

II-125

猪苗代湖の湖水流動解析に関する研究(4)

八戸工業大学大学院 学○遠藤 克徳

八戸工業大学 正 佐々木幹夫

日本大学 正 藤田 豊

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。昨年度は流出量として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11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、湖内の流動特性を二次元で調査した。ここでは藤田氏の猪苗代湖調査結果を基に、踏まえ風向風速、流観実績によってより現実に近い外力条件に当てはめ三次元流動解析を行った。湖水流動に風がどういった影響を与えるかを調査し、西風、東風の流動を検討する。

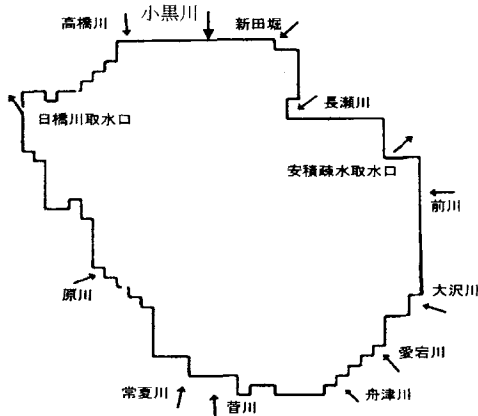


図-1 猪苗代湖の図

2. 猪苗代湖の概要

猪苗代湖は福島県を中心に位置し、湖沼面積約104km²、周囲54km、総貯水量38.6億m³、最大深度94.6mであり、滞留時間は3.46年となっている。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箇所が主な流出部となっており、流入河川としては、長瀬川、高橋川、小黒川、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量が多く本湖の水質を支配している。

3. 基礎方程式

変数説明

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 鉛直流速 $w_{k-\frac{1}{2}}$ および各点の水位 ζ は次のように表される。

x, y, z 座標 u_i, h_i i 層の x, y 方向流速 w_i i 層と $i+1$

層間の鉛直流速 $M_i = u_i h_i$ i 層の x 方向線流量 $N_i = v_i h_i$ i 層の y 方向流量 $(wu), (wv)_{zi}$ i 層と $i+1$ 層間の鉛直流速と水平流速の積 h_i i 層の厚さ A_h 水平渦動粘生係数 g 重力加速度 f コリオリカ r_b 湖底摩擦係数

ρ = 水の密度 1000kg/m³

ρ_a = 空気の密度 1.2kg/m³

u_w = 風の世界度 u の x 成分 (m/s)

v_w = 風の世界度 u の y 成分 (m/s)

γ_b^2 湖底面摩擦係数

$$\tau_0 = \frac{C_f}{2} \rho u \left| \vec{u} \right|$$

$$\tau_{0x} = \frac{C_f}{2} \rho u \left| \vec{u} \right| \quad \left| \vec{u} \right| = \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$\tau_{0x} = \frac{C_f}{2} \rho u_3 \left| \vec{u}_3 \right| \quad C_f = 0.02$$

$$\tau_{0y} = \frac{C_f}{2} \rho v_3 \left| \vec{u}_3 \right|$$

$$\gamma_b^2 = \frac{C_f}{2}$$

γ_i^2 内部摩擦係数

$$\tau_{23x} = \frac{c_f}{2} \rho (u_2 - u_3) \left| \vec{u}_2 - \vec{u}_3 \right|$$

$$\left| \vec{u}_2 - \vec{u}_3 \right| = \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2}$$

$$\tau_{23y} = \frac{c_f}{2} \rho (v_2 - v_3) \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2}$$

$$\gamma_i^2 = \frac{C_f}{2}$$

$$C_f = 0.01$$

γ_s^2 表面摩擦係数

$$\tau_{sx} = \frac{C_f}{2} \cdot \frac{\rho_a}{\rho} (u_w - u_i) \sqrt{(u_w - u_i)^2 + (v_w - v_i)^2}$$

$$C_f = 0.02$$

$$\gamma_s^2 = \frac{C_f \rho_a}{2 \rho}$$

表層

$$\begin{aligned} & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} - (wu)_{z2} \\ &= fN - gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (u_w - u_i) \sqrt{(u_w - u_i)^2 + (v_w - v_i)^2} \\ & \quad - \gamma_i^2 (u_i - u_s) \sqrt{(u_i - u_s)^2 + (v_i - v_s)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial(uN_1)}{\partial x} + \frac{\partial(vN_1)}{\partial y} - (wv)_{z1}$$

$$\begin{aligned} &= fM - gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 N_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_1}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (v_w - v_i) \sqrt{(u_w - u_i)^2 + (v_w - v_i)^2} \\ & \quad - \gamma_i^2 (v_i - v_s) \sqrt{(u_i - u_s)^2 + (v_i - v_s)^2} \end{aligned}$$

中層

$$\frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial(u_2 M_2)}{\partial x} + \frac{\partial(v_2 M_2)}{\partial y} + (wu)_{z1} - (wu)_{z2}$$

$$\begin{aligned} &= fN_2 - gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (u_i - u_s) \sqrt{(u_i - u_s)^2 + (v_i - v_s)^2} \\ & \quad - \gamma_i^2 (v_2 - v_3) \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial(v_2 N_2)}{\partial x} + \frac{\partial(v_2 N_2)}{\partial y} + (wv)_{z1} - (wv)_{z2}$$

$$\begin{aligned} &= fM_2 - gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (v_i - v_s) \sqrt{(u_i - u_s)^2 + (v_i - v_s)^2} \\ & \quad - \gamma_i^2 (v_2 - v_3) \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2} \end{aligned}$$

下層

$$\frac{\partial M_3}{\partial t} + \frac{\partial(u_3 M_3)}{\partial x} + \frac{\partial(v_3 M_3)}{\partial y} + (wu)_{z2}$$

$$\begin{aligned} &= fN_3 - gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 M_3}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_3}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (u_2 - u_3) \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2} \\ & \quad - \gamma_b^2 u_3 \sqrt{u_3^2 + v_3^2} \end{aligned}$$

$$\frac{\partial N_3}{\partial t} + \frac{\partial(u_3 N_3)}{\partial x} + \frac{\partial(v_3 N_3)}{\partial y} + (wv)_{z2}$$

$$\begin{aligned} &= fM_3 - gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 N_3}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_3}{\partial y^2} \right) + \gamma_i^2 (v_2 - v_3) \sqrt{(u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2} \\ & \quad - \gamma_b^2 v_3 \sqrt{u_3^2 + v_3^2} \end{aligned}$$

連続の式

表層

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial y} - w_1 = 0$$

$$M_1 = u_1 h_1$$

$$N_1 = v_1 h_1$$

中層

$$\frac{\partial M_2}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} + w_1 - w_2 = 0$$

$$M_2 = u_2 h_2$$

$$N_2 = v_2 h_2$$

下層

$$\frac{\partial M_3}{\partial x} + \frac{\partial N_3}{\partial y} + w_3 = 0$$

$$M_3 = u_3 h_3$$

$$N_3 = v_3 h_3$$

今後の課題

三次元解析プログラムを確立し、平常時の河川流量、取水、風向風速を考慮した湖沼内の流動を確立していく。それにより、猪苗代湖の流動特性を解明する。