

実温度測定に基づく遮熱性塗装の効果の検証

中島 寛則, 大場 和生

Verification of the effect of Thermal Barrier Coating based on the Actual Temperature Measurement

Hironori Nakashima, Kazuo Oba

遮熱性塗装は、ヒートアイランド現象の緩和策として、近年進められている。そこで本研究では、遮熱性塗装の効果を実証化するため、遮熱性塗装の塗布前後の表面温度を測定し、その効果について検証を行った。その結果、気象台気温や、全天日射量との比較から、遮熱性塗装には一定の効果が認められた。

はじめに

住みよい街づくりのための課題の一つに、都市の温暖化（ヒートアイランド現象）がある。ヒートアイランド(heat island=熱の島)現象とは、都市の気温が郊外よりも高くなる現象のことである。気温の分布図を描くと、高温域が都市を中心に島のような形状に分布することから、このように呼ばれるようになった。ヒートアイランド現象は「都市がなかったと仮定した場合に観測される気温に比べ、現実の都市の気温が高い状態」と言うこともできる。都市の気温は経年的に上昇傾向にあり、名古屋市の年平均気温は、100 年当たり 2.1℃上昇している。これは、地球温暖化に加えてヒートアイランド現象の影響が表れていると考えられる¹⁾。

ヒートアイランド現象は、人工的な構造物が多く経済活動が活発な大都市において、コンクリートの地面や人工建築物などからの輻射熱が大きくなり、また植物からの蒸散など気温上昇を抑える自然の機構が作用しにくくなることで、周辺部に比べて高い気温が観測される現象であり、その広がりには都市部に限定的である。

ヒートアイランド現象については多くの研究が行われており、名古屋都市圏を対象とした広域的ヒートアイランドシミュレーションも行われている^{2),3),4)}。

ヒートアイランド現象の緩和策としては、緑地の増加による緑比率の向上、保水性のある道路舗装の採用、緑のカーテン等に加えて、建築物の表面に遮熱性塗装と呼ばれる赤外線を反射する塗装を塗布し、建築物表面の温度上昇を抑える施策が進められている。

これらの緩和策の効果についても、東京都等でシミュレーションによる将来にわたる効果の検証が行われ

ている⁵⁾。

名古屋市でも河川や緑地を対象とした、ヒートアイランド緩和効果についての研究が行われ⁶⁾、河川や緑地に比較的大きな緩和効果があることが分かった。

そこで本研究では、名古屋市内で推進している、小中学校等をはじめとする市有建築物における、遮熱性塗装の効果を実証的に検証するため、市有建築物 1 地点で、遮熱性塗装塗布前後の表面温度を測定し、その効果について知見が得られたので報告する。

実験方法

1. 調査地点

南リサイクルプラザ(南区元塩町)

温度計設置箇所

- ①屋根上
- ②作業室屋根裏
- ③作業室天井上
- ④作業室天井下

南リサイクルプラザの図面を図 1 に示す。

2. 調査期間

塗布前：2011 年 8 月 31 日(水)～9 月 9 日(金)

塗布後：2011 年 9 月 22 日(木)～9 月 29 日(木)

3. 調査方法

温度計測装置(おんどとり TR-71Ui(T&D 製))の外部センサーを、各設置箇所の表面に粘着テープで固定し、測定間隔 10 分で表面温度を測定した。設置の様子について、例として③作業室天井上の設置状況を図 2 に示す。

