

# 都市緑化に用いられる植生面の熱収支に対する蓄熱効果の影響

15T7-028 清水萌

指導教官：亀卦川 幸浩

## 1. はじめに

近年、都市域では地球温暖化に加えヒートアイランド現象による気温上昇に伴い、都市の快適性損失や夏季の空調エネルギー消費の増大等の問題が指摘されている。この問題に関連し、屋上緑化はヒートアイランド緩和策の一つとして注目されている。しかし、屋上緑化により得られるヒートアイランド緩和効果は、都市内での熱収支観測における顕熱フラックス測定の高難しさから懐疑的な見解も散見され、今後さらに詳細な評価が必要であるとされている<sup>1)</sup>。

## 2. 研究の背景と目的

先行研究<sup>2)</sup>では大規模なセダム緑化が導入されている国立環境研究所研究棟の屋上にて、熱収支計測が行われた。その結果、日中の蒸散量が少ないセダムであっても顕熱フラックス抑制効果が明確に生じていることが判明した(図1)<sup>2)</sup>。

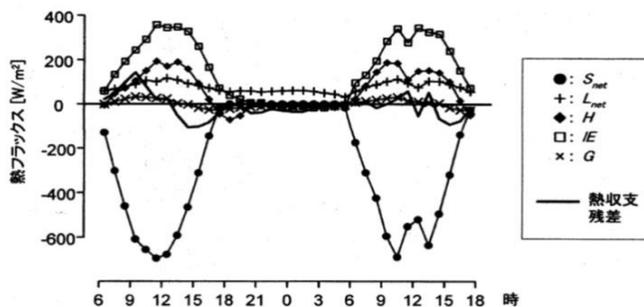


図1 セダムにおける各熱収支要素<sup>2)</sup>

( $S_{net}$ : 正味短波放射、 $L_{net}$ : 正味長波放射、 $H$ : 顕熱フラックス、 $E$ : 潜熱フラックス、 $G$ : 伝導熱)

しかし、植生面の熱収支観測では顕熱フラックスを算出する際に様々な誤差要因が生ずる。特に植生を含む土壌表層の蓄熱に関しては、熱収支の各フラックスに比し十分に小さいと仮定される事が多く、熱収支式から無視されることがほとんど

であり、この事が顕熱フラックス推定の誤差要因となり得る。先行研究<sup>3)</sup>でも蓄熱量が誤差要因となっている事が示唆され、熱容量計測が必要であるとの考察がなされている。

以上の背景から、本研究では屋上緑化に用いられる代表的な二つの植生面としてセダムと芝を対象とした熱収支計測を行い、緑化による気温低減効果を支配する顕熱フラックスの推計精度に対する蓄熱効果の考慮の有無の影響を明らかにする事を目的とする。

## 3. 研究方法

本研究では、東京大学、東京電力との共同研究により2018年8月16日～9月6日に千葉県木更津市藤造園建設木更津農場においてコンクリート、芝、セダム、土壌区を対象とし計測を行った。上記期間のうち、灌水量および排水量の実測値が得られた2018年8月19日を対象とし、各区画の熱収支を解析した。

## 4. 蓄熱を無視した場合の熱収支解析

### 4.1 正味放射 $R_n$ ( $W/m^2$ )

$$R_n = L_{\downarrow} - L_{\uparrow} + S_{\downarrow} - S_{\uparrow} \quad (1)$$

放射収支計による実測値および日射反射率を用い算出した。(1)式の $L$ は長波放射量、 $S$ は短波放射量、 $\downarrow$ は大気からの入射、 $\uparrow$ は各区画から上空に向けた反射と放射を意味している。

### 4.2 潜熱フラックス $IE$ ( $W/m^2$ )

土壌水分計で得られた含水率の時間変化をもとに、各区画からの蒸発量を算出した。なお、解析期間は8月18日22時に灌水を行った後に排水が終了した翌19日の5時から次に灌水を行った同日22時までの17時間とし、この間に起きた含水率の変化は全て蒸発によるものと仮定した。

