

平成22年 4月13日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20760388  
 研究課題名 (和文) 上空気象データを用いたヒートアイランド対策技術導入効果の簡易評価方法の開発  
 研究課題名 (英文) Study on a simple evaluation method of urban heat island measure effects using upper weather data  
 研究代表者  
 竹林 英樹 (TAKEBAYASHI HIDEKI)  
 神戸大学・大学院工学研究科・准教授  
 研究者番号：80304129

研究成果の概要 (和文)：大阪平野の3箇所の鉄塔に気象測定機器を設置し、上空気象データとその直下の気温の連続測定を実施し、測定結果の上下温位差と上空風速を用いて地上付近から上空へ伝達される接地境界層の顕熱流の熱伝達率を算定した。この値を根拠としてヒートアイランド対策技術を導入した場合の気温低下量を計算し、屋上緑化やクールルーフ等の日中に効果を発揮する対策技術と、人工排熱対策などの夜間にも効果が期待される技術の簡易な相互比較の方法を提示した。

研究成果の概要 (英文)：It is considered the influence that sensible heat flux released in urban canopy layer causes to air temperature rise, using upper weather data observed at four towers that located between Osaka city and Higashi-Osaka city. Calculation methods for sensible heat flux and convection heat transfer coefficient from near surface to upper air are explained according to the heat budget model in surface boundary layer. Convection heat transfer coefficient, air temperature change with sensible heat flux change, and air temperature fall when heat island measure technology is introduced, are estimated with observation data at four towers.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 2,500,000 | 750,000   | 3,250,000 |
| 2009年度 | 900,000   | 270,000   | 1,170,000 |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 総計     | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：都市環境, ヒートアイランド, 屋上緑化, 高反射率塗料, 気象データ

## 1. 研究開始当初の背景

屋上緑化や高反射率塗料などのヒートアイランド対策技術の開発は盛んであるが、その評価方法に関しては未整備であった。

## 2. 研究の目的

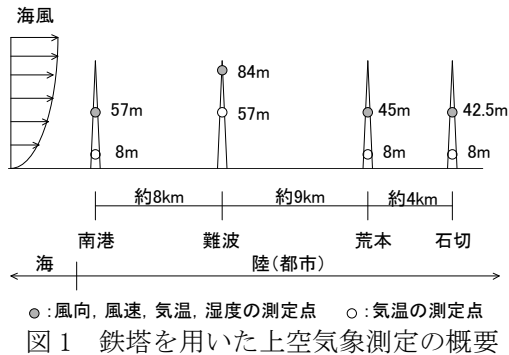
今後のヒートアイランド対策技術の普及、適材適所の選択、より良い技術の開発に向けて、導入効果の評価方法の確立を目的とした。

### 3. 研究の方法

大阪平野の3箇所の鉄塔に気象測定機器を設置し、上空気象データとその直下の気温の連続測定を実施し、測定結果の上下温位差と上空風速を用いて地上付近から上空へ伝達される接地境界層の顕熱流の熱伝達率を算定した。この値を根拠としてヒートアイランド対策技術を導入した場合の気温低下量を計算し、屋上緑化やクールルーフ等の日中に効果を発揮する対策技術と、人工排熱対策などの夜間にも効果が期待される技術の簡易な相互比較の方法を提示した。

### 4. 研究成果

(1)大阪タワーの10年間のデータと大阪市から東大阪市にかけての4箇所の鉄塔(図1)において観測した上空の気象データを用いて、地表付近で発生した顕熱流が周辺空気の気温上昇に及ぼす影響について考察した。結果は以下のとおりである。



・大阪タワーの過去10年間の観測データを用いて接地層の総括対流熱伝達率を算出したところ、年による傾向の違いはほぼ無視できると考えられる。

・鉄塔での接地層の総括対流熱伝達率を算出したところ、南港において上下温位差が小さくても若干大きい総括対流熱伝達率が確認されたが、これは海風の影響で風速が大きい時間帯があるためだと考えられる。また、難波において午前中他より小さい対流熱伝達率となった。この時間帯は海風が浸入してくる時間帯に相当し非定常性が強いため、コンスタント・フラックス層の存在条件が成立していない可能性が高く、実際には大きな熱の輸送効率になっていると考えられる。

