

猪苗代湖流域三湖における水温予測モデルの検討

日本大学大学院 学生員 ○山本 洋一
日本大学工学部 正 員 長林 久夫

1. はじめに

湖沼の水温構造は、湖の生物、化学的な特性に大きな影響を及ぼしている。水温成層が形成されると、鉛直方向の混合は妨げられ、下層において酸素の供給不足による貧酸素水塊を形成し、湖底からの栄養塩溶出が行われ、水質を悪化させる要因となる。

本研究では、湖の特徴が大きく異なる桧原湖、小野川湖、猪苗代湖に着目し、水温の再現計算を行い計算の妥当性の検討と、各湖の水温構造を比較し、本モデルの問題点を示し改善していくものである。

2. 対象流域概要

図-1 に猪苗代湖流域の概要を示す。表-1 に猪苗代湖、桧原湖、小野川湖の諸元を示す。

長瀬川流域最上流に位置する桧原湖は、主な流入河川として大川入川、長井川、吾妻川がある。長瀬川流域の桧原湖と秋元湖の間に位置する小野川湖

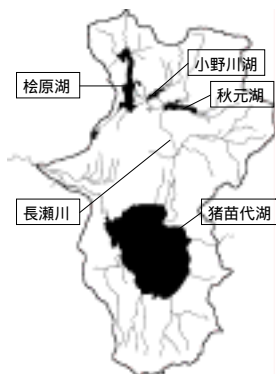


図-1 猪苗代湖流域図

は、主な流入河川として小野川、中ノ沢川、桧原川、新川がある。小野川湖は流入、流出量が非常に多い。猪苗代湖は、長瀬川最下流に位置しており、主な流入河川の長瀬川は、猪苗代湖の総流入量の 50% を占めている。

3. 数値計算

支配方程式

水温成層の形成や崩壊の過程を検討するために種々のモデルが提案されているが本的な鉛直一次元熱輸送方程式を用いる。¹⁾²⁾³⁾

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z} \left(K_z \frac{\partial T}{\partial Z} \right) - \frac{1}{\rho_0 C_p} \frac{\partial q(Z)}{\partial Z} \dots (1)$$

ここで、 T : 水温()、 t : 時間(day)、 Z : 水深(鉛直下向き)(m)、 K_z : 拡散係数(m^2/day)、 ρ_0 : 基準密度(kg/m^3)、 C_p : 水の比熱($4.185 \times 10^3 \text{ J}/\text{kg}/\text{K}$)である。短波放射の深さ方向への分布である熱源関数は、一般的に次式で表される。

$$q(Z) = (1 - \beta) Q_s \exp(-\eta Z) \dots (2)$$

ここで、 $q(Z)$: 短波放射量のうち水中に入射する量($\text{J}/\text{m}^2/\text{day}$)、 η : 消散係数、 β : 短波放射のうち水表面近傍で吸収される割合、 Q_s : 太陽からの短波放射量($\text{J}/\text{m}^2/\text{day}$)、ここで拡散係数 K_z は以下の式を用いた。

$$K_z = \kappa u_{*s} Z P_r^{-1} \exp(-k_* Z) f(R_i) \dots (3)$$

ここで、 κ : カルマン定数、 u_{*s} : 水面摩擦速度、 P_r : 中立状態の乱流プラントル数、 k_* : 摩擦速度の減衰係数、 $f(R_i)$: 成層関数である。

また、数値安定性の基準である K_z の上限を以下の式を用いた。

$$K_z \leq (\Delta Z)^2 / 2 \Delta t \dots (4)$$

ここで、 ΔZ : 水深間隔、 Δt : 時間ステップである。

表-1 桧原湖・小野川湖・猪苗代湖諸元

	桧原湖	小野川湖	猪苗代湖
標高	822m	797m	514m
面積	10.4km ²	1.4km ²	103.9km ²
流域面積	106.4km ²	40.5km ²	820.2km ²
容積	127.6 × 10 ⁶ m ³	11.8 × 10 ⁶ m ³	3859 × 10 ⁶ m ³
回転率	1.2回/年	21.9回/年	0.27回/年
流入量	3.27m ³ /s	10.07m ³ /s	38.01m ³ /s
最大水深	30.5m	22m	93.5m

