

II-265

湖山池における底泥の浮上・拡散に関する数値解析

鳥取大学工学部 正員 道上 正規

鳥取大学工学部 正員 櫛谷 治

清水建設(株) 正員 ○三宅 典行

1. はじめに 富栄養湖における底泥は栄養塩類を多く含み、吹送流及び波の作用によって浮上した底泥は湖水の水質に大きく影響を及ぼすものと考えられる。本研究で対象とした湖山池での底泥の調査結果によると、底泥の粒度分布・含水比あるいは比重が場所的に大きく異なっており¹⁾、この原因を解明することは水質浄化対策(例えば浚渫)を行なう上で非常に重要である。本研究では、吹送流と波によって浮上した底泥が吹送流によって拡散・堆積する現象を数値解析し、その結果と調査結果との比較検討を試みたものである。

2. 解析方法 解析に用いた基礎方程式は、以下に示すような三次元の拡散方程式である。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + (w - w_0) \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z}) \quad (1)$$

ここに、 c は濃度、 u, v, w は x, y, z 軸方向の流速成分、 $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ は x, y, z 軸方向の拡散係数、 w_0 は沈降速度である。計算方法としては、時間的には Fractional step 法を、また、空間的取り扱いについては、鉛直方向には Galakin 有限要素法を、水平方向には差分法をそれぞれ用いた。なお、水平方向の差分については、移流項に対しては風上差分法を、拡散項に対しては中央差分法をそれぞれ採用している。また、湖流解析は錦織²⁾により提案された方法を用いて u, v および w を求めるとともに、拡散係数については、この湖流解析で与えている渦動粘性係数と等しいとした。

3. 水面および底面の境界条件 水面及び底面の境界条件は次式で与える。

$$\text{水面: } \epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} + w_0 c = 0 \quad (2) \quad \text{底面: } \epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} + w_0 c = -E + w_0 c \quad (3)$$

ここに、 E は浮上量であり、本研究では現地底泥を用いた侵食実験を行い、図-1に示すような底面せん断応力 τ_B の一次関数として表わした。底面せん断応力 τ_B は、流れによるせん断応力 τ_{BC} と波によるせん断応力 τ_{BW} の合力($\tau_B = \tau_{BC} + \tau_{BW}$)で与え、流れによるせん断応力 τ_{BC} は(4)式を用いて、波によるせん断応力 τ_{BW} は有義波高および有義周期をWilson式³⁾より求め、(5)式を用いてそれぞれ算定した。

$$\text{流れによるせん断応力 } \tau_{BC}/\rho = \epsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \quad (4)$$

$$\text{波によるせん断応力 } \tau_{BW}/\rho = \sigma_w \nu u_B, u_B = a \sigma_w / \sinh(kh) \quad (5)$$

ここに $\sigma_w = 2\pi/T$, $k = 2\pi/L$, h は水深, T は周期, L は波長, a は波の振幅, ρ は水の密度, ν は水の動粘性係数である。

4. 数値解析結果 湖山池周辺で観測されている風況の統計資料によると、顕著な底泥の浮上が起こると考えられる地上10mでの風速10m/s以上の風は冬期に集中しており、その風向は北西風が卓越する。したがって、湖山池の底泥はこの北西風による波と吹送流に大きく影響されていると考えられる。そこで解析条件としては、北西方向、風速10m/sの風を対象とし、無風状態(流速なし)から5時間吹送後風を止め、さらに風停止から10時間まで計15時間まで計算を行った。また、沈降速度に関しては、底泥の平均的な粒径17.5 μm より、Rubei式で求めた0.275mm/sとした。

まず、図-2の5時間後の流況の結果を見ると、吹送時では表面では風方向に流れ、底面ではその逆の流れが卓越していることがわかる。この時の底泥の浮上域は波によるせん断応力が大きくなる、

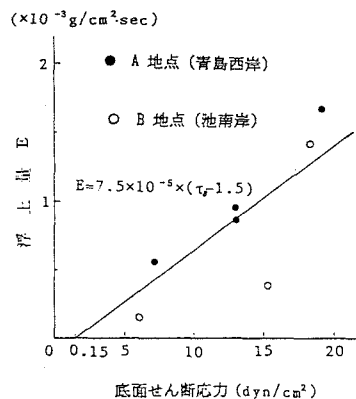


図-1 浮上量

吹送距離が長い池南東部を中心に広がる。このため、図-3に示す5時間後の濃度分布は池南東部で高くなっている。さらに、底面では北西方向の流れが卓越するため、表面に比べ高濃度域が北西方向へ広がっている様子がよくわかる。最後に、計算終了時の侵食と堆積の形状を図-4に示す。なお、この状態では吹送時に浮上した底泥はほとんど沈降している。この図と図-5に示す底泥調査結果の平均粒径の分布と比較すると、粒径の比較的あらい地域と解析結果の侵食域との対応がよい。すなわち、侵食域においては粒径はしだいにあらくなるものと考えられるので、この結果は本解析結果のある程度の妥当性を示しているものと考えられる。

