

II-121

猪苗代湖における湖水流動の検討

日本大学工学部 ○正員 長 岐 高 史

日本大学工学部 正員 藤 田 豊

八戸工業大学 正員 佐々木 幹 夫

日本大学工学部 正員 中 村 玄 正・長 林 久 夫

1. まえがき

近年、猪苗代湖は北部流域を中心として観光市街化が進み自然浄化と流入負荷の均衡が崩れ水質の汚濁が懸念されるようになってきた。これまでに解析条件を任意に定め解析し本湖の湖盆特性にみあった流動を明らかにしてきた。本研究では水質変動が負荷形態の変動と湖水の移流や拡散によって決定づけられていることから流動特性を明らかにするため実際の流量と風の特性を参考として湖水の流動解析を行なった。ここでは特に長瀬川の流量と北部流域からの流量実績により計算条件を経験的に定め、風の特性を考慮に入れ流動解析を試みた。その結果について検討する。

2. 湖の諸元および解析条件

猪苗代湖は湛水面積約 104 km²、周囲長約 54 km、総貯水量約 38.6 億 m³、最大深度約 94m のすり鉢状となっており、北部水域には浅水湖棚域が広がっている。図-1 には猪苗代湖の解析に用いたメッシュ図を示す。要素数は 597、節点数は 359 としている。また湖岸近傍はより詳細に流況を把握するために細かく設定した。また図に示した 4 地点で流量 2 (表-1)、北西の風 15m/s の場合の条件で流速の大きさの比較した。表-1 は流量の条件であり、平常時は流量 1、出水時が流量 2 とした。また風条件については、これまでの観測データから北西および南東の風向とし、風速は 0, 5, 10, 15m/sec の 4 種類に定め流量パターン、風向、風速、時間の組合せによって解析を試みた。

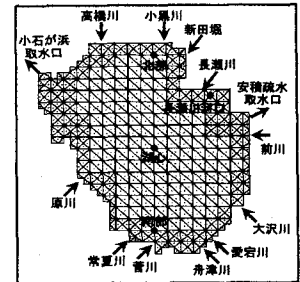


図-1 猪苗代湖概要

3. 基礎方程式

流動解析に用いた運動量の式と連続の式を以下に示す。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial X} + \frac{\partial u}{\partial Y} - f_v + g \frac{\partial \zeta}{\partial X} - A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial Y^2} \right) + g u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial X} + \frac{\partial H}{\partial Y} - \delta (X_0 Y_0) Q_0 = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial X} + v \frac{\partial v}{\partial Y} + f_u + g \frac{\partial \zeta}{\partial Y} - A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial Y^2} \right) + g v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0$$

4. 計算結果

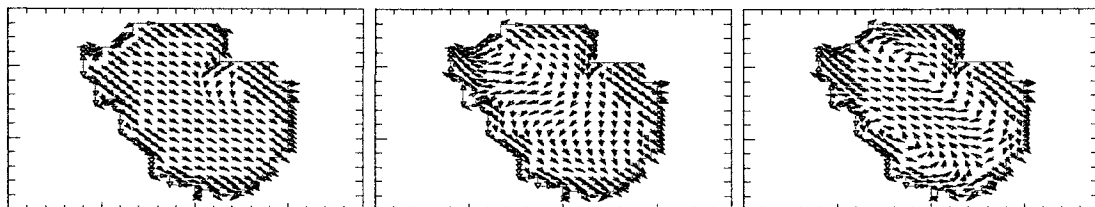
図-2(1)から(3)は流量 2、北西の風 5m/s の条件における 1 時間後の流況図である。図-2(1)は 1 分後の流況図であり、湖全体の流動は一樣に北西の風の影響を受け南東方向を示しているが長瀬川河口は長瀬川の流量の影響が大きいので風の影響を受けていないことがわかる。しかし図-2(2)の 6 分後から取水口ならびに長瀬川の流量の影響や湖盆形状により流況が変化し始め、図-2(3)の 12 分後には同条件の 1 時間後とさほど変わりのない流況図を示した。このことより猪苗代湖の流況は外力条件が安定すると 10 分から 20 分の間にほぼ決定付けられるものと考えられる。

図-3(1), (2)は流量 1 と流量 2、共に無風時 1 時間後の流況を比較した図である。両者とも北部に時計回りの渦が 1 つ形成されていることがわかる。これは西側に小石ヶ浜取水口があるために西側の流動は取水口に進んでおり、さらに長瀬川の流入方向が湖心より東側にあるために渦域がやや北東よりに形成されたものと考えられる。なおそのため北部浅水域では取水口に向かう流れが湖浜にぶつかり岸に沿って東方向の流れになっている。図-3(2)は(1)で流量が増した条件となり湖心の東側(前川, 愛宕川河口沖)の広い範囲にわたり長瀬川の流量の影

f : コリオリ係数
 A_h : 渦動粘性係数
 h : 静止時の水深
 ζ : 静止水面からの鉛直変位
 n : マニングの粗度係数
 g : 重力加速度
 $H = h + \zeta$: 全水深
 Q_0 : 流入河川流量

