

II—11

秋期から冬期における貯水池の熱収支に関する基礎調査

○東北大学工学部 増山 徹
東北大学工学部 後藤 光亀
東北大学工学部 真野 明

1. はじめに

浅い湖沼や出水直後の懸濁態栄養塩の有光層での物質循環に対する水温日成層の影響等を議論する場合には、日単位の日成層変化の評価が必要となる。また、将来地球温暖化による湖沼の水温上昇に伴う富栄養化の増加に関しても熱収支予測を正確に行う必要がある。本報告では、パソコン制御による貯水池での気象、水象の自動観測システムによる放熱期の観測データから貯水池での日成層の挙動と熱収支について基礎的検討を加えた。

2. 貯水池の水温連続観測

対象とする貯水池は、仙台市近郊の中原貯水池で、長さ約460m、幅100～150m、満水位で水深7.12m、貯水量33万 m^3 、湛水面積54,000 m^2 であり、底面は平らに整地した人工貯水池である。池内には、池底からの高さ12mの観測塔を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、栈橋では日射量、風向、風速、気温の気象観測を行った。観測期間は、1989年3月～1991年12月である。ただし、熱収支解析には1989年10月の秋期から冬期にかけての放熱期のデータを解析した。

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時は水の流出入がほとんどなく水面からの授受のみとした（池底での熱の授受を無視）。

式(1)は熱収支式である。ただし、水面に入る熱量をプラスとする。

$$Q_N = Q_E - Q_L, \quad Q_E = Q_{sr} + Q_a - Q_{ar}, \quad Q_L = Q_{br} + Q_g + Q_c \quad (1)$$

ここで、 Q_N :水面を加熱する正味の加熱量、 Q_E :水面での吸収放射量、 Q_L :水面から失われる熱損失量、 Q_{sr} :短波放射量（日射量）、 Q_{sr} :短波反射量、 Q_a :長波放射量、 Q_{ar} :長波反射量、 Q_{br} :長波逆放射量、 Q_g :蒸発に伴う潜熱量、 Q_c :熱伝達に伴う顕熱量。ここで、 $Q_g = 0.13 \cdot L \cdot W \cdot (e_w - e_a)$ 、 $Q_c = 0.13 \cdot L \cdot W \cdot (T_a - T_w)/1.5$ という式を用いた。 L :定数 W :風速 T_a :気温 T_w :表面水温 e_w :水温 T_w における飽和水蒸気圧 e_a :高さ Z における水蒸気圧。熱収支式の詳細は別報を参照願いたい。

4. 実験結果及び考察

図-1に、10月の0.25℃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。10月19～21日に着目すると、この3日間の日射量は20、21日はほぼ同じで、19日はこれらより小さい。この調査期間で特徴的なのは、19日、21日のように風速が小さく、日射量に差があるときの日成層の形成の相違、20、21日のように日射量が同等で風速による日成層形成の相違にある。ここで、図-2で熱収支の各要素をみると、長波放射、長波逆放射はほぼ一定であり、日射、潜熱は顕熱に比べ、変動幅が大きい。この期間、 Q_N は日射、潜熱に大きく依存している。またこの3日間は図-3を見るとほぼ $T_a < T_w$ となっており顕熱による熱の流れは水面から大気の方通行となっているが、その量は日射、潜熱より小さい。風速は図-4を見ると、19日は約1m/s程度、20日は約10m/sの強風、21日は3m/s程度となっている。このため、潜熱の絶対値は、20>21>19日の順で小さい。よって Q_N は図-5のように19、20日は最大で200W/ m^2 、21日は500W/ m^2 となっている。19日には明確な日成層が形成されていないが、強風による混合のため温度変化が底まで及んでいる。21日は等温線が水面近くでいりくんでいるが、これは風による熱の混合が4mまでしか及ばず、日成層の顕著な形成が認められる。

