

D311

エコスクールへの変換

屋上緑化の実測およびシミュレーション評価

Conversion to Ecology School

- An Observational and Simulation Study on Rooftop Greening -

石野久彌（教授） 永田明寛（助教授） 中山哲士（助手） 一ノ瀬雅之（博士課程）

Hisaya ISHINO (Prof.), Akihiro NAGATA (Assoc. Prof.),
Satoshi NAKAYAMA (Res. Assoc.) and Masayuki ICHINOSE (Doctoral Course)

ABSTRACT

Recently, heat-island phenomenon becomes obvious, increase of temperature of urban area well over of global scale. As a practical measure, governments make it obligatory to green rooftop of buildings. There are some grass products with lightweight soil, watering system and so on. Many studies about transpiration effect of plants are made, but these studies mainly dealt with plants on the ground. This research presents thermal performance of actual rooftop greening products by long term measuring and numerical simulation.

キーワード：エコスクール，屋上緑化，年間評価
Keywords: Ecology school, Rooftop greening, Annual evaluation

1. はじめに

近年，都市のヒートアイランドが顕在化する中，具体的な対策として行政による屋上緑化の義務化が進められるなど，屋上緑化が一般にも普及してきている．当初は，灌水の必要がないなどメンテナンスが容易なセダムなどの植物が多く用いられていたが，軽量土壌や給水システムなど個別に特徴がある芝生を用いた屋上緑化製品が多種見られるようになった．

本研究では，芝生による屋上緑化について長期的な実測により実際の屋上緑化製品の熱・水収支パラメータ特性を把握し，非定常熱収支モデルを作成して複数のヒートアイランド緩和手法の比較検討を行った．

2. 実測概要

2-1. スケジュールおよび測定項目

東京都港区立六本木中学校の屋上緑化を中心に，2004年7月から2005年2月にかけて表1に示す自動・手動計測を行った．また，夏季・冬季に1週間ほど現場にて集中実測を実施した．

2-2. 測定対象の芝生ユニット

図1に示す芝生植栽ユニットSは人工軽量土壌を充填した芝コンテナと30日分の雨水を貯めることのできる貯水槽から構成される，省管理型屋上緑化システムである．その他に，感温性樹脂に芝生を植えた緑化ユニットD，コンクリートスラブ面，高反射塗料面，人工芝表面を比較対象として設定した．

3. 実測結果

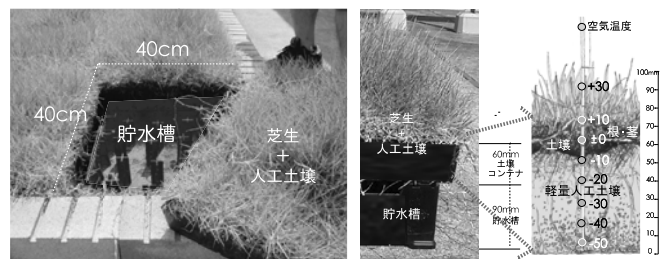
3-1. 放射特性

図2に短波長分光反射率を示す．芝生面の分光反射

率は紫外可視光域(350-780nm)においては，同じ緑色の人工芝と同様の傾向を示し0.1程度であるが，近赤外域(780-2500nm)においては反射率に差があり芝生面は0.4-0.5程度，人工芝は0.2程度であった．一方，長波長放射特性について図3を見ると，都市との熱授受

表1 測定項目一覧

気象	日射量	日射計
	外気温湿度	熱電対，ロガー，おんどとり
風向風速	2次元超音波風向風速計	
降雨量	雨量計	
温度・熱流	断面温度分布	熱電対，ロガー，おんどとり
	各種屋根表面温度	熱電対，ロガー
	測定屋上階下の温湿度	おんどとり
	熱流	熱流板，ロガー
蒸散	アルベド	長短波放射計，分光放射計
	土壌含水率	含水率計，ロガー
	貯水槽の水位	含水率計，ロガー
	芝生ユニット重量変化	電子重量計



(* 乾燥重量:39 kg/m², 湿潤重量:125 kg/m², 貯水量 :86 lit./m²)

