

# スナゴケ類植栽による断熱ならびに 気温緩和効果に関する研究

On the insulating effect and air temperature moderation by moss

飯島健太郎・涌井史郎・油井正昭

桐蔭横浜大学医工学部生命・環境システム工学科

Kentaro IJIMA, Shiro WAKUI, Masaaki YUI

(2005 年 2 月 28 日 受理)

## 1. はじめに

都市部においては、人工構造物が高層高密度化することによる蓄熱体の増大と輻射による熱環境の悪化が年々深刻化している。こうした状況を軽減する為の効果的な手法としては、屋上・壁面の緑被を推進することであり、近年各自自治体において屋上緑化を制度化する動きが活発化している。そうした期待を具現化すべく、各種の効果検証が行われている。特に屋上緑化による建築物に対する熱負荷の軽減効果を、断熱性能から屋内熱環境の緩和の実態<sup>2, 3, 6</sup>について明らかにしたり、一方、屋上緑化材料、すなわち植物や土壌条件の違いによる効果<sup>1, 4, 5</sup>の差異を検証したものがある。

一方、その効果をより具現化させるためには総量としての建築物の緑被面積を拡大していくことが重要であるが、建築構造物の荷重制限などにより、既存の緑化技術の導入が難しいケースも少なくない。近年、最も軽量化された緑化工法としては、セダム類を活用した工法があるが、枯損する現場が散見され問題になっている。またその耐乾性と光合成特性から蒸散による気化熱を伴った積極的な気温緩和が期待できないものの、山田らによればセダム植栽鉛直上においても僅かに気温緩和効果があることを説明している<sup>7</sup>。そこで

本研究では一般住宅の勾配屋根をも含む耐荷重に乏しい建築物の屋上緑化を可能にする超軽量、薄層工法の植物素材として蘚苔類の中からスナゴケ (*Racomitrium canescens*) を抽出し、そのシート植栽による熱環境改善効果を断熱と鉛直上の気温緩和を対象に検証することを目的とした。

## 2. 実験内容と方法

本研究では、スナゴケ植栽による屋上スラブ面鉛直上の断熱効果と気温緩和効果について検証した。実験は横浜市青葉区大学研究施設棟屋上スラブ面を対象とし、設置したスナゴケ植栽の表面・裏面 (スラブ接触面)、スラブ面温度ならびに各々の鉛直方向の気温計測によりその効果について検討した。スラブ面に設置した植栽は、①スナゴケを不織布上に植えつけたタイプ (以下、コケ単用区)、②スナゴケの生育助長 (スナゴケの剥離防止、乾燥速度低減) を意図してその仮葉・仮茎の固定をした人工芝との複合タイプ (以下、コケ・人工芝複合区)、③緑被の有無が熱環境の緩和効果に寄与しているかを検証する為の人工芝のみのタイプを対象とし、各々 9 m<sup>2</sup> (3 × 3 m<sup>2</sup>) 設置した (図-1)。温度計測は 2003 年 7 月 22 日～同年 8 月 27 日の夏季 36 日間とし、天候に応じた日時のデータを抽出し、効果の検討を行った。

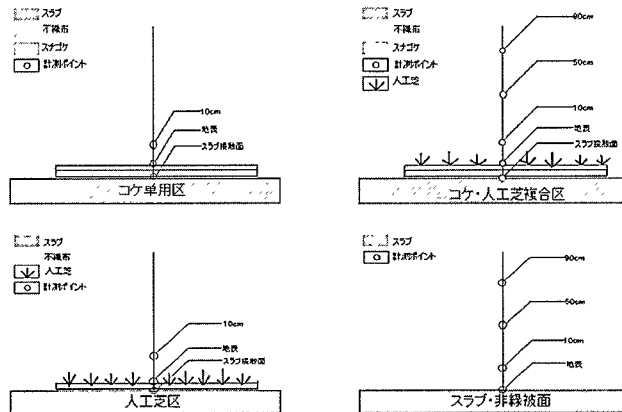


図-1 計測システム図

### (1) スナゴケ植栽による断熱効果

断熱効果を明らかにするために各実験区の表面・裏面（スラブ接触面）温度ならびにスラブ上塗膜面（以下スラブ面）の接触温度について①雨天時（2003/07/25）②晴天時（同年08/01，前日雨天）コケが湿潤状態であるとき，③晴天時（同年/22，前日も晴天）コケが乾燥・萎凋状態であるときを抽出し検討した。

