

回転平膜を用いた高濃度活性汚泥法における有機物・窒素の同時除去に関する研究

山口大学工学部○今井 剛、呂 樹光、浮田正夫、関根雅彦
大阪工業大学 中西 弘 宇部工業高等専門学校 深川勝之

1. はじめに

活性汚泥法に固液分離装置として膜分離を適用することにより、汚泥を高濃度化した場合の固液分離と濃縮とが容易となり、高率処理が可能となる。しかしながら、有機物だけでなく窒素の除去を考えた場合、硝化、脱窒が同時平衡して行われるように曝気の制御を行わなければならない。そこで、本研究では発酵廃液を対象に高濃度活性汚泥法の曝気を時間的に制御する時間制御運転と ORP 値により制御する ORP 制御運転を行い、実験装置の処理効率、経済性等から、有機物および窒素の同時除去を行い得る最適運転条件を推定した。

2. 実験方法

装置図（図1）、発酵廃液組成表（表1）、各運転条件（表2、表3）をそれぞれ示す。時間制御運転と ORP 制御運転において、表に示した各曝気条件に設定し、反応槽（有効反応容積30ℓ、曝気にアスピレーターおよび純酸素曝気を併用）に発酵廃液を適宜希釈して投入し、高濃度活性汚泥をポンプで循環させることにより運転を行い、回転平膜装置で固液分離を行った。処理水質に関しては全有機炭素（TOC）、アンモニア性窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、全窒素（T-N）の分析を行った。サンプリングは、各曝気条件下で反応槽内の処理水質が定常状態に達した時点でを行った。

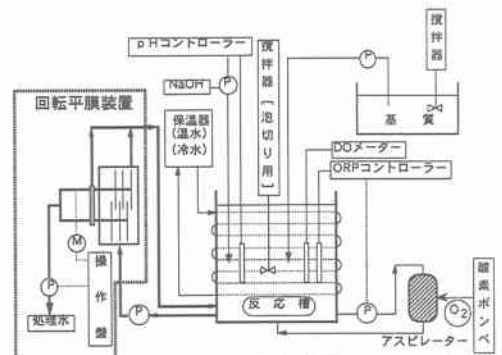


図1 実験装置

表1 発酵廃液組成表

成分	濃度
TOC (mg/ℓ)	10000
CODcr (mg/ℓ)	24700
T-N (mg/ℓ)	3570
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/ℓ)	1360
$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/ℓ)	0
SO_4^{2-} (mg/ℓ)	2140
MLSS (mg/ℓ)	1200
MLVSS (mg/ℓ)	990
pH	5.5

表2 時間制御運転条件

run No.	基質TOC濃度 (mg/ℓ)	TOC負荷 (kg-TOC/m ³ /day)	時間制御条件	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

pH=7.0 処理水流量=15ℓ/day (on: 純酸素供給)
温度=28~33℃ 滞留時間=2.67day (off: 純酸素供給停止)

3. 実験結果および考察

3.1 時間制御運転における最適運転条件の推定

流入発酵廃液濃度の増加とともに、槽内MLSS（図2）は16000 mg/ℓを超える付近まで増加した。TOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Nの除去率を図3に示す。TOCに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 bacteria）が多量に存在していたと推定される。 $\text{NH}_4\text{-N}$ についてもいずれもほぼ100%の除去率が得られており、硝化反応が順調に進行していたと考えられる。T-Nに関しては、時間制御を行うことによって、除去率の増加が認められた。これは、曝気を制限することにより反応槽内が断続的に微嫌気状態となったため、脱窒反応が促進されたことによると考えられる。各曝気条件での処理成績を比較すると、間欠曝気運転ではいずれの除去率も大きな違いはなく、曝気運転に要するコストおよび器械に対する負荷を考慮すると30分on・30分offの曝気条件が最も有利であると考えられる。

3.2 ORP 制御運転における最適運転条件の推定

経過日数約80日でMLSS（図4）は約12600 mg/ℓまで増加した。しかしその後は、10000 mg/ℓ程度まで減少し、その付近で安定した。投入基質濃度をTOC = 1000 mg/ℓと一定の濃度に設定していたため、経過日数100日頃から安定したものと考えられる。まず最適ORP値推定実験の結果である各設定ORP値におけるTOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Nの除去率を図5に示す。TOC除去率は実験期間を通じて90%以上の値が得られて

表3 ORP 制御運転条件

run No.	基質TOC濃度 (mg/ℓ)	ORP設定値 (mV)
1	1000	0±10
2	1000	-50±10
3	1000	50±10
4	1000	100±10
5	1000	150±10
6	1000	100±50
7	1000	100±100
8	1000	50±50
9	1000	50±100
10	1000	50±75
11	1000	100±75

