

建築物の熱環境に及ぼす軽量ポーラスコンクリート 屋上緑化システムの効果

唐沢明彦¹・土田保²

摘要：耐踏圧性の向上や土壌の流出防止等を目的として、人工軽量骨材を使用したポーラスコンクリートの連続空隙内に植生基材を充填し、これを基盤として植物を生育させる屋上緑化システムを開発した。このシステムを埼玉県熊谷市内の集合住宅屋上に施工し、階下の室内の熱環境に及ぼす効果を1999年夏季と2000年冬季に測定した。その結果、本システムを施工し屋上を緑化することにより、夏季と冬季における階下の室内気候を緩和でき、冷暖房エネルギーを節約できることを確認した。

キーワード：屋上緑化、人工軽量骨材、ポーラスコンクリート、植生基盤、熱環境、冷暖房エネルギー

Key words : Green roof, Artificial light-weight aggregate, Porous concrete, Vegetation block, Thermal environment, Heating and cooling energy

1. はじめに

近年、環境負荷の少ない持続可能な都市の発展や、ゆとりや豊さを体感できる都市への変革が求められる中、建築物の「屋上緑化」が注目を集めている。都市建築物の屋上の緑化は、ヒートアイランド現象の緩和、大気浄化、省エネルギー等の環境改善が期待できる他、都市景観の向上の面でも効果が大きいと考えられる。このことから行政も近年積極的に屋上緑化を推進しており、公的建築物だけでなく民間企業や個人の所有する建築物の屋上緑化を支援するための公的制度が徐々に整備されてきている。これに対して民間側でも屋上空間の特性を十分生かすためのハード、ソフト両面にわたる研究・開発が進められている。

しかしながら、屋上緑化が建築物の熱環境に及ぼす効果に関しては、模型実験等を通して基礎的なデータが収集されているものの¹⁾、実際の建築物での実証的な研究は少ない。^{3), 5)}

本報は、屋上緑化が建築物の熱環境に及ぼす効果を定量化することを目的として、屋上緑化と無緑化的階下室の温度および冷暖房消費電力量を同一時期に同一構造の室内において実測し、解析した結果について論ずる。

2. 軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの概要

軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システム（以下、屋上緑化システムと称する）の概要を図-1に示す。また、屋上緑化システムの諸元を表1に示す。

本屋上緑化システムは、人工軽量骨材を使用したポーラスコンクリートの連続空隙内に植生基材を充填し、これを基盤として植物を生育させることを特徴としている。ポーラスコンクリート基盤を用いることにより、踏圧による植生基材の圧密、植物の擦り切れ、植生基材の流出・飛散等を防止することができるため、歩行者や車椅子が自由に植栽上を移動することができる。また、骨材として人工軽量骨材を使用することにより軽量化と保水性の向上を図っている。植生基材には無機系の特殊培土を使用することによりコンクリートの

アルカリ成分を緩衝し、pHや塩類濃度の上昇を抑制している。更に、植生基材と植物種子をあらかじめポーラスコンクリート基盤に充填しておくことにより施工が簡略化できる。

3. 屋上緑化の概要

3.1 屋上緑化建築物

表2に建築物概要を、写真1に建築物外観を、写真2に室内状況を示す。本建築物は、埼玉県熊谷市において太平洋セメント株の独身寮として使用されているRC造4階建の建築物である。表3に最上階の構造断面を示す。

3.2 屋上緑化方法

表4に屋上緑化方法を示す。写真3に屋上緑化外観を示す。屋上緑化施設は、コウライシバを植栽した屋上緑化システム、縁材、自動灌水装置により構築した。屋上緑化システムは、最上階1室の床面積よりも9.5m²大きく施工した。

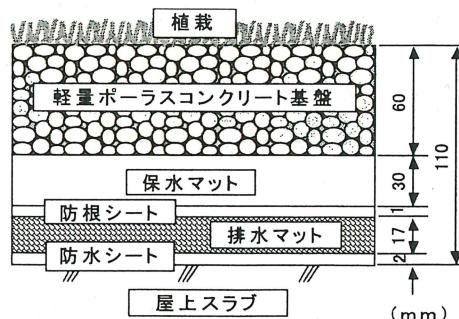


図1 軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの概要

表1 軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの諸元

システム重量	60 kg/m ²
ポーラスコンクリート基盤の寸法	縦×横×高さ =300×300×60 mm
ポーラスコンクリート基盤の総空隙率	30 %
ポーラスコンクリート基盤の曲げ強度	1.3 MPa
ポーラスコンクリート基盤の吸水率	12 %

