

諏訪湖の湖流解析

信州大学 ○伊藤 正博 相場 建也
信州大学 正会員 富所 五郎 豊田 政史

1) はじめに 近年、諏訪湖は下水道の整備により流入汚濁物質の量が減少し、水質の改善が計られたが、さらに水質の改善を進めるためには富栄養化対策を強力に推進する必要がある。現在、さまざまな行政的対策、産業構造転換など富栄養化対策が取り組まれている。しかし、閉鎖水域は水の入替えに時間を要し、底泥からの汚濁物質の溶出があるため、閉鎖水域は一度汚染されると浄化対策の効果が挙げられないのが現状である。そこで、より効率のよい浄化対策を行うために、閉鎖水域における水理特性を正確に予測することが必要である。本研究では、諏訪湖において風の影響と河川水の流入を考慮した流れ解析を行う。

2) 基礎方程式 本研究では、水平長に比べ水深が小さく湖岸形状の単純な湖の代表的なものである諏訪湖を解析対象とする。基礎方程式を以下に示す。

〔運動方程式〕

〔連続の式〕

$\cdot \frac{\partial u}{\partial t} + L \cdot u = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + D \cdot u + f \cdot v$ (1)

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

$\cdot \frac{\partial v}{\partial t} + L \cdot v = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + D \cdot v - f \cdot u$ (2)

$\cdot \frac{\partial w}{\partial t} + L \cdot w = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + D \cdot w - g$ (3)

ただし、 $L = u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$ $D = \frac{\partial}{\partial x} (A_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_h \frac{\partial}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_v \frac{\partial}{\partial z})$

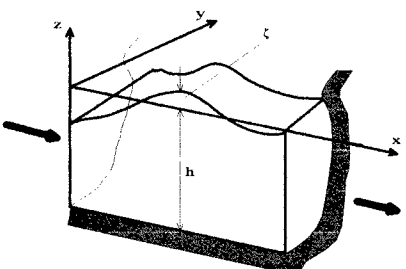
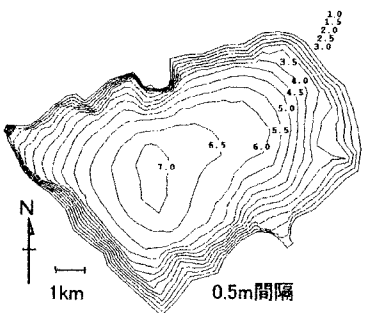


図1 座標の定義

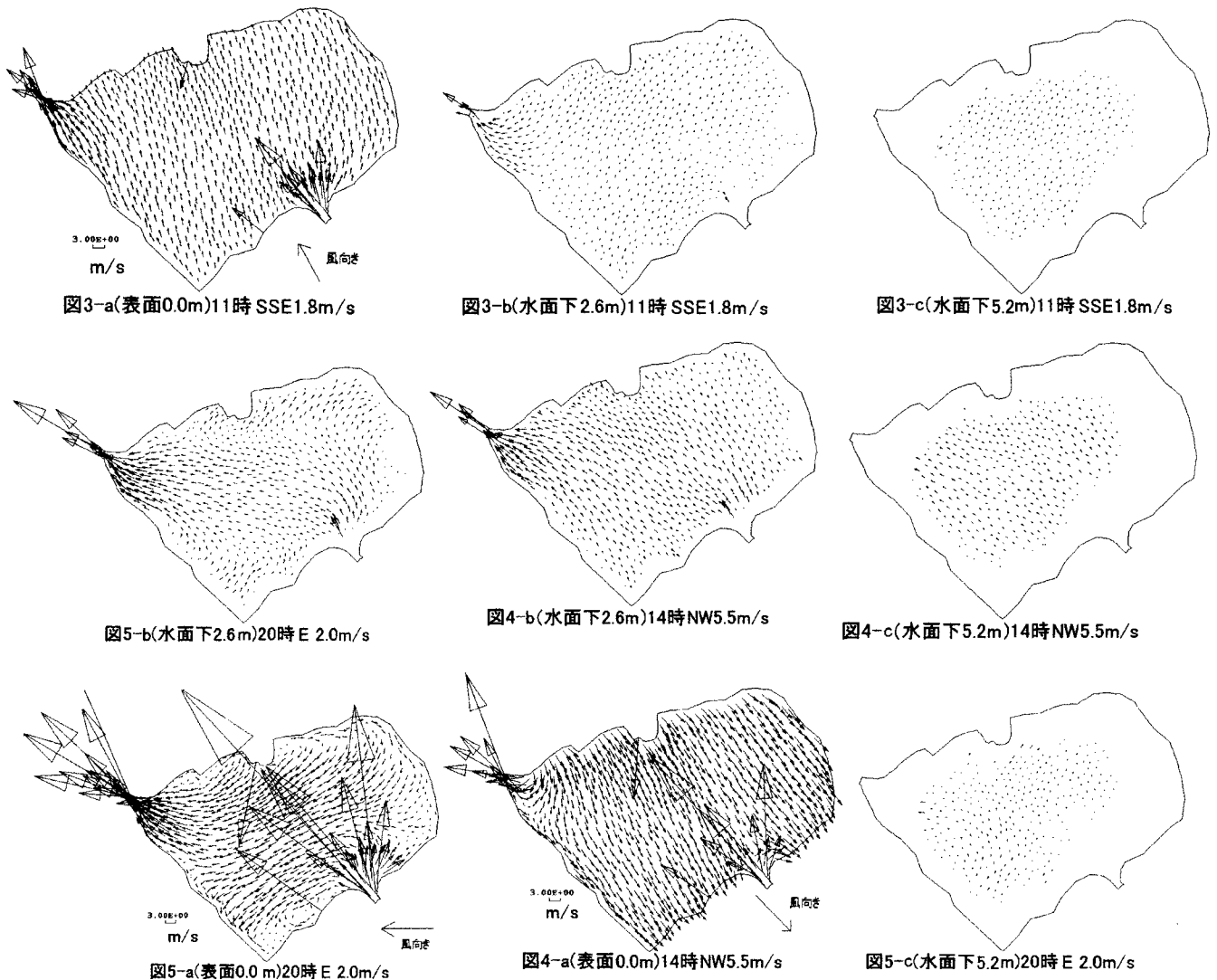
ここで、 u 、 v 、 w : x 、 y 、 z 方向の流速成分 (図1 参照)、 t : 時間、 ρ : 密度、 P : 圧力、 g : 重力加速度、 A_h 、 A_v : 水平、鉛直渦動粘性係数、 f : コリオリ係数である。

