

猪苗代湖の湖水流動計算(その5)

八戸工業大学 学 ○櫻庭 巧也 今村 智史

八戸工業大学 正 佐々木幹夫

日本大学 正 藤田 豊

1. 研究目的

本研究の目的は猪苗代湖の湖水流動特性を解明することである。これまでに出水時の猪苗代湖内部の流動特性、および風の影響による湖内の流動特性の検討を水深方向に平均した二次元計算で試みてきた。しかし、猪苗代湖は後述のように深さがあり、鉛直方向の速度変化は無視できないのではないかとこの視点で2006年は三次元モデルにより湖水流動特性を検討してきた。本研究では、2006年に引き続き三次元流動モデルを用いて風による湖水流動を調べてみたのでここに報告する。

2. 猪苗代湖概要

猪苗代湖の概要を図1に示した。湖の成因:断層湖、湖沼型:酸栄養、湖沼の標高514m、周囲54km、総貯水量38.6億 m^3 、最大深度94.6m、滞留時間は1,350日となっている。平面形状は北西から南東へ長軸を持つ円形を示している。流入、流出では、日橋川取水口、安積疎水取水口の2箇所が主な流出河川となっており、流入河川としては、長瀬川、高橋川、小黑川、新田堀、原川、菅川、常夏川、船津川、愛宕川、大沢川、前川等がある。特に長瀬川からの流入負荷が多く本湖の水質を支配している。



図1.猪苗代湖概略図

3. 基礎方程式

深さ方向に任意に分割したとき、層内の流れは運動量保存式および連続の式に従うものとしている。運動方程式では上層面と下層面には速度差による摩擦力、ならびに鉛直方向の速度による運動量の出入りによる力が働いている。また、連続の式においては、河川流量や取水および排水流量が点源として考慮されている。深さ方向にN分割したk番目の層における二次元x、y座標のx方向運動方程式(他省略)および連続の式は次のように表される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial M_k}{\partial t} + \frac{\partial(u_k M_k)}{\partial x} + \frac{\partial(v_k M_k)}{\partial y} + w_{k-1} u_{k-1} - w_k u_k &= f N_k + A_h \left(\frac{\partial^2 M_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_k}{\partial y^2} \right) \\ &+ \gamma_u^2 (u_{k-1} - u_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2} - \gamma_\ell^2 (v_k - v_{k+1}) \sqrt{(u_k - u_{k+1})^2 + (v_k - v_{k+1})^2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{ここに、} \quad M_k = u_k h_k \quad N_k = v_k h_k$$

$$\frac{\partial M_k}{\partial x} + \frac{\partial N_k}{\partial y} + w_{k-1} - w_k = \delta Q \quad (2)$$

ここに、u,vはx、y方向の流速、wは鉛直流速、 h_k は層の厚さである。式(1)では、水面上には風応力、底面には固体壁面摩擦応力が働くようにしている。式(2)右辺のQは河川、取水、排水流量を表している。式(1)右辺第1項はコリオリ力、第2項は渦粘性、第3,4項は風応力、流体相互の摩擦力、底面摩擦力による項である。

4. 境界条件

各層の厚さは、上層 0m～10m、中層 10m～20m、下層 20m～94m、風向は西風、東風、風速は 15m、河川流量(平常時)は、安積疎水取水口:5t、日橋川取水口:15t、船津川:1.5t、大沢川:0.5t、愛宕川:0.5t、前川:0.5t、長瀬川:1.0t、新田堀:0.5t、高橋川:1t、原川:1.5t、常夏川:1.5t、菅川:1.0t、小黑川:1.5t と条件を定めている。

5. 結果と考察

図2は、湖心を中心に東西に取った水位図である。時間は、15分後、30分後、45分後としている。図2に示すように西風を受けた時、風の影響で、西側の岸で水位が下がり、徐々に上昇していく傾向がみられる。そして、最後には東側の岸で、下降を示している。岸に近い部分では、水深が浅いため流速が早く、急激な下降や上昇を示す。図3はこの時の湖水流動を模式的に示したもので西側は河口気味に動き、東側は上昇気味に動き、東岸で湖底に潜る動きとなっている。

