

湖における底泥の浮上と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 檜谷 治
清水建設 ㈱ 正 員 ○三宅 典行
㈱ 奥村組 正 員 八木 暁

1.はじめに 近年、湖沼において富栄養化現象による水質の悪化が問題となっている。この富栄養化現象に対して湖の底泥は大きな影響をおよぼすものと考えられる。そこで、本研究では、鳥取県東部に位置する湖山池を対象に吹送時の底泥の浮上および拡散現象に対し数値解析的に検討を加えた。

2.解析方法 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。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + w_b \frac{\partial C}{\partial z} \quad \dots(1)$$

ここに、Cは濃度、u, v, wはx, y, z軸方向の流速成分、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ はx, y, z軸方向の拡散係数、 w_b は沈降速度である。(1)式は左辺に時間微分項を含んでおり、この計算は非定常計算となり本研究では、Fractional step法により非定常計算を行う。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。

3.各条件および諸係数 水面および底面の境界条件については以下のように与えている。

水面： $\varepsilon_z \partial C / \partial z + w_b C = 0 \quad \dots(2)$

底面： $\varepsilon_z \partial C / \partial z + w_b C = -E + w_b C \quad \dots(3)$

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の一次関数として表わした。また、湖流解析は錦織ら¹⁾により提案された方法を用いた。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。底面せん断応力は、流れによるせん断応力は(4)式より、波によるせん断応力は有義波高および有義周期をWilson式²⁾より求め(5)式より、それぞれ算定し、これらの合力で与えた。

・流れによるせん断応力 τ_{BC}

$$\tau_{BC} = \rho \varepsilon_z (du/dz) \quad \dots(4)$$

・波によるせん断応力 τ_{BW}

$$\tau_{BW} = \rho \sqrt{\sigma_w} \nu \hat{U}_B, \hat{U}_B = a \sigma_w / \sinh(kh) \quad \dots(5)$$

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 は動粘性係数である。

4.解析結果 湖山池において、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いる。この冬期におけるの風向は図-2から北西風が卓越することがわかる。よって解析は、北西方向、風速10m/sについて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、沈降速度はRubey式³⁾に湖山池底泥の平均粒径 $17.5 \mu m$ を代入することにより $0.275 mm/s$ とした。解析結果をみると吹送時では、流れは表面では風方向の流れが、底面ではその逆の流れが卓越する(図-3参照)。この時の浮上域は吹送距離が長く

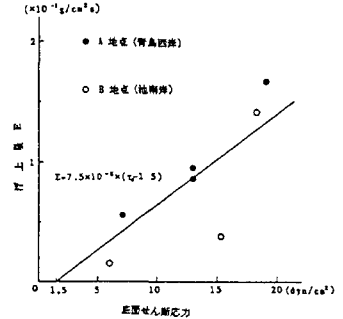


図-1 浮上量

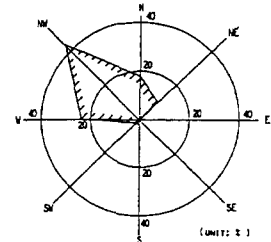


図-2 冬期における風向

なる池南東部を中心に広がる。このため、図-4に示すように濃度は池南東部で高くなり、北西方向へ広がって行く。特に、底層部においては北西方向の流れが存在するため、濃度の移流速度が表層部よりも速くなっていることが、同図(a),(b)を比較することによりわかる。そして、計算終了時の侵食と堆積の形状が図-5である。これを同池での底泥調査結果の平均粒径の分布(図-6)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(図中黒く塗りつぶした部分がそれぞれの地域を示している。)との対応がよいと思われる。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すとともに、湖山池底泥の堆積に対し、北西風の与える影響の大きさを示すものと考えられる。