・算出された総括対流熱伝達率を用いて任意の付加発熱量に対する気温上昇量を算出したところ、同じ付加発熱量に対して日中と夜間で2~3倍程度の気温上昇量の違いが確認された。ただし、夜間は大気安定度の微妙な変化で、単位発熱量に対する気温上昇量が大きく変化するため、条件によっては日中の気温上昇量の5倍程度になる可能性もある。

・鉄塔での単位付加発熱量に対する気温上昇

量を比較したところ、鉄塔間の差は海風の進入に伴う非定常性の強い時間帯を除いてほとんどない結果になった。この理由は、海岸付近の南港では海風の影響により気温上昇が抑制されるが、上空温位、地上気温が同程度影響を受けるため、結果として上下温位差は海岸部と内陸部でほぼ同じ値になり、総括対流熱伝達率も同程度に推定されたためであると考えられる。

・主に被覆系のヒートアイランド対策技術を導入した場合の顕熱流の削減量を算定し(図2, 3)、その結果を用いて気温低下量を昼夜別に算出した結果を示した(表1)。

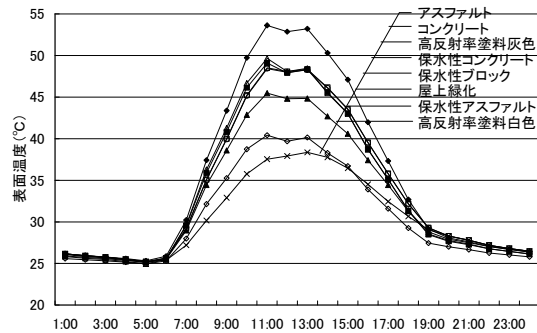


図2 ヒートアイランド対策技術の表面温度(2006年8月1日~31日の時刻別平均)

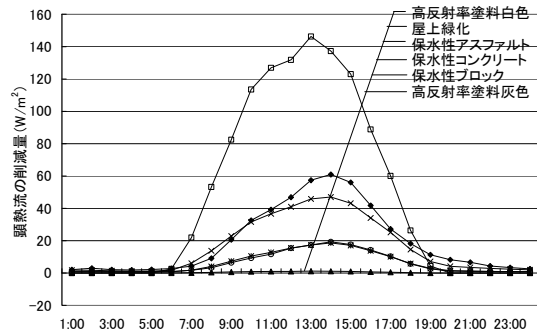


図3 ヒートアイランド対策技術顕熱削減量(2006年8月1日~31日の時刻別平均)

表1 難波の昼夜別気温低下量(°C, 日中: 7~18時, 夜間: 19~6時)

|    | 屋上緑化 | 高反射率塗料白色 | 高反射率塗料灰色 | 保水性アスファルト | 保水性コンクリート | 保水性ブロック |
|----|------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| 日中 | 0.48 | 1.37     | 0.01     | 0.43      | 0.16      | 0.15    |
| 夜間 | 0.07 | 0.01     | 0.00     | 0.04      | 0.02      | 0.02    |

本研究で提示した方法により、緑化の推進、高反射化、蒸発の促進などの被覆系の対策技術と同時に、人工排熱の削減技術に関しても、簡易な方法で比較評価が出来ると考えられる。今後は、どの程度のヒートアイランド対策効果を目的とするかについて、ヒートアイランド化による人間、社会に対する悪影響(生態系への影響やエネルギー消費量の増加など)、対策技術導入に伴う費用、等を考慮して行政を含めた議論が必要であると考えられる。

(2)大阪市から東大阪市にかけて、海岸からの距離の異なる4地点(南港, 難波, 荒本, 石切)の鉄塔に測定機器を設置し, 海風の市街地気温緩和効果のポテンシャル評価として, 測定結果に基づき気温低下効果の考察を行った。

- ・台風以外の日には海陸風循環が確認され, 海陸風循環が生じる気象条件において夜間に内陸では陸風が吹いているが, 海岸付近では海風が吹き続ける場合があることが確認された。

