

技術報告編

ウレタン系人工植栽基盤を用いた底面給水型屋上緑化システムの可能性

The Possibility of a Subirrigation Type Roof Greening System by Using Sponge Planting Base Made from Polyurethane

山田 宏之* 橋本 昌樹** 宮川 克郎**

Hiroyuki YAMADA* Masaki HASHIMOTO** Katsuro MIYAGAWA**

1. はじめに

底面給水型の植物栽培システムは古くから実用化されており^{1) 2)}、屋上緑化システムの灌水方式としても採用されている実績がある。底面給水方式の利点としては、自動化により灌水作業が簡略化されるという点と、常に一定の給水量が確保されることによる植物生育の安定性という2点をあげることができる。

また、底面給水型のシステムでは、土壌を用いないシステムの構築も可能であり、特に衛生管理が厳しい食品工場や病院などにおいても屋上緑化が施工できるというメリットや、設置、撤去が容易であるという点から、従来屋上緑化の対象とならなかった場所での新たな需要の発掘にも結び付く可能性があると考えられる。

そこで、これらの条件を満たすように、ウレタン系の吸水素材を植物栽培用基盤材に用いた底面給水型屋上緑化システムを開発した。これは、年1～2回の植物の入れ替えと自動灌水装置の設置を前提として、花壇型の鑑賞価値の高い屋上修景用緑化を目指して開発したものである。このような底面給水型の緑化システムを屋上緑化用に用いた場合、屋上面の高温化や照返し等の厳しい熱環境の影響により、必要給水量等が、一般的な圃場実験と比べて大きく異なってくる可能性が高い。そこで本研究では、実際の屋上空間を用いて、この屋上緑化システムの水分要求量等の基本的な特性を把握するとともに、従来型の屋上緑化工法と比較して、表面温度低減効果や建物の遮熱性の向上効果に、どのような差異があるのかについて検証を行った。

2. 研究方法

和歌山大学システム工学部屋上に、4種の植物を植栽した底面給水型ユニットを16基設置した。2005年8月4日に設置を行い、同年11月22日まで調査を行った。基盤は写真-1のようにポリプロピレン製の上下2ブロック（組上寸法、500mm×500mm×H132mm）で構成されており、上部ブロックの凹部にウレタン系吸水素材に植栽した植物を固定し、下部ブロックに貯留した水を吸水させる方式である。植物栽培用基盤材のウレタン

系水収素材は写真-2のように、直接植物を植え付けて圃場栽培を行い、十分に発根した後に施工に用いる。使用した植物材料は表-1に示す。

調査期間中は降雨時を除いて毎日灌水を行い、特に蒸発量の大きい時期には、最大で1日3回の灌水を行った。植栽時にウレタン系吸水素材内に遅効性の化学肥料を施用した以外に施肥は行わなかった。薬剤散布も行わなかったが、一部の植物については、葉を食害する昆虫が発生したため、発見し次第、除去作業を行った。

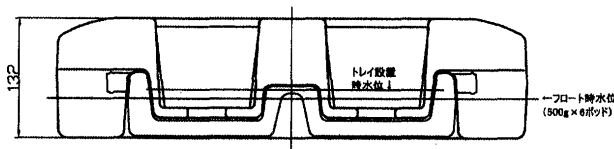
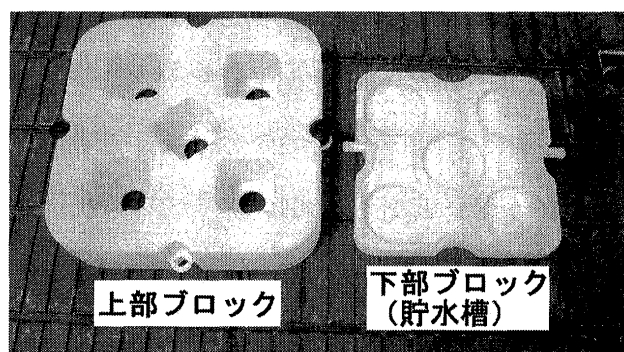


