

屋上緑化による熱環境の改善効果

岡田 潤* 瀬戸裕直**

1. はじめに

建築物の屋上、壁面等を緑化することは、夏季の都市及び建築物の熱環境を改善する上で有効だとされている。^{1),2)} 国やいくつかの地方公共団体がその推進に力をいれており、資金助成の制度等も設けられている。これに対し実際に屋上緑化を行う場合の支障として、建物管理者の立場と、緑化を考える立場それぞれに事情が存在する。前者については、建物の構造が緑化を前提としておらず、特に地震時の動荷重に耐えられないのではないか。あるいは、火災時の延焼の危険性、建物への漏水、風による緑化資材の飛散や落下に対する危惧等が挙げられよう。一方後者については、緑化に関心はあっても、整備費用や後々の維持管理費の負担に対するメリットが明解でない。あるいは、灌水や除草、植物の手入れ等の労苦を考え躊躇すること等が考えられる。新たに建築され、当初から緑化することを織り込んで計画的に整備されるものはともかく、既存建築物の緑化の推進には、多様な目的とニーズに対応し、十分に効果を発揮させる緑化技術の開発が引き続き期待されている状況にある。

そこで、屋上緑化を、低コストで維持管理も容易かつ持続的な形で実現するため、実際に屋上緑化を試験的に行い、熱環境改善等の効果を評価しつつ、実用的な技術として確立するための調査研究を実施することとした。

本稿は、上記の目的で建設省建築研究所が平成9年度から進めている「実用的な建築物緑化技術に関する調査」、ならびに民間企業4社(田島ルーフィング(株)、三菱化学エンジニアリング(株)、(株)クレアテラ、住友林業(株)筑波研究所)と共同で実施している「屋上緑化の方法と効果に関する研究」の一環として、建築研究所構内に設置した屋上緑化試験施設での試験の中間結果について

報告するものである。

2. 調査研究の内容

2.1 簡便で持続的な屋上緑化技術の検討

屋上緑化には様々な目的と形態がありうるが、今回設置した試験施設は、建築物に構造上の制約がある中で、建物やその周辺の環境改善を図ることを目的として緑化を行う場合を想定している。このため、簡便(例えば低コストであること)で持続的(例えば維持管理が容易であること)な屋上緑化を実現するための方法について、既往の技術を対象として検討を行った。

その結果、建物に対する荷重を可能な限り軽減し、灌水や除草等の維持管理の労力を軽減するため、(1)植栽基盤の厚さの抑制、(2)基盤材料の軽量化、(3)保水・排水・灌水の省力化、(4)環境適応性の高い植物材料の導入を図ることとした。

2.2 試験施設の概要

上記の検討を踏まえて、平成9年10月、建築研究所構内にある研究機器試作工場(RC造2階)の屋上部に屋上緑化試験施設を設置した。整備にあたってはコストを低く抑えるため、共同研究参加各社の協力を得て、2日間、のべ20人の作業により、植栽基盤の造成、植物の植え付けまでを完成させた(写真-1参照)。

現在、試験施設(面積約140m²)には、(1)複数の植栽基盤材料、灌水・保水・排水システムの組合せによる「熱環境改善効果試験区(15区画)」、(2)灌水・保水・排水システムの違いによる各種植物の生育状況を試験する「植物材料試験区(9区画)」、(3)薄層の植栽基盤での断熱材の使用及び灌水の条件を試験する「薄層基盤断熱・灌水試験区(6区画)」を配置している。当該建物は、本来屋上を利用することを想定していないため、出入りのための階段、灌水に必要な電気、水道等はすべて仮設で対応している。また試験区の温度、気象観測等の計測データは、各センサーからのケーブルを屋上直下の2階部分の室内に引き込み、AD

変換器を介してパソコン用コンピューターに伝送して、自動的に表示・記録を行うこととしている。

2.3 試験区の構成と内容

今回の報告の対象となるのは、屋上緑化試験施設の南側に設置した熱環境改善効果試験区における試験の中間結果である。

熱環境改善効果試験区には、植栽基盤に使用する灌水・保水・排水システム、基盤材料及び植栽基盤厚さの組合せによる 14 の小区画 (A ~ E 区) 及び植栽しない対照区 (F 区) を設けている。

灌水・保水・排水システムは、(1) 土壤下にプラスチック製の保水・排水パネルを設ける A・B 区、(2) 土壤中に透水管を埋め込み、外部のタンクに連通するチューブを通して負圧差による灌水・排水を行う C・D 区、(3) 土壤下に保水・排水のためのヤシマットを敷く E 区の 3 種類である。

