

土壌と植物の種類による屋上緑化の特性比較と熱負荷削減効果に関する研究
Characteristic comparison of rooftop gardens by the kind of soil and plant, and reduction effect of heat load

小瀬 博之*
Hiroyuki Kose*

ABSTRACT: The present condition is that rooftop gardens are vigorously promoted increasingly in a self-governing body etc. for the purpose of relief of a heat island phenomenon etc. However, rooftop gardens technology has many still immature points, and is insufficient of the know-how about plant growth environment and maintenance. Rooftop gardens are asked the production of environment which a plant grows by simple construction and low maintenance, and coexistence of low cost. Then, this study measured growth of plants and temperature for the purpose of making the basic data for forming a plan balancing the effect to expect, when the donor of a building and a man with little special knowledge began rooftop gardens.

KEYWORD: Rooftop Gardens, Improved Soil, Temperature of Rooftop, Growth of Plants, Heat Load

1. はじめに

主要な自治体では、ヒートアイランド現象の緩和促進策や緑地面積の確保などの一環として屋上緑化建設に助成金制度を設け、実施する企業や個人を推奨しており、導入する事例が急速に増えているのが現状である。しかし、屋上緑化技術はまだ未成熟な面が多く、植物の生育環境や維持管理などに関するノウハウが不足している。屋上緑化に求められているのは、簡易な施工と維持管理で植物が生育する環境づくりと低コストの両立、さらに、都市の温暖化や建物の熱負荷削減などの緑が持つ効果に有効に作用するものである。そこで本研究は、建物の施主や専門知識の少ない人が屋上緑化を始める際、期待する効果に見合う計画を立てるための基礎資料を作ることを目的として、植物の生育状態と温度変化の測定を行った結果の中間報告である。

表-1 予備実験の概要

	実験1	実験2
トレイの状態	A 土壌A(厚さ6cm)と植物(4種類のハーブ寄せ植え) B そのまま(何も置かない)	土壌A(厚さ6cm)
測定日	2002年9月18日	2002年9月19日
測定時間	9:00~17:30	9:00~18:00
天気	はれ時々くもり	快晴
場所	東洋大学工学部土木建築実験棟屋上	
測定項目	クーラーボックス内の気温	
測定間隔	1分	
補給水	Aは前日の状態から当日 Aのみ前日0.75L, 当日0.5L 0.25L水を補給, Bは当日 1Lの水を補給	

2. 実験・測定の方法

2.1 予備実験

屋上緑化の遮熱効果を確認するために、市販のクーラーボックスを用いて、発泡スチロール製のふたの代わりにステンレス製のトレイを載せてすきまテープで機密性を保持した。そして、ステンレス製のトレイをそのまま、泥炭を改良した軽量土壌A(商品名: ルーフソイル)のみ、土壌Aに植物を植えた3つの状態で温度変化を連続測定により比較した。クーラーボックス内の温度と外気温の差をつけるために、保冷材をそれぞれの箱に10個入れて測定を行った。予備実験の概要を表-1に、測定の状況を写真-1に示す。

2.2 本実験

S社の建物屋上において、南北方向2m、東西方向3mの敷地をレンガで12等分した区画を作成し、こ

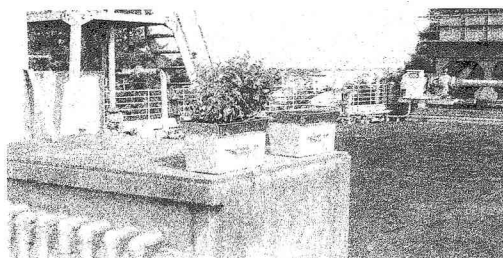


写真-1 予備実験の状況

* 東洋大学工学部環境建設学科 Dept. of Civil and Env. Eng., Faculty of Eng., Toyo University

表-2 各区画における施工状況

★	15cm	15cm	15cm
	土壌A	土壌A	土壌B
	ハーブ	コウライシバ	コウライシバ
	15cm	15cm	15cm
	土壌A	土壌A	土壌B
	ワイルドフラワー	メキシコセダム	メキシコセダム
	7cm	7cm	7cm
	土壌A	土壌A	土壌B
	ハーブ	コウライシバ	コウライシバ
	7cm	7cm	7cm
	土壌A	土壌A	土壌B
	ワイルドフラワー	メキシコセダム	メキシコセダム