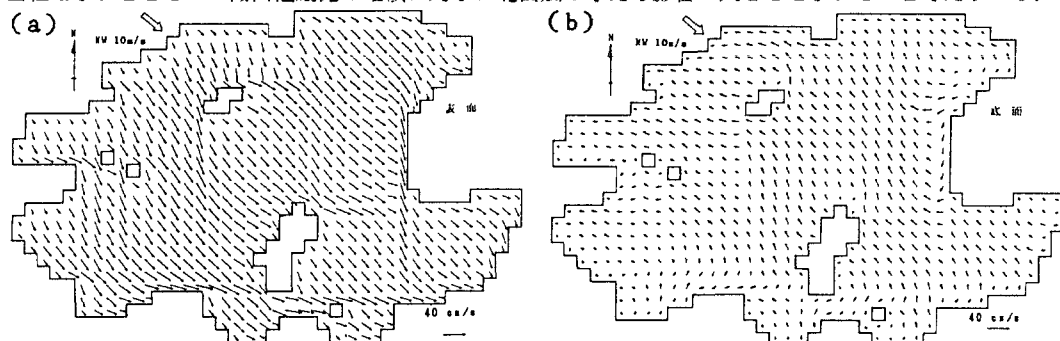


図-3 解析結果 流況 ((a) 表面, (b) 底面), 5時間

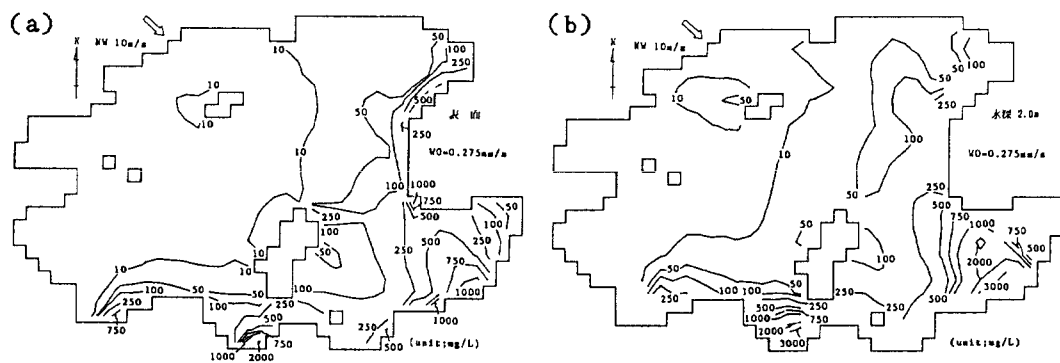


図-4 解析結果 濃度分布 ((a) 表面, (b) 水深2.0m), 5時間

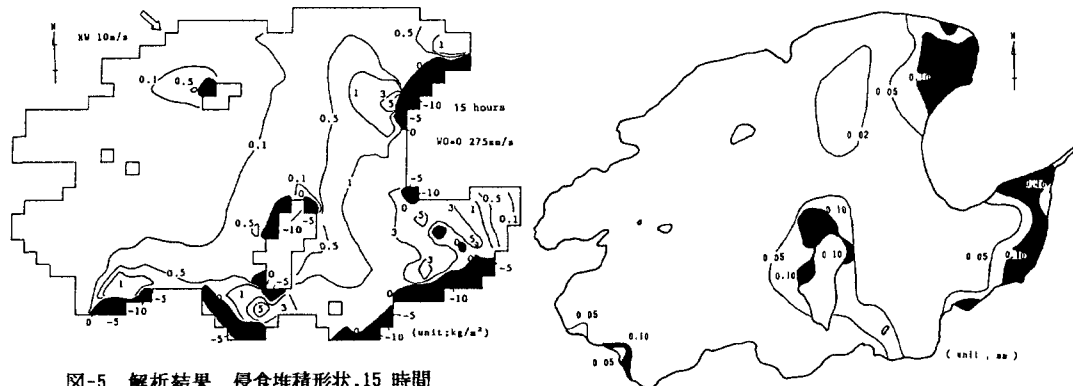


図-5 解析結果 侵食堆積形状, 15 時間

図-6 底泥調査結果 平均粒径

(参考文献) 1) 榎谷 治, 錦織良文: 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. 2) 椿東一郎: 水理学II, 森北出版, pp.125. 3) 前出 2), p.233.