

高反射・高放射塗料を用いた建築物の省エネルギー方策に関する研究

Study on Energy-Saving in the Building

by use of High Light-Reflective and High Heat-Emissive Paint

東京大学 大学院工学系研究科

松尾 雅子 井原 智彦

MATSUO Masako IHARA Tomohiko

吉田 好邦

YOSHIDA Yoshikuni

東京大学 大学院新領域創成科学研究科

松橋 隆治

MATSUHASHI Ryuji

1 はじめに

近年、地球温暖化の問題が深刻にとりあげられるようになり、ついに京都議定書の採択となった。温室効果ガス排出量の削減は義務となり、さまざまな方策が考案されるようになってきている。省エネルギーによる CO₂ 排出量の削減もその一つであるが、部門別に CO₂ 排出量を見た場合、産業・運輸部門の省エネルギーは進んでいるものの、民生部門の二酸化炭素排出量は依然として増加しており、省エネルギーはまだまだ進んでいるとはいえない状況である。民生部門の中でのエネルギー消費は、主に建築物に関するものであり、断熱材等の様々な省エネルギー方策も提案されている。

本研究では、既存建築物に比較的導入しやすい対策として、高反射高放射塗料に着目する。この塗料は、日射吸収率の高いコンクリートや鋼材によって引き起こされる、いわゆる「ヒートアイランド現象」の緩和方策としての効果も着目されているものである[1,2,3]。塗料を試験体に塗布し、その性能を評価する。また、日本各地に高反射高放射塗料を導入した場合の二酸化炭素削減効果の評価もおこなう。

2 実験による高反射高放射塗料の性能評価

1.2m×1.2m×1.2m の立方体モデルを東京大学工学部 4 号館屋上に設置した。設置場所の緯度は北緯 35 度 42 分 44 秒、経度は東経 139 度 45 分 53 秒である。モデルは厚さ 0.5mm のステンレス製であり、換気はない。底面と地面との距離は 1m となっている。試験体の方位角（室内から外気に向かう法線の角度）は北から西側にプラス 12 度である。

計測は、試験体の天板西側（計測 A：図 2-1）、東側（計測 B：図 2-2）、試験体の側板西側（計測 C：図 2-3）、東側（計測 D：図 2-4）の 4 箇所についておこなうことで、特定の汚れ等に結果が左右されることを避ける。計測間隔は 15 秒とし、一つの計測につき 5 分以上データをとることとした。これは、計測機器による異常値の発生や、気象要素による値の上下を考慮するため、ある程度のデータ数を必要とするからである。



図 2-1 計測 A



図 2-2 計測 B



図 2-3 計測 C



図 2-4 計測 D

測定項目、測定機器、測定方法を表 2-1 に示す。

表 2-1 測定項目、機器および方法

測定項目	測定機器	測定方法
外気温度[℃]	温湿度計 (MT-060/英弘精機)	データロガー により 15 秒間隔で 計測
外気相対湿度[%]		
風向[°]	風向風速計 (MA-130/英弘精機)	
風速[m/s]		
降雨量[mm]	雨量計 (MW-010/英弘精機)	
室内中央温度[℃]	白金温度測定素子 (MT-010/英弘精機)	
室内側面温度[℃]		
室外側面温度[℃]		
室外底面温度[℃]		
室外天面温度[℃]	熱電対	
上向き短波放射量	長短波放射計 (MR-40/英弘精機)	
下向き短波放射量		
下向き長波放射量		

こうして、2002 年 12 月 29 日から 2003 年 4 月 28 日までの期間の短波反射率計測結果をまとめる。屋外建造物に塗布するため、外的要因による反射率の低下は避けられないが、雨で汚れが洗い流されることによる反射率の回復などで、一定の値に落ち着くことが考えられる。この特性は水野ら[8]によって図 2-5 のようになると考えられている。

