

高反射率塗料の遮熱性能に関する研究
(その1) 外壁の日射反射率と自然室温に関する実験による検討

正会員 ○ 大森 孝修¹⁾
同 近藤 靖史²⁾
同 長澤 康弘³⁾

高反射率塗料 日射遮蔽 実験

1 目的

建物外被の日射遮蔽性能を高める一つの方法として、日射反射率の高い材料を用いることが考えられる。本研究では外被の日射反射率を高める方法として、高反射率塗料(図1参照)を塗布した場合の効果について検討した。本報では簡単な模型実験による日射遮蔽性能の検討結果を、次報では数値解析による検討結果を報告する。

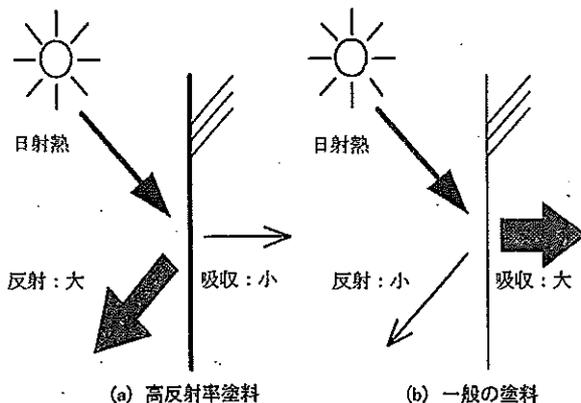
2 実験概要

表1に示すように外被の仕様として3種類を想定し、図2に示す模型(1.5×1.5×1.5m)を作成し、屋外に設置した。ケース1は鉄板で構成される室模型、ケース2は断熱された室模型、ケース3は高反射率塗料を塗布した室模型(断熱材なし)である。また換気回数 0 [回/h]と 8 [回/h](換気量 25 [m^3 /h]に相当)の場合について測定した。測定項目及び方法を表2に、測定点を図3に、比較・検討に用いた日の外界条件を表3に示す。

3 実験結果及び考察

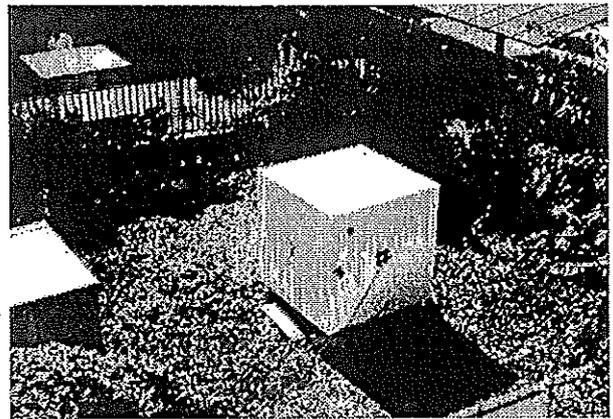
3.1 室内温度の比較

図4に室内温度の実験結果を示す。ケース1は日中、外気温度より $10^{\circ}C$ 以上高くなった。これに対しケース3は約 $1\sim 3^{\circ}C$ 程度の上昇に抑えられていた。ケース2も断熱材により室温の上昇が約 $4\sim 5^{\circ}C$ に抑えられているが、ケース3より $1\sim 4^{\circ}C$ 高くなることが確認できた。



高反射率塗料: 弾性アクリルエマルジョンに超微細な中空セラミックが配合された塗料であり日射反射率が 0.85 と高く、遮熱性能に優れた塗料。また長波放射率 0.94 、熱伝導率 0.25 [$W/m\cdot K$]。

図1 高反射率塗料の概念



モデルは、一辺 1500 mmの立方体で、東・西・南・屋根面は鉄板(色 グレー、厚 0.6 mm)、北・床面は合板(厚 9.5 mm)を使用し、北面に排気ファン 75 mm ϕ 、床面に開閉式給気口 100 mm ϕ をつけた。

