

II-397

貯水池の水温日成層に関する基礎研究

東北大工学部 正会員 後藤光亀

東北大工学部 正会員 真野 明

間 組 正会員 野村 貢

1. はじめに

湖沼の水質を管理する上で、水理環境の把握、特に、水温成層の挙動と湖水の流動特性を把握しておくことは重要である。特に浅い湖沼での物質循環に影響を及ぼす水温日成層の変化や人工貯水池での強制循環による水温成層破壊による水質改善の効果を議論する場合には、年単位の季節成層ではなく、日単位の日成層変化の評価が必要となる。本報告では、その第一歩として貯水池での水温の日成層の挙動を評価するための自動計測結果と熱収支について報告する。

2. 自動観測

対象とする貯水池は、仙台市近郊中原貯水池（図-1参照）で、長さ約400m、幅90～130m、池底は水平で満水位で水深7.2m、総貯水量33万 m^3 である。池内には観測塔を3方向からワイヤーで固定して設置した。測定は、観測塔で流速及び水温を、桟橋（B点）では気象観測を行った。観測塔に昇降用のレールを取り付け、この上をマイコンで制御したトロリーを走らせ、任意の深さ（10点）の流速と水温分布の測定を行った。測定項目は、2～3次元流速、水温、風向、風速、気温、日射で、各測定器の出力はA/D変換し、それぞれの平均値と変動値をパソコンに記録した。各水深での測定時間は40秒間とし、1サイクルの計測時間は40分、調査期間は1989年3月～12月である。

3. 熱収支式

本報告では、貯水池全体の熱収支を従来提案されている熱収支の各要素について検討した。当貯水池は定水位のときは水の流入出がほとんどなく、水面からの授受のみとする（池底での熱の授受を無視）。水面での熱収支は、

$$Q_N = (Q_S - Q_{Sr} + Q_a - Q_{ar}) - (Q_{br} + Q_e + Q_c) \quad (1)$$

Q_N : 正味加熱量, Q_S : 日射量, Q_{Sr} : 短波反射量 ($= \alpha_s Q_S$; $7^\circ \text{N} \sim 10^\circ \text{S}$ $\alpha_s = 0.05$), Q_a : 長波放射量 ($= \sigma \theta_a^4 (c + d\sqrt{e_a})$), Stefan-Boltzman 定数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$, θ_a : 気温の絶対温度, $c = 0.44$, $d = 0.081$, e_a : 大気の水蒸気圧, Q_{ar} : 長波反射率 ($= \alpha_a \cdot Q_a$, 長波反射率 $\alpha_a = 0.03$), Q_{br} : 長波逆放射量 ($= S \cdot \sigma \theta_w^4$, S : 黒体と水面との放射率比 ($= 0.97$), θ_w : 水温 T_w の絶対温度), Q_e : 潜熱 ($= LE$, L : 蒸発に伴う潜熱量 $L = 585 \text{ cal/g}$, E : 蒸発速度), Q_c : 顕熱量 ($= (Q_e/1.5) \cdot (T_w - T_a) / (e_w - e_a)$, T_w : 水温, T_a : 気温, e_w : 水面水温の飽和蒸気圧。ここで、 E は風速の影響を考慮した次の3つの実験式で検証した。

$$E = (0.135 \cdot W_2) (e_w - e_a), \text{ Kohler 式} \quad (2)$$

$$E = (0.15 + 0.108 \cdot W_2) (e_w - e_a), \text{ Zaykov 式} \quad (3)$$

$$E = \{0.095 (\Delta \theta_v)^{1/3} + 0.108 \cdot W_2\} (e_w - e_a),$$

修正 Shulyakovskiy 式 (4)

$\Delta \theta_v$: みかけの水温・気温差, e_2 : 水面から2mの水蒸気圧, W_2 : 水面から2mの風速, ここで、 Q_S は実測の日射量, W_2 は現地風速を2m値に換算, e_2 は仙台管区気象台データを用いた。

