

建物屋上表面温度の実測値と理論値の比較研究

長崎大学大学院 学生員 ○ 濱本 良太

長崎大学工学部 学生員 小林 隆洋

長崎大学大学院 学生員 吉岡 良平

長崎大学大学院 正会員 後藤恵之輔

1. はじめに

近年、都市の気温が上昇するヒートアイランド現象¹⁾が問題となっているが、その原因の一つとして、コンクリート構造物からの放射熱の高さが挙げられている。その解決策として、緑化による減熱効果が期待されており、実際に、東京都、兵庫県、仙台市においては、ヒートアイランド現象緩和や空気の浄化を目的として、屋上緑化を義務付ける条例が施行されている。

本研究では、地上リモートセンシングと熱収支方程式を併用し、建物屋上表面温度の実測値と理論値の比較研究を行った。

2. 調査対象および調査内容

(1)調査対象

図-1 に調査対象となった軍艦島(長崎県長崎市端島(旧高島町))の位置および現況を示す。

軍艦島は、1890 年より炭鉱の島として栄え、1916 年には日本初の鉄筋コンクリート造高層アパートの建設、1963 年には高層アパート屋上に「青空農園」として日本初の屋上緑化が施工された。1974 年の炭鉱閉山により、現在は無人島となっているが、今もなお、屋上緑化の痕跡が残っている。

日時：平成 16 年 10 月 12 日 7:30～17:00

天候：快晴

(2)調査内容

サーマルカメラ(熱赤外線映像装置)による建物屋上表面温度の測定

外気および室内温度の測定

日射量の測定(長崎大学工学部屋上にて測定)

熱収支方程式による建物屋上表面温度の理論値算出

式(1)に熱収支方程式²⁾を表面温度 θ_s について整理したものを示す。なお、建物屋上表面の放射率を 1、10 月 12 日における雲量を 0 として、表面温度 θ_s を算出した。

3. 調査結果

(1)日射量等の観測結果

図-2 に調査対象の写真および 12:00 における熱画像を示す。なお、熱画像のレベル 32.0、センス 5.0 とした。また、図-3 に日射量、風速³⁾を、図-4 に

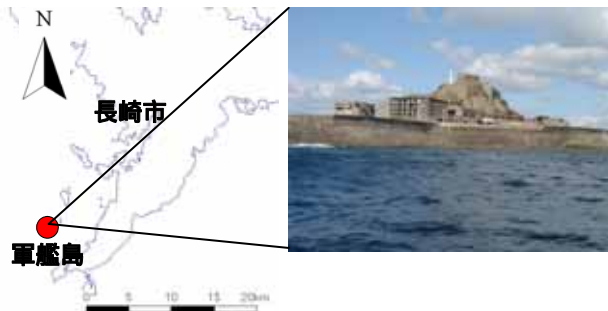


図-1 軍艦島の位置および現況

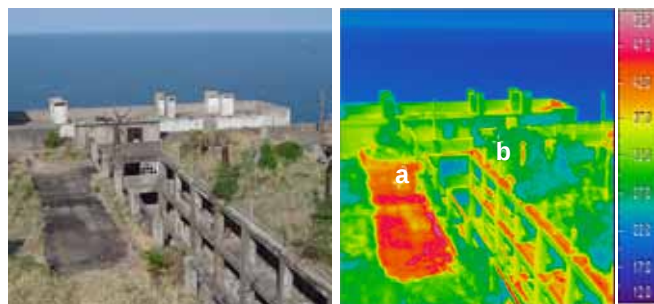


(a) サーマルカメラ (b) 室内の温度計

写真-1 観測状況

$$\theta_s = [1 + (4\sigma T_a^3 + \alpha_c) X_0]^{-1} \cdot \frac{[(1-\rho) I_t - \sigma T_a^4 (0.49 - 0.076\sqrt{h}) - fLk_q(q_s - q_a) + 2.02\theta_b] [4\sigma T_a^3 + \alpha_c] + \theta_a}{\dots} \quad (1)$$

σ : ステファンボルツマン定数 $5.67 \times 10^{-8} (\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}^4)$, θ_s : 外気温($^{\circ}\text{C}$), T_a (K)
 α_c : 対流熱伝達率($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$), X_0 : レスポンスファクター($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$)
 ρ : アルベド(%), I_t : 日射量($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$), h : 水蒸気圧(mmHg), f : 蒸発比
 k_q : 物質移動係数($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$), q_s : θ_s における飽和比湿(kg/kg), q_a : 比湿(kg/kg), θ_b : 室内温度($^{\circ}\text{C}$)



(a) 写真 (b) 熱画像(12:00 撮影)

