

酷暑を涼気に！

紫外線で劣化しない無機系・無溶剤の遮熱塗料
クールエンジェル・ルーフ

目 次

I. 遮熱塗料とは何ですか？	2
II. 日射エネルギー	2
III. どうすれば日射エネルギーの屋根・壁からの入熱量を求められるのか？	3
IV. どうすれば日射エネルギーの屋根・壁からの入熱を低下できるのか？	4
V. クールインジエール・ルーフで日射エネルギーの屋根・壁からの入熱をどれだけ少なくできるのか？	5
VI. 塗る色によって日射の反射率は違うのか？	7
VII. クールインジエール・ルーフの塗布量と日射反射率	8
VIII. ガラス窓からの日射侵入はどれぐらいなのか？	8
IX. クールインジエール・ルーフを塗布したら、どれぐらい冷房電力消費を抑えられるのか？	10
X. 他の遮熱塗料とクールインジエール・ルーフの違いは？	10
XI. クールインジエール・ルーフの施工方法	13
XII. クールインジエール・ルーフの一般物性等	14

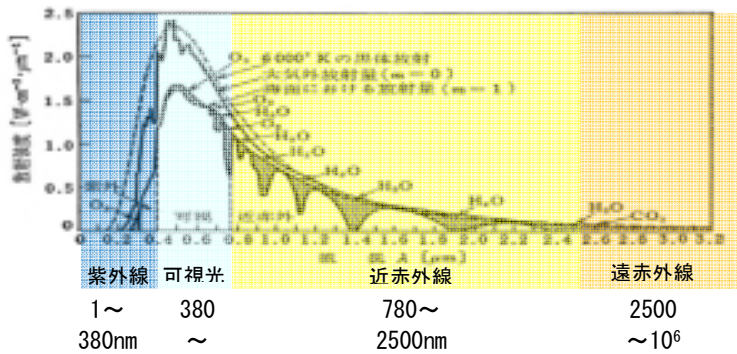
I. 遮熱塗料とは何ですか？

太陽の放射エネルギー（以後、日射エネルギーと言います）が、建物の屋根・壁から室内に入る量を少なくする塗料を総称して遮熱塗料と呼ばれていますが、①断熱、②日射の高反射、および③この組み合わせが利用されています。

- ① 断熱塗料 : 塗料に中空セリック等を分散して塗膜の熱伝導率を小さくした塗料。よって塗膜を厚くすることで効果が大きくなります。淡色系とすることで日射の反射率を高くして、断熱と日射反射の両方を活用しているものが多いようです。
- ② 高反射率塗料 : 日射、特に近赤外線の反射率を大きくした顔料（遮熱顔料）を分散させ、日射を反射することで屋根・壁へ入る熱を低下させる塗料。よって塗膜の厚さは一定以上あれば効果は同じです。
ケルツェル・ルフは、この高反射率塗料に該当します。

II. 日射エネルギー

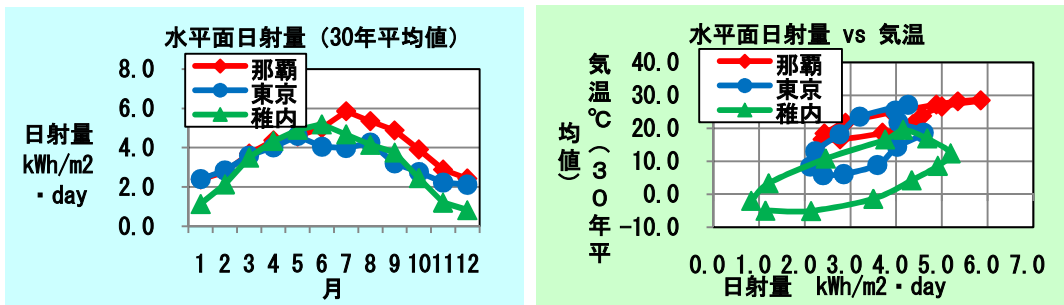
太陽の表面温度は5,760K、太陽からの総放射エネルギーは $3.85 \times 10^{26} \text{W}$ 、地球が大気圏外で受け取る放射エネルギーは 1.37kW/m^2 と言われており、紫外線、可視光線、近赤外線の分布は下表の如くとなっています。