*各区画は上から土の厚さ、土壌の種類、植物の種類を表す
 *ハーブ(ポリジ、マジョラム、レモンバーム、ペパーミント、スペアミント、レモンミント、キャットニップ、スイートバジル、セージ、サマーサボリー、タイムの11種類)
 *ワイルドフラワー(西洋のこぎり草、ディモルフオセカ、花菱草、ガゼニア、アリッサム、シレネの6種類)

の12区画において土の厚さ、土壌の種類、植物の種類を分けて施工した(表-2)。

土の厚さについては、7cmと15cmの2種類に分けて施工した。土壌の種類は、8区画に予備実験で用いた土壌Aを、残りの4区画に対象群として屋上緑化で一般的に使用されている改良土壌B(商品名:

ビバソイル)を敷き詰めた。施工の際には、図-1のように下地を敷設した。また、植物の種類は、コウライシバ、メキシコセダム、ハーブ、ワイルドフラワーの4種類を用いた。施工の様子を写真-2に示す。

温度の測定は、測温抵抗体とデータロガーを用いて土の表面と底面の温度を1分間隔で連続測定し、データロガーに記録した。また、気象の測定は、自動計測装置を用いて1分~1時間間隔で連続測定をおこなった。植物の生育については、1週間に1回程度写真撮影を行い記録した。

3. 予備実験の結果

土壌と植物による熱負荷削減効果を確認するための予備実験の結果を示す。

図-2は、トレイに土壌Aを敷き植物を植えたものとトレイのみを箱に乗せた状態における箱内の気温比較(実験1)である。トレイのみの状態では、気温が乱高下する状態で外気温前後に連動して変化していることから、トレイからの熱伝導の影響を直接受けている様子が見て取れる。一方、植物を植えたものは、温度変化が小さく、ゆるやかなカーブを描いている。外気温との差はおよそ6℃程度を保ち、土壌と植物の熱負荷削減効果を確認することができる。

図-3は、トレイに土壌Aを敷き植物を植えたものと土壌Aのみを箱に乗せた状態の比較(実験2)である。両者とも外気温とほぼ連動した動きを示しているが、土壌のみでは外気温とほぼ同じ温度なのに

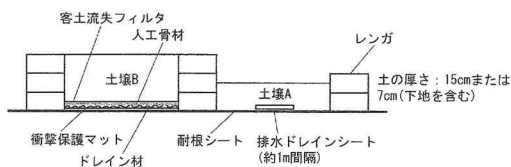


図-2 断面の模式図



写真-2 施工の様子(奥の区画からドレイン材、衝撃保護マット、排水ドレインシート、耐根シートが見える)

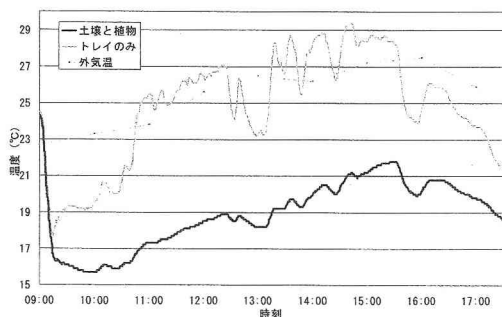


図-2 予備実験1(2002年9月18日)における気温変化

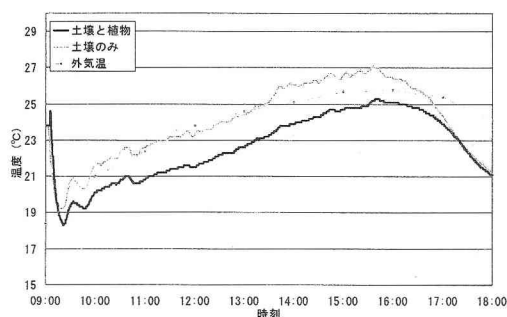


図-3 予備実験2(2002年9月19日)における気温変化

対して、植物を植えたものは土壌のみと比較して2℃ほど温度が低くなっている。これは、植物の蒸発散による潜熱の発生の影響があるものと考えられる。これは、土壌のみのほうでは、表面が湿った状態が保たれていたのに対して、植物を植えたものは、土壌が乾いた状態に変化した様子が確認できたためである。土壌の表面が乾いた状態になってからの温度は、17時以降の温度変化に現れており、このことから植物の蒸発散による熱負荷削減効果が確認できる。

