

(株) 日水コン ○正 中西新二

佐賀大学理工学部 学 松尾保成 正 荒木宏之

正 古賀憲一 正 井前勝人

九州大学工学部 正 粟谷陽一 正 楠田哲也

1. はじめに 近年、小規模下水道への関心が高まっているが、地方中小都市においても水質汚濁防止、良好な水資源の確保などの観点から高度処理レベルの処理水質が望まれるところであろう。小規模処理施設として従来の大都市型の処理システムをそのまま適用するには困難な面も多いことから、種々の小規模下水処理システムの研究・開発がなされている。その中でもオキシデーションディッチ法（OD法）は、小規模処理施設として多くの長所を有すること、構造的に曝気制御を行いやすく比較的簡単かつ経済的に窒素除去が行えることなどから採用されるケースが増えている。ところが、効率良い窒素除去を行うための運転操作法の確立、窒素除去まで含めたOD法の処理特性の把握あるいはその評価に関しては、まだ検討すべき問題点も多いようである。以上の諸点に鑑み、本稿はOD法に関する動力学モデルについて検討を加えたものである。

2. 動力学式とパラメータ シミュレーションに用いた動力学モデルを表-1に示す。対象とした基質はいずれも溶解性のBOD、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N で NO_2^--N は流入下水、処理水中にほとんど存在しないので省略した。ディッチ内はDOに関して完全混合型であり、また反応速度式にはMonod式を用いた。計算にはルンゲ・クッタ・ギル法を用いた。表-2に計算に用いたパラメータ値を示す。Klaは実験プラントにおける実測値としたが、その他の値は文献値^{1) 2) 3)}、化学量論的に求まる値を用いた。

3. 計算結果と考察 計算に用いた入力条件はODの実規模プラント（容量17m³）で行った流入条件、運転条件⁴⁾を用いた。間欠曝気の再現はエアレーターがONの場合Klaを与え、OFFの場合Kla=0として行った。実測のBODはCOD_{Cr}/BOD=1.7(実測)により換算した値である。計算結果を図-1～3に示す。計算に用いた諸数値はすべて同一として行った。

表-2 パラメータ値

表-1 動力学モデル式

反応速度式	
・BOD除去速度	
$r_{s1} = \frac{\hat{S}_{s1} \cdot S_1}{K_{s1} + S_1} \cdot \frac{DO}{K_o + DO} \cdot \alpha_1 \cdot X$	
・ NH_4^+-N 除去速度	
$r_{s2} = \frac{\hat{S}_{s2} \cdot S_2}{K_{s2} + S_2} \cdot \frac{DO}{K_{on} + DO} \cdot \alpha_2 \cdot X$	
・ NO_3^--N 除去速度	
$r_{s3} = \frac{\hat{S}_{s3} \cdot S_3}{K_{s3} + S_3} \cdot \frac{S_1}{K_{s10} + S_1} \cdot \left(1 - \frac{DO}{K_{oo} + DO}\right) \cdot \alpha_3 \cdot X$	
物質収支式	
・BOD	
$\frac{dS_1}{dt} = [Q \cdot S_{10} + Q_r \cdot S_1 - (Q + Q_r) \cdot S_1] / V - r_{s1} - a \cdot r_{s3}$	
・ NH_4^+-N	
$\frac{dS_2}{dt} = [Q \cdot S_{20} + Q_r \cdot S_2 - (Q + Q_r) \cdot S_2] / V - r_{s2}$	
・ NO_3^--N	
$\frac{dS_3}{dt} = [Q \cdot S_{30} + Q_r \cdot S_3 - (Q + Q_r) \cdot S_3] / V - r_{s3} + r_{s2}$	
・DO	
$\frac{dDO}{dt} = [Q \cdot DO_0 + Q_r \cdot DO_r - (Q + Q_r) \cdot DO] / V - C_b \cdot r_{s1} - C_N \cdot r_{s2} - K_o \cdot X + K_L a \cdot (DO_s - DO)$	
・MLSS	
$\frac{dX}{dt} = [Q \cdot X_0 + Q_r \cdot X_r - (Q + Q_r) \cdot X] / V + Y \cdot r_{s1} + Y_N \cdot r_{s2} + Y_o \cdot r_{s3} - K_d \cdot X$	

