

オキシデーションディッチにおけるDOの空間分布特性に関する基礎的研究

佐賀大学理工学部 ○学 猿渡和博 学 木下 貢
 正 井前勝人 正 古賀憲一
 正 荒木宏之
 九州大学工学部 正 粟谷陽一 正 楠田哲也

1. まえがき オキシデーションディッチ法を用いて窒素除去を行う方法に①間欠曝気方式②ゾーン方式(好気-嫌気ゾーン)の2種類が考えられる。著者らは、小規模下水道を対象として完全混合型の間欠曝気方式が窒素除去に有効であることを指摘してきた¹⁾。完全混合型のOD法については、自ずと水深、周長等にエアレーター1機のみでは限界が生じるものと思われる。今後ますます増加するであろう小規模下水道の需要からみればディッチの形状、寸法等の設計諸元値を得るための検討が急務の課題と言えよう。本研究はOD法の設計諸元値を得るためのシミュレーターとして、汚泥の沈降、混合、及びそれに伴う各種物質の反応を考慮した数値モデルを開発しようとして行ったものであり、今回はDO空間分布が水質変化に及ぼす影響について検討を加えた。

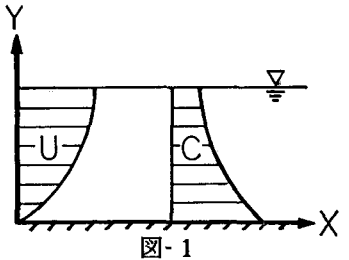


図-1

2. 基礎式 図-1のように座標軸をとり基礎式を表すと以下ようになる。

汚泥 : $u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial (cw)}{\partial t}$ (1)

各種水質 : $u \frac{\partial c_i}{\partial x} + v \frac{\partial c_i}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D \frac{\partial c_i}{\partial x}) \pm Y_r$ (2)

表-1 反応式

EQUATIONS OF REACTION RATES	
• BOD	$r_{s1} = \frac{\hat{v}_{s1} \cdot S1}{K_{s1} + S1} \cdot \frac{DO}{K_o + DO} \cdot \alpha_1 \cdot X$
• NH ₄ ⁺ -N	$r_{s2} = \frac{\hat{v}_{s2} \cdot S2}{K_{s2} + S2} \cdot \frac{DO}{K_{on} + DO} \cdot \alpha_2 \cdot X$
• NO ₃ ⁻ -N	$r_{s3} = \frac{\hat{v}_{s3} \cdot S3}{K_{s3} + S3} \cdot \frac{S1}{K_{s10} + S1} \cdot (1 - \frac{DO}{K_{oo} + DO}) \cdot \alpha_3 \cdot X$

ただし、水質反応、その他については総て定常状態として取り扱い、ディッチ底に汚泥は堆積しないものと仮定した。なお、流体に関する運動方程式、連続式については、今回は簡単のため、流速分布は既知であるとし対数分布則を用いた。また、上式における拡散係数については対数分布則から求め、流体(渦動粘性係数)、懸濁性物質(汚泥)、溶解性物質について同一とした。各種水質の反応項 r_i については、Monod式を基礎として表-1に示す反応式を用いた。今回、用いたパラメーター値は、既にプラント実験により実測値と計算値が一致するよう決定している値である。²⁾なお、この計算を行うに当たって重要なパラメーター値である沈降速度については別途シリンダー試験による実測値を用いた。

表-2

記号	パラメータ名	数 値
$\alpha_1 \cdot \hat{v}_{s1}$	$\left(\frac{\text{BOD酸化速度のMLSS}}{\text{当りの固体量}} \right) \times \left(\frac{\text{最大BOD比除去}}{\text{速度定数}} \right)$	0.15 1/day
K_{s1}	BOD飽和定数	100 mg/l
K_o, K_{oo}	硝化反応飽和定数	0.5 mg/l
$\alpha_2 \cdot \hat{v}_{s2}$	$\left(\frac{\text{硝化速度のMLSS}}{\text{当りの固体量}} \right) \times \left(\frac{\text{最大NH}_4\text{-N比除去}}{\text{速度定数}} \right)$	0.07 1/day
K_{s2}	NH ₄ ⁺ -N飽和定数	0.5 mg/l
K_{on}	硝化反応におけるDOの飽和定数	1.3 mg/l
$\alpha_3 \cdot \hat{v}_{s3}$	$\left(\frac{\text{脱窒速度のMLSS}}{\text{当りの固体量}} \right) \times \left(\frac{\text{最大NO}_3\text{-N比除去}}{\text{速度定数}} \right)$	0.1 1/day
K_{s3}	NO ₃ ⁻ -N飽和定数	0.1 mg/l
K_{s10}	脱窒反応におけるBODの飽和定数	100 mg/l
a	脱窒反応において消費されるBODの割合	2.5
c _o	BOD除去にともなうDO消費の割合	1.0
c _n	NH ₄ ⁺ -N除去にともなうDO消費の割合	4.57

