

九州大学 正 員 栗谷陽一
学生員 山崎恒義

1 まえがき 前報¹⁾において底層汚泥中への酸素の供給のメカニズムが不明であると報じたが、その後の検討の結果、分子拡散によるという事がわかった。そしてその拡散係数としては水中での酸素の拡散係数を用いて実用上よしつかえない事もわかった。これは上澄水の酸素濃度を変えて行なった実験によっても裏付けられた。

前報¹⁾においては、底層汚泥中での酸素の消費として汚泥の呼吸のみと考えたが、実際の河床汚泥あるいは塘融酸化池等の汚泥中では呼吸だけでなく基質除去のために酸素消費が当然考えられる。本報においては、呼吸と同時に基質除去による酸素の消費がある場合について、底層汚泥中での酸素濃度、基質濃度及び酸素の供給される深さについて若干の検討を行なったものである。

2 理論 底層汚泥も生物であるから、その基質除去一つを取り上げても非常に複雑なものであるが、ここでは簡単のために、次の様に仮定とする。酸素が少しでも存在する部分については、(1)呼吸速度は一定である。(2)基質除去反応は一次反応で速度定数は一定である。(3)基質除去量と酸素消費量とは比例する。又汚泥全体にわたって(4)酸素及び基質の供給は分子拡散によって行なわれる。この様に仮定すると、酸素が供給されている部分について次の式が成立する。

x ; 汚泥表面からの深さ

L, M ; 基質及び酸素濃度

D_L, D_M ; 基質及び酸素の拡散係数

K, K' ; 基質及び酸素の反応速度定数

a ; 単位体積汚泥あたりの呼吸速度

$$\frac{\partial L}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - K L \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_M \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - K' L - a \quad (2)$$

定常状態が成立するとすると

$$D_L \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - K L = 0 \quad (3)$$

$$D_M \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - K' L - a = 0 \quad (4)$$

汚泥表面での基質濃度 L_0 、及び酸素濃度 M_0 、は上澄水中でのそれと等しく一定であり、酸素は深さ h まで供給され、それより深い部分では酸素濃度は0である。又酸素濃度が0の部分では基質は全く除去されない(定常状態において)とすると、境界条件として次の様なものが与えられる。(図-1参照)

$$x=0 \text{ で } L=L_0, \quad M=M_0$$

$$x=h \text{ で } \frac{\partial L}{\partial x}=0, \quad M=0, \quad \frac{\partial M}{\partial x}=0$$

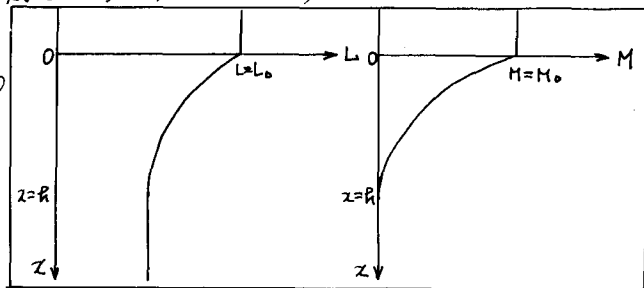
この条件で式(3)を解くと、

$$L = \frac{L_0}{\cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} h} (\cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} (h-x)) \quad (5)$$

これを式(4)に代入して解くと、

$$M = \frac{1}{D_M} \left(\frac{K L_0}{\cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} h} \cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} (h-x) - \frac{a}{2} x^2 + a h x - \frac{a}{2} h^2 - \frac{K L_0 D_L}{K \cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} h} \right) \quad (6) \quad \text{図(1)}$$

$x=0$ において整理すると



$$\frac{D_L \cdot K'}{D_H \cdot M_0 \cdot K} \left(1 - \frac{1}{\cosh \sqrt{\frac{K}{D_L}} h}\right) + \frac{a}{2 D_H \cdot M_0} h^2 = 1 \quad (7)$$

これを満足する h が酸素の供給される深さを表す。

$$\therefore \frac{D_L \cdot K}{D_H \cdot M_0 \cdot K} = \beta \quad \frac{a h}{D_H \cdot M_0 \cdot K} = \alpha \quad \sqrt{\frac{K}{D_L}} h = \eta$$

