

ビオトープ型屋上緑化の熱特性と生物状況

福田 淳* 小楠 良雄*
中村 聡* 加藤 信男**

要約： 最近、都市部において熱帯夜の増加などヒートアイランド現象と考えられる環境問題がクローズアップされている。この対策として、都市部を緑化することによって温度上昇を抑制することが有効であると言われており、緑化面積を増やす方法として屋上緑化が注目されている。筆者らは独自の屋上緑化システムとして、多種多様な植生に対応し、更にトンボなどの小動物も生息可能なビオトープ型屋上緑化の開発を行っており、技術研究所屋上（神奈川県相模原市）において実証実験を行っている。

本報は、技術研究所で約1年間計測したビオトープ型屋上緑化における熱特性の実測と、植生生育ならびに小動物の生息状況を検証したものである。その結果、夏期において屋上緑化の土表面の最高温度は41.0℃、コンクリート表面は53.1℃であり、緑化部の表面温度が大幅に低下しており、ヒートアイランド現象の抑制に有効であることが確認できた。

また、ミソハギなど湿性植物の生育が可能であることや、トンボなどの飛来が見られるなど生態系の一部としても機能していることがわかった。

キーワード： 屋上緑化、ビオトープ、温熱特性、植生、水生小動物

目次： 1. はじめに
2. 屋上緑化システム概要
4. 植生および確認された小動物
5. まとめ

1. はじめに

東京の平均気温は過去42年間で2.4℃上昇している¹⁾。これは地球温暖化の影響も考えられるが、ヒートアイランド現象の影響が強いといわれている。ヒートアイランド現象は、都市のコンクリート化による蓄熱量増大や人工排熱増加等が原因であると言われており、その対策として、都市に緑地を増やし、植物の蒸散作用を利用して温度上昇を抑制することが効果的とされている。しかし、過密化する都市の地上に緑地を設けるのは困難であり、建築物屋上に緑地を設ける屋上緑化が注目を集め、多くの屋上緑化システムが開発されている。現在、開発されている屋上緑化システムの多くは軽量化・ローメンテナンスを重視しているため、植生の種類が限られ、彩りに欠ける傾向がある。

当社は、ヒートアイランド現象の対策として屋上緑化が注目される以前から環境共生技術の一手法として数種類の緑化に取り組んできた。中でもビオトープ型屋上緑化は、水辺の空間を取り入れた屋上緑化で、彩り豊かな緑化が特徴である。本報はビオトープ型屋上緑化における温熱特性の実測結果、植生の育成状況ならびに確認された小動物を検証したので報告する。

2. ビオトープ型屋上緑化の概要

ビオトープ型屋上緑化は、水辺の景観と生態系を付加価値とした屋上緑化である。メダカなど水生小動物が生息できる池を設置し、池の周りに植生を配置している（写真1参照）。植生部分への灌水は、池から植生へ自然に給水される工夫がしてあり、水やりの手間が不要である。この工夫により池から植生へ常に水が給水されるため、ミソハギなど湿地を好む植物でも生育可能であり、多様な植物が生育できるのが特色である。

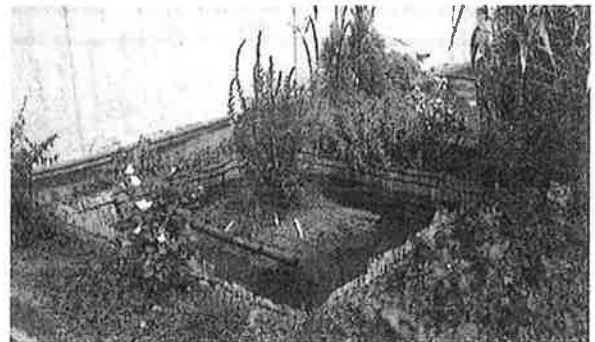


写真1 ビオトープ型屋上緑化

3. 熱特性の実測

3.1 実測概要

実測は当社技術研究所（神奈川県相模原市）の屋上緑化実験施設にて行った。表1、図1に屋上緑化実験施設の概要を示す。実測項目は日射量、気温、屋上緑化システムの各部温度で、日射量はサーモパイル式、気温はサーミスタ式温度計、屋上緑化システムの各温度はT型熱電対で測定した。T型熱電対を設置した箇所を図1、表2に示す。夏期および冬期の実測結果の代表日として平成12年8月10日0:00～8月12日23:00、平成13年2月10日0:00～2月12日23:00の実測結果を示す。実測は1時間間隔で行いデータロガーに記録した。