写真-1 基盤の構造と断面構成

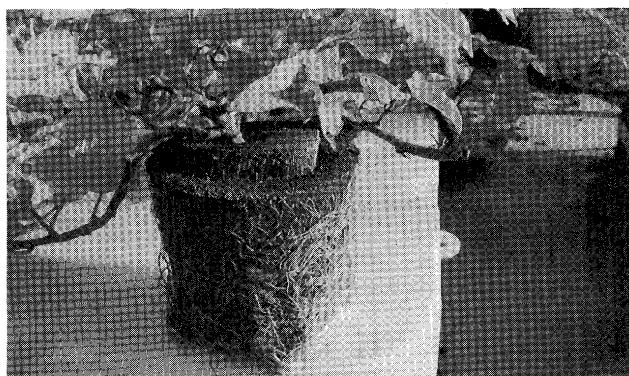


写真-2 ウレタン系吸水素材への発根状況

*和歌山大学システム工学部

**サントリー(株)研究センター先進コア技術研究所

*Faculty of System Engineering, Wakayama University

**Research Center, SUNTORY Limited

表－１ 生育調査対象の植物材料

No.	植物名	科・属	学名
1	サフィニア	ナス科ペチュニア属	<i>Petunia hybrida</i>
2	テラスライム	ヒルガオ科イボメア属	<i>Ipomoea batatas</i>
3	タビアン	クマツヅラ科バーベナ属	<i>Verbena × hybrida</i>
4	ミンティア	シソ科ヘスペロジギス属	<i>Hesperozygis myrtilloides × Hesperozygis dimidiata</i>

(1) 生育状況の調査

試験基盤を設置後、月2回程度の頻度で植被状況の写真撮影を行い、被覆率の変化を測定した。

(2) 蒸発散量の測定

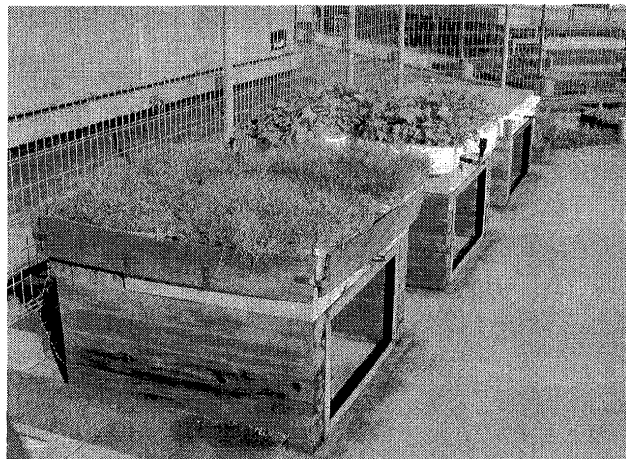
夏季の晴天時における水分蒸発量を把握するために、12時から翌日の12時までの24時間水分減少量を計量法により把握した。測定は数回行ったが、本論ではそのうち、最も安定した天候条件となった2005年9月1日から4日まで3日間のデータを用いて解析を行った。

(3) 表面温度の測定

植物被覆面の表面温度を、放射温度計（OPTEX, PT-U80）を用いて測定した。測定は各基盤ごとに5箇所ずつ行い、全データの平均値を用いて比較した。なお、植被率が100%に達していない区画については、露出した基盤表面の温度も同様な方法で測定した。放射率は全て0.95としている。測定は夏季の晴天日で最高気温が30℃を越えた日を選び、2005年8月16、18、22日、9月1、2、3、15日の7日間行った。測定時刻は12時、14時、16時の1日3回である。比較対照として、屋上のコンクリート面、コウライシバ植被面（漏水有り）、ツルマンネングサ植被面（漏水無し）の温度も同時に測定した。

(4) 建物躯体温度低減効果の測定

和歌山大学システム工学部屋上に設置した熱流試験台（写真－3）を用い、100mm厚コンクリート床板下面の温度測定を行った。測定にはテラスライムを植栽した基盤を用い、比較対象としては、改良マサ土150mm厚基盤にコウライシバを植栽したもの（旧・都市基盤整備公団標準仕様準拠）³⁾と、40mm厚発泡ポリスチレンボード+20mm厚押さえコンクリートの外断熱仕様³⁾の2種を用いた。