4. 本実験の結果

4.1 植物の生育状況

施工してからおよそ1か月ごとの植物の生育状況の変化を写真-3に、10月22日における各区画における植物の生育状況を写真-4に示す。8月8日に施工が完了してから苗を植えたり種をまいたりしたため、植物を植えるのに適している時期ではなかったが、種をまいてから1週間程度でハーブとワイルドフラワーの区画から芽が出てきて、メキシコセダムとコウライシバの区画も土壌Aにおいては順調に生育した。

維持管理をできるだけ簡易におこなえるかどうかを検証するために、肥料は与えずに水のみを与えて生育状況を、土壌Aに関しては生育に関して問題は少なかった。土壌Aは、土壌Bと比較して保水性が高く、また生育状態もよく、10月には区画いっぱいにセダムがはびこる状態となった。そこで11月以降は冬に備えてメキシコセダムを間引き、コウライシバを刈り込んで測定を続けた。冬季は気温が氷点下になると土壌Bは全体的に浮き上がり、土壌Aは部分的に隆起したり地割れを生じた。

土壌の厚さによる生育の違いは見た目にも明らかで、高さがおおよそ2倍になった。これは、土の深さが根を張る深さにつながり、最終的に植物の高さにも関係してくるためであると考えられる。

屋上緑化の問題点として、雨水の排水ドレンに流出した土壌や枯れた植物が堆積する問題が指摘されているが、土壌の流出はほとんど確認されていない。

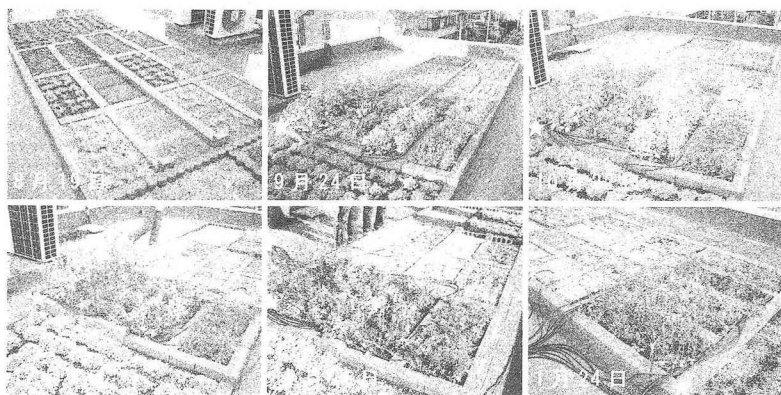


写真-3 植物の生育状況の変化（全体、★は表-2の★と同一地点を示す）



写真-4 各区画における植物の生育状況（2002年10月22日、写真の並べかたは表-2と同一）

4.2 土壌と植物による温度変化

土の厚さと土壌、植物の種類による温度の違いを見るために、さまざまな条件で測定をおこなった。下記に代表的な日のグラフを示す。

- (1) 土壌（土壌Aと土壌B）と植物の種類（コウライシバとメキシコセダム）による温度変化の比較
土の厚さが15cmの場合における、コウライシバとメキシコセダムの植物による温度変化（図-4、図-5）を見ると、大きな変化は見られないが、両者において土壌A表面の温度差がかなり大きいことがわ

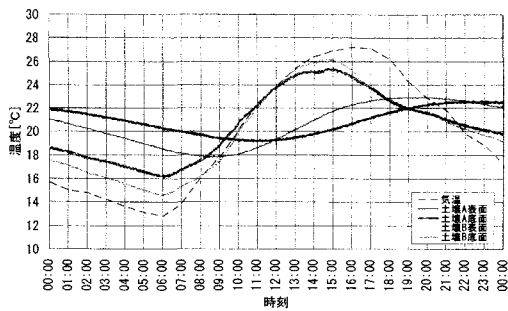


図-4 コウライシバの各土壌の表面と底面における温度変化
(9月20日、天気：はれ、土の厚さ15cm)

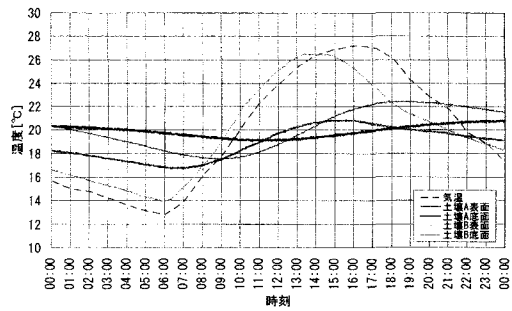


図-5 メキシコセダムの各土壌の表面と底面における温度変化
(9月20日、天気：はれ、土の厚さ15cm)

