

ヒートアイランド現象抑制に関する研究 ー緑化及び断熱材がコンクリートの蓄熱に及ぼす影響ー

日大生産工 ○湯浅 昇 日大生産工 円井 基史 東京工業大 梅干野 晃

1. はじめに

本研究プロジェクトにおいて筆者らは、地表面被覆つまりは都市・建築の外皮（表面材、外装材）に着目し、植物や土壌がもともと持っている熱環境調整機能の利用といった生命工学的観点より、ヒートアイランド現象緩和や室内の空調負荷低減、さらには建物の高耐久化に寄与する建築材料の開発に取り組んでいる。

本報では、緑化や断熱材がコンクリートの温度上昇や蓄熱に及ぼす影響について検討するためにこの夏（2007年）開始した屋外実験の概要と途中経過を報告する。

2. 本研究の基本的考え

屋上緑化の熱環境改善効果に関する実験・研究は昔から数多くなされている。芝生については、梅干野らの一連の研究が先行研究として挙げられ、試験体の実測を通して、屋上芝生植栽の熱・水収支特性を把握し、シミュレーションモデルについて検討している^{1,2)}。その他に、恩村らの不織布に植栽した芝生に関する研究³⁾、石原らの蒸発散量に関する研究⁴⁾、垣鍔らの断熱性能に関する研究⁵⁾などが挙げられる。屋上緑化材として近年着目されているセダム、コケ植物については、吉永らによるメキシコマンネングサの屋上緑化における蒸発散特性に関する研究⁶⁾、須崎らのスナゴケ植栽による断熱および気温緩和についての研究⁷⁾などが挙げられる。

また、断熱材によるコンクリート温度、室温あるいは空調負荷への影響に関しては、石野らの外断熱と内断熱の省エネルギー効果に関する研究⁸⁾、タギらの外断熱建物の冷房負荷計算方法に関する研究⁹⁾などが行われている。

さらに緑化と並んで近年ヒートアイランド対策として注目されている高反射（遮熱）塗料で

は、近藤らの高反射塗料による日射熱負荷軽減に関する研究などの一連の研究^{10,11)}が進んでいる。

緑化や断熱材は、建築外皮として外界の気象変化に対する緩衝体となり、表面そして躯体内部温度の高温化（あるいは低温化）を防ぎ、躯体の保護（高耐久化）そして室内の空調負荷低減の効果が期待される点で共通している。その効果の程度は、緑化の種類や断熱の工法により異なると考えられるが、これまでの研究で、その点を明らかにしたものはない。

そこで本研究では、緑化として芝、セダム、コケによる植栽、断熱として外断熱、内断熱を施したコンクリート屋根スラブを有する簡易的なモデル試験体を用いて屋外実験を行い、緑化の種類や断熱の工法の違いがコンクリートの温度変化に及ぼす影響について分析する。

3. 実験の概要

3-1. 試験体の概要

試験体の概要を図1に示す。緑化の種類としては、屋上緑化で用いられることの多い姫高麗芝、セダムとして耐暑性に優れたメキシコマンネングサ、コケ植物としては乾燥に強くまた緑化材として生産性のあるスナゴケを選定した。断熱材は市場に出回っているもので高性能のものを選択し、外断熱、内断熱工法を想定した試験体を作製した。さらに比較対照として、緑化・断熱をせず、コンクリートに防水シートを貼っただけの試験体、そして高反射性の防水シートを貼った試験体を用意し、計7試験体とした。コンクリートスラブは、蓄熱の影響をみるために厚さ100mm、中央で温度を測定することを考慮して480×380mmの大きさとした。コンクリートの調合表は表1に示す。砂は千葉県

Study on the Mitigation of Heat-island Phenomenon
- Effect of Greening and Insulation on Heat Storage in Concrete -

