

屋上緑化の熱的影響に関する研究 ～ 土壌の種類による熱的特性の評価～

職業能力開発総合大学校 建築システム工学科
橋本 幸博

1 はじめに

近年、都市部におけるヒートアイランド現象による高温化やゲリラ豪雨等の都市環境問題により屋上緑化の関心が高まってきた。屋上緑化には様々な効果があり、空調熱負荷の軽減、都市表面温度の低減、雨水流出の調節、景観形成要素、生態系の創出、未利用空間の利用等が挙げられる。屋上緑化では、建築物の積載荷重の制約、屋上の強風や乾燥による土壌の飛散、維持管理を考慮した植栽の種類の選定等の課題が挙げられてきたが、最近では、屋上緑化用の植栽や人工軽量土壌が多く開発されており、これから益々建築物の緑化の普及が期待できる。

本研究では屋上緑化における土壌の断熱性能に焦点を当て、実際に施工した屋上緑化の試験区画に熱電対を配置し、土壌内部の温度実測を行う。これにより、土壌の種類による熱的特性を比較評価する。また、参考にナスの生育状況を比較して、土壌の栄養分の影響を評価する。

2 実験概要

神奈川県相模原市にある職業能力開発総合大学校1号館屋上に一区画2m x 2mの屋上緑化区画を二区画施工・設置し(図1) 土壌の種類による熱的特性を比較評価するため、熱電対を図2のように区画中央部に配置する。土壌中の熱電対は各区画中央の土壌深さ方向に25mmピッチで配置し、屋上スラブのコンクリート表面にも日向と日影にそれぞれ2本ずつ配置する。土壌表面温度は、熱電対では正確に計測できないため、サーモグラフィによる赤外線熱画像を2008年8月11日の夏の晴天日に撮影した。

土壌にはパーライト系軽量土壌(三井金属鉱業「ネニプラス」)と泥炭土壌(マサキ・エンヴェック「ルーフソイル1号・3号」)を使用する。

また、水平面全天日射量を測定するため、塔屋パラペットに日射計を設置した。

ここでは比較評価する対象として、夏期実測の結果のみとする。

3 屋上緑化施工手順

1号館の屋上緑化2区画の施工法は以下の通りである。

施工計画位置を屋上スラブ上にマーキングし、熱電対を中央に配置する。

防根シートを敷き、継目をガムテープで留める。周囲をレンガで囲み、真ん中にも1列レンガを



図1 屋上緑化区画全体写真



図2 区画詳細図

表1 計測器の仕様

種類	仕様	備考
データロガー	アナログ 100点	江藤電気 CADAC2
熱電対	T-CC 0.32φ	
日射計	出力 7mV/kW m ²	英弘精機 MS-601
サーモグラフィ	測定波長 8~13μm	日本電気三栄 TH3100



図3 施工写真

敷き、2区画に分ける。

透水シート（フィルター）を敷き、その上から1区画（右）にルーフソイル3号、2区画（左）にネニプラスをそれぞれ50mmずつ均等に敷く。

ここで熱電対を各層に配置しておき、土壤に水を十分に撒く。

各区画にルーフソイル1号を50mmずつ均等に敷き、水を十分撒く。

最後に芝と各植栽（ナス・ランタナ・マツバボタン）を植える。芝は踏み固め、さらに上からルーフソイル1号を均等に撒き、芝の間を整える。

水を十分に撒いたら完成。

4 実測結果と考察

4.1 垂直方向の温度分布

図4に最高気温が最も高かった2008年8月14日を代表日として、垂直方向の温度プロフィールを示す。当日の最高外気温度は36.2（八王子）である。

熱電対で測定した土壤の表面温度は14時をピークに、区画1では40、2区画では35を示している。区画2の方が5以上も温度が低いのは区画2の下層にパーライト系軽量土壌を設置した影響であると考えられる。パーライト系軽量土壌は保水力が大変優れており、貯留された雨水の潜熱冷却効果によって得られた結果であると考えられる。また、以上により芝生の成長も区画2の方が優れていることから、表面温度の変動が小さいものと考えられる。

また、16時以降のデータから両区画共、土壤表面付近の温度が下降したにも拘らず、土中の温度はほとんど低下していない。これは、昼間の日射熱が土中に蓄熱された影響であると考えられる。

