

II-62

小野川湖における水温構造の検討

日本大学大学院 ○学生員 藤木武
 日本大学工学部 正員 長林久夫・木村喜代治

1.はじめに

閉鎖性水域において夏期に水温躍層が生じると、上下層の対流は抑制され、深水層で貧酸素から無酸素状態になることは知られている。そして、この水温躍層を境にして生物活動が異なってくる。このことより水温構造を把握することは様々な反応系を予測する上で非常に重要である。そこで、本研究では福島県裏磐梯地区に位置する小野川湖を対象として水温構造に関する検討を行った。

2.調査概要

水温計測を湖の最深部において1996年5月から1997年4月まで深度2m間隔で埋入式水温計を用いて10分間隔で行った。同位置に置いて1996年5月から11月の間に約月2回の割合で1m間隔で総合水質計を用いて水温、DO等7項目についての計測を実施した。また、気象観測を湖畔において気温、湿度、風速、気圧等5項目を30分間隔で計測した。

3.検討および結果

水温分布を第一次近似として鉛直一次元モデルを用いて検討を行う。

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

ここでT:水温,Z:水深(鉛直下向きを正),Kz:拡散係数,
 ρ:密度,Cp:水の比熱,q:短波放射量による熱フラックスであり $q = (1 - \beta) Q \exp(-\eta Z)$ である。ここで、

β:短波放射のうち水面近傍で吸収される割合、η:消散係数である。

拡散係数は成層を良く表現する中村・西田らが提案したものを用いた。水面摩擦速度は、実測値によっている。

$$K_z = \kappa u_* Z P_r^{-1} \exp(-k_* Z) f(Ri) \quad \dots (2)$$

ここでκ:カルマン定数,P_r:中立状態の乱流プラントル数,u_{*}:水面摩擦速度,k_{*}:摩擦速度の減衰定数,f(Ri):成層化関数,Ri:リチャードソン数である。

境界条件は水面において下式のように与えた。

$$-\rho C_p K_z \frac{\partial T}{\partial Z} = Q_0 + Q_R + Q_h + Q_e \quad \dots (3)$$

ここで Q₀:短波放射量,Q_R:長波放射量,Q_h:潜熱、Q_e:顕熱量である。短波放射量は緯度に関係した値と雲量に、その他の熱量は気温と水温との差や水蒸気圧力に関係しており、そのため実測で得られない雲量や水蒸気圧力は気象月報の値を用いて求めた。1996年5月から1997年4月までの各種熱量を図-1に示す。また、湖底付近においては熱フラックスが無いものとした。

