

II-430 底泥層における酸素消費に関する考察

徳島大学工業短期大学部	正	細井由彦
徳島大学工業短期大学部	正	村上仁士
徳島大学工学部	正	中野 晋
徳島大学大学院	学	○ 山口隆史
徳島大学大学院	学	上月康則

1. まえがき 本研究では、水中に堆積している底泥による溶存酸素消費に関するモデルを導き、室内実験の結果を用いてその検証を行う。

2. 底泥による溶存酸素消費モデル 図-1に示すように底泥層の上に分子拡散が卓越する薄い拡散層が存在し、さらにその上方の濃度が一様の主流部に接続すると考える。底泥層内の粒子周囲の間隙水中における酸素濃度に関する式は、底泥粒子が球形で定常状態であると仮定すれば式(1)で表される。底泥単位体積あたりの酸素消費は水中濃度が c のとき kc で表されるとすると、粒子表面における境界条件は式(2a)となり、 $r=\infty$ においては間隙水本体の濃度 C になるから式(2b)とおける。これらを解いて粒子周囲の濃度分布を得ることができ、粒子単位体積あたりの酸素要求量は式(3)となる。底泥層内にコントロールボリュームを考えると、その中の底泥粒子存在量は体積含水比 θ を使って表わすことができ、底泥層内の間隙水中の酸素濃度を表わす式(4)を得る。境界条件として(6a)、(6b)を与えると層内の酸素濃度分布は底泥層表面の酸素濃度 C_0 を用いて表わされる。拡散層における濃度 C_w に関する z 方向の拡散方程式に対する境界条件として(7a)、(7b)を与えると、底泥層表面の濃度 C_0 は主流部酸素濃度 C_b により表される。結局底泥単位面積あたりの酸素要求量は C_b を用いて(8)式で表されることになる。式(8)に示されるように、 K が底泥の酸素要求量を規定するものであり式(9)に示す各パラメータを何らかの方法で求めることができれば底泥層上のDO変化を評価することが可能になる。 δ は底泥表面付近の乱流のおよばない非常に薄い層であり、その厚さは流れの早さによって変化するものと考えられる。

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial c}{\partial r} \right) = 0 \quad (1) \quad z=\infty \quad \frac{dC}{dz} = 0 \quad (6b)$$

$$r=a \quad \int_S -D \frac{\partial c}{\partial r} ds = kcV \quad (2a) \quad z=-\delta \quad C_w = C_b \quad (7a)$$

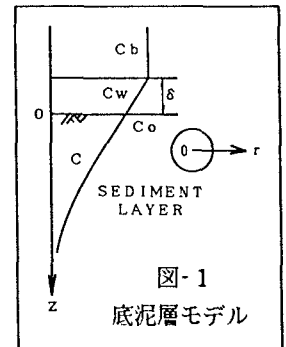
$$r=\infty \quad c=C \quad (2b) \quad z=0 \quad C_w = C_0, \quad \frac{dC}{dz} = \frac{dC_w}{dz} \quad (7b)$$

$$kc|_{r=a} = \frac{3kD}{3D-ka^2} C \quad (3) \quad N = -D \frac{dC}{dz} \Big|_{z=0} \theta \quad (8)$$

$$\frac{d^2 C}{dz^2} = \frac{1-\theta}{\theta} \frac{3k}{3D-ka^2} C = \alpha C \quad (4) \quad = \frac{D\theta\sqrt{\alpha}}{1+\delta\sqrt{\alpha}} C_b$$

$$\alpha = \frac{1-\theta}{\theta} \frac{3k}{3D-ka^2} > 0 \quad (5) \quad = KC_b$$

$$z=0 \quad C=C_0 \quad (6a) \quad K = \frac{D\theta\sqrt{\alpha}}{1+\delta\sqrt{\alpha}} \quad (9)$$



3. 実験結果による検討 図-2に示すようにビーカの底に野外より採取した各種の底泥を敷き水面からの酸素の溶解を遮断し種々のかくはん速度のもとで堆積状態の底泥の酸素消費速度係数 K を求め、同時に底泥粒子単位体積あたりの酸素消費係数 k 、平均粒径 a 、体積含水比 θ を求めた。 k はDOびん中に底泥を入れ、約8時間の強かくはん浮遊状態の酸素消費速度より求めた。したがって、ここでは比較的短時間で終了する還元性物質の化学的酸化による酸素消費を対象としているといえる。