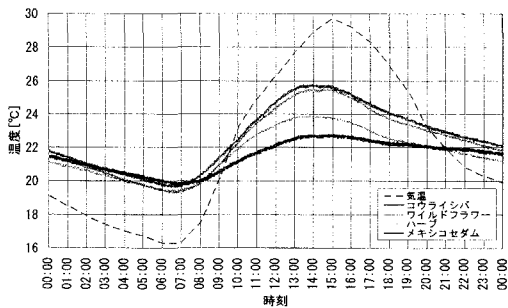


図-6 土の厚さ7cmの表面における温度変化
(10月4日、天気：はれ、土壌A、4種類の植物における比較)

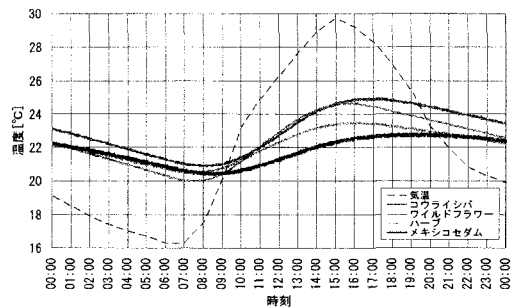


図-7 土の厚さ7cmの底面における温度変化
(10月4日、天気：はれ、土壌A、4種類の植物における比較)

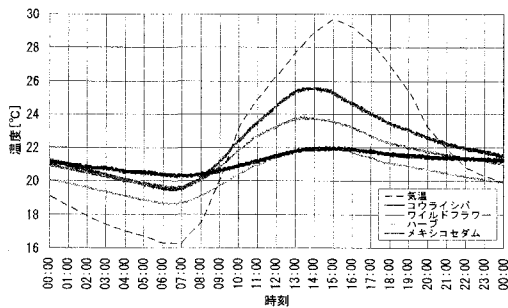


図-8 土の厚さ15cmの表面における温度変化
(10月4日、天気：はれ、土壌A、4種類の植物における比較)

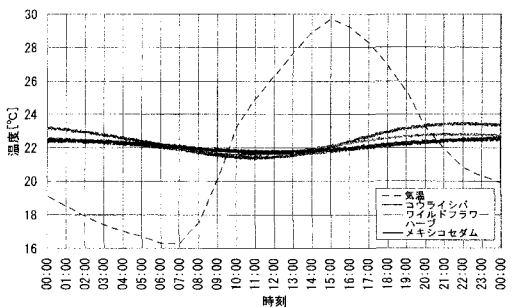


図-9 土の厚さ15cmの底面における温度変化
(10月4日、天気：はれ、土壌A、4種類の植物における比較)

かる。これは、コウライシバと比較してメキシコセダムが土の表面を広く覆っている影響があるものと考えられる。11月の間引き以降は、温度の変動がそれ以前よりも大きくなっていることが確認できたことからその状況がわかる。

(2) 土の厚さ(7cmと15cm)と4種類の植物による温度変化の比較

土壌Aを用いた土の厚さが7cmの区画における、植物の種類ごとの表面と底面の温度比較を図-6、図-7に示す。土の温度分布は、表面においてはほぼ気温と同じ時刻にピークとなるが、底面においてはかなり遅い時間になっていることがわかる。温度変動の大きさは、大きい順にコウライシバ、ワイルドフラワー、ハーブ、メキシコセダムの順となる。また、温度変化の小さいメキシコセダムでは、底面温度のピークがかなりずれている。気温の変化が1日で14℃ほどあるが、土の温度は、温度変化の小さいメキシコセダムで表面が3℃程度、底面が2℃程度、温度変化の大きいコウライシバでも表面が6℃程度、底面が4℃程度となっており、温度変動がかなり緩和されていることがわかる。