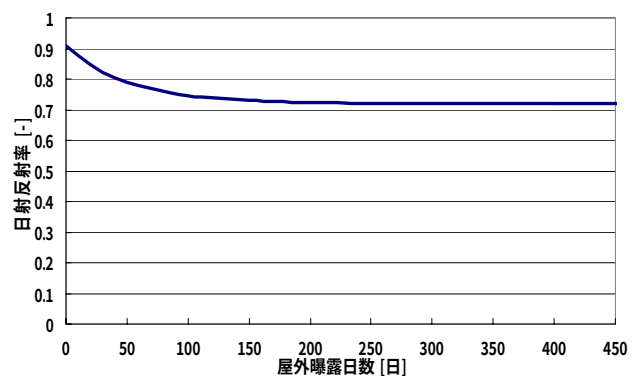


図 2-5 屋外曝露日数と反射率の関係

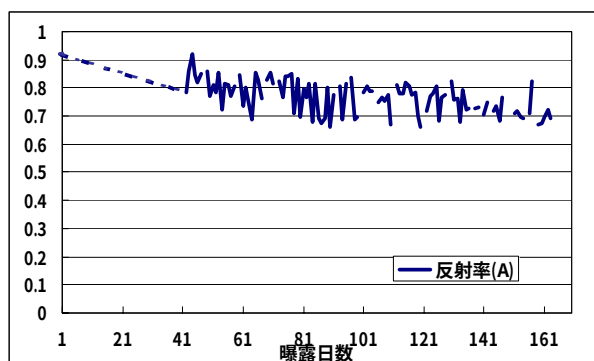


図 2-6 計測 A

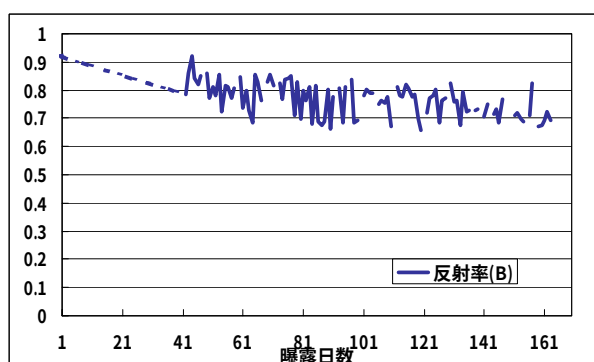


図 2-7 計測 B

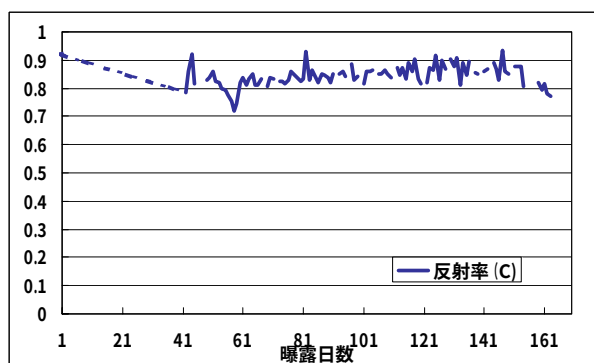


図 2-8 計測 C

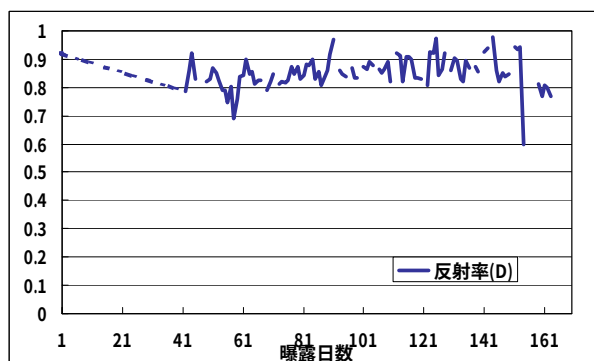


図 2-9 計測 D

また、2002 年 12 月 29 日から 2003 年 1 月 31 日までの期間についての気象要素を、熱負荷計算プログラム SMASH for Windows Ver.2 (以下 SMASH と略記) のフォーマットに合わせて計算した上で気象データとして入力し、今回の実験の条件に合わせたシミュレーションをおこなった。「SMASH」で必要な気象データは、気温・絶対湿度・全天日射量・下向き大気放射量・風向・風速・降水量・日照時間・法線面直達日射量・水平面天空日射量である。このうち、法線面直達日射量に関しては渡辺ら[5]のモデルを用いて直散分離して求めた。夜間放射量については、大橋ら[6]のモデルを用いた。こうして算出された試験体室内の 1 時間ごとの気温と、実際に計測した室内温度（1 時間毎の平均値）とを比較した結果、決定定数は 0.83 という値がえられ、本実験によって塗料の性能は評価された。また、「SMASH」を次に述べる塗料の導入評価に用いることの妥当性についても検証できた。以上を図 2-10 に示す。