記号	パラメータ名	数 値
$\alpha_1 \cdot \hat{S}_{s1}$	(BOD酸化菌のHLSS分率) × (最大BOD比除去速度定数)	0.15 day ⁻¹
K _{s1}	BOD飽和定数	100 mg/l
K _o , K _{oo}	溶存酸素飽和定数 (BOD, NO ₃ ⁻ -N)	0.5 mg/l
$\alpha_2 \cdot \hat{S}_{s2}$	(硝化菌のHLSS分率) × (最大NH ₄ ⁺ -N比除去速度定数)	0.03 day ⁻¹
K _{s2}	NH ₄ ⁺ -N飽和定数	0.5 mg/l
K _{on}	硝化反応におけるDOの飽和定数	1.3 mg/l
$\alpha_3 \cdot \hat{S}_{s3}$	(脱窒菌のHLSS分率) × (最大NO ₃ ⁻ -N比除去速度定数)	0.1 day ⁻¹
K _{s3}	NO ₃ ⁻ -N飽和定数	0.1 mg/l
K _{s10}	脱窒反応におけるBODの飽和定数	100 mg/l
a	脱窒反応において消費されるBODの割合	2.5
c _b	BOD除去にともなうDO消費の割合	0.5
c _N	NH ₄ ⁺ -N除去にともなうDO消費の割合	4.57
K _d	汚泥の自己分解にともなうDO消費係数	0.02 day ⁻¹
KLa	総括酸素移動容量係数	2~5 hr ⁻¹
DO _s	飽和DO濃度	8.8 mg/l
Y	BOD酸化菌の収率係数	0.5
Y _N	硝化菌の収率係数	0.15
Y _o	脱窒菌の収率係数	0.36
K _d	汚泥の自己分解係数	0.055 day ⁻¹

S₁ : BOD (mg/l) S₂ : NH₄⁺-N (mg/l)
 S₃ : NO₃⁻-N (mg/l) V : ODの容量 (17m³)
 DO : 溶存酸素 (mg/l) DO_r : 返送水の溶存酸素 (mg/l)
 Q : 流入水量 (l/min) Q_r : 返送水量 (l/min)
 X : MLSS (mg/l) X_r : 返送汚泥濃度 (mg/l)
 添字0は各基質の流入水濃度を表す。

図-1 (a) にサイクル時間 (好気時間+嫌気時間) 20分における流入水質の時間変動パターン, 図-1 (b) に処理水の実測値とシミュレーション結果を示す。計算結果は時間的な負荷変動に対応して変動する実測処理水の挙動を良く表している。図-2 はサイクル時間45分の場合であるが, 20分サイクルと同様に実測値, 計算値は良く一致している。図-3 は60分サイクルの場合であり, 図-1, 2 と比べると $\text{NH}_4\text{-N}$ の計算値 (実線) が若干低い, 傾向は比較的良く表していることがわかる。BOD については実測値の変動が大きく, 計算値は十分にその変動を説明しているとは言えないが, 平均的にみれば値は実測値を再現しているようである。NO₃-N については計算値と実測値は傾向的には違いが認められるようである。即ち, PM4~PM10時の間に計算値が実測値に比べ急激に低下していることからわかるように $\alpha_3 \cdot \hat{\psi}_{s3}$ を大きく見積もったためであろう。そこで, $\alpha_3 \cdot \hat{\psi}_{s3}$ を約1/2 にし0.055(1/day)とした場合の計算結果を図中の破線で示す。NO₃-N はほぼ一致し, BOD の変動傾向も幾分か改善されることがわかる。60分サイクルの脱窒速度が小さくなるのは脱窒菌の活性が低下したものと考えられる。実際にプラント実験においてはサイクル時間を長くして運転を行うと汚泥の色等が変わることも経験しており, 汚泥の性状が変化したものと思われる。一方, 嫌気培養汚泥を一時的に好気状態とし, 再び嫌気状態に戻した場合の脱窒速度が連続的に嫌気培養した場合の速度より小さくなり, 前段階の好気時間が長くなるに従い急激に低下するという現象も確かめている⁵⁾ が, この点に関しては今後検討を加える予定である。

