

蒸散冷却建材による冷房負荷低減に関する研究

正会員 ○弘中甫英*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 冷房負荷 非定常解析

1. はじめに

建設業界では ZEB(ゼロ・エネルギー・ビル)や ZEH(ゼロ・エネルギー・ハウス)の普及推進、都市部におけるヒートアイランド対策の推進等の地球温暖化対策が講じられている。

ヒートアイランド対策の一つとして、屋上緑化や遮熱塗料¹⁾が注目されている。しかし、それらの効果を維持する上で、適切な管理やメンテナンス等が必要であり、多額の維持管理費がかかることから普及が進んでいない。本状況下で、比較的維持費が安く、建物の冷房負荷削減や夏期における室内環境の改善等が期待できる蒸散冷却建材が新たに注目され始めている。

前年度の研究²⁾では、蒸散冷却建材による冷房負荷低減効果を定常解析によって調べた。しかし、定常解析では壁体の熱容量による室内流入熱の時間遅れを考慮できていなかった。また、蒸散冷却建材の蒸散速度を定量的に評価できていなかった。

そこで、本研究では、蒸散冷却建材を実際の建物に施工した場合の室内流入熱量等を非定常解析によって評価するとともに、蒸散冷却建材の蒸散速度を実験によって調べた。

2. 蒸散冷却建材の概要²⁾

表1に研究対象の蒸散冷却建材の基本性能を示す。本研究で対象とする蒸散冷却建材は、「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、効率的に蒸散冷却建材表面に水を供給でき、表面を常に濡れている状態に保つことができる。その骨材は、珪藻土由来で平均直径が1~3[mm]である。

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。この建材は、板状の保水性不燃・蒸散促進層と断熱材が積層されたパネルと組み合わせて使用されている

表1 蒸散冷却建材の基本性能

素材	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] (乾燥時)
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]	0.24 [W/m・K] (乾燥時)
保水性	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

3. 非定常熱伝導解析による試算

3.1 試算概要

屋根面に蒸散冷却建材を設置した場合と設置しない場合の室内流入熱量を非定常解析³⁾によって計算し、両者を比較した。

図2に計算対象建物の屋根面構造の模式図・仕様を示す。本計算ではA社技術研究所の屋根面構造に類似させた。表2に計算条件を示す。初期温度として蒸散冷却建材表面温度を外気温度、天井面温度を室温、その間の躯体温度は外気温度と室温で線形補間した温度を用いた。水の蒸発潜熱は $\gamma = 2501$ [kJ/kg]とした。なお、屋上面に設置想定した蒸散冷却建材は厚さ15[mm]で、含水時熱伝導率、比熱及び密度は、それぞれ約0.8[W/m・K]、約2111 [J/kg・K]及び約1.2[g/cm³]である。

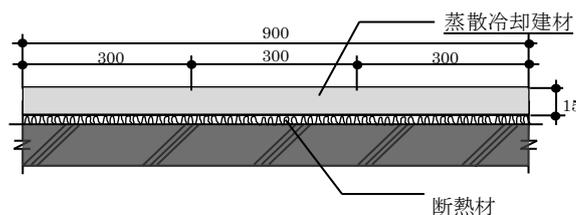


図1 蒸散冷却建材を施工した場合の屋上断面

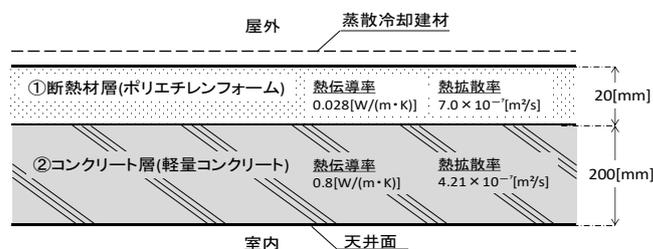


図2 屋根面構造の模式図・仕様

表2 計算条件

試算地点	東京
試算期間	2019/7/1~2019/8/31
使用気象データ	気温[°C]、相対湿度[%]、風速[m/s]、 全日射量[MJ/(m ² ・h)]、気圧[hPa]
室内温度	26[°C] (固定値)
天井面熱伝達率	9[W/(m ² ・K)] (固定値)
屋上面日射吸収率	0.9 (固定値)
蒸散冷却建材の設置	有り時、無し時を選択
計算時間間隔	1[s]

※アメダス 10 分間値を利用 (全日射量は 1 時間値)