表1 各屋上緑化システム実験施設概要

| | |
|-------|-----------------------|
| 植生基盤厚 | 160mm |
| 植生基盤 | 軽量土壌：パーミキュライト：炭＝4：5：1 |
| 植栽 | ホワイイトクローバー、ミソハギ |

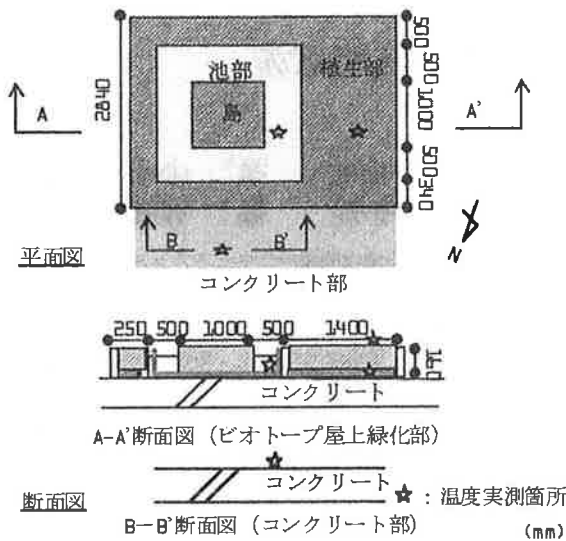


図1 屋上緑化実験施設並びに温度測定箇所

表2 熱電対設置点

| 場所 | 深さ |
|----------------|------------------|
| ビオトープ型屋上緑化 植生部 | 植生基盤(土) 表面 |
| | 植生基盤(土) 表面下50mm |
| | 植生基盤(土) 表面下150mm |
| ビオトープ型屋上緑化 池部 | 水面下150mm |
| コンクリート | 表面 |

3.2 実測結果

3.2.1 夏期

図2に測定期間中の日射量、気温を示す。

日射量は8月10日、8月11日は晴天のため日中で最大3MJ/m²まで達したが、8月12日は曇天のため最大で2MJ/m²ほどであった。最高気温は8月10日に32.3℃、8月11日に33.5℃、8月12日に31.8℃といずれも30℃を越えている。

図3に緑化していない部分のコンクリート表面（以下、コンクリート表面と記す）と植生部の土表面（以下、土表面と記す）の温度の実測結果を示す。

測定期間中、一日の日射量が最も多かった8月11日の最高温度は、コンクリート表面が53.1℃、土表面が41.0℃であり12.1℃土表面温度が低く、再放射熱量の低減が図られている。夜間は両者とも表面温度が下がり、最低表面温度はコンクリート表面が25.6℃、土表面が23.4℃であり、土表面が2.2℃低く、外気温とほぼ同程度になっている。これらより、屋上緑化を行うことにより、外部熱環境の改善がなされ、ヒートアイランド現象の抑制に有効に作用すると考えられる。

図4にコンクリート表面、緑化部分のコンクリート表面として池部の水面下150mm（以下、水面下150mm）、植生部の土表面下150mm（以下、土表面下150mm）の温度変化を示す。

各部の最高温度はコンクリート表面が53.1℃、水面下150mmが37.9℃、土表面下150mmが31.4℃であり、ビオトープ型屋上緑化の土表面下150mmと水面下150mmがコン

クリート表面より低い温度を示した。日較差は8月11日において、コンクリート表面が27.5℃、水面下150mmが10.0℃、土表面下150mmが4.8℃であった。

これより、ビオトープ型屋上緑化を設置することで日射や外気温上昇などの外気条件が建物最上階の熱環境に与える影響を低減でき、熱負荷変動が小さくなるため、省エネルギー効果も期待できると考えられる。また、その低減効果は屋根スラブ上が池の場合より植生のほうが大きい。こ

