

平成 30 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：屋外環境
研究期間：平成 30 年度
課題番号：
研究課題名（和文）：
将来の地球温暖化時代における潜熱利用型ヒートアイランド対策の導入効果の検討
研究課題名（英文）：An investigation on the effects of introducing heat island countermeasures based on latent heat transfer under future global warming era
研究代表者：飯塚 悟（名古屋大学）

交付決定額（当該年度）：330,000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

ヒートアイランド対策は、顕熱処理型と潜熱利用型の 2 つに大別される。人工排熱の削減や風の道の創出、高反射率塗料の導入などが顕熱処理型の対策で、緑化・水辺の導入やミスト散布、保水性舗装・建材の導入などが潜熱利用型の対策である（緑化は日陰の創出など、顕熱処理効果も含む）。ただし、それぞれの対策により同程度の気温緩和が図れるとしても、潜熱利用型の場合、湿度上昇を伴うことに注意が必要である。日本では、海などの水域に近いもしくは比較的近い都市が数多く存在する。それらの都市ではこれからの将来、さらに深刻化すると予測されている地球温暖化の影響により、これまで以上の高温高湿環境となることが想定される。そのような将来の高温高湿環境下で、高湿化をさらに増長する潜熱利用型のヒートアイランド対策を導入することは、特に夏季において人体の熱的快適性に悪影響を及ぼす可能性がある。

そこで本研究では、地球温暖化が進行する将来 2030 年代の各季節（代表月の日中）を対象として、潜熱利用型のヒートアイランド対策の 1 つである保水性建材の導入が歩行者空間の温熱環境や熱的快適性に及ぼす影響を CFD シミュレーションにより定量的に評価することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、CFD シミュレーションを活用し、愛知県名古屋市の中心市街地を想定した街区建物群に保水性建材を導入した場合の検討を行った（図 1）。領域全体は 2500 m (x_1) × 1400 m (x_2) × 960 m (x_3) (x_1 ：主流方向、 x_2 ：主流直交方向、 x_3 ：鉛直方向) で、流入境界面から風下側に 300 m 離れた地点を風上端部とした 1500 m (x_1) × 1400 m (x_2) の範囲に 80 m (x_1) × 80 m (x_2) × 30 m (x_3) の大きさの街区ブロックモデル（幾つかの建物をまとめて 1 つの塊として表現）を x_1 、 x_2 方向ともに 20 m の間隔を空けて配置した。ただし、保水性建材の導入は、図 1 に示す 1000 m (x_1) × 1000 m (x_2) の「評価対象領域」内の街区ブロックモデルに限定している。

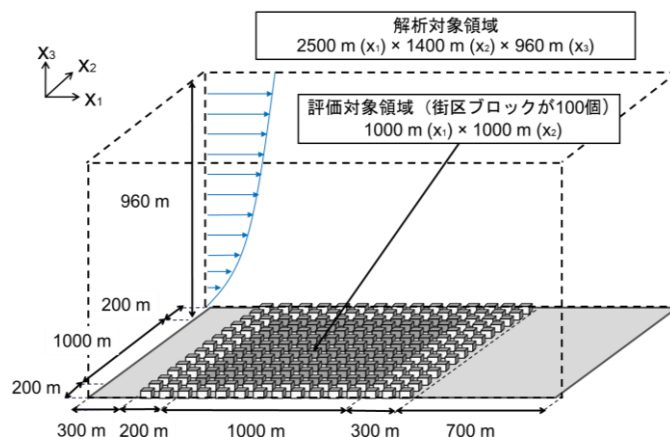


図 1 CFD シミュレーションの解析領域

CFD シミュレーションには OpenFOAM ver. 2-2-x を使用した。乱流モデルは RNG k-ε モデルを用い、境界条件は表 1 のように与えた。

表 1 CFD シミュレーションの境界条件

	風速	熱 (温度)	湿度
1. 流入境界条件	表 2 参照		
2. 流出境界条件	勾配 0 条件	勾配 0 条件	勾配 0 条件
3. 側面境界条件	対称条件	対称条件	対称条件
4. 上空面境界条件	スリップ壁条件	断熱条件	断湿条件
5. 地表面境界条件	滑面型対数則	顕熱フラックス一定	断湿条件
6. 建物壁面境界条件	滑面型対数則	顕熱フラックス一定	【保水性建材導入部分】 水蒸気フラックス一定 【その他】断湿条件