基盤材料は、A・C 区は浄水セーキを主配合とする軽量土壤、B・D・E 区は火山噴出物を加工した人工土壤を使用し、土壤の厚さは、A ~ D 区は 10, 15, 20cm、E 区は 1.5, 3cm としている。

植物材料は、植栽基盤の厚さに対応して、メキシコマンネングサ、マツバギク、コウライシバ、ブルーフラス、サツキの 5 種類を使用している。このうち、メキシコマンネングサ及びマツバギクは多肉質の葉を有し、乾燥した環境下での成育がよくに期待されることから導入した。

表-1 試験区の構成と内容

| 試験区 | A | | | B | | | C | | | D | | | E | | F | | | | | | |
|---------------|----------|---------|-----|---------|---------|-----|-------------|---------|-----|---------|---------|-----|-------|---------|-----|--|--|--|--|--|--|
| | A-1 | A-2 | A-3 | B-1 | B-2 | B-3 | C-1 | C-2 | C-3 | D-1 | D-2 | D-3 | E-1 | E-2 | 対照区 | | | | | | |
| 植物材料 | (1)+(2) | (3)+(4) | (5) | (1)+(2) | (3)+(4) | (5) | (1)+(2) | (3)+(4) | (5) | (1)+(2) | (3)+(4) | (5) | (1) | (1)+(2) | - | | | | | | |
| 植栽基盤厚さ (mm) | 130 | 180 | 230 | 130 | 180 | 230 | 100 | 150 | 200 | 100 | 150 | 200 | 50 | 100 | なし | | | | | | |
| うち土壤部分厚さ (mm) | 100 | 150 | 200 | 100 | 150 | 200 | 100 | 150 | 200 | 100 | 150 | 200 | 15 | 30 | なし | | | | | | |
| 植栽土壤 | 計量土壤 | | | 人工土壤 | | | 計量土壤 | | | 人工土壤 | | | 人工土壤 | | なし | | | | | | |
| 灌水システム | 自動灌水システム | | | | | | 負圧差灌水システム | | | | | | なし | | なし | | | | | | |
| 保水・排水システム | 保水・排水パネル | | | | | | 上記システムにより排水 | | | | | | ヤシマット | | なし | | | | | | |
| 温度計測箇所 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | |

注) 植物材料は、①メキシコマンネングサ、②マツバギク、③コウライシバ、④ブルーフラス、⑤サツキを使用

試験区の平面配置ならびに各小区画の構成と内容は、図-1、表-1、写真-2.1～2.3 の通りである。



写真-1 試験施設の全景 (建築研究所)

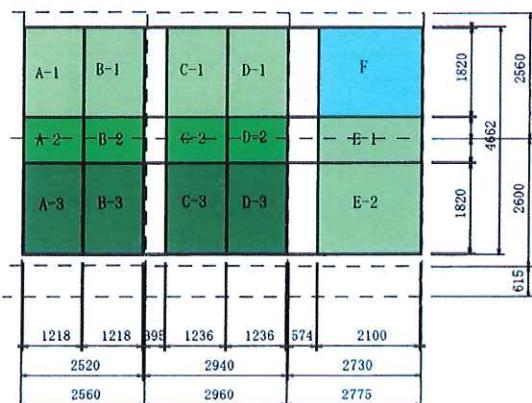


図-1 試験区配置図 (単位: mm)



写真-2.1 試験区 F(手前)・E(奥側)

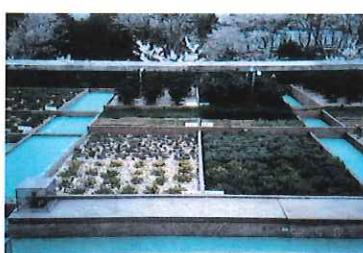


写真-2.2 試験区 D(左側)・C(右側)



写真-2.3 試験区 B(左側)・A(右側)

2.4 試験の方法

今回の試験では、熱環境改善効果試験区(15小 区画)のうち、植栽土壤厚さが、A~D区で10、20cmの8区画、E区で3cmの1区画、ならびにF区(対照区)の計10区画について、植栽基盤直下(F区は植栽基盤なし)の防水・防根シート上にCC熱電対を取り付け、当該部分の温度変化を計測した(表-1参照)。また屋上部の気象条件については、対照区としたF区内に気象観測装置を設置し、風向、風速、気温、湿度、日射、雨量の6項目について観測を行った。計測はいずれも10分間隔で自動記録するよう設定した。