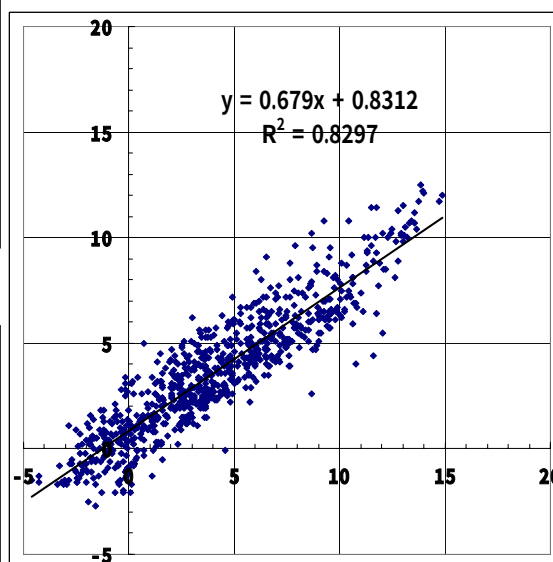


図 2-10 シミュレーション結果と
実測値の比較

一般住宅において光高反射熱高放射塗料を導入した場合の熱負荷を前述の住宅用の熱負荷計算プログラム「SMASH」を用いておこなった。そして算出した熱負荷を用いて、光高反射熱高放射塗料の導入による CO₂排出削減量を算定した。

各都市の気象データは、拡張アメダス気象データ[4]（以下 EA 気象データと略記）の標準年を用いた。

地域区分	都市
I	札幌・旭川
II	盛岡・函館
III	仙台・秋田・松本
IV	新潟・東京・広島
V	高知・福岡・鹿児島
VI	那覇

以下の 3 つのケースについて熱負荷計算をお

暖房期間は日平均気温が 15°C 以下となるすべての期間に、冷房期間のそれを暖房期間以外の全期間に、それぞれ定めている。ちなみに、この定義では那覇には暖房期間はない。

低反射低放射性を示す物体としては、太陽熱集熱器などによく用いられている、いわゆる選択反射吸収性の表面が挙げられる。本研究では、選択反射吸収性の表面として代表的な物質である黒色クロムメッキを低反射低放射性の外表面として取り上げる[7]。用いた物性値は表 3-2 の通りである。

建築外表面	日射吸収率	長波放射率	注記
標準建築外表面	0.80	0.90	[7]
高反射高放射塗料	0.08	0.90	[5]
黒色クロムメッキ	0.95	0.066	[7]

本研究では、一般住宅を対象に計算していることから、家庭における各種空調機器の普及状況を考慮して表3-3のようにCOPを設定し、CO₂排出原単位を求めた。設定したCO₂

