

好気性脱窒の動力学解析

山口大 工 中西 弘
 " 石川 宗孝
 東京設計KK 水船 清司
 山口市役所 坂本 公昭

1. はじめに

筆者等は好気性脱窒現象を解析する一手法として速度論的解析を行なった。既報⁽¹⁾⁽²⁾において、好気性脱窒作用は硝化作用(1次反応式)、脱窒作用(0次反応式)の両作用の連続反応として表わされることを示したが、単一曝気槽内においても、槽内の δ の質の違いにより反応速度定数を変えねばならない欠点を有していた。そのため、これを修正することを目的として、回分実験を行ない、速度論的解析を行なったので報告する。

2 実験条件及び実験方法

好気性脱窒現象とは単一曝気槽内において、炭素系有機物の除去、硝化作用、脱窒作用が同時に並行かつ連続反応として起こるものと考え、回分実験は表1に示す様な成分で実験を行なった。

表1の実験条件はRun 1は硝化作用に及ぼすC源の影響とC源の除去課程、Run 2は硝化作用、Run 3は脱窒作用とC源の及ぼす影響等を主眼としてみるための実験である。

実験方法は連続実験(5槽分割、内部循環10Q、原水滞留時間10日)で十分に馴致した汚泥を流入端(汚泥Aと呼ぶ)第2槽目(汚泥B)流出端(汚泥C)を使用した。実験装置は図1に示すものを3個準備し、それぞれの汚泥を水道水で2~3回洗浄後、三角フラスコに投入し、同原水を各フラスコに加えて曝気し、完全に均一になったと判断できる5分後を実験開始時として適宜採水し、分析を行なった。

3 実験結果

実験結果を図2~4に示す。図2はC-COD(=COD-1.14NO_x-N)の除去速度を表わしたものであり、低DO状態においてはNO_x-Nが存在すれば酸素源の役目をしていることがわかる。図3はkj-Nの除去特性をみたものであるが、Run 1とRun 2を比較するとRun 2ではC-CODの影響がない場合は除去速度も大きくなるが、Run 1の場合はC-CODの影響が大きく汚泥によらず硝化作用はMonod型が1次反応式として表わせる。

表1 Experimental conditons (characteristic of feed)

Parameter*	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-1'	3-1''	4
C-COD**	534	188	0	0	0	0	483	223	0	483	716	912
Kj-N	592	466	411	411	310	48	601	446	343	601	547	576
NO _x -N***	0	0	0	0	0	0	206	210	226	206	279	391
Alkalinity	180	127	105	105	105	102	208	154	146	208	211	258

* Unit (mg/l)

** COD-1.14NO_x-N

***NO_x-N+NO₃-N

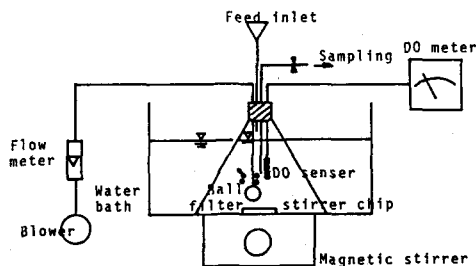


図1. Experimental apparatus (Batch system)

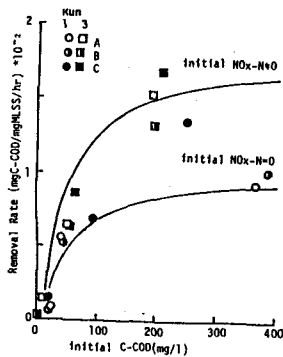


図2 Relationship between Removal Rate of C-COD and Initial C-COD concentration

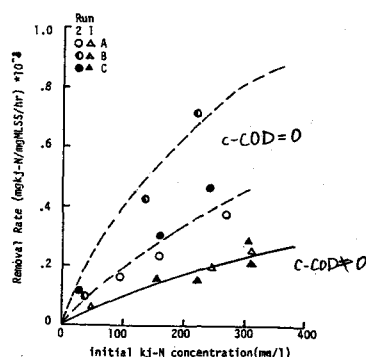


図3 Relationship between Removal Rate of kj-N and Initial kj-N concentration

図4は脱窒速度を比較したものであるがC-COD が大きい程、脱窒速度も大きくなっていることがわかる。

4 好気性脱窒モデルの同定

以上の実験結果より次のような動力学モデルを同定した。

C-COD除去過程

$$\frac{1}{S} \frac{dL}{dt} = -\mu_L \frac{L}{X_L + L} - \alpha \left(\frac{dC_2}{dt} \right)_B = -\frac{\mu_L L}{X_L + L} - \alpha \frac{M_2 C_2}{X_2 + C_2} \frac{L}{X_L + L} \quad (1)$$