上式に静水圧分布を仮定して、準3次元モデルの基礎を導き Galerkin 有限要素法より解析を行う。時間変数に対しては Runge-Kutta 法に従う¹⁾。

3) 計算条件 解析対象の諏訪湖とその解析メッシュを図2に示す。節点6000、要素11689である。なお、流量の変化が大きいと予測される流出入河川の河口付近については細かいメッシュを配置した。風は湖のすべての部分で一様とし、流出入河川以外の湖岸においては流速を0とした。また、水温は一定として解析を行った。風速・風向、流量のデータは、風速と河川流入量の大きさの影響を考察するために、表1に示す1993年の実際の諏訪湖での洪水のものをを用いる。



4) 解析結果 解析対象時間 23 時間の中で、最初の 9 月 9 日 11 時、全体を通して風速が最大となる 14 時、流量が最大となる 20 時について、それぞれ水深 0.0m(表面)、2.6m、5.2m の水平流速のベクトル分布を図 3～図 5 に示す。



これらの結果より、どの時間においても全解析領域で流量より風速・風向の影響が、流れに大きく作用していることがわかる。図 4 の風速が最大となる時間帯において、諏訪湖の全流入量の約 4 割を持つ上川からの流入と北西 5.5m/s の風が逆から向きあっている。閉鎖水域において風の影響を考えず河川からの大きな流入量を仮定した場合、河口近傍で噴流に近い流れが発生するが、図 4 では上川からの流入が直線的に進まず、さまざまな方向に乱されていることから風の影響を強く受けていることがわかる。また、それぞれの水深ごとに注目してみると表面では風向きと同じ向きの流れ、水深 2.6m、5.2m の場合においては逆向きの流れとなっている。これは、水平方向への水の移動による補流であり、表面での水の移動を底層部において補っているものである。さらに、水深が浅い湖岸付近の同一水平面内で、風向きと異なる向きの補流が起きているところもある。

5) おわりに 本研究では、諏訪湖において風と河川水の流出入を考慮した流れ解析を行った。その結果、洪水時の湖水流動は河川流出入よりも風の影響を強く受けることがわかった。今後は、この解析結果を用いて汚濁底泥の動きについて研究を進める。最後に風のデータを提供していただいた長野地方気象台、河川環境管理財団河川環境総合研究所に感謝の意を表する次第です。

【参考文献】1) 富所五郎：水工学シリーズ 91-A-1、有限要素法による水理解析、pp.A-1-7、1991