

人工土壌型屋上緑化、壁面緑化が温熱環境に与える影響 (その1) 躯体温度等への影響

福田 淳* 中村 聡*

要約: 屋上緑化や壁面緑化は、室内熱環境の改善、美観に加えて、近年では環境保全の観点からヒートアイランドの抑制の一手法として注目を集めている。

そこで、本報では、屋上緑化で最近、多く用いられている人工土壌の厚さが温熱環境に与える影響を検討するため、モデル実験を人工気象室にて行った。その結果、人工土壌型屋上緑化は屋上緑化をしない場合に比べて、スラブ下空気温度の上昇を抑制する効果があり、10cm以上の土壌厚さでは、同程度の効果があると考えられた。次に、壁面緑化については緑化したコンクリート壁面と緑化しないコンクリート壁面の壁面温度を測定し、比較した。その結果、壁面緑化は夏期において日中の壁面温度の上昇を抑え、冬期においては夜間の壁面温度の低下を小さくすることがわかった。本報はこれらの実験・実測で得られた知見について報告する。

キーワード: 人工土壌型屋上緑化、壁面緑化、温熱環境、省エネルギー

目次: 1.はじめに
2.人工土壌型屋上緑化
3.壁面緑化
4.まとめ

1. はじめに

都市部では冷房などによる排熱エネルギーの増大やコンクリート及びアスファルト化の進行などにより、ヒートアイランド現象が顕著に生じており、二酸化炭素排出削減など環境保全の面からも深刻な問題となっている。そのため、温熱環境を改善するとされる緑化¹⁾、ヒートアイランド現象の一対策として注目されている。

今回、建築物に関する緑化として、屋上緑化と壁面緑化を対象とし、これらの緑化が温熱環境に与える効果を検討するため、コンクリート躯体等の温度の違いについて実験と実測を行った。

2. 人工土壌型屋上緑化

2.1 目的および背景

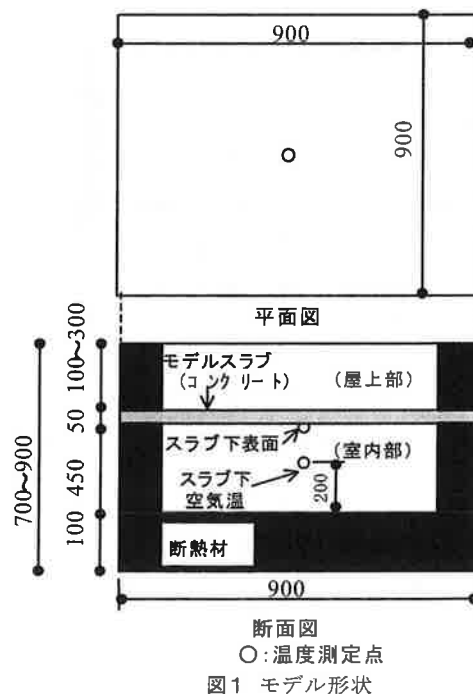
最近では自然土に比べて比重の軽い人工土壌を屋上緑化に使用することが多くなっているが、既往文献の多くは自然土を使用した屋上緑化の蒸発散量や自然土と人工土壌が温熱環境に与える影響を比較した研究²⁾であり、人工土壌の厚さが温熱環境に与える影響を調べた研究は見あたらない。

本実験では、屋上緑化に使用する人工土壌の厚さおよび緑化の有無による違いが躯体温度に与える影響をモデル実験により検討した。

2.2 実験概要

実験は屋上緑化を想定して6体(図1参照)のモデルを作成し、人工気象室にて行った。モデルの上部は屋上を模擬しており、それぞれ、①人工土壌(30cm)、②人工土壌(20cm)、③人工土壌(10cm)、④人工土壌(20cm)+植物(リュウノヒゲ)、⑤自然土(20cm)、⑥コンクリート板のみ、とした。