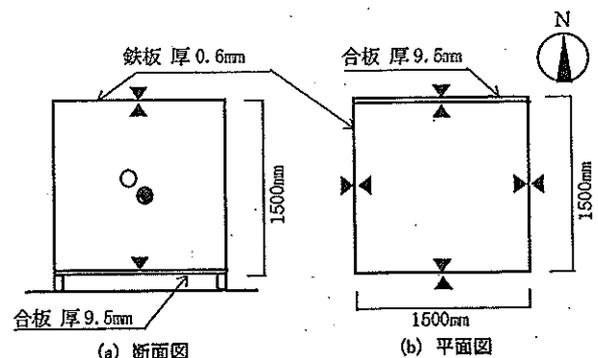
図2 実験対象モデル

表1 実験ケース

	断熱材	高反射率塗料
ケース1	なし	なし
ケース2	グラスウール 屋根: 厚 100 mm 外壁: 厚 75 mm	なし
ケース3	なし	屋根・外壁面に塗布

表2 測定項目及び方法

	測定点	測定方法
外側表面温度	東・西・南・北・屋根面 各1点	T型熱電対により10分間毎に自動計測(外側表面温度(屋根・南面)については赤外線放射温度計により可視化)
内側表面温度	東・西・南・北・天井・床面 各1点	
室内温度	室内中央1点	
グローブ温度	同上	
外気温度	実験現場内1点	
日射量	同上	日射計により10分毎に自動計測



○: 室内温度 ●: グローブ温度 ▲: 表面温度
図3 温度の測定点等

Reduction of Solar Heat Gain through Building Envelope by High Reflectivity Paint,
Part 1 Experimental Study on Reflectivity of Solar Radiation and Room Temperature

OMORI Takanobu, KONDO Yasushi and NAGASAWA Yasuhiro

3.2 外側表面温度の比較

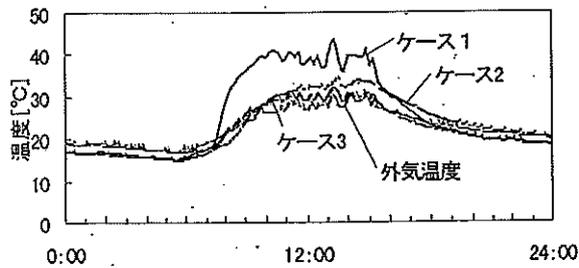
図5に屋根表面温度の実験結果を、図7に室内温度及び室内外表面温度の実験結果を示す。外側表面温度は日射量に影響を受け、これに追従して変動していた(図省略)。また図5、図7よりケース3の外側表面温度は、ケース1及びケース2に比べ低い。特に直達日射を受けている屋根面でその差は顕著で、日中10℃以上低いことが確認できた。

3.3 内側表面温度の比較

図6に屋根の室内側表面温度の実験結果を示す。図6、図7よりケース1では外側表面温度と同様、内側表面温

表3 外界条件

	最高気温[℃]	最低気温[℃]	日積算日射量[kJ/m ²]
9月19日	30.3	16.9	3.9
9月28日	24.5	10.1	4.4



(a) 9月19日 換気回数0[回/h]

度が高い。ケース2では日中、断熱材の効果により屋根及び南面の内側表面温度が外側表面温度より20℃以上低く抑えられ、また各表面温度の差が比較的小さい。ケース3では、高反射率塗料が塗布してあるために日中、外側表面温度に比べて約3~5℃低い。これは、高反射率塗料の熱伝導率が小さいことによる。

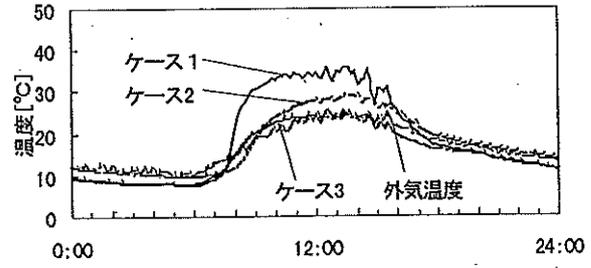
4 まとめ

本実験の結果、以下のことが確認できた。

①高反射率塗料を建物の外側に塗布することにより外側表面温度の上昇を抑え、これにより室内温度の上昇を抑えることができる。

②本実験条件では、断熱材を使用した場合よりも室内温度が低くなる。

〈謝辞〉本実験を行うにあたり(株)ハウステック深江典之氏、青洋一氏、長島特殊塗料(株)長島正季氏、武蔵工業大学技術員服部昭彦氏をはじめ関係者各位には多大なる協力を頂いた。ここに謝意を表す。



