

小野川湖における水温構造に関する検討

日本大学大学院 学生員 ○小川 裕正

日本大学工学部 正会員 長林 久夫

1.はじめに

水温は理化学的性質の中で最も基本となるものであり、湖沼において水温は、水の運動やその化学的性質及び生物分布に大きな影響を及ぼしている。また湖沼の水質を特色づけるのは、夏期における水温成層である。小野川湖においても明確な水温成層が形成されるが、今年8月の集中豪雨によって成層の一時的崩壊が確認された。そこで湖内での熱の増減、また流入・流出による熱収支の検討を行った。

2.小野川湖概要

小野川湖は中栄養のリン制限下にある山間地湖沼であり上流側に桧原湖、下流域に秋元湖が位置している。湖の規模は小さく、湖水の回転率は20回/年程度というものの、夏期には明確な水温成層を形成する。主な流入河川は小野川・中ノ沢川、上流の桧原湖より流量調整されている桧原川・新川の4河川である。主な流出口は、下流の秋元湖との落差を利用した小野川発電所に通じる導水路である。

3.水温と降雨の検討

湖最深部における2m間隔での水温時系列分布図を図-1に、平成10年8月の桧原観測所での降水量分布図を図-2に示す。月間の総降雨量は900mmを越えていて、100mm/日を越す豪雨が数回見られている。8月7日3時頃には深度12mの水温が表層とほぼ同程度になっており成層の崩壊が確認できる。6日、7日の100mm近い降雨によることが推定できる。その後表層における成層の回復は早いが、深水層においては回復が遅くなっていることがわかる。

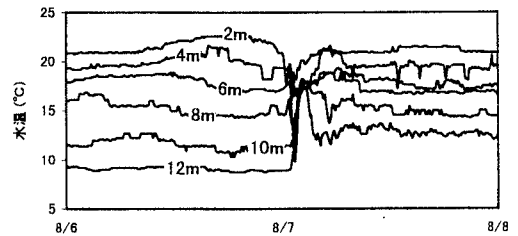


図-1 最深部水温時系列図

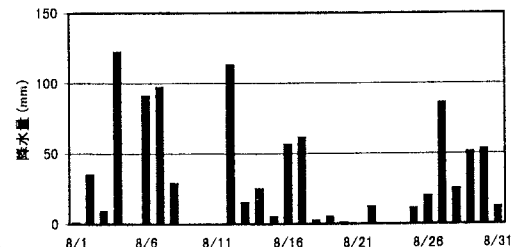


図-2 月総降雨量図

4.熱収支の計算

1)支配方程式

単位時間の熱量変化は(1)式のように表される。

$$C \cdot \rho \cdot D \cdot \frac{d\theta}{dt} = \Delta Q \quad (1)$$

ここで、 C : 水の比熱($=4.185 \times 10^3 \text{ J/kg/K}$)、 ρ : 密度(Kg/m^3)、 D : 水深(m)

水中の各深度における水温変化を $\partial\theta/\partial t$ とすると、流入・流出のない理想的な湖沼の熱収支は(2)式となる。

$$C \cdot \rho \int_0^B \left(\frac{\partial\theta}{\partial t} \right) dz = R + H + LE \quad (2)$$

ここで、 B : 湖の深さ(m)、 R : 有効長波放射量、 H : 顕熱量、 LE : 潜熱量

また、深度がそれぞれ異なるので、単位面積当たりで計算するために(3)式が適応される。

$$C \cdot \rho \int_0^B \left(\frac{\partial\theta}{\partial t} \right) dz = \Delta Q = C \cdot \rho \sum_{i=0}^B S_i \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right) \Delta z / S_0 \quad (3)$$

ここで、 i : 各深度、 S_i : 各深度の水面積(m^2)、 S_0 : 表面積(m^2)、 Δz : 各深度間の厚さ、 S_i : 各深度の水面積(m^2)
(2)式は熱の流入・流出のない湖沼のものであるが、小野川湖においては流入・流出水量が多くこれにともなって

移流熱が生じる。移流熱を A で表すと、移流がある場合の熱収支式は次のようになる。

$$\Delta Q = R + H + LE + A \quad (4)$$

流入・流出水および熱量は連続であり、移流熱量は(5)式のようになる。

$$A = C \cdot \rho \frac{(\theta \cdot q)_{IN} - (\theta \cdot q)_{OUT}}{S_0} \quad (5)$$

