

# 堆積泥による酸素消費モデル

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  
住友建設 正 ○ 山口隆史  
徳島大学 大学院 学 上月康則

1. まえがき 水質管理の立場から、公共用水域の水質改善対策として種々の研究がなされているが、河川感潮部などの都市河川特有の場においては、無機物や有機物などの多量の汚濁物質を含む底泥が堆積しており海水の影響と相まって特殊な環境下に置かれている。本研究では、徳島市内河川を研究対象としてとりあげ市内河川の水質改善対策の一資料として、感潮部における底泥による酸素消費が河川の水質におよぼす影響について検討する。

2. 実験的考察 図-1に示す循環式管水路に野外より採取した底泥を敷き、水面からの酸素の溶解を遮断して、上層水を循環させる。この循環水を採水しDO経時変化を測定する。DO値はほぼ指数関数的に減少しており、底泥による酸素消費速度を(1)式より求め、Kによる整理をおこなう。

Kと摩擦速度の関係は図-2のようになり、同じ泥でも摩擦速度の上昇により上層水の動きが激しくなればDO消費は大きくなる。また、図-3のように、堆積している底泥の酸素要求の活発な泥であればKは大きくなる。

3. 理論的考察 堆積泥による酸素消費は、上層水の流動および底泥層内の酸素要求の程度に影響される。図-4に示すような酸素消費モデルを考える。底泥層上に分子拡散が卓越する薄い拡散層 $\delta$ を考える。 $\delta$ は摩擦速度によって規定され、流動が大きいほど薄くなり底泥層への酸素の輸送が促進される。底泥層内の酸素量は、各底泥粒子の酸素要求量によって決定され、底泥粒子が球形であるとして定式化を進めた。底泥層単位表面積あたりの酸素要求量Nは式(2)となり、摩擦速度 $u^*$ 、体積含水率 $\theta$ 、平均粒径 $a$ 、底泥粒子の酸素消費係数 $k$ の4パラメータを用いて説明される。

このモデル式を用いて実験結果の検証を行

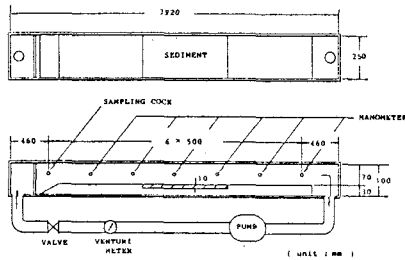


図-1 実験装置 (循環式管水路)

$$V \frac{dc_b}{dt} = -KAC_b - k \frac{VC_{ss}}{G_s} C_b \quad (1)$$

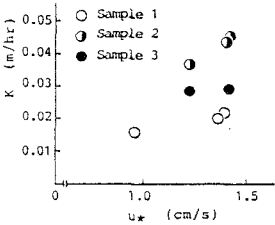


図-2 Kと摩擦速度

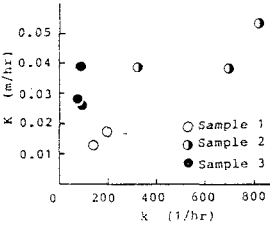


図-3 Kと底泥粒子の酸素要求

$$N = \frac{D\theta u^* \beta \sqrt{a} C_b}{D\theta \sqrt{a} + u^* \beta} = KC_b \quad (2)$$

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

$$\beta = \frac{1}{15.5} S_c^{-1/3} \quad (4)$$

- N : 底泥層単位表面積あたりの酸素要求量 (ppm·m/hr)  
K : 底泥層単位表面積あたりの酸素消費係数 (m/hr)  
 $u^*$  : 摩擦速度 (m/hr)  
 $\theta$  : 体積含水率 (-)  
 $a$  : 平均粒径 (m)  
 $k$  : 底泥粒子の酸素消費係数 (1/hr)

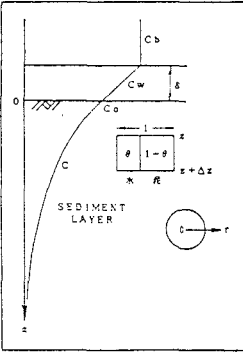


図-4 酸素消費モデル

った結果ほぼ同様の傾向を示し、このモデル式の妥当性が明らかになった。

よって、このモデル式を用いて実河川への適用を試みた。対象とする河川は徳島市中心部を流れる新町川である。新町川への流入は、図-5に示される田宮川および新町水門からの流入が支配的であり、河口からは潮汐の影響を受けている。

