

屋上のコケ植栽による熱的性能に関する研究
(第2報) 測定実験データに基づく熱的解析
Study on Thermal Characteristics of Roof-top Moss-planting

(Part2) Study on thermal analysis based on measurement experiment data

学生会員 白倉 拓人(明治大学) 正会員 加治屋 亮一(明治大学)
正会員 久保 隆太郎(熊本大学) 正会員 藤原 佑美(明治大学)
Takuto USUKURA *¹ Ryoichi KAJIYA *¹ Ryutaro KUBO *² Yumi FUJIWARA *¹

*¹ Meiji University *² Kumamoto University

In this study, the quantity of heat was measured and the examination was performed in regard to the thermal insulation property of the moss planting. And experiments were done that it is the evaporation latent heat of moss planting, and the cooling effect of environment in surround.

はじめに

第1報¹⁾では、コケ植栽を用いた屋上緑化システムの測定実験結果をもとに、各試験体の温度特性について考察した。屋上緑化システムによる日射の焼け込み防止・断熱効果について、十分な結果が得られた。特に、コケ植栽は保水時において焼け込み防止、断熱効果の顕著な向上がみられたため、コケ植栽の蒸散作用による周辺環境への冷却現象の効果が示唆された。

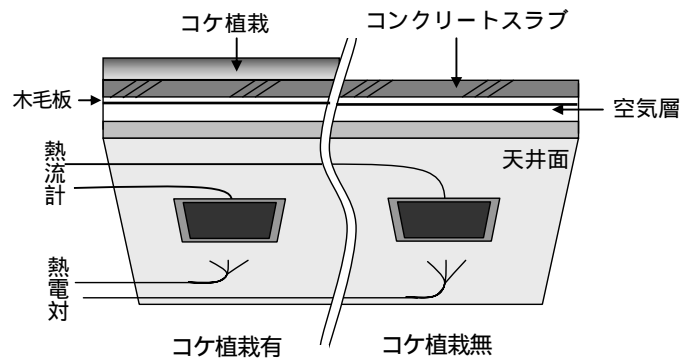
本報では、外部から室内に、屋根を通過する熱量を測定することで、コケ植栽有無による日射の焼け込み防止効果、コケ植栽の蒸散作用について検討する。具体的には、コケ植栽による屋上緑化システム下部の天井面と、屋上緑化システムの設置を行っていない下部の天井面の熱流量及び天井面温度を比較し、コケ植栽による日射の焼け込み防止効果を評価する。さらに、屋内及び屋外で、コケ植栽の温度変化、蒸散量変化、蒸散作用に影響する周辺環境の測定を行い、それぞれの関係を示し、コケ植栽の蒸散作用による周辺環境冷却効果の評価を試みる。

1. 測定概要

1.1 日射の焼けこみ

図-1 に測定概要図を示す。コケ植栽を行った天井面(以下、コケ植栽有)とコケ植栽を行っていない天井面(以下、コケ植栽無)に、それぞれ熱流計(1点)と熱電対(3点)を貼付し、熱流量と天井面温度の測定を行った。また、天井下 300mm の室内温度(2点)を測定した。測定はインターバル1分とし、時系列データを取得する。気象データ及びエリア 各層の測定データは前報¹⁾のデータを使用する。

表-1 に熱流計の主な仕様を示す。その他の測定機器、センサー類の仕様は前報¹⁾と同様とした。



断面構成：コケ植栽 (40 mm) + コンクリートスラブ (130 mm) + 木毛板 (30 mm) + 空気層 (480 mm) + 吸音石膏ボード (10 mm)

図-1 熱流量と天井面温度の測定概要図

表-1 熱流量測定時の測定機器

測定項目	測定機器		
	名称(型番)	メーカー	主な仕様
熱流量	熱流計 (MF-190)	英弘精機㈱	熱抵抗: 8.3×10^{-3} 温度依存性 0.05以下 再現精度: ± 2

