

II-468 間欠曝気式OD法の設計・運転パラメーターに関する研究

佐賀大学理工学部 ○学 野原昭雄 正 荒木宏之
 正 古賀憲一 正 井前勝人
 鳥栖工業高校 正 猿渡和博

1. はじめに 著者らは、小規模なOD法による窒素除去法として有効と考えられる間欠曝気方式に関して、プラント実験により、その除去特性について種々の検討を加えてきた¹⁾。本報では、簡単なモデルを用い、間欠曝気式OD法の基本的な設計・運転因子及びそれらの条件について、検討を加えたものである。

2. 基礎式 小規模なOD法は完全混合と見なせるので、モデルは連続流の完全混合型とし、間欠曝気を行う場合の硝化反応、脱窒反応のみを考える。解析を簡単にするために両者を零次反応とし比較のためにMonod型の反応も考える。流入窒素はNH₄⁺-Nのみで、好気時間内では硝化のみ、無酸素時間内では脱窒のみが起こるものとする。NH₄⁺-N、NO₃⁻-Nのそれぞれの物質収支式は、好気、無酸素状態に対して次のように表わされる。また、零次とMonod型の反応項は表-1に示す通りである。

1) 好気状態(0 ≤ t ≤ t_a)

$$\frac{dC_{NH4}}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{NH40} - C_{NH4}) - r_n \dots (1)$$

$$\frac{dC_{NO3}}{dt} = -\frac{Q}{V} C_{NO3} + r_n \dots (2)$$

2) 無酸素状態(t_a < t ≤ t_c)

$$\frac{dC_{NH4}}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{NH40} - C_{NH4}) \dots (3)$$

$$\frac{dC_{NO3}}{dt} = -\frac{Q}{V} C_{NO3} - r_d \dots (4)$$

表-1 反応項

	零次反応	Monod型
r _n	ν _n · X	$\frac{\nu_n \cdot C_{NH4} \cdot X}{K_{NH4} + C_{NH4}}$
r _d	ν _d · X	$\frac{\nu_d \cdot C_{NO3} \cdot X}{K_{NO3} + C_{NO3}}$

ここで、

C_{NH40}: 流入NH₄⁺-N濃度 r_n: 硝化速度 ν_n: 比硝化速度
 C_{NH4}: NH₄⁺-N濃度 r_d: 脱窒速度 ν_d: 比脱窒速度
 C_{NO3}: NO₃⁻-N濃度 X: MLSS K_{NH4}: NH₄⁺-Nの飽和定数
 Q: 流入量 t_a: 好気時間 K_{NO3}: NO₃⁻-Nの飽和定数
 V: デイッチ容量 t_c: サイクル時間(好気時間+無酸素時間)

基礎式 1)~4)から、次のような無次元パラメータを用いて設計及び運転操作因子について検討を加える。

$$\nu_n^* = \nu_n \cdot t_h \cdot X / C_{NH40} \quad \text{ここで、} t_h: \text{滞留時間}$$

$$\nu_d^* = \nu_d \cdot t_h \cdot X / C_{NH40}$$

$$t_c^* = t_c / t_h \quad (\text{サイクル時間比})$$

$$t_a^* = t_a / t_c \quad (\text{好気時間比})$$

3. 結果及び考察 図-1に窒素除去率と好気時間比(t_a^{*})との関係の概念図を示す。なお、ここでは流出による濃度変化は、滞留時間が充分長いとして無視している。窒素除去率は、基本的には単位時間の硝化量と流入窒素量の比ν_n^{*}及び単位時間の脱窒量と流入窒素量の比ν_d^{*}によって決まり、これらの関係は大きく2つの場合に分かれる。図においてν_n^{*}、ν_d^{*}が小さい場合(添字1)、除去率とt_a^{*}との関係に、ある特定の好気時間比が存在することが分かる。その好気時間比は、t_a^{*} = ν_d^{*} / (ν_n^{*} + ν_d^{*})である。この特定の好気時間比は与えられたν_n^{*}とν_d^{*}によって決まる硝化量と脱窒量が等しくなる場所である。すなわち、この好気時間比より小さい好気時間比のところでは窒素除去率は硝化量のみで決まり、大きい好気時間比のところでは脱窒量のみで決まる。一方、ν_n^{*}、ν_d^{*}が大きくなり(添字2)T-N除去率が100%を超えると、ある特定の好気時間比が2つ存在する。これらの好気時間比は、直線の勾配から小さい方が1/ν_{n2}^{*}、大きい方が1-1/ν_{d2}^{*}となり、好気時間比が1/ν_{n2}^{*}より小さい場合に硝化律速となること、及び1-1/ν_{d2}^{*}より大きい場合に脱窒律速となることは前述の場合と同じである。好気時間比がこの範囲にある場合にはNH₄⁺-Nが完全に硝化され、かつNO₃⁻-Nも完全に脱窒されて、T-N除去率が100%となる理想的な間欠曝気が行なえる。ν_n^{*}、ν_d^{*}は、そ

