

## 1. 日除け

# 1.1 フラクタル日除けを用いた 屋内外での空調負荷低減

Heat Load Reduction using Fractal Sunshades in the Outdoors and Indoors

キーワード：地球温暖化，ヒートアイランド，熱中症，空調負荷低減，フラクタル日除け，横浜赤レンガ倉庫  
Global warming, Heat island, Heatstroke, Heat load reduction, Fractal sunshades,  
Yokohama Red Brick Warehouse

関 浩二 Koji SEKI 村上 徹也 Tetsuya MURAKAMI

### 1. はじめに

日本の年平均気温はここ100年あたり1.19℃の割合で上昇しており，地球温暖化が影響していると考えられる<sup>1)</sup>。さらに，ヒートアイランド現象の影響により，大都市では都市化の影響が比較的小さい地点よりも年平均気温の上昇率が大きいとの報告がある<sup>2)</sup>。

このような気温上昇により，屋内外での夏季の熱中症患者数の増加など，人の健康への悪影響が懸念される。また，屋内で製品を保管する倉庫などでは，倉庫内の温度上昇により製品の品質劣化が生じる懸念がある。高温環境下での健康への悪影響や製品品質劣化のリスクを下げるためには，空調使用による冷却が効果的であるが，空調のエネルギー源に化石燃料などを使用すると地球温暖化がさらに進行する原因となり得るため，空調負荷を低減する手法の導入が重要である。

環境省が2016(平成28)年に作成した「まちなかの暑さ対策ガイドライン」<sup>3)</sup>では，夏の暑さによる身体のストレスを低減させるためには，日射の遮蔽，地表面などの高温化抑制・冷却，空気の冷却が効果的であり，中でも日射の遮蔽が暑さ対策としてもっとも効果的とされている。日射を遮蔽する具体的技術の一つに人工日除けがある。

人工日除けの中でも，2008(平成20)年頃に酒井らが開発したフラクタル日除け<sup>4)</sup>は，樹木の葉の形状を模して放熱特性を高めることで，日除け部分が熱くなるのを防ぐ製品である。そのため，従来の人工日除けよりも暑さ対策効果が高いと言われており，その効果についていくつかの報告事例<sup>5,6)</sup>がある。

本稿では，空調負荷低減手法として(株)ロスフィー製のフラクタル日除けを用いて，横浜赤レンガ倉庫(屋外)および横浜市水道局倉庫(屋内)での暑さ対策効果を調査した結果について紹介する。

### 2. 横浜赤レンガ倉庫での調査

本章では，屋外でのフラクタル日除けの暑さ対策効果の調査事例を紹介する。2016(平成28)年7月20日～24日に，横浜市水道局主催の「打ち水大作戦2016@よこはま 打ち水初め式典」の機会を活用し，(株)横浜赤レンガおよび(株)ロスフィーの協力のもと，横浜赤レンガ倉庫のイベント広場に，(株)ロスフィー製のフラクタル日除け(製品名：こもれば，大きさ：幅9m×奥行5.4m×高さ2.8m)を図1のように設置した。

設置期間のうち，7月20日13時50分～16時，およ



図1 横浜赤レンガ倉庫に設置したフラクタル日除け



図2 フラクタル日除けの下に設置した測定器

表1 使用した測定器の型式・仕様（横浜赤レンガ倉庫）

測定項目	温度	黒球温度	相対湿度	日射量	赤外放射量	地面の表面温度
メーカー	㈱ティアンドデイ			Hukseflux Thermal Sensors B.V.	日本アビオニクス㈱	
型式	TR-52i		TR-72wf	LP02	IR02	R500S
仕様	測定範囲 -60 ~ 155℃ 測定精度 ±0.3℃ (-20 ~ 80℃) 測定分解能 0.1℃		測定範囲 10 ~ 95% RH 測定精度 ±5% RH (25℃, 50% RH) 測定分解能 1% RH	測定範囲 0 ~ 2000 W/m <sup>2</sup> 測定波長範囲 305 ~ 2800 nm	測定範囲 0 ~ 1000 W/m <sup>2</sup> 測定波長範囲 4.5 ~ 50 μm	測定範囲 -40 ~ 120℃ 測定精度 ±1℃ (20 ~ 30℃) 測定視野角 64° × 48° (2倍視野拡大 レンズ使用)

び7月24日12時30分～16時40分に、フラクタル日除けの下の地点および日なたの地点の2地点で、温度、相対湿度、黒球温度、日射量、および赤外放射量を測定した。例として、フラクタル日除けの下に設置した測定器を図2に示す。