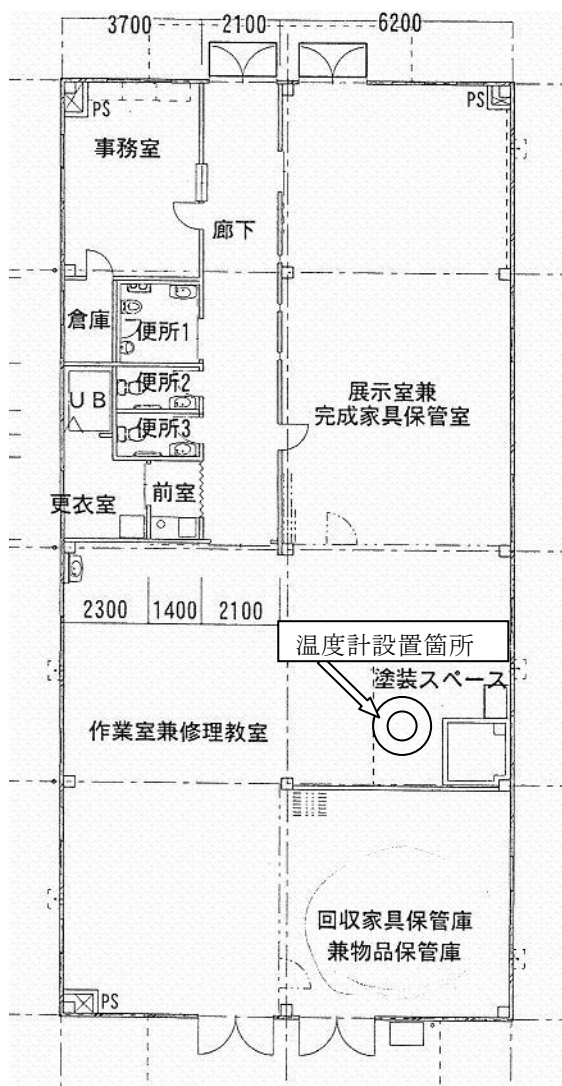


図1 南リサイクルプラザ図面

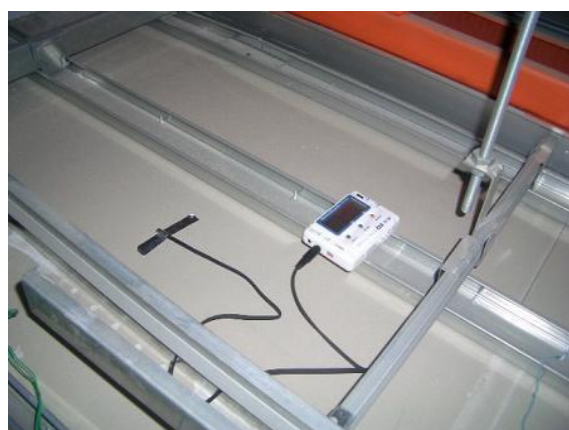


図2 作業室天井上の温度計

結果及び考察

1. 表面温度調査結果

各測定点の平均値、最高値、最低値を、表1に示す。平均値は、施工前は作業室天井上(以下天井上)及び作業室天井下(以下天井下)が同じ温度であり、

作業室屋根裏(以下、屋根裏)＞屋根上であるが、施工後は屋根上＞屋根裏と逆転した。ただし天井の上下では、施工後も余り温度差は認められなかった。

最高値及び最低値についても、平均値同様、施工前、施工後で屋根上および屋根裏の表面温度が逆転した。最高値及び最低値については、天井の上下では顕著な傾向は認められなかった。

全地点において、平均値、最高値、最低値とも、施工前より施工後の方が表面温度が低い結果となったが、調査時期が異なっているため、この結果から遮熱性塗装の効果を判断することは不可能であり、気象条件等と比較する必要がある。

表1 施工前後の各表面温度の平均値、最高値、最低値(単位、℃)

時期	値	屋根上	作業室 屋根裏	作業室 天井上	作業室 天井下
施工前	平均値	29.0	29.6	27.4	27.4
	最高値	52.6	58	37.7	38.3
	最低値	16.2	17.3	20.4	20.3
	データ数	1290	1291	1291	1291
施工後	平均値	22.5	21.4	22.1	22.4
	最高値	45.2	40.5	29.9	29.3
	最低値	9.7	9.2	15.5	16.8
	データ数	997	997	997	997