3. 結果と考察 エアレーターの位置(X=0m)で流入があるものとして、そこでの境界条件を MLSS濃度=1500 mg/l, DO=3mg/l, BOD=10 mg/l, NH₄⁺-N=1mg/l, NO₃⁻-N=0mg/l とし、エアレーターの位置(x=0)で瞬間的に鉛直方向に一様に分

布(混合)するものとして式(1),(2)の数値積分を行った。計算結果を図-2~6に示す。図-2から、汚泥が流下するに従いディッチ底部に沈積しMLSS濃度が若干高くなっている。また、 $X=20m$ 付近からはMLSS濃度に変化が認められず沈降と拡散が釣り合っている。図-3のDO分布はMLSS濃度の空間分布と対応し、底部でのDOがやや減少している様である。本例の場合流下距離 $X=200m$ 付近でも、 $DO=0.25$ 程度であり嫌気部が現れていない。各流下距離におけるDO, MLSSの鉛直方向の分布からわかるように各水質に及ぼすDOの影響は鉛直方向に比べ流れ方向の変化により支配されるようである。しかしながら現象を支配している汚泥の沈降特性、混合拡散特性が実際のODの特性とは異なる可能性もありデータの蓄積を待って検討を加える必要がある。図-4に示すBODの空間変化から流入点付近において汚泥沈降によるディッチ底部のBOD酸化が若干促進されている。図-5, 6からは硝化の傾向が良く認められ、本例の場合 $X=160m$ 付近で硝化率は50%程度である。DOが0.5程度となる $X=160m$ 以後では硝化は次第に進行しなくなり、硝化率は50%程度にとどまっている。前述のように今回行った計算のパラメータ値は著者らが先に実測値との比較で求めたものであるが、その時の汚泥性状から判断すると $L=200m$

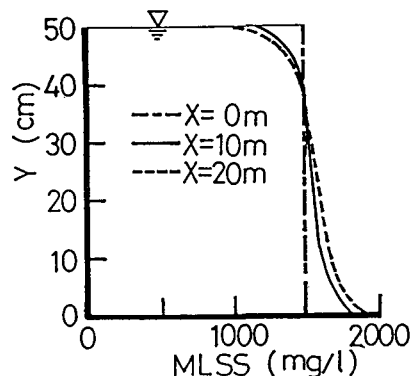


図-2 MLSS-分布

オーダーで硝化が律速となり、引いては十分な窒素除去が行われないことがわかる。このことはパラメータ値が学内廃水を用いたためとも思われるが詳細については今後の課題としたい。

4. あとがき 今回は汚泥の沈降を考慮したMLSS分布及びDO分布、さらにそれらを考慮した水質反応式を用いてゾーンを形成するODの数値シミュレーションを行いある程度満足な結果を得た。今後は、濃度分布を考慮した拡散係数の取扱い、流れ方向の混合特性を考慮した取扱いが必要であろう。流速分布の測定に際し、御協力、御助言をいただいた長崎大学工学部古本先生に深謝いたします。

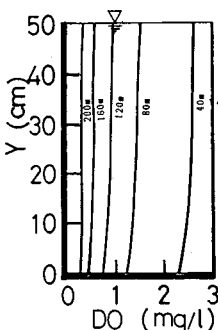


図-3 DO-分布

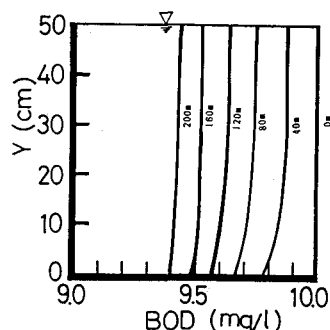


図-4 BOD-分布

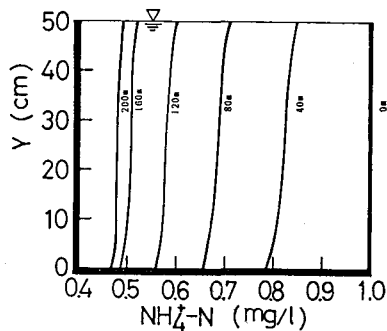


図-5 NH_4^+-N 分布

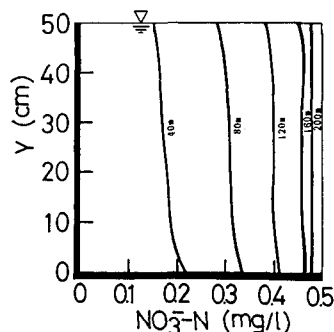


図-6 NO_3--N 分布

参考文献

- 1) 荒木, 古賀, 井前, 粟谷, 楠田 「間欠曝気方式によるオキシデーションディッチ法の窒素除去特性」, 衛生工学研究論文集, Vol.22(1986)
- 2) K.Inomae, H.Araki, K.Koga, Y.Awaya, T.Kusuda "Nitrogen Removal in an Oxidation Ditch with Intermittent Aeration", Wat.Sci.Tech. Vol.19,(1987)