温度および相対湿度の測定では、測定器のセンサを自作のシェルターに格納し、気象庁での温度計設置の基準<sup>7)</sup>に準拠して、地面から高さ約1.5mの位置で測定を行った。黒球温度の測定では、センサ部を直径約15cmの黒球(㈱安藤計器製工所製、型式:CK-150)に格納し、地面から高さ約1.5mの位置で測定を行った。温度、相対湿度、黒球温度の実測値から暑さ指数(WBGT(湿球黒球温度):Wet Bulb Globe Temperature)を算出した<sup>8)</sup>。日射量および赤外放射量の測定では、地面から高さ約30cmの位置で測定を行った。また、7月20日正午頃に赤外線サーモカメラで地面の表面温度を測定した。各項目の測定に使用した測定器の型式および仕様を表1に示す。

温度、相対湿度、黒球温度、日射量、および赤外放射量の測定の結果、フラクタル日除けの下の地点では、日なたの地点に比べて、測定期間中の平均で、温度が0.6℃、黒球温度が4.8℃、暑さ指数が1.0℃、上方向からの日射量が59%、下方向からの日射量が48%、下方向からの赤外放射量が8%、それぞれ低下していることがわかった。例として、フラクタル日除けの下の地点および日なたの地点の2地点での、7月20日13時50分～16時の温度の測定結果を図3に示す。

また、7月20日正午頃に、赤外線サーモカメラで地面の表面温度を測定した結果を図4に示す。図4では、フラクタル日除けの下の地点での地面の表面温度(約33℃)が、日なたの地点(約42℃)に比べて黒く示されており、フラクタル日除けの設置によって地面の表面温度が低下(9℃)していることがわかった。

本調査の結果、フラクタル日除けの下の地点では、日なたの地点に比べて、温度、日射量など暑さに関連する測定項目が有意に低下していたことから、屋外での空調

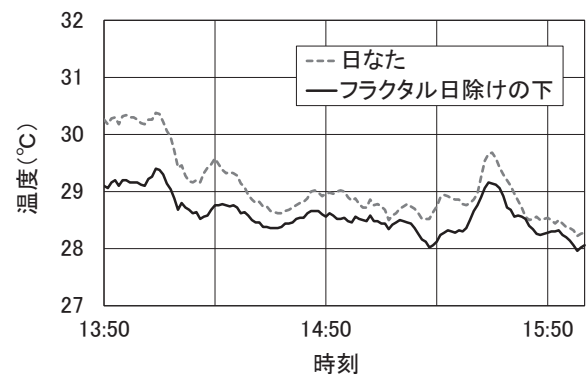


図3 温度の測定結果（横浜赤レンガ倉庫）

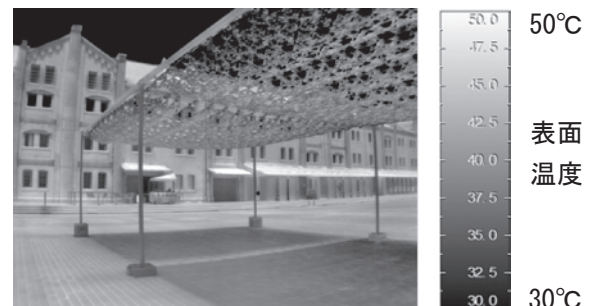


図4 地面の表面温度の測定結果（横浜赤レンガ倉庫）

使用時にフラクタル日除けを空調負荷低減手法として活用できると考えられる。

### 3. 横浜市水道局倉庫での調査

本章では、屋内でのフラクタル日除けの暑さ対策効果の調査事例を紹介する。横浜市水道局の中村ウォータープラザ内の倉庫では、「はまっ子どうし The Water」(ペットボトル入り横浜市オフィシャルウォーター)を保管している。この製品保管時の品質確保のために倉庫内の温度を下げることを目的として、㈱ロスフィーの協力のもと、2016(平成28)年8月8日～16日に、倉庫の屋根に㈱ロスフィー製のフラクタル日除け(製品名:こもれば、面積:約100m<sup>2</sup>)を図5のように設置した。