実験は、夏期を想定して人工気象室の室温を30.6℃とした。日射については日射装置をモデル上面の1m上に設置し、



1999年8月1日から31日までの毎13時の日射量を平均した値2.327MJ/m²(=543.8kcal/m²・h)をモデル上面に照射した。照射時間は4時間とした。測定は日射装置とモデルの寸法の関係から、モデルに同一日射量が照射されるように、2モデルづつ測定した。測定モデルの組み合わせは、「自然土20cmモデル」と「人工土壌20cmモデル」、「人工土壌30cmモデル」と「人工土壌20cm+植物モデル」、「コンクリート板のみモデル」と「人工土壌10cmモデル」とした。温度はT型熱電対を使用し、モデルのスラブ下表面とスラブ下空気温度(モデル室内床面より20cm高)を測定し、5分間隔でデータロガー

*環境研究室

にて記録した。実験状況を写真1に示す。

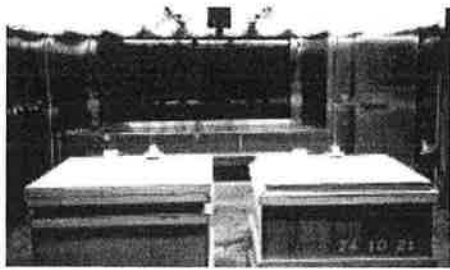


写真1 屋上緑化実験状況

2. 3 結果および考察

2 モデルごと人工気象室で日射を照射して測定する際、測定対象以外のモデルは寸法の関係で人工気象室から出すことができないため、人工気象室内の日射の当たらない場所に設置し、順次測定した。一番目に測定したモデルに比べて、後に測定したモデルは人工気象室の室温の影響を受けており、初期温度が最大で3°C異なっていた。このため、屋上緑化が温熱環境に与える影響は、日射照射開始から4時間で上昇した温度を用いて検討した。測定結果を図2に示す。

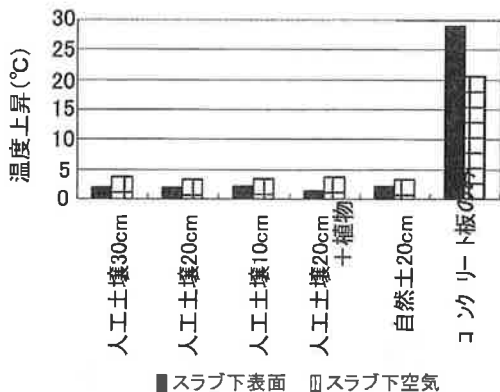


図2 日射照射4時間後の各屋上緑化上昇温度

図2より、コンクリート板のみの温度上昇はスラブ下表面温度が約30°C、スラブ下空気温度が約20°Cであった。屋上部分に人工土壌もしくは自然土をのせた屋上緑化モデルの場合の上昇温度は、スラブ下表面温度が2°C前後、スラブ下空気温度が3.5°C前後であった。これより、人工土壌および自然土を用いた屋上緑化はコンクリート板のみに比べて、スラブ下表面で約25°C、スラブ下空気温度で約17°Cの温度上昇を抑制することがわかる。

今回、屋上緑化モデルにおいて、温度上昇はスラブ下表面温度約2°C、スラブ下空気温度約3.5°Cであり、スラブ下空気の温度上昇が大きかった。これは、人工気象室室温が30.6°Cであったのに対し、屋上緑化モデルの場合、4時間後のスラブ下空気温度が20°C前後と低かったため、側壁部から若干の熱が侵入したと考えられる。一方、コンクリート板のみの場合、スラブ下表面温度上昇がスラブ下空気温度上昇に比べて大き

いは、4時間後のスラブ下空気温度約40°C、スラブ下表面温度約48°Cであったため、コンクリート板からの熱供給によってスラブ下空気温度が上昇したことによると考えられる。

また、今回の実験ではコンクリート板のみ以外のモデルの間では上昇温度にさほど差は見られなかった。これより、自然土20cmと人工土壌20cmを比較しても明らかな差は見られず、自然土と人工土壌が温熱環境に与える影響に大きな違いは今回の計測では見られなかった。