(b) 9月28日 換気回数8[回/h]

図4 室内温度実験結果

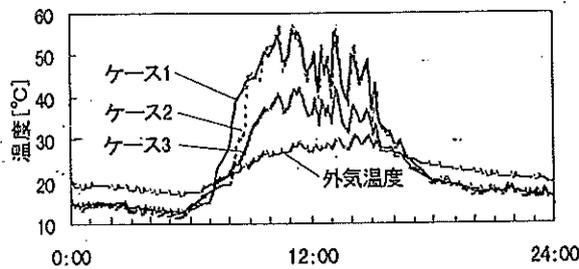


図5 屋根表面温度実験結果
(9月19日 換気回数0[回/h])

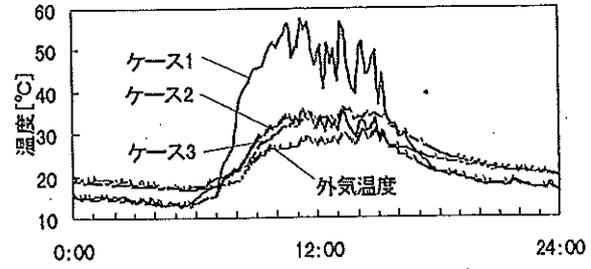


図6 屋根の室内側表面温度実験結果
(9月19日 換気回数0[回/h])

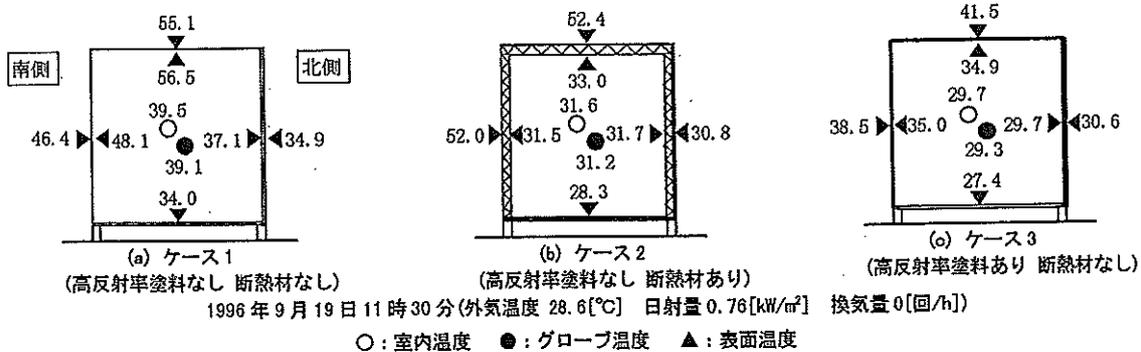


図7 室内温度及び室内外表面温度の実験結果

*1 三井ホーム(当時、武蔵工業大学学生)
*2 武蔵工業大学 助教授・工博
*3 武蔵工業大学 院生

*1 Mitsui Home Co., Ltd
*2 Assoc. Prof., Musashi Inst. of Tech., Dr. Eng.
*3 Graduate Student Musashi Inst. of Tech.