3.2 試算結果

図3に定常計算時と非定常計算時の室内流入熱の比較を示す。定常解析では、室内流入熱は正午前後に最大になっており、蒸散冷却建材を設置した場合に約8.5[W/m²]、設置しない場合に約37[W/m²]となった。一方、非定常解析では19時頃に室内流入熱が最大になっており、蒸散冷却建材を設置した場合に約4[W/m²]、設置しない場合に約18[W/m²]となった。実際の室内への熱流入は非定常状態となるため、非定常解析の結果が実建物での熱流入状況に近くなると考えられる。本試算条件において、蒸散冷却建材を設置した場合と設置しない場合を比較すると、最大室内流入熱を約78%削減できた。

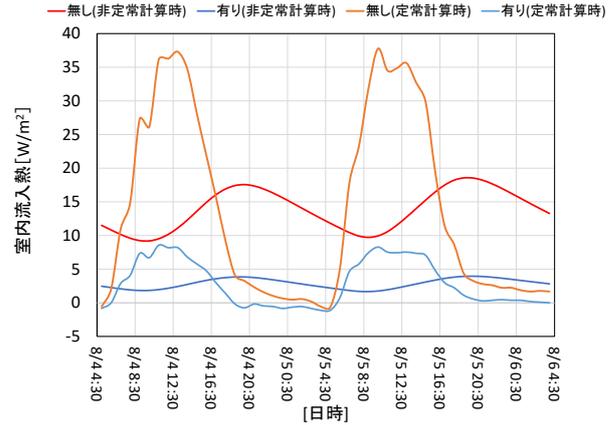


図3 定常計算時と非定常計算時の室内流入熱の比較

4. 蒸散量評価実験

4.1 実験概要

前年度の実験では、蒸散冷却建材の蒸散速度を水面からの蒸散速度と同等であると仮定していた。本実験では、蒸散冷却建材の蒸散速度を定量的に評価し、蒸散冷却建材の蒸散効率を調べた。蒸散効率とは、水面からの蒸散速度と比較した蒸散速度比のことである。実験方法として、水を含ませた蒸散冷却建材と容器に入れた水の蒸散量の経時変化を比較し、蒸散冷却建材の蒸散速度を調べることで、蒸散効率を求めた。表3に実験条件を示す。

表3 実験条件

実験場所	山口大学常盤キャンパス本館屋上(山口県宇部市)
実験日時	2020/10/26 12:15~16:15
気象データ (アメダス)	天気：晴れ 平均気温：19.5[°C] (宇部市) 平均風速：2.5[m/s] (宇部市) 平均日射量：495.3[W/m ²] (下関市)

4.2 実験結果

図4に蒸散冷却建材からの蒸散量と水面からの蒸散量の経時変化の比較結果を示す。横軸は時刻、縦軸は1時間当たり1[m²]当たりの蒸散量を表す。水を含ませた蒸散冷却建材と容器に入れた水の1時間当たりの蒸散量はほぼ同等であることが分かる。よって、本試算において蒸散効率は1とした。

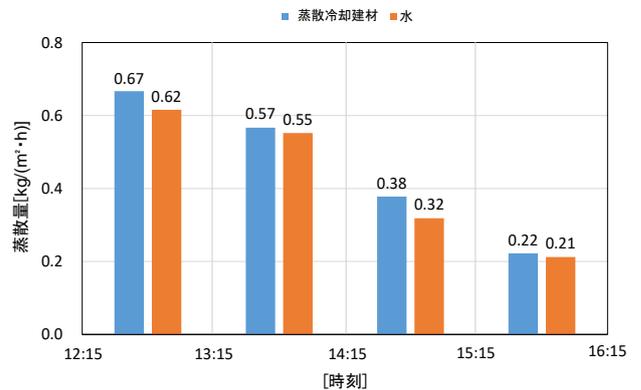


図4 蒸散冷却建材からの蒸散量と水面からの蒸散量の経時変化の比較

5. まとめ

本研究で対象とした蒸散冷却建材について、以下の知見が得られた。

- 1) 室内流入熱は定常解析で正午前後、非定常解析で19時頃に最大となり、壁体の熱容量による室内流入熱の時間遅れが確認できた。

- 2) 蒸散冷却建材を設置した場合には設置しなかった場合に比べて、最大室内流入熱を約78%削減できる。
- 3) 水を含ませた蒸散冷却建材の蒸散速度は、水面からの蒸散速度とほぼ同等であることが分かった。

今後、BESTなどの計算ソフトを用いて、蒸散冷却建材の効率的な運用方法を検討していく予定である。

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。

参考文献

- 1) 日本建築学会：クールーフガイドブック 都市を冷やす技術 初版、地人書館、pp.16-18_42-44
- 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：蒸散冷却建材による冷房負荷低減に関する研究、日本建築学会中国支部研究報告集(2021_3)

*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.