

屋上緑化施設が周囲の熱環境に及ぼす影響評価

Effect Evaluation of the Rooftop Gardening Plots on Thermal Conditions in the Surroundings

○堀野治彦*, 永石藍子**, 中桐貴生*

○Haruhiko HORINO*, Aiko NAGAISHI** and Takao NAKAGIRI*

1. はじめに 近年、都市域における熱環境保全などへの期待から、様々な自治体で屋上緑化の奨励施策が進められ、その保全効果に関する具体的な事例も報告されつつある。しかし、ほとんどの報告は調査期間が短く、また緑化プロットの上下双方への熱的効果を評価した例は少ない。そこで本研究では、比較的長期の観測結果や含水量を考慮した熱移動モデルをもとに、屋上緑化施設が屋内外の熱環境保全に及ぼす効果について特に夏季と冬季を中心に検討した。

2. 観測概要 観測用ミニ緑化施設として、大学学舎屋上に **Table1** に示すような条件の異なるプロット3基及びコンクリート塊を設置した。プロット土壌には屋上緑化施設で利用頻度の高い軽量土壌ピバソイル（間隙率65%）及びパーライト（同71%）を、それぞれ作土用及び排水促進用に用い、**Fig.1** に示す2層構造とした。表面から深さ方向に2.5cm（コンクリート塊では6cm）間隔で温度を測定し、プロット土壌内の体積含水率及び熱流量も測定した。また、プロット重量変化から蒸発散量を求め、さらに気象要素として気温、純放射量を測定した。

3. 屋外に対する熱環境保全効果 夏季と冬季の典型的な晴天日における各プロットの表面温度変化を **Fig.2** に例示する。夏季の日中、コンクリート表面では最高で47°C近くに達する一方、プロット表面では3基とも38°Cを超えることはなく、緑化施設の設置により、植栽の有無によらず表面温度が低く抑えられている。コンクリートとプロットでのこのような差は、主として熱収支特性の違いによると考えられる。すなわち、各プロットではコンクリートと異なり水が存在するため、**Fig.3** に示されるように純放射の一部が潜熱へ配分される。これにより顕熱や地中熱伝導の割合が小さくなり、結果的にプロット表面近傍の気温上昇や表面温度上昇の抑制につながっていると考えられる。なお、芝プロットと比較して裸地プロットの純放射は小さいが、これは（晴天の）乾燥時に土壌が白色化しアルベドが大きくなるために、裸地面に供給される正味の短波放射が減少することに起因している。

一方、冬季においてもプロット表面温度はコンクリートより低いことが多い。これは先と同様、純放射の一部が潜熱へ配分されることが一因であろう。

Table1 Each plot condition.

プロット名	サイズ	表面状態	土層厚
芝プロット1	98×65 cm	芝	作土層 15cm 排水層 5cm
裸地プロット	98×65 cm	裸地	作土層 15cm 排水層 5cm
芝プロット2	98×65 cm	芝	作土層 7.5cm 排水層 5cm
コンクリート塊	30×30 cm	コンクリート	6cm厚の板6枚

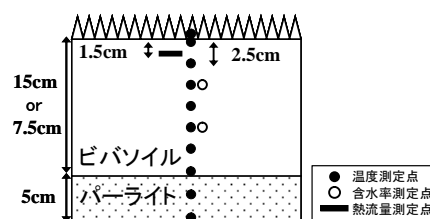


Fig.1 Cross-section diagram of the plot.

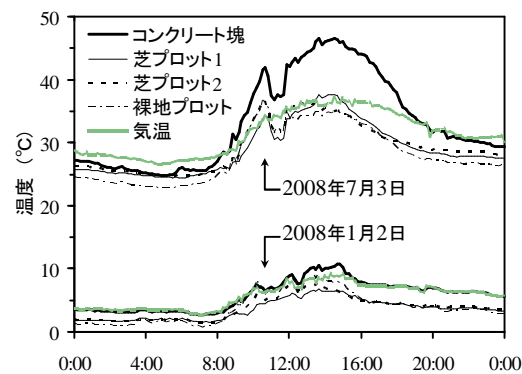


Fig.2 Examples of temporal changes in surface temperature.

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sci., Osaka Pref. Univ.

