

都市内の溜め池における熱収支構造の実証的評価

名城大学大学院 学生会員 ○ 鈴木宏佳
 名城大学理工学部 正会員 原田守博
 名城大学理工学部 廣瀬賢治

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化している。その要因として、土地利用の変化や人工排熱の増加などが挙げられる。ヒートアイランド緩和策として、緑地域の保全に加えて、水域の大気冷却効果に期待が集まっている。水域のもつ顕熱や潜熱、貯熱などの熱的效果について数多くの研究が行われてきたが、水面上の熱収支に関するものが中心で、水中での貯熱量については十分に議論されていない。そこで本研究では、都市内の溜め池を対象に、水面上の微気象・熱収支観測を実施するとともに、水温の鉛直分布を詳細に測定し、水塊の貯熱量を評価することによって水域の熱収支構造を明らかにすることを目的とする。

2. 現地観測の概要

本研究では、都市内の溜め池の一例として、名古屋市中区に位置する隼人池(図-1)を対象に現地観測を行った。使用した機器は、セパレート型風向風速計、自然通風型気温湿度計、長短波放射計、白金抵抗温度計、水温センサー6台である。隼人池における観測機器の外観を写真-1に示す。観測値への陸域の影響を除くために、観測機器を水域中心部に設置した。観測期間は2010年7月21日～8月19日である。

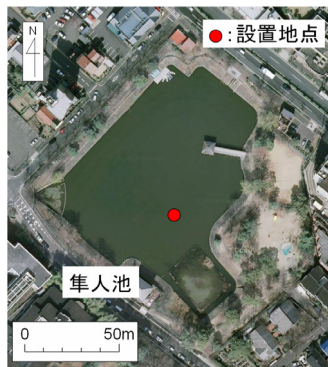


図-1 観測対象地点



写真-1 設置状況

3. 水面における熱収支の観測結果

観測された放射量の測定結果の一例を図-2に示す。図において、日射が午前7:00より急に増加しているが、これは池の周囲の樹木による影響であり、この日は一日を通して快晴であった。図-2の結果を用いて、正味放射量 R_n を放射収支式：

$$R_n = S^\downarrow - S^\uparrow + L^\downarrow - L^\uparrow \quad \text{により算出した。}$$

水面への正味放射量 R_n は熱収支式により、顕熱輸送量 H 、潜熱輸送量 IE 、水面から下方への伝導熱 G に分配される。ここで、 H と IE はバルク法に基づいて算出した。水面からの伝導熱 G は、熱収支式の残差として次式により算出した。

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

正味放射量 R_n および各熱輸送量の算出結果を図-3に併せて示す。図より、正味放射量の多くが、水面からの伝導熱に転化していることがわかる。この水面からの伝導熱 G は、水面上の熱収支(図-4(a))から求めたものであり、図-4(b)に示す水中

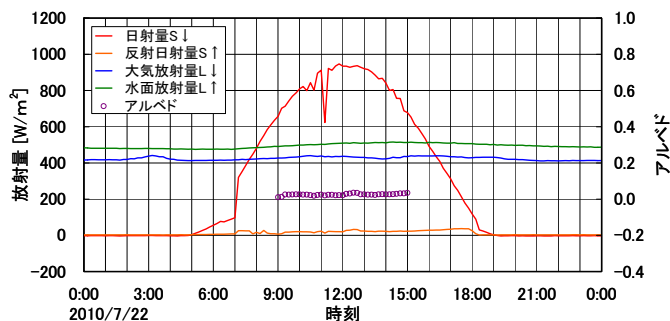


図-2 放射量の測定結果

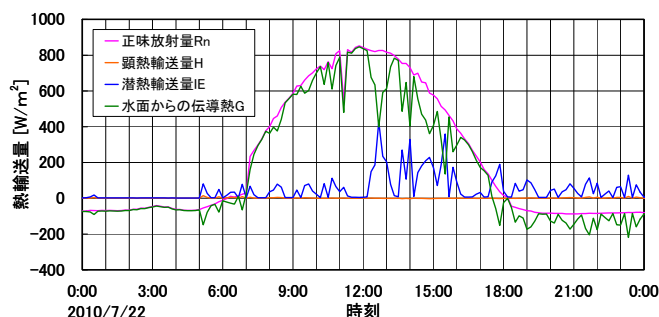


図-3 各熱輸送量の時間変化

の熱収支を満たしているはずである．そこで本研究では，水温分布を測定することによって水塊がもつ貯熱量 S_w を評価し，水中の熱収支における水面からの伝導熱 G の妥当性を検討する．

4. 水中における熱収支の評価

観測を実施した隼人池の水深は約 60cm である．図-5 に示すように水温センサー 6 台を鉛直方向に設置し，詳細な水温分布を測定した．

水中における熱収支は，移流がないものとする以下で式で表すことができる．

$$\frac{dS_w}{dt} = G - G_0 \quad (2)$$

ここに， S_w ：水塊貯熱量， G ：水面から下方への伝導熱， G_0 ：水塊から河床への伝導熱である． S_w は，水温観測データから次式によって算出した．

$$S_w = c\rho \sum_{i=1}^6 \Delta z_i \bar{T}_i, \quad \bar{T}_i = \frac{T_i + T_{i+1}}{2} \quad (3)$$