人工土壌20cmと人工土壌20cm+植物のモデルの組み合わせを検討すると、これらに差は殆どなく、本実験で使用したリュウノヒゲのような背丈の低い植物による影響は今回の計測においては顕著ではなかった。

人工土壌厚さ30cm、20cm、10cmにおいても明らかな差がなかった。このため、人工土壌は厚さ10cm以上では貫流熱量の減少量が小さくなり、土壌厚を10cm以上に厚くしても表面温度の変化は小さいと考えられる。

3. 壁面緑化

3. 1 目的及び背景

アサガオやへちま等を利用して日差しを防ぐなど、壁面緑化は昔から行われてきているが、その効果を実測した例は少ない。今回、緑化壁面部分と緑化なし壁面部分のある同一壁面において壁面温度を実測し、緑化による効果を検討した。

3. 2 実験概要

実測は当社技術研究所無響室の北西向き外壁で行った(写真2参照)。測定項目は壁面温度、垂直方向日射量、水平方向日射量とした。



写真2 温度測定壁面の状況

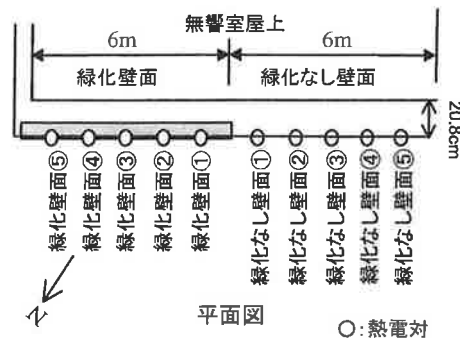


図3 壁面緑化 温度測定位置

壁面温度の測定は T 型熱電対を緑化壁面及び緑化なし壁面に 1m 間隔で 5 点設置し (図 3 参照)、1999 年 8 月 17 日 17:00 から 1 時間間隔で行い、ロガーで記録した。

検討データは、夏期として 8 月 19 日 0:00~8 月 25 日 23:00、秋期として 10 月 19 日 0:00~10 月 25 日 23:00、冬期として 1 月 19 日 0:00~1 月 25 日 23:00 の測定値を用いた。

