

II-68

猪苗代湖の湖水流動解析

八戸工業大学 学生員 阿部秀人 佐藤正視

日本大学 正会員 藤田 豊

八戸工業大学 正会員○佐々木幹夫 竹内貴弘

1. 研究の目的

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。著者ら（藤田、佐々木）は湖から出る量として2つの取水口、日橋川取水口・安積疎水取水口を選び、流入河川として湖に入る10河川全てを考慮し、流出および流入量を境界条件として与え、湖内の流動特性を調べた。ここでは湖水流動に風がどのように関係しているかを調べ、風のある時と無い時の流動を比較検討する。また、3次元数値計算による3次元の湖水流動特性を調べることにした。

2. 猪苗代湖の概要

猪苗代湖は湖沼面積約104km²、周囲54km、総貯水量38.6億m³、最大深度94.6m、平均深度94.6mであり、滞留時間は3.46年といわれている。平面形状は北西から南東へ長軸を持つ円形を呈している。特に長瀬川からの流入負荷量が多く湖の水質を支配している。

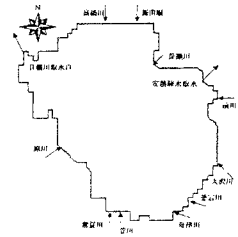


図1. 猪苗代湖

3. 基礎方程式

いま、水位 ζ 、水平方向の流速を u, v 、鉛直方向の流速を w とする。鉛直方向に層分割し、 k 層あるものとする。

各点各層の水平流速 u_k, v_k 、鉛直流 $w_{k-\frac{1}{2}}$ 、および各点の水位 ζ は次式により計算される。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_k h_k u_k \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sum_k h_k v_k \right) = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial u_k}{\partial t} + \frac{\partial (u_k^2)}{\partial x} + \frac{\partial (u_k v_k)}{\partial y} + \frac{1}{h_k} [w w]_{k-\frac{1}{2}}^{k+\frac{1}{2}} = F_{xk} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial v_k}{\partial t} + \frac{\partial (u_k v_k)}{\partial x} + \frac{\partial (v_k^2)}{\partial y} + \frac{1}{h_k} [v w]_{k-\frac{1}{2}}^{k+\frac{1}{2}} = F_{yk} \quad (3.3)$$

$$w_{k-\frac{1}{2}} = w_{k+\frac{1}{2}} - h_k \frac{\partial u_k}{\partial x} - h_k \frac{\partial v_k}{\partial y} \quad (3.4)$$

ここに、 u_k, v_k は第 k 層の水平流速成分、 $w_{k-\frac{1}{2}}$ は第 k 層から第 $(k-1)$ 層への鉛直流速、 h_k は第 k 層の

層厚、 F_{xk}, F_{yk} は第 k 層における x および y 方向の外力である。

4. 計算方法

計算はFEMを用いて行った。8通りの条件で計算を行った。CaseDの場合は大洪水に相当し、取水が(安積疎水、日橋川)が100m³/s、10の河川(長瀬川、新田川、高橋川、原川、常夏川、菅川、舟津川、愛宕川、大沢川、前川)からの流入が100m³/sとしている。CaseBの場合は、大雨のことを考えてみて取水が0m³/s、河川からの流入を50m³/sとした。CaseCの場合は取水が50m³/s、河川から流入を0m³/sとして平常時取水ということにしている。CaseAの場合は取水が10m³/s、河川から流入を5m³/s 中雨程度の通常取水としている。

CaseE,F,G,H は、CaseA,B,C,D の計算条件に加え風速 $5\text{m}^3/\text{s}$ 、風向き NNE を考慮したものである。風がある時と無い時とを比較検討し、風の影響と湖水流動との関連について調べる。

5. 二次元計算による風と湖水流動の関係

CaseB,D の場合は、大雨という条件であることから似たような流況となった。これは CaseB,D に風を計算条件に加えた CaseF,H にも言えることで CaseF は CaseH よりも風の影響を受けたためか湖央から南西部にかけて左回りの渦が見られるようになるが CaseF,H の流況にそれほど大きな差はなかった。これは流入河川の影響が強いためと考えられる。大洪水に相当し、取水量、流入量の多い CaseD,H では流況より、流れは南部において北向き、湖央で西向き、北部で北西へ向かう流れが卓越している。北東ならびに北に位置する長瀬川、高橋川そして南東の大沢川、舟津川からの流入がともに日橋川取水口に向かう流況となった。CaseA,C と CaseE,G を比較してみると、CaseA,C では安積疎水取水口に流れが生じているが、CaseE,G は共に湖央から東部において右回りの渦が見られ CaseA,C とはまったく異なった流況となった。これは、CaseB,D や CaseF,H に比べ降水量が少な目の条件で河川からの流入が少ないために風の影響を強く受けたためだと考えられる。降水量が少な目の場合の CaseA,C と CaseE,G は CaseB,D と CaseF,H とは全く異なる流動となった。

水位については、猪苗代湖にもっとも影響している長瀬川、2ヶ所の取水場（安積疎水取水口、日橋川取水口）、他に湖心、常夏川の5ヶ所を検討してみた。水位においても風がある時とない時とを比較検討し、風の影響と水位の変動との関連について調べる。

CaseA, CaseE の水位は、中雨程度の通常取水ということで風がない CaseA では水位が多少上昇したがそれほど大きな変化がなく、風がある CaseE では水位が上昇している。CaseB, CaseF の水位は、大雨という条件から、時間の経過にともない水位が上昇している。風のある CaseF の方が水位上昇の度合いが多少大きい、それほど水位上昇に大きな差はなかった。CaseC, CaseG の水位は、平常時取水で河川からの流入がなく取水だけがあるために湖から出る量だけ取水口の水位が下がり流入河川、湖心の水位はあまり変化しなかった。風がある時とない時ではそれほど水位に変化はなかった。CaseD, CaseH の水位は、大洪水という条件から CaseB,F と似たような水位となっており、CaseB,F より水位上昇が大きい。

計算条件において流入河川 10ヶ所全てにおいて同じ流量を与え、風がある時とない時の湖内の流動特性を検討してみた。風がない時では、河川の影響が強いと、日橋川へ向かう流れが卓越し、取水量が多いと安積疎水取水口へ向かう流れも顕著になっていたが、風がある時では、風の影響により日橋川、安積疎水取水口への流れが生じずらくなった。取水、河川からの流入量が大きいほど風の影響を受けずらくなり、逆に河川からの流入量が少ないと風の影響を受けやすくなる結果となった。今後は計測時間を延長し、また風速がもう少し強い時や、いろんな方角からの風を想定して計算する必要があると思われる。

6. おわりに

水質の現地観測結果は上層内の移流による湖水流動が支配的であるとも考えられるものとなっている。しかし、二次元計算では風は湖水流動に大きな影響を及ぼしており、そこで鉛直方向の流速も考慮して三次元の数値計算により鉛直方向の流動を調べることを試みた。三次元計算結果は発表時に示す予定である。

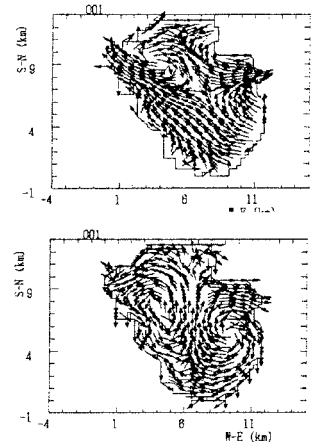


図2 平常時取水を想定した CaseC と風を加えた CaseG