1.2 蒸散作用

(1) 室内蒸散実験

図-2 に、室内蒸散実験の概要図を示す。実験には前報¹⁾の屋上緑化システムのエリア (生コケ+ロックウール+トレイ)の試験体を使用した。蒸発量を直接測定することは困難であるため、試験体を水で満水状態にし、電子天秤上に載せ、減少した質量を蒸発量とみなした。トレイの穴はシリコンでふさぎ、トレイと試験体の間にビニールシートを挟むことで、蒸散以外の水分流出を防止した。質量の測定は、インターバルを10分に設定して行った。同時に、蒸散作用によるコケ周辺環境の変化を検証するため、試験体表面(2点)、トレイ下部(2点)に熱電対を貼付し、温度変化を測定した。室内の温湿度測定は、試験体上部(2点)、室内代表点(1点)を設定し測定した。実験は、温度・湿度等の外乱を制御した室内で行った。

(2) 室外蒸散実験

図-3に室外蒸散実験の概要図を示す。実験は前報¹⁾の屋上緑化システム横で行った。前項の室内実験と同様、エリアの試験体を用いて、質量測定及び試験体の温度変化の測定を行った。同時に、屋上緑化システムのエリアの表面温度、トレイ下部及び蒸散作用に影響すると思われる気象データ(乾球温度、相対湿度、風速、全天空日射量)は、屋上緑化システムで測定しているデータを用いる。

表-2に蒸散実験で使用した測定機器を示す。その他の測定機器、センサー類の仕様は前報¹⁾と同様とする。

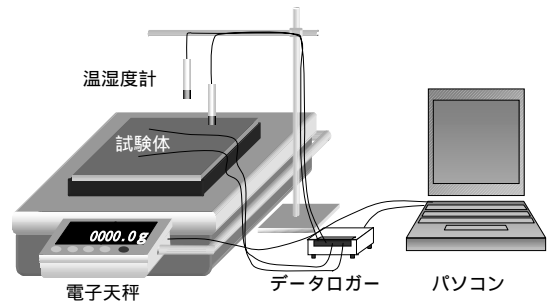


図-2 室内蒸散実験概要図

表-2 蒸散量測定時の測定機器

測定項目	測定機器		
	名称(型番)	メーカー	主な仕様
蒸発散量	電子天秤 (GP-20KR)	エー・アンド・デイ㈱	精度:0.1g、秤量:21kg 表示部:計量部:耐水性能 データメモリ数:最大200個(時刻・日付付加時最大100個)
温湿度	温湿度計 (2119A)	㈱江藤電気	精度範囲:湿度0-100%RH、温度0~+50 精度:湿度±0.3%、温度±0.3

2. 測定結果

2.1 日射の焼けこみ

図-4に、気象データとエリアにおける各層の温度分布を示す。図-5に、熱流量、天井面温度、室内温度の測定データを示す。測定データは、1日を通して日射量が安定していた2005年4月29日とした。

測定結果より、コケ植栽有、無、いずれの場合も熱流量及び天井面温度は、全天空日射量に影響を受けていることがわかる。コケ植栽有、無の熱流量を比較すると、コケ植栽有は常時小さい値を示し、最大で約3.4W/m²の差がある。天井面温度において、コケ植栽有天井面温度が、コケ植栽無天井面温度より高く、最大約0.5の差が生じる。これは、コケ植栽による断熱効果が得られたためであると考えられる。



