

溜め池における河床伝達熱の測定と熱収支の評価

名城大学理工学部 学生員 ○ 羽澄貴史
 名城大学理工学部 正会員 原田守博

1. はじめに

近年、都市域においてヒートアイランド現象が深刻な問題となっている。その緩和策として、緑地の保全に加え、河川や溜め池など水域の気候冷却効果に期待が集まっている。筆者らは溜め池の暑熱緩和機能を評価する第一歩として、名古屋市昭和区に位置する隼人池を対象に、水塊の熱収支特性に関する現地調査を行った¹⁾。しかし、その観測では池の底（以下、河床と呼ぶ）における温度測定がなされておらず、水塊から河床への伝達熱は概算したにすぎなかった。そこで本研究では、溜め池での微気象観測を行うとともに、水温と河床温度の測定を行うことで河床への伝達熱を明らかにし、水域の熱収支を確立することを目的とする。

2. 水面上および水塊の熱収支

図-1は水域における熱収支を、水面上と水塊の熱収支に分けて模式的に表したものである。図中において水面からの伝達熱 G と G_0 は同一のものであるが、直接測定することができないため、それぞれ水面上および水塊の熱収支により残差として算定することになる。

水面からの伝達熱 G は、微気象観測結果に基づいて、水面上の放射収支式および熱収支式により算定される。一方、水面からの伝達熱 G_0 は、水温分布から求まる水塊貯熱量 S_w と、河床温度から求まる河床への伝達熱 G_b から、水塊の熱収支式により算定される。本研究では、それぞれ得られた G と G_0 を比較し、水面上および水塊の熱収支の妥当性を相互に評価することにする。

3. 現地観測の概要

今回現地観測を行ったのは、名古屋市天白区に位置する天白溪下池（図-2）である。観測に使用した機器は、4成分長短波放射計、セパレート型風向風速計、自然通風型気温湿度計、白金抵抗体温度計、ロガー内蔵式水温センサー（水温5台、河床温度2台）であり、観測期間は2012年7月20日～9月30日である。

4. 水面上の熱収支の測定結果

4成分長短波放射量の観測結果を図-3に示す。これらを用いて、放射収支式により水面への正味放射量 R_n を算出した。正味放射量 R_n は水面上の熱収支により、顕熱輸送量 H 、潜熱輸送量 IE 、水面からの伝達熱 G に分配される。よって G の値は次式によって評価できる。

$$G = R_n - H - IE \quad (1)$$

上式において、 H および IE をバルク法により算定し、前述の R_n を用いて水面からの伝達熱 G を逆算したと

ころ、図-4に示す結果が得られた。以下では、この G を水塊熱収支による水面からの伝達熱 G_0 と比較する。

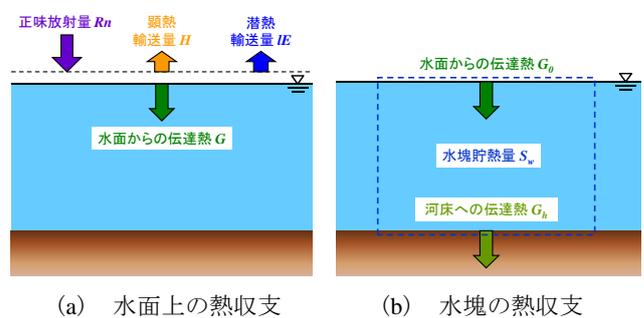


図-1 水域における熱収支の模式図



図-2 現地観測を行った溜め池の位置

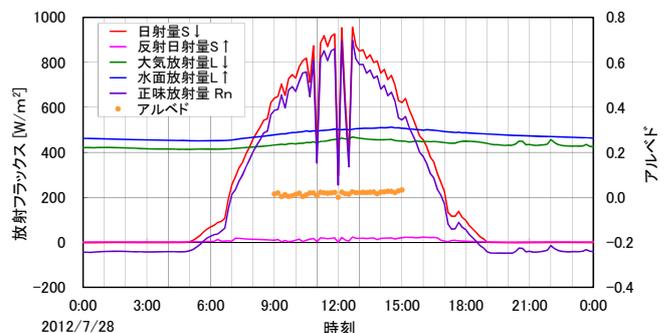


図-3 放射収支の測定結果

5. 河床伝達熱を考慮した水塊の熱収支

水塊における熱収支により，水面からの伝達熱 G_0 は次式によって表される．

$$G_0 = \frac{dS_w}{dt} + G_h \quad (2)$$

水塊貯熱量 S_w は水温の測定値から次式で算定できる．

$$S_w = \rho c \sum_{i=1}^4 \Delta z_i \bar{T}_i, \quad \bar{T}_i = \frac{T_i + T_{i+1}}{2} \quad (3)$$

ここに， ρc ：水の熱容量 (= 4.18×10^6 [J/m³K])， Δz ：各層の層厚， T_i ：地点 i での水温， \bar{T} ：各層の平均水温である．なお，水温 T は 5 深度で測定した．河床への伝達熱は，水塊から河床への熱伝導と河床へ到達する日射フラックス I_h の和により，次式で評価される．

$$G_h = -\kappa \frac{\partial T}{\partial z} + I_h, \quad I_h = (1-\alpha)(1-\beta)S^\downarrow \exp(-k_s h) \quad (4)$$