出典：
日本太陽エネルギー学会編「太陽エネルギー読本」

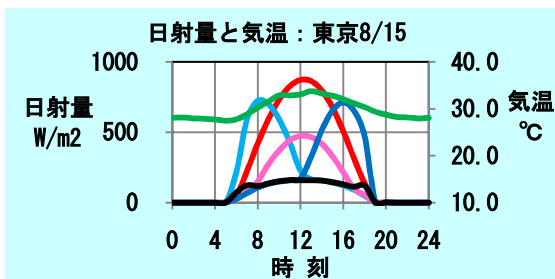
太陽から地球に注がれる日射エネルギーの30%は大気・雲・地球表面で反射され、70%が大気・雲・地球表面で吸収されますが、やがて吸収された70%は赤外線として宇宙へ再放射されています。この吸収、再放射のバランスが人為的要因、太陽活動の変化によって崩れた場合、大気や地球表面の温度が変化することになります。

この太陽放射による日射量は、下表の如く南の方が大きいものの極端な違いはなく、且つ外気温は日射量以外の要因が大きく影響しているようです。



出典：気象庁発表-全天日射量・外気温の平年値（1972～2000年の平均値）

但し、上記日射量は1日間の水平面平均値であり、日出から日没までの時刻および照射を受ける方位によって、日射量は下図の如く大きく変動しています。



- 水平（屋根を想定）
- 東壁
- 西壁
- 南壁
- 北壁

左表は、NEDO気象データ-METPV3による東京の多照年8月15日データを引用しています。

この方位による日射量の水平面日射量との比率は、特に南壁の場合季節により大きく変動しますが、東京の多照年8月15日においては

東壁	:	水平日射量の	60.1	%
南壁	:	水平日射量の	48.6	%
西壁	:	水平日射量の	59.1	%
北壁	:	水平日射量の	25.1	%

となっています。

Ⅲ. どうすれば日射エネルギーの屋根・壁からの入熱量を求められるのか？

建物の屋根・壁が日射を受けると屋根・壁がそのエネルギーを吸収し、屋根・壁の温度が上昇します。この温度が室温よりも高くなると、伝導、対流、輻射の仕組みによって室内に熱が伝えられ、室温が上昇します。

伝導：物質の分子運動または熱振動のエネルギーが伝わることによって起こるもので、伝熱量は物質の熱伝導度に比例し、厚さに逆比例します。
 平面壁の場合、伝熱量は（ λ 熱伝導度 * A面積 * Δt 温度差 / L厚さ）となりますので、熱伝導度が小さな物質を厚くすることで伝熱量を小さくできることとなり、これが断熱材、断熱塗料の基本原理です。
 なお代表的な物質の熱伝導度W/mKは下表の通りです。

物質	熱伝導度	物質	熱伝導度
銅	348	鉄	46
ステンレス	17	煉瓦	3.5~0.6
断熱材	0.2~0.03	液体	0.4~0.1
空気	0.28		

対流：混合等流体の移動によって起こる伝熱で、混合が流体の密度差（温度差）によって起こる自然対流と攪拌等外部からの力によって起こる強制対流があります。
 この対流熱伝導は、屋根瓦と野地板との間、野地板と断熱材との間、室内等空気層の熱伝導を支配しています。