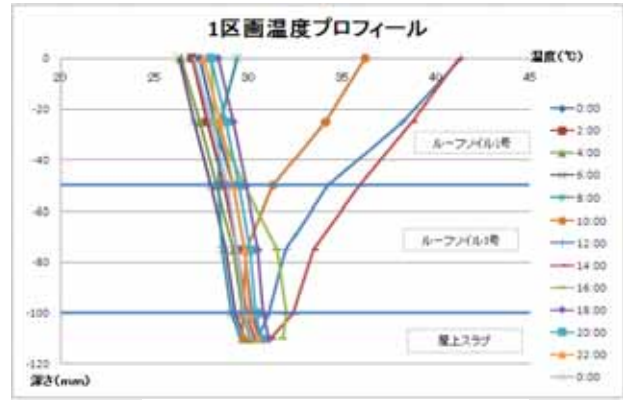
区画1では1日の土壤表面温度の変化が15.0に対して、土中100mmでは3.3であり、区画2では1日の土壤表面温度の変化が8.4に対して、土中100mmでは1.1である。従って、区画2の方が日射による熱的影響を受けにくいことがわかる。また、いずれの区画でも土中100mmでは日射や外気温度の影響が相当緩和される。

以上から、潜熱冷却効果が高いと考えられる区画2の方が、日射による熱的影響を大きく削減でき、土中の温度変化も小さい。

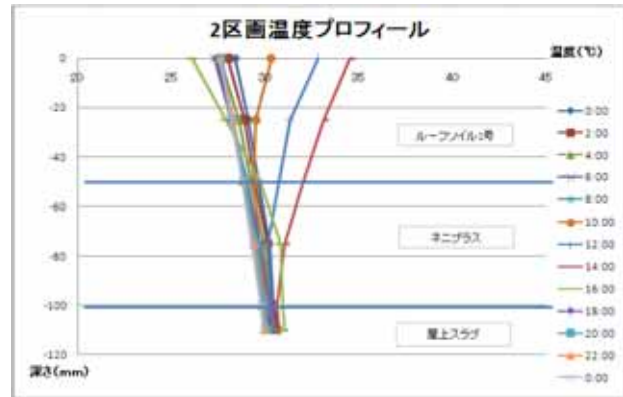
4.2 熱画像による表面温度

図5は代表日である2008年8月11日(最大水平全天日射量 843W/m²)に屋上緑化付近をサーモグラフィで撮影した熱画像である。日向のコンクリート部分は14:00では55、16:00では50程度を示している。緑化部分は区画2の方が若干表面温度は低めだが、35程度である。

このことから、屋上コンクリートスラブより緑化部分の方が日射による熱的影響を軽減でき、表面温

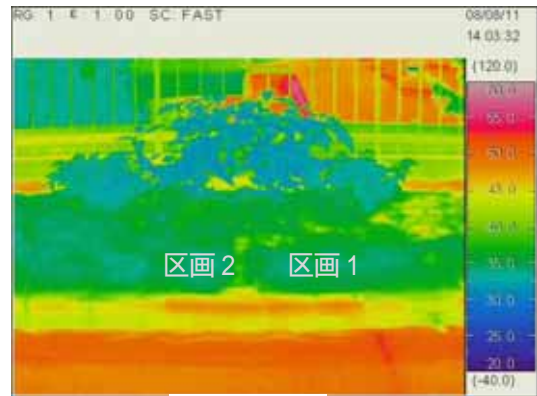


(a) 区画1 垂直温度プロフィール

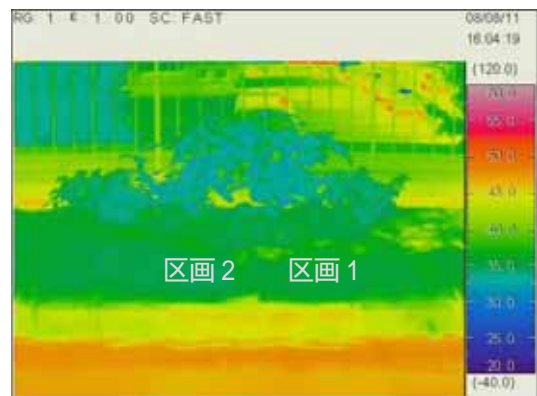


(b) 区画2 垂直温度プロフィール

図4 垂直温度プロフィール(2008年8月14日)