K は a, k, θ, δ の4パラメータを含むわけであるが、これらが K に対してそれぞれ

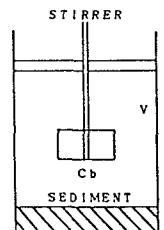


図-2 酸素消費実験

れどのように影響しているかを知るために、3パラメータを固定して残りのパラメータとKの関係を実験結果とモデル式による計算結果より検討する。なお、以下に述べる計算値は検討するパラメータ以外のものについては、図中に示すように本実験で得られた値の範囲内の適当な値を仮定して計算を行なったものである。

まず最初に、実験より求めた各パラメータ値を式(9)に代入して δ を逆算した結果とかくはん速度との関係を図-3に示す。さらに実験結果より得られたKとかくはん速度の関係およびモデル式より計算して求めたKと δ の関係を図-4に示す。これらの図より、拡散層は底泥上の水の動きによって規定されこの動きが大きくなれば、 δ が薄くなり底泥層への酸素供給量が増加し酸素の消費が進むことがわかる。

次に、Kに対する底泥粒子の酸素要求量の影響を図-5に示す。酸素要求の活発な泥であればKは大きい値を示しており、モデル式も同様の傾向を示している。

Kと底泥の平均粒径 a の関係を示したものが図-6である。実験結果、計算結果とも a の変化に関わらずKはほぼ一定値を示している。Kに対する a の影響は、他のパラメータに比べ非常に小さいものと考えられる。

最後に、Kと底泥層内の体積含水比 θ との関係を図-7に示す。 θ が大きくなれば底泥層内の酸素の伝達を助けKは増加するが、 θ が1に近づく酸素を消費する底泥粒子の絶対量が少なくなりKは逆に減少すると考えられる。実験に用いた泥は、おおよそ θ が0.7~0.9である。この範囲であればKの変化は小さく、モデル式も同じ傾向を示しており、Kに対する θ の影響は小さいと考えられる。

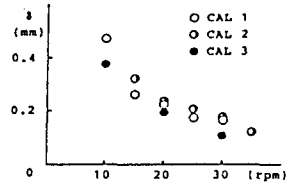


図-3 拡散層厚とかくはん速度

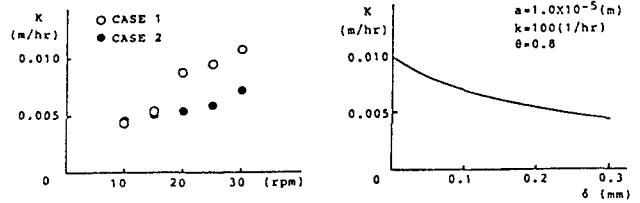


図-4 Kとかくはん速度および拡散層厚

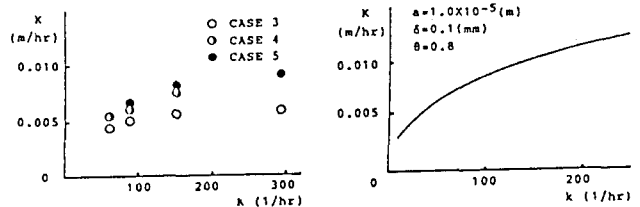


図-5 Kと底泥層内の酸素要求の程度

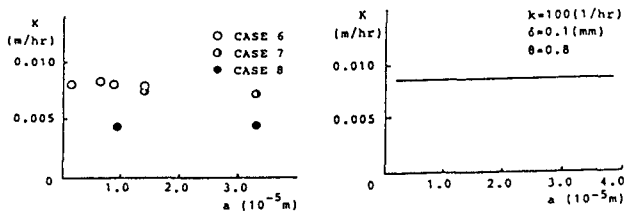


図-6 Kと平均粒径

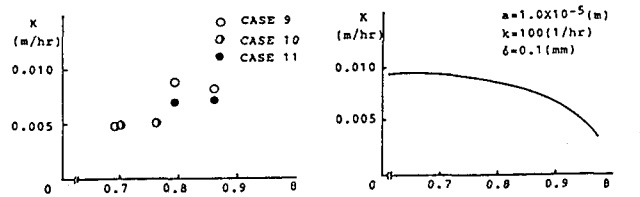


図-7 Kと体積含水比

4. まとめ 堆積底泥による酸素消費には数多くの因子が関係し、その機構は複雑であり、底泥層内部における溶存酸素消費過程についても不明な点が多い。本モデルにおいて底泥層による酸素消費量は(9)式に示される4パラメータを用いて説明されるわけであるが、実験結果とモデル式の示す傾向とはほぼ一致しており、したがって本モデルは満足できるものと考えられる。また、これらのパラメータの中で特に重要な影響をおよぼすと考えられるのは、底泥層上の水の流れの影響として拡散層厚 δ 、および、底泥粒子の酸素要求の程度を示す k である事が解った。本研究は文部省科学研究費奨励研究(A)の補助を受けて行なわれたものである事を付記し謝意を表する。