Noboru YUASA, Motofumi MARUI and Akira HOYANO

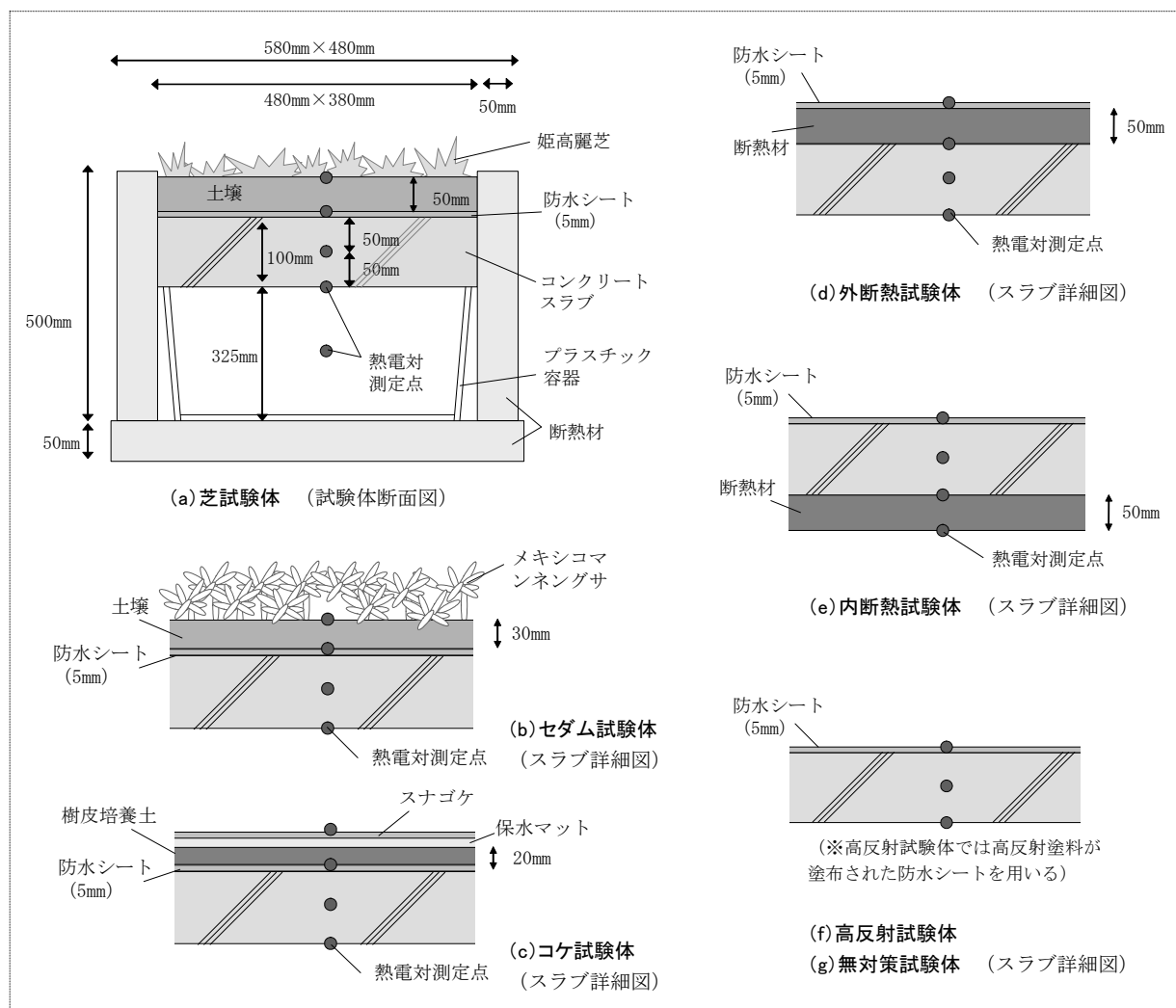


図1 試験体の概要

表1 試験体に用いたコンクリートの調査表(および初期性状試験結果)

水セメント比[%]	水 [kg/m ³]	セメント [kg/m ³]	砂 [kg/m ³]	砕砂 [kg/m ³]	砂利 [kg/m ³]	高性能AE減水剤 [kg/m ³]	スランプ [cm]	空気量 [%]	練り温度 [°C]	28日強度 [N/mm ²]
53	170	324	488	324	997	3.564	20.1	5.2	27.0	29.7

吉野産、砕砂、砕石は栃木県鍋山町産を用いた。用いた植栽・材料のデータを表2に示す。

3-2. 測定項目・方法

図1に示すように、熱電対により表面温度(芝は葉群層下、セダムは茎が高いため茎下の土壌表面とした)、コンクリート中央温度、コンクリート底面温度、コンクリートスラブ下に設けた空間の空気温度(今後便宜的に室温と呼ぶ)のほか、コンクリートと土壌・断熱材等の境界温度を測定した。外界気象条件として日射量、気温、相対湿度、風向、風速、雨量を測定した。以上は5分間隔の自動計測とした。表面温度は適宜手動計測した赤外線カメラでも確認した。測定場所は日陰の影響を考慮して、本学32号館屋上(千葉県習志野市)とした。測定は