¹⁾植栽コンクリート工業会（太平洋セメント株式会社 中央研究所）

²⁾植栽コンクリート工業会（前田製管株式会社 技術開発部）

4. 測定の概要

4.1 温度測定

温度測定は、緑化区階下の4階室内と非緑化区階下の4階室内において実施した。非緑化区階下の部屋は、緑化区階下の部屋と壁構造が同一で、なおかつ屋上緑化の影響が及ばないことを配慮して4部屋離れた部屋を選定した。測定期間は、夏季については1999年7月29日～9月24日、冬季については2000年1月18日～2月20日とした。表5に温度測定の条件を示す。

なお、測定期間中は他階から4階への立ち入りを禁止し、無人閉め切りの状態とし、室内の遮光カーテンは使用せず、レースカーテンを閉めた状態で部屋の中心部で測定を実施した。

4.2 冷暖房消費電力量測定

冷暖房消費電力量測定は、温度測定と同室同条件で実施した。測定期間は、夏季については1999年8月11日～8月17日、冬季については2000年1月11日～1月17日とした。温度設定は、夏季冷房は25°C、冬季暖房は23°Cとし、測定期間中連続で作動させ、積算電力計から24時間間隔で読み取った。

表2 建築物概要

建設場所	埼玉県熊谷市石原 (北緯35°48'17" 東経139°43'38")
構造	RC造4階建
設計屋上積載荷重	180kg/m ² (屋根スラブ)
屋上水勾配	1/100
用途	独身寮
室数	全室数 89室 最上階室数 26室
方位	全室南向き (南面:全面ガラス窓)
面積	屋上面積 1,097m ² 最上階1室の床面積 4.5m×3m=13.5m ²
竣工	1997年2月
冷暖房方式	熱源個別方式、蒸気圧縮式冷凍機

表3 最上階(4階)の構造断面

軽量押えコンクリート(屋上スラブ)	50	326 mm
ポリスチレンフォーム	30	
アスファルト防水層	3	
RCスラブ	180	
スタイルフォーム	50	
石膏ボード	10	
ビニールクロス	3	
4階室内	2500 mm	
タイルカーペット	7	190 mm
RCスラブ	170	
石膏ボード	10	
ビニールクロス	3	
3階室内	2500 mm	

表4 屋上緑化方法

屋上緑化面積	4.8m×4.8m=23m ²
植栽植物	コウライシバ
灌水方式	地上設置式しみ出しパイプによる自動灌水
刈り込み方法	背丈が30mm程度になるように随時刈り込み



写真1 建築物外観



写真2 室内状況

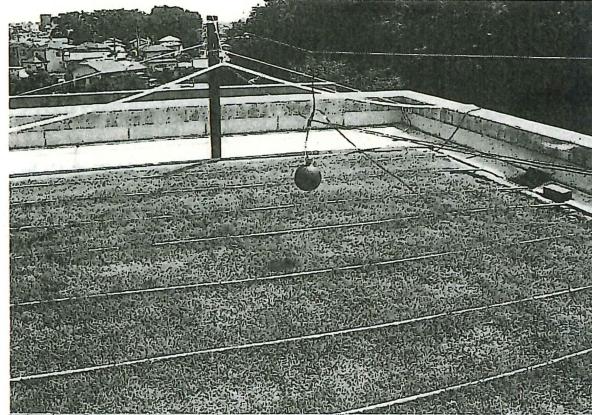


写真3 屋上緑化外観

表5 温度測定の条件

測定機器	温度	T型熱電対
	放射対流温度	グローブ温度計Φ150mm+T型熱電対
記録間隔	データロガーにより1時間間隔	
測定個所	温度	①植栽上面 ②屋上スラブ上面 ③室内天井 ④室内天井下100mm ⑤室内床上1250mm ⑥室内床上100mm ⑦室内床 (非緑化区については①を除く)
	放射対流温度	緑化区:植栽上50cm 非緑化区:屋上スラブ上50cm

