

完全混合型曝気槽における BOD, N 除去の最適設計に関する研究

山口大工 正員 ○中西弘 京大工 正員 石川宗孝
 宇部高専 深川勝之 原田利男 竹内正美
 佐藤道路 井上泰弘

1. 緒言

完全混合型曝気槽による有機物、窒素の同時除去に関する重要な操作因子である pH, DO を正確に制御した実験を行ない、両因子について最適条件を決定した。また、反応モデル式を提示し、物質収支式と合成することによりプロセスのシミュレーションを行ない、最適操作の手法を確立した。

2. 実験装置および方法

Fig.1 に装置の概略を示した。原水には模擬し尿を用いた。滞留時間 2 日、希釈比 4、汚泥滞留時間 40 ~ 50 日 MLSS 約 6000 mg/l、曝気槽容積 10 l、撈はん速度 300 rpm、反応温度 30 °C で実験を行なった。pH 制御はチューフポンプの on-off で 1N-NaOH を滴下し DO 制御は 2ヶ所で連続曝気、1ヶ所でエアープンプの on-off により制御した。良好な制御結果が得られた。pH は 5.5 ~ 8.0、DO は 0.0 ~ 3.0 mg/l の範囲で変化させた。

3. 最適 pH, DO の決定

BOD, COD は pH, DO に関係なく 100% 近い除去率が得られた。これは、本実験条件下では十分な滞留時間があつたためと考えられる。Fig.2 は DO 一定下での pH と K_j -N 除去率の関係を、Fig.3 は pH 一定下での DO と K_j -N 除去率の関係をみたものである。DO の影響よりも pH の影響が顕著であり、特に低 pH 領域で急速に除去率は低下した。これは水素イオンの生成あるいはアルカリ度の低下により硝化反応が抑制されたためである。pH 6.5 以上では低 DO 下でも高い除去率が得られたが、これは pH 6.5 の時、DO が 0 でも酸化還元電位は +200 mV を示し、十分好氣的雰囲気にあるためである。

Fig.4 に DO 一定下での T-N 除去率と pH の関係を示した。pH の影響は DO の低いところで大きく、高い所で小さい結果となった。脱窒反応は OH^- を増大させ、 OH^- の増大は脱窒反応を抑制することにより最大値が生じる。酸化

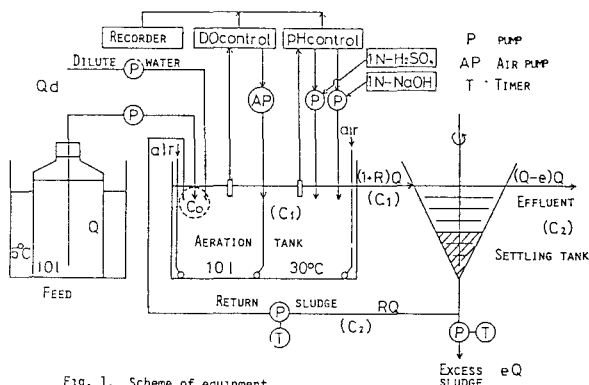


Fig. 1. Scheme of equipment

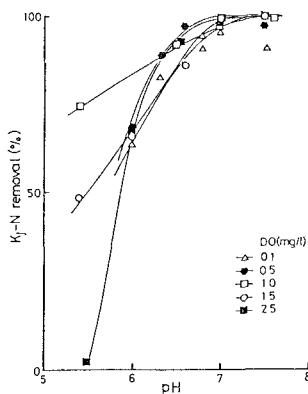
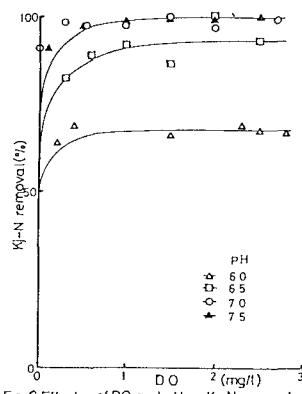
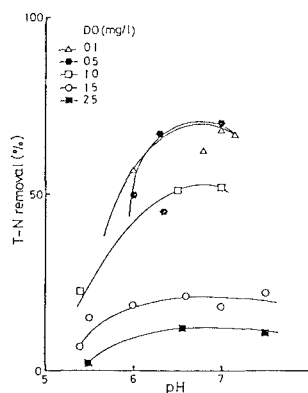
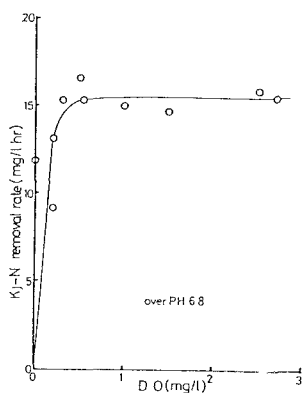
Fig. 3 Effects of pH and DO on K_j -N removalFig. 2 Effects of DO and pH on K_j -N removal

Fig. 4 Effects of pH and DO on T-N removal

Fig. 5 Relation of K_j -N removal rate with DO

還元電位が+150mV以上であればT-N 除去率はpH 6.8~7.0, DO 0.5mg/l以下で最大値を示し、T-N 除去率が70%を超えた。このとき、BOD, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, Kj-Nいずれも95%以上の高い除去率を示した。高い除去率を得たpH 7付近でのT-N 除去率とDOの関係では、DOの増大とともにT-N 除去率が低下した。これは脱窒反応がDOにより阻害されるためである。したがってDOが低いほどT-N 除去率は高くなる。

4. アルカリ度、DOの飽和定数の決定

Fig.5 にKj-N除去速度とDOの関係を示した。pHの影響を考慮しアルカリ度が不足しないような状態 (pH 6.8以上) でプロットしたものである。DO濃度のほぼ全領域において一定で15.5 mg/l・hrであった。DO 0.0 mg/l 付近においても除去速度は高い値を示した。飽和定数は、0.1 mg/lとなった。

