

鳥取大学 正員 徳谷 治
 “ “ 道上 正規
 “ “ 鈴木 幸一

1. はじめに

近年、閉鎖水域での富栄養化という問題が注目されてきているが、一般にそのような水域における底質土(底泥)は富栄養化の原因である高濃度の栄養塩類(窒素・リン)を含んでいる。したがって、そのような水域に対する水質特性を考える上で底質土の堆積特性を明らかにすることは重要な問題であると考えられる。本研究は、このような観点から最近富栄養化が問題になってきた湖山池(鳥取市)をモデルにして、風によって引起される湖流の数値解析を行ない、その結果から底質土の堆積特性について若干の考察を行ったものである。

2. 湖流の解析方法および解析結果

図-1に湖山池付近の地形の概略図および湖山池の深度分布を示す。湖山池は湖心で北緯 $35^{\circ}30'$ 、東経 $134^{\circ}09'$ に有する湖面積 6.9km^2 、平均水深約 3.5m の非常に浅い湖である。湖流の解析方法は、湖山池が非常に浅い湖であることを考慮して Liggert¹⁾が提案した方法を用いた。その基礎式および境界条件を示すと以下のようなものである。

運動方程式:

$$-f\bar{v} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \eta\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$f\bar{u} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \eta\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (2)$$

$$g = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} \quad (3)$$

連続式:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

境界条件:

$$\text{湖底面 } z = -H \text{ で } u = v = w = 0 \quad (5)$$

$$\text{水面 } z = S \text{ で } \eta\frac{\partial u}{\partial z} = \tau_x, \eta\frac{\partial v}{\partial z} = \tau_y \quad (6)$$

ここに、 x, y および z は座標軸で、 u, v および w はそれぞれ x, y および z 軸方向の流速、 f はコリオリ係数、 p は圧力、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 η は鉛直滑動粘性係数、 H は水深、 S は水位変化、 τ_x および τ_y は風による水面のせん断力(水と水の密度で割ったものである)。また、風による水面のせん断力は便宜的に Beaufort and Webb の提案式により評価を行った。

数値計算法としては有限要素法を用いて行ったが、その際の解析メッシュは図-2に示す通りで三節点三角形要素を用いた。また、境界条件はすべての湖岸でスリップ条件を与えた。

次に、風によって引起される湖流による底質土の移動・堆積特性を考える場合、湖面上での風況が重要な要因となる。鳥取気象台の資料によれば、平均風速 5m/sec 以上の強風は主に11月から4月にかけて多く発生し、その風向は西

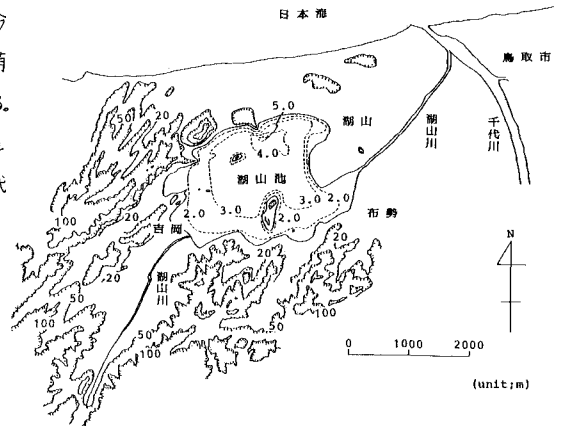


図-1 湖山池周辺地形の概略
および湖山池の深度分布

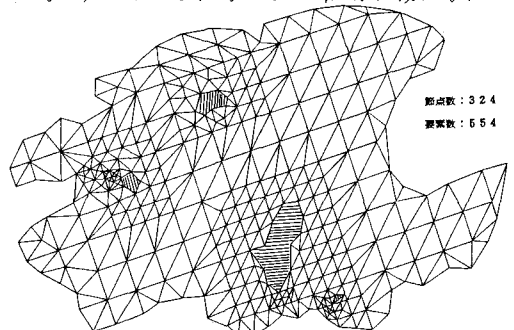


図-2 解析メッシュ

方向が卓越している。したがって、底質土の移動・堆積は西風によって引起される湖流に支配されると考えられる。以上のことから、解析は西の風 5 m/sec の場合について行った。