3. 試験の結果

試験区は、平成9年10月に設置し、その際植

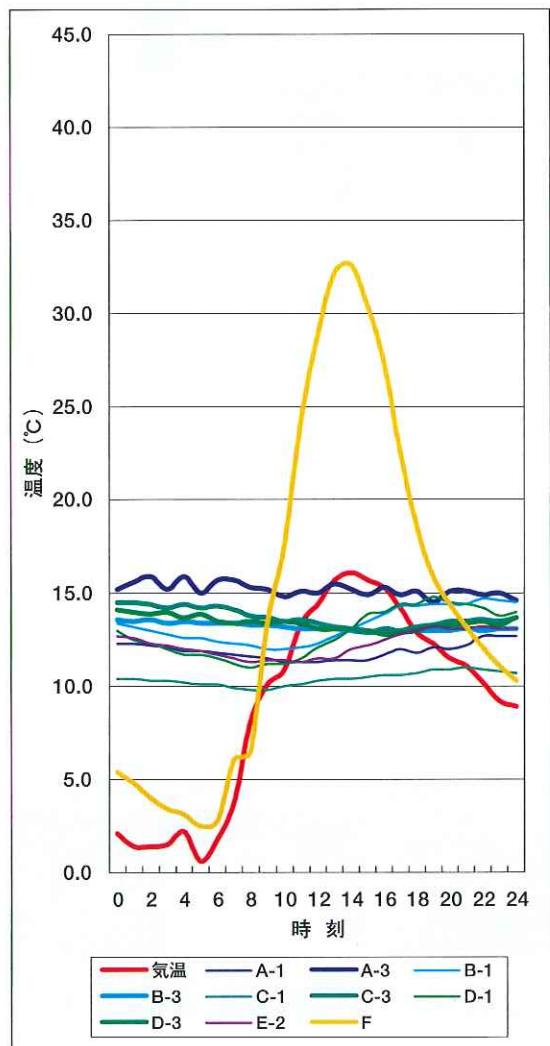


図-2.1 気温及び試験区温度の変化 (1999.4.9)

物材料の植え付けも行っており、今回の計測の時点で既に1年半が経過し、試験区全体が緑で覆われた状態となっている。

試験区の植栽基盤直下の温度計測は、停電等による欠測はあるものの、平成10年4月からほぼ継続的に実施している。冬季及び夏季は、試験施設下の建物内で冷暖房が行われるが、室内の温度等の計測が未実施である。このため今回は、冷暖房期間外の平成11年4月から5月前半のうち、気温が最も低かった4月9日(金)と最も高かった5月2日(日)の計測データをもとに、1時間毎の温度変化について分析を行った。

まず4月9日(金)は晴れであったが、気温は午前5時に0.6°Cで、日中も最高16.1°Cと、いわゆる花冷えの天候であった。しかし緑化していない

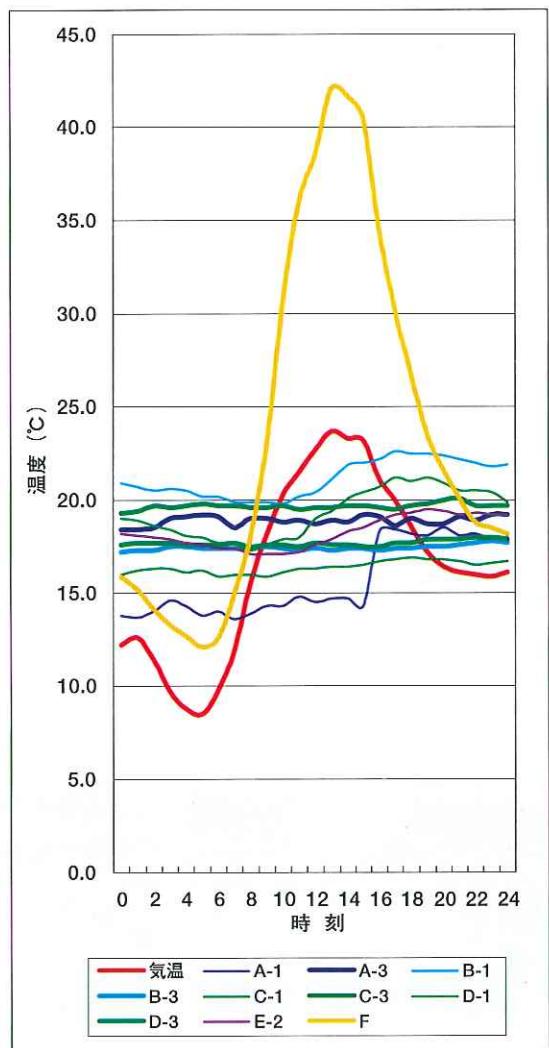


図-2.2 気温及び試験区温度の変化 (1999.5.2)