図-3 室外蒸散実験概要図

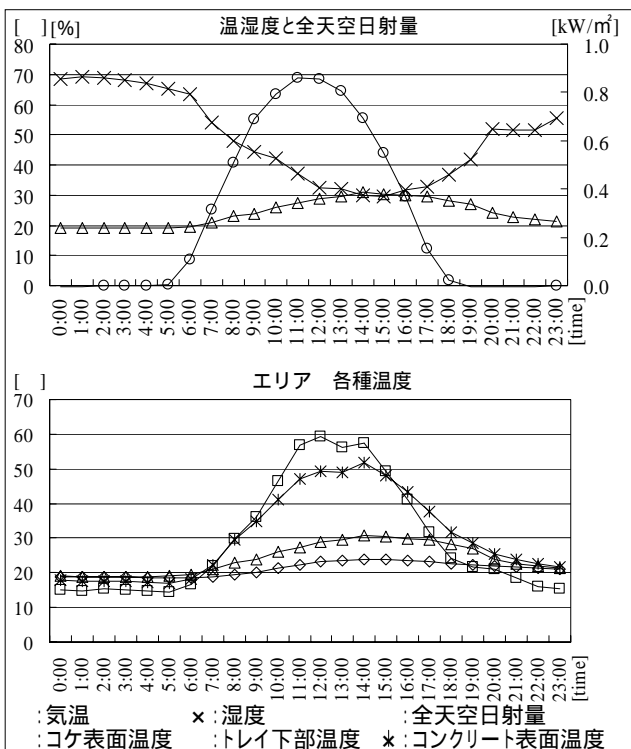


図-4 屋上緑化システム測定データ(2005/04/29)

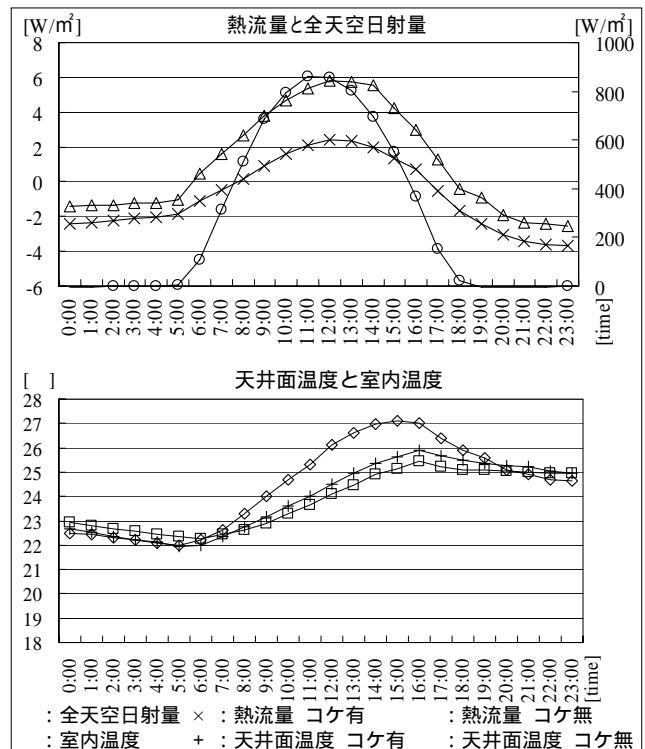


図-5 熱流量・天井面温度・室内温度測定データ(2005/04/29)

2.2 蒸散作用

(1) 室内蒸散実験

室内温湿度、各測定点温度及び試験体の質量変化を図-6に示す。測定データは2004年12月14日を採用し、外乱を制御した室内の温度、相対湿度は、ほぼ定常状態になった値を使用した。室内温度は、半日で約0.8℃低下し、室内相対湿度は約1.9%上昇している。試験体の蒸発量は時間経過に伴い、各種測定点温度の低下とともに、一定量ずつ減少する。