本実験では，夏季間の連続したデータを得る為にロガー付のサーモレコーダーミニ・ワイヤレス（RTW30-S，エスベック製，サーミスタ）を使用した。

### (2) スナゴケ植栽による鉛直方向の気温緩和効果

各実験区の鉛直上の気温緩和効果を明らかにする為に，コケ・人工芝区では鉛直方向上10 cm，50 cm，90 cm に，またコケ単用区では10 cm に温度センサーを設置して得られたデータから前項と同様の日時を抽出して検討した。また表面温度，気温と反射熱の関連について検討する為に，2003年8月29日（晴天日）の9：00～15：00の間2時間毎に全4回，全天日射計を用いて鉛直方向上の上向きの短波放射量を各実験区にて測定した。計測にはネオ日射計（MS-42，英弘精機製）を

用いた。

## 3. 実験の結果と考察

### (1) コケ植栽による断熱効果

緑被裏面への熱の影響を調査する為に，緑被の表面温度と緑被裏（スラブ接触面）の温度とスラブ表面温度を比較したものが図-2である。日最高表面温度を記録する12：00～13：00時点に着目すると，雨天となった7月25日にはいずれの実験区もスラブ面の約35℃よりも緑被上の表面温度は低い温度となり，人工芝区で約33℃，コケ・人工芝複合区で約33℃，コケ単用区で約31℃となった。次に8月1日ではスラブ面の約37℃に対し，人工芝区では約50℃と温度が上昇し，コケ・人工芝複合区，コケ単用区では，約33℃と温度が低下した。同じく晴天となった8月22日（前日晴天）では，スラブ面の約40℃に対し，コケ・人工芝複合区では約37℃と低下していたが，人工芝区では約50℃，コケ単用区では約60℃とむしろスラブ面よりも上昇する傾向が見られた。また，雨天の7月25日にはコケ・人工芝複合区，コケ単用区共に，緑被表面温度と緑被下スラブ面の温度には差が見られないが，晴天となった8月1日，22日には，緑被表面の温度上昇に

