

中川運河における微気象観測に基づく熱収支特性の評価

名城大学大学院 学生会員 高木智之
 名城大学理工学部 正会員 原田守博
 名城大学大学院 学生会員 手嶋健浩
 名城大学理工学部 木野陽介

1. はじめに

近年、夏季において都市部の気温が郊外に比べ高くなるヒートアイランド現象が問題となっている。その原因として、人工排熱の増加や土地利用の変化が指摘されている。ヒートアイランド現象の対策として、緑地や水面の回復による暑熱環境の緩和効果が期待されているが、地被状態の違いによる熱収支特性の差は十分に評価されていない。そこで本研究では、陸面と水面という異なった地被状態において、熱収支特性がどのように異なるのかを微気象観測に基づいて明らかにする。

2. 微気象観測の概要

本研究では、陸面の代表として名城大学天白キャンパス構内を、水面の代表として中川運河中流域(図-1)を対象に現地観測を実施した。使用した測定機器は、気温・湿度計、風向・風速計、水温計、長短波放射計である。中川運河に設置した観測システムの外観を写真-1に示す。なお、地表面の温度は、ステファン・ボルツマンの法則(1)式により、地表面からの赤外放射量の観測値から逆算した。

$$L^{\uparrow} = \varepsilon \cdot \sigma T_s^4 \quad (1)$$

ここに、 L^{\uparrow} : 地表面からの赤外放射量 [W/m^2]、 ε : 放射率、 σ : ステファン・ボルツマン定数 [$W/(m^2 K^4)$]、 T_s : 地表面温度 [K] である。

3. 微気象観測の結果

2つの地点での観測は、終日快晴で気温が同程度であった7月19日(大学構内)と8月5日(中川運河)に実施した。図-2は日中11~15時に測定された気温・湿度・水面温度および逆算によって求めた地表面温度を示す。計測間隔は1分毎で、10分間の平均値を示している。気温を見ると、両日もとも36を越えた猛暑日であったことが分かる。図-2と同じ時間帯における日射量・反射日射量・大気放射量・地表放射量の測定結果とアルベド(日射反射率)の計算値を図-3に示す。日射量の



図-1 水面での観測地点

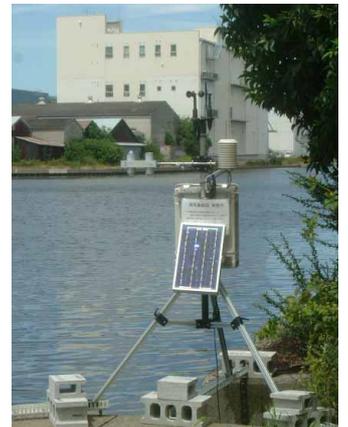


写真-1 観測機器の設置状況

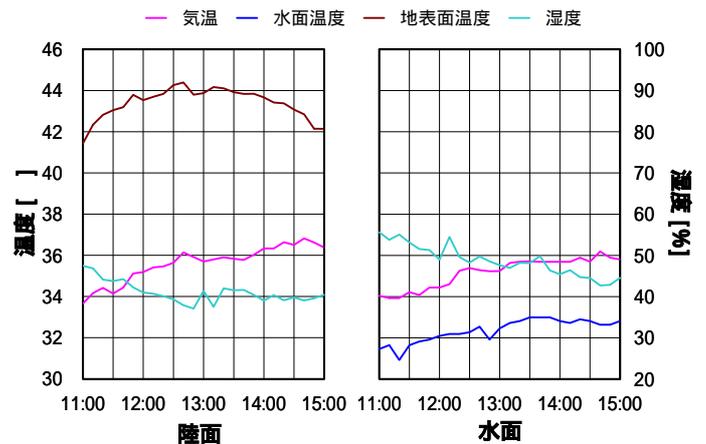


図-2 気温、湿度、水面・地表面温度の観測結果

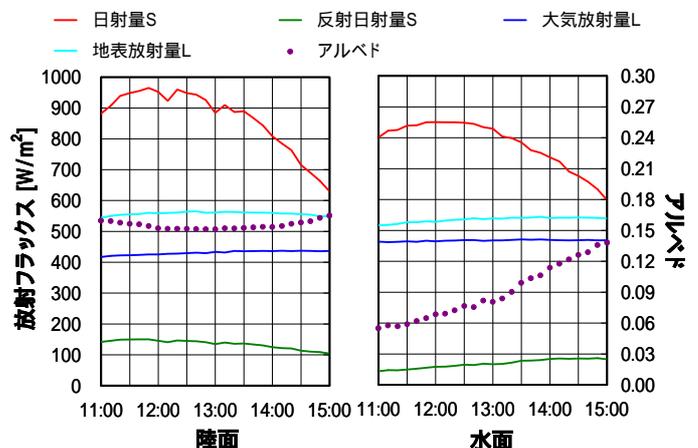


図-3 放射フラックスの時間変化

変化は両日とも弧を描いており、雲による日射の遮断は無かったことが分かる。また、アルベドは全体的に陸面よりも水面の方が小さい結果となっている。

4. 水面と陸面における放射収支・熱収支の比較

1) 長短波放射データに基づく放射収支の評価

図-3 に示した観測結果に基づいて熱輸送量を求め、水面と陸面における放射収支と熱収支の相違を検討した。まず放射収支を把握するために、式(2)の各項に測定値を代入して正味放射量 $Rn [W/m^2]$ を求めた。

$$Rn = S^\downarrow - S^\uparrow + L^\downarrow - L^\uparrow \quad (2)$$

ここに、 S^\downarrow : 日射量, S^\uparrow : 反射日射量, L^\downarrow : 大気放射量, L^\uparrow : 地表放射量である。この式において、上空からの入射量を左辺に、その他を右辺に移項させると、 $S^\downarrow + L^\uparrow = Rn + S^\uparrow + L^\downarrow$ となる。図-4 はこの式の左辺と右辺における各項の割合を、11~15時の平均値について示したものである。両日とも晴天であったため上空からの入射量は同等であるが、上空に向かう反射日射量 S^\uparrow の割合を見ると、水面では陸面の約1/2の値であったことが分かる。

