

異なる地表面状態における熱収支の差異に関する研究

-砂利面と裸地面を中心に-

B204063 中曾 裕次 共同研究者 B204051 清水 雄二郎, B204070 西本 恵子 指導教員 内藤 望 准教授

キーワード: 熱収支, 顕熱輸送, 季節変化, 地表面状態, 気象観測

1. 研究目的

地球上ではさまざまな現象に伴い熱エネルギーが流れている. その大きさ, 向き, 場所による違いによって気象は影響を受ける. 海陸風循環や季節風循環などの自然現象だけでなく, ヒートアイランド現象や地球温暖化などの人為的現象においても, つきつめると熱エネルギーの流れが関係している. そこで本研究では最も身近な地表面近くの気象環境に対して, 地表面状態が異なることでどのように熱エネルギーの流れに違いが生じているかを調べる.

2. 研究方法

2.1 観測方法と使用データ

定点自動気象観測装置(AWS)1台, 可搬型熱収支観測装置(MWS)4台を用いて8月8日~9日, 9月18日~19日, 12月7日~11日に集中観測を行い, 使用データは8月と9月が各24時間分, 12月が8日~9日の48時間分を使用した. 表1に観測地点と観測要素を示す. また10月23日~25日, 11月20日~22日にセンサーのキャリブレーションのため, 23号館屋上に全観測装置を集めた同時観測も実施した.

表1. 観測地点と観測要素. 上から順に観測場所, 地表面状態, 観測した気象要素を示す. 観測時間間隔は全て10分である.

23号館屋上	11駐輪場	11駐輪場南東	10号館南東	図書館南西
養生マット (AWS)	コンクリート (MWS)	砂利 (MWS)	裸地 (MWS)	芝生 (MWS)
気温, 湿度, 風速, 地表面温度, 日射量				
放射収支量	日射反射量, 地中伝導熱流量			

2.2 熱収支の評価法

地表面の熱収支はいかなる場合でも, 放射収支量=顕熱輸送量+潜熱輸送量+地中伝導熱流量

表2. 放射収支の観測・計算の一覧. 直接観測要素を○, 他の観測要素から計算する要素を△で示す.

	放射収支量=日射量-反射量+大気放射量-地表面放射量				
AWS	○	○	△	残差項	△
MWS	残差項	○	○	代入	△

で表され, この式を熱収支式という. このうち放射収支量は, 日射, 反射, 大気放射, 地表面放射の4つの成分から構成されている. 本研究では, 各地点での観測要素から表2に示す解析方法によって, 放射収支量と各成分を求めた. つまり23号館屋上では残差から大気放射を求め, これを同時刻の他地点へ代入することで全地点の放射収支量を求めた. 次に顕熱輸送量は次式で表されるバルク法により求めた.

$$\text{顕熱輸送量} = c_p \rho C_H U (T_s - T)$$

c_p : 空気の定圧比熱, ρ : 空気の密度, C_H : バルク係数, U : 風速, T_s : 地表面温度, T : 気温

なおバルク係数を求めるために必要な地表面粗度は, 砂利面では11月30日~12月4日に実施した地表面粗度観測の結果0.15mを採用し, 残りの3地点には各地表面状態での代表値(裸地面およびコンクリート面0.005m, 芝生面0.01m)を用いて計算した. また, 潜熱輸送量は熱収支式の残差項として求めた.

3. 結果と考察

図1は12月8日～9日の砂利面と裸地面における各要素の時系列である。日中日射の増加に伴って気温、地表面温度は上昇し、夜間下降している。大気放射は長波放射のため、夜間でもほぼ一定であるが、雲による影響や気温変化に伴って少し変動している。両地点間の気温差は小さいが、地表面温度は最大約5℃の差が出ている。この傾向は8月、9月の観測結果でも同様であり、地表面温度の差は顕熱輸送量に影響を与える。

図2は砂利面と裸地面の日中における平均顕熱輸送量を比較したものである。裸地面では、8月、9月、12月いずれも顕熱輸送量は非常に小さなものであった。一方、砂利面では、12月の値は8月、9月よりも小さくなっているが、これは地表面温度と気温の差が夏期よりも冬期の方が小さいことを示す。また、何れの月も裸地面より地表面温度が高いため、きわめて大きな顕熱輸送量となっている。

