

○アタカ工業(株) 正員 中村 豊
 大阪工業大学 正員 上木 紀夫
 大阪工業大学 正員 木原 敏

1. はじめに

現在主として行われている生物学的硝化・脱窒法では、循環水の比で除去率が決まるが、循環比を上げるのは、嫌気槽のDOの問題、動力の問題などがあり容易ではない。そこで、筆者らは連続循環型であるOD法に着目し、酸素の供給を制御して水路の一部に嫌気性域を生じさせ、BODの除去とともに窒素の硝化、脱窒を同時に行う、硝化脱窒無終端水路方式(Nitrification Denitrification Endless Channel System: NDEC)を提案した。本方式は、従来のAO法、AQ法に比して循環比ははるかに大きく、汚泥による酸素の消費で水路内のDOは漸減し、さらに無酸素状態となり、そのDO分布を利用して硝化脱窒を行う方法である。本法については、特に定常的な負荷に対する動力学の挙動について、土木学会関西支部講演会(S. 59. 5. 19)に報告した¹⁾。今回は、本方式に対する変動負荷における挙動を中心に報告する。

2. NDECモデル

NDECモデルの概念図を図-1に示す。

無終端水路のA点の直後に原水を投入し、B点で酸素を供給する。

A点-B点間は嫌気状態となり、B点-A点間は好気状態となる。

混合液はA点直前で引抜くとする。嫌気域では原水中のBODを利用して脱窒が生じ、好気域ではBOD除去と硝化が行われる。

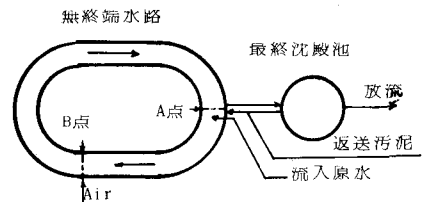


図-1 NDECシステムモデル

3. 動力学式

NDECモデルを嫌気域と好気域に分けて、それぞれにBODの除去、硝化、脱窒についての動力学式を考える。

(1) BOD除去および硝化・脱窒の式

好気性域におけるBOD除去は次式で示される。 $dL/dt = k \cdot S_L \cdot L \dots (1)$ L : BOD濃度 (mg/l)

NH_4^+ -Nの硝化速度は、 $q_N = \frac{\hat{q}_N}{Y_N} \left(\frac{N}{K_N + N} \right) \left(\frac{DO}{K_{O_2} + DO} \right) \{1 - 0.833(7.2 - pH)\} \dots (2)$ N : NH_4^+ -N濃度 (mg/l)

嫌気性域における脱窒速度は次式で示される。 $q_D = \frac{\hat{q}_D}{Y_D} \left(\frac{D}{K_D + D} \right) \left(\frac{L}{K_L + L} \right) \dots (3)$ D : NO_3^- -N濃度 (mg/l)

各係数の温度の影響は、 $k(T) = k(20^\circ C) \times 1.065^{(T-20)} \dots (4)$, $K_N = 10^{(0.051T - 1.158)} \dots (5)$

$\hat{q}_N = 0.47^{0.098(T-15)} \dots (6)$, $\frac{\hat{q}_D}{Y_D(T)} = \frac{\hat{q}_D}{Y_D(20^\circ C)} \times \theta^{(T-20)} = 0.07 \times 1.09^{(T-20)} \dots (7)$

(2) 嫌気域における動力学式

嫌気域における動力学の基礎式を次に示す。

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -q_D \cdot S_D \dots (8), \quad S_D = f_D \cdot S \dots (9), \quad f_D = \frac{Y_D \cdot L_0}{Y_N \cdot N_0 + Y_D \cdot L_0} \dots (10), \quad \frac{\partial L}{\partial t} = K_L \cdot \frac{\partial D}{\partial t} \dots (11)$$

$$NO_3^- - N \text{ に関する解は、 } m_1 \{ D_0 - D + m_2 \ln \left(\frac{D_0}{D} \right) + m_3 \ln \left(\frac{m_5 + D_0}{m_5 + D} \right) \} = t \dots (12)$$

$$\text{ここで、 } m_1 = Y_D / \hat{\mu}_D \cdot S_D \dots (12-1), \quad m_2 = K_D \cdot \frac{m_4}{m_5} \dots (12-2), \quad m_3 = K_D + m_4 - m_5 - m_2 \dots (12-3)$$

$$m_4 = \{ (K_L + 1) / K_L \} \cdot D_0 \dots (12-4), \quad m_5 = (L_0 / K_L) - D_0 \dots (12-5)$$

$$BOD \text{ に関する解は、 } m_6 \{ L_0 - L + m_7 \ln \left(\frac{L_0}{L} \right) + m_8 \ln \left(\frac{m_{10} + L_0}{m_{10} + L} \right) \} = t \dots (13)$$

$$\text{ここで、 } m_6 = Y_D / K_L \cdot \hat{\mu}_D \cdot S_D \dots (13-1), \quad m_7 = \frac{m_9}{m_{10}} \dots (13-2), \quad m_8 = K_L + m_9 - m_{10} - m_7 \dots (13-3),$$

$$m_9 = K_L (K_D + D_0) - L_0 \dots (13-4), \quad m_{10} = K_L \cdot D_0 - L_0 \dots (13-5),$$