解析対象日時は将来 2030 年代の 2 月 (冬)・5 月 (春)・8 月 (夏)・11 月 (秋) の快晴日の 14 時とした。各対象月における流入境界条件としての風速、熱 (温度) および湿度条件は、Kimura ら (2007) の擬似温暖化手法 (RCP8.5 シナリオ・全球気候モデル GFDL-CM3 を使用) を併用した領域気象モデル WRF による 2030 年代の各対象月 14 時の予測結果 (名古屋アメダス観測地点を含む格子の地上 10 m (風速) または地上 2 m (気温・絶対湿度) における各対象月 14 時の 1 ヶ月平均値) に基づいて設定した (表 2 参照)。風速に関しては、1/4 ベキ乗則を併用し、鉛直 (x_3) 方向分布を考慮している。気温と絶対湿度は、流入境界面 (x_2 - x_3 面) で一定値とした。日射の影響に関しては、2013 年～2017 年の各対象月の名古屋アメダス観測結果から、快晴日の 14 時の全天日射量を抽出し、それらを平均した値を用いて対象街区の非定常熱収支解析を事前に行い、地表面および街区ブロックモデル壁面からの対流顕熱フラックス、保水性建材からの水蒸気フラックスを算出し、それらを CFD シミュレーションの境界条件として与えた。非定常熱収支解析において、保水性建材の蒸発効率を 0.8 とした。

検討ケースは表 2 に示す計 8 ケースである。保水性建材を導入する場合、評価対象領域 (図 1 参照) 内の各街区ブロックモデルの全側面の高さ 2.5 m まで導入することとした。

表 2 検討ケース

	対象月	流入境界条件	保水性建材の導入
Case 02A	2 月 (冬)	風速 (地上 10 m) : 4.3 m/s 気温 : 13.1 °C	なし
Case 02B		絶対湿度 : 6.1 g/kg(DA)	全側面・高さ 2.5 m まで
Case 05A	5 月 (春)	風速 (地上 10 m) : 4.0 m/s 気温 : 22.7 °C	なし
Case 05B		絶対湿度 : 10.0 g/kg(DA)	全側面・高さ 2.5 m まで
Case 08A	8 月 (夏)	風速 (地上 10 m) : 3.7 m/s 気温 : 34.7 °C	なし
Case 08B		絶対湿度 : 20.0 g/kg(DA)	全側面・高さ 2.5 m まで
Case 11A	11 月 (秋)	風速 (地上 10 m) : 3.6 m/s 気温 : 18.5 °C	なし
Case 11B		絶対湿度 : 8.1 g/kg(DA)	全側面・高さ 2.5 m まで

3. 研究成果

以下では、評価対象領域 (図 1 参照) 内の歩行者空間 ($x_3 \leq 2.5$ m の範囲と設定) における結果を示す。熱的快適性の評価は SET* (標準新有効温度) を使用した。SET* の算出において、代謝量は全てのケースで 1.2 met (70 W/m²)、着衣量は Case 02 群 (冬) で 2.0 clo、Case 05 群 (春) で 0.5 clo、Case 08 群 (夏) で 0.3 clo、Case 11 群 (秋) で 1.0 clo を用いた。

(1) 歩行者空間平均気温と同平均湿度

図 2 は、評価対象領域内の歩行者空間全体で空間平均した気温と絶対湿度の関係を示したものである。各ケースにおいて、末尾の A (保水性建材の導入なし) と B (同導入あり) の結果の比較が保水性建材の導入効果の評価となる。まず、気温に着目すると、Case 02B—Case 02A (冬) が -0.2 °C、Case 05B—Case 05A (春) が -0.4 °C、Case 08B—Case 08A (夏) が -1.1 °C、Case 11B—Case 11A (秋) が -0.6 °C である。保水性建材の導入に伴う気温低下は、夏季が一番大きく、冬季が一番小さい。