pH=7.0 処理水流量=15ℓ/day
温度=28~33℃ 滞留時間=2.67day

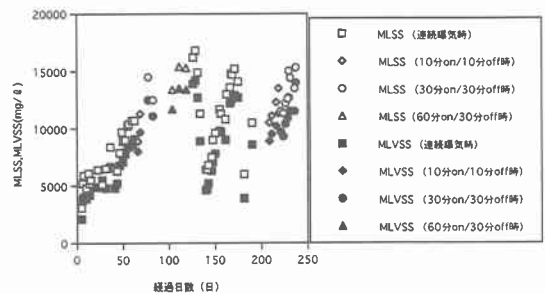


図2 時間制御運転時のMLSS経日変化

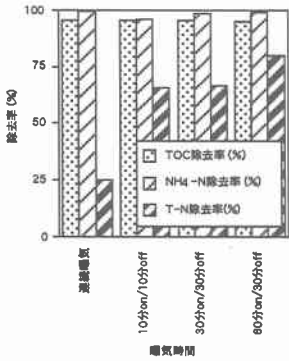


図3 時間制御運転時の
処理成績結果

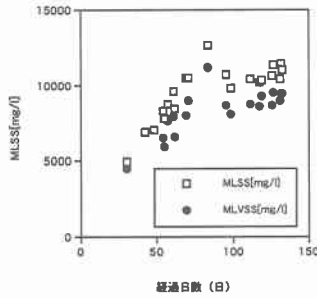


図4 ORP制御運転時の
MLSS経日変化

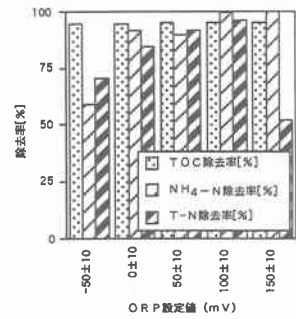


図5 最適ORP値推定実験時の
処理成績結果

おり、有機物は本実験の設定ORP値に関係なく処理されていたことがわかる。NH₄-Nについては設定ORP値が100 ± 10、150 ± 10mVではほぼ100%の除去率が得られた。また、設定ORP値が-50 ± 10、0 ± 10、50 ± 10mVでは硝化反応が、150 ± 10mVでは脱窒反応が抑制されたことがわかる。以上の実験結果から、最適ORP値は100mV付近であると推定できる。次に、最適ORP値付近において、ORP値に変動を与えた場合の処理状況を把握するための実験を行った。最適ORP範囲の推定のための各設定ORP範囲における各除去率を図6に示す。TOC除去率は実験期間を通じて90%以上の値が得られた。NH₄-N除去率は50 ± 10mVのみ除去率が低かった。また、T-N除去率は、100 ± 100mVで低かった。これは、脱窒反応が高酸化状態のために抑制されたためと考えられる。以上の結果から、最適ORP範囲は、50～100mVの間に中心を置き、ある程度の変動(±50 ± 75mV)を与えたものであると推定される。また、時間制御運転に比べ処理成績(特にT-N除去率)が向上していたことからORP制御運転は有効であると考えられる。

3.3 曝気コストを考慮した最適運転条件の推定

各曝気条件下における消費電力と処理水除去率の関係を図7に示す。処理水除去率を比較するとORP制御の方が良好である。また、消費電力はORP=50 ± 75、50 ± 100、50 ± 50mVの時にそれぞれ1.12、1.22、1.25kwh/day、30分on/30分offの時に1.26kwh/dayとそれほど差はなかった。また、曝気を開始した直後に生じる消費電力の増大についても検討したが、全体的にみると無視できる程度であり、時間あたりのon/offの回数による影響は少ないと判断された。よって、曝気コストを考慮した場合にもORP制御運転が有利であり、最適運転条件は最も消費電力が少なかったORP=50 ± 75であると推定される。

4. まとめ

本研究では、発酵廃液を対象に高濃度活性汚泥法の曝気を時間的に制御する時間制御運転とORP値により制御するORP制御運転を行い、実験装置の処理効率、経済性等から、有機物および窒素の同時除去を行い得る最適運転条件を推定した。以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- (1) 処理成績等から、時間制御運転を行うことによる有機物除去率の低下等の欠点は認められず、時間制御運転における最適時間制御運転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。
- (2) 処理成績等から、有機物・窒素の同時除去に対してのORP制御運転の有効性が示され、最適ORP値は50～100mVの間に中心を置き、ある程度の変動(±50 ± 75mV)を与えた値であると推定された。
- (3) 処理成績、経済性等から、本実験装置における最適運転条件はORP制御運転(ORP=50 ± 75)であると推定された。

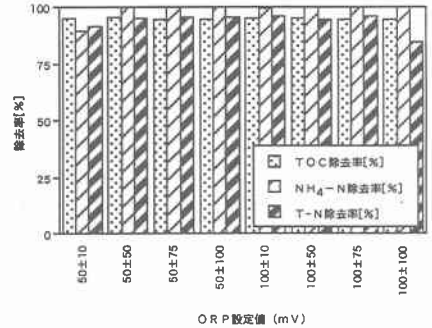


図6 最適ORP範囲推定実験時の
処理成績結果

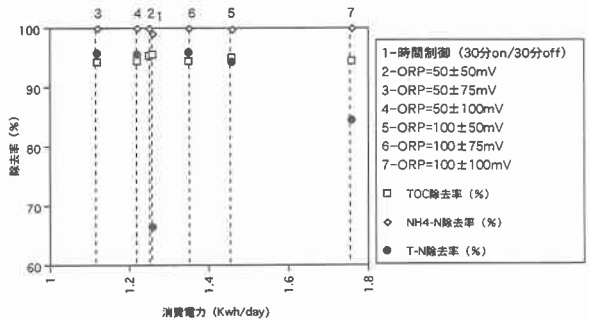


図7 消費電力に対する処理水除去率