垂直方向と水平方向の日射量は 1 時間間隔で測定し、ロガーで記録した。日射量を図 4 に示す。

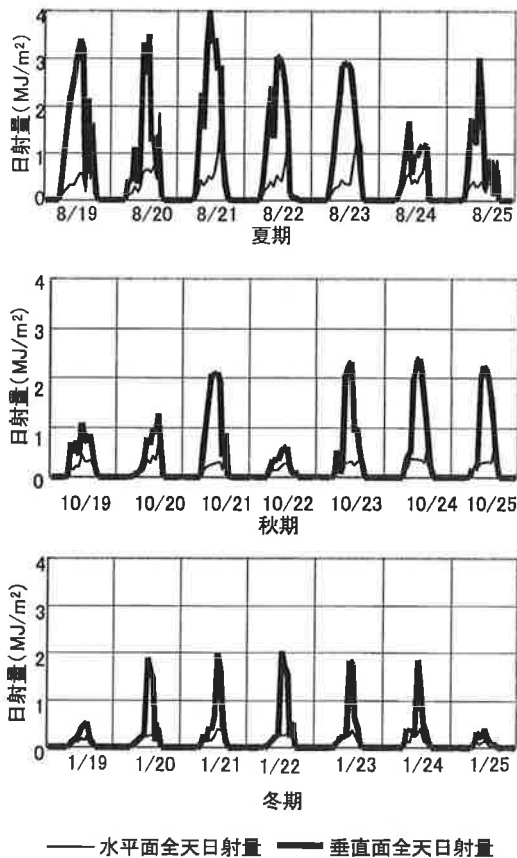


図 4 日射量測定結果

3. 3 結果および考察

赤外線カメラによる夏期日中の表面温度の分布 (赤外線画像) を写真 3 に、その部分の可視画像を写真 4 に示す。赤外線画像において、赤色、黄色、水色、青色の順に温度が高い箇所から低い箇所を示している。黄色が緑化なし壁面 (約 28.5°C) を表しており、温度の低い青色 (約 26°C) 並びに水色 (約 27.5°C) が緑化壁面で、緑化壁面の温度が低くなっている。赤外線画像の緑化壁面において青色部分と水色部分の 2 種類あるのは、緑化なし壁面の熱が緑化壁面に影響を与えているためである。緑化なし壁面に近い壁面が水色であり、コンクリート壁面から離れるに従ってコンクリート壁面の熱影響が少なくなって温度が低くなり、青色となっている。なお、赤外線画像の赤色部分は金属製物置と窓である。

図 3 に示す緑化壁面①~⑤の値の平均値を緑化壁面温度とし、緑化なし壁面①~⑤の値の平均値を緑化なし壁面温度

として、それらの値を時系列に表示したものを図 5 に示す。また、各季節・各壁ごとに、測定値を平均化した値を各期平均温度、7 時~18 時までの測定値を平均化した値を日中平均温度、19 時~6 時までの測定値の平均値を夜間平均温度、最も低い温度を最低温度、最も高い温度を最高温度、日較差の平均を日較差平均温度として表 1 に示す。

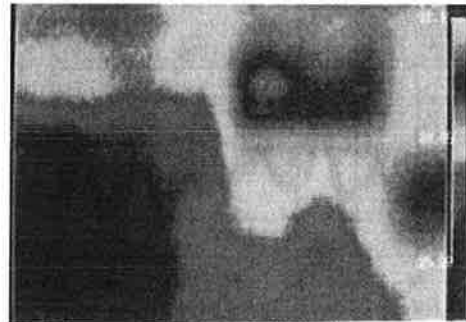


写真 3 赤外線画像

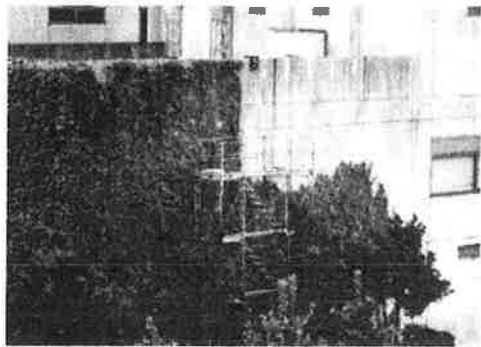


写真 4 可視画像

図 5 に各期・各壁面の温度を示す。各期・各壁面の壁面温度はいずれも日中上昇し、夜間に減少する点では同様な波形を示しているが、夏期の日中壁面温度においては緑化なし壁面の方が高い傾向を示し、逆に冬期の夜間においては緑化壁面温度の方が高い傾向を示すなど、各期の時間帯によって壁面温度の高い壁面が異なっている。

表 1 より、夏期においては、各期平均温度・日中平均温度・最高温度・日較差平均温度は緑化なし壁面の方が高い。特に最高温度は緑化壁面 37.8°C、緑化なし壁面 42.8°C と、緑化なし壁面の温度が 5°C 高い。日中の緑化壁面温度が緑化なし壁面より低いのは緑化が太陽放射を遮ったためと考えられる。一方、夜間平均温度はほぼ同じである。これは緑化なし壁面が放射冷却によって日中の壁面温度から大きく下がるのに対し、緑化壁面では緑化が放射冷却を抑制したため、温度がさほど下がらず、緑化なし壁面と緑化壁面の夜間平均温度がほぼ同じになったと考えられる。

秋期、冬期は各期平均温度・日中平均温度・夜間平均温度・最低温度・最高温度は、緑化壁面の方が高い値である。これより秋期・冬期において緑化はコンクリート壁面の熱損失を少なくし、壁面温度が下がるのを防いでいると考えられる。