一方、絶対湿度に関しては、全てのケース群において、気温変化と負の相関を示している。絶対湿度の差は、Case 02B—Case 02A（冬）が 0.4 g/kg(DA)、Case 05B—Case 05A（春）が 0.5 g/kg(DA)、Case 08B—Case 08A（夏）が 0.7g/kg(DA)、Case 11B—Case 11A（秋）が 0.4 g/kg(DA)である。相対湿度に換算すると、保水性建材の導入により、3.8 %（冬）、3.3 %（春）、4.2 %（夏）、4.6 %（秋）の上昇となっている。熱的快適性に直接関与する相対湿度で考えると、今回導入した保水性建材は、夏季のさらなる高湿化を招く一方、冬季においても夏季と同程度の相対湿度の上昇を生じさせ、加湿効果をもたらしている。

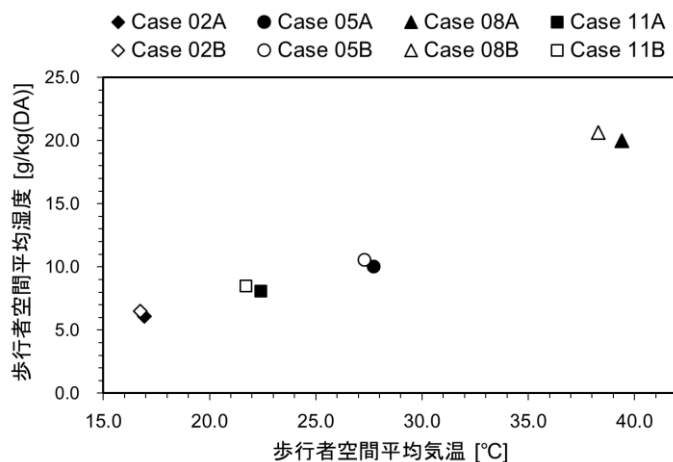


図 2 歩行者空間平均気温と同平均絶対湿度の関係

(2) 歩行者空間平均 SET*

図 3、図 4 はそれぞれ、評価対象領域内の歩行者空間全体で空間平均した気温と SET*の関係、同平均した MRT と SET*の関係を示したものである。まず、SET*の値自体を見ると、Case 08 群（夏）は 34 °C以上の高い値となっているが、Case 02 群（冬）、Case 05 群（春）、Case 11 群（秋）は 23~27 °C程度である。なお、気温の低い冬季の SET*が中間期の SET*よりも高い値となっているのは、着衣量の clo 値の影響である（冬季は 2.0 clo と設定）。

保水性建材の導入の有無に伴う SET*の差は、Case 02B—Case 02A(冬)が 0.2 °C、Case 05B—Case 05A（春）が-1.1 °C、Case 08B—Case 08A（夏）が-0.9 °C、Case 11B—Case 11A（秋）が-0.8 °Cであり、冬季を除いて気温変化や MRT 変化と正の相関を示している。保水性建材の導入に伴って湿度が上昇する一方、気温低下や建物（街区ブロックモデル）の保水性建材導入部分の温度低下に伴う MRT 低下により、夏季や中間期においては SET*が低下し、熱的快適性が改善する結果となっている。