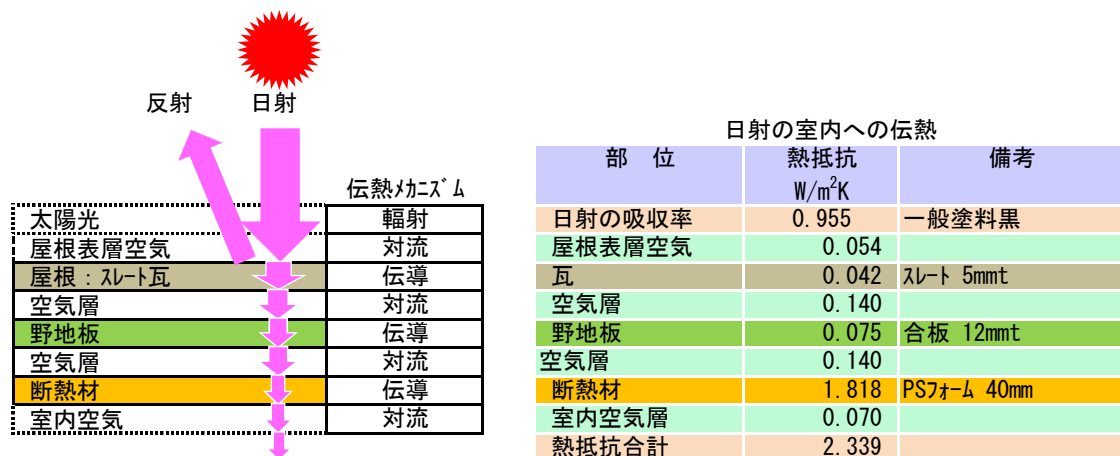
輻射：物体は全てその表面から輻射エネルギーを発していますが、その量は物質の温度とともに急激に増大しますので、高温においては輻射による伝熱が支配的となります。
 この輻射の代表が太陽からの日射エネルギーであり、黒体からの輻射エネルギーは絶対温度Kの4乗に比例します。

上記の如く、日射エネルギーを屋根・壁が吸収し、屋根/壁・断熱材・空気層等を通して室内に熱が伝わってきますので

- ① 日射を反射して、屋根・壁がそのエネルギーの吸収をより少なくする ; 高反射率塗料
- ② 屋根・壁に断熱塗料を塗布し、熱伝導を抑える ; 断熱塗料
- ③ 断熱材を補強し、室内への熱伝導を抑える ; 断熱材
- ④ 屋根裏通気層を大きくして開口を広げ通気による排熱を促す ; 構造変更

などの方法により、室内への入熱を抑えることが可能となります。

この室内への入熱量を正確に求めるためには複雑な計算が必要となりますし、日射エネルギーの吸収、伝熱は、屋根・壁の構造、使用材料等によって大きく影響されますので、その答えを出すことは簡単ではありませんが、入熱量計算を1例をあげて説明しますと下図、下表の如くとなります。



日射エネルギーが屋根に到達して、その1部がスレート瓦表面の塗膜に熱として吸収され、塗膜・スレート瓦の表面温度が上がって、スレート瓦の中で室内に向かって伝導で熱が伝わり、その熱が瓦と野地板との空気層を対流によって野地板に伝わり、野地板の中を伝導で伝わり、以後、同じように空気層、断熱材を通して、室内に熱が伝わっていきます。なお太陽からの日射エネルギーは輻射で地球表面に到達しています。

そこで、この伝熱量を計算するためには、上右表に記述されているように各々の熱抵抗を求める必要があります。

なお、室内への入熱量は下記式により概算できます。

$$\text{入熱量} = 1/\text{熱抵抗} * (\text{日射量} * (\text{日射吸収率} * \text{表層空気熱抵抗}) + \text{気温} - \text{室温})$$

ご参考)

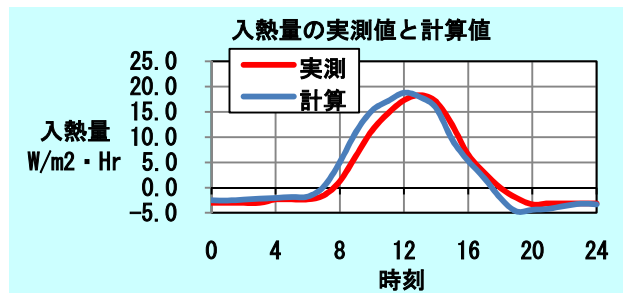
- 1) 基材の熱抵抗 W/m^2K =基材の厚さ m /基材の熱伝導度 W/mK
- 2) 空気層の熱抵抗は、基材表面の境膜(数 μm と想定)の熱抵抗であり、基材の形状・空気の流速等によって影響され、実験的に求められた多くの複雑な式もありますが