写真－3 床板面温度の測定台

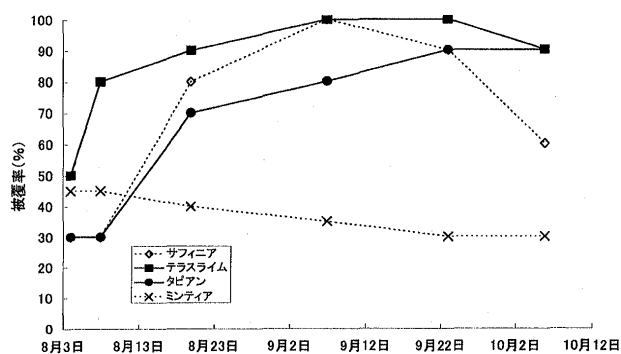
テラスライム植栽基盤底面中央部に位置するコンクリート板の表裏に温度センサーを設置し、床板上下面の温度の変化を測定した。測定時には気温、日射量を同時に測定した。測定は2005年8月18日から9月1日まで行った。そのうち、連続して快晴となった8月18～20日までの3日間のデータを解析に用いた。

3. 調査結果と考察

(1) 生育状況

ミンティアについては、2005年9月以降、顕著な枯損が認められた。植被率も減少傾向を示し、屋上緑化用植物としては適性が低いものと考えられる。他の3種は順調な生育を示し、特にテラスライムの初期成長量が大きかった（図－1、写真－4、5）。

なお、サフィニア、テラスライムは9月下旬から植被率の低下が始まっている。本来、1年生草本として扱われている植物種であり、秋枯れの初期段階と考えられる。このように、かなり早い時期から衰退が見られることから、これらの植物を用いて緑化を行った場合、最低でも年2回の植物の入替えが必要となる。秋の入替えの際には、冬季に緑被状態を保つ植物を植える必要があるが、これについては未検討である。



図－1 植被率の変化



写真－4 設置時（2005年8月4日）のテラスライム

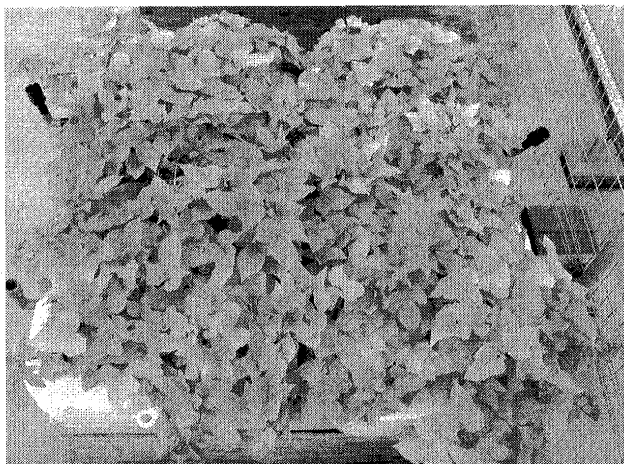


写真-5 設置20日後（8月24日）のテラスライム

(2) 蒸発散量

2005年9月1日から4日まで3日間の平均日蒸発散量を図-2に示す。蒸発散量は1㎡当りに換算している。棒グラフ上のバーは、最小値-最大値の範囲を示す。最も蒸発散量の多かったテラスライムは日蒸発散量が平均10.2L/㎡、最大では12.7L/㎡と大きな値を示した。生育状態の良い芝生地からの蒸発散量は4L/㎡程度であることと比較すると⁴⁾、蒸散量の多い植物であることが分かる。また、蒸散量の多いことで知られる水生植物（ヒシ：最大で12.2L/㎡⁵⁾）と比較しても同等以上の蒸散量であると推察される。これが、後に述べる表面温度低減効果や熱遮蔽効果の高さに繋がっているものと考えられる。サフィニア、タビアンも芝生地よりも大きな蒸発散量を示した。以上の3種は、ヒートアイランド対策や建物の熱遮蔽を目的として緑化に用いる場合に高い効果が発揮できる可能性がある。ミンティアは生育状態も悪く、低い値に留まった。

なお、テラスライム基盤の場合、1基盤当たり1日で約2.5リットルの水を消費することになるため、十分な給水能力を有する灌水設備が必須となる。

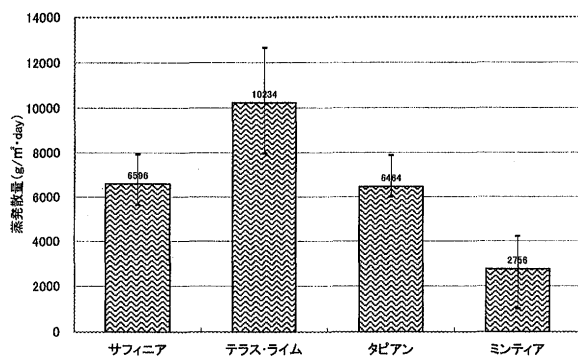


図-2 日蒸発散量の比較

(3) 表面温度

夏季晴天日の7日間の測定結果を、測定時の気温との差で表したもののうち、14時の測定結果が図-3である。温度差は、(表面温度) - (気温) で計算したため、プラス側に大きいほど表面温度が高いことを示している。棒グラフ上のバーは、7日間の全測定値の最小値-最大値の範囲を示す。