以上のことから, モデル化に当たっては運転条件により $\alpha_3 \cdot \hat{\psi}_{s3}$ を変化させる必要があると考えられ, また間欠曝気方式の運転条件 (サイクル時間, 好気-嫌気時間比) の設定に当たっても以上のような点を考慮する必要がある。

4. あとがき 間欠曝気方式によるOD法の窒素除去, 有機物除去をほぼシミュレートできることがわかった。実測値と計算結果の比較からサイクル時間を大きくすると脱窒菌の活性が低下することが推測されたが, この点に関しては基礎実験等の知見をも

とにモデルの改良, パラメーターの同定を行う必要がある。本研究は「文部省科学研究費奨励研究 (A)」及び「(財) 日本生命財団」の補助を受けて行ったものである。

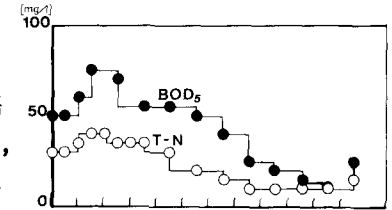


図-1 (a) 流入水質変化

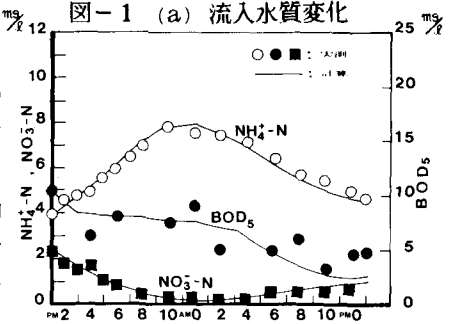


図-1 (b) 20分サイクル

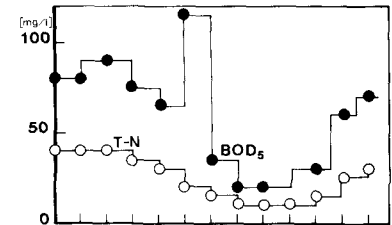


図-3 (a) 流入水質変化

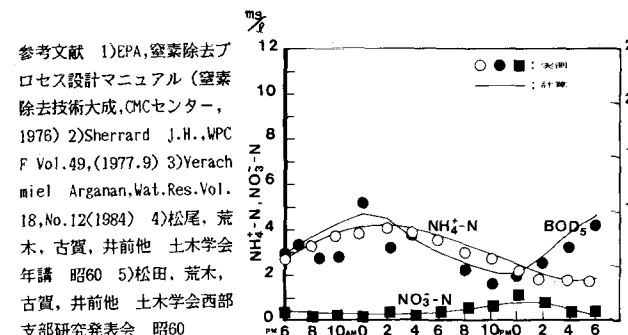


図-2 (a) 流入水質変化

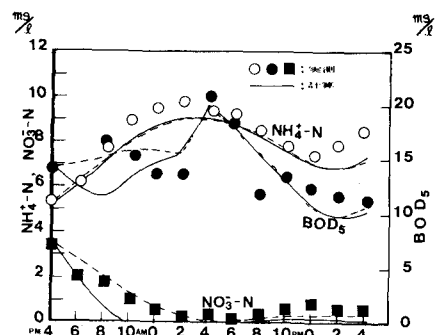


図-2 (b) 45分サイクル

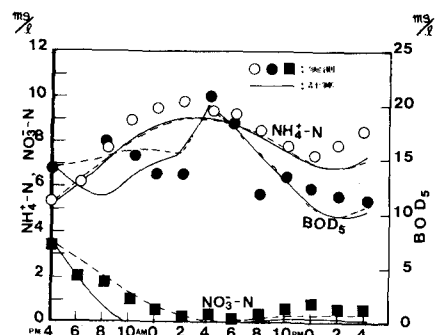


図-3 (b) 60分サイクル

参考文献 1)EPA,窒素除去プロセス設計マニュアル (窒素除去技術大成,CHCセンター, 1976) 2)Sherrard J.H.,WPCF Vol.49,(1977.9) 3)Yerachmiel Arganan,Wat.Res.Vol. 18,No.12(1984) 4)松尾,荒木,古賀,井前他 土木学会年講 昭60 5)松田,荒木,古賀,井前他 土木学会西部支部研究発表会 昭60