

猪苗代湖における湖水の流動

日本大学工学部 正 員 藤 田 豊 正 員 佐々木 幹 夫
 ○学生員 野 尻 亨 正 員 中 村 玄 正
 高 橋 康 弘 鈴 木 英 之

1. まえがき

湖沼の水質状況を継続的に観測し、その特性を究明するには、その現象と深く関わりを持つ湖水の流動特性を調べる事が重要である。また湖周辺からの流入水の変化の要因によっては水質の時空間変動は流動に伴い複雑になることも考えられ、この場合、水環境への影響評価として有限要素法などの流れ数値解析の手法が必要不可欠となってくる。著者らは猪苗代湖を対象として1996年6月より現地観測を始めており、湖心における水質特性等を検討してきている^{1)~3)}。本報告では湖水流動に関し、その流動を支配する基礎方程式を示し、取水、出水などの初期条件下で計算された解析結果について検討する。また、流速観測を行ったのでその結果についても報告する。

2. 計算方法

数値計算により、湖水がどのように流動しているか検討してみる。用いた基礎方程式は、次のように運動量保存方程式（1）、（2）と連続の式（3）である。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} + f v - \frac{(u^2 + v^2)^{1/2}}{(\xi + h) C^2} u + A_h \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - f u - \frac{(u^2 + v^2)^{1/2}}{(\xi + h) C^2} v + A_h \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \quad (2)$$

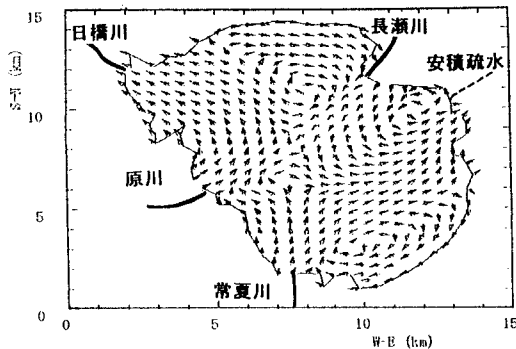
$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial Hu}{\partial x} + \frac{\partial Hv}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

ここに、
$$C = \frac{1}{n} h^{1/6}, \quad H = h + \xi$$

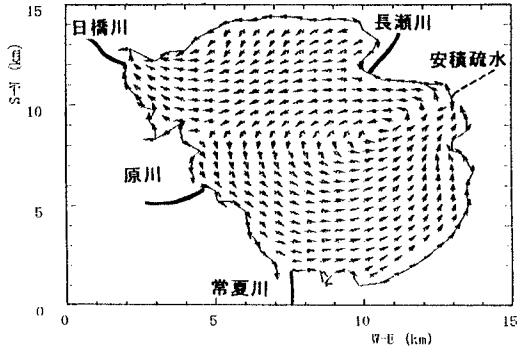
ここで、 x, y は水平面内にそれぞれ東向きおよび北向きにとった座標軸で、式（1）、（2）の左辺第1項は非定常項、第2項および第3項は移流項、右辺第1項は重力項、第2項はコリオリ項、第3項は底面摩擦項、第4項は渦動粘性項を表しており、 f はコリオリ係数、 A_h は渦動粘性係数、 h は静水時の水深、 ξ は静止水面からの鉛直変位、 n はマンニングの粗度係数、 g は重力加速度、 H は $H = h + \xi$ である。

3. 湖水流動特性

これらの基礎式では非定常計算式により、空間については有限要素法を用い、時間については差分法を用い、差分スキームはAdams-Bashforth法を用いている。流入を3河川（長瀬川、原川、常夏川）、流出を2個所の取水口（日橋川、安積疏水）としている。計算結果の一例を以下に示す。要素分割では要素数809、節点数448とした。表-1は計算条件である。図-1は取水口の水位を50cm下げた時の流況（CASE1）、図-2は図-1に示した条件に加えて、河川からの出水がある時の流況（CASE2）を示したものである。図-1（CASE1）は取水が湖水流動に与える時の影響を示し、図-2（CASE2）は降雨による出水があった時に見られる流況を示しているものと考えられる。図より、



図－１ 取水の場合の１時間後の流況図



図－２ 取水と出水の場合の３０分後流況図

湖水の流動として以下の特徴があるものといえよう．図－１はCASE １の条件の入力における１時間後の流況図である．本図より数値的には非定常状態は継続するものの１時間後にはほぼ安定した流況になっており，北部の遠浅水域では時計回りの流れとなっている．原川流入部からは日橋川取水口へ向かう流れが，常夏川流入部からは北東の安積疏水へ向かう流れと南部で時計回りの流れが形成されている．また長瀬川流入部からの流れは安積疏水取水口に向かっており，全体的に流れはかなり複雑である．一方，図－

２は取水と出水の両方を考慮した場合の３０分後の流況図である．これより，長瀬川の流れは日橋川取水口方向へ西進しそれ以南水域では大規模な反時計回りの流動となっており安積疏水取水口へ向かう流れも存在する．

４．観測結果

図－３は，８月１９日の任意測点における水面下１ｍでの流速をベクトル表示した一例である．図より全体として複雑な流れであるが，湖心を中心として反時計回りをしていると思われる．前日までの降水量がほとんどなく，長瀬川・原川・常夏川の出水の影響は考えにくいことから，複雑に吹く風の影響が大きいと思われる．図－２の流況図と比較すると類似した結果と考えられるが，さらに十分なデータの収集と気象条件等を加え，計算精度を検討する必要がある．

５．まとめ

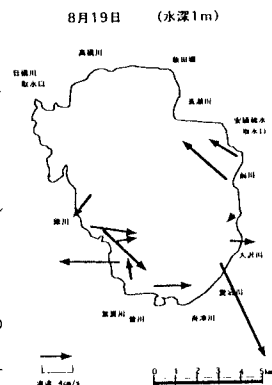
湖水流動の基礎式による計算結果より，取水のみの場合と取水と出水のある場合では流況が大きく異なっていることがわかった．また，流況図より比較的流入量の多い河川ではその流入規模によっては湖心まで流れが到達することもあり得ることがわかった．今後，流動を支配している流入出条件および気象条件等の外力因子を組み込み，より多くの実測値との比較により計算精度を検討していかねばならない．また，関連して酸性河川長瀬川からの流入負荷の拡散混合現象についても検討する．

参考文献

- 1) 藤田・平山・中村：猪苗代湖の水温・水質変動特性，日本大学工学部学術研究報告会概要集，1996. 12
- 2) 寺島・藤田・平山・中村他：猪苗代湖における水溫・水質変動，東北支部技術研究発表会講演概要，1997. 3
- 3) 藤田・佐々木・平山・中村：猪苗代湖の水質・湖水流動特性，日本大学工学部学術研究報告会概要集，1997. 12

表－１ 計算条件

計算条件	
取水	日橋川の水位を50cm下げる 安積疏水の水位を50cm下げる
出水	原川の水位を20cm上げる 常夏川の水位を20cm上げる 長瀬川の水位を20cm上げる



図－３ 水深１ｍにおける観測流速分布