とおいで式(7)を整理すると

$$\cosh \eta (\alpha \eta + \beta - 1) = \beta \quad (8)$$

$\beta = 0$ すなわち $L = 0$ の時に式(8)を満足する η を η_0 とし式(4)を満足 η について η/η_0 と β との関係を図2に示す。これからわかる様に β すなわち L が大きくなるにつれてすなわち酸素の供給される深さの比が減少する。これは基質除去のために酸素消費が増加した事による。

3 実験と結果 本実験で用いた汚泥は前報と同じ条件で培養したものである。実験は次の手順で行なった。(1)メチレンブルーと汚泥と水槽に入れ 攪拌を止し DO の減少速度より汚泥の酸素消費速度 a を測定する。(2)攪拌を止め汚泥を沈殿させる。(3)呼吸のみによる酸素供給率 R_0 と写真により測定する。(4)基質としてグルコースを投入し一定時間おきに COD と Mb の着色部を測定して L_0 、 R を測定する。以上の実験において酸素濃度は 8~9 PPM に保った。これを投入基質量を変えて行なった。又これとは別に基質除去速度定数 K 及び酸素の消費速度定数と a の比 K/a の測定を行なった。これを表1に示す。これからわかる様には基質濃度が大きくなるに従って、酸素の供給深さが薄くなっている。

4 考察 実験から求めた K/a 、 K 、 a の値を用い、 D_L としして水中での酸素及びグルコースの拡散係数を用いて式(7)より得られる η/h_0 と L_0 との関係を図4に示す。これからわかる様に理論値に対して実験値の方がだいぶ小さくなっている。つまり実験値の方が酸素の供給深さが基質除去によって大きく減少している。これは攪拌が小さく、汚泥表面での酸素濃度が減少しているためであると考えられる。つまり汚泥中での基質濃度の変化に対して酸素濃度の変化の方が大きく変化し(図4参照)汚泥表面において酸素の方が濃度境界層ができやすいためと考えられる。今後はこの点について検討を加えたい。

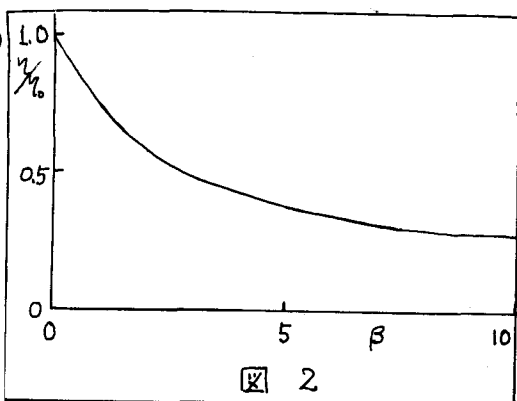


図 2

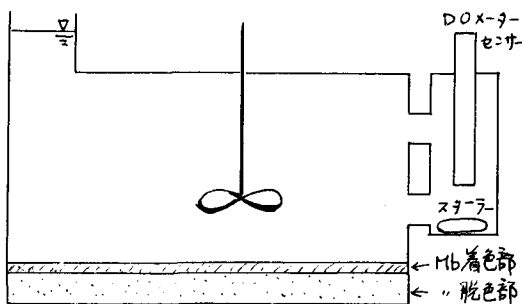


図 3 実験装置

L_0 COD PPM	a $\mu\text{g/gccm}$	R_0 mm	R mm	R/R_0
10	70	2.05	1.7	0.83
20	70	2.0	1.2	0.6
30	70	1.6	1.0	0.63

$$K = 30 \text{ 1/min} \quad K/a = \frac{1}{15}$$

表 1

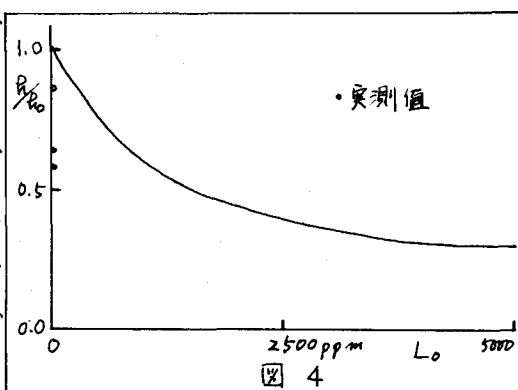


図 4

参考文献

1) 底層汚泥内における酸素の拡散 土木学会第27回年次学術講演会講演集第2部 II-191