

屋上緑化による熱環境緩和効果に関する基礎研究 ーモデルボックスを用いた実験ー

日本大学（院）学生会員 ○三橋正宏 日本大学 正会員 大木宜章
日本大学 正会員 高橋岩仁 日本大学（院） 高梨裕次

1. 序文

近年、世界規模で地球温暖化現象が問題となっており、京都議定書の発効などさまざまな対策が講じられている。この温暖化現象は二酸化炭素などの温室効果ガスや都市排熱、地表面の熱容量変化などが原因といわれており、この対策として二酸化炭素の排出削減と同時に緑化が注目されている。特に、わが国の都市部のように緑化可能面積が少ない地域では、屋上緑化は有効な手段といえる。なお、植生された地表面は蒸散作用などの効果により温度上昇が抑えられ、また葉の熱容量も小さく、ヒートアイランド現象の要因である蓄熱も問題とはならない。

本研究はこれらの観点から、断熱性パネルを壁面材としたモデルボックスを用い、実験的手法から特に長短波放射計により屋上緑化による熱環境緩和効果に関する基礎的な研究を行った。

2. 実験方法及び測定項目

実験に使用したモデルボックスを写真1に示す。このモデルボックスの寸法は外寸で横幅 900mm、高さ 1500mm、奥行き 1800mm であり、屋上部分はコンクリート（熱伝導率： $1.6\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、比熱： $840\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、最大厚：140mm）を主体とし、壁面は断熱効果に優れた ALC パネル（熱伝導率： $0.17\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、比熱： $1047\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、厚：50mm）を用いた。なお、骨組みには鋼材を使用し、屋上表面は 1.5mm の FRP 塗布防水加工を施した。

実験は日本大学生産工学部校内（ $35^{\circ}53'\text{N}$ 、 $139^{\circ}36'\text{E}$ ）に2体のモデルボックスを他の構造物の影響を受けないように考慮して設置し、緑化の有無による熱環境への影響を検討した。緑化方法は、12mm 厚の木枠に 100mm 厚の用土を入れ、その上にコウライシバを芝付けし、屋上面に設置した。なお、木枠の底部には水はけ用の孔を開け、さらに水はけの効率を上げるため、屋上面と木枠設置部分に 10mm 厚のヤシ殻マットを敷いた。測定は、外気温・風量・風向・室内温度・建物屋上面および各壁面の表面温度・熱流量・長波および短波放射量の8項目を行った。

3. 実験結果

3. 1 測定日基本条件および室内温度の経時変化

測定データは2006年8月3日7時～4日6時(24時間)を用いた。

図1に下向短波放射量($0.3 \sim 3\mu\text{m}$ 域、以後日射量と称す)および外気温、図2に室内温度の経時変化を示す。

これより、日射量は太陽の動きに準じ変化し、特に日中における屋上面は $800\text{W}/\text{m}^2$ 以上と高い。これは太陽高度の高い8月では、壁面に比べ屋上面への日射量が多いため



写真1 モデルボックス
(左：緑化有り 右：緑化無し)

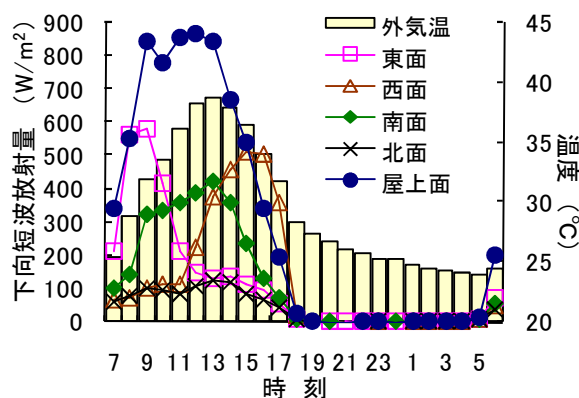


図1 下向短波放射量・外気温

キーワード：屋上緑化 ヒートアイランド 長短波放射計 対流熱伝達量

連絡先：〒275-8575 習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 TEL 047(474)2434

といえる。なお、天候は快晴、風向・風量は微量であるため無風状態として検討した。同日の外気温は 13 時で最大 38.8°C 、夜間の最低気温も 24°C であった。また、室内温度は、日中緑化無しの室温が最大で 4°C 高く、夜間はほぼ同値を示し、緑化有りの変化量が小さい結果が得られた。

3. 2 長波放射量の経時変化

図 3 に長波放射収支量($5\sim 50\mu\text{m}$ 域)の経時変化を示す。ここでの長波放射収支量は、下向長波量から上向長波量を引いた値であり、マイナスの値は、大気へ熱を放射していることを現している。

まず、下向長波量は、 $400\text{W}/\text{m}^2$ 付近で変動も少なく推移した。上向長波量は、温度により発生量が変化することから、壁面、屋上面ともに日射量と同様の傾向を示し、特に屋上面では、13 時で最大となり、緑化有りで約 $630\text{W}/\text{m}^2$ 、無しでは約 $580\text{W}/\text{m}^2$ 、と $50\text{W}/\text{m}^2$ 以上の差が見られた。以上の結果を基に図 3 の長波放射収支量より、日中は壁面、屋上面ともに大気への熱の放射といえる上向長波が常に確認され、夜間では日射がないため、 $-50\text{W}/\text{m}^2$ 付近で推移した。さらに、屋上面を緑化有無で比較すると、日中の高気温時で最大 $70\text{W}/\text{m}^2$ 以上の差が見られた。これは、比熱が低く、熱伝導率の高い、コンクリート面である緑化無しは、大気への熱の放射が顕著に見られたのに対し、有りでは緑化の蒸散作用により熱が使われたためといえる。