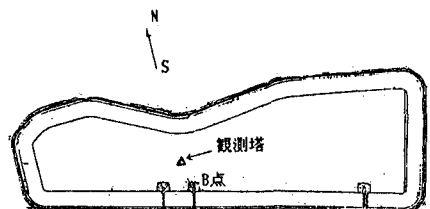


図-1 中原貯水池

4. 実験結果及び考察

図-2に、8月中旬の0.5℃間隔の等温線及び風速(w), 日射量(s), 気温(T_a)の経時変化を示す。当貯水池は水

の出入りがほとんどなく、定水位時の流入流出による熱の出入りは小さい。また、日成層が消滅する水深は、2～3mに及ぶ。当観測中10m/sを越えた風は、5月に生じたのみで、他の8m/s以下の風速では当貯水池のような吹送距離の短い貯水池は吹送による混合が十分に発達しにくいと考えられる。霞ヶ浦の場合²⁾、夏期でも水深5.8mでの上下の温度差が約2℃であることを考えると、当貯水池の同様の季節では8℃と大きい。また、8月には、日成層が重合して季節成層に発達する経過をよく示している。一方、5m/s以上の風が吹いた場合、水温の等温線が数時間程度の周期で変動している。図-3は、(1)の熱収支式による計算値と実測の水温分布より求めた貯水池全体の熱量変化 dQ である。ただし、各水深の水温は変動があるので移動平均により平滑化し、水の流入流出による熱量はないとし、水面からの熱授受のみとした（池底からの熱の出入りも無視）。図-3では、(1)式で蒸発以外の定数項を一定としたとき、(4)式による蒸発速度を用いた場合の計算値は $\Delta\theta_v=0$ とした場合、残差平方和が最も小さく、ついで(2)式、(3)式であり、(3)式は潜熱を大きく見積る傾向にある。ただし、(4)式でも他の季節で適合性が良いとは限らない。熱量の収支は他の項の定数により変化するが、一般に用いられる文献¹⁾では熱収支が必ずしも十分でないことが知れた。

参考文献：1) 水理公式集、2) 石川：霞ヶ浦の日成層、東工大土木工学科研究報告(1989)

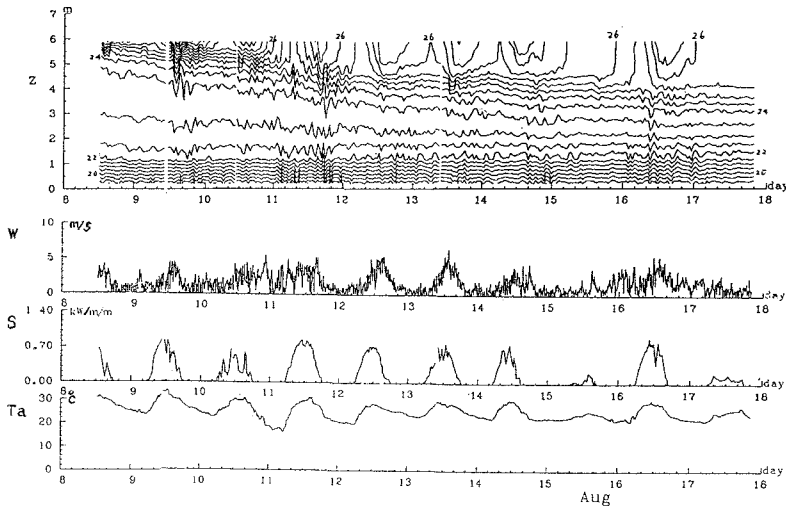


図-2 気象データと等温線図

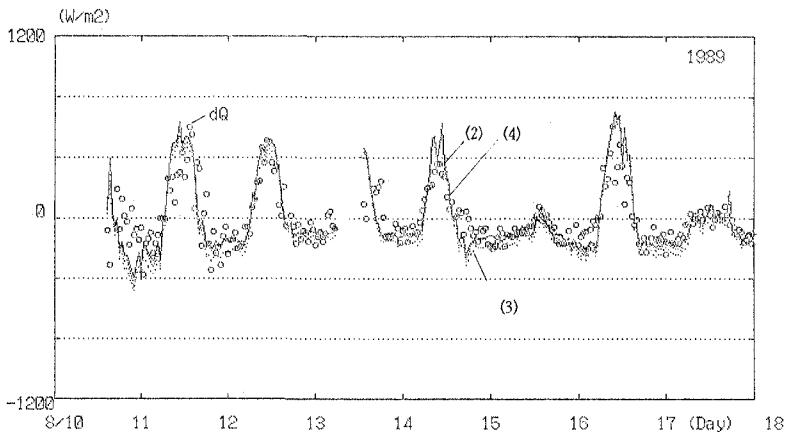


図-3 熱収支