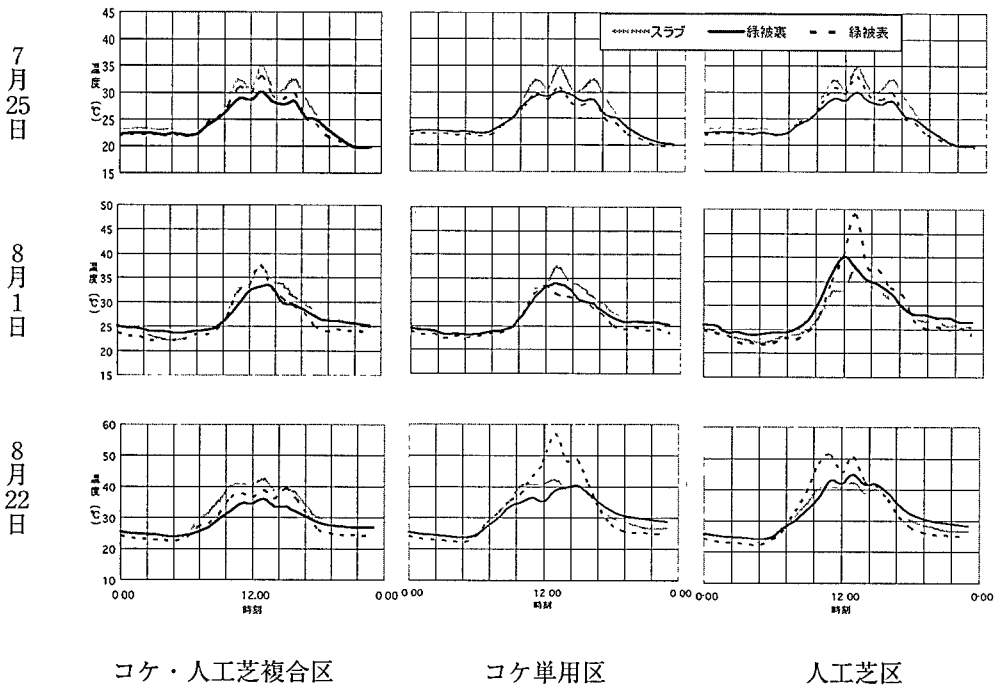


図-2 スラブ表面と各実験区表裏面の温度

対して緑被下のスラブ面温度上昇は抑えられており、とりわけコケ単用区の8月22日(前日晴天)は、緑被表面と裏面温度差は15℃以上にも達していた。

以上より湿潤条件の場合は気化熱によって、乾燥条件の場合には、その植生層が熱伝導を緩和することによって断熱性能が認められるものの、乾燥したコケ層そのものは加熱されやすいため、この点の改善は今後の課題といえる。

## (2) スナゴケ植栽による鉛直方向の気温緩和効果

天候条件の異なる3日を抽出し、スラブ面ならびにコケ・人工芝複合区の温度鉛直プロフィール計測結果を示したのが図-3である。鉛直方向上の気温は日中12時付近で、スラブ面に対し、コケ・人工芝複合区では雨天の7月25日の10 cm, 50 cm, 90 cm共に殆ど変化は見られなかったが、8月1日(晴天

/前日雨天)には、10 cm 約2℃, 50 cm 0℃, 90 cm 約3℃の気温緩和効果を示した。

更に、8月22日(晴天/前日晴天)には10 cmで約2℃, 50 cmでは約2℃, 90 cmでは約3℃の気温緩和効果を示しており、わずかであるが大気に対する加熱を軽減する効果が認められた。なお鉛直上の気温については各実験区から日中の上向き短波放射量の影響を受けていることが想定された為に同時時間帯のスラブ面ならびに緑被面(コケ・人工芝複合区)のアルベド(反射率: 反射日射量と日射量との比のこと)の比較検討を行った。その結果、下向き/上向きの短波放射量が特に強い9:00～15:00付近を中心としたスラブ、緑被でのアルベドは、10 cmではスラブ面で12～26%に対し、緑被面で8～18%, 50 cmではスラブ面18～24%に対し、緑被11～17%, 90 cmではスラブ17～26%に対し、緑被14～17%と緑被よりもスラブ面のアルベドが高く、緑被面のほうが鉛直上