2. 名古屋気象台の気温データとの比較

遮熱性塗料は日差しがある場合にその性能を発揮することから、晴れの日とのデータを比べなければならない。そこで、名古屋地方気象台(以下、「気象台」という)の毎日の天気データを表2に示す⁶⁾。施工前は曇りや雨の日が多いが、平均気温は23.8～29.3℃であった。一方、施工後は晴れの日が多いが、平均気温は19.6～22.7℃と低くなった。

そこで、各測定箇所の表面温度と気象台の気温データとの比較を行うため、毎正時の南リサイクルプラザの表面温度と、毎正時の気象台気温との差(各測定値－気象台気温(正時データ))を図3に示した。ここで日照時間が6時間以上の晴れの日には★のマークで示した。この結果、この差の日最大値(晴れの日)は、屋根裏では施工前は23～29℃であったが、施工後は11～14℃と減少した。これに対し、屋根上では、施工前が17～21℃、施工後が14～20℃とあまり変化が見られなかった。また天井の上下では温度差の変化はあまり見られなかった。

表 2 気象台の天気データ

月日 (施工前)	曜日	気圧(hPa) 海面 平均	降水量 (mm) 合計	気温 (°C)			湿度 (%) 平均	風速 (m/s) 平均	日照 時間 (h)	天気概況	
				平均	最高	最低				昼 (06-18)	夜 (18-06)
8月31日	水	1006.5	0	29	33.5	26.6	65	2.3	2.1	曇一時晴	曇一時雨
9月1日	木	1004.3	0.5	29.3	32.7	26.3	69	3	2.5	曇一時雨	曇
2	金	999.5	12	28.2	32.7	25.9	74	5.2	0.3	曇後雨	雨後一時曇
3	土	1000.8	8.5	28	29.8	25.8	76	10.2	0.1	曇	曇時々雨
4	日	1001.6	71.5	25.1	27.5	23.7	88	6.8	0	大雨、雷を伴う	雨
5	月	999.1	12.5	24.4	28.1	22.6	84	3.9	1.3	雨後曇一時晴	晴
6	火	1002	--	24.1	29	20.3	56	5	11.6	晴	快晴
7	水	1007.7	--	23.8	30.2	16.6	57	2.5	12.3	快晴	曇時々晴
8	木	1014.7	--	25.3	31.1	19.8	66	2.5	9.8	晴一時曇	曇一時晴
9	金	1018.9	0	27	31.1	24	69	2	4.9	薄曇	曇時々晴

月日 (施工後)	曜日	気圧(hPa) 海面 平均	降水量 (mm) 合計	気温 (°C)			湿度 (%) 平均	風速 (m/s) 平均	日照 時間 (h)	天気概況	
				平均	最高	最低				昼 (06-18)	夜 (18-06)
9月22日	木	1001.4	0	22.2	26.4	18.5	65	5.7	6.1	曇時々晴一時雨	曇
23	金	1011.1	--	20.3	26.2	15.6	52	4.4	11.2	晴	快晴
24	土	1019.3	--	20.1	26.2	13.5	56	2.6	11.7	晴	晴後一時曇
25	日	1022.5	--	21.4	26.9	17.3	60	2.7	6.2	晴時々曇	曇
26	月	1020	0.5	19.6	21.6	17.9	79	1.7	0.2	雨時々曇	曇
27	火	1017.5	--	21.1	27.3	16.5	70	2	10.5	晴一時曇	晴一時曇
28	水	1017.1	--	22.2	27.8	17.4	67	2.3	10.4	晴	曇時々晴
29	木	1015.6	--	22.7	27.9	18.5	66	2.3	8.4	晴	曇
30	金	1010.8	0	22.2	24.8	20.7	80	2.3	0	曇後一時雨	曇