(参考文献) 1) 八木:鳥取大学卒業論文、1990。 2)道上・樽谷・錦織:第40回土木学会中国四国支部研究発表開講演概要集, pp.72-73, 1986。 3)例えば 椿東一郎:水理学Ⅱ, 森北出版, pp.125。

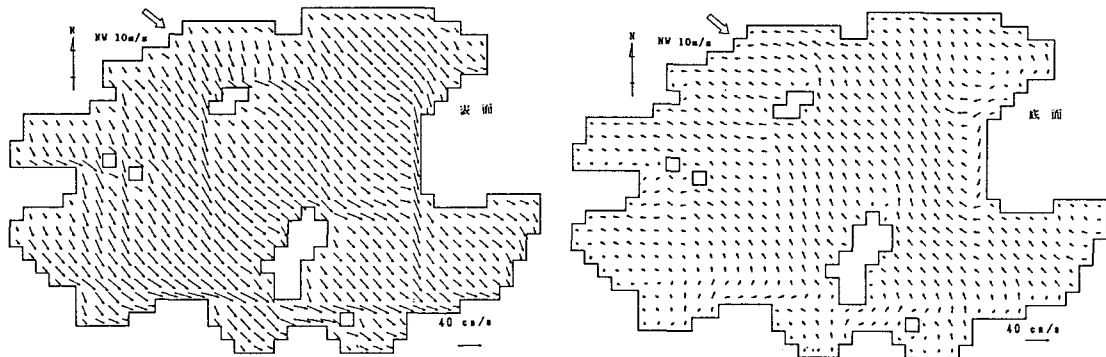


図-2 解析結果 流況 ((a) 表面, (b) 底面), 5時間

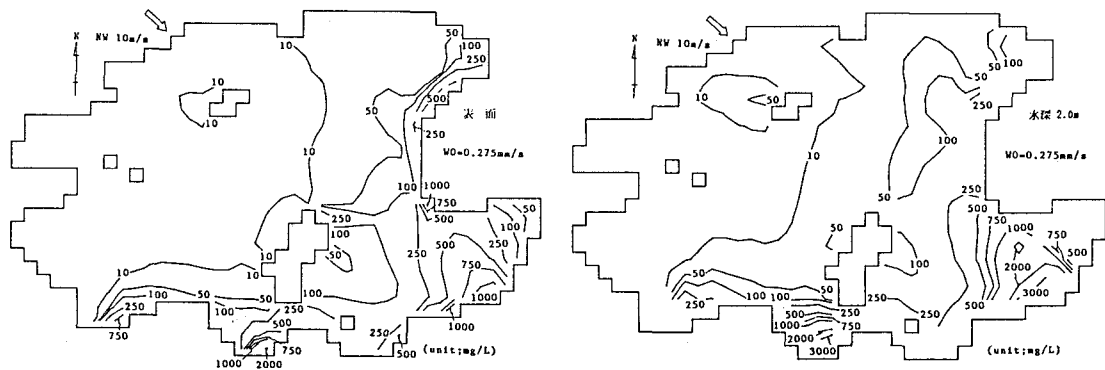


図-3 解析結果 濃度分布 ((a) 表面, (b) 水深2.0m), 5時間

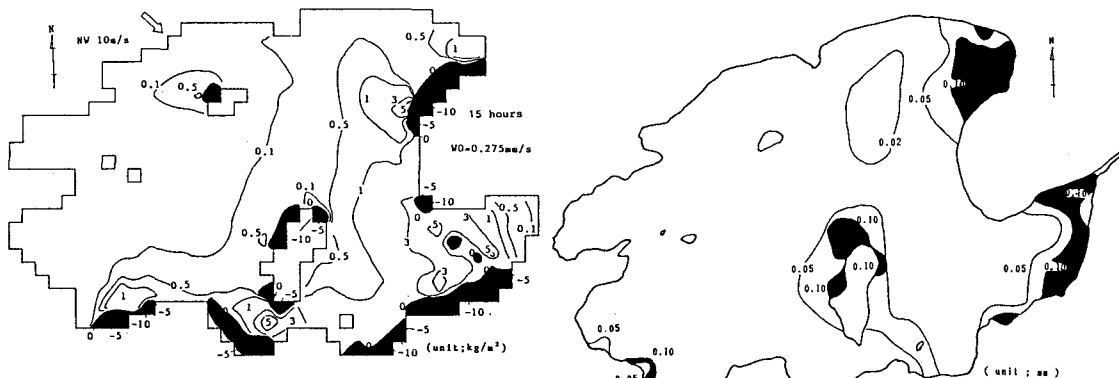


図-4 解析結果 侵食堆積形状, 15 時間

図-5 底泥調査結果 平均粒径