2) 支配方程式の小野川湖への適応

図-3 に 98 年 8 月の夏期における降雨と熱収支の分布図を示す。例年になく 8 月の降水量が多く湖内における熱量の増減が著しいが、降雨のない時期においても大きな熱量の変化が見られる。このことより熱量の変化は降雨だけに関係するものではないことがわかる。

図-4 に流入河川と湖内の熱量を示す。自然流域河川である小野川・中ノ沢川を破線で示す。この図より自然流域河川からの熱量は非常に小さいことがわかる。また細

線で示した桧原湖の湖水を流下する桧原川・新川は大きな熱量を有している。これは、桧原湖からの河川水温が流域河川より高いことと流入量が多いことによっている。流入河川における水温の計測は、94 年に行っており図-5 に示す気温と水温の相関関係より流入水温を算定し流入熱量を求めた。また流出口の水温については、計測をおこなっていないために湖内の熱量と流入河川の熱量の差に等しい流出量を計算し、

その結果 4m 層の水温を流出熱量の計算に使用した。桧原川・新川は桧原湖に貯留された水が流下するために、自然河川である小野川・中ノ沢川に比べ水温が高いことがわかる。小野川湖においては、流入・流出量が多くこれにともなって移流熱が発生する。図-6 に移流熱量と湖内熱量の分布を示す。大きな降雨がみられた、8 月 4 日、8 月 6 日、7 日には、移流熱が大きく、負となっている。一方 8 月 19 日、23 日など正の移流熱がみられる。移流熱で正のものは主として上流の桧原湖からの流入が、負のものは流域によるものがわかる。8 月 4 日、8 月 6 日、7 日の負の移流熱が大きく水温構造に関係したことがわかる。しかし正確な熱収支の計算をおこなうには、気象条件や河川水の流入位置、また取水口の位置など多くの要素が重要であると思われる。

おわりに

- ① 桧原湖からの流入水温・熱量が自然河川流域に比べ大きくこのため表層では成層の回復が深水層に比べ早い時期に起こる。
- ② 夏期の小野川湖においては、移流熱が支配的である。

参考文献

- 1) 藤木 武 小野川湖における水温構造と水質特性に関する研究 日本大学工学研究科 修士論文 平成 9 年度
- 2) 新井 正・西沢 利栄 著 水温論、共立出版、1974, pp27-29、pp154-155

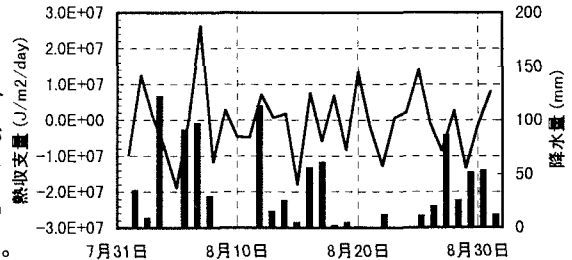


図-3 降雨と熱量の関係

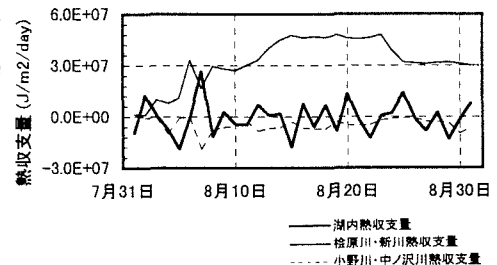


図-4 流入河川熱量と湖内の熱量関係

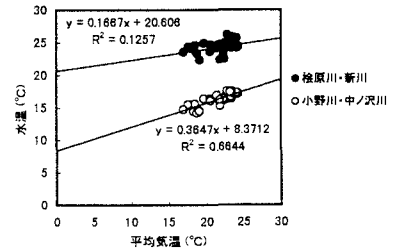


図-5 気温と水温の相関関係

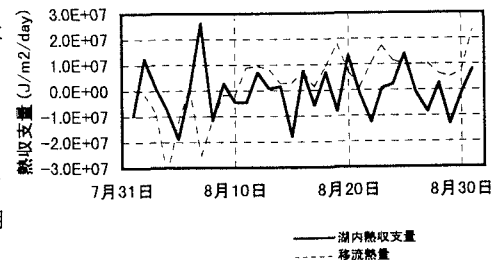


図-6 移流熱量と湖内の熱量関係