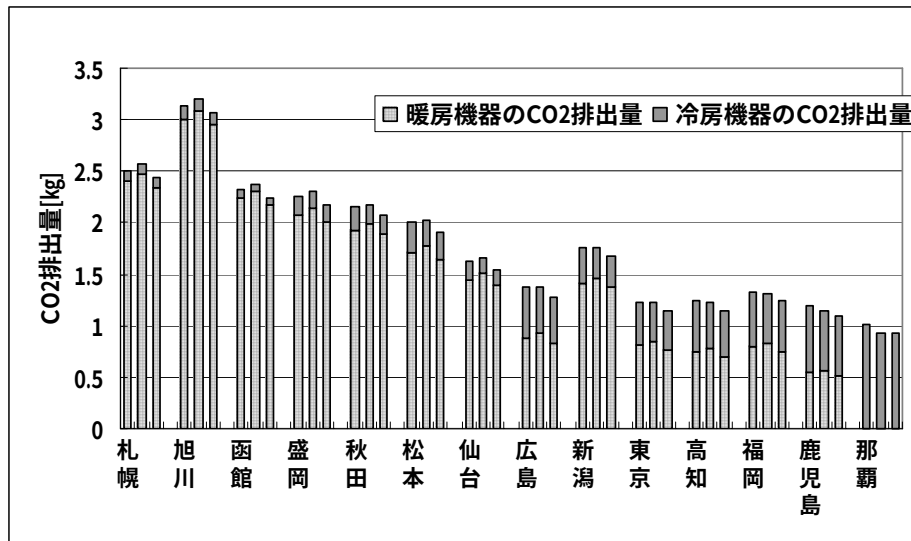


図 3-2 各都市の年間 CO₂ 排出量（左から case1, case2, case3 の順）

排出原単位から CO₂ 排出量を求めると、図 3-2 に示す結果となった。

表 3-3 空調機器の単位需要あたり CO₂ 排出量

機器種別	COP	燃料	CO ₂ 排出原単位 [kg-CO ₂ /MJ]
ルームエアコン (冷房)	2.50	電力	0.040
ルームエアコン (冷暖)	2.50	電力	0.040
標準冷房機器	—	—	0.040
ルームエアコン (冷暖)	2.50	電力	0.040
温風ヒーター	1.00	都市ガス	0.050
温風ヒーター	1.00	LPG	0.070
石油ストーブ	1.00	灯油	0.070
標準暖房機器	—	—	0.064

Case2 においては、那覇で 9.0%CO₂ 排出量削減（Case1 比）という値が得られた。一方で、札幌、函館などのような I・II・III 地域に属する都市においては、高反射高放射塗料の導入による暖房需要の増大で、CO₂ 排出量

はむしろ増加してしまうという結果になった。

Case 3 では、どの都市においても CO₂ 排出量の削減が確認されたが、特に IV・V 地域において効果的である。IV 地域に属する東京では、7.3% 排出削減が達成され、その他の都市についても広島で 7.1%、V 地域の福岡では 7.2%、高知で 7.9%、鹿児島では 8.0% もの CO₂ 排出量削減となった。地域区分 IV、V にあてはまる地域に対しては、この切り替えの方法が大変有効であると考えられる。

やはり最も効果があがったのは、日射量の大きい VI 地域の那覇であった。断熱材などのほかの住宅用省エネルギー方策が冷房需要に対してあまり有効でないことなどを考慮すると、高反射高放射塗料は、冷房需要が大きい地域の住宅に対して有効な CO₂ 排出削減方策であると言える。

4 おわりに

高反射高放射塗料を試験体に塗布し、塗料性能の評価をおこなった。

その結果、屋外の建造物に塗布するため、外的要因による汚れは避けられないため、反射率は低下していくが、雨に汚れが流されることによる回復などで、一定の値に落ち着くと考えられる。

また、「SMASH」を用いて、日本各地に高反射高放射塗料を導入した場合の二酸化炭素削減効果についての評価をおこなった。高反射高放射塗料は、夏季の冷房需要を削減できるが、冬季の暖房需要を増大させてしまうため、暖房需要が大きい地域での導入は逆効果である。しかし、沖縄のような冷房需要が暖房需要に比べきわめて大きいような地域においての導入は大変効果的であるといえる。今後は、このような地域での塗料の計測実験がのぞまれる。また、高反射高放射塗料と低反射低放射性外表面の切り替えは多くの地域において有効である。

また、高反射高放射塗料を熱帯地域など海外の国で導入することについて、CDM プロジェクトとしての可能性評価[9]も今後すすめていきたい。

参考文献

- [1]半田隆志ほか「建物用塗料に着目したヒートアイランド緩和および冷暖房負荷削減に関する研究」(2002)
- [2]入交麻衣子ほか「高反射率塗料による日射夏負荷軽減とヒートアイランド現象の緩和に

関する研究」空気調和・衛生工学会論文集 No.78 (2000)

[3]大島章義ほか「高反射率塗料による日射遮蔽効果の検討ー自動販売機および建物に適用した場合の省エネルギー効果ー」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1998)

[4]日本建築学会「拡張アメダス気象データ」(社)日本建築学会、丸善(2000)

[5]渡辺俊行ほか「水平面全天日射量の直散分離と傾斜面日射量の推定」日本建築学会論文報告集第 330 号 (1983)

[6]大橋一正ほか「自然エネルギー利用のための大気放射量と夜間放射量の推定法及び簡易測定法」日本建築学会計画系論文集第 522 号 (1999)

[7]井原智彦ほか「高反射高放射塗料もしくは低反射低放射性外表面導入による建築物からの CO₂ 排出削減効果」第 21 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 (2002)

[8]水野民雄ほか「光反射・熱放射機能形エネルギー節減塗料『ケーデーエコクール』」大日本塗料(株)「DNT コーティング技報」2001 年 10 月号 (2001)

<http://www.dnt.co.jp/japanese/imagepdf/gih01-18.pdf>

[9]松橋隆治「京都議定書と地球の再生」日本放送出版協会 (2002)