5. おわりに

本報告は秋期から冬期までの観測データを解析した一部に過ぎないが放熱期を受熱期と比較した場合の特徴として、放熱期は日射時間及び最大日射量が低いため日射量が小さくまた長波放射約 $50 \sim 70 \text{ W/m}^2$ 程度で常に池を冷却するため、 Q_N 中の熱損失の要素で特に潜熱の影響を受けやすい。放熱期は概ね気温より表面水温が高いため顕熱は水面から大気への一方通行になり、受熱期のように大気から入ってくるものが少ない。このため、顕熱による熱損失が受熱期より大きい。よって、潜熱が全熱量に及ぼす相対的な割合が受熱期より大きく、特に風による影響が大きくなる。また放熱期は水温分布が一定に近い場合、風による混合が起こりやすい。以上のことより放熱期では、風が気象要素の中でもさらに重要になる。

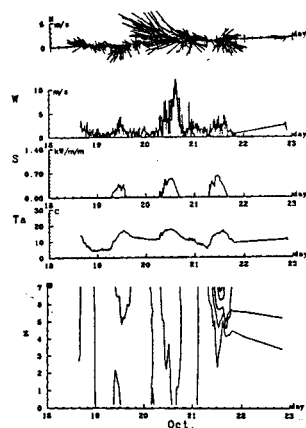


図-1 日射、風速、等温線図

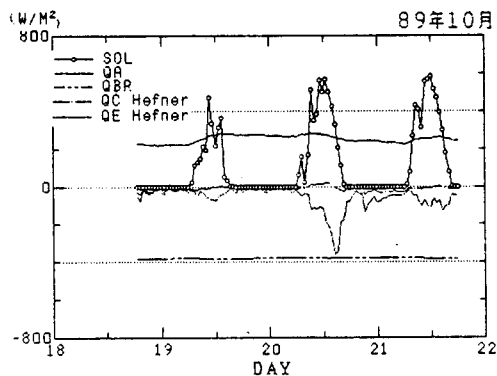


図-2 各熱収支要素項の経時変化

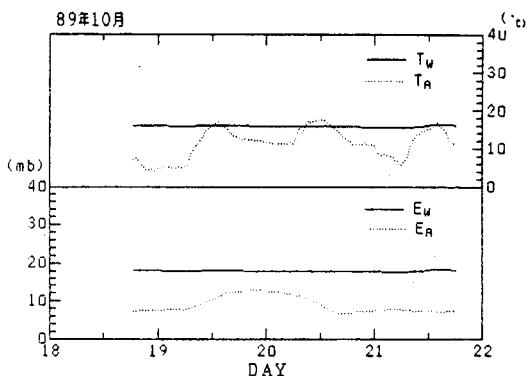


図-3 水温、蒸気圧の経時変化

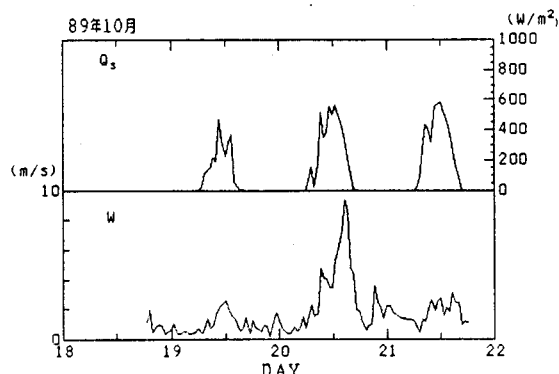


図-4 日射、風速の経時変化

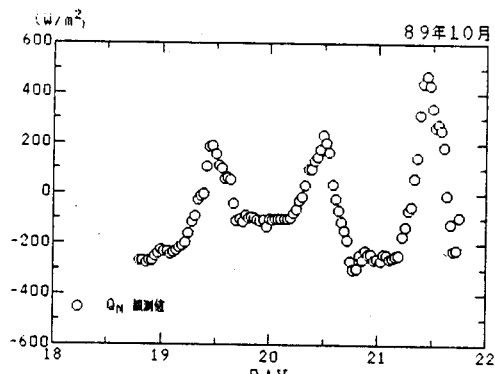


図-5 Q_N の経時変化