高反射率塗料の遮熱性能に関する研究
(その2) 数値解析による室温および熱負荷に関する検討

正会員 ○ 長澤 康弘¹
同 近藤 靖史²
同 大森 孝修³

高反射率塗料 日射遮蔽 数値解析

1 目的 前報¹⁾では、高反射率塗料の日射遮蔽性能についての実験結果を報告した。本報では実験で行っていない条件や大空間建築物に高反射率塗料を塗布した場合等について数値解析による検討結果を示す。

2 数値解析概要 数値解析²⁾により室内温度を求めて以下の検討を行う。

- ①実験で対象としたモデルの形態、使用材料等の条件で室内温度を計算して実験結果と比較する。
- ②実験で対象とした各ケースにおいて換気回数を多くした場合の室内温度を計算して検討を行う。
- ③実験モデルの屋根面のみを高反射率塗料を塗布した場合をケース4として遮熱効果の検討を行う。
- ④大空間建築物に高反射率塗料を塗布した時の遮熱効果について室内温度および冷房負荷の検討を行う。

自然室温は外気、日射、換気などによる室の熱収支を基に計算を行った²⁾。外界条件は前報¹⁾に示した実験実施日の外気温度(10分毎の実測データ)、日射量(10分毎の日射量を計算により直散分離)を用いた。屋外の総合熱伝達率は $20.9 [W/m^2 \cdot K]$ 、室内の総合熱伝達率は $9.3 [W/m^2 \cdot K]$ とする。夜間放射は考慮していない。自然室温計算に使用した材料の熱特性を表1に示す。また冷房負荷計算は年間熱負荷計算プログラム(HASP/ACLD/8501)³⁾により計算を行った。

3 数値解析結果及び考察

3.1 室内温度の実験結果と計算結果の比較 図1に室内温度の計算結果を示す。室内温度実験結果(前報図5)と比較すると、夜間放射を考慮していないため計算結果は夜間の室内温度が $2 \sim 3^{\circ}C$ 高いが、換気回数0[回/h]、8[回/h](図1(a)、(b))ともに昼間はほぼ対応する⁴⁾。

3.2 換気回数を多くした時の室内温度の検討 図2に換気回数の違いによる平均室内外温度差の計算結果を、図3に換気回数15[回/h](換気量約 $50 [m^3/h]$ に相当)の時の室内温度の計算結果を示す。図2より換気回数が増えたと各ケースの温度差が小さくなり、外気温度に近づくことが確認できる。換気回数15[回/h]での日中の室内温度は、ケース1では換気を行わない場合と比べて $2^{\circ}C$ 程度下がり、ケース2及びケース3では外気温度との差は $1 \sim 2^{\circ}C$ 程度になる。すなわち、換気量が多い場合は高反射率塗料による効果は相対的に小さくなる。

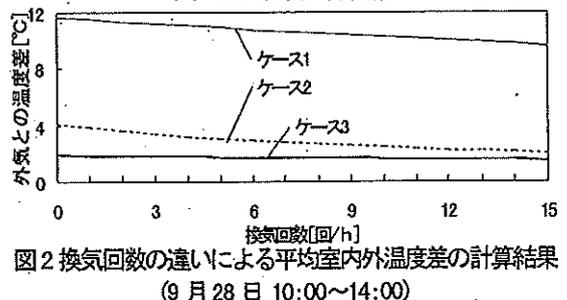
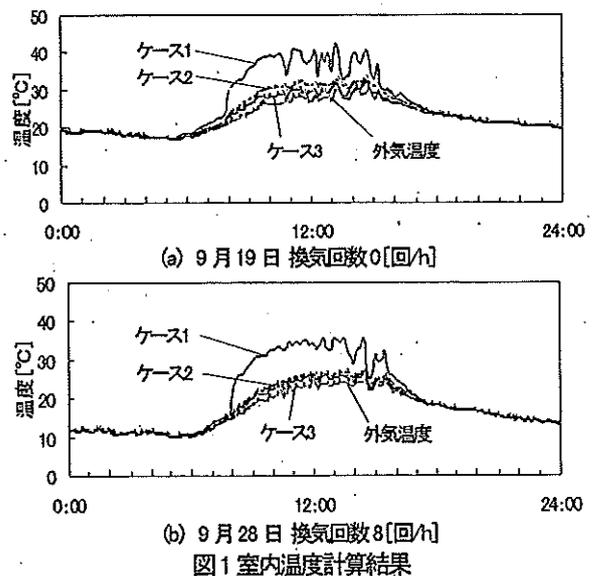
表1 計算に用いた熱特性