屋上面の温度は、午後2時で32.6°Cまで上昇した。植栽基盤直下の温度は、ほぼ10~16°Cの範囲で推移した(図-2.1参照)。一方5月2日(日)は晴れで、最高気温は午後1時に23.7°C、この時期としては暖かい天候であった。屋上面の温度は大きく上昇し、午後1時に42.1°Cを記録した。これに対し植栽基盤直下の温度は、ほぼ13~23°Cの範囲で推移した(図-2.2参照)。

両日の温度計測から、晴天日の日中においては、緑化していない屋上部の表面温度は、気温よりも15~20°C程度高い数値まで上昇すること、これに対し緑化した植栽基盤直下の温度は、日最高気温を超えることはなく、日較差6~10°Cの範囲で変化することが明らかになった。これは、屋上面の温度の日較差約30°Cと大きく異なっている。

さらに、植栽基盤の土壤厚さによる温度変化の違いについて比較を行った。その結果、厚さ20cmの場合は一日中を通して温度はほとんど一定であるのに対し、10cmの場合は、午前中は低めの値で推移し、午後は相対的に高い数値となる傾向があり、これは、気温が高かった5月2日の方が顕著であった。また、灌水・保水・排水システム及び植栽土壤の組合せの違いにより、上記の温度変化のパターンに若干の相違が見られた。

4. まとめ

上記の試験結果から、建築物の屋上部は、熱環境の面から見て極めてきびしい条件に置かれていることが改めて確認された。この環境条件下において、緑化した植栽基盤直下の温度は、一定の範囲でおだやかに変化しており、植物と植栽土壤の介在、すなわち屋上緑化による熱環境の改善効果を間接的に推察することが可能である。しかし今回の計測データから、土壤の厚さや土壤の種類等、植栽基盤の条件によって、温度変化の程度やパターンが異なっていることが明らかになった。このことは、植栽基盤が常に建築物内外からの熱流の影響を受け、植栽基盤自体の特性との関係によって違いが生じていることを示しているが、その実態は明らかではない。従って、今回の報告には盛り込めなかったが、植栽基盤の上部、建物内部等の各部位での温度及び熱流の変化、土壤水分等の計測データを得ることにより、さらに詳細な分析を行うことが不可欠である。それによって、

熱環境の改善効果を予め予測しつつ、屋上緑化の計画・設計を行う際の指針を示すことが今後の課題である。

5. おわりに

都市における環境問題への対応が叫ばれはじめから久しい。近年は、ヒートアイランド現象がもたらす様々な影響が明らかにされ、いわゆる緑の存在が都市環境として不可欠であることが強く認識されるようになった。また、地球温暖化が指摘され、CO₂の排出を削減する取り組みが始まり、樹林の果たす役割についても評価が行われつつある。

こうした中で都市の建築物は、それ自体が既に都市特有の環境条件の中に置かれており、現在では、室内に限らず外部空間を含めたトータルな環境を快適なものとするための様々な研究開発が進められている。

屋上緑化は、建築物を取り巻く環境における緑化、即ち建築物緑化の一角を占めるものであり、壁面緑化やベランダ緑化、さらに建物周囲の緑化等と一体となって、その効果を最も発揮できるよう計画することが重要である。

このため今回設置した屋上緑化試験施設では、引き続き各種の試験を実施するとともに、建築物緑化の計画技術を開発するための試験施設として機能することをめざしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 輿水 肇: 建築空間の緑化手法, 彰国社, 1985.10
- 2) (財) 都市緑化技術開発機構: 新緑空間デザイン技術マニュアル, 誠文堂新光社, 1996.4

岡田 潤*



建設省建築研究所
第六研究部都市
防災構造研究室長
Jun OKADA

瀬戸裕直**



同 第五研究部
設備計画研究室
主任研究員
Hironao SETO