

オキシデーション・デッチの動力学モデル化解析

山口大工 正員 ○中西 弘 高橋重好

京大工 正員 石川宗孝

宇部高専 村上定瞭 深川勝之 山下 志

1. はじめに

オキシデーション・デッチは有機物除去とともに窒素除去もある程度可能であることから、最近注目されている。本研究ではオキシデーション・デッチにより馴致した活性汚泥を用いて回分実験を行い、有機物と窒素の同時除去についての反応速度論的解析を行なった。有機物および窒素の同時除去に関する動力学モデル式を提示し、実験結果より各パラメーターの値をもとめた。さらに、本モデル式によりシュミレーションを行い、実験値との整合性を検討した。

2. 理論

有機物および窒素同時除去を行なう場合、活性汚泥は有機物酸化菌、硝化菌および脱窒菌より構成される。これらの細菌類の行なう反応は、表1に示すようなものであり、それぞれの反応に及ぼす主な因子として温度、pH、DO、有機物、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、活性汚泥濃度などが挙げられる。

これらの因子をMonod型関数 $C_1 / (K_1 + C_1)$ (C_1 : 各物質の濃度、 K_1 : 各物質の飽和定数) の積として表わすと、有機物酸化、硝化および脱窒についての各反応速度は表2の(1)～(4)で示される。ここで、 U_1 は最大反応速度定数である。

NO_2^- および NO_3^- については、これらの総和として NO_x^- で示した。

有機物濃度はCODで表示した。処理系ではpH緩衝を示す物質が多く存在するので、水素イオンの代わりにアルカリ度Aを用いた。汚泥増殖、DOおよびアルカリ度についての变化速度は酸化、硝化および脱窒の各反応速度と換算係数a、b、・・・、a'、b'、・・・を用いて表2の(5)～(7)で示される。

表1 生物学的反応のモデル

酸化	硝化	脱窒

表2 動力学モデル式

COD除去 (1)	$\frac{1}{X} \frac{dS}{dt} = - \frac{U_1 S}{K_s + S} \frac{DO}{K_o + DO} - a \frac{dC_3}{dt}$
NH_4^+ 除去 (2)	$\frac{1}{X} \frac{dC_1}{dt} = - \frac{U_1 C_1}{K_1 + C_1} \frac{DO}{K_o + DO} \frac{A}{K_A + A}$
NO_x^- 生成 (3)	$\frac{1}{X} \frac{dC_2}{dt} = \frac{U_1 C_1}{K_1 + C_1} \frac{DO}{K_o + DO} \frac{A}{K_A + A} - \frac{U_2 C_2}{K_2 + C_2} \frac{S}{K_s + S}$
N_2 生成 (4)	$\frac{1}{X} \frac{dC_3}{dt} = \frac{U_2 C_2}{K_2 + C_2} \frac{S}{K_s + S}$
汚泥増殖 (5)	$\frac{dX}{dt} = a \frac{dS}{dt} + b \frac{dC_1}{dt} + c \frac{dC_3}{dt} - dX$
DOの収支 (6)	$\frac{dDO}{dt} = -a' \frac{dS}{dt} - b' \frac{dC_1}{dt} - d'X + KLa(DO_s - DO)$
アルカリ度 (7)	$\frac{dA}{dt} = -e \frac{dC_1}{dt} + f \frac{dC_3}{dt}$

3. 実験

直径20cm、高さ30cmの円筒形の反応容器を20℃に設定した恒温槽に浸した。この反応槽に各物質濃度を調整した原水を入れ、汚泥を投入して攪伴し、各物質の濃度の経時変化を測定した。供試汚泥は、ディッチ容積21.5L、水路長2.5m、水深10cm、沈殿池3Lの装置を用いて、模擬下水の滞留時間を18hrとして連続培養したものを用いた。回分実験に用いた原水は、Skim milk、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 および KH_2PO_4 を用いて調整した。

4. 結果および考察

4.1 パラメーターの決定 有機物、 NH_4 、 NO_x をそれぞれ制限因子とする回分実験より、有機物酸化、硝化および脱窒についての各最大反応速度定数 U_s 、 U_1 、 U_2 および各飽和定数 K_s 、 K_1 、 K_2 を決定した。つぎに、DOを制限因子として、有機物酸化および硝化に関するDOの飽和定数 K_o を決定した。さらに、硝化および脱窒に関するアルカリ度の飽和定数 K_A を決定した。これらのパラメーターの値を表3に示す。換算係数 a 、 b 、 d 、 a' 、 b' および d' は文献値より、 e および f は化学量論的に決定し、総括酸素移動係数 K_{La} は実験より求めた。

有機物酸化に関する最大反応速度定数 U_s は下水処理における文献値よりも $1/10 \sim 1/5$ と小さい。これについては、低い負荷で馴致したためと思われる。硝化および脱窒に関しては、文献値とほぼ同程度のものである。

表3 各パラメーターの値

記号	値	記号	値
U_s (hr)	0.024	b	0.17
U_1 (hr)	0.005	c	—
U_2 (hr)	0.002	d (hr)	0.002
K_s (mg/l)	20	a'	0.34
K_1 (mg/l)	5	b'	4.57
K_2 (mg/l)	7	d' (hr)	0.0044
K_o (mg/l)	0.2	K_{La} (hr)	6.75-4.50
K_A (mg/l)	20	DO_s (mg/l)	8.0
α	0.9	e	7.14
a	0.70	f	3.57

4.2 シュミレーション 表2に示す反応速度式に基づき、表3に示すパラメーターの値を用いて回分実験結果をシュミレーションした。CODを除いて各物質についての実験値と計算値の間には整合性が見られ、表2で示す反応速度のモデル式はほぼ妥当なものと思われる。

CODの値が一致しない理由として、つぎのような問題点が挙げられる。本動力学的モデルでは反応に関与する物質が同じであれば、有機物酸化、硝化および脱窒について同じ飽和定数を用いた。そこで、DOに関して、酸化においては $K_o = 0.2$ 、硝化においては $K_o = 0.5$ としたときのシュミレーションは図1のようになり、CODの整合性が改善された。

以上述べたように、適切なパラメーター値を用いることにより、本研究で提示した動力学的モデルはオキシデーション・ディッチによる下水処理に十分適用可能と思われる。

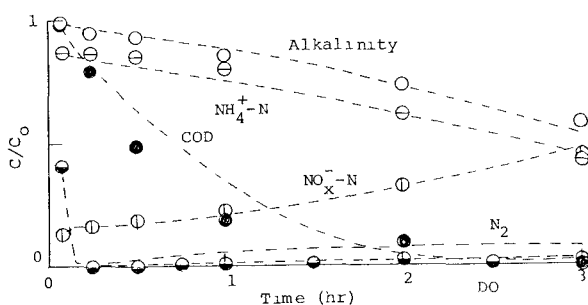


図 反応槽内の各成分の経時変化
プロット—測定値、点線—シュミレーション