

II-279 貯水池の有効長波放射量に関する検討

東北大学大学院 学生員○戸田賢治

東北大学工学部 正 員 後藤光亀

東北大学工学部 正 員 真野 明

1. はじめに

浅い湖沼などの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。これまで、仙台市近郊の貯水池において水気・気象の長期観測を行い、短期間の熱収支予測において長波放射項に雲量と温度差の補正を行うと比較的適合性が良いことがわかった¹⁾。本報告では受熱期の測定データをもとに、有効長波放射量の算定について更に詳しく検討を加えた。

2. 有効長波放射量の算定に関する検討

水理公式集の熱収支式によれば、長波放射量の算定にはBruntの式が用いられている²⁾。長波放射量 Q_{λ} 、長波反射量 $Q_{\lambda r}$ 、長波逆放射量 $Q_{\lambda i}$ として有効長波放射量 $Q_{\lambda b}$ は次式で与えられる³⁾。

$$Q_{\lambda b} = -Q_{\lambda} + Q_{\lambda r} + Q_{\lambda i}, \quad Q_{\lambda} = \sigma \theta_a^4 (c + d\sqrt{e_a}), \quad Q_{\lambda r} = \alpha_a Q_{\lambda}, \quad Q_{\lambda i} = \varepsilon \sigma \theta_{w,s}^4 \quad (1)$$

ここで、 σ : Stefan-Boltzman定数、 θ_a : 気温($T_a(^{\circ}\text{C})$)の絶対温度、 c, d : 定数、 e_a : 大気の水蒸気圧、 ε : 黒体と水面との放射率比、 $\theta_{w,s}$: 表面水温($T_{w,s}(^{\circ}\text{C})$)の絶対温度、 $\alpha_a = 0.03$ 。気温・水温差がある場合はこの間の補正項を考慮しなければならない。 $\varepsilon \approx 1$ とすると有効長波放射量 $Q_{\lambda b}$ は次式で補正される³⁾。

$$Q_{\lambda b} = \sigma \theta_a^4 (1 - c - d\sqrt{e_a})(1 - c' U_n^2) + 4\sigma \theta_a^8 (T_{w,s} - T_a) \quad (2)$$

ここで、 c' : Berliandの定数。上式には雲量による補正も行われている。また、近藤らによれば可降水量からの長波放射量の推定式を提案している⁴⁾。この算定方法でも雲量を考慮している。

熱収支式に関して有効長波放射量の算定では次の5つのケースを考える。(a)は式(1)で長波放射量を計算し熱収支を評価する場合である。(b),(c),(d)はいずれも式(2)を用いるが、(b)は雲量に仙台管区気象台の観測値によって補正した場合、(c)は雲量の補正を行わず温度差のみによって補正した場合である。一方、雲量のデータの入手は気象台での観測等に限られるので、(d)では次のように日射量から雲量を推定した。測定日射量は雲量に比べて変化が激しいので、観測サイクル L に対し $L-1, L, L+1$ の日射量測定データに1:2:1の加重平均をかけたものを用いた。図-1に仙台管区気象台での雲量と日射量の関係を示す。ただし、 Q_s : 観測日射量、 I_s : 理論日射量。同図ではかなりのばらつきがあるが次式により雲量 $U_{n,h}$ を推定した。

$$U_{n,h} = (1 - Q_s / I_s) / 0.6 \quad (3)$$

上式による雲量の計算結果を図-2に示した。 U_n は気象台の観測値であり、 $U_{n,h1}$ は気象台で観測された日射量を、 $U_{n,h2}$ は現地での日射量を用いて計算させた。この推定は太陽高度が0.1以上の時に行ない、夜間では夕方の最終値と明け方の始めの値で直線的に補間させた。これによると、夜間の誤差はまぬがれないが、気象台の雲量変化を良く表現している。(d)では、現地観測の日射量から推定した雲量と温度差によって補正した場合である。また、(e)は式(1)を用いるが長波放射量には近藤の式で算定した場合である。尚、水中への放射量は全て熱に変換され、地中との熱伝導と水の流入・流出量、水位変化を無視できるとした。また、潜熱・顕熱は近藤のバルク熱輸送係数の推算式により算定した⁵⁾。

3. 解析結果

図-3に有効長波放射量の経時変化を示す。図-4に1990年7月における貯水池の全熱量の経時変化を示す。全熱量は、湛水面積当りにおける水底から水面までの水柱の熱量である。観測値は実測の水温分布のより算定した。ケース(a)は、冷却に関する項が大きく評価され、実測値より小さく熱量を評価する。(b)の場合は、(a)に比べて極めて適合性がよい。(c)は(a)とそれほど変わらない。(d)では(b)と同様に実測値と比較して適合性が良いことがわかる。(e)でも実測値に対し比較的良く一致しているが、近藤による放射量の

算定は日平均を対象にしているため、数時間の算定では放射量を大きく評価する傾向にある。したがって、表-1のように(b), (d)の方が実測値との適合性が比較的良くなっている。