コウライシバの気温プラス5.1℃と比べると、いずれも低い値を示した。なお、ミンティアについては、植物体で覆われていない基盤部分が多く、その部分も含めて評価を行うと、著しく高温となってしまう。ここには植物体部分のみの測定結果を掲載したが、基盤部分も含めた実際の表面温度低減効果は小さい。

他の3種は良好な結果を示した。特にテラスライムは気温マイナス0.4℃となり、測定対象の中で唯一、気温よりも低い温度となった。表面温度の低減量は極めて大きく、建築物表面からの顕熱低減を目的とした緑化には適した植物材料であると言えるだろう。

12時についても、ほぼ同傾向の結果となった。コウライシバで+3.5℃、テラスライムは-0.3℃であった。16時には温度差は小さくなるが、コウライシバで-0.3℃、テラスライムは-0.6℃であった。

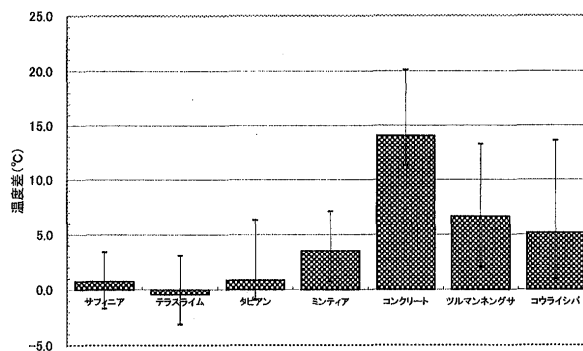


図-3 14時の温度差（表面温度-気温）の比較

(4) 建物躯体温度低減効果

2005年8月18~20日の日射量の変化を図-4に、コンクリート床板表面の温度変化を図-5に、コンクリート床板裏面の温度変化を図-6に、3日間の平均気温とコンクリート床板裏面の平均温度を比較したものを図-7にそれぞれ示す。図-6、7から分かるように、テラスライム基盤を150mm厚芝生基盤と比較した場合、日中の最高温度は高くなるが、最低温度は逆に低くなり、日平均温度はほぼ同じであった。植栽基盤と植物体全体での熱容量が小さく、昼間の熱遮蔽効果は若干劣るが、放熱性に優れるため、1日をトータルしての熱遮蔽効果は同等とみなせる。

