

蒸散冷却建材の冷却効果及び最適運用方法に関する研究

正会員 ○明珍幸樹*1 正会員 小金井真*2 正会員 金 炫兌*3
非会員 山下哲生*4 非会員 永橋和雄*5 非会員 常森喬紀*5

蒸散冷却建材 冷却性能 シミュレーション

1. はじめに

ZEB や ZEH の普及推進、都市部でのヒートアイランド防止の手段の1つとして維持費が比較的安く、メンテナンスの手間が少ない蒸散冷却建材が注目されている¹⁾。

著者らは蒸散冷却建材使用時の室内流入熱量を非定常解析により評価し、建物内への流入熱の時間遅れの確認、蒸散冷却建材設置時の水の蒸散速度の検証などを行った^{2),3)}。

表1に本研究対象の蒸散冷却建材の基本性能、図1に対象の蒸散冷却建材を施工した場合の屋上断面を示す。蒸散冷却建材は、「毛細管連続性」を有しており、水が下部から上部へ毛細管現象によって移動するため、効率的に建材表面へ水を供給し、蒸散冷却建材表面を常に湿っている状態に保つことができる。

本研究では気象条件の影響などを考慮して蒸散冷却建材の最適な設置地域を検討するとともに遮熱塗料使用時との比較を行った。

表1 蒸散冷却建材の基本性能(厚さ15mm)

素材	【蒸散促進層】極細毛細管保水性セラミック粒結合板
密度[g/cm ³]	1.43 [g/cm ³] (湿潤時)
重量[kg/m ²]	約28.0[kg/m ²] (湿潤時) 約19.3[kg/m ²] (乾燥時)
熱伝導率[W/m・K]	【蒸散促進層】(乾燥時) 0.24[W/m・K]
保水性	【蒸散促進層】約40 [%vol]
比熱[J/kg・K]	440[J/kg・K] (乾燥時) ※コンクリートの約50%の比熱

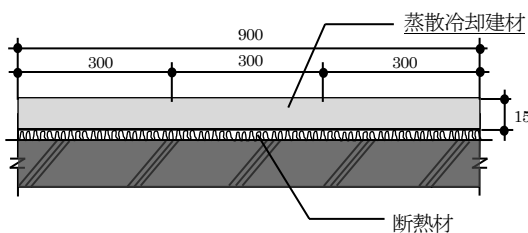


図1 蒸散冷却建材を施工した場合の屋上断面

2 シミュレーション概要

本解析では蒸散冷却建材に散水した水が蒸発する際に潜熱を奪うことで屋根面の冷却を行う状態を数式化し、定常状態での解析を行うことにより蒸散冷却建材設置時の冷却効果を算定した。(詳細は文献4)を参照)

2.1 気象条件を変化させた場合の影響

外気温・相対湿度・日射量・風速の4つの要素のうちの1つを変化させて蒸散冷却建材を設置した場合と設置しない場合の屋根表面温度降下度を計算し、各要素の変化による冷却効果への影響を調べた。

なおここでは水の蒸発潜熱は $\gamma=2501$ (kJ/kg)とし、蒸散冷却建材設置時の屋根面日射吸収率は0.85、蒸散冷却建材非設置時(一般建物)の屋根面日射吸収率は0.7とした。また蒸散冷却建材自体の断熱性能は小さいため、設置の有無に関わらず屋根熱貫流率は固定値(0.19W/[m²・K])とした。また、室温は26°Cとした。

日射量もしくは外気温を増加させた場合、それぞれ非設置時に対する屋根表面温度降下度はそれらに比例して増加し、相対湿度を増加させた場合、屋根表面温度降下度は相対湿度に比例して降下し、風速と屋根表面温度降下度との関係は指数関数に近似されることが分かった。このうち日射量と風速について屋根表面温度降下度との関係をそれぞれ図2及び図3に示す。

