

**フラクタル日除けによるクールアイランドの創出
その①実験概要と気温特性**

正会員 ○酒井 敏*¹ 正会員 菅原 広史*²
 正会員 三坂 育正*³ 正会員 成田 健一*³
 正会員 清田 誠良*⁴ 本条 毅*⁵

フラクタル日除け クールアイランド 気温特性

1. はじめに

フラクタル日除け¹⁾²⁾³⁾は、日除け自体の温度をあまり上げずに、直射日光を遮り、自ら強い輻射を発することなく、その下の暑熱環境を改善する。この熱特性は樹木の葉群に近い。これに対して、都市を構成するコンクリートやアスファルト等は熱慣性が大きく、昼間に蓄熱してしまうと、夜間に熱を放出し続けるためヒートアイランドの原因となる。しかし、このことはコンクリートに直射日光を当てなければ、昼間は逆に熱を吸収する冷源として機能することを意味する。

そこで、熱慣性の大きなコンクリート構造物の上に、フラクタル日除けを設置して直射日光を遮り、局所的なクールアイランドを創り出す実験を行った。

2. 実験概要

実験は日本工業大学の都市スケールモデル COSMO を使って行った。これは 100m×50m のコンクリート路盤の上に、1.5m 角の都市のビルに見立てたサイコロ状のコンクリートブロックを 3m ピッチで 512 個並べたものである (図 1)。ブロックと床面を含めたコンクリートの表面積は地表面積の 2 倍あるため、水平面積あたりの熱慣性は平板コンクリートに比べて 2 倍となる。この上に約 20m×20m の大きさのフラクタル日除けを図 1 のように設置し、南東部半分をフラクタル区、北西部をコンクリート区とし、その中心部に測定器 (表 1) を設置した。さらに、比較のためにコンクリート区の南西の草地にも測定器を設置して草地区とした。

なお、本実験ではブロック群の上に平面的にフラクタル日除けを設置したが、これは実際の都市のビル群全体を覆うようにフラクタル日除けを設置することを想定したものではない。あくまで、熱慣性の大きな構造物とフラクタル日除けを

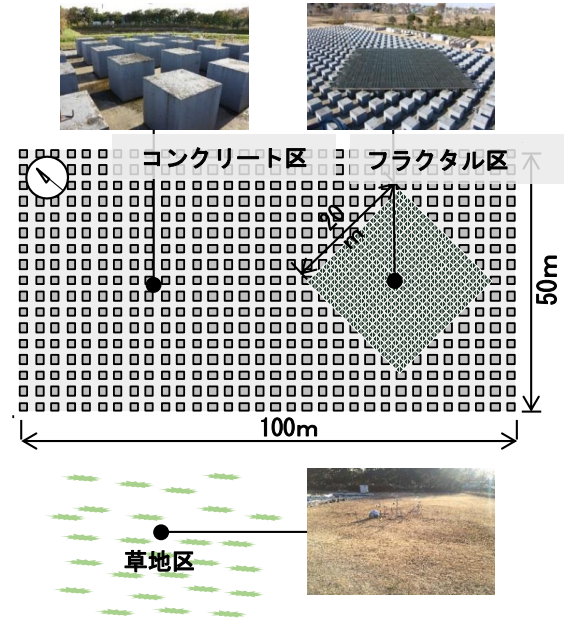


図 1 実験配置図 赤丸が測定地点

表 1: 測定項目と使用機器

測定項目	機器
気温	ワンチップ半導体センサ(自然通風) 白金抵抗(強制通風)
湿度	ワンチップ半導体センサ(自然通風)
放射	長短波放射計 (Kipp&Zonen CNR-4) 長短波放射計 (EKO MR-50)
風	3次元超音波風速計(ソニック TR-90AH)

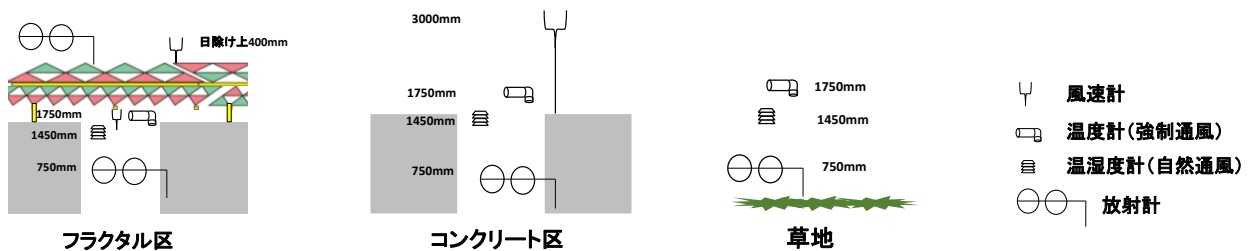


図 2 各測定区の測定器配置図

組み合わせた場合の熱特性を評価することが目的である。

3. 実験結果 (気温)