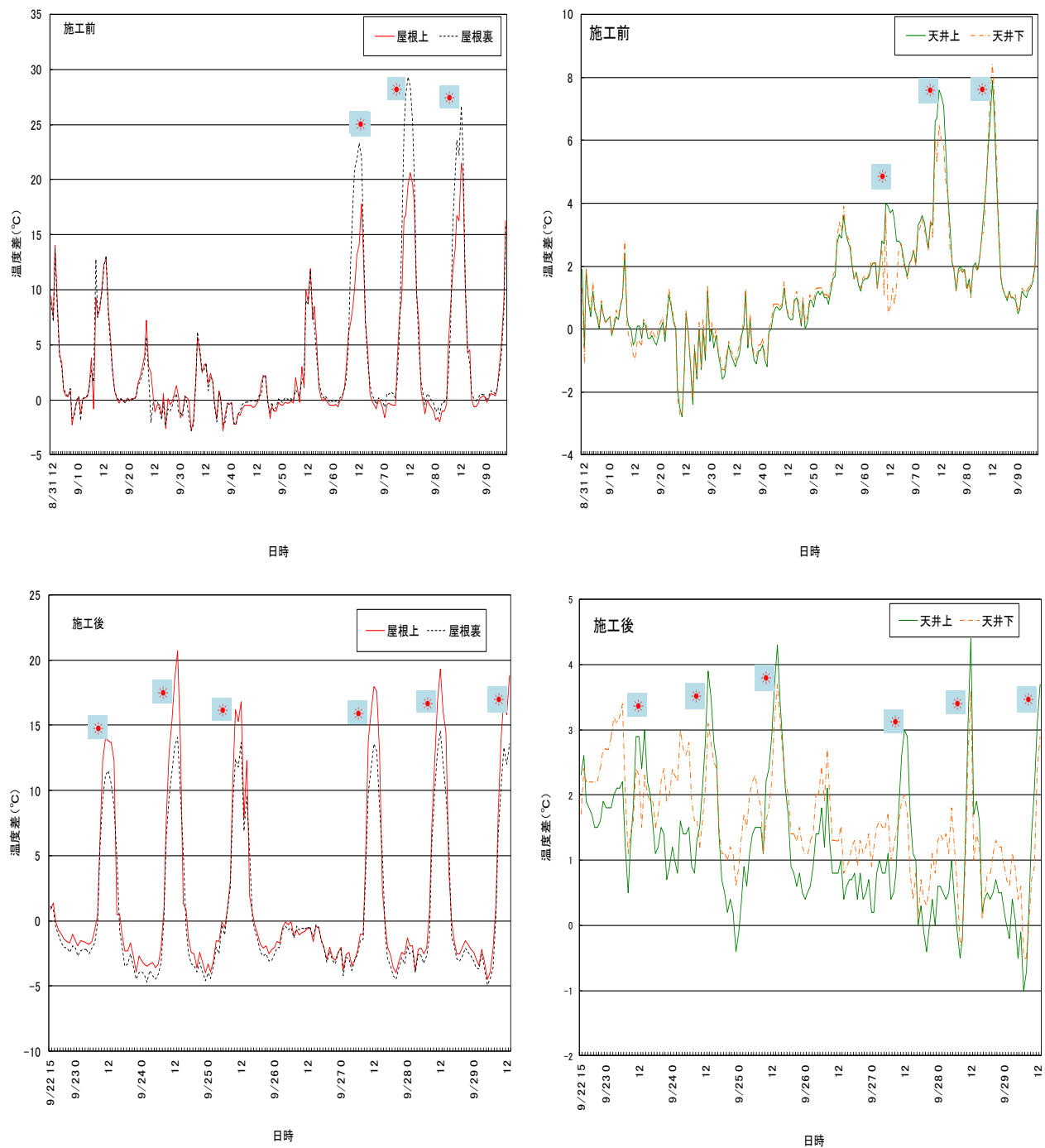


図3 表面温度と気象台気温の差(正時データ)

さらに、日射量の違いを考慮するため、気象台の全天日射量データ(毎正時)の一日合計を日全天日射量として、この値と屋根上及び屋根裏温度と気象台気温の差の日最大値をグラフにした(図4)。