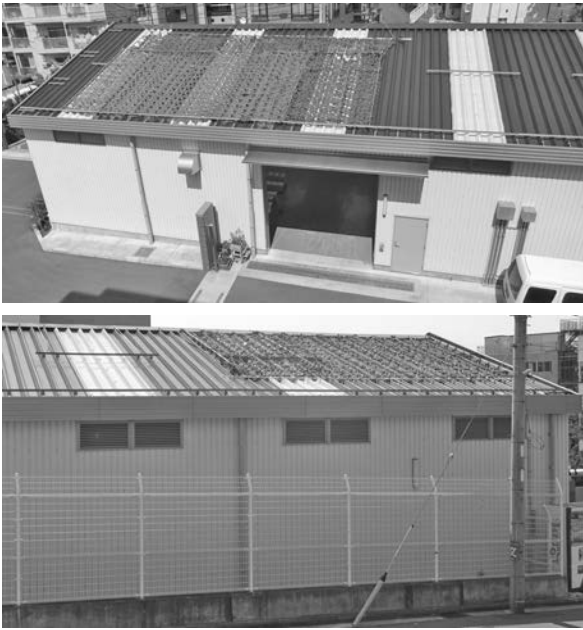


図5 横浜市水道局倉庫に設置したフラクタル日除け (上図：西側の屋根, 下図：東側の屋根)

7月29日17時～8月19日16時の間、倉庫内の10地点の温度を2分間隔で測定した。温度の測定には温度計(株)ティアンドデイ製、型式:TR-52i)を使用し、倉庫の床面から高さ約1.4m、倉庫の東側の壁面から約1.5m離れた位置で、約3.2m間隔で10個の温度計を設置して測定を実施した。また、8月9日に、赤外線サーモカメラ(日本アビオニクス(株)製、型式:R500S)で、倉庫の屋根面のうち4領域の表面温度を測定した。温度の測定地点(地点1～10)および屋根面の表面温度の測定領域(領域A～D)を図6に示す。

倉庫内の地点1～10における温度の測定結果について、測定期間内の天気が良く、十分な日照時間があった日として、フラクタル日除けの設置期間では8月9日および8月13日、設置していない期間では7月30日、8月4日、8月5日、および8月7日を抽出した。これらのすべての日で十分な日照時間があった時間帯として、8:30～14:00の測定データを使用して比較を行った。地点1～10での温度について、フラクタル日除けの設置期間中の平均値と、設置していない期間中の平均値を図7に示す。

フラクタル日除けの設置期間では、日除けのある地点の温度が、日除けのない地点の温度よりも低い傾向が見られた。たとえば、設置期間中の地点1の温度の平均値は地点10に比べて0.9℃低かった。設置していない期間中の地点1の温度の平均値は地点10に比べて0.8℃高かったため、フラクタル日除けの設置により倉庫内の温度を約1.7℃下げる効果があったと考えられる。

また、日除けの設置期間に赤外線サーモカメラで倉庫

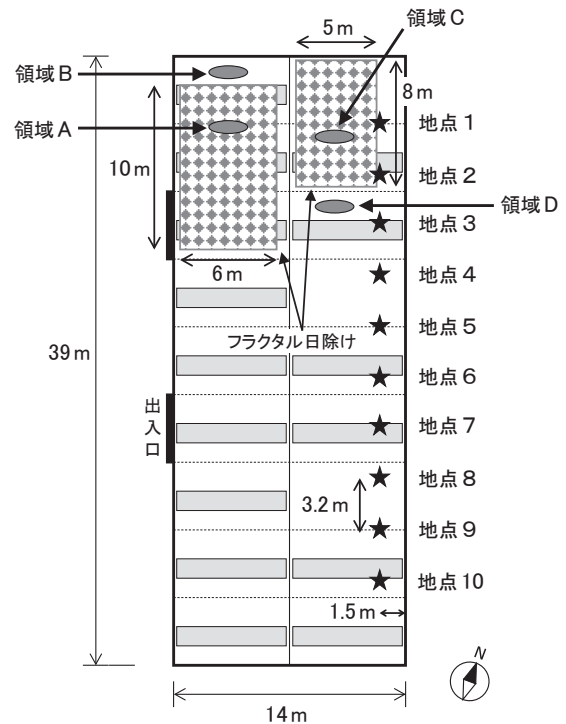


図6 温度の測定地点・屋根面の表面温度の測定領域(横浜市水道局倉庫)

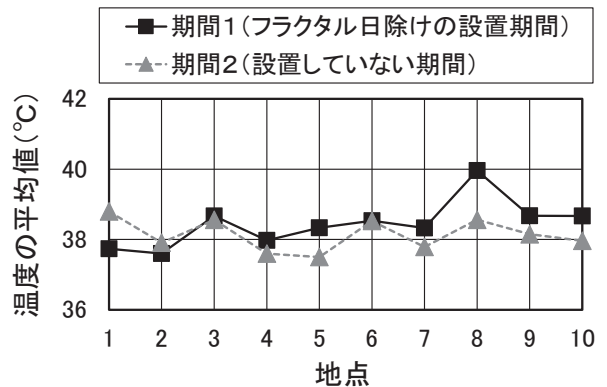


図7 温度の測定結果(横浜市水道局倉庫)