図1 緑化ユニットS外観および断面

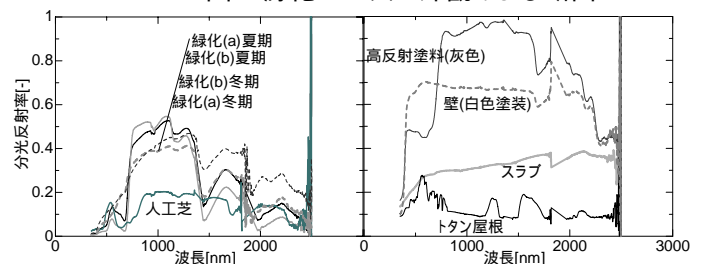


図2 屋根構成材表面の分光反射率

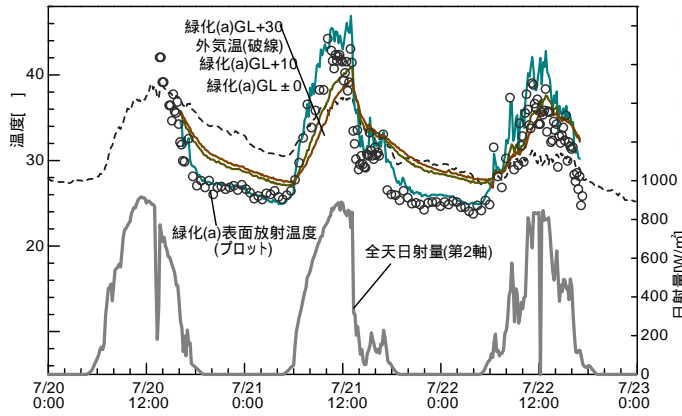


図3 芝生葉表面温度と放射温度の比較

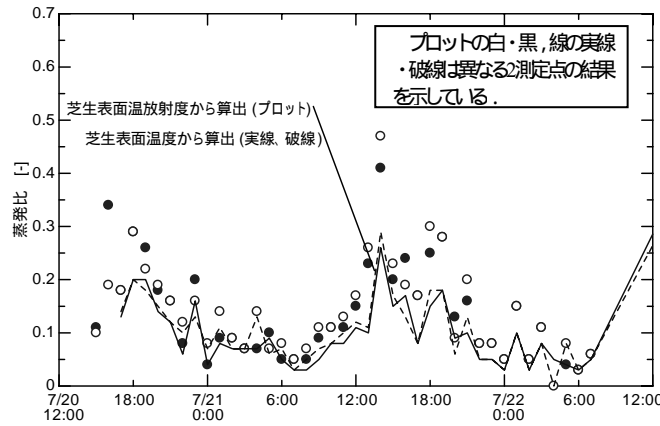


図4 蒸発比の経時変化

となる面的な代表表面温度を表すサーモグラフィによる温度は、芝生葉群内の気温と同等である。

3-2. 蒸散特性

図4は緑化ユニットS貯水槽の水位変化による蒸散量、芝生表面温度および外気絶対湿度から算出した、水面を1として蒸散の効率を表す蒸発比の変動である。夜間0.1から日中0.3程度で推移している。

4. 屋上緑化のシミュレーション

4-1. 熱収支モデル

表2に示す非定常熱収支式を連成計算した。水収支は扱っていない比較的簡易なモデルである。

4-2. 実測値との比較検証

計算の信頼性を評価するため、図面や物性資料を基に表3および図5の入力条件を与え、実測と同じ気象条件を入力して比較したものが図6である。表面温度およびフラックスの変化がよく一致している。

4-3. 年間計算

図7は東京の標準年気象データを入力して年間計算した結果である。実線は蒸発比0.2、破線は活度のない芝生を想定して蒸発比0.1としたものである。ヒートアイランド要因となる顕熱フラックス、要因とならない潜熱フラックスに有意な変化が見られる。

5. まとめ

対象とした緑化製品の蒸発比は地面の植物より若干高かった。メンテも含めた評価の重要性を示した。

表2 熱収支式

$$q_c + q_w + q_{RS} + q_{RL} + q_T = 0 \quad (1)$$

$$\text{対流} \quad q_c = \alpha_c (t_o - t_v) \quad (2)$$

$$\text{水分移動} \quad q_w = \gamma \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (x_o - x_{sat(t)}) \quad (3)$$

$$\text{短波長放射} \quad q_{RS} = a_s \cdot I_{th} \quad (4)$$

$$\text{長波長放射} \quad q_{RL} = \varepsilon_v (L_{\downarrow} - \sigma \cdot T_v^4) \quad (5)$$

$$\text{伝導} \quad q_T(k) = \sum_{j=0}^{NJ} Y_{(j)} \cdot t_{RM}(k-j) - \sum_{j=0}^{NJ} Z_{(j)} \cdot t_v(k-j) \quad (6)$$