図中の直線は、施工前の屋根上(●：破線)、屋根裏(■：実線)の各データに基づいて求めた一次回帰直線である。

この結果、施工前においては、屋根上、屋根裏い

ずれにおいても、日全天日射量が大きいくほど、日最大温度差が大きくなる直線関係にあることが分かる。

この直線と施工後データを比べると、屋根上(○)の大部分は破線より上にあり、施工前よりやや温度が上がっている。一方、屋根裏(□)は全てのデータが実線の下にあり、遮熱効果が効いていると考えられる。

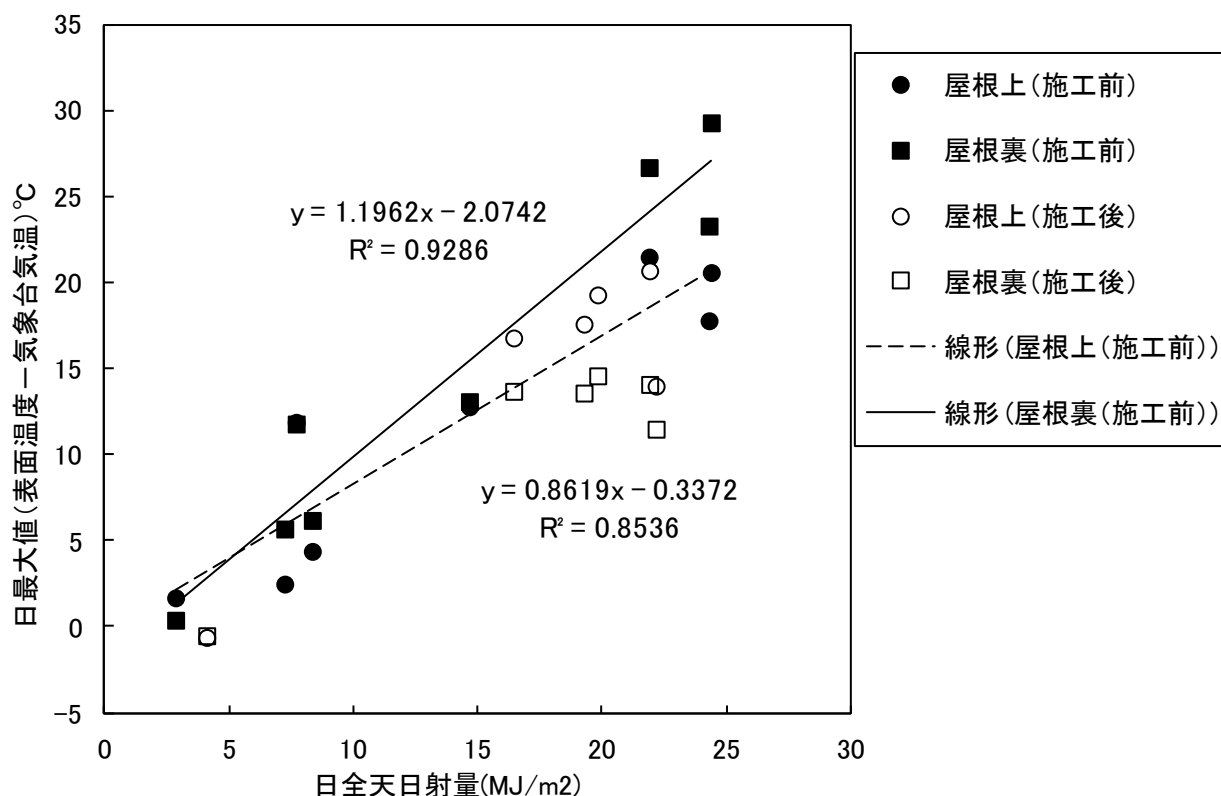


図4 日全天日射量と（表面温度－気象台気温）の日最大値の関係

図4の近似直線における傾き及び切片を用いて、施工後の屋根上、屋根裏それぞれにおける日全天日射量に対応する温度を計算し「推計値」とし、「実測値」とともに表3に示す。この結果、「推計値」と「実測値」の差を効果の大きさとすれば、晴れの日（23、24、27、28日）では、屋根裏に関して7～13℃の温度低減効果が認められた。

