

屋上緑化用の底面灌水型緑化基盤の 表面温度比較と蒸発散特性

大竹 雄平¹・山田 宏之²

¹非会員 和歌山大学大学院 システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

E-mail:s084067@sys.wakayama-u.ac.jp

²非会員 和歌山大学 システム工学部 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

E-mail:hyamada@sys.wakayama-u.ac.jp

本研究に用いた底面灌水型緑化基盤は色及び基盤構造の異なるAとBの2タイプで、植栽植物はテラスライム (*Ipomoea batatas*)、サフィニア (*Petunia×hybrida*)、タビアン (*Verbenaxhybrida*) の3種で行った。

測定の結果、テラスライムは一日を通して平均表面温度が特に低く、日没前の早い時間帯から気温を下回っていた。サフィニア、タビアンは、それには劣ったものの芝生面と同等の表面温度を示すことがわかった。また日積算日射量が約20MJ/ m²/dayであった日のテラスライム基盤Bの潜熱量は約40~50MJ/ m²/dayあった。以上から、本研究で用いた底面灌水型緑化基盤はヒートアイランド対策に有効であり、特にテラスライムを植栽した基盤においてそれが顕著であるといえた。

Key Words : UHI(urban heat island), greening system - bottom irrigation type, surface temperature, evapotranspiration

1. はじめに

近年、人々のヒートアイランド現象に対する認知度は非常に高まってきている。各地で一斉打ち水などのイベントも行われるようになり、またそれらがテレビや新聞などのマスコミで報じられることが増えた。また、ここ数年毎年のように発生している集中豪雨や熱帯夜の増加から人々が身をもってヒートアイランドの影響を感じている。

ヒートアイランドによる影響は他にも大気汚染やエネルギーの過大消費、熱中症など人体への影響、生態系への影響などがある。

ヒートアイランド現象の原因は主に都市部における地表被覆の変化と人工排熱の増加にあるとされている。都市では、地表面は土壌などの自然なものからアスファルトやコンクリートの蓄熱しやすく透水性のない人工的な地表被覆へと変化し、また自動車やエアコンなどからの排熱は増加の一途をたどっている。

そんな中、ヒートアイランド対策の1つである屋上緑化は、景観の向上などの様々な効果を期待され大きな注目を集めている。平成18年の国土交通省の調査によると、屋上緑化面積は平成12年から17年までに約123haから約123.7haまで増加している¹⁾。

屋上に長期間載せられる、積載可能荷重は地震力荷重に屋上面積をかけたものであり、一般住宅の地震力は600N/ m²と建築基準施行令第85条に定められている。そのため既存の建物ではセダム類の薄層基盤以外は難しい。

それでも屋上緑化が注目されている理由は都市の屋上総面積にある。国土交通省の推定値によると全国の屋上緑化可能面積は9520haとされている²⁾。都市における屋上空間は、日射を直に受け蓄熱しやすい空間であるとともに、十分に日光が得られ、緑化に適した唯一の空間なのである。

屋上緑化基盤の一つに底面灌水(給水)型の基盤がある。底面灌水型基盤の利点は余分な水の蒸発がない、土壌を用いないため、軽量、清潔であることなどである。このことから、屋内緑化用として用いられることが多い。

このような基盤は一般的な屋上緑化基盤に比べ、施工、移動が容易で利便性にも優れている。

本研究ではこの底面灌水型緑化基盤を用い、屋上緑化を行い、基盤の表面温度及び蒸発潜熱からヒートアイランド緩和効果の検証を行うことを目的とした。

2. 調査方法

(1) 調査地及び期間

調査地は和歌山市栄谷の和歌山大学システム工学部B棟の屋上で、調査は2006年6月20日～9月3日に行った。

(2) 実験用基盤及び植物の概要

a) 底面灌水型緑化基盤

底面灌水型緑化基盤（以下、実験用基盤）は、色及び内部構造の異なるA（図-1）・B（図-2）2つのタイプの基盤を用いた。基盤Aは白い基盤で、基盤Bは緑色の基盤である。基盤はそれぞれポリプロピレン製で、上部の植栽部と、下部の貯水部にわかれている。サイズは基盤Aが約490mm×490mm×100mm、基盤Bが約510mm×510mm×130mm、重量は約4.5kgと約3.5kgである。貯水量は基盤Aが約1.5ℓ、基盤Bが約4.5ℓである。

