

II-364 湖岸での波による曝気に関する実験的検討

京都大学工学部 正会員 住友 恒・松岡 謙
同 上 安井 孝行・脇本 春樹

1. はじめに

自然の湖岸は、コンクリート護岸に比べて、浄化能が高く、湖の水質と深く関係し、また、景観や市民の親水感といった面においても優れている。このような理由から、埋立てによってコンクリート護岸となった湖岸を人工的に自然に近いものに再現しようとする計画が、いくつかの自治体によって進められている。本報告は、湖岸の浄化能のうち、溶存酸素と関係の深い曝気能が、岸の形状や波の特性によってどのように影響を受けるかを、実験的に検討したものである。

2. 実験方法

実験に用いた水槽を図1に示す。岸の形状として、1:6勾配斜面、1:2.5勾配斜面、階段護岸(1:3勾配)及び直立護岸を考え、進行波の周期、水深及び水粒子速度を変化させ、実験を行った。実験手順としては、水槽に所定水深になるように水を張った後、亜硫酸ナトリウムによって水槽中の溶存酸素を0~2mg O₂/ℓまで下げ、しかる後に造波機により波を起こし、時間とともに溶存酸素が回復する様子を、2.5~5分毎に飽和濃度付近に達するまでDOメーターにて観測した。また、これとは別に、トレーサーを用いた拡散能についての実験も行い、その結果を解析に使用した。

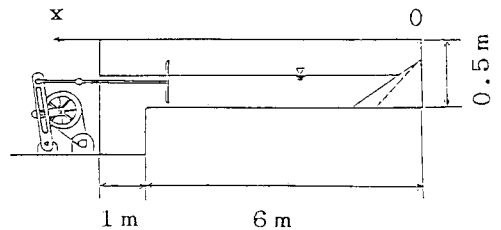


図1 実験水槽

3. 曝気モデル

湖岸付近での溶存酸素の挙動を、図2のように模式化する。軸xを岸-沖方向に取り、曝気は、汀線から距離L_Bまでの曝気帯(-L_B ≤ x ≤ 0)にて発生し、沖合帯(0 < x)に拡散していくものとする。曝気帯、沖合帯での酸素収支は、それぞれ、

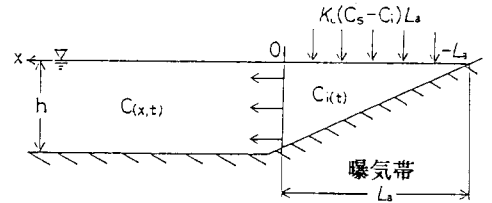


図2 湖岸付近の曝気帯モデル

1) -L_B ≤ x ≤ 0 (曝気帯)

$$V \frac{dc_i}{dt} = K_L \cdot L_B (c_S - c_i) - K h \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (1)$$

よって、

$$\frac{dc_i}{dt} + D c_i = D c_S + E \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (2)$$

ただし、D = K_L · L_B / V、E = K h / V

2) 0 < x (沖合帯)

$$\frac{\partial c}{\partial t} = K \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (3)$$

と表現される。ここで、L_B: 曝気帯長さ(m)、V: 単位岸長さあたりの曝気帯体積(m²)、K_L: 酸素移動

係数(m/s)、h:水深(m)、K:岸-沖方向拡散係数(m²/s)であり、c_i(t):曝気帯内溶存酸素濃度(g O₂/m³)、c(x,t):曝気帯外溶存酸素濃度(g O₂/m³)、c_S:飽和濃度(g O₂/m³)としている。
式(2)、(3)を初期条件

$$c_i(0) = c_0, \quad c(x, 0) = c_0 \quad (4)$$

及び、境界条件

$$c(0, t) = c_i(t), \quad \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=L} = 0 \quad (5)$$

のもとで解く。ここで、Lは沖合側にある水槽端のx座標を示す。

4. 考察

実験結果の解析は、計算濃度をc(x,t)とし、c⁰(x_g, t_j)を時刻t_j(全n(ℓ)回の観測)、地点x_g(全3地点)での観測値とした時の両値の差の自乗和である、

$$S = \sum [\sum \{ c^0(x_g, t_j) - c(x_g, t_j) \}^2] \quad (6)$$

を最小にするような酸素移動係数K_L、曝気帯長さL_Bを求めて、湖岸の曝気能を定量化した。観測値と計算値との適合結果の例を図3に示す。実線が計算値、プロットが観測値である。

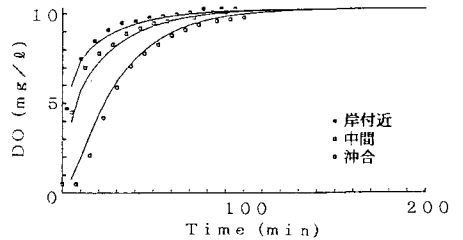


図3 溶存濃度経時変化

岸の形状別に単位岸当りの曝気速度K_L・L_Bの実験値を平均したものを図4に示す。この図より、勾配が緩やかな湖岸の方が、若干曝気能が小さいことが見受けられる。

また、曝気速度K_L・L_B(m²/s)を水深h(m)及び波の周期T(s)で無次元化したK_L・L_B・T/h²を、波の特性を示す種々の指数値によって整理したところ、H₀を沖合波高としてH₀/hとの相関がもっとも高い結果となった。すなわち、本実験からは曝気能を示す関数型として、

$$\frac{K_L \cdot L_B \cdot T}{h^2} \propto \frac{H_0}{h}{}^{2\alpha} \quad (7)$$

が推定される。図5は横軸に(H₀/h)²を、縦軸にK_L・L_B・T/h²をとり、実験値をプロットしたものであり、図中の実線は、

$$\frac{K_L \cdot L_B \cdot T}{h^2} = 0.94 \frac{H_0}{h}{}^{3.19} \quad (8)$$

で表わされる回帰直線である。

5. おわりに

本実験により、湖岸での波による曝気に関して以上のような結論を得た。今後、曝気能以外の湖岸の浄化能として、湖岸付近に生息する生物による水質浄化などについても検討する必要があり、また、波による水の乱れがいかにか底泥を巻き上げ、底泥中の栄養塩を溶出させるかについても注目したい。

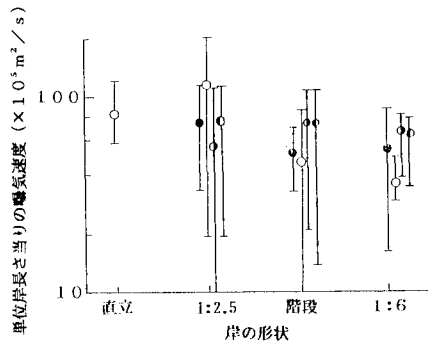


図4 曝気能の岸形状に対する依存性

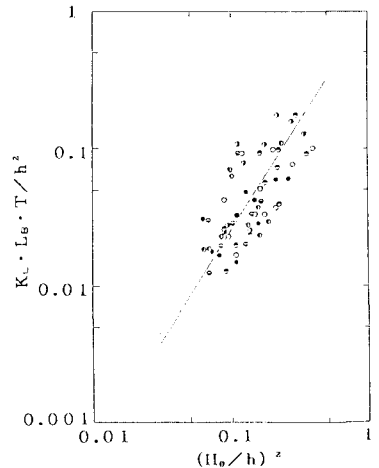


図5 曝気能推定式の適合性

参考文献: 脇本(1986):京都大学卒業論文、細井ら(1981):海講28回 451、高ら(1974):海講21回 273