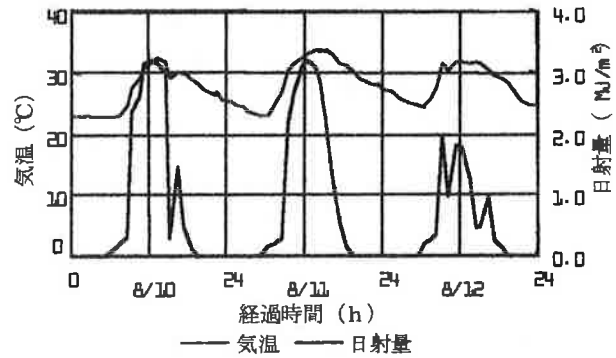


図2 気温と日射量（夏期）

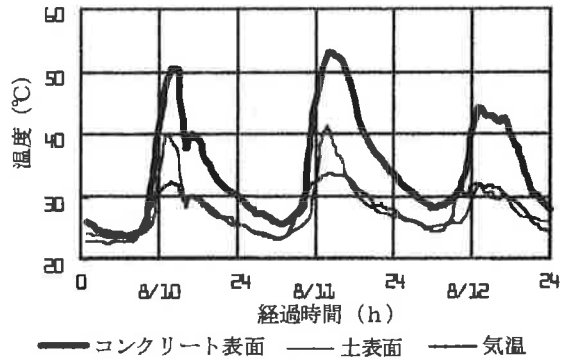


図3 コンクリートと土の表面温度（夏期）

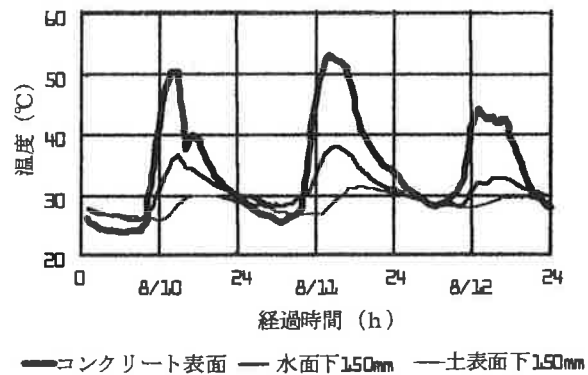


図4 コンクリート表面と各屋上緑化表面下150mm（夏期）

表3 夏期（8/11）各部の温度

| | コンクリート表面 | 土表面 | 土表面下150mm | 水面下150mm |
|----------|----------|------|-----------|----------|
| 平均温度(°C) | 36.6 | 28.5 | 28.7 | 32.0 |
| 最高温度(°C) | 53.1 | 41.0 | 31.4 | 37.9 |
| 最低温度(°C) | 25.6 | 23.4 | 26.6 | 27.9 |
| 日較差(°C) | 27.5 | 17.6 | 4.8 | 10.0 |

これは池の場合は透過日射によって、池底部が暖められるのに対し、土表面下150mmでは土によって日射が全て遮られることや、池の水量が少ないことによると考えられる。

表3に8月11日の各部温度の最高、最低、平均、日較差をまとめる。

3.2.2 冬期

図5に気温と水平面日射量を示す。

2月10日、11日の最大日射量は晴天のため2MJ/m²に達したが、2月12日は曇天のため1.42MJ/m²ほどであった。最高気温は2月10日、11日が10.5℃、2月12日が6.6℃であった。

図6にコンクリートと土の表面温度を示す。

2月11日の日中最高温度はコンクリート表面が23.6℃、土表面が12.3℃とコンクリート表面が土表面より11.3℃高い。冬期における表面温度の上昇は夏期とは逆に外部熱環境の向上につながる一方で、相対湿度の低下が進み、冬期における都市の乾燥化が一層進むと考えられる。よって、屋上緑化は都市の相対湿度を上昇させ、乾燥化を防ぐのに有効であると考えられる。なお、夜間の最低温度はコンクリート表面が1.9℃、土表面が3.2℃であり、ほぼ同程度であった。

図7にコンクリート表面、水面下150mm、土表面下150mmの温度変化を示す。

2月11日における夜間の最低温度はコンクリート表面が3.3℃、土表面下150mmが5.5℃、水面下150mmが6.4℃であった。これより、夜間の最低温度は土表面下150mmと水面下150mmがコンクリート表面より高く、屋上緑化の設置が夜間における建物の温度低下抑制に有効であることを示している。