表2 使用材料の物性データ

	学名	日射反射率 [-]	備考(生育状況など)
姫高麗芝	<i>Zoysia matrella</i>	0.14~0.30 程度 ^{1,12,13)} ※	8月上旬より一部枯れ始め、8月下旬には大部分が枯れた
メキシコマンネングサ	<i>Sedum mexicanum</i>	0.15程度 ¹²⁾ ※	7月中旬の葉丈(鉛直高さ)は40mm程度、その後徐々に成長が見られ、9月上旬には70mm程度
スナゴケ	<i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Bird.	0.15~0.20 程度 ^{7,14)} ※	降雨が多いとカラカラに乾燥するも、降雨後1~2日は保水し色も鮮やかとなる
断熱材	—	—	熱伝導率は0.020[W/m・K]、厚さは標準的な仕様として50mmとした
防水シート	—	0.25	—
高反射防水シート	—	0.30	—

※今後測定予定(数値は既往研究の値)

2007年7月中旬より開始した。

4. 結果と考察

緑化された試験体において含水状態から乾燥状態に渡る温度変化特性を確認するため、降雨後に晴天日が続いた期間を含む2007年7月4日~8月10日のデータを今回の解析対象とした。

図2に気象データとして日射量、降水量、風速、相対湿度を、図3に全7試験体のコンクリートスラブ中央温度と気温を示す。7月23日までは梅雨の曇天が続き、24日から晴天日が連続した。7月29～31日は台風による降水が確認された。温度変化幅の参考として、降雨から晴天日が5日ほど連続した後の8月5～6日における全7試験体の表面温度と室温（スラブ下空気層温度）のデータを図4に示す。

図3にて全7試験体のコンクリート中央温度の変化特性を見ると、大きく2グループに分類できることが分かる。日中45～50℃程度まで高温化し、朝方比較的溫度が大きく下がるグループとして、無対策、内断熱、高反射の3試験体が挙げられる。これに対して、緑化の3試験体（芝、セダム、コケ）と外断熱試験体の4つは、コンクリート温度の日変化幅が比較的小さいものとして分類できる。これらの日中のコンクリート温度は30～35℃であった。また、コケ試験体に着目すると、晴天日が続くと徐々にコンクリート中央温度が上昇する傾向にあることが読

み取れる。

降雨後の乾燥過程の1サイクルとして、8月1～6日の期間について、緑化の3試験体および外断熱試験体のコンクリート中央温度を抽出したものを図5に示す。外断熱試験体のコンクリート中央温度に着目すると、日最高温度が徐々に高くなる傾向にある。日射量や気温にはその傾向は見られないため、コンクリート内への蓄熱の影響と考えられる。コケ試験体に着目すると、日最高温度の上昇ペースが、外断熱試験体に比べて高い。また、日最低温度も上昇していることが、外断熱試験体の日最低温度と比べても分かる。これはコケの保水容量が小さく、晴天日の連続でコケが乾燥し、蒸発冷却効果が失われたものと考えられる。この傾向は、芝、セダムでも確認できる。

今回の実験条件の中では、夏季晴天日において、コンクリート温度を比較的低く保てるのは、緑化された試験体および外断熱試験体であり、その中でも、芝とセダムの効果が比較的に強いことが確認された。