b) 調査対象植物種

以下の植物を調査対象とした。

①テラスライム 学名：Ipomoea batatas cv. Terrace Lime

②サフィニア 学名：Petunia×hybrida

③タビアン 学名：Verbena×hybrida

これらの植物は土ではなく、特殊なスポンジ状のポットに植えられる。土壌を一切用いないため、清潔である上に非常に軽量という利点を持つ。

なお「テラスライム」「サフィニア」「タビアン」はサントリーフラワーズの登録商標であり正式名ではない。

また、この他にコウライシバ（Zoya matrella）、ツルマンネングサ（Sedum sarmentosum）の基盤も調査比較対象とした。ツルマンネングサは以下セダムと記す。

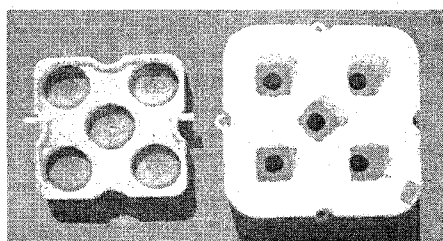


図-1 基盤Aの下部(左)と上部(右)

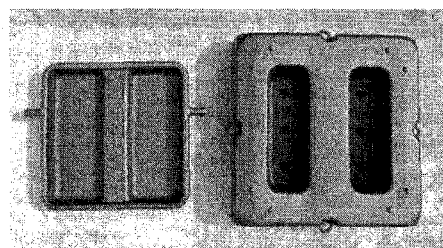


図-2 基盤Bの下部(左)と上部(右)

c) 植物管理

実験用基盤の管理については、施肥として植栽時に一般の固形肥料、7月に液肥を適量与え、月に1回程度、枯れ葉や花殻の取り除きを行った。また、灌水は1日に1回から2回、手動で行った。本研究においてその他の管理は一切行っていない。芝に関しては1日1回の灌水を、セダムには灌水を含め一切の管理を行わなかった。

(3) 測定方法

a) 表面温度

晴天時に放射温度計を用いて測定した。測定期間は主に2006年8月に重点を置いて調査した。測定時間は、日の出前の5:00、12:00、日没後19:00、そして翌朝5:00を基本とした。調査対象は各実験用基盤、セダム基盤、芝基盤、コンクリートである。それぞれ10箇所測定し、その平均を対象の表面温度とした。実験用基盤全体の表面温度： T_s （℃）に関しては、植物面、露出基盤面の両方を各10箇所ずつ測定し、生育状況調査にて得られた被覆割合： Vr を考慮して式(1)のように算出した。なお、 t_p ：植物表面温度（℃）、 t_b ：基盤表面温度（℃）である。

$$T_s = \Sigma_p / 10 \times Vr + \Sigma_b / 10 \times (1 - Vr) \quad (1)$$

また快晴であった2006年9月2日～3日には各表面温度を3時間おきに測定し、各調査対象面の表面温度の24時間日変化を明らかにし比較した。なお、表面温度測定に伴い、アスマン通風乾湿計を用いて測定時の気温と湿度も測定した。

b) 蒸発散量

24時間降水が全く見られなかった夏期の晴天の日に測定を行い、植物種及び基盤別に比較した。重量計を用いて水分減少量を測定し、これを蒸発散量とした。各基盤の蒸発潜熱： IE （MJ/m²）はこの蒸発散量： E （kg/m²）より、それぞれ次の式(2)、式(3)により算出した。ここで、 l ：水の蒸発潜熱（J/kg）、 T ：平均気温（℃）である。