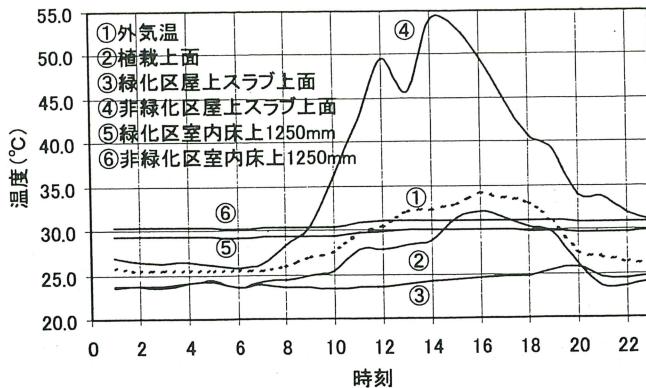


図2 夏季晴天時温度の経時変化の一例

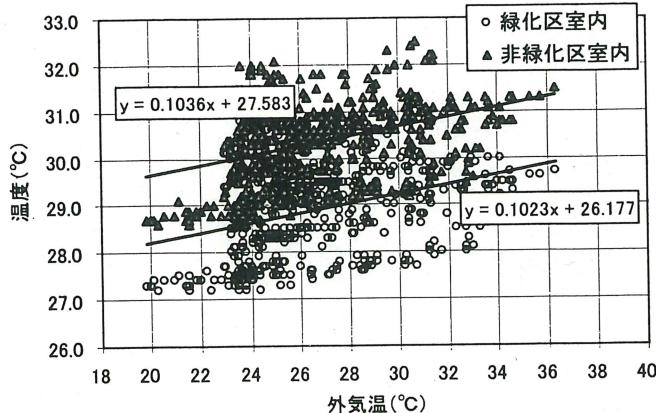


図3 夏季における外気温と床上 1250mm 部の室温の関係

5. 測定結果

5.1 温度

図2に夏季晴天時温度の経時変化の一例(1999年8月29日)を示す。13時に外気温32.3°Cの時点で、非緑化区屋上スラブ上面の温度は54.0°Cにまで上昇し、外気温よりも21.7°Cも高くなったのに対して、緑化区屋上スラブ上面の温度は外気温よりも低い24°C前後で一定しており、ほとんど温度変化がみられなかった。植栽上面の温度は外気温よりも約2°C低い温度で推移していることが確認された。

図3に夏季における外気温と床上1250mm部の室温の関係を示す。これから、緑化区階下の床上1250mm部の室温は、非緑化区の同位置の室温よりも1.7°C低いことが分かる。

図4に冬季晴天時温度の経時変化の一例(2000年1月27日)を示す。非緑化区屋上スラブ上面の温度は、外気温の変化に伴いほぼ同等な温度で推移しているのに対して、緑化区屋上スラブ上面の温度は外気温よりも高い6°C~12°Cで一定していた。植栽上面の温度は、おおむね外気温よりも高い温度で推移していることが確認された。

図5に冬季における外気温と床上1250mm部の室温の関係を示す。これから、緑化区階下の床上1250mm部の室温は、非緑化区の同位置の室温よりも0.9°C高いことが分かる。