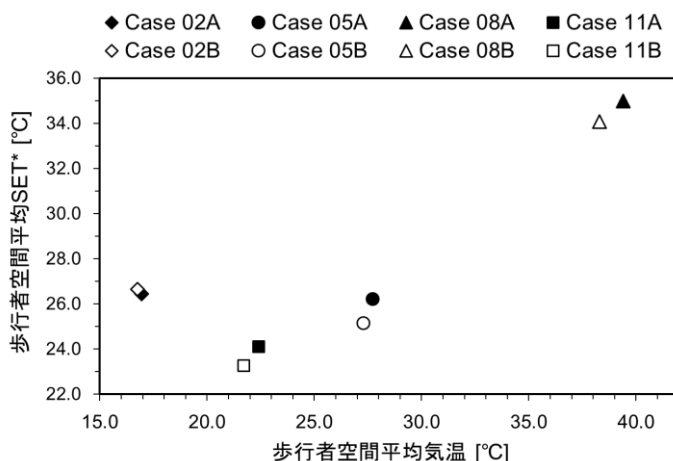


図 3 歩行者空間平均気温と同平均 SET*の関係

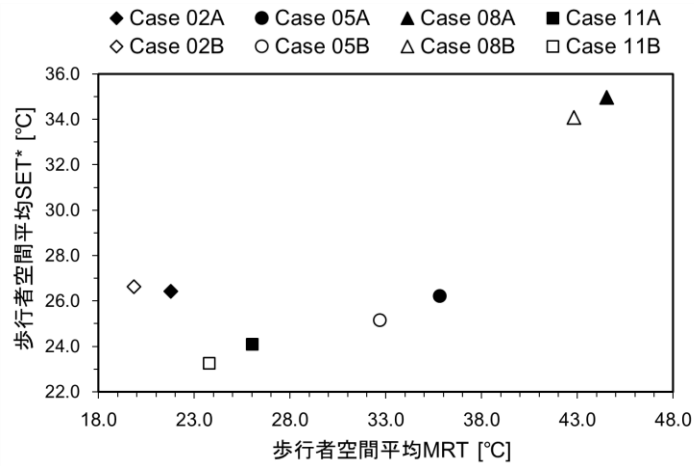


図 4 歩行者空間平均 MRT と同平均 SET*の関係

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

1. 今中啓斗, 飯塚悟, 玄英麗: 将来の高温高湿下における潜熱利用型ヒートアイランド緩和策の導入効果の検討 (その 2) 将来 2030 年代各季節における保水性建材の導入効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2019 年 9 月発表予定.

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等] (計 0 件)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

飯塚 悟 (名古屋大学大学院環境学研究科・准教授)

(2) 研究分担者

1. 玄英麗 (東京工芸大学工学部建築学科・助教)

6. 要約(Abstract)

研究課題名

将来の地球温暖化時代における潜熱利用型ヒートアイランド対策の導入効果の検討

研究代表者名 飯塚 悟 (名古屋大学大学院環境学研究科)

内容・図

本研究では、地球温暖化のさらなる進行が予測されている将来 2030 年代の各季節（2 月・5 月・8 月・11 月）の日中（14 時）を対象として、保水性建材を街区建物群（愛知県名古屋市の中心市街地を想定）に導入した場合、歩行者空間の温熱環境や熱的快適性がどのように変化するかを CFD シミュレーションにより算定した。保水性建材を導入した場合、湿度上昇が生じる一方、気温低下と MRT 低下により、夏季や中間期においては熱的快適性（本研究では SET*（標準新有効温度）を用いて評価）が改善する結果となった。

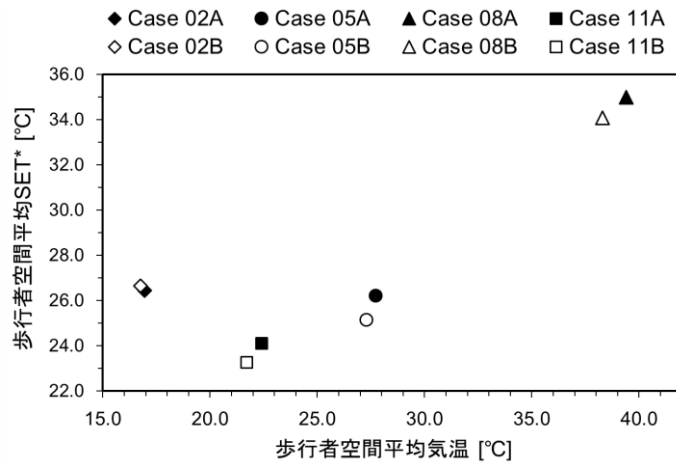


図 歩行者空間平均気温と同平均 SET* の関係

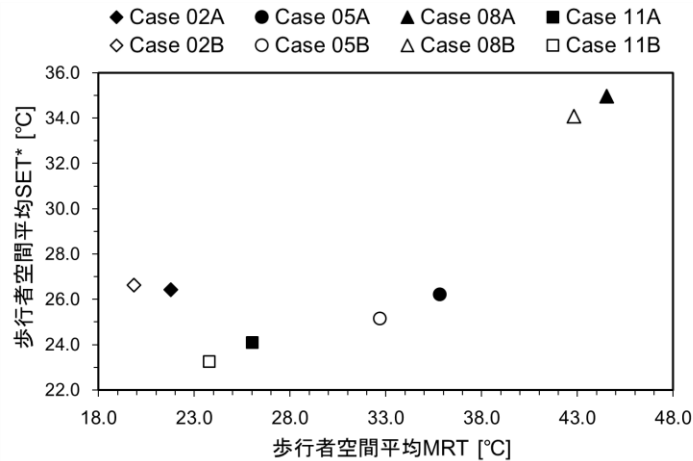


図 歩行者空間平均 MRT と同平均 SET* の関係