$$IE = l \times E / 10^6 \quad (2)$$

$$l = 2.5 \times 10^6 - 2.4 \times 10^3 \times T \quad (3)$$

これによって計算された各基盤の潜熱を日射量と比較した。

3. 結果及び考察

(1) 表面温度

図-3に測定日の中で特に天候条件の良かった2006年9月2日5:00～3日5:00の表面温度と気温のグラフを示す。

この図から、日中のサフィニア基盤Bの表面温度が高くなっていることがわかる。これはサフィニアの表面温度自体が他に比べてやや高いことに加え、基盤Bの表面色が濃い緑色であるために日中の基盤露出面温度が最高60℃を超えコンクリート表面よりも熱くなってしまったことが原因と考えられる。17:00頃から夜間にかけて、すべての実験用基盤が気温より低い表面温度となった。テラスライムのA,B両基盤に関しては、昼夜共に全体的に低い値を示しており、15時前後の早い時間帯で気温を下回った。

図-4 は、同日のテラスライム基盤 B とセダム、芝、コンクリートの表面温度を比較したグラフである。この日セダムがテラスライム基盤 B と似た温度変化をしているが、これは測定日の数日前に降雨があったことが影響していると考えられる。セダムの表面温度は灌水の有無によって大きく変化する傾向が後の測定からわかっている。コンクリートの表面温度は一日を通して気温を下回することはほとんどなく、常に各時間における最大値となっていた。

全測定日の表面温度と気温との温度差の平均、最大、最小値を図-5、図-6、図-7 に測定時間別に示した。

日の出前の5:00 (図-5) には、最も温度の低い基盤は芝であったが、他の植物基盤もそれにほぼ近い値であり気温より約2℃程度低くなっていた。その中でコンクリート面だけは+23℃と、気温より高い値を示した。これは前日に蓄熱した熱を夜間に放出しきれなかった結果である。その後、日が照り始めるとコンクリート表面はそのまま温度上昇を続けることとなる。

図-6の12:00においてコンクリート表面温度は気温より約20℃大きく、実測値は50℃を超えた。時折セダムの表面温度はコンクリート表面と並ぶほど大きくなり、降雨が全くない晴天が続くとその表面温度は日中50℃を超えることもしばしばあった。セダムはコンクリートのような夜間の蓄熱はないものの、日中の温度低減効果は皆無に等しい場合がある。実験用基盤の中では、同一植物種でも基盤Aの方が気温との温度差は小さくなることがわ