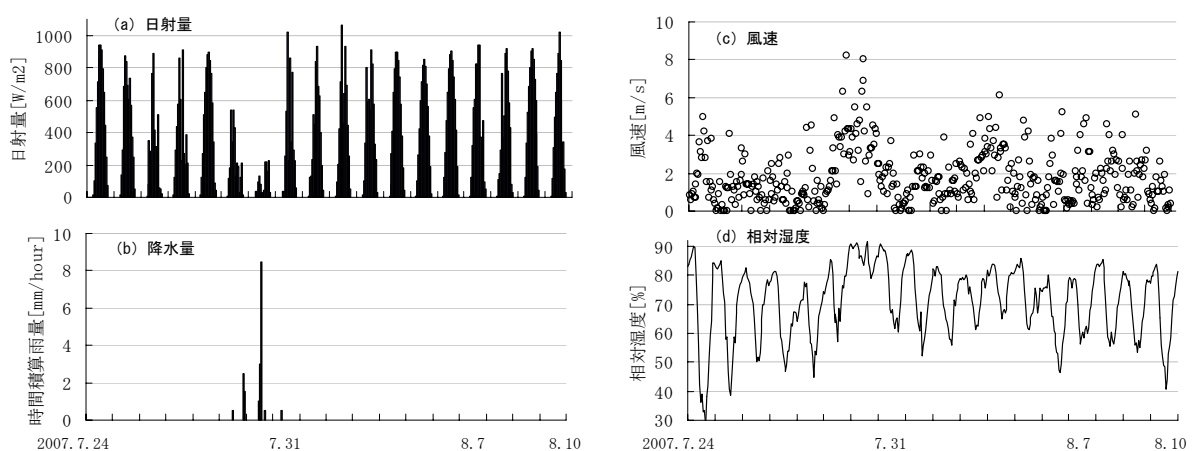


図2 外界気象データ（日射量、降水量、風速、相対湿度）（2007年7月24日～8月10日）

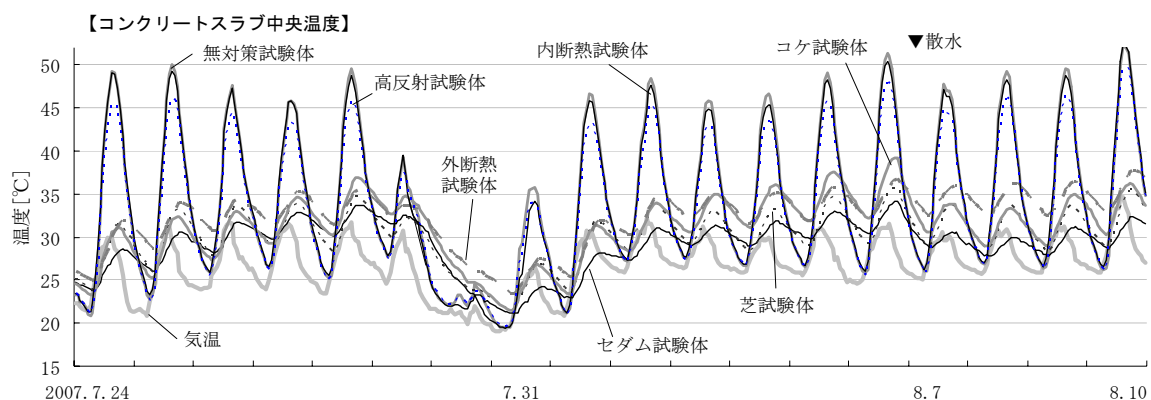


図3 全7試験体のコンクリートスラブ中央温度の推移（7月24日～8月10日）

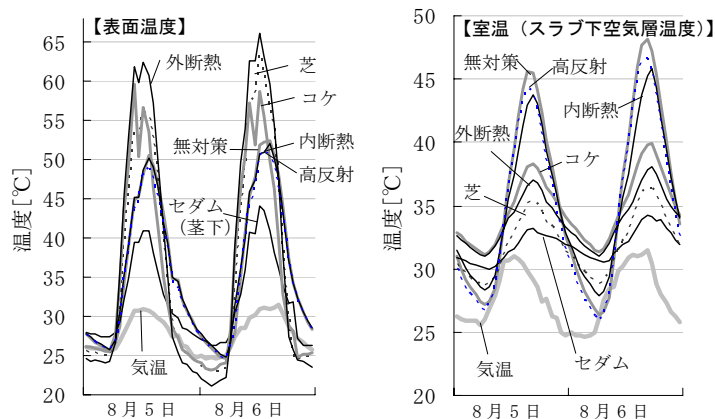


図4 全7試験体の表面温度と室温(8月5日～6日)

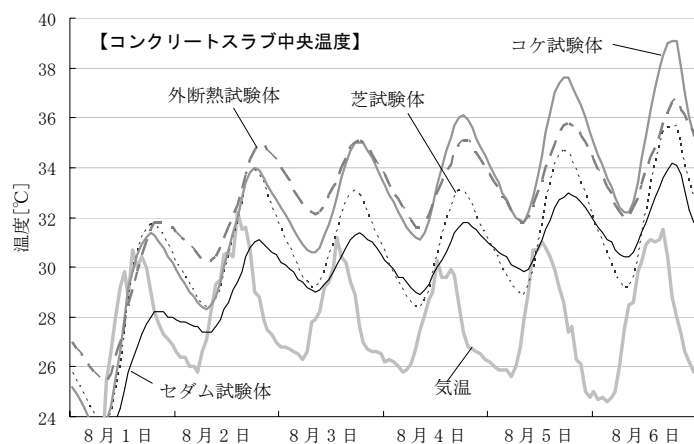


図5 緑化および断熱を行った試験体のコンクリートスラブ中央温度の推移(8月1日～6日)