表6に温度測定結果のまとめを示す。これから、緑化区は非緑化区に対して、どの測定個所においても夏季は低い温度、冬季は高い温度であったことが分かる。

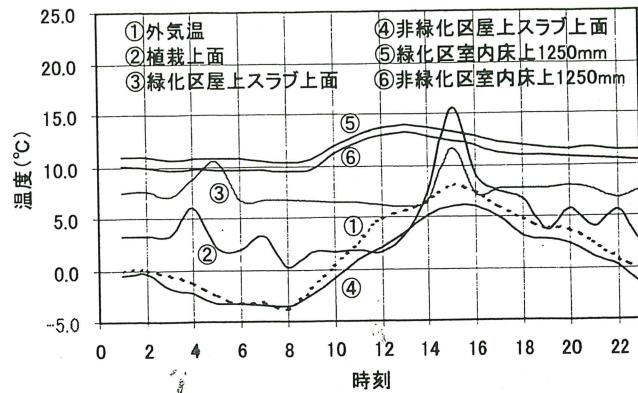


図4 冬季晴天時温度の経時変化の一例

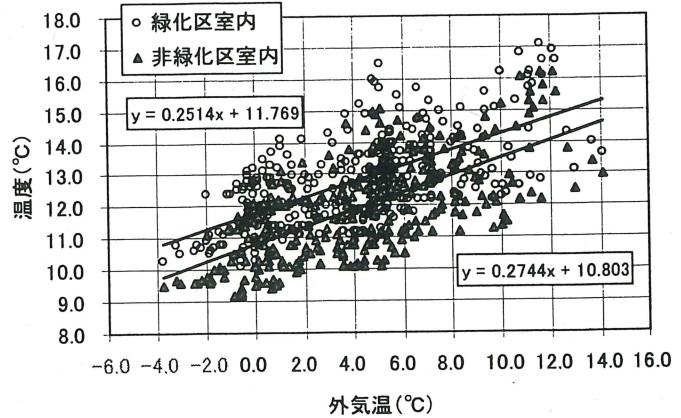


図5 冬季における外気温と床上 1250mm 部の室温の関係

表6 温度測定結果のまとめ

	非緑化区に対する効果 (°C)	
	夏季 (外気温 19.8~36.7°C)	冬季 (外気温 -3.8~14.1°C)
屋上スラブ上面	平均-6.9 最大-30.8	平均+5.7 最大+13.8
最上階天井	平均-1.7 最大-3.7	平均+1.1 最大+1.7
天井下 100mm	平均-1.4 最大-4.7	平均+1.2 最大+2.1
床上 1250mm	平均-1.2 最大-5.9	平均+0.9 最大+1.5
床上 100mm	平均-0.8 最大-6.4	平均+0.8 最大+5.1
床	平均-1.0 最大-5.5	平均±0.0 最大+4.5

5.2 放射対流温度

夏季における屋上緑化システム植栽上50cm部の放射対流温度は、外気温30°Cの時、非緑化区屋上スラブ上の同位置の放射対流温度よりも1.1°C低かった。

冬季において、屋上緑化システム植栽上50cm部の放射対流温度は、非緑化区屋上スラブ上の同位置の放射対流温度とほぼ同等であった。

5.3 冷暖房消費電力量

表7に冷暖房消費電力量の測定結果を示す。今回測定対象とした建築物のケースでは、本屋上緑化システムを適用することにより夏季の冷房で7.7%、冬季の暖房で5.8%の消費電力量が削減できた。

6. 考察

既往の研究から、屋上緑化面からの蒸発散による恒温作用等の効果として、最上階居住環境の向上や冷暖房消費エネルギーの省力化が確認されていた。^{3), 5)} 本報の屋上緑化システムの測定は、この効果を測定対象とした建築物のケースで実証的に定量化することができた。ただし、効果の程度は、建築物の構造、居住環境、地域、立地条件等により差があることは当然であり、一例として、夏季の冷暖房消費エネルギーは事務所建物最上階で16%、集合住宅で31%削減できるとの報告もある。⁴⁾

したがって、今後、屋上緑化をこれまで以上に普及させるためには、各種条件に応じて定量的効果を簡便に推定できる技術の普及も必要であると思われる。

7. おわりに

写真4、写真5は、本屋上緑化システムが病院の屋上に適用された事例である。本事例は、患者、外来者、病院関係者の誰もが各々の目的に応じて自由に植栽上を利用できるオープンスペースとして高い評価をいただいている。

屋上緑化が都市の環境改善に効果的であることは、本報および既往研究からも明らかである。しかしながら、施主や使用者が屋上緑化に求めるのは環境改善の機能はもちろんのこと、快適で魅力的なオープンスペースとしての機能である。²⁾ 植栽コンクリート工業会ではこれら屋上緑化に求められる機能を追求し、屋上空間の特性を十分生かすためのハード、ソフト両面にわたる研究・開発を今後も続けていく予定である。

引用文献

- 1) 梅干野晃・荻原賢二（1983）屋上の芝生植栽による照り返し防止・焼け込み防止効果、日本建築学会建築環境工学論文集5：133-140
- 2) 屋上開発研究会（1994）屋上緑化とその技術：6
- 3) 黒石巖・小中俊雄・小池正之・余田章・本間毅（1994）都市空間の人工地盤における無土壌緑化の基礎的研究（III）－屋上緑化が最上階室温に及ぼす影響－、第25回日本緑化学会研究発表会研究発表要旨集：110-113
- 4) 並木裕（1991）建物の緑化と省エネルギー－グリーンアメニティによる都市づくり－、REFORM3月号：25-31
- 5) 洞田浩文・西村正和・中村正則（1995）建築物の熱環境に及ぼす屋上緑化の効果、大成建設技術研究所報 第28号：313-316

表7 冷暖房消費電力量の測定結果

	冷房		暖房	
	緑化区	非緑化区	緑化区	非緑化区
測定時間 (h)	146	146	177	177
測定時間中の平均外気温 (°C)	27.3	27.3	7.6	7.6
消費電力量 (kWh)	38.21	41.39	68.17	72.36
屋上緑化による消費電力量の削減率(%)	7.7		5.8	



写真4 軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの病院屋上への適用事例（施工時）



写真5 軽量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの病院屋上への適用事例（供用状況）

(2001.7.1 受理)