**大阪府都市整備部 Department of Urban and Public Works, Osaka Prefectural Government.

キーワード：屋上緑化，潜熱，熱収支

しかし、冬季には本来潜熱の発生量が小さいこと、各プロットともアルベドの違いにより純放射が大きくなることから、プロット表面のコンクリートに比した温度低下は小さい。また、潜熱の存在にも関わらず、顕熱がコンクリートより若干大きくなっていることは興味深い。

4. 屋内に対する熱環境保全効果

(1) 熱移動モデルの利用 最上階室内への通過熱量の直接測定は困難なため、屋内に対する熱環境保全効果を熱移動モデルにより評価することにした。ここで、熱伝導を主とした熱移動モデル（モデル1；土壌水分は既知入力）及び一般技術者にも利用可能な不飽和土壌中の水・熱移動解析ソフトウェア HYDRUS-1D によるモデル（モデル2）の2つを用いた。裸地プロット土

層を対象とした温度プロファイルのシミュレーション結果を Fig.4 に例示する。基本的には、両モデルとも温度の変動傾向を全体的に十分再現していると思われる。しかし、詳細に見ると深さ 5cm ではモデル1の方が良く表現できており、深さ 15cm では両モデルともに若干のずれが見受けられる。これは、排水促進用に充填したパーライトの間隙が大きく、その水・熱移動を的確に表現できなかったことが原因と考えられるが、実用上の不具合は感じられない。なお、次の通過熱量の比較では、水と熱移動の同時解析が可能なモデル2を用いている。

(2) 通過熱量の比較 熱移動モデルを用いて、屋上面から最上階室内への通過熱量（下向きを正）を推定した結果を Table2 に示す。計算条件は室内温度を夏季 28℃、冬季 20℃、春季と秋季は当該時期の平均気温（春季 20℃、秋季は 2007 年が 19℃、2008 年が 20℃）で一定とした。また、天井面から室内空間への熱移動には熱伝達条件を与えた。通過熱量の絶対値が小さいほど断熱（保温）効果が高いことになる。一般に熱の出入りが大きいと思われる夏季と冬季を中心に見てみると、屋上緑化施設の設置により夏季には室内への、冬季には屋外への通過熱量が大幅に削減されるという結果が示されている。また、プロット間で比較すると植栽の有無による差は小さく、作土層の厚いプロットの方が断熱効果は高い。このことから、熱移動量の抑制の程度は主に土層の厚さによって決まると推察される。

5. おわりに 本研究で用いた屋上緑化施設では、夏季には屋内外に対して、冬季には屋内に対して顕著な熱環境保全効果が認められた。また、保全効果は土層厚とともに向上する傾向がみられたが、屋上部の耐荷重にも注意する必要がある。

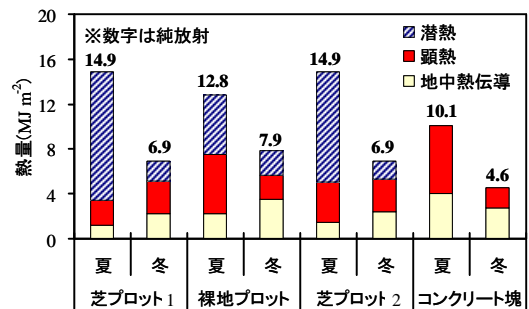


Fig.3 Comparison of heat balances at the surfaces on fine days in summer and winter.

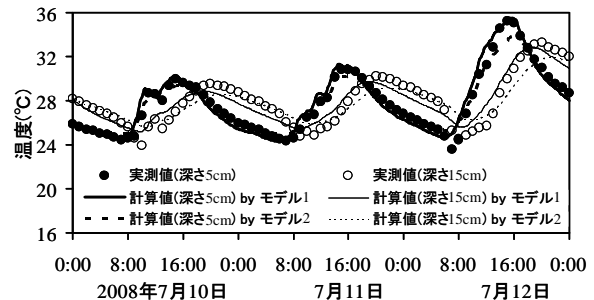


Fig.4 Verification of simulated soil temperature to observed one.

Table2 Comparison of heat fluxes into the room at the top.

季節	期間	芝プロット1	裸地プロット	芝プロット2	屋上緑化施設なし
春	2008年4月25~30日 0:00~6:00	-1.6	-2.2	-1.4	-15.8
	2007年8月24~29日 12:00~18:00	0.8	0.4	1.7	37.4
夏	2008年7月10~15日 12:00~18:00	0.4	-0.2	0.8	39.3
	2007年10月13~18日 12:00~18:00	-0.4	-1.8	-1.0	20.4
秋	2008年10月16~21日 12:00~18:00	-0.9	-1.4	-1.1	22.3
	2007年1月9日~14日 0:00~6:00	-12.9	-13.0	-17.7	-71.7
冬	2008年1月1日~6日 0:00~6:00	-13.2	-13.5	-18.0	-71.7