表3 施工後における（表面温度－気象台気温）の日最大値の実測値と推計値

月日	日全天 日射量 (MJ/m²)	日最大値(°C)実測 (表面温度－気温)		日最大値(°C)推計		推計－実測(°C)	
		屋根上	屋根裏	屋根上	屋根裏	屋根上	屋根裏
9/23	22.16	14	11.5	18.8	24.4	4.8	12.9
9/24	21.9	20.7	14.1	18.5	24.1	-2.2	10.0
9/25	16.43	16.8	13.7	13.8	17.6	-3.0	3.9
9/26	4.08	-0.6	-0.5	3.2	2.8	3.8	3.3
9/27	19.26	17.6	13.6	16.3	21.0	-1.3	7.4
9/28	19.81	19.3	14.6	16.7	21.6	-2.6	7.0

まとめ

遮熱性塗装の効果を定量化するため、市有建築物1地点（南リサイクルプラザ）において、屋根上、屋根裏、天井上及び天井下の4箇所で、遮熱性塗装の塗布前後の表面温度を測定し、その効果について検証を行った。

塗装前後で屋根上と屋根裏では、表面温度の平均値が、施工前が屋根上＜屋根裏であったのに対し、施工後は屋根上＞屋根裏と逆転した。

また、気象台気温データとの差から、晴れの日には施工前は屋根裏で施工前に比べ施工後は差が小さくなっていることから、屋根裏では、施工後は気温の上昇が抑えられていると考えられる。

さらに日全天日射量と日最大気温差との関係より、比例定数を求めて推計した日最大値と実測値の比較から、晴れの日では一定の遮熱効果が認められる結果となった。

今後は、予定されている小中学校等の遮熱性塗装についても、同様の検証を行い、データの蓄積に努めたいと考えている。

文 献

- 1) 名古屋地方気象台：地球温暖化って何だろう
(2011)<http://www.jma-net.go.jp/nagoya/hp/asl/ondanka2011.pdf>
- 2) 飯塚悟，金原和矢，日下博幸，原政之，秋本祐子：
領域気象モデル WRF による名古屋都市圏の温熱
環境シミュレーション（その 1）夏季の名古屋の
温熱環境を対象とした現状再現の精度検証と擬
似温暖化手法を併用した将来予測の試み，日本建
築学会環境系論文集，647，87-93 (2010)
- 3) 飯塚悟，金原和矢，日下博幸，原政之：領域気象
モデル WRF による名古屋都市圏の温熱環境シミ
ュレーション（その 2）2070 年代夏季温熱環境の
長期トレンド予測，日本建築学会環境系論文集，
662，425-430(2011)
- 4) 黒木美早衣，飯塚悟，伊藤奨，日下博幸，原政之：
領域気象モデル WRF による名古屋都市圏の温熱
環境シミュレーション(その 3) 複数の IPCC SRES
シナリオに基づく 2030 年代・2050 年代・2070 年
代・2090 年代の名古屋都市圏温熱環境・風環境の
将来予測の比較，日本建築学会環境系論文集，678，
689-697(2012)
- 5) 田村英寿，石井康一郎，横山仁，安藤晴夫，平口
博丸，佐々木啓行，市野美夏：東京 23 区におけ
る夏季の様々な広域風日のヒートアイランド対策
効果，東京都環境科学研究所報，2007 年版，17-25
(2007)
- 6) 大野隆史，樋田昌良，久恒邦裕：河川や緑地によ
るヒートアイランド緩和効果の検証，名古屋市環
境科学調査センター年報，1，13-19 (2012)
- 7) 気象庁：気象統計情報
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>