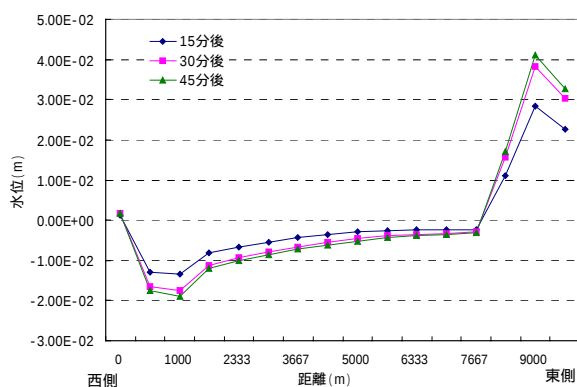


図2 上層西風15 m/sの西東方向水位

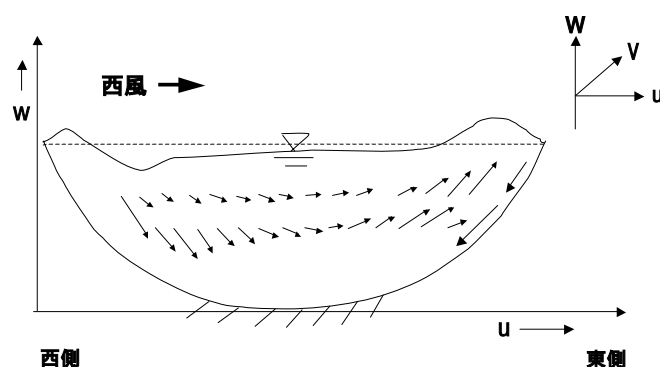


図3 西風時の湖水流動模式図

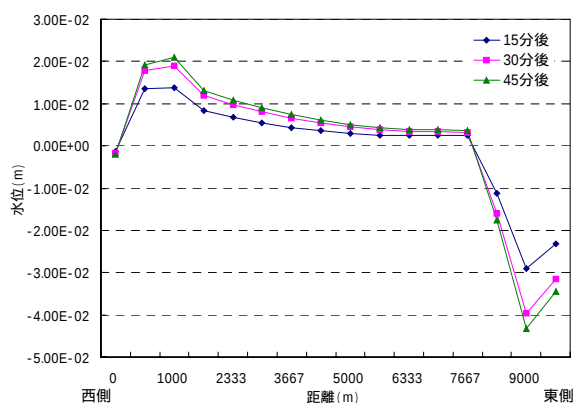


図4 上層東風15 m/sの西東方向水位

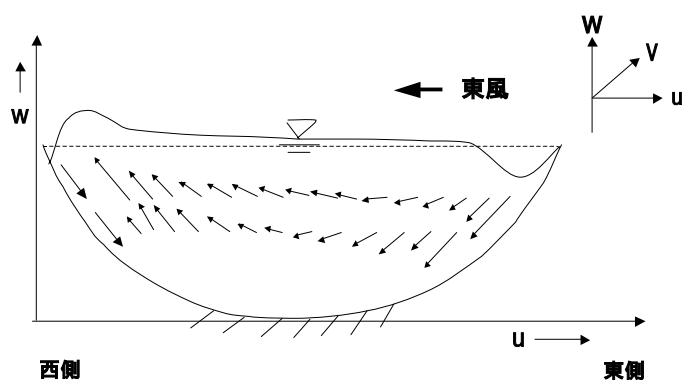


図5 東風時の湖水流動模式図

図4は、湖心を中心に東西に取った上層東風の水位変化を示したものである。東風を受けた時、風の影響で、東側の岸で一旦、大きく水位が下がり、上昇していく傾向がみられる。そして、徐々に上昇を示し、最後には西側の岸で、下降を示している。図5はこの場合の湖水流動を示したもので湖全体で大きな循環をなしている。

6. 結論

風が一様に長時間吹いたときを対象に湖水流動を調べてみた。風向は西風と東風の場合について検討してみた。猪苗代湖の流動は、風の影響も大きことがわかった。