外気温30°C・相対湿度60%・日射量600W/m²・風速3m/sの条件から外気温1°Cの上昇、相対湿度2.6%の降下、日射量15W/m²の上昇によってそれぞれ屋根表面温度降下度0.3°Cの増加を示すことが分かった。

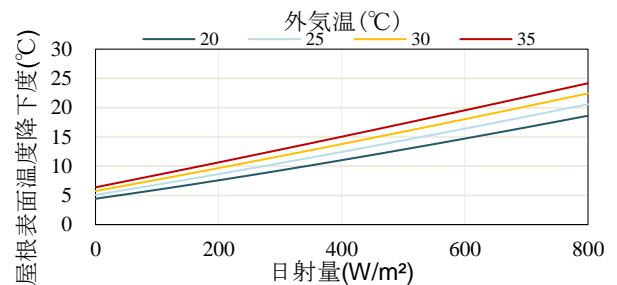


図2 日射量と屋根表面温度降下度との関係
(相対湿度60%、風速3m/s固定)

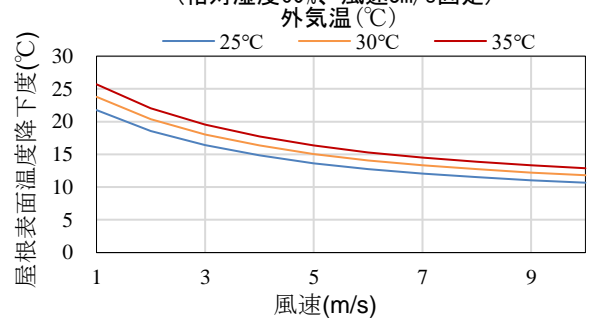


図3 風速と屋根表面温度降下度との関係
(相対湿度60%、日射量600W/m²固定)

2.2 設置場所を変えた場合の検討

那覇・熊本・広島・高松・大阪・名古屋・甲府・東京の8都市に蒸散冷却建材を設置した場合の夏季(6月21日～9月22日)の冷却効果を試算した。

またここでは夜間でも冷房を使用する冷蔵倉庫を想定した。計算条件は室温5°C、熱貫流率は0.19W/(m²・K)、使用気象データ(外気温[°C]・相対湿度[%]・日射量[W/m²]・風速[m/s])は2016～2020年のアメダス1時間値を使用した。

表2にピーク時の表面温度降下度、流入熱削減量総和及び流入熱削減率を求めた結果を示す。

特に広島・大阪・甲府で高い冷却効果が見込め、逆に那覇と東京では比較的冷却効果が小さいことが分かる。

2.3 遮熱塗料使用時との比較

2.2の結果特徴の出た那覇・広島・大阪・甲府・東京の5都市について遮熱塗料使用時と蒸散冷却建材設置時との比較を行った。なお遮熱塗料使用時の日射吸収率を0.1とし、その他の条件は2.2の試算と同様とする。

表3に蒸散冷却建材と遮熱塗料の流入熱の総和と削減率を示す。図4に甲府における夏季平均屋根面表面温度を示す。日の出～正午の時間帯においては冷却効果の差が小さく、その他の時間帯においては蒸散冷却建材のほうが冷却効果は大きくなる。

3. まとめ

蒸散冷却建材を実際の建物に設置した場合を想定し、気象条件を変化させた場合及び設置地域を変えた場合について冷却効果の検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 蒸散冷却建材は①外気温が高い、②相対湿度が小さい、③日射量大きい、④風速が小さい、条件において設置によるメリットが大きくなる。
- 2) オフィス想定の場合、外気温30°C・相対湿度60%・日射量600W/m²・風速3m/sの条件から外気温1°Cの上昇、相対湿度2.6%の降下、日射量15W/m²の上昇によってそれぞれ0.3°Cの屋根表面温度降下度の増加を示す。
- 3) 冷蔵倉庫に蒸散冷却建材を設置した場合、広島・大阪・甲府で高い効果を発揮でき、夏季流入熱量の約30%削減が可能である。また那覇・東京では比較的冷却効果が小さくなるものの、流入熱量を夏季に約20%削減できる。
- 4) 冷蔵倉庫において夏季に蒸散冷却建材と遮熱塗料の流入熱を比較すると、日の出～正午の時間帯では遮熱塗料とほぼ同等の冷却性能となるが、その他の時間帯においては蒸散冷却建材のほうが高い冷却効果を発揮できる。