5. まとめ

緑化(芝・セダム・コケ)または断熱(外断熱・内断熱)を施したコンクリート屋根スラブを有する簡易的な試験体を用いて夏季屋外実験を行い、緑化の種類や断熱の工法の違いがコンクリートの温度上昇・蓄熱に及ぼす影響について分析した。限定的な実験下ではあるが、今回得られた結果を以下にまとめる。(1) 緑化または外断熱を行った試験体のコンクリート温度は、無対策および内断熱の試験体に比べ、温度変化幅が小さく抑えられ、日最高温度の差で言うと15℃程度の開きが認められた。(2) コンクリート温度の高温化抑制効果は、緑化の場合、含水率に影響されることが示唆されたが、今回の実験では、芝、セダムは外断熱、コケに比べ、より強い効果が確認された。

今後は、冬季の温度変化特性を把握するとともに、植栽の生育状況についても考察する。またコケ緑化が可能なコンクリート開発、外断熱

によるコンクリートの高耐久化についての分析を進める。

参考文献

- 1) 龍谷光三、清家清、梅干野晃：夏期における芝地の照り返し特性について (1) (芝地の温度分布特性について)、日本建築学会大会学術講演会概要集、pp. 343-344、1973. 10
- 2) 梅干野晃、何江、堀口剛、王革：芝生葉群層の熱収支特性に関する実験研究
- 屋上芝生植栽の熱環境調整効果 第1報、日本建築学会計画系論文集、第462号、pp. 31-39、1994. 8
- 3) 恩村定幸、松本衛、鉾井修一：屋上芝生植栽による蒸発冷却効果に関する研究 その1 蒸発冷却効果の実測と解析、日本建築学会大会学術講演会概要集、pp. 767-768、1992. 8
- 4) 石原修、張晴原、下山和美：屋上芝生植栽の熱特性と水分収支に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、第484号、pp. 17-24、1996. 6
- 5) 垣鍔直、溝口忠、雨海清一郎、石橋龍吉：薄層屋上緑化ユニットの熱的性能に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、第578号、pp. 79-84、2004. 4
- 6) 吉永美香、比留間直也、野田宗弘、奥宮正哉：メキシコマンネングサと軽量人工土壌を用いた屋上緑化システムの蒸発散特性、日本建築学会技術報告集、第23号、pp. 217-222、2006. 6
- 7) 須崎裕一、涌井史郎、飯島健太郎：スナゴケ植栽による断熱ならびに気温緩和について、日緑工誌、30(1)、pp. 56-61、2004
- 8) 石野久彌、郡公子：内断熱と外断熱の省エネルギー性能比較に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第358号、pp. 29-36、1985. 12
- 9) サデギアン・タギ、荒谷登、絵内正道、鈴木憲三：外断熱建物の冷房負荷計算法と低負荷冷房、日本建築学会計画系論文集、第557号、pp. 25-31、2002. 7
- 10) 近藤靖史、長澤康弘、入交麻衣子：高反射率塗料による日射熱負荷軽減とヒートアイランド現象の緩和に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集、pp. 1449-1452、1999
- 11) 藤本哲夫、岡田朋和、近藤靖史：高反射塗料の日射反射性能に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第601号、pp. 35-41、2006. 3
- 12) 三坂育正、石井康一郎、横山仁、山口隆子、成田健一：軽量・薄層型屋上緑化技術のヒートアイランド緩和効果の定量評価に関する研究、日本建築学会技術報告集、第21号、pp. 195-198、2005. 6
- 13) 竹林英樹、野上撰、森山正和、佐野公俊：屋上緑化及び高反射塗料の表面熱収支測定結果、日本建築学会大会学術講演会概要集、pp. 41-44、2005. 9
- 14) 高尾京子、片山忠久、谷本潤、萩島理：コケを用いた軽量壁面緑化パネルの開発 第1報 緑化パネルの蒸発特性及び日射反射率、日本建築学会大会学術講演会概要集、pp. 559-560、2002. 8