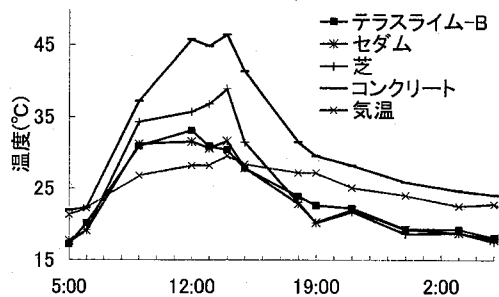


図-4 2006年9月2日5:00～3日5:00のテラスライム基盤Bとセダム、芝、コンクリートの表面温度の日変化

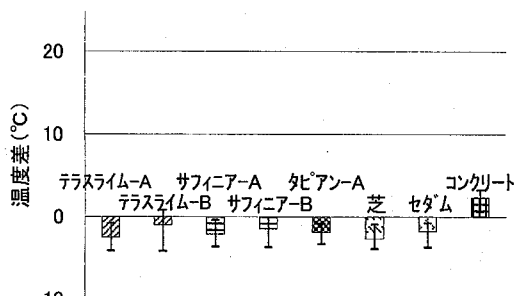


図-5 5:00の表面温度と気温との差の平均値と最大最小

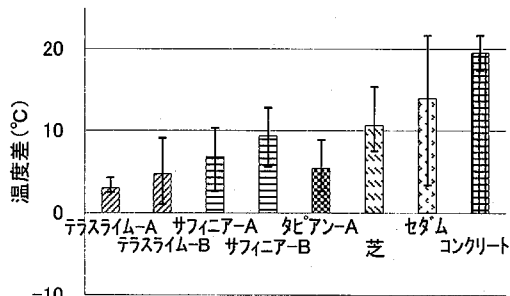


図-6 12:00の表面温度と気温との差の平均値と最大最小

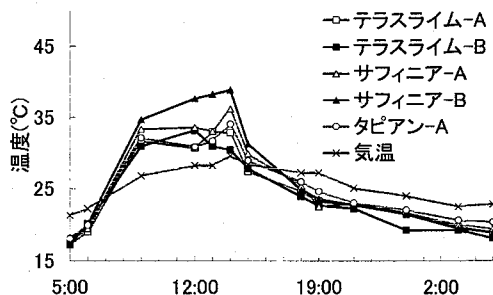


図-3 2006年9月2日5:00～3日5:00の実験用基盤の表面温度の日変化

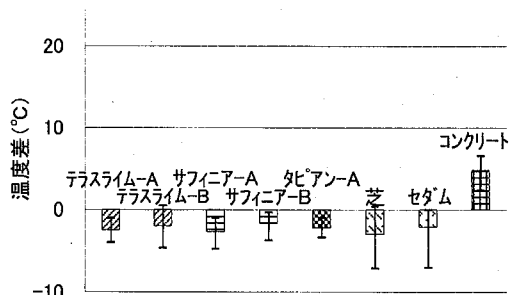


図-7 19:00の表面温度と気温との差の平均値と最大最小

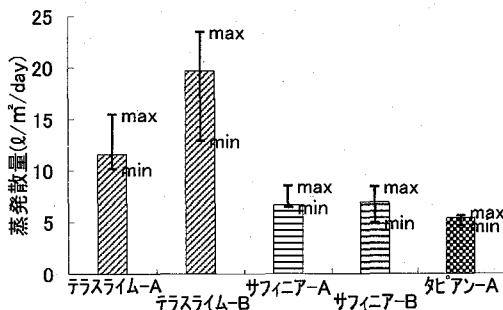


図-8 実験用基盤別蒸発散量の最大最小及び平均値

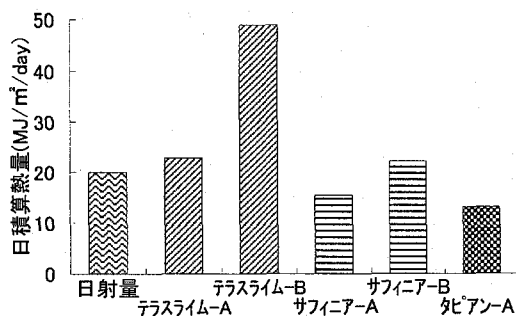


図-9 日積算日射量と日積算潜熱量

かる。これは基盤Aが白色であるための結果であると思われる。12:00には、テラスライム、サフィニア、タビアン3種の中ではサフィニアが最も高い表面温度となり、テラスライムが最も低くなった。

日没後の19:00(図-7)の植物表面温度と気温との差は、日の出前5:00の値とほぼ同じかややそれを下回った。これは、日没直前まで植物が活発に蒸散を行っていたためであると考えられる。この時点でのコンクリート表面温度と気温との差は約5℃であった。

図-7と図-5を比較すると、真夏日の夜間、コンクリートの表面温度は放熱によって約3℃減少し、日中の蓄熱分を朝までに放熱し切れていないことがわかった。また、芝の表面温度は、日中高くなるものの、夜間では、テラスライムより約1℃低い表面温度であった。

(2) 蒸発散量

蒸発散量を測定した日はすべて日最高気温30℃を超える真夏日であった。

測定した6日分のデータをまとめたものが図-8である。テラスライム基盤Bが平均19.7U/m²/dayで最も多く蒸発散していることがわかる。またテラスライム基盤Aも11.6U/m²/dayと、他の植物種に比べると大きな値になっている。サフィニア、タビアンに関しては約5.0～8.0U/m²/dayであり大きな差はなかった。

