3 間欠曝気運転条件

run No.	基質TOC濃度 (mg/ℓ)	TOC負荷 (kg-TOC/m ² /day)	DO濃度 (mg/ℓ)
1	850	0.319	連続曝気 2.0~3.5
2	1000	0.475	連続曝気 2.0~3.5
3	1250	0.469	連続曝気 2.0~3.5
4	1500	0.563	連続曝気 1.5~2.5
5	1500	0.563	間欠曝気 (10分on/10分off) 2.0~3.5
6	1500	0.563	間欠曝気 (30分on/30分off) 2.0~3.5
7	1500	0.563	間欠曝気 (60分on/30分off) 2.0~3.5
8	1850	0.694	連続曝気 1.5~3.0
9	2200	0.825	連続曝気 1.0~2.5
10	2200	0.825	間欠曝気 (10分on/10分off) 1.0~2.5
11	2200	0.825	間欠曝気 (30分on/30分off) 1.0~2.5

pH=6.8~7.2 処理水流量=15ℓ/day (on:純酸素供給)
温度=28~33℃ 滞留時間=2day (off:純酸素供給停止)

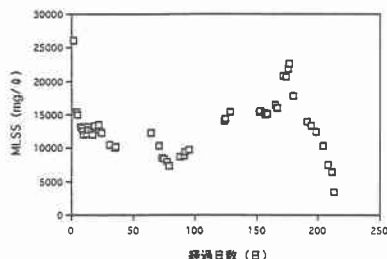


図2 連続曝気運転におけるMLSSの経日変化

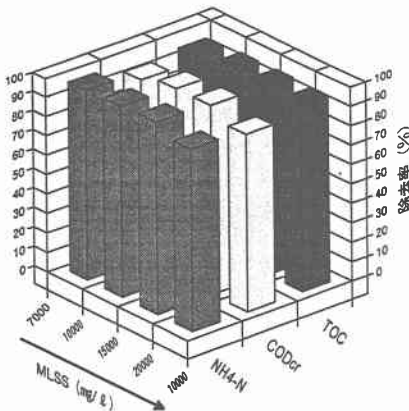


図3 連続曝気運転における各除去率

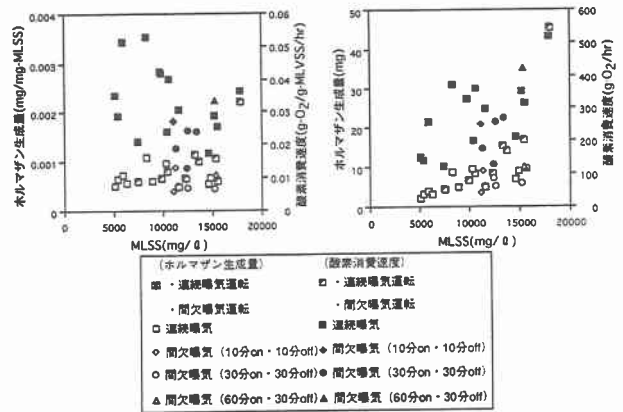


図4 単位汚泥当たり(左)および反応槽全体(右)の活性度の変化

関してはいずれの曝気条件下においても約90%以上の処理結果が得られており、反応槽内には有機物を消費する細菌 (*heterotrophic microorganisms*) が多量に存在したと推定される。NH₄⁺-Nについては、60分on・30分offの曝気条件下において除去率の低下がみられたが、これはその運転時にpHコントローラの誤作動により数日間pHが上昇し、反応槽内がアルカリ側に偏ったため、処理効率もそれにとまって低下したと考えられる。T-Nについては、間欠曝気を行なうことによって、除去率の上昇が明らかに認められた。これは、硝化反応によって生成したNO₂⁻、NO₃⁻が脱窒菌によりN₂ガスに変換され、大気中に放出されるために起こるものである。各条件で比較すると、30分on・30分off時、60分on・30分off時の曝気条件下で除去成績は良好であった。以上より、連続的な曝気を行なわなくとも廃水が順調に処理されたことから、曝気条件について経済性を重視した改善の可能性が示唆され、T-N除去率を考慮した上で曝気条件は30分on・30分offが最適であると考えられる。また、活性試験の結果(図4)より、ホルマジン生成量は、汚泥の高濃度化に対し、単位汚泥当たりにおける活性はほぼ一定であったが、反応槽全体としてはわずかながら上昇傾向にあった。酸素消費速度試験に関して、単位汚泥当たりの活性は、高濃度になるにしたがい低下する傾向にあったが、反応槽全体としては活性の上昇がみられた。以上のことから、間欠曝気運転を行なうことによる汚泥の活性低下は認められず、また、各曝気条件下における処理結果に大きな変化がみられなかったことから、本実験装置での最適曝気条件は曝気に要するコスト面など経済性を考慮し、30分on・30分offであると推定された。

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関わらず良好な処理成績が得られたことから、高濃度域での発酵廃液に対する高率処理が可能であることが明らかとなった。
- (2) MLSSの経日変化、処理成績および活性試験における結果等から、本装置の発酵廃液処理に対する最適汚泥濃度はMLSS20,000 mg/l程度と推定された。
- (3) 処理成績および活性試験における結果等から、間欠曝気運転を行なうことによる汚泥の活性低下は認められず、最適曝気条件は曝気に要するコスト面など経済性を考慮し、30分on・30分offであると推定された。

謝辞：本研究は一部公益信託柴山大五郎記念合併処理浄化槽研究基金より助成を受けて行った。ここに記して謝意を表します。

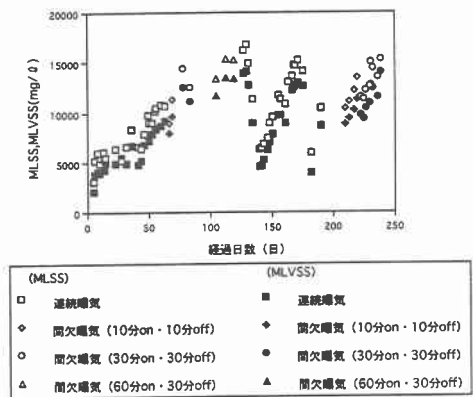


図5 間欠曝気運転におけるMLSS、MLVSSの経日変化

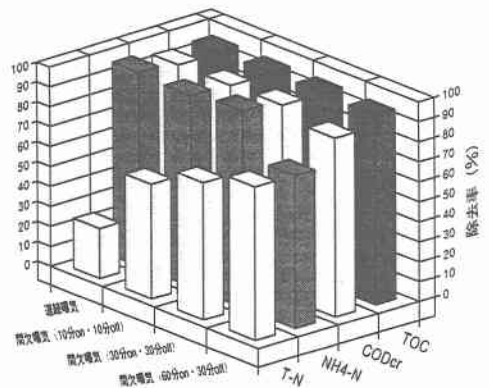


図6 間欠曝気運転における各除去率