計算は、時間に対して前進差分、水深方向に中

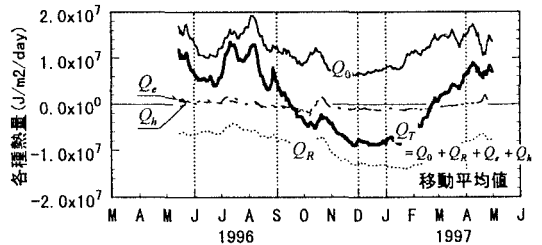


図-1 各種熱量の経時変化

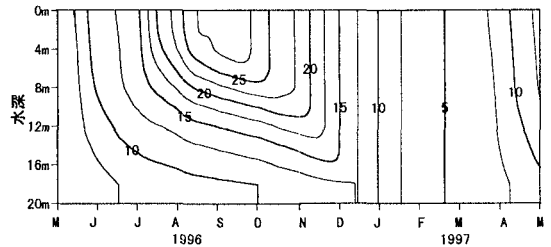


図-2 計算値による水温等値線分布図

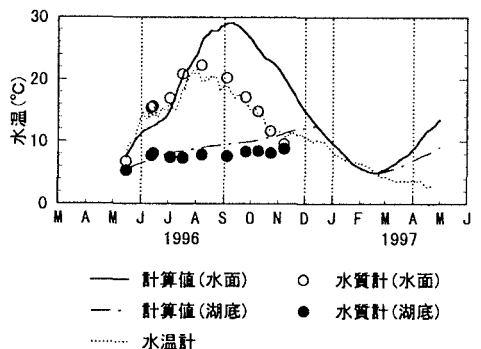


図-3 水面と湖底水温の実測値と計算値の比較

中央差分を用いた。時間ステップを 0.1day、水深 20m に対し 2m 間隔で行った。初期条件は 1996 年 5 月 15 日の実測値を用いた。図-2 に計算結果から得られた水温等値線分布を示す。この図より、水温成層が 6m から 8m に存在しているのが分かる。また、図-3 に水面と湖底水温の実測値と計算値の経時変化を示す。この図より 7 月までの水面と湖底水温の実測値と計算値の対応は良好であるのが分かる。しかし、8 月以降においては表面においては水温が上がり過ぎる結果となった。これは、小野川湖の湖水の交換率は年平均 20 回/年と大きく、移流熱の影響が大きいことが挙げられる。

そこで、表水面における移流熱 Q_A の検討を行った。移流熱量は水面から河川水の流入水深まで一様と仮定して下式に示す。水温は 1997 年 7 月から 9 月まで河川流入口と流出口付近の水深 6m における実測値より評価した。また、先の研究により夏期における河川水の流入位置は 6m であることが報告³⁾されている。

$$Q_A = \rho C_p \frac{(T_w \cdot Q)_{IN} - (T_w \cdot Q)_{OUT}}{A} \quad \dots (4)$$

ここで、 C_p :水の比熱、 ρ :密度、 T_w :水温、 Q :流量、 A :対象水深の水面積であり、括弧の添字 IN, OUT は流入、流出を示す。

これによると小野川湖の平均移流熱量は $-7.6 \times 10^6 (J/m^2/day)$ であり夏期の水面熱収支量の約半分になる結果となり、夏期においては移流熱が支配的になっていることが示された。

ここで得られた移流熱が夏期の平均的な表水層における移流熱と考え、次式に示す移流熱を含めた熱収支 Q' により検討を行った。

$$Q' = Q_0 + Q_R + Q_h + Q_e + Q_A \quad \dots (5)$$

図-4 に移流熱を含む熱収支を示す。この熱収支を境界条件として 1996 年 7 月から 9 月まで計算を行った。また、初期条件は 1996 年 7 月 3 日の実測値を与えた。図-5 に水面と湖底付近の実測値と計算値の経時変化を示す。この図より水面温度は良好に対応しているのが分かる。しかし、湖底水温が上昇している、これは移流熱を表層の平均値として用いたためだと考えられ、実際には河川水の流入位置を与えなければならないと考えられる。

4.終わりに

小野川湖において水温構造の検討を行った。小野川湖においては夏期には移流熱が支配的になっていることが示され、水温解析においては流入流出による輸送項を含めたものを用いる必要がある。また、冬期に湖面が結氷する条件を考慮に入れる必要があると考えられる。

参考文献

- 1)中村・西田・早川:閉鎖性水域における温度成層のモデル化,海岸工学論文集,pp.794-798,1990.
- 2)新井正・新沢利栄著:水温論,共立出版,p.155,1974.
- 3)榎本・長林・木村:小野川湖における流動パターンと出水末期の水質特性に関する検討,水工学論文集,pp.45-50,1996.

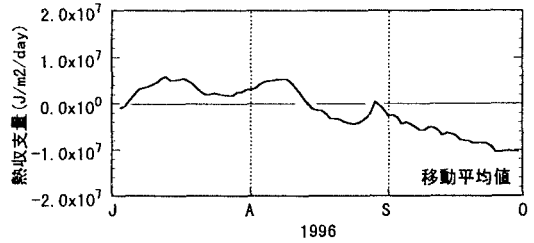


図-4 夏期における移流熱を含めた熱収支

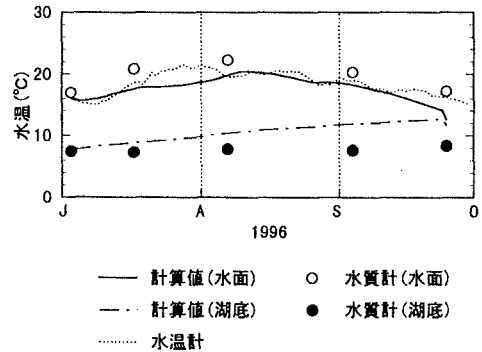


図-5 移流熱を考慮に入れた場合の水面と湖底付近の実測値と計算値の比較