- ・南港と他の測定点との温度差は上空温位, 地上気温ともに日中大きく, 夜間小さい。南港の風向が西風(海風)の場合に2~4℃程度の差が生じるが, その他の風向の場合(台風や陸風の場合)には顕著な差は生じない(図4, 5)。海風が支配的な日中に, その影響の小さい内陸部では日射の影響で気温が上昇するが, 海岸部では海風の進入により気温上昇が抑制されるためであると考えられる。

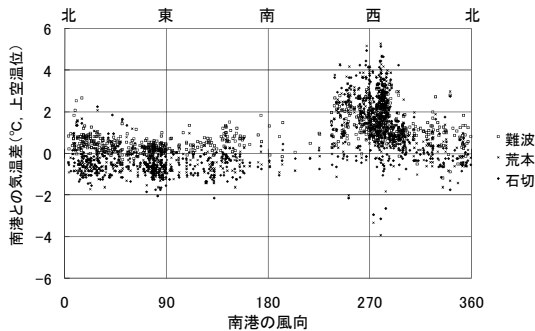


図4 南港と他の測定点との上空温位の差 (2006年8月全日平均)

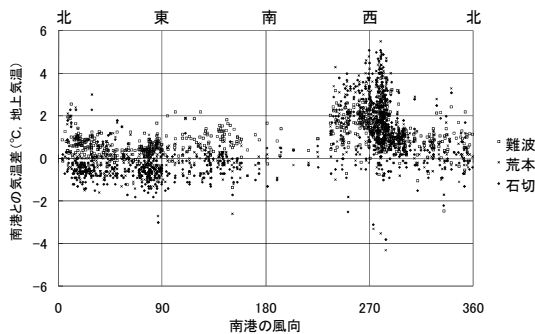


図5 南港と他の測定点との地上気温の差 (2006年8月全日平均)

- ・上下温位差は南港と他の測定点であまり相関はみられない。上下温位差はどの地点においても日中大きく夜間小さい。上下温位差の大小関係に関しては, 測定点間の差はほとんどないといえる。

- ・上空風速は, 測定機器の設置条件より絶対的な評価は出来ないが相対的には, 海陸風が支配的な条件(降雨日と台風日を除く)では, 難波では南港の6割程度, 荒本, 石切では4

割程度であった(図6)。

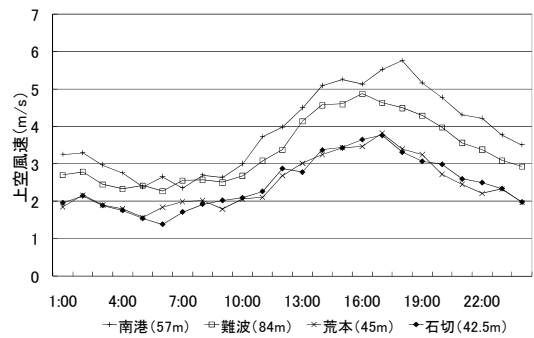


図6 上空風速の時刻別平均値 (2006年8月1日~31日)

- ・南港と他の測定点との相互相関を見ると, 気温(上空, 地上とも)の変化は内陸の荒本や石切で1時間以上遅れる傾向が確認された(図7, 8)。空間的に中間に位置する難波は遅れ時間も内陸の半分程度であった。風速と上下温位差には時間の遅れに明確な関係が見られなかった。

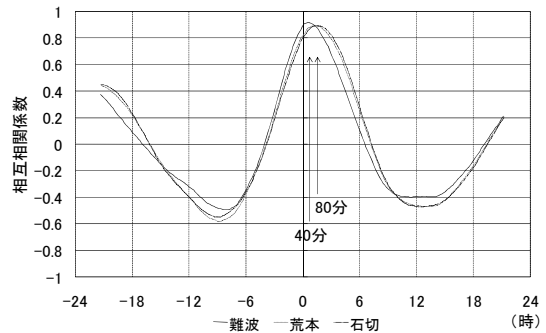


図7 南港と各地点の上空温位の相互相関 (2006年8月1日~31日)