(3) 好気性域における動力学式

好気域における動力学の基礎式を次に示す。

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -q_N \cdot S_N \dots (14), \quad S_N = f_N \cdot S \dots (15), \quad f_N = \frac{Y_N \cdot N_0}{Y_D \cdot L_0 + Y_N \cdot N_0} \dots (16), \quad \frac{\partial DO}{\partial t} = -K_r \cdot S \dots (17)$$

$\text{NH}_4^+ \text{--N}$ に関する解は、 $K_N \ln N + N = K_N \cdot \ln N_0 + N_0 - m_{11} \{ t + m_{12} \ln (\frac{m_{13}}{m_{13} - t}) \} \dots (18)$

ここで、 $m_{11} = \hat{\mu}_N \cdot S_N / Y_N \dots (18-1)$, $m_{12} = -K_O_2 / K_r \cdot S \dots (18-2)$, $m_{13} = (K_O_2 + D_O_0) / K_r \cdot S \dots (18-3)$

BODに関する解は、 $t = \frac{1}{K_2 S_L} \cdot \ln (L_0 / L) \dots (19)$, または $L = L_0 \cdot \exp [-t \cdot K_2 \cdot S_L] \dots (20)$

4. 試算結果および考察

NDECモデルの定常状態における処理性能（水温、循環回数、原水濃度等の影響）については前回報告した。今回は、負荷変動の影響について述べる。

(1) 試算結果

図-2,3に試算結果の例を示す。

(2) 考察

a) 図-2は、原水濃度を一定とし、実測に基づいて水量の変動巾を平均水量の0.2~1.8倍の間で行ったものである。試算の結果、処理水のBOD濃度、T-N濃度にも大きな影響は見られず処理水は安定して良好であるといえる。

b) しかし、水量の変動は循環水路への影響は少くとも、沈殿池の水面積負荷に直接影響を及ぼすことから、高負荷時は循環水路に一部保留し、沈殿池への負荷変動を緩和することも可能である。

c) 図-3は、水量の変動とともに原水濃度も変動させて試算を行なった結果である。負荷量としての変動巾は、平均値の0.1~3.0倍であり最少値と最大値の比は約30倍にもなっているが、処理水への影響は少なく現在の放流水質基準に対しては充分対応できる結果となった。また、供給酸素量の調節を行い、初期D0を増減すればこの変動巾はさらに少くなるものと考えられる。

d) 図-3では、低負荷時にBODが不足し脱窒が停止する現象も生じている。したがって、ここでもbで述べたような方法を用いれば、循環水路のC/Nバランスが改善され変動の影響はさらに緩和されるものと考ええる。

e) 図-3では、低負荷時にBODが不足し脱窒が停止する現象も生じている。したがって、ここでもbで述べたような方法を用いれば、循環水路のC/Nバランスが改善され変動の影響はさらに緩和されるものと考ええる。

f) 今回の試算では、すべての係数を一定として試算を行なったが、実際には基質の種類による分解速度分布などもあり、厳密にはこれらを考慮する必要があるかもしれない。今後、実プラントのデータから、この点について検討したい。

5. 結論

NDECシステムモデルによる試算の結果、次のような点が明らかになった。

- (1) 本方式は負荷変動に強く、通常考えられる下水処理場の変動巾では、変動に対する対策を行わなくても処理水は安定して良好である。
- (2) 平均値の3倍程度までの負荷変動であれば、BODの除去率は95%程度、窒素の除去率は80%程度が見込める。
- (3) 循環水路の水深の調節で水量負荷変動の緩和を行えば、処理水質はさらに安定する。
- (4) 本方式は、単純な方式であるがBODだけでなく同時に窒素も除去可能な方式である。

おわりに： 今後は、実施プラントのデータで試算結果の確認を行いたい。なお、本研究は大阪工業大学 上水研究室で行ったものであり、同大学川島、宇野両教授には有益な御意見をいただいたのでここに感謝の意を表する。

参考文献：1) 土木学会関西支部年次学述講演会概要集、昭和59年5月、11-113。

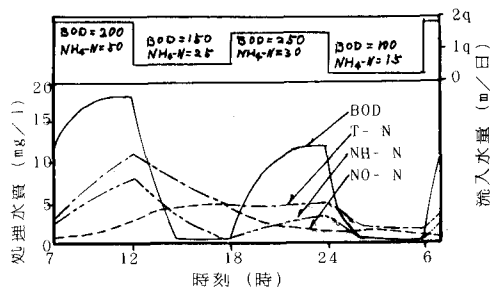


図-3 流入水量・水質変動と処理水質

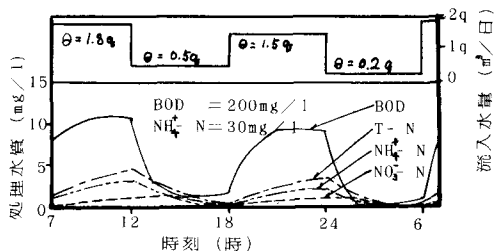


図-2 流入水量変動と処理水質