それぞれ比硝化速度、比脱窒速度と流入窒素負荷との比であるので、所定の汚泥活性(ν_n, ν_d)に応じて、窒素負荷が小さくなるように設計・運転すれば高い窒素除去率が得られることになる。通常のOD法は滞留時間を長く、すなわち低負荷で設計されるので、上記のことからもOD法は窒素除去に適したプロセスであると言える。図-2に $\nu_n^* = \nu_d^* = 2.3$ として t_c^* を変えた場合の好気時間比とT-N除去率の関係を示す。 t_c^* が大きくなるに従って、処理水質が悪化し $t_c^* = 1.0$ でT-N除去率70%程度まで下がっている。これは、サイクル時間が長くなると、好気時間内に流出する未処理の NO_3^- -N量と無酸素時間内に流出する未処理の NH_4^+ -N量が増加するためである。このため、高い窒素除去率を達成するためにはできる限りサイクル時間比を小さく設定する必要のあることが解る。また、零次反応のかわりに別のシミュレーションモデルと実測値の比較から得られた $k_{\text{NH}_4} = 0.8 \text{ mg/l}$, $k_{\text{NO}_3} = 3.0 \text{ mg/l}$ としてMonod型の反応式により計算を行なった結果、図中破線のように零次反応とした場合と傾向的には大差ない結果を得た。図-3は、本学プラントでの40分サイクル、720分サイクルの実験結果とその実験条件と実測の ν_n, ν_d を用いて求めた計算結果との比較である。両者には若干の差違は見られるものの傾向は良く一致しており、今回のモデルで間欠曝気式OD法による窒素除去の特性が良く再現されている。

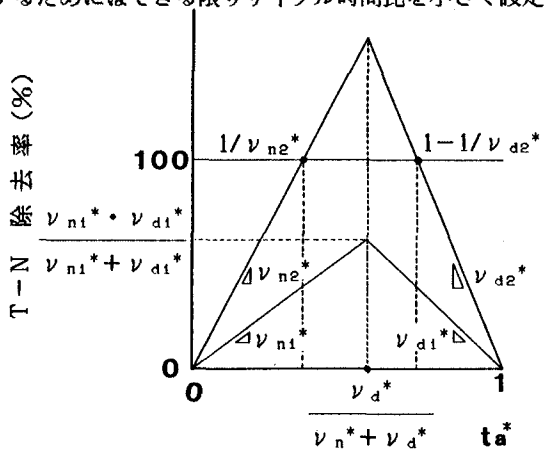


図-1 パラメータとT-N除去率の関係を表わす概念図

また、Monod型の反応式を用いても、図中破線のように零次反応の場合と同様の傾向を示している。以上のことから、本報で示した運転パラメータ、設計パラメータの実用性が確認された。

4. まとめ 反応を零次とおいた簡単なモデルで間欠曝気式OD法による窒素除去をほぼ把握することができた。窒素除去において重要なパラメータは、 $\nu_n^*, \nu_d^*, t_c^*, t_a^*$ 、であり、高い窒素除去率を得るためには、これらのパラメータ及び本報で示した概念図に基づいて、運転、設計を行なえば良い。具体的には、OD法で得られる平均的な $\nu_n = \nu_d = 0.02 (1/\text{day})$ を用いると、標準的なOD法的设计条件 ($X = 4000 \text{ mg/l}$, $t_n = 30 \text{ hr}$) に対して、サイクル時間 t_c を90分以下にすれば良く、例えば60分とすると好気時間 t_a を18~42分となるように運転すれば、高い窒素除去率が得られる。

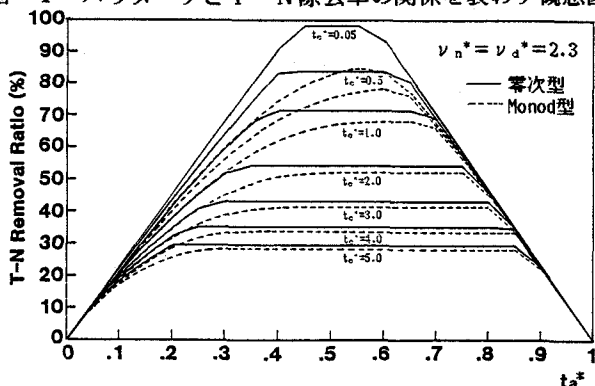


図-2 t_c^* を変えた場合の t_a^* とT-N除去率の関係

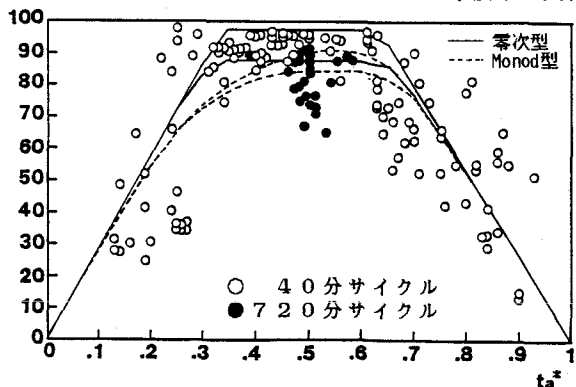


図-3 プラント実験結果と計算値

【参考文献】 1) 荒木ら、：オキシデーションディッチの間欠曝気運転による窒素除去，下水道協会誌，Vol. 25, No. 289, 1988 2) 荒木ら、：間欠曝気式オキシデーションディッチ法のモデル化に関する研究，九大工学集報，Vol. 61, No. 4, 1988