表-1 流量の外力条件

河川名	流量1	流量4
安積疏水	-3	-30
小石ヶ浜	-50	-500
長瀬川	10	600
新田堀	0.5	5
小黒川	3	30
高橋川	2	20
原川	2	20
常夏川	1	10
菅川	1	10
舟津川	3	30
愛宕川	0	5
大沢川	0.5	5
前川	0.5	5



(1) 流量 2 北西 5m/s 1 分後

(2) 流量 2 北西 5m/s 6 分後
図-2 流量 2 時間変化流況図

(3) 流量 2 北西 5m/s 12 分後

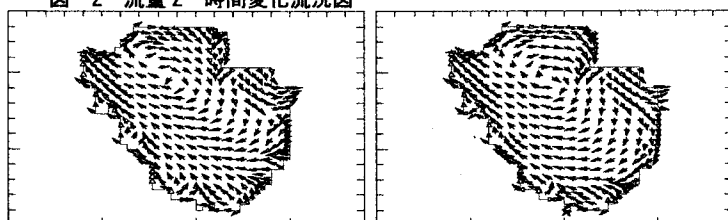
響を受け流れが長距離にわたり南下していることが確認できる。

図-4(1)、図-4(2)は流量 1 と流量 2、共に北西の風 5m/s 時 1 時間後の流況を比較した図である。両者とも渦が 2 つ形成されており、2 つの渦は湖心を通る渦間の南北軸に対して線対称になっていることがわかる。浅水域では風の影響が大きく作用するため湖心周辺の流動と反対の流動が起きている。また図-4(2)に比べ図-4(1)の北側の渦が東側に位置していることがわかる。これは長瀬川の流量の影響が小さく北西の風の影響の方が支配的である

ため北部浅水域からの流動が長瀬川河口水域まで達したためであると考えられる。図-4(3)は流量 2、北西の風 15m/s 時 1 時間後の流況図であり、風の強さは 2004 年に発生した台風接近時の最大風速の実測値を参考にした。図-4(3)を 図-4(2)と比べてみると北側の渦が東側に位置していることがわかる。北西の風 15m/s もの強風が吹くと出水時の長瀬川の流量の影響をほとんど受けないことが確認された。図-5は流量 2、北西の風 5m/s、1 時間後の平面等水位図である。図-4(1)～図-4(3)では共通して湖心周辺の流れが風に逆らうように流れているが、これは北西の風が吹いたためにウィンドセッアップにより南東側湖岸の水位が上昇し等高線の勾配が中心部で急になっているためにこのような流況を示しものと考えられる。ちなみに図-1で示した出水時における 4 地点での流速計算値を求めてみると北部では 0.17m/s、南部では 0.03m/s、湖心では 0.02m/s となり、長瀬川河口では 0.13m/s となった。このことから河口水域を除き浅水域の方が湖心部より流速が速いことがわかった。これによって北部水域では底質巻き上げによる一時的な水質汚濁が発生するものと思われる。

5. まとめ

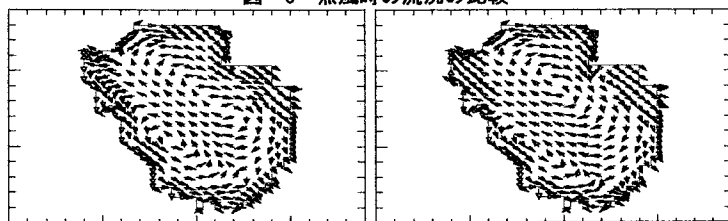
- (1) 流況は外力条件安定後およそ 10～20 分で決定づけられることがわかった。
- (2) どの流量条件においても無風時は渦領域が一箇所のみ形成され、風が吹くことで 2 箇所それぞれ逆回転方向の渦領域が形成されることがわかった。
- (3) 出水時の長瀬川の流量でも台風並みの北西の風 15m/s の強風が吹くと長瀬川の流量の影響をほとんど受けず渦領域が長瀬川河口沖に形成されることが確認された。



(1) 流量 1 0m/s

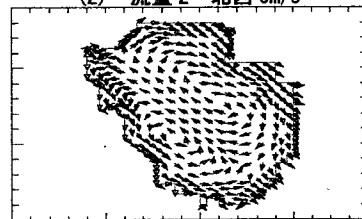
(2) 流量 2 0m/s

図-3 無風時の流況の比較



(1) 流量 1 北西 5m/s

(2) 流量 2 北西 5m/s



(3) 流量 2 北西 15m/s

図-4 北西風 5m/s 時の比較流況図



図-5 流量 2 北西 5m/s 時の
平面等水位図