(a) 14:00



(b) 16:00

図5 屋上緑化熱画像(2008.08.11)

度を外気温度程度に維持できることがわかる。これは、植栽の蒸散作用によるものである。図6に2008年7月と8月の八王子の降水量を示す。7月29日以降はほぼ1週間以内に十分な降水量が得られることから、8月11日においては屋上緑化の土壌はある程度保水していることが推定できる。また、区画2の方が区画1よりも緑化部分の表面温度が若干低いことがわかる。これは、区画2の下部のパーライト系土壌の保水力が大きいためであると考えられる。

4.3 日射量と土中温度の相関

図7と図8に、8月12日から18日の6:00から18:00の10分データによる水平面全天日射量と土中温度の相関を示す。この期間は2008年の最高気温の8月14日と最高平均気温の8月15日を含んでいる7日間であり、日射が得られる6時から18時のデータのみを採用している。これによって、土中温度の形成に日射が寄与しているかどうかを調べることができる。

土中0mmの温度は両区画とも日射量と正の相関を示しており、温度形成に日射が大きく寄与していることがわかる。特に、区画1では相関係数が大きく、日射量による勾配も大きいことから、温度形成における日射量依存性が高いことがわかる。土中100mmではいずれの区画でも無相関または日射量による温度の変化がないことを示していることから、土壌深さが100mmあれば日射がほとんど温度形成

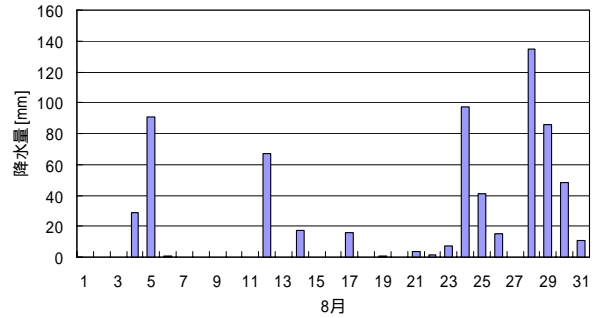
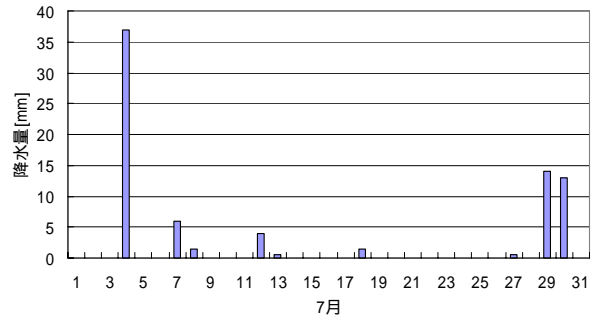
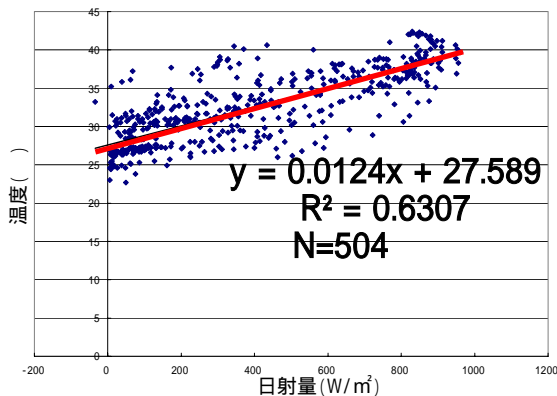
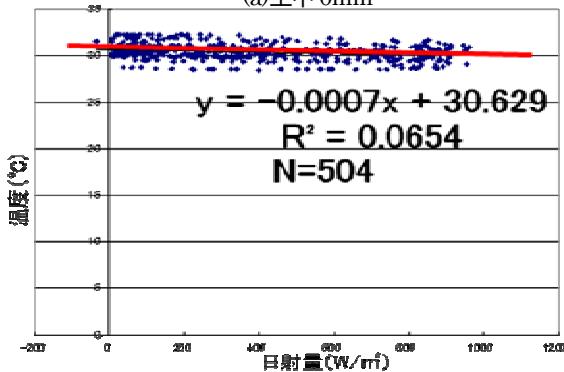