今後は蒸散冷却建材の設置費や使用水量などのコストを考慮して蒸散冷却建材の期間評価を行い、より具体的な運用方法の検討を行う予定である。

表2 地域ごとの蒸散冷却建材設置時の冷却効果

	12～14時平均の夏季平均屋根表面温度降下度(°C)	夏季流入熱削減量総和(kJ/m ²)	流入熱削減率(%)
那覇	13.8	9119	20.7
熊本	17.5	11059	25.2
広島	17.5	12444	29.0
高松	17.8	11862	26.8
大阪	19.0	12545	28.0
名古屋	17.4	11669	27.1
甲府	21.4	12646	29.1
東京	14.1	8613	21.6

表3 蒸散冷却建材と遮熱塗料の夏季流入熱比較

	蒸散冷却建材設置時		遮熱塗料使用時	
	流入熱量総和(MJ/m ²)	流入熱削減率(%)	流入熱量総和(MJ/m ²)	流入熱削減率(%)
広島	30.5	29.0	35.2	17.9
大阪	32.2	28.0	36.1	19.4
甲府	30.8	29.1	33.9	22.0
那覇	35.0	20.7	37.9	14.1
東京	31.3	21.6	33.2	17.0

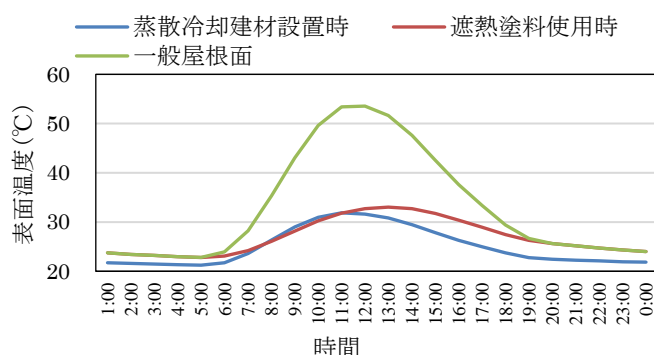


図4 甲府における夏季平均屋根面表面温度

参考文献

- 1) 海水化学工業株式会社環境バイオ事業部 <https://www.kaisuikagaku.com/> (参照2022_3)
- 2) 小井塚咲花他:蒸散建材による建物の除熱・冷却効果に関する研究、日本建築学会中国支部研究報告集(2020_3)
- 3) 弘中甫英他:蒸散建材による冷房負荷軽減に関する研究 日本建築学会中国支部研究報告集(2021_3)
- 4) 明珍幸樹他:蒸散冷却建材の冷却効果及び最適運用方法に関する研究、日本建築学会中国支部研究報告集(2022_3)
- 5) 樋口貴祐:機能性塗料最近の動向、表面技術(Vol.69, No.7, 2018)
- 6) 鈴木健次:高等専門学校学生寮の温熱環境改善の推移 豊田工業高等専門学校研究紀要第52号(2020)

謝辞

本研究は、令和元年度戦略的基盤技術高度化支援事業による助成を受け、山口県産業技術センター、海水化学工業㈱、山口大学の3者共同研究として実施したものである。ここに記して感謝の意を表します。

*1 山口大学大学院創成科学研究科 修士課程
 *2 山口大学大学院創成科学研究科 教授
 *3 山口大学大学院創成科学研究科 助教
 *4 山口大学工学部技術部 技術専門職員
 *5 海水化学工業株式会社

Grad Stu., Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ.
 Prof., Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ.
 Assi. Prof., Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ.
 Technical Staff, Technical Faculty of Engineering, Yamaguchi Univ.
 Kaisui Chemical Industry Co., Ltd.