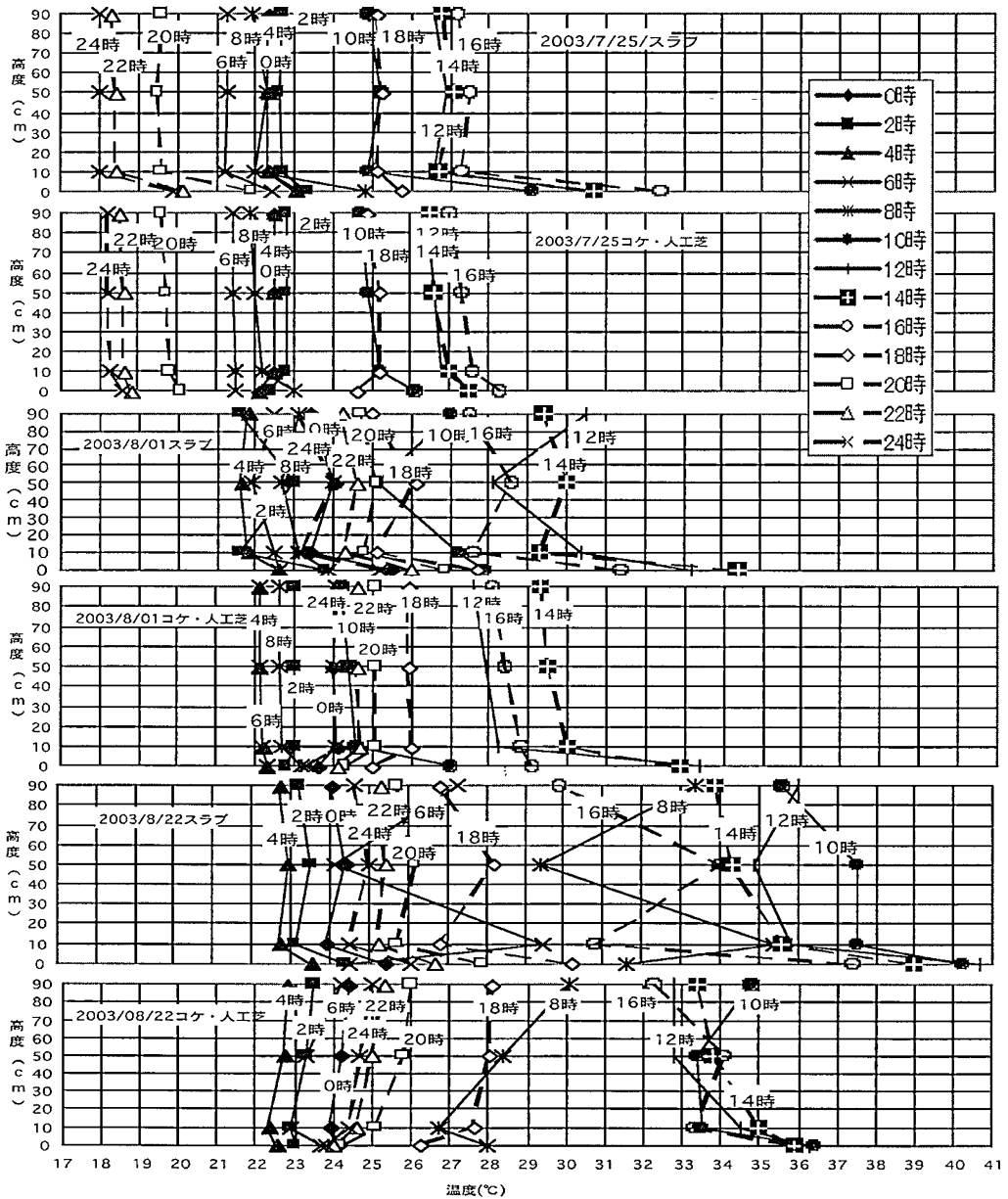


図-3 スラブ面ならびにコケ・人工芝複合区の温度鉛直プロフィール計測結果

の気温が低かった。スラブ面では表面温度が高いため、長波放射量も大きく、アルベドの大きさともあいまって、いわゆる輻射熱が強い状態であることが想定された。緑被面ではアルベドが小さく、放射吸収量は大きいと考えられるが表面温度は低く、これは主に気化熱による潜熱への転換ならびに植被面の複雑な構造による大気への顕熱伝達の増加によると考えられる。

一方、鉛直上の気温に対しては日中のみならず夜間も含めた素材面が冷却面または加熱面として存在していたか否かがきわめて重要である。そこで再度図-3による検討を行うと次の通りである。7月25日にはスラブ上は、いずれの時間帯においても、鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも、スラブ表面の温度は高く昼夜にわたって加熱面として作用していた。その差は昼間約5℃、夜間で1～2℃であった。緑被面では夜間から早朝にかけての約6時間、鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも、緑被表面温度が約0.5～1℃