図6 日降水量（2008年 八王子）

に影響しないことがわかる。従って、100mm程度の薄層緑化でも空調熱負荷の軽減に効果があると考えられる。

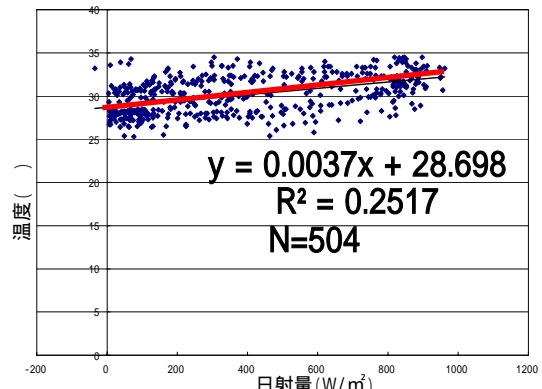


(a)土中0mm

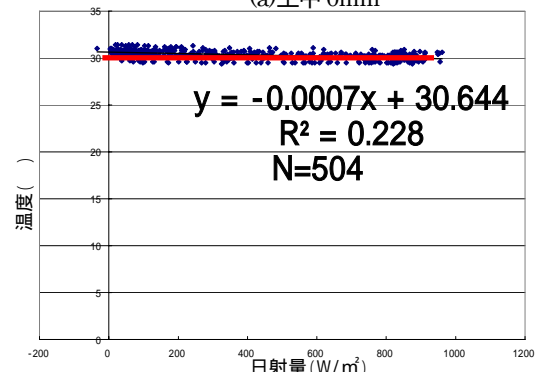


(b)土中100mm

図7 日射量と土中温度の相関（区画1）



(a)土中0mm



(b)土中100mm

図8 日射量と土中温度の相関（区画2）

4.4 ナスの収穫量の比較

両区画にナスを1株ずつ植えて、ナスの果の収穫量を比較する。2008年夏期におけるナスの収穫量は表2の通りである。

区画1は区画2と比較して、ナスの収穫量が3倍近く多い。これは、土壌の栄養分による影響であると考えられる。区画2の下半分5cmの土壌はパーライト系土壌であり、保水力には優れているが、栄養分がほとんどない。上半分5cmは、いずれの区画も泥炭系土壌である。栽培されたナス1個当たりの質量の平均値は区画1の方が大きい。また、標準偏差も区画1の方が大きく、ばらつきが大きい。

5 まとめ

以上から次の結果が得られた。

区画2の方が、表面温度の変動が小さく、土中100mmの温度変動も小さい。これは、区画2の下半分のパーライト系土壌の保水力の影響であると考えられる。

土壌の深さが100mmあれば、土中温度は日射の影響をほとんど受けない。

ナスの収穫量は、区画1の方が多し。これは、区画2の下半分のパーライト系土壌に栄養分が含まれていないためであると考えられる。

謝辞

実験に際し、屋上緑化施工に御協力頂いたトータス(株)殿及び田中建設(株)殿に謝意を表します。また、実験データの整理にご協力頂いた職業能力開発総合大学校東京校の岩田知代氏(当時。現在、ガウディ(株)勤務。)に感謝致します。

参考文献

- 1) 橋本幸博・屋上緑化の熱的性能に関する研究、職業能力開発総合大学校紀要 第35号A、2006年3月
- 2) 気象庁過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

(補足)

図Aに屋上緑化施工当日の植栽の写真と約2ヶ月後の写真を比較して示す。

(b)8月4日の写真では、区画1ではナスは繁茂しているが、芝生は部分的に枯れている。これは、図6の7月の降水量を見るとわかるが、7月中旬から下旬にかけて、ほとんど降水量がなかったためである。区画2では、ナスは区画1より成長が悪いが、芝生は青々としている。マツバボタンとランタナでは、目立った相違は観察されない。これは、区画2の下半分に施工したパーライト系土壌の影響であると考えられる。

表2 ナスの果の収穫量の比較

	区画1	区画2
収穫数	42個	16個
収穫量	5509g	1989g
平均値	131g	124g
標準偏差	100g	85g



(a)2008年5月28日 屋上緑化施工当日



(b)2008年8月4日



(c)2008年8月11日

図A 屋上緑化の時間的変化

(c)8月11日の写真では、区画1の芝生がかなり回復してきた様子が窺える。これは、8月4日と5日の合計130mm程度の降水の影響である。