4. まとめ

日射量からの雲量の算定では大気による乱反射の影響を受け易いため、特に朝夕の観測値との不一致が認められるが、より少ない観測項目から熱収支を算定させる場合は(d)を用いても十分である。そのため、最低5つのデータ項目(表面水温、気温、日射量、風速、蒸気圧)があれば、日射量からの雲量の推定値を用いて有効長波放射量の算定式(2)により、熱収支に関して精度良く評価できる。〈参考文献〉 1) 斉藤隆、後藤光亀、他：貯水池の熱収支予測に関する基礎研究、平成2年度東北支部技術研究発表会、2) 水理公式集、3) 新井正、西沢利栄：水温論、共立出版(1974)、4) 近藤純正：日射と大気放射、水文・水資源学会誌、第3巻4号、pp. 1-13(1990)、5) 近藤純正：海面と大気間の運動量・顕熱・水蒸気に対する輸送係数、国立防災科学技術センター研究報告(1974)。

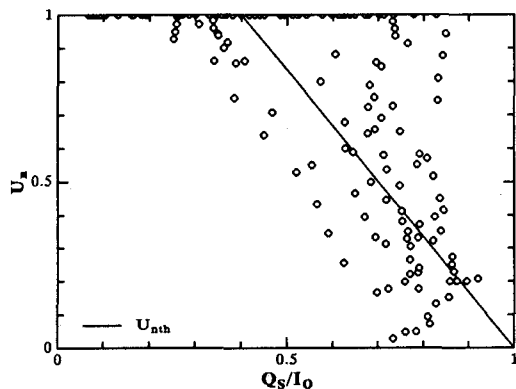


図-1 雲量と日射量の関係

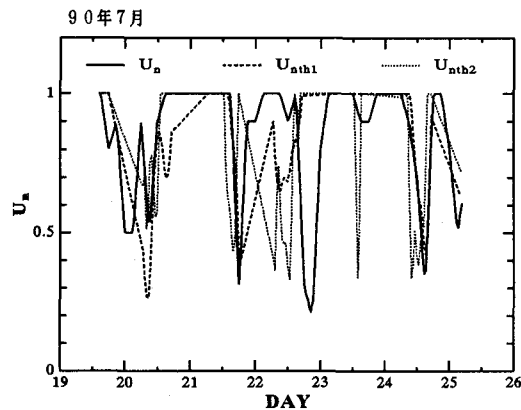


図-2 雲量の推定値

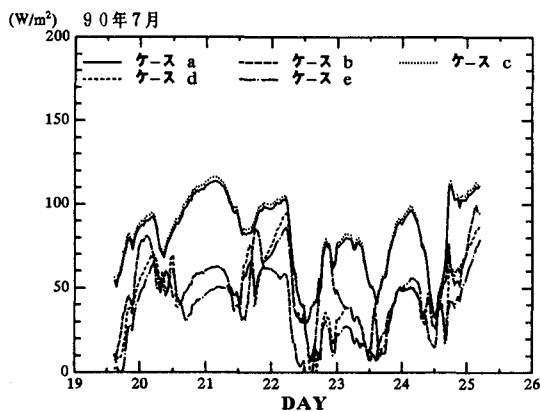


図-3 有効長波放射量の算定値

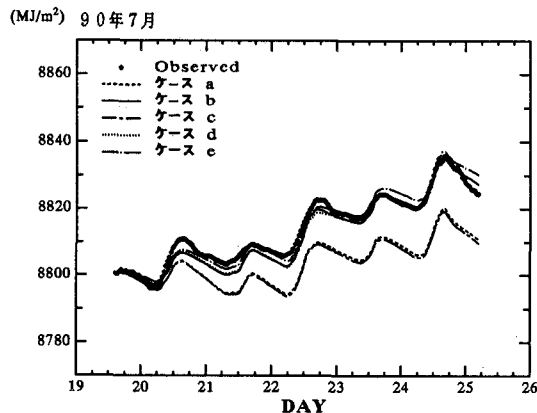


図-4 湛水面積当りの全熱量

年月日	ケース	a	b	c	d	e
89. 5.15	残差平方和	2.86	2.45	2.91	2.81	2.67
～19	誤差	-17.3	-2.1	-18.4	-4.8	1.2
89. 6. 8	残差平方和	2.74	2.34	2.80	2.36	2.32
～12	誤差	-21.5	0.6	-22.7	-3.2	2.7
89. 6.24	残差平方和	1.56	1.10	1.61	1.09	1.15
～28	誤差	-17.9	-1.9	-18.9	-2.2	1.8
89. 8. 1	残差平方和	0.74	0.72	0.75	0.72	0.80
～4	誤差	-5.7	4.7	-6.2	4.7	7.3
90. 7.19	残差平方和	5.80	5.56	5.83	5.51	5.63
～28	誤差	-13.7	3.0	-14.8	3.0	5.8
90. 8. 4	残差平方和	3.50	3.52	3.51	3.53	3.58
～11	誤差	-2.7	8.2	-3.6	8.3	10.0

残差平方和($\cdot 10^6 (\text{W}/\text{m}^2)^2$), 誤差(MJ/M^2)

表-1 残差平方和と誤差