新町川の酸素収支は、底泥による消費とDO濃度の異なる河川水の流出入のみを考え、BODによる消費と気液界面からの再ばつ気は考えない。また、新町川を1つのボックスと考え完全混合により濃度一様とする。底泥による酸素消費量は、上層水の影響を示すパラメータとして $u^*$ を求める必要がある。田宮川、新町水門、河口の3地点からの流出入流量は図中に示すように、それぞれ正弦波として与えた。田宮川は、工場排水、家庭排水が流入する汚濁供給源であり、下げ潮時のみ半日周期の正弦波で $D_0 = 2\text{ppm}$ の流入とする。新町水門からは、160分周期の副振動が伝わってきており、また、下げ潮時は浄化ポンプにより吉野川の清浄水が毎秒4t導入されているとしている。河口からは半日周期の正弦波を与える。底質量( $\theta$ 、 $a$ 、 $k$ )は、新町川底質調査の結果をもとに妥当と考えられる値を与えた。

図-6は、底質値による比較を示すものであり、当然のことながら酸素要求の活発な泥であれば底泥による酸素消費量も増大し、CASE 1の場合、底泥による消費により12時間で約0.5ppmのDOの低下を示している。モデルでは完全混合と仮定していることを考慮すると、現実には底泥層付近においてかなりのDO低下が予想される。

図-7は3地点からの流出入の影響を示すものである。CASE 2とCASE 4の差が田宮川の汚濁水流入の影響を示し、田宮川の影響が大きことがわかる。また、CASE 2とCASE 5の差が浄化ポンプによる希釈効果を示し、吉野川からの清浄水の導入が水質改善の一役を担っていることがわかる。

4. あとがき ここで提案したモデルにより、底泥による酸素消費が河川の水質におよぼす影響について定量的に明らかにした。しかし、実験結果との検証において実験値が理論値より大きくなる場合が数ケースあり、モデルの構築の際に適用した乱流場における境界層理論の適用範囲について問題点が残っており、さらにモデルの改良が必要である。

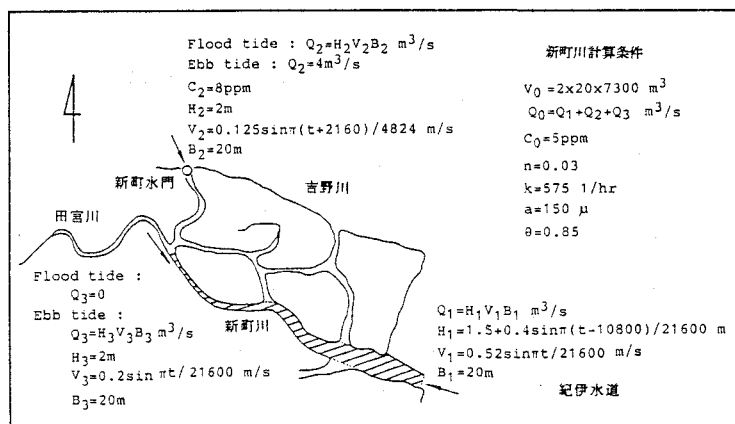


図-5 新町川における酸素収支

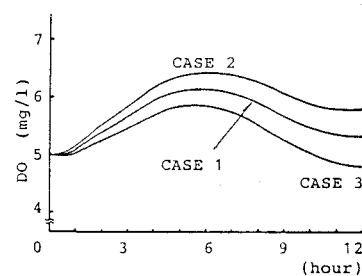


図-6 底質値による影響

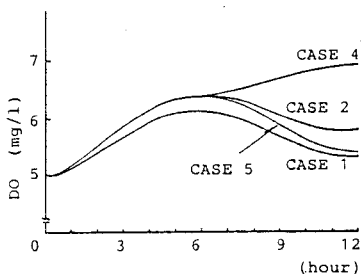


図-7 流入水による影響