	日射吸収率[-]	熱伝導率	
		$[W/m \cdot K]$	$(Kcal/m \cdot h \cdot ^{\circ}C)$
合板	0.9	0.19	(0.16)
カラー鉄板	0.9	45	(38.7)
コンクリート	0.7	1.4	(1.2)
グラスウール	-	0.042	(0.036)
高反射率塗料	0.15	-	-

	長波放射率[-]	容積比熱	
		$[kJ/m^3 \cdot K]$	$(Kcal/m^3 \cdot ^{\circ}C)$
合板	0.9	716	(171)
カラー鉄板	0.9	3621	(865)
コンクリート	0.9	1934	(462)
グラスウール	-	20	(4.8)
高反射率塗料	0.9	-	-

表2 計算ケース(実験モデルの場合)

ケース	断熱材	高反射率塗料
ケース1	なし	なし
ケース2	グラスウール 屋根:厚100mm 外壁:厚75mm	なし
ケース3	なし	屋根・外壁面に塗布
ケース4	なし	屋根面のみ塗布



Reduction of Solar Heat Gain through Building Envelope by High Reflectivity Paint
Part 2 Numerical Study on Room Temperature and Cooling Heat Load

NAGASAWA Yasuhiro, KONDO Yasushi and OMORI Takanobu

3.3 ケース4における遮熱効果の検討 図4にケース4(実験モデルの屋根面のみを高反射率塗料を塗布した場合)の室内温度の計算結果を示す。ケース4の室内温度は外気温度と比較すると日中約7°C高く、ケース1より約3°C低い。このことから建物の屋根面のみを高反射率塗料を塗布した場合でも、ある程度室内温度が下がることが確認できた。

3.4 大空間建築物における検討 図5に示す体育館あるいは倉庫などの大空間を想定した計算モデルを対象に、表3に示す3種類の計算ケースについて自然室温および空調を行った場合の熱負荷の計算を行った。自然室温の計算の際には換気回数5[回/h](換気量75000[m³/h]に相当)とした。図6に自然室温の計算結果を示す。ケースA(断熱材なし、高反射率塗料なし)の自然室温は外気温度より日中、約5~6°C高く、ケースB(断熱材あり、高反射率塗料なし)は外気温度より約2~3°C高い。ケースC(断熱材なし、高反射率塗料あり)は外気温度との差が約1°Cとなり、ほとんど差がない。図7に夏期(7~9月合計)の冷房負荷計算結果を示す^{注2)}。ケースCの場合、ケースAの場合より約45%ほど冷房負荷は小さく、ケースBの場合とほぼ等しい冷房負荷となる。

4 まとめ 本研究から以下のことが確認できた。

- ①換気を多く行うことができない建物ほど高反射率塗料の効果が期待できる。
- ②屋根面のみ塗布した場合にもある程度室内温度の上昇を抑えることができ、遮熱効果が期待できる。
- ③大空間建築物(体育館、倉庫など)を想定したモデルでは高反射率塗料を用いる場合、用いない場合や断熱材を用いた場合より室内温度の上昇を抑えることができる。また冷房負荷は高反射率塗料を用いない場合と比べて約45%小さくなる。

表3 計算ケース(大空間モデルの場合)

	断熱材	高反射率塗料
ケースA	なし	なし
ケースB	グラスウール 屋根:厚100mm 外壁:厚76mm	なし
ケースC	なし	屋根・外壁面に塗布

注1)9月19日の外界条件を使用した室内温度の計算結果(図1(a))は午後2時以降日射量の減少が激しく、10分ごとの実験データではその変化に対応しきれない。したがって、実験結果との差が大きい可能性があるが、日中の温度に関してはほぼ対応している。また9月28日の実験ではケース2の換気量が少なかつた可能性があり、実験結果の室内温度がやや高くなったと考えられる。注2)冷房負荷計算において対象地は東京とする。また計算条件は空調運転時間帯8時~18時、室使用時間帯9時~18時、在室者50人、換気量15000m³/h(換気回数0.1回/h)、空調設定室温は26°C、55%RHである。