また、2月11日の日較差はコンクリート表面が20.3℃、土表面下150mmが5.6℃、水面下150mmが9.4℃であり、コンクリート表面は土表面下150mmの約4倍、水面下150mmの約2倍であった。これより、冬期においても、屋上緑化を行うことによって屋根スラブの温度変化が小さくなることから夜間の温度低下が小さく、建物最上階の暖房時立ち上がり時の熱負荷低減にも寄与すると考えられる。

その効果は屋上緑化の中でも、土表面下150mmの日較差が水面下150mmの約半分であることから、スラブ上面が植生部のほうが大きい。

表4に2月11日の各部温度の最高、最低、平均、日較差をまとめる。

4. 植生および確認された小動物

ビオトープ型屋上緑化に植栽した植物を表5に示す。植栽の設置1ヶ月後と1年後の状況を写真2、3に示す。

ミソハギ、サギゴケなどの湿性植物や木本類であるムクゲは植生した年と1年後にも花を咲かした。これは本システムでは水が池から十分に供給されるためであり、本システムが湿性植物や木本類の生育にも有効であることが確認された。

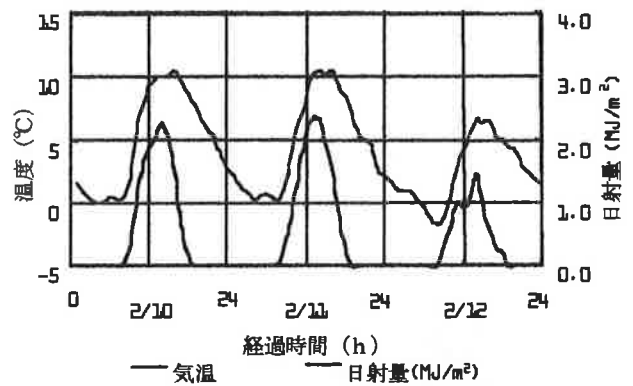


図5 気温と日射量 (冬期)

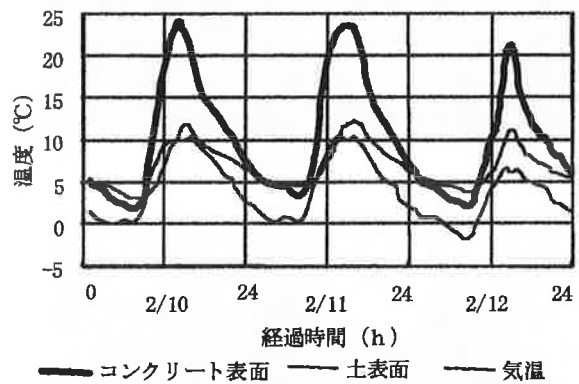


図6 コンクリートと土の表面 (冬期)

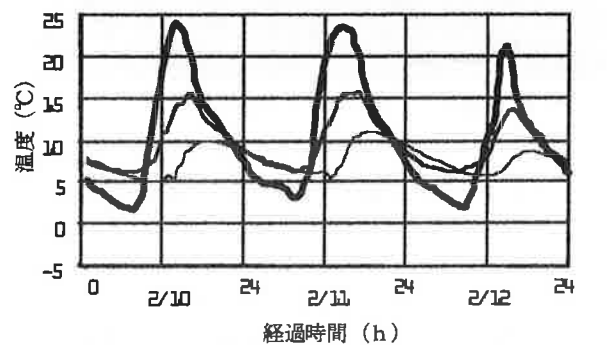


図7 コンクリート表面と各屋上緑化表面下150mm (冬期)

表4 冬期 (2/11) 各部の温度

| | コンクリート表面 | 土表面 | 土表面下150mm | 水面下150mm |
|-----------|----------|------|-----------|----------|
| 平均温度 (°C) | 11.5 | 7.4 | 8.2 | 10.1 |
| 最高温度 (°C) | 23.6 | 12.3 | 11.1 | 15.8 |
| 最低温度 (°C) | 3.3 | 4.6 | 5.5 | 6.4 |
| 日較差 (°C) | 20.3 | 7.7 | 5.6 | 9.4 |

表5 ビオトープ型屋上緑化植栽

| | |
|-----|---|
| 草本類 | ミソハギ、クローバー、斑入りヨシ、ガマ、ヒメツルソバ、カンスケ、キチジョウソウ、カゼグサ、キショウブ、シオギク |
| 木本類 | ムクゲ |