表3 各層の熱物性値

芝生・空気は熱コンダクタンス[W/(mK)]

	λ [W/(m·K)]	c [kJ/(m³·K)]
芝生	5	0
土壌	0.5	1800
空気	11.6	0
水	0.6	4200
コンクリート	1.6	1900
断熱材	0.028	47
空気	11.6	0
PB	0.17	1000
室内側	9.3	0

α_c : 芝生表面の対流熱伝達率[W/(m²·K)], t_o : 外気温[°C], t_v : 芝生表面温度[°C], r : 水の蒸発潜熱=2440[J/g], α_x : 芝生表面の物質移動係数[g/(m²·s)], β : 蒸発比[-], $x_{sat(t)}$: 温度tにおける飽和絶対湿度[g/g], x_o : 外気絶対湿度[g/g], a_s : 日射吸収率[-], I_{th} : 全天日射量[W/m²], ε_v : 長波長放射率[-], L_{\downarrow} : 天空放射量[W/m²], $Y_{(j)}, Z_{(j)}$: 応答係数[W/m²], NJ : 応答係数の項数, t_{RM} : 室温[°C]

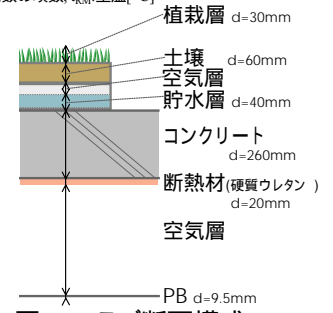


図5 スラブ断面構成

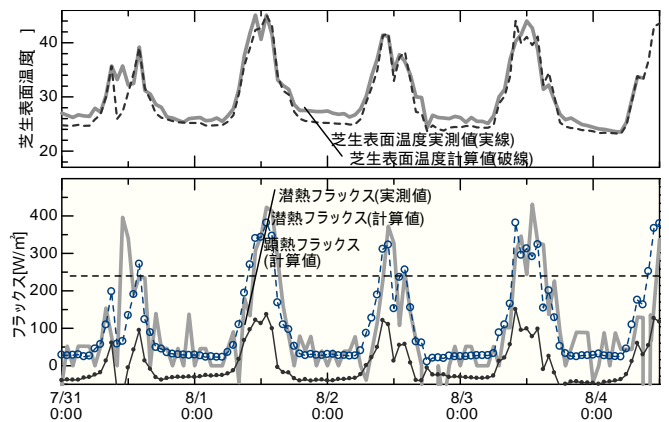


図6 計算値と実測値の比較($\beta=0.25, c=16$)

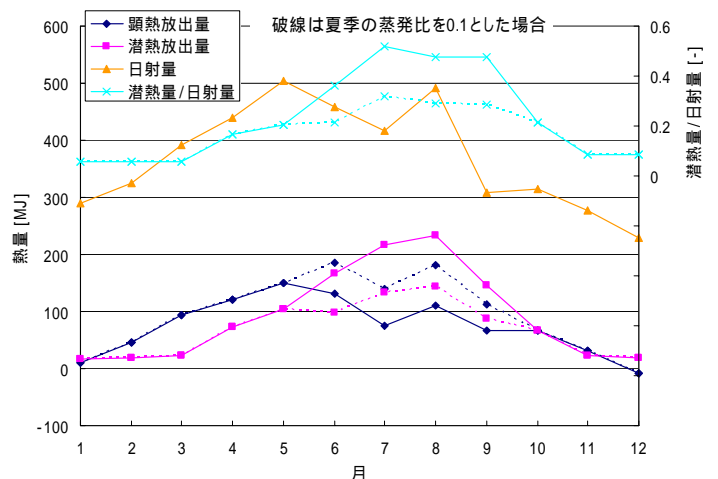


図7 都市へのフラックス年間計算結果(標準年・東京)