ここに， κ ：熱伝導率， α ：アルベド， β ：吸収率， S^\downarrow ：水面における日射量， k_s ：消光係数である．ここで，観測結果からアルベド $\alpha=0.02$ ，既存の研究¹⁾から吸収率 $\beta=0.8$ ，消光係数 $k_s=0.4$ とした．また，熱伝導率は湿った砂地の値²⁾を参考に $\kappa=12$ [W/mK] と設定した．

式(3)により求めた水塊貯熱量 S_w とその変化率 dS_w/dt を図-5 に，式(4)により 2 深度について算定した河床への熱伝導 $-\kappa \partial T / \partial z$ と日射フラックス I_h を図-6 に示す．これらの結果から，水面上の熱収支より求めた伝達熱 G と水塊の熱収支より求めた伝達熱 G_0 を図-7 に示す．図において，多少の差異はあるが，伝達熱 G と G_0 はほぼ一致していることがわかる．したがって，水面上の熱収支から求めた水面からの伝達熱 G は水塊の熱収支を満たしているといえる．すなわち，水域の熱収支を構成する水面上および水塊の熱収支は互いに整合していることが観測結果から実証的に確認された．

6. おわりに

本研究では，都市内の溜め池を対象として，詳細な現地観測に基づいて水塊の熱収支の評価をめざした．その結果，水面からの伝達熱を水面上および水塊の熱収支から評価することで，河床への伝達熱を考慮した水塊の熱収支の実態が明らかとなった．今後は，溜め池周辺の微気象観測を行うことによって，都市域において水面の暑熱緩和効果の評価を行う予定である．

参考文献

- 1) 原田守博・鈴木宏佳：都市域における溜め池の熱収支特性の評価，水工学論文集，Vol.56，2012．
- 2) 小葉竹重機ほか：河川水温の形成過程における光の水中吸収率の影響，水工学論文集，Vol.41，1997．

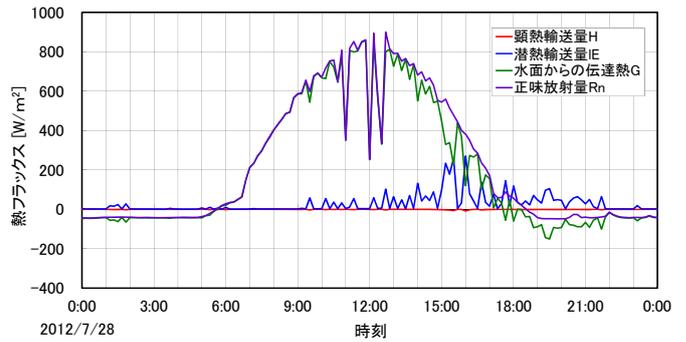


図-4 水面上の熱収支による G の算定結果

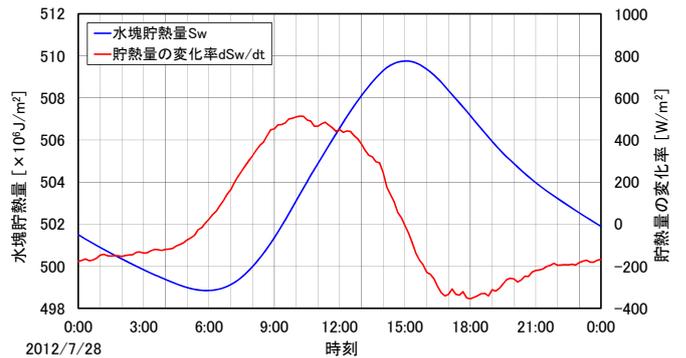


図-5 水塊貯熱量と貯熱量の変化率の時間変化

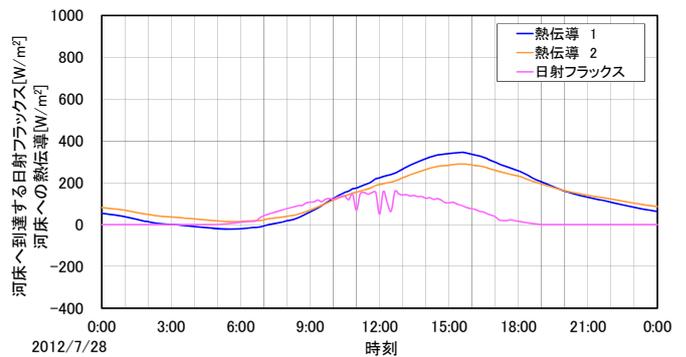


図-6 河床への熱伝導と日射フラックス

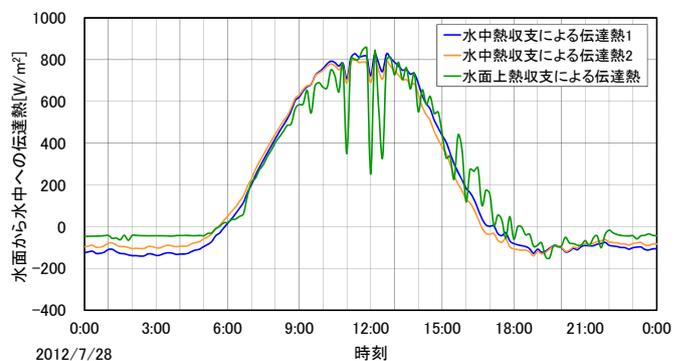


図-7 水面からの伝達熱の比較