ここに， $c\rho$ ：水の熱容量 ($= 4.18 \times 10^6$ [J/m³K])， Δz ：各層の層厚， $\bar{T}$ ：各層の平均水温である．また，河床への伝導熱 G_0 は，次式で算出した．

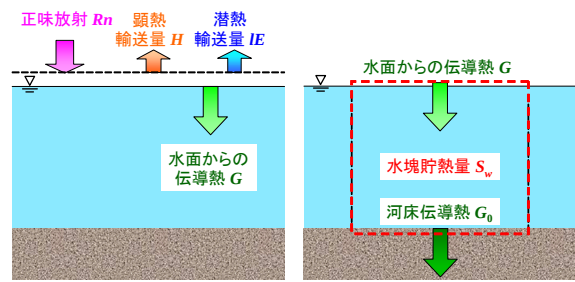
$$G_0 = \alpha_w (T_w - T_g) \quad (4)$$

ここに， T_w ：水深全体の平均水温， T_g ：河床面温度， α_w ：熱伝達率である．なお，熱伝達率 α_w は河床面状態，流体の物理的性質，流れの状態などに関係する値であり，既往の研究¹⁾により，ここでは $\alpha_w = 300$ [W/m²K] と設定した．また， T_g は水底近くの水温で代用した．図-6 は，式(3)，式(4)より求められた水塊貯熱量 S_w および河床への伝導熱 G_0 を示したものである．これらの結果と，図-3 に示した水面からの伝導熱 G を式(2)に代入して，両辺を比較したものを図-7 に示す．図において，両者には多少の差異が見られるものの，ほぼ一致している．このことは，水面上の熱収支に基づく伝導熱 G が水中の熱収支を満たしていることを意味しており，水面における正味放射量の各熱輸送量への分配(図-3)が正しかったことを示している．

5. まとめ

本研究では，都市内の溜め池を対象に，水面上での微気象観測に加えて詳細な水温測定を行い，水域の熱収支構造の解明をめざした．水温分布から水塊貯熱量を評価することにより，水面上の熱収支の妥当性が検証され，水面での熱分配の実態が明らかとなった．市内各地の溜め池がもつ熱的効果を評価するには，水面上での熱収支の観測結果に水域面積を乗ずることで，潜熱や顕熱による大気冷却効果を概算できるといえる．

参考文献 1) 小葉竹重機・塩田孝久・河内信二郎：水工学論文集，Vol.41，pp.599-604，1997．



(a) 水面上の熱収支 (b) 水中の熱収支

図-4 水域の熱収支構造の模式図

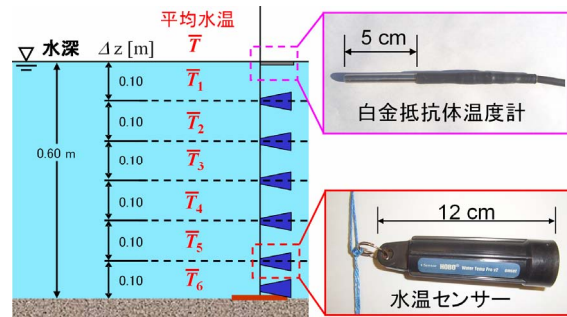


図-5 測定機器の設置状況

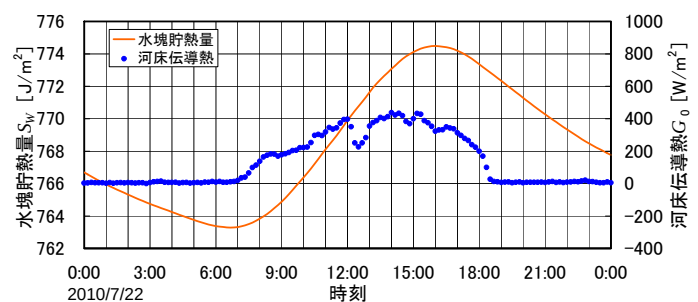


図-6 水温観測に基づく水塊貯熱量と河床伝導熱

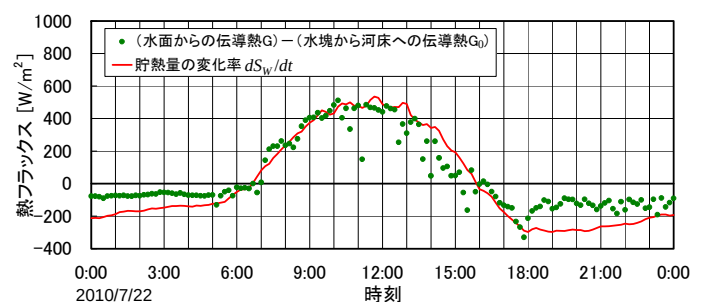


図-7 水面上の熱収支による伝導熱 G の検証