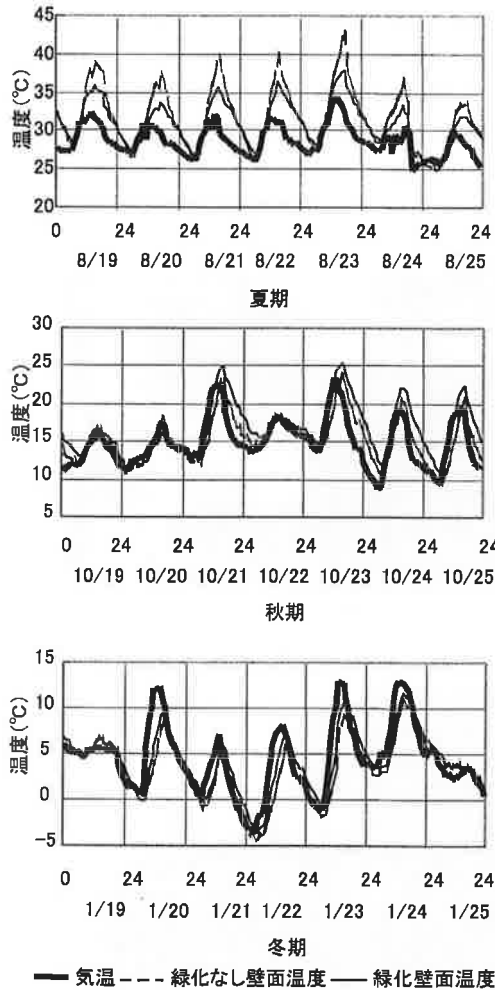


図5 壁面温度

- 1) 山田 宏之、丸田 頼一：緑地による都市気象緩和作用の定量的解析、造園雑誌 54(2) pp.299-304 1991
- 2) 石原 修、張 晴原、下山 和美：屋上芝生植栽の熱特性と水分収支に関する実験的研究 日本建築学会計画系論文集 第484号、17-24、1996年6月

THERMAL EFFECT BY ARTIFICIAL SOIL ROOF GARDEN, PLANT WALL

A.Fukuda, S.Nakamura

The improvement of thermal environment is one of Plants effects. There is an attempt of aiming comfortable thermal environment by plant trees. plant trees connected with building is the roof garden, the plant wall.

This study examines thermal effect of the artificial soil roof garden, the plant wall. This study shows the artificial soil roof garden has effect of control an ascending heat. The artificial soil roof garden is effective than concrete roof. Plant wall lower 5°C at the maximum temperature in summer.

表1 コンクリート壁面の温度

	夏期		秋期		冬期	
	緑化壁面	緑化なし壁面	緑化壁面	緑化なし壁面	緑化壁面	緑化なし壁面
各期平均温度(°C)	30.9	31.6	16.5	15.2	4.3	3.4
日中平均温度(°C)	31.9	33.6	17.5	16.5	5.0	4.1
夜間平均温度(°C)	29.8	29.6	15.5	14.1	3.6	2.7
最低温度(°C)	25.5	25.0	10.9	9.4	-3.5	-4.4
最高温度(°C)	37.8	42.8	25.3	23.9	11.8	10.8
日較差平均温度(°C)	7.9	11.8	8.0	8.3	7.7	7.5

4. まとめ

屋上緑化については、人工土壌厚さ、植物の有無が躯体温度等与える影響を人工気象室で夏期気象条件を再現して検討した。今回の実験では、人工土壌型屋上緑化は躯体等の温度上昇を抑制する効果があり、人工土壌と自然土の違いによって大きな差は見られず、人工土壌は厚さ10cm以上では、表面温度の変化が小さくなり、それ以上厚くしても温度はほとんど変わらなかった。

壁面緑化は夏期においては日中の躯体壁面温度を下げ、秋期・冬期においては躯体壁面温度が下がるのを防ぐなど外断熱的な働きをすることがわかった。