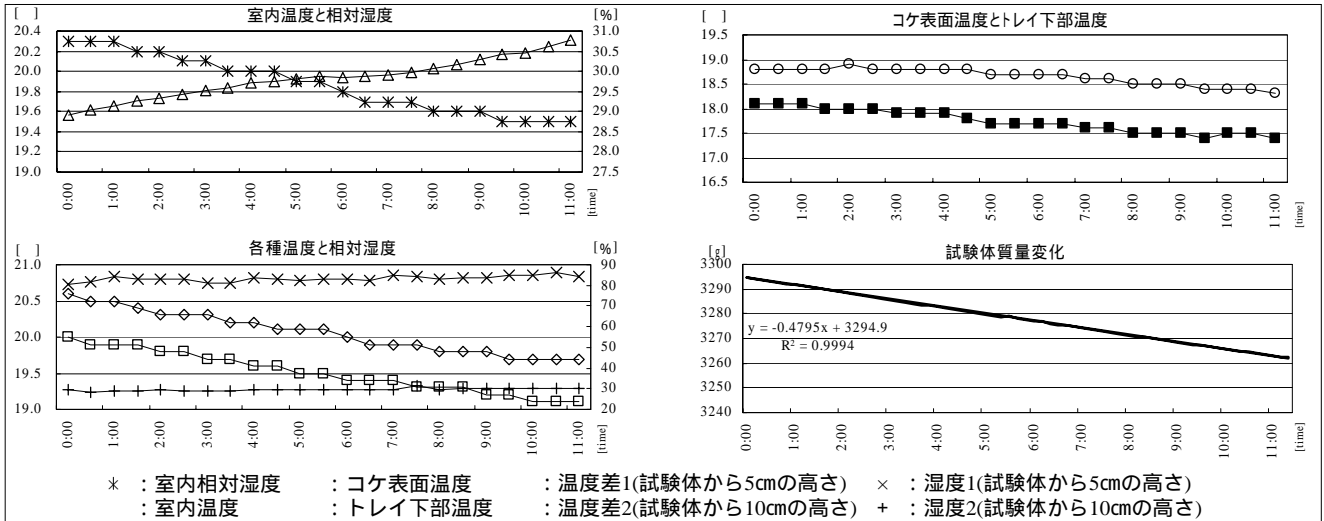


図-6 蒸散作用による試験体の質量・温度変化(2004/12/14)

(2) 室外蒸散実験

図-7に気象データ、試験体各種温度、試験体質量変化を示す。測定データは、日射量が安定している2005年4月28日から4月30日を採用した。コケ表面温度はエリアの表面温度と比べ、最大で1日目は約7.2℃、2日目は約25.2℃、3日目は、約31.8℃の差異がある。試験体質量変化において、日射がある日中の蒸発量が夜間に比べて多くなっている。