気温の日変化の典型例として、それぞれの測定区における2015年7月の1か月間の気温の特別平均を図3に示す。ほとんどの時間帯で、コンクリート区が最も高く、草地区が最も低く、フラクタル区はその中間である。日中に関しては、フラクタル区はコンクリート区に対して1°C程度低くなっており、明らかにクールアイランドが形成されていることがわかる。夜明け前にフラクタル区がコンクリート区よりも気温がわずかに高くなる時間帯があるが、これは放射冷却によりフラクタル日除け自体は冷却されるものの、それによって冷却された空気の一部が日除けの外に流れ出てしまうためである。

日中、フラクタル日除けの下ではコンクリートにほとんど日が当たらないため、コンクリートの温度が気温よりも低く、コンクリートによって空気が冷却され、安定成層状態となっている。これは、当初の予想通りコンクリートが冷源として働いていることを示す。(詳細は次報)

4. 広域の気温に対する影響

フラクタル日除けは、熱容量が小さいために、吸収した太陽光の熱エネルギーをほぼそのまま大気に伝達する。この熱エネルギーは数百 W/m²と膨大な量になるが、この程度の熱量は厚さ約 1km の大気境界層内の対流により、大きな温度差を生じることなく、上空に輸送される。因みに 500W/m² の熱量を上空に輸送するために、厚さHの大気の中に生じる温度差ΔTと対流の流速vを簡単な考察により見積もると、

$$\Delta T = 2 \left(\frac{2Q^2 T_0}{gH(\rho C)^2} \right)^{1/3} = 5 H^{-1/3}$$

$$v = \left(\frac{QgH}{2\rho CT_0} \right)^{1/3} = 0.2 H^{1/3}$$

となる。温度差ΔTは熱を輸送すべき大気の厚さ(輸送距離)が大きくなるほど小さくなる。そのため膨大な熱量を輸送しているのにも関わらず1kmの厚さでは0.5°C程度の温度差しか生じない。

ここで想定した熱流量は地表面の状態によらず、太陽から必ずもたらされる熱量であり、このような状態が通常状態である。したがって、この熱量が多少変動しても、昼間の都市スケールの気温に大きな影響を及ぼすことは考えにくい。

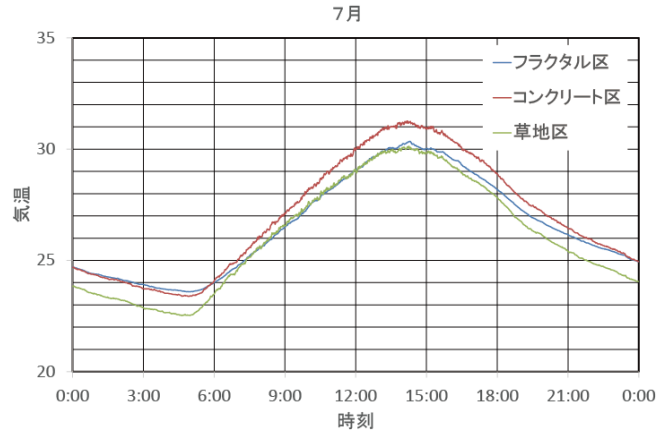


図3 7月の気温の特別平均(自然通風のセンサによる)

5. まとめ

熱慣性の大きな構造物とフラクタル日除けを組み合わせることで、人工物だけで植物がなくてもクールアイランドが創れることを示した。この中で熱慣性の大きなコンクリートは日中に冷源として機能しており、日除け下は安定成層状態にあるため、日除けのサイズを大きくすることで、より大きな効果が期待できる。

【謝辞】

本研究は、科学研究費・基盤研究(A)26241029(代表・酒井敏)によって行われている。また、本研究の遂行にあたり、日本工業大学大学院 蛭名聖二氏、同大学院(当時)吉田京平氏にご協力いただきました。ここに感謝の意を示します。

【参考文献】

- 1) S. Sakai, M. Nakamura, K. Furuya, N. Amemura, M. Onishi, I. Iizawa, J. Nakata, K. Yamaji, R. Asano, K. Tamotsu; Sierpinski's forest: New technology of cool roof with fractal shapes. Energy and Buildings 55 (2012) 28-34..
- 2) 酒井敏、中村美紀; フラクタル日除けの基本原則 都市表面の形状と表面温度について、日本建築学会学術講演梗概集(東海)、pp.581-582, 2012年9月
- 3) 中村 美紀, 酒井 敏, 大西 将徳, 古屋 姫美愛; フラクタル日除けによる放射環境改善効果, 日本ヒートアイランド学会論文集, (2011) vol.6, 8-15.

*1 京都大学大学院 教授 博士(理学)
 *2 防衛大学校 准教授 博士(理学)
 *3 日本工業大学 教授 博士(工学)
 *4 広島工業大学 教授 博士(工学)
 *5 千葉大学大学院 教授 博士(工学)

*1 Prof. Kyoto University Ph.D.
 *2 Assoc.prof. National Defense Academy of Japan Ph.D.
 *3 Prof. Nippon Institute of Technology, Dr.Eng.
 *4 Prof. Hiroshima Institute of Technology, Dr.Eng.
 *5 Prof. Chiba University Ph.D.