一般的な緑化植物の芝では4.0～5.0U/m²/day、池などの水面からは6.0～8.0U/m²/day³⁾と言われている。従ってテラスライムは水面の2～3倍の蒸発散を行っていることになる。

今回測定した植物種の中では、テラスライムが最も大量の水を必要とすることがわかった。なお和歌山市の2006年8月の降水量が85.5mm⁴⁾であったことから、8月の灌水を雨水によってまかなおうとすると、テラスライム基盤Bで約490mmも足りない計算になる。梅雨の雨水を貯水するなど、水の供給に関する何らかの対策が必要となる。

(3) 蒸発潜熱

2006年8月20日18:00～21日18:00の蒸発散量より求めた蒸発潜熱とともに日射量のグラフを図-9に示す。やはり目立つのはテラスライム基盤Bである。テラスライム基盤Aとサフィニア基盤Bは日射量を打ち消すほどの潜熱を示すが、テラスライム基盤Bはそれだけでなくさらにその2倍以上の潜熱を示すため、非常に大きな冷却効果を期待できる。一方、タビアンはテラスライム、サフィニアに比べ葉面積も明らかに小さく、グラフでも最も小さな値を示すために、それほど大きな潜熱でないように見えるが、一般的な芝などではこのタビアンと同程度の潜熱である。このことをふまえると、テラスライム基盤Bの潜熱が極めて大きいことがわかる。

反射率を考慮すれば、3種の植物全てが日積算日射量を打ち消す程度の冷却効果があると思われる。

4. 総合考察

ヒートアイランド緩和効果の大きな鍵は蒸発散量にあるため、今回最も効果が期待された植物はテラスライムである。特に貯水量が多くより健全に成長できる基盤Bに植栽した場合が最も効果的であると言える。テラスライム基盤Bは表面温度が1日を通して特に低い上、まだ日が落ちていない夕方時点から気温を下回っている。本研究に用いた他の植物種、サフィニア、タビアンもそれには劣るが、芝基盤と同等の冷却効果を得ることが出来ることがわかった。底面灌水型緑化基盤を用いた手軽な緑化で、芝による緑化や、水面を設けること以上の冷却効果を得ることができ、その緑化規模に応じたクールスポットを形成することが期待できる。

謝辞：本研究は、サントリー(株)およびサントリーフワーズ(株)より基盤及び植栽植物等の提供を受けて実施した。

また、本研究は財団法人都市緑化機構の研究助成を受けて実施している。

参考文献

1) 国土交通省 都市・地域整備局公園緑地課 緑地環境推進室
古沢, 加藤, 木村: 記者発表資料～屋上・壁面緑化空間は近年どの程度創出されているか～ 全国屋上・壁面緑化施工面積調査 (平成12～17年) について,

(<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040704/01.pdf>), 2006.

2) 森山正和 編: ヒートアイランドの対策と技術, pp. 89-91, 学芸出版社, 2004.

3) 中村彰宏: 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), pp. 437-440, 2006.

4) 気象庁: 電子閲覧室 和歌山市, (<http://www.data.kishou.go.jp/>), 2006.

SURFACE TEMPERATURE COMPARISON AND EVAPOTRANSPIRATION PROPERTY OF GREENING SYSTEM - BOTTOM IRRIGATION TYPE FOR ROOFTOP GREENING

Yuhei OHTAKE and Hiroyuki YAMADA

This research used two kinds of greening system - bottom irrigation type named A and B, and use three plants 'Ipomoea batatas cv. Terrace Lime', 'Petunia×hybrida' and 'Verbena×hybrida'.

As a result, the daily mean surface temperature of the 'Ipomoea batatas' was lower than other plants. And that surface temperature fell below the air temperature after 15:00. 'Petunia × hybrida' and 'Verbena × hybrida' were inferior to that. Also the latent heat of 'Ipomoea batatas' - base B was from about 40 to 50 MJ/m²/day when the amount of total integrated solar radiation was about 20 MJ/m²/day. Thus the 'Ipomoea batatas' - base B is the best countermeasure for UHI.