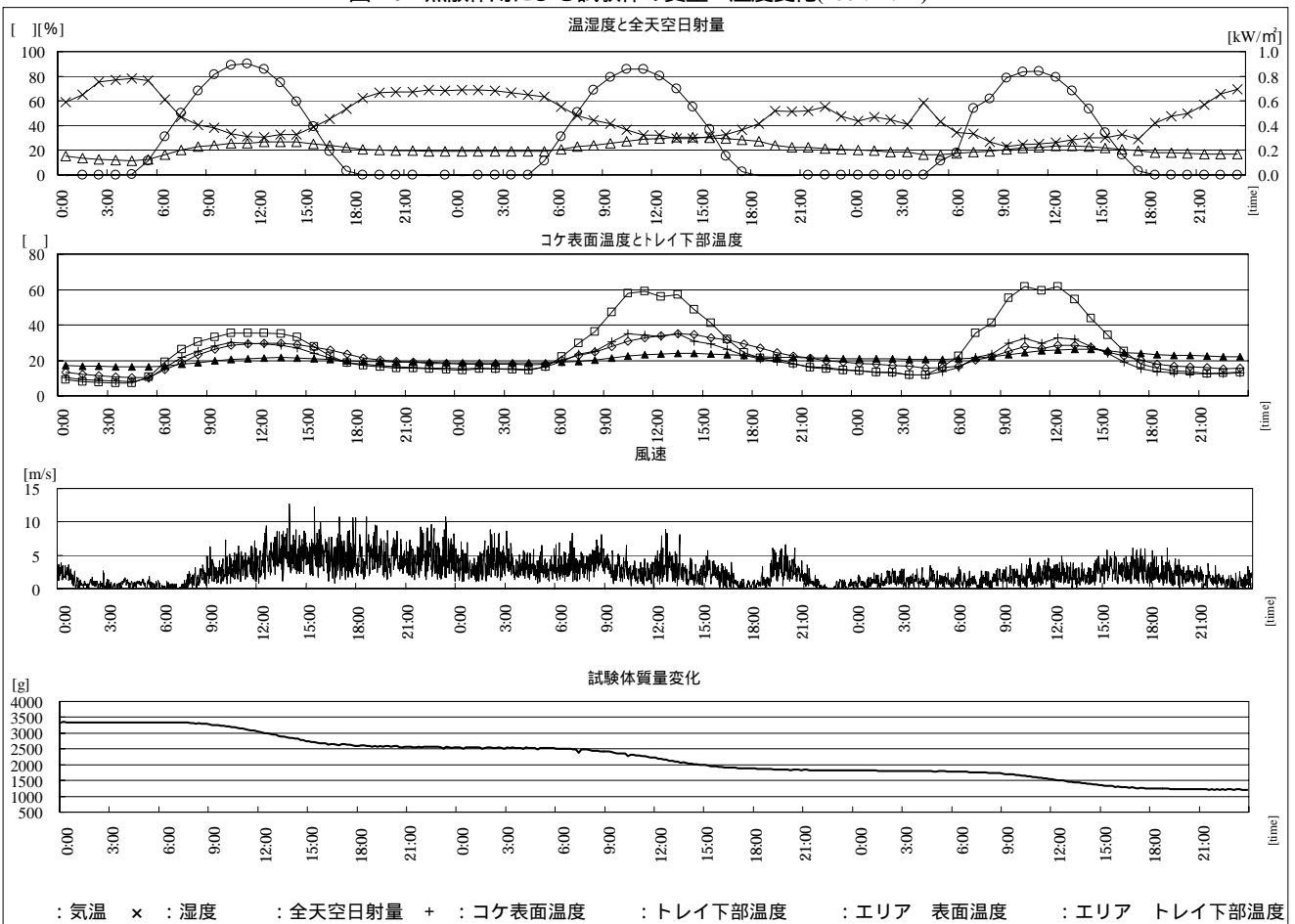


図-7 室外蒸散実験測定データ(2005/04/28～04/30)

3. 蒸散量と各種気象データの関係

図-8に、室外蒸散実験から得られた蒸発量と、気象データの関係を示す。測定データは、2005年4月28日の、日射のある時間(7時から17時まで)とする。蒸散量は1時間当たりの積算値を、各気象データは1時間当たりの平均値を使用した。各種気象データと蒸散量の関係は以下である。

気温

$$w = 11.32t - 208.56 \quad R^2 = 0.76$$

相対湿度

$$w = -4.07h + 224.93 \quad R^2 = 0.92$$

風速

$$w = 12.62w_s + 21.19 \quad R^2 = 0.35$$

全天空日射量

$$w = 94.06s - 9.26 \quad R^2 = 0.55$$

w : 蒸散量[g/h] t : 気温[] h : 相対湿度[%]

w_s : 風速[m/s] s : 全天空日射量[kW/m²]

決定係数 R^2 では、気温は0.76、相対湿度は0.92、風速は0.35、全天空日射量は0.55となり、相対湿度が蒸発量に強く影響していることがわかる。一方、風速と蒸散量については、よい相関が得られなかった。これは、風速の測定をコケ表面近傍ではなく、屋上面より高さ2mの位置で測定していることが原因であると思われる。最も蒸散量との相関が高いと予測された全天空日射量は、良い相関が得られなかった。そこで、時間遅れを勘案し、使用する蒸発量のデータを1時間ずらして全天空日射量との関係を見ると、 R^2 は0.87となり、比較的良好な相関が得られた。

4. まとめ

本報告で得られた知見を以下に示す。

- 1) コケ植栽の有無による熱流量の比較より、コケ植栽有、無、いずれの場合も、全天空日射量に影響を受けることがわかる。また、本研究で採用するコケ植栽により、室内への熱通過量が減少することを示した。
- 2) コケ植栽の有無による天井面温度の比較では、コケ植栽により、断熱性が向上することを示した。
- 3) 室内蒸散実験の結果より、コケの蒸発散は、コケの表面温度や、焼け込み温度に相当するコケ植栽下部の温度の低下に影響を及ぼしている可能性を示した。
- 4) 室外蒸散実験より、日射のある昼間の蒸散量が、夜間と比べて多いことから、コケ植栽の蒸散には全天空日射量の影響を受けることがわかった。
- 5) コケ植栽の蒸発散は外気気候に影響を受ける。特に、相対湿度、全天空日射量、気温に影響を受ける。