〈謝辞〉

本研究の一部は東急建設(株)との産学協同研究の一環として行った。ここに関係者各位に謝意を表す。

〈参考文献〉1)大森 近藤 長澤:高反射率塗料の遮熱性能に関する研究(その1)建築学会大会要報集(1997.9) 2)宇田川:空気調和計算法 オーム社(1986)

3)松尾:HASP/ACLD/8501解説 日本建築設備士協会(1986)

- *1 武蔵工業大学 院生
- *2 武蔵工業大学 助教授・工博
- *3 三井ホーム(当時、武蔵工業大学学生)

- *1 Graduate Student Musashi Inst. of Tech.
- *2 Assoc. Prof., Musashi Inst. of Tech., Dr. Eng.
- *3 Mitsui Home Co., Ltd

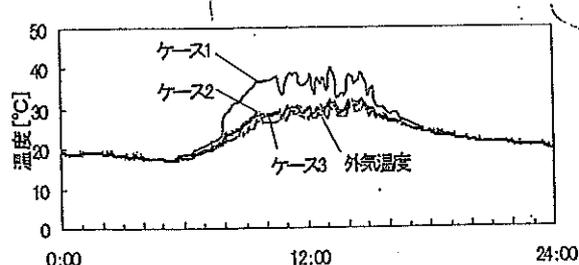


図3 換気回数15[回/h]の室内温度計算結果(9月19日)

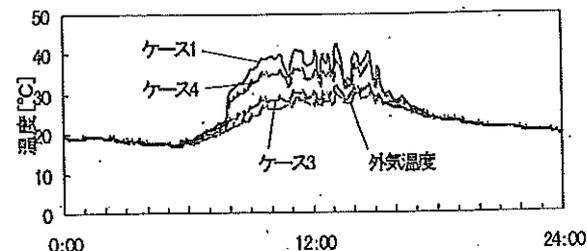
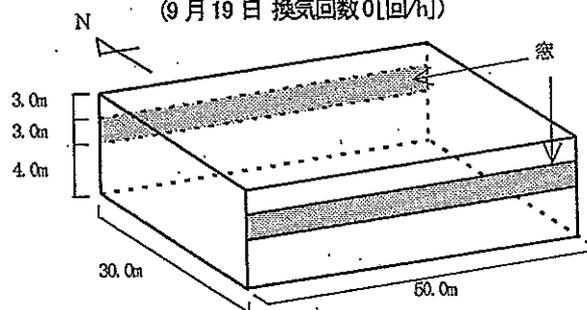


図4 ケース4の室内温度計算結果(9月19日 換気回数0[回/h])



屋根:鉄板厚さ0.6mm 外壁:コンクリート厚さ160mm
床:合板厚さ9.5mm 窓:普通ガラス厚さ3mm

図5 計算モデル概要(大空間モデルの場合)

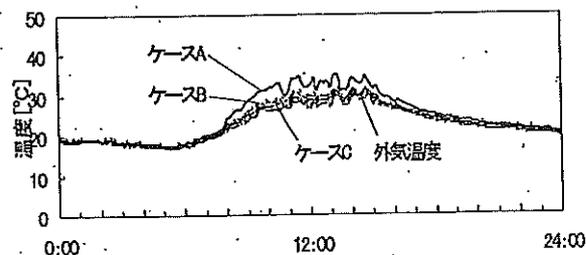


図6 自然室温計算結果(大空間モデルの場合)(9月19日 換気回数5[回/h])

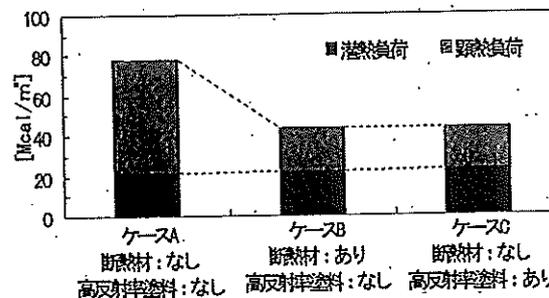


図7 夏期(7~9月合計)の冷房負荷(床面積当たり)