また、湖面上の風の分布についてであるが、図-1に示したように、湖山地では周辺の山が岸近くまでせまっておき、特に西方向からの風の場合、これらの山の影響で湖面上で風の分布が生じていると考えられる。したがって、風に対する周辺地形の影響を考慮する必要がある。しかし、現在のところ湖面上での風の分布に対する資料が存在しないため、本研究では山による風速の減衰のみを考慮して、便宜的に図-3に示すように風の分布を与えて解析を行った。解析結果の一例を示したものが図-4および図-5である。図-4は水面での流速分布、図-5は静水面下 2.0 m での流速分布を示している。水面での流速は約 10.0 cm/sec ほど風吹方向に流れ、水深の約 $3/4$ 付近で逆流が生じている。また、風に分布を与えた西側は流速が速くなっていることがわかる。

3. 底質土の堆積特性および考察

底質土の堆積状態については、昭和55年に行われた鳥取県の調査結果によると図-6のようであり、汚染源は主に図中に示している湖山川によるものと考えられている。堆積厚は水深の深い所ほど厚くなっている傾向が見られるが、水深の比較的浅い西側にも比較的厚い所が見られる。このことは先ほだ示した西風によって引き起こされる湖流と関係していると思われる。すなわち、底質土の移動に主に関係している流れを底層の流れと考えると、西風による湖流の場合底層では逆流が生じるため、底質土はその流れによって西側に移動する。ところが、図-4および図-5に示したように、西岸近くでは風の分布により流速が弱まるために、その付近の堆積厚が厚くなっていくということである。

4. おわりに

本研究は、底質土の堆積特性と風によって引起される湖流との関係について考察したものであるが、巨視的にはそれを説明することができたと考えている。今後の課題としては、底質土の浮上機構および移動特性、あるいは湖流については湖面上での風の分布の与え方などの検討が必要であろうと思われる。

(参考文献)

1) Lee and Liggett: Computation for circulation in stratified lakes, Proc. ASCE, HY, 1970. 2) 鳥取県: 河川環境整備事業、湖山地浄化工事の内調査委託報告書。

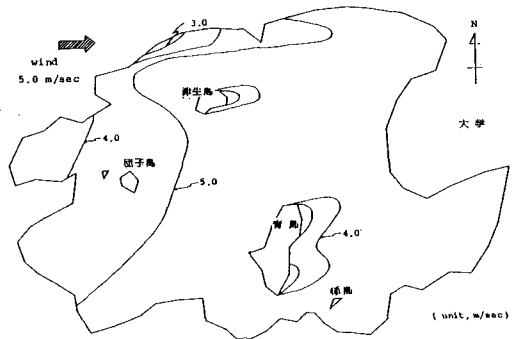


図-3 湖面上での風の分布

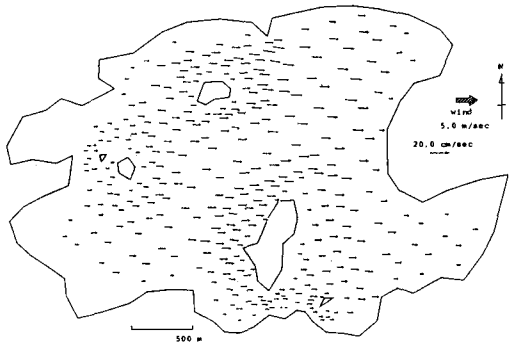


図-4 水面での流速分布

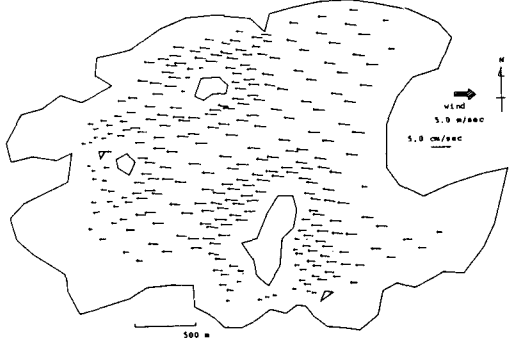


図-5 静水面下 2.0 m での流速分布



図-6 底質土の堆積厚分布