40mm厚発泡ポリスチレンボードによる外断熱工法と比較した場合、最高温度、最低温度、日平均温度のいずれも低い値を示した。夏季の熱遮蔽効果に関しては、

ポリスチレンボードによる外断熱よりも優れているとみなせる。

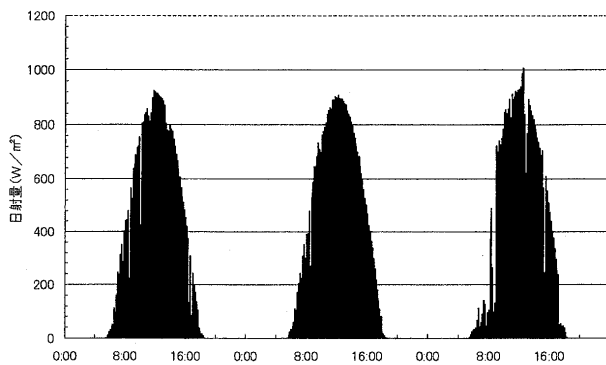


図-4 2005年8月18～20日の日射量変化

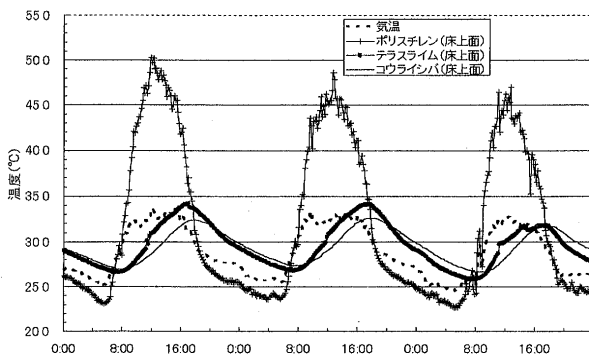


図-5 2005年8月18～20日の床板上面温度量変化

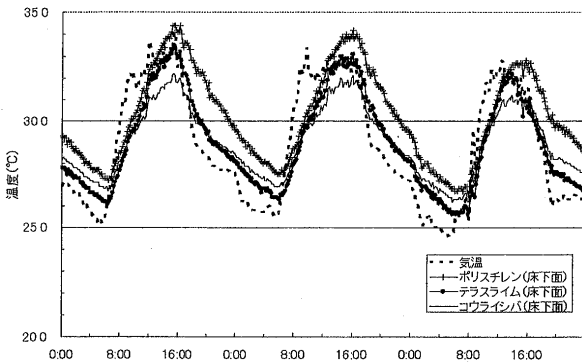


図-6 2005年8月18～20日の床板下面温度量変化

4. まとめ

実験に使用した4種の植物のうち3種は、この底面給水型基盤を用いて、十分に屋上で生育することが確認された。この緑化システムは満水状態でも $50\sim60\text{kg}/\text{m}^2$ と軽量であり、既存ビルの屋上緑化などにも十分使用可能であると考えられる。ただし、必要給水量は従来型の芝生を用いたものよりも多く、かつ使用する植物種によって大きく異なる結果となったので、灌水装置の設計に際しては十分な注意が必要である。

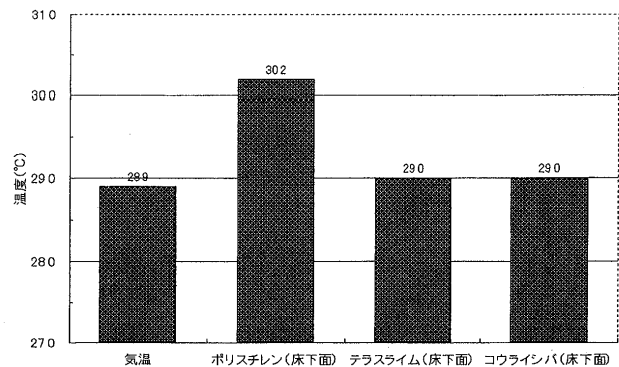


図-7 3日間平均気温と床板下面温度平均値

蒸発散量と表面温度の測定結果から、テラスライムが表面温度低減効果の高い植物であることが判明した。テラスライムで密に覆われた場合は建物内部への遮熱効果も、土壌厚 150mm の芝生基盤と同等となり、十分な効果が期待できる。対照の芝生基盤 (約 $200\text{kg}/\text{m}^2$) と比べると著しく軽量であるため、積載荷重の制限の厳しい建築物で、特に夏季の熱遮蔽効果を高めたい場合に有効な緑化工法となる可能性があるだろう。

現在のところ、屋上面への安全な固定方法、均一な給水方法の確立、雨水等の水道水以外の水の利用方法の検討など、実用化に向けた課題がいくつか残されており、それらの解決を図っていく必要がある。

謝辞：本研究は、和歌山大学システム工学部の東芝俊行君ら学生諸氏の協力を得て実施したものである。

参考文献

- 1) 名倉裕貴(1994)：水耕樹木による都市緑化をめざして：グリーン情報，7，46-47
- 2) 浜田 豊 (1996)：底面かん水の種類と利用技術：農耕と園芸，51(8)，114-117
- 3) 田中順一 (2001)：都市公園における薄層土壌による屋上緑化技術：造園技術報告集1，p70-73
- 4) 王 革他 (1991)：屋上芝生植栽の熱的特性に関する実験研究(その2 芝生試験体の水収支について)：日本建築学会大会学術講演梗概集，929
- 5) 中村彰宏 (2006)：微気象緩和効果を目的に屋上に設置した簡易池の蒸発散量：ランドスケープ研究 69(5)，437-440

名 称：ウレタン系吸水素材を用いた屋上緑化実験区

所在地：和歌山県和歌山市栄谷930

発 注：

実施設計：サントリー (株)

調 査：和歌山大学

施 工：サントリー (株)

規 模：4 m^2

施工期間：平成17年8月4日