図3は8月、9月、12月すべて平均した熱収支4要素の比較である。砂利面では放射収支量に匹敵するほど大きな顕熱輸送量となっていたが、地表面粗度の日変化を無視したために、顕熱輸送量を過大評価している可能性がある。残差で求めた潜熱輸送量が負の値となってしまったのは、この顕熱輸送量の過大評価分と地中伝導熱流量の測定誤差を含んでいると考えられ、本来はほぼ0ではないかと思われる。裸地面の顕熱輸送量はほぼ0に近い値を示した。砂利面と裸地面では顕熱輸送量は大きく差があるが、放射収支量と地中伝導熱流量の差は小さくなっている。季節を通して砂利面の顕熱輸送量は裸地面より高く、砂利面は裸地面より地表面温度が上昇しやすく、大気を加熱する効果がある環境であることを示している。一方、裸地面の熱エネルギーは、主に土壌水分の蒸発に伴う潜熱輸送や地中への伝導熱として使われている。

4. まとめと課題

放射収支量は、対象の2地点だけでなくコンクリート面と芝生面でも同様な値になっているが、熱収支の他の3要素には大きな差が出る結果となった。このことから、地表面状態によって熱収支環境は大きく異なるといえる。人為的な地表面の改変によるヒートアイランド強化の評価に繋がるものであるため、今後も様々な地表面での熱収支観測が望まれる。ただし地表面粗度、潜熱輸送量、地中伝導熱流量を観測によって正確に求めることが重要な課題として残された。

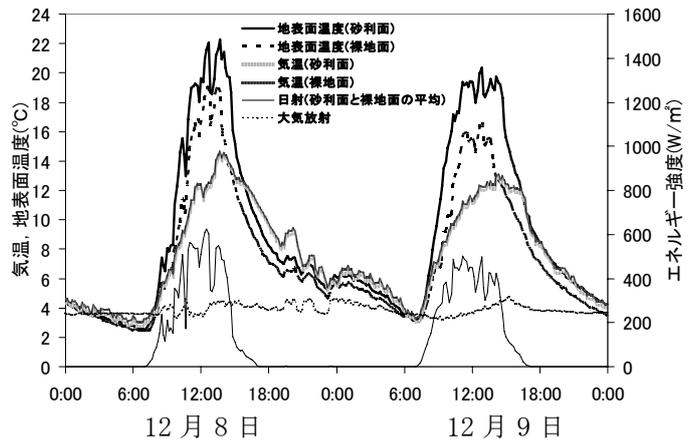


図1. 気温、地表面温度、入力放射成分の時系列例。

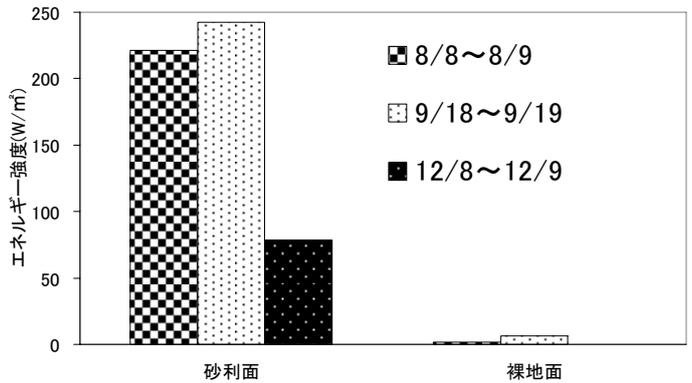


図2. 日中の平均顕熱輸送量。

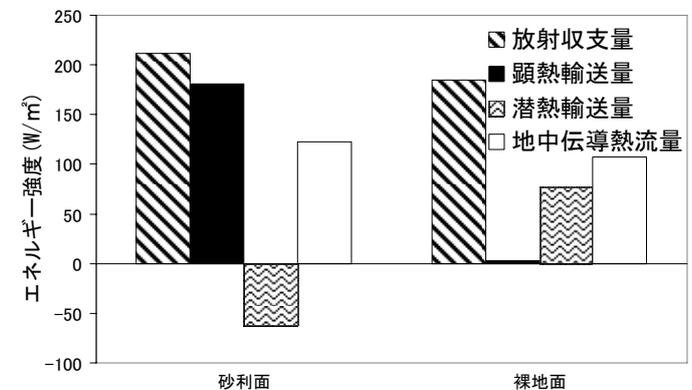


図3. 日中の平均熱収支。(8月、9月、12月の平均)