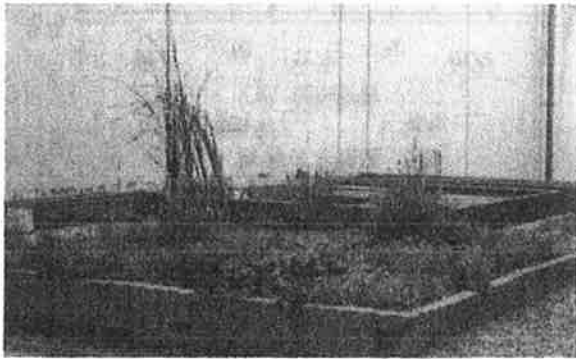


写真2 ビオトープ型設置1ヶ月後

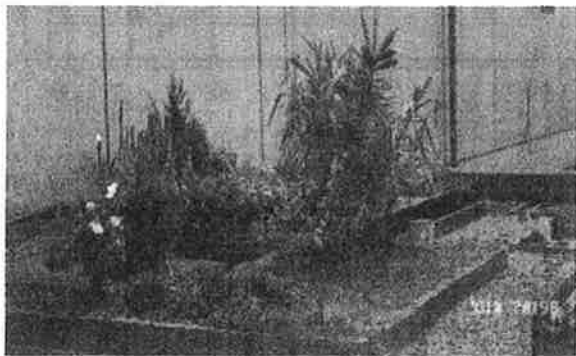


写真3 ビオトープ型設置1年後

クローバーは平成13年7月の記録的な猛暑とその直前に行った刈り込みの影響によって、池から離れた個所のクローバーが一時弱ったため、その時期に地表からの灌水を行った。暑さが少し和らいだ8月末にはクローバーの新芽が現れており、これからは順調に生育すると思われる。

技術研究所の屋上緑化において確認された小動物を表6

に示す。ビオトープ型屋上緑化では、意図して池に放したメダカ以外に様々な小動物が確認された。これは池が種々の小動物の生育環境として有効であったため、小動物が飛来してきたと推測される。

飛来したと考えられないヒメモノアラガイやミミズに関しては、植栽した苗についていたものが成長し、生存していると考えられる。

メダカは産卵を行い、メダカの世代交代が行われたのが確認された。

表6 確認小動物

| 確認場所 | 小動物名 |
|-----------|---------------------------|
| ビオトープ上空 | トンボ、チョウ |
| 土(土表面、土中) | ミミズ、アリ、クモ、甲虫(幼虫) |
| 池(水面、水中) | ボウフラ、ヤゴ、アメンボ、ヒメモノアラガイ、メダカ |

5. まとめ

ビオトープ型屋上緑化の熱特性の実測と植生並びに小動物の検証を行い下記の内容がわかった。

- ①夏期において、屋上緑化の土表面温度はコンクリート表面温度より温度が低く、屋上緑化はヒートアイランド現象の対策として有効であると考えられる。
- ②屋上緑化は外気が建物最上階に与える影響を低減するため、建物最上階の安定した熱環境の形成に貢献すると思われる。
- ③夏期と冬期を通じて、日中は水面下150mmより土表面下150mmのほうが温度は低く、夜間は同程度の温度となることがわかった。
- ④池を設置することで多様な小動物が飛来し、生息することを確認した。
- ⑤本灌水システムを使用することで、ミソハギなど湿地性の植物を屋上で生育できることを確認した。

今後は灌水方法の改善や水量の安定化および屋上緑化を設置した建築物における最上階住戸の熱負荷低減効果をシミュレーションにて検討する予定である。

参考文献

- 1) 齋藤武雄：都市温暖化の現状，日本機会学会誌，Vol. 94, No. 869, pp11-15, 1991年4月

THE THERMAL PROPERTY AND BIOLOGICAL CONDITION ON BIOTOPE ROOF GREEN

A.Fukuda, Y.Ogusu, S.Nakamura, N.kato

This paper describes the property thermal and biological condition on roof green. The roof green is useful to restrain heat island phenomenon and to form stability thermal environment on top floor of residence complex. The daily range of temperature on roof green is smaller than the daily range of temperature on concrete roof. The swamp plant and the small aquatic creature grow up on biotope roof green.