4. 計算過程

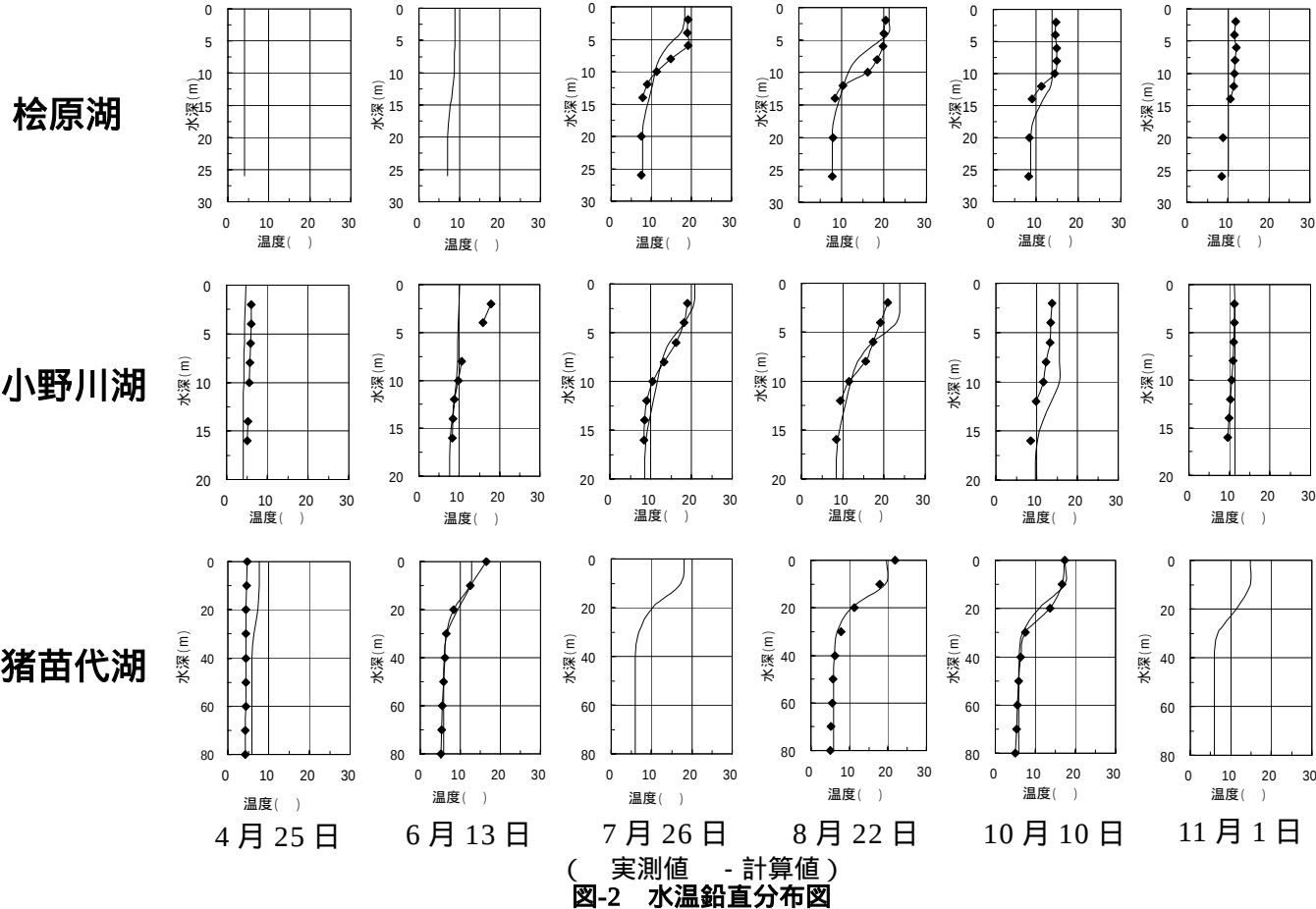
計算に用いた気象データは、2003 年の気象月報値を用いた。桧原湖、小野川湖は桧原観測所、猪苗代湖は猪苗代観測所のデータを用いた。各湖の計算パラメータを表-2 に示す。

風速は実測値を再現できるよう試行錯誤によって求め、気象月報値を数倍して用いた。また、数値安定性の基準である K_z をできるだけ実測値に近い値を取れるよう、 K_z の上限を決める因子である計算の時

キーワード：水温予測、熱収支、移流熱

連絡先：〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学工学部水環境システム研究室 024-956-8724(TEL,FAX)



間ステップを以下のように定めた。消散係数を決める
透明度は以下の通りである。

表-2 計算パラメータ

	最大水深	鉛直メッシュ	風速	時間ステップ	透明度
桧原湖	30m	2m	3.7倍	0.01day	5m
小野川湖	20m	2m	3.5倍	0.01day	3m
猪苗代湖	90m	5m	2倍	0.1day	8m

5. 結果及び考察

図-2 に猪苗代湖流域三湖の水温鉛直分布図を示す。
桧原湖と小野川湖を比べると、同じ観測所の気象データを使い、最大水深、風速、透明度のパラメータの違いを与え計算したが、気象月報の測定器は桧原湖湖畔に設置しており、水温測定地点である湖心では風速はもっと大きくなることから、特に風速の倍率は大きな影響があった。桧原湖は小野川湖に比べ、水面積が大きいいため、風速の倍率も大きく与えた。7,8,10 月の実測値を比べると、小野川湖は桧原湖よりも温度変温層の温度勾配が緩やかである。これは湖沼回転率が大きい小野川湖では移流熱による拡散の影響が大きいためである。そのため、小野川湖の計算値は移流熱を考慮していないために実測値よりも急勾配に示された。小野川湖は 6 月の上層では、計算値は実測値より低い値

を示した。これは熱収支量を一年通して、sin カーブで与えているため、実際の熱収支量より低い値を与えたためであると考えられる。桧原湖は他の二湖に比べ、夏期においても表面から 6m まで同程度の水温であった。これは夏期による風速が強いものと考えられ、計算値が良好に示されていないのは風速がうまく表現されていないことが考えられる。猪苗代湖では計算値は実測値をほぼ良好に示した。風速や拡散係数を実測値に近い値を与えられたものと考えられる。湖沼回転率が低い湖では移流熱の影響はほとんどないと言える。

6. 終わりに

猪苗代湖流域三湖の水温構造の特徴が明らかになった。また、計算を行った結果、その特徴の違いから水温予測モデルの修正点が明らかになった。今後は、移流熱を考慮した水温予測モデルの検討や詳細な現地データを計測し、風速や熱量を正確に与える必要がある。

<参考文献>

1) 水理公式集、土木学会 昭和 60 年度版
2) 新井正・西沢利栄著：水温論、共立出版
3) 小川裕正：日本大学工学研究科、平成 11 年度修士学位论文