3. 3 対流熱伝達量の計算

図 4 に屋上面および壁面からの単位面積当たりの対流熱伝達量の経時変化を示す。対流熱伝達に関しては種々報告されているが、一般に実験より得た結果を、無次元量を用いて関数形にまとめている。本実験でも、表面温度結果を用い、自然対流時における実験式により求めた。

まず、屋上面での対流熱伝達量を比較すると、緑化有りに比べ緑化無しは約 2 倍の差が生じた。壁面では朝方に東面、夕方に西面が高いが、屋上面の値に比し相対的に小さく、さらに南面の対流熱伝達量は僅かな値であった。したがって、建物全体からの対流熱伝達量の総和からも緑化有無の差が顕著に見られた。これは太陽高度の高い 8 月では、壁面に比べ屋上面への日射量が多いためといえる。

4. まとめ

本研究は、簡易的なモデルボックスを用い、長短波放射計により屋上緑化による熱環境緩和効果に関する基礎研究を行った。この結果、短波放射量は太陽の動きに準じ変動し、緑化有無による差は見られなかったが、屋上面長波放射収支量では、日中の緑化有無に差がみられ、蒸散作用といえる効果が確認された。また、屋上緑化により日中の高気温時における室内温度、ならびに外気への対流熱伝達量の減少がみられた。

なお、本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業(平成 17～平成 21 年度)による私学助成を得て行われた。

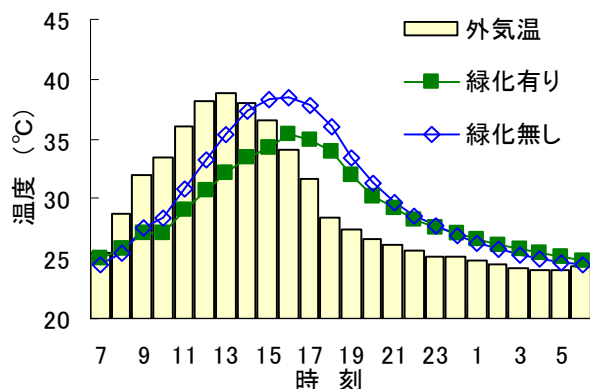


図 2 室内温度

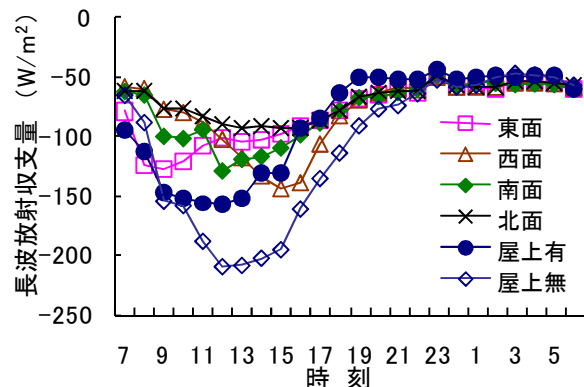


図 3 長波放射収支量

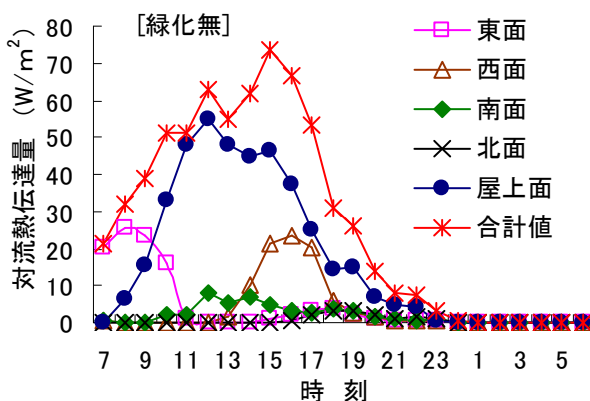
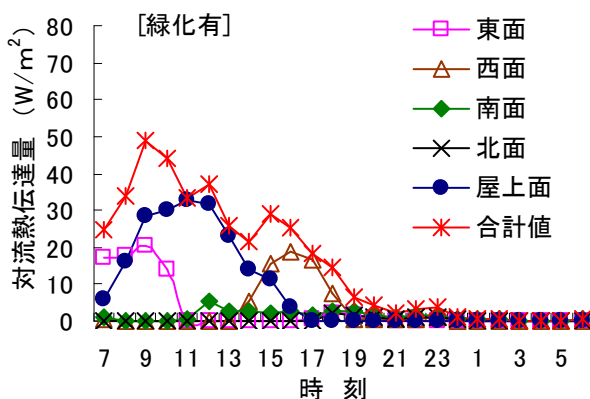


図 4 対流熱伝達量