以上より、屋上緑化システムは、日射による焼けこみ防止、断熱効果を得られることを示し、保水時において、蒸散作用により周辺環境の冷却効果、焼けこみ防止効果、断熱性の向上がみられることが確認された。

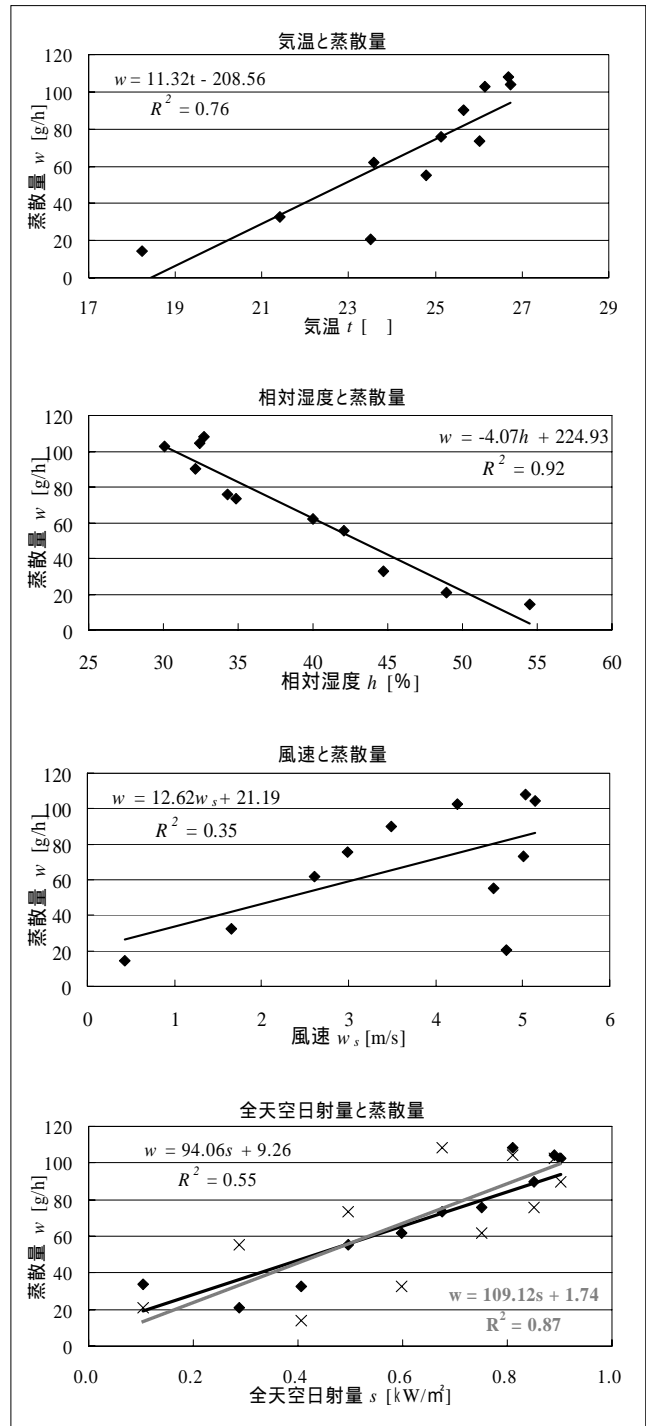


図-8 蒸散量と各種気象データの関係(2004/04/28)

参考文献

- 1) 藤原佑美ら：屋上のコケ植栽による熱的性能に関する研究（第1報コケ植栽による緑化システムの概要と測定実験）、空気調和・衛生工学会、2005.8 投稿中
- 2) 加治屋亮一ら：屋上のコケ植栽による熱的性能に関する研究（その1コケ植栽の基礎的実験）日本建築士学会学術講演会論文集、pp.171-174、2004.10
- 3) 臼倉拓人ら：屋上のコケ植栽による熱的性能に関する研究（その2コケ植栽の測定実験）、日本建築士学会学術講演会論文集、pp.175-178、2004.10
- 4) 梅干野晃ら：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究（その5芝生からの蒸発・蒸散量の年・日変化とその推定）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp759-760、1992.8