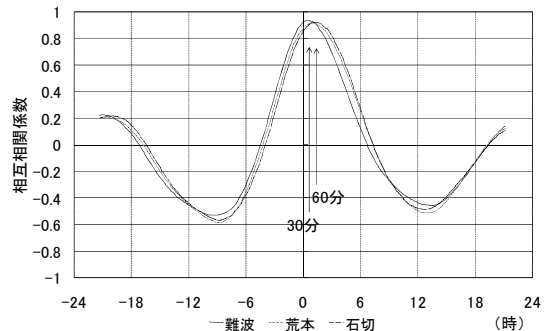


図8 南港と各地点の地上気温の相互相関 (2006年8月1日~31日)

以上より, 大阪地域では夏季晴天日には内陸まで海風が進入するが, 市街地気温緩和効果のポテンシャルは海岸付近と比較して小さい。上空と地上の温位差は海岸付近と内陸ともに約1℃程度と小さく, 海風が進入することにより市街地の上空に低温な冷熱源が進入するのではなく, 境界層全体の気温上昇

抑制に寄与していると考えられる。ただし、内陸での測定結果より片山らが指摘しているような海風の進入に伴う明確な気温上昇抑制効果を見出すことは困難であった。従って、ヒートアイランド対策として上空の風を市街地内へ誘導することは、市街地内へ冷涼な空気を導くのではなく、地表付近の風通しの改善が主なターゲットになると考えられる。このことは、気温緩和効果のポテンシャルは小さいが、ある程度の風速を持った海風が上空に進入してくる内陸においても検討すべき事項であると思われる。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

- ① 竹林英樹, 森山正和, 上空気象データを用いた海風による気温低下効果の考察, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第643号, 2009, 1099-1105
- ② 竹林英樹, クールペイントの普及に向けた提案, 太陽エネルギー, 査読無, Vol. 35(3), 2009, 33-38
- ③ H. Takebayashi, M. Moriyama, Characteristics of land and sea breeze by upper weather data analysis, Proc. The 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 査読無, 2009, 39-44
- ④ H. Takebayashi, M. Moriyama, The evaluation of the introduction effect of urban heat island measure technology in the central business district of Osaka city, Proc. 7th International Conference on Urban Climate, 査読無, 2009
- ⑤ H. Takebayashi, M. Moriyama, Study on a Simple Evaluation Method of Urban Heat Island Mitigation Technology Using Upper Air Data, Proc. 2nd International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands, 2009
- ⑥ 竹林英樹, 森山正和, 三宅弘祥, 気候資源としての風の利用を目的とした街路形態と街路空間の風通しの関係の分析, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, 第635号, 2009, 77-82
- ⑦ H. Takebayashi, M. Moriyama, Characteristics of land and sea breeze by upper weather data analysis, Proc. The 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 査読無, 2008, 13
- ⑧ H. Takebayashi, M. Moriyama, Study of Local Wind to Effectively Mitigate the Thermal Environment in the Street Canyon, Proc. 18th International Congress of Biometeorology, 査読無,

2008

〔学会発表〕(計2件)

- ① 竹林英樹, 数値モデルによる風通しに配慮したヒートアイランド対策の検討, 日本建築学会近畿支部熱環境部会第5回都市環境シンポジウム「風通しに配慮した都市ヒートアイランド対策」, 2009年5月16日, 大阪市立大学高原記念館学友ホール
- ② 竹林英樹, 鉄塔観測データによる大阪の海陸風の特徴, 日本建築学会近畿支部熱環境部会第4回都市環境シンポジウム「緑と風のヒートアイランド対策」, 2008年6月28日, 大阪府環境情報プラザ研修室

〔図書〕(計1件)

- ① 空気調和・衛生工学会編, オーム社, ヒートアイランド対策 都市平熱化計画の考え方・進め方, 2009, 32-35, 80-81, 140-144, 157-159

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹林 英樹 (TAKEBAYASHI HIDEKI)  
神戸大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 80304129

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

森山 正和 (MORIYAMA MASAKAZU)  
神戸大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 70047405

(4) 研究協力者

三宅 弘祥 (MIYAKE KOYO)  
神戸大学・大学院工学研究科・大学院生

増田 恭大 (MASUDA YASUHIRO)  
神戸大学・大学院工学研究科・大学院生

山田 俊明 (YAMADA TOSHIAKI)  
神戸大学・大学院工学研究科・大学院生