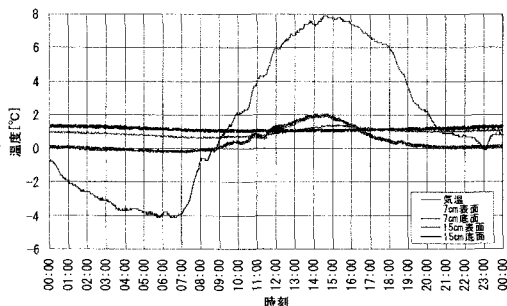


図-10 冬季のコウライシバにおける温度変化
(1月7日、天気：はれ、土壌A)

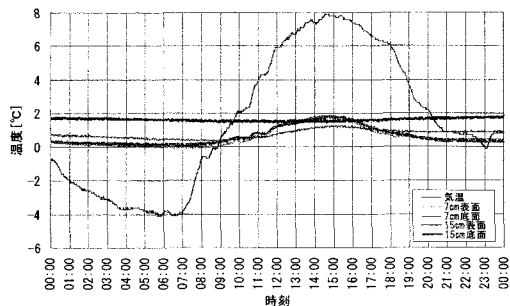


図-11 冬季のメキシコセダムにおける温度変化
(1月7日、天気：はれ、土壌A)

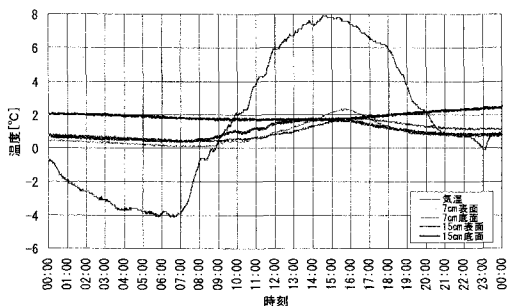


図-12 冬季のワイルドフラワーにおける温度変化
(1月7日、天気：はれ、土壌A)

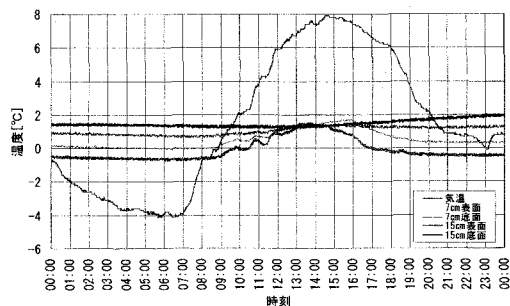


図-13 冬季のハーブにおける温度変化
(1月7日、天気：はれ、土壌A)

次に土壌Aを用いた土の厚さが15cmの区画における同様の比較(図-8、図-9)である。表面については、7cmとほぼ同様の温度変化を示すが、底面においてはすべての植物においてほとんど温度変化がなくなっている。これは土の厚さによる熱負荷削減効果が現れているものと考えられる。

(3) 冬季における温度変化の傾向

土壌Aの各植物における冬季の表面と底面の温度変化を図-10から図-13に示す。熱負荷削減効果を考えるときには、一般に夏季を中心に考える傾向があるが、冬季においても土は温度を一定に保つ効果があるため、室内における暖房負荷の削減効果が期待できる。しかし、表面温度は0℃以下まで下がることがあり、土中の水分が凍結して土壌が盛り上がる現象も確認できたため、維持管理には注意が必要である。

5. まとめ

屋上緑化における植物の生育状況と温度変化をとらえるために予備実験と本実験をおこない、状況を確認した。予備実験では土壌と植物による遮熱効果が確認でき、植物の蒸発散の促進による潜熱の発生の影響が予測できた。本実験では、土壌と植物の種類、そして土の厚さによる植物の生育状況と温度変化を測定した。区画により植物の生育状態に大きな違いが見られ、植物の高さについては、土の厚さが大きく関わっていることがわかった。また、泥炭を改良した軽量土壌Aは保温性と保水性が高い上、生育面でもすぐれた環境を備えていることがわかった。一方で、植物の生育状況や冬季の維持管理に関する課題も明らかとなった。

今後は、春季と夏季の植物の生育状況と温度変化の解析と設置して1年経過後の状況を把握するとともに、スラブ面の温度変化の測定をおこなうことと放射温度計により屋上面および室内天井の温度分布を視覚的に把握することで、熱負荷削減効果の定量的把握をおこなう予定である。

謝辞

本研究の実験と解析にあたっては、昭和工業株式会社(埼玉県川越市)と東洋大学工学部環境建設学科卒業生である木村俊介君(日本水道協会)の多大な協力を得た。この場を借りて謝意を表する。