の屋根面の表面温度を測定したところ、測定したすべての時刻で、日除けのある領域の表面温度が日除けのない領域の表面温度を下回った。例として、8月9日13時30分頃の倉庫の屋根面の表面温度の測定結果を表2に示す。

西側の屋根面では、フラクタル日除けを設置した領域(領域A)の表面温度は、設置していない領域(領域B)の表面温度より10.2℃低下していた。また、東側の屋根面では、フラクタル日除けを設置した領域(領域C)の表面温度は、設置していない領域(領域D)の表面温度より7.1℃低下していた。

本調査の結果、日除けのある地点の温度が、日除けのない地点の温度よりも有意に低下していたことから、屋

表2 地面の表面温度の測定結果（横浜市水道局倉庫）

	西側の屋根面	東側の屋根面
フラクタル日除けを設置した領域	54.5℃ (領域A)	53.3℃ (領域C)
フラクタル日除けを設置していない領域	64.7℃ (領域B)	60.4℃ (領域D)
表面温度の差(フラクタル日除けの設置による効果)	-10.2℃	-7.1℃

外だけでなく屋内でも、空調使用時にフラクタル日除けを空調負荷低減手法として活用できると考えられる。

#### 4. おわりに

本稿では、空調負荷低減手法として、フラクタル日除けを用い、屋内外での暑さ対策効果を調査した結果について紹介した。

高温環境下での人の健康への悪影響や製品品質劣化のリスクを下げるためには、空調使用による冷却が効果的であるが、その際には空調使用の運用コストの面だけでなく、地球温暖化やヒートアイランド現象などへの影響を最小限とするためにも、空調負荷を低減する手法の導入が重要であると考えられる。

今後も各種の空調負荷低減手法について調査を進め、横浜市内での暑さ対策の施策に反映していきたい。

#### 謝辞

横浜赤レンガ倉庫および横浜市水道局倉庫での調査の実施に当たり、(株)ロスフィーにフラクタル日除けを設置いただきました。また、横浜赤レンガ倉庫での調査の実施に当たり、(株)横浜赤レンガに調査場所を提供いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 気象庁：「気候変動監視レポート2016」, p.35, (2017).
- 2) 気象庁：「ヒートアイランド監視報告2016」, pp.4-7, (2017).
- 3) 環境省：「まちなかの暑さ対策ガイドライン」, pp.12-13, 21-23, (2016).
- 4) 酒井敏, 中村美紀, 大西将徳, 飯澤功, 古屋姫美愛：日本ヒートアイランド学会誌, **5**, 17-22 (2010).
- 5) 中村美紀, 酒井敏, 大西将徳, 古屋姫美愛：日本ヒートアイランド学会論文集, **6**, 8-15 (2011).
- 6) 三坂育正, 成田健一, 酒井敏, 中村美紀：日本ヒートアイランド学会第8回全国大会予稿集, pp.134-135, (2013).
- 7) 気象庁：「気象観測の手引き」, p.81, (1998).
- 8) 関浩二, 小倉智代, 内藤純一郎, 山下理絵, 岩崎満：横浜市環境科学研究所報, **41**, 38-44 (2017).



関 浩二 Koji SEKI

横浜市環境科学研究所  
Yokohama Environmental Science  
Research Institute



村上 徹也 Tetsuya MURAKAMI

横浜市水道局公民連携推進課  
Public-Private-Partnership Promotion Division,  
Yokohama Waterworks Bureau

原稿受理 2017年12月12日

## 「サロン」への投稿歓迎!

随想・国際交流・出張記・旅行記・思い出話・趣味など、読者各位に気軽にお読みいただけるもののご投稿を歓迎いたします。ふるってご送付下さい。

#### 記

1. 記事は本文1～2ページ程度として下さい。1ページは約2,400字になります。
2. 採否は学会誌編集委員会にお任せ願います。
3. 採用分に薄謝をさしあげます。

送付先 公益社団法人 日本冷凍空調学会「冷凍」編集部  
〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町13-7 日本橋大富ビル  
TEL 03(5623)3223 FAX 03(5623)3229 E-mail : reito@jsrae.or.jp