実験は十分に硝化が進み、アルカリを滴下する状態でpHを制御した。したがってアルカリ度もまた重要な外部因子となる。

Kj-N除去速度とアルカリ度の関係

アルカリ度 200mg/lでほぼ一定となり、このとき飽和定数は 74 mg/lであった。同様の手法でT-N 除去速度とDOおよびアルカリ度について調べた。DOに関する飽和定数はKj-N除去速度の場合とほぼ同じ値を得たが、アルカリ度のT-N 除去速度に与える影響はDOのそれに比べると小さかった。

5. シミュレーションによる検討

反応モデルをMonod 型式で表示できることは、すでに明らかにされている。ここでは本実験で得られたアルカリ度およびDOの影響を式に導入し、実験値との整合性を検討した。反応モデルを、Table 1 に提示した。この反応モデルと混合特性を示す物質収支式とを組み合わせた設計方程式により、BOD, Kj-N, T-Nの各除去率および $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成率を計算した。結果の一部をFig.7 ~9 に示す。実線は計算結果、○印は実験結果である。シミュレーションによるKj-N除去率はアルカリ度に大きく影響されており、200 mg/lでほぼ 100%となった。この結果は実験値ともよく一致した(Fig.7)。Kj-N 除去率とDOの関係はシミュレーションによるとDOの影響はなく、100 %近い除去率を示し、実験値ともよく一致した(Fig.8)。T-N 除去率とDOの関係(Fig.9) は(4)式によるシミュレーション (No.1) では実験値とは異なった傾向を示した。このため脱窒反応に対するDOの影響を阻害因子として直接モデル式に反映させた(4)' 式を用いてシミュレーションしたのがNo.2である。この結果は実験値と十分には一致したと言えないが、傾向は一致した。曲線No.1に比べ、DOの全域にわたってT-N 除去率への影響をよく表わしている。これは脱窒反応が硝化反応の逐次反応であること、硝化と脱窒に及ぼすDOの影響が相反することより理解される。

6. 結言

有機物、窒素同時除去のpH, DO の最適条件はpH 6.8~7.0、DO 0.1~0.5 mg/lであることがわかった。また、pHの影響をアルカリ度を用いて反応モデルに導入することにより、実験値とよい一致を得た。DOの影響は有機物酸化、硝化に対しては推進力、脱窒に対しては抵抗力 (阻害剤) の形で導入することにより、よりよい結果を得た。

TABLE Kinetic Model for BOD and Nitrogen Removal

BOD Removal	$\frac{1}{X} \frac{dS}{dt} = \frac{U_s \cdot S}{K_s + S} - a \left(\frac{dC_1}{dt} \right)_a$	(1)
NH_4 Removal	$\frac{1}{X} \frac{dC_1}{dt} = \frac{U_s \cdot C_1}{K_s + C_1} - \frac{DO}{K_a + DO} \cdot \frac{A}{K_a + A}$	(2)
NO_x Formation	$\frac{1}{X} \frac{dC_2}{dt} = \frac{U_s \cdot C_1}{K_s + C_1} - \frac{DO}{K_a + DO} \cdot \frac{A}{K_a + A} - \frac{U_s \cdot C_2}{K_s + C_2} \cdot \frac{S}{K_s + S}$	(3)
N_2 Formation	$\frac{1}{X} \frac{dC_3}{dt} = \frac{U_s \cdot C_2}{K_s + C_2} \cdot \frac{S}{K_s + S}$	(4)
	$\frac{1}{X} \frac{dC_4}{dt} = \frac{U_s \cdot C_1}{K_s + C_1} - \frac{S}{K_s + S} \cdot \frac{K_0}{K_0 + DO}$	(4')
Sludge Growth	$\frac{dX}{dt} = a \left(\frac{dS}{dt} \right)_a - b \left(\frac{dC_1}{dt} \right)_a - c \left(\frac{dC_2}{dt} \right)_a - dX$	(5)
Oxygen Consumption	$\frac{dDO}{dt} = -a \left(\frac{dS}{dt} \right)_a - b \left(\frac{dC_1}{dt} \right)_a - d'X \cdot k_{La} (DO_s - DO)$	(6)
Alkalinity Consumption	$\frac{dA}{dt} = -e \left(\frac{dC_1}{dt} \right)_a + g \left(\frac{dC_2}{dt} \right)_a$	(7)

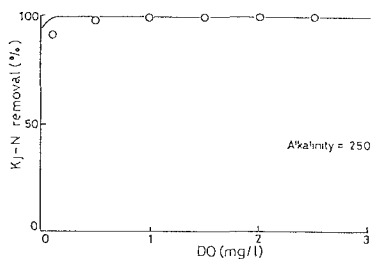
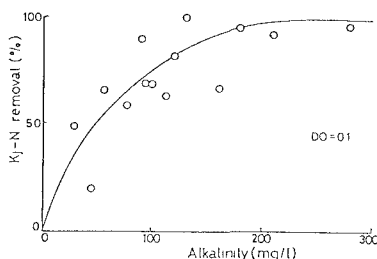


Fig 7 Effects of Alkalinity and DO on Kj-N removal

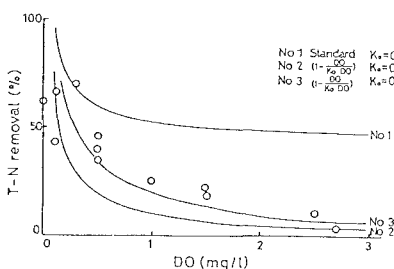


Fig 9 Effect of DO on T-N removal