図-2 調査対象の写真および熱画像

外気および室内温度の経時変化を示す。

図-2 から、緑化部は非緑化部に対して、約 15 低い状態となっていることがわかる。緑化部の蒸発散が十分に減熱効果に影響したものと考えることができる。次に、図-3 から、表面温度の算出時に大きな影響を与える日射量が、12:00 に最大となり、その後、徐々に小さくなっている。また、図-4 の室内温度を比較すると、コンクリート屋根下に対して、緑化屋根下は最大で約 1.5 低いという結果となった。その理由としては、屋上表面温度の差、緑化屋根が室内に熱を伝えにくいことが影響したものと考えられる。

(2)建物屋上表面温度の観測結果および理論値との比較

図-5 に建物屋上表面温度のサーマルカメラにより得られた実測値と熱収支方程式より算出した理論値の比較を示す。なお、解析に用いたポイントは図-2 に示す a および b である。また、アルベドについては非緑化部を 15%、緑化部を 20%、蒸発比 f については非緑化部を 0、緑化部を 0.3、0.8 として、理論値をそれぞれ算出した。

全体的に非緑化部、緑化部ともに、理論値が実測値に近似した結果となっている。なかでも、緑化部については、蒸発比 f を 0.8 とした場合が最も実測値と近似している。これにより、調査対象となった緑化部の蒸発散による減熱効果が森林並みであったということが出来る。

4. おわりに

本研究では、軍艦島が無人島であるために、人為的な影響が小さい観測結果を得ることができた。また、表面温度を算出する際に、熱収支方程式が建物屋上においても有用であるということを確認した。予想される日射量などの気象状況を把握することで、建物屋上を緑化した場合に、どれ程の減熱効果があるかをシミュレーションすることが可能であると考えられる。

今後の課題としては、傾斜のある一般民家の屋根表面温度の実測値と理論値を比較することができると考える。

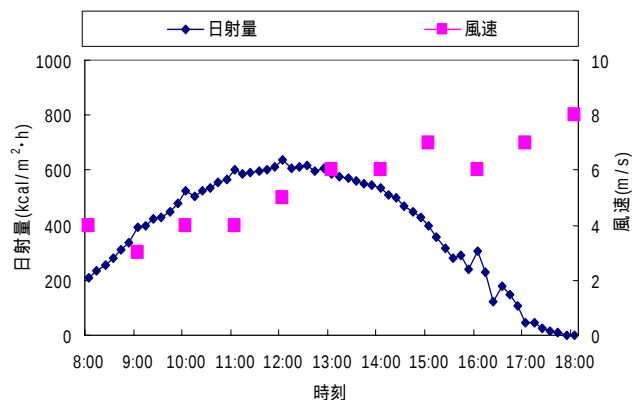


図-3 日射量および風速の経時変化

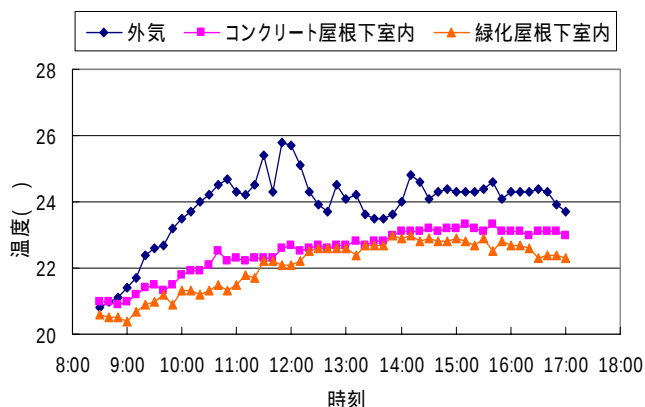


図-4 外気および室内温度の経時変化

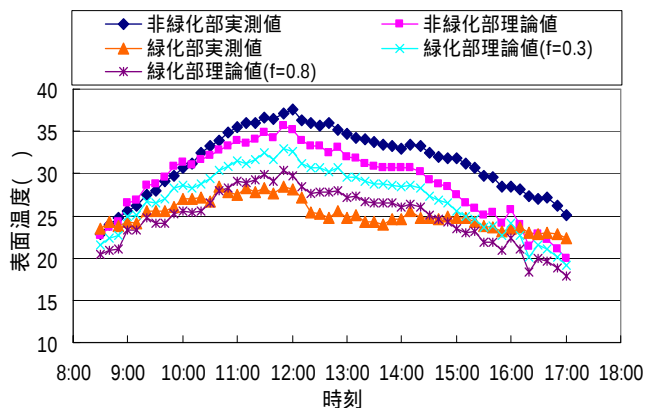


図-5 建物屋根表面温度の実測値と理論値の比較

参考文献

- 1) 尾島俊雄：ヒートアイランド，東洋経済新報社，pp13-23, 2002.8
- 2) 尾島俊雄：リモートセンシングシリーズ都市，朝倉書店，pp40-61, 1980.11.
- 3) 気象庁：
http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/index.html