K_2 -N 除去過程

$$\frac{1}{S} \frac{dC_1}{dt} = -M_1 C_1 / (X_1 + C_1) (L^*/L)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

NO_x -N 除去過程

$$\frac{1}{S} \frac{dC_2}{dt} = M_1 C_1 / (X_1 + C_1) (L^*/L)^{\frac{1}{2}} - M_2 C_2 / (X_2 + C_2) \cdot L / (X_L + L) \quad (3)$$

M_1 -N 生成過程

$$\frac{1}{S} \frac{dC_3}{dt} = M_1 C_1 / (X_1 + C_1) \cdot L / (X_L + L) \quad (4)$$

但し、 L C-COD(mg/l)、 C_1 K_2 -N(mg/l)、 C_2 NO_x -N(mg/l)

C_3 M_1 -N(mg/l)、 S MLSS(mg/l) M_1 C-COD最大速度定数($1/hr$)

M_1 K_2 -N最大速度定数(hr^{-1}) M_2 脱窒最大速度定数(hr^{-1}) X_1 C-COD飽和定数、 X_2 K_2 -N飽和定数、 X_L 脱窒飽和定数、 α 交換係数、 L^* 硝化作用に及ぼす最小限度C-COD濃度(mg/l)、 $\frac{1}{2}$ 実験定数である。

パラメーターの数値は表2に示す値を算出している。これらのパラメータ値より各水質の値をシミュレーション計算した。その結果の一例を図5に示す。この計算はRk法によるものであり、実線がシミュレーション結果である。これらの結果より実線と実験結果はある程度的一致をみており、動力学モデル式の有効性が実証されたものと考える。

5 結論

以上の結果より次の様な結論が得られた。(1) 好気性脱窒の炭素系有機物除去、硝化作用、脱窒作用はMonod型式で表わせる。(2) C-COD除去過程はDOが不足している状態で NO_x -Nが存在すればDOの役目をするため、除去速度は大きくなる。(3) 硝化過程においては硝化速度とC-CODの濃度は反比例の関係にある。(4) 脱窒過程においてはC-CODと NO_x -Nの両方の影響を積の型で受ける。(5) 好気性脱窒現象は以上述べた(1)~(4)の型式で各水質が複雑に混ざり合う混合プロセスである。(6) 以上のような型式の動力学モデル式で好気性脱窒現象を表示することができた。

6 おわりに

以上のような大胆な仮定を行ない、モデル式を提示したが、ある程度の一致をみており、今後、このモデル式を基礎として、パラメーターの精度を上げる必要がある。

引用文献

- (1) 永船、石川等“好気性脱窒のモデル化について”土木学会年次講演集(1991)
- (2) 石川等“好気性脱窒に関する基礎的研究”衛生工学研究討論会論文集(1992)

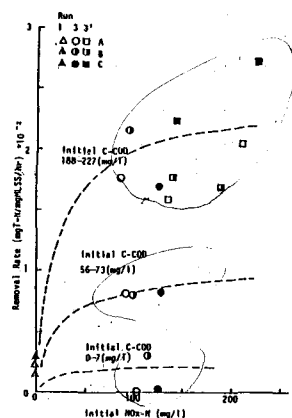


図4 Relationship between Removal Rate of N and Initial NO_x -N

表2 パラメータ

パラメータ (単位)	実験値
μ_L (hr ⁻¹)	1.0×10^{-2}
μ_1 (hr ⁻¹)	1.0×10^{-2}
μ_2 (hr ⁻¹)	2.4×10^{-2}
X_L (mg/l)	40
X_1 (mg/l)	140
X_2 (mg/l)	20
α (mg/mg)	0.6 or 1.1
ξ (—)	0.09
L^* (mg/l)	0.001

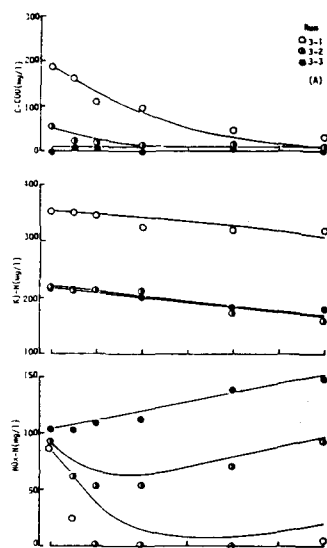


図5 シミュレーション結果一例