低く、冷却面として作用していた。8月1日には、スラブ上は、いずれの時間帯においても鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも、スラブ表面の温度は高く昼夜にわたって加熱面として作用していた。その差は昼間約5℃、夜間で1～2℃であった。緑被面では午前0～2時そして20時から翌午前0時の約8時間、鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも緑被面温度が0.5～1℃低く冷却面として作用していた。8月22日にはスラブ上は、午前0～4時また10～翌午前0時まで鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも、スラブ表面の温度は高く加熱面として作用していた。緑被面では、18～22時にかけて約6時間、鉛直方向上10, 50, 90 cmの気温よりも緑被面温度が0.5～1℃低く、冷却面として作用していた。

以上の視点で本実験の計測期間中を通じて、スラブ面ならびに緑被表面が冷却面として存在した総時間数と日数(1時間以上冷却面として存在した日を対象)を図-4に示した。2003年7月22日～8月27日までの全871時間約36日中、冷却面として存在した総時間数は、各鉛直上の気温10 cmとの比較では、スラブ面、75時間21日であるのに対し、コケ単用区341時間31日、コケ・人工芝複合区269時間29日、人工芝区では202時間28日と、いずれも冷却面として存在する時間が長くなることが認められた。これによって、夜間過熱面であることが多いスラブに対して超薄層のコケ植栽によっても冷却面としての時間を延長できる可能性が示唆された。

#### 4. まとめ

人工構造物表面にスナゴケ植栽を行なうことによる温熱環境効用について探った結果、緑被材料のスナゴケが湿潤時または乾燥による萎凋状態において、その機構的な違いはあるものの、人工構造物に対する断熱効用とその周辺部における気温緩和効用が認められ

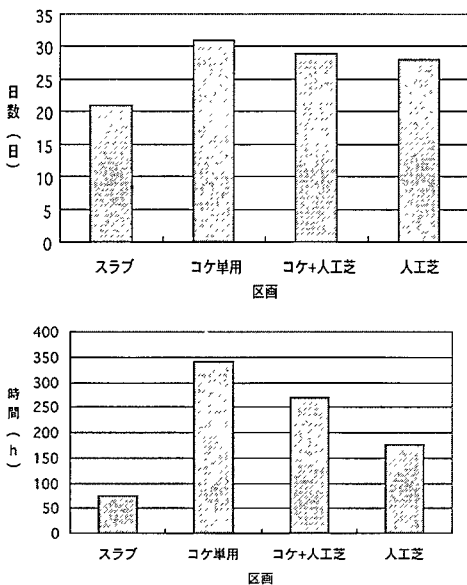


図-4 スラブ面ならびに緑被面が冷却面として存在した日数と総時間数(2004年7月22日～8月27日)

た。コケが湿潤条件の場合には気化による放熱効果、また乾燥条件の場合にはその植生層における熱伝導の緩和による効果であると推察された。こうした効用を高めるためには、コケの安定的な緑被とそれを促す基盤へのコケの固定と水分保持が重要であり、人工芝とコケの複合工法は極めて有効であった。

なお本報は、積水樹脂技術研究所との共同研究の成果である。

#### 引用文献

- 1) 梅干野晃・何江・堀口剛・王革 (1994)：芝生葉群層の熱収支特性に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集 462, 31-39
- 2) 唐沢明彦・土田保 (2001)：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、日本緑化工学会誌 27(1), 205-208
- 3) 峰村太輔他 (2002)：屋上緑化による建築物に対する熱負荷の軽減効果についての実証的研究、第 30 回環境システム研究論文発表会講演集, 225-231
- 4) 三坂育成・成田健一 (2002)：緑化による屋外熱環境の緩和に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集, 667-678
- 5) 野田坂伸也 (1974)：屋上庭園の土壌の厚さの基準に関する基礎的実験、造園雑誌 38(3), 32-34
- 6) 山田宏之 (2001)：薄層基盤屋上緑化がプレハブ建物の屋内熱環境に与える影響について、平成 13 年度日本造園学会関西支部大会研究発表要旨, 51-52
- 7) 山田宏之・峰村太輔・養父志乃夫・中村啓二・中尾史朗 (2002) 屋上のセダム緑化上の気温・湿度鉛直プロファイルの解析、日本造園学会関西支部大会・事例報告集。21-22