2) 気温・湿度・風速データに基づく熱収支の評価

熱収支を求めるにあたり、潜熱輸送量 $IE [W/m^2]$ と顕熱輸送量 $H [W/m^2]$ はそれぞれバルク式(3)、式(4)によって算出した。

$$IE = \rho \beta C_H U_{10} (q_s - q) l \quad (3)$$

$$H = c_p \rho C_H U_{10} (T_s - T) \quad (4)$$

ここに、 ρ : 空気密度 [kg/m^3], β : 蒸発効率, C_H : バルク輸送係数, U_{10} : 測定した平均風速の高さ 10 m への換算値 [m/s], q_s : 飽和比湿 [-], q : 比湿 [-], l : 水の気化熱 [J/kg], c_p : 定圧比熱 [$J/(kg K)$], T : 気温 [K] である。地中伝導熱 $G [W/m^2]$ については、次の熱収支式(5)から逆算して求めた。

$$Rn = H + IE + G \quad (5)$$

図-5 に IE と H と G の算定結果を示す。潜熱輸送量 IE は陸面では時間的に安定しているのに対して、水面では変動が激しい。これは、市街地である陸面に比べ、開放空間である中川運河では風の強弱が大きいため、その影響が潜熱に現れたものと考えられる。

図-6 は、式(5)の左辺と右辺について各熱輸送量の割合を図-4 と同様に求めたものである。 G は陸面よりも水面の方が大きく、水面の貯熱効果が高いことを示す。また、 H は水面で負の値を示し、顕熱により大気が水面によって冷やされていることが分かる。

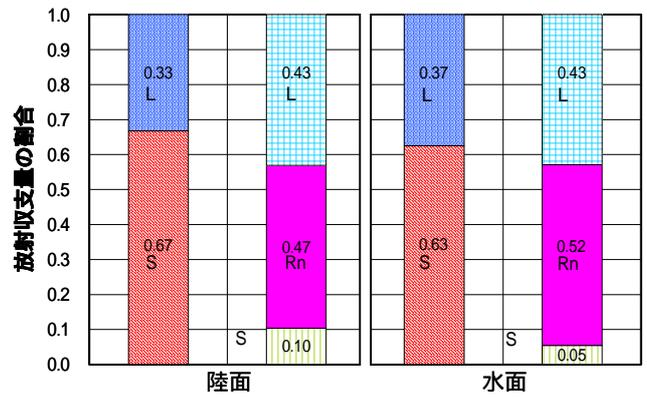


図-4 放射収支量の割合 (11~15時)

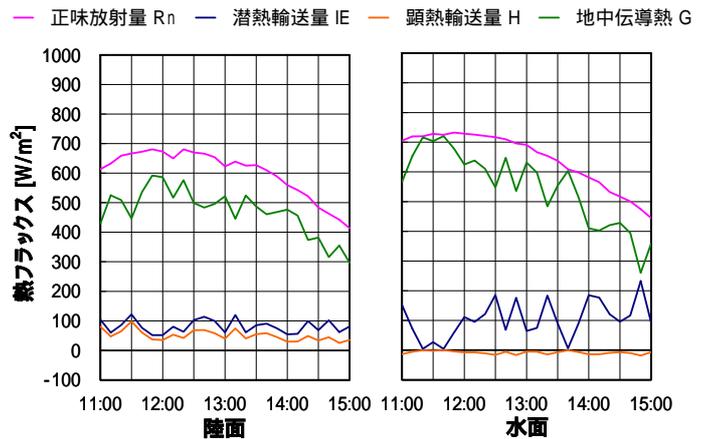


図-5 熱フラックスの時間変化

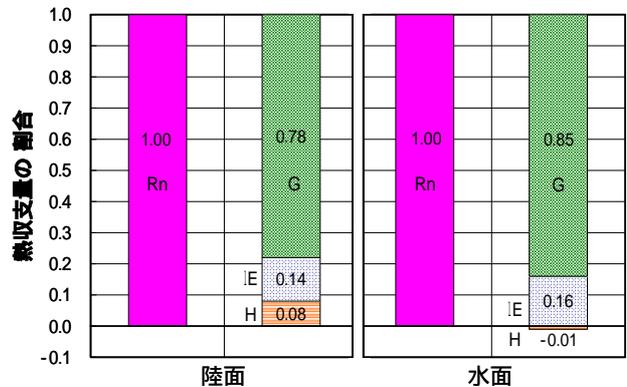


図-6 熱収支量の割合 (11~15時)

5. おわりに

本研究では、大学構内と中川運河河畔において微気象観測を実施し、異なる地被状態での熱収支特性の差を評価した。その結果、水面では陸面よりもアルベドが小さいこと、水面は貯熱効果が高く、顕熱によって大気を冷却していることが明らかとなり、中川運河は暑熱環境の緩和に一定の役割を果たしていることが示された。なお、今回対象とした陸面は自然地盤であったため、今後はアスファルト等の人工被覆地盤で観測し、水面と比較を行う予定である。