### 4.3 伝導熱フラックス $G$ ( $W/m^2$ )

各区画の表層から 20cm 地点に埋め込まれた熱流計の測定値を用いた。得られた実測値（電圧）に感度定数をかけることで算出した。

### 4.4 顕熱フラックス $H$ ( $W/m^2$ )

$$Rn=H+IE+G \quad (2)$$

上記の蓄熱効果を見逃した熱収支式を用い、残差項として  $H$  を推計した。この  $H$  を含む各区画の熱収支の経時変化を図 2,3,4 に示す。

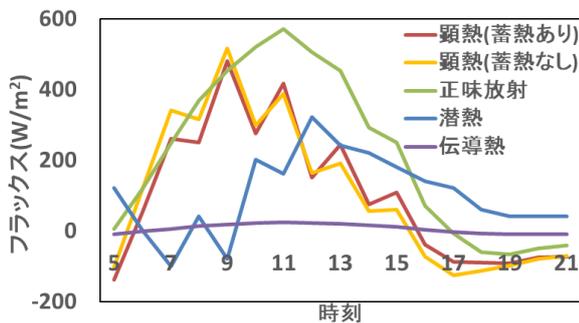


図 2 芝生区画における熱収支の経時変化

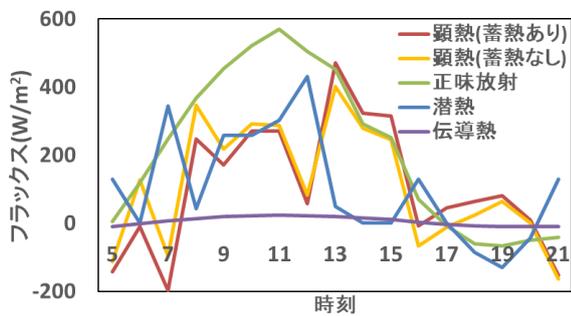


図 3 セダム区画における熱収支の経時変化

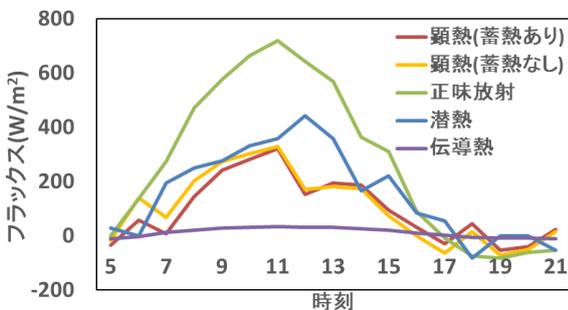


図 4 土壌区画における熱収支の経時変化

## 5. 蓄熱を考慮した場合の熱収支解析

次の(3)式を用い解析した。

$$Rn=H-IE-G-CspsD \frac{dT_s}{dt} \quad (3)$$

(3) 式の右辺第 4 項は蓄熱項を表し、 $Csps(J/m^3/K)$ は土壌の体積熱容量、 $D(m)$ は土壌表層の厚さ、 $\frac{dT_s}{dt}$ は 1 分間隔の各区画表面温度 ( $T_s$ )の時間変化率を意味している。

熱電対による各区画の表面温度をサーモカメラで計測した区画平均表面温度で補正し  $T_s$  として用いた。蓄熱が表面から 0.06m までの層で起きていたと仮定し、各区画の土壌の体積熱容量および上記の表層における温度変化を用い蓄熱項を算出した。(3)式を用いて算出した蓄熱考慮時の  $H$  の経時変化を図 2,3,4 に併示する。

## 6. まとめ

以上の結果から熱収支解析において蓄熱を考慮することで、顕熱フラックスの積算量が午前は 25%増加し、午後には 68%減少した。午前と午後で増減が逆転する理由として、午前には日射増加により土壌表層が温められ蓄熱が生じ、午後は日射減少に伴い放熱に転ずるからだと考えられる。以上により、熱収支解析における蓄熱の考慮の有無は、植生の気温緩和効果を支配する顕熱フラックスの推計に対し無視できない影響をもたらすことが結論づけられた。

なお、今回の計測ではセンサーの誤作動による異常値や天候に恵まれなかったなど、測定方法に多少の課題があったものの、植生面の顕熱フラックスを熱収支残差法で推計する際に蓄熱を考慮する事の必要性を確認することができた。

## 7. 参考文献

- 1) 平野勇二郎、他 2 名、土木学会論文集 B1、Vol.71、No.4、pp.I\_439-I\_444、2015。
- 2) 平野勇二郎・一ノ瀬俊明、環境工学研究論文集、第 43 巻、pp.661-672、2006。