上記表の値は

赤坂ほか：“通気層を有する外壁・屋根の遮熱・断熱技術の定量的評価(その12)通気層における熱量と温度及び遮熱効果の評価”、日本建築学会大会学術講演梗概集(2007)

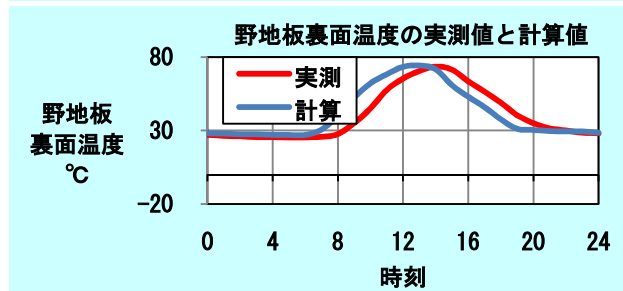
に報告されている入熱量・屋根構造等から、逆計算して求めた値であり

その値を使用して計算した入熱量および野地板の裏面温度(室内側)は、実測値は瓦から断熱材に至る部材での蓄熱があることより、時間的な遅れが生じていますが、絶対値は計算値とほぼ合致していますので、以後の計算では境膜の熱抵抗は上表値を採用しています。



- 3) ”日射量*(日射吸収率*表層空気熱抵抗)+気温”はどんな意味を持っているのか?

入熱量は、“ $1/\text{熱抵抗} * (\text{温度差})$ ”で計算でき、この温度差は外気温度と室内温度の差となりますが、その温度差での日射エネルギーの入熱をどう取り扱うかを考える必要があります。



そこで、日射エネルギーの入熱分を外気温度が上昇したと仮定して

”日射量*(日射吸収率*表層空気熱抵抗)”で外気温の上昇分を計算しています。

IV. どうすれば日射エネルギーの屋根・壁からの入熱を低下できるのか?

Ⅲの入熱計算式によれば、入熱量は、屋根・壁に吸収された熱量に比例し、熱抵抗に逆比例することから、①高反射率塗料を塗布し日射の反射を大きくする、②断熱塗料を塗布し断熱性を高める、③断熱材を增強し断熱性を高める ことで室内への入熱を低下できることが分かります。

- ①, ②, ③によって、どれぐらい室内への入熱を低下できるかを計算してみますと

室内温度 : 28.0 °C (冷房管理)
 水平日射量 : 872 W/m2hr 東京: 多照年8/15の12時 (最大日射時刻)
 気温 : 33.1 °C 東京: 多照年8/15の12時

において

	入熱量を制約する項目		入熱量 W/m ² Hr	入熱量 低下率 %
	日射吸収率	熱抵抗 W/mK		
上記表(一般塗料)	0.955	2.339	21.4	ベース
上記表+高反射率塗料を塗布	0.667	2.339	15.6	27.1
上記表+断熱塗料を塗布	0.955	2.439	20.5	4.1
上記表+断熱材を補強	0.955	3.391	14.8	31.0

一般塗料 : パーミットHS-200黒

高反射率塗料 : ケルエンジェル・ルーフ黒

断熱塗料 : 販売されている断熱塗料を想定

熱伝導率 : 0.010 W/mK 厚さ : 1.0 mm

断熱材 : ロックウールを想定 熱伝導率 : 0.038 W/mK 厚さ : 40.0 mm

となり、高反射率塗料を塗布することにより

- 1) 一般塗料に比べ入熱量を約27%低下できる。

この入熱量は、一般塗料系における朝9時15分頃の入熱量に相当します。

- 2) 厚さ40mmの断熱材の補強とほぼ同等の入熱量低下ができる。

こととなります。

ご参考) 断熱塗料は、その断熱性だけでは上表のように僅かに入熱量を低下できるだけでありますが、販売されている断熱塗料は、その色彩を淡色系として日射の反射を大きくすることで、日射の反射を大きくしているものが多いようです。

この日射の反射と色彩に関する詳細は、VIをご参照下さい。

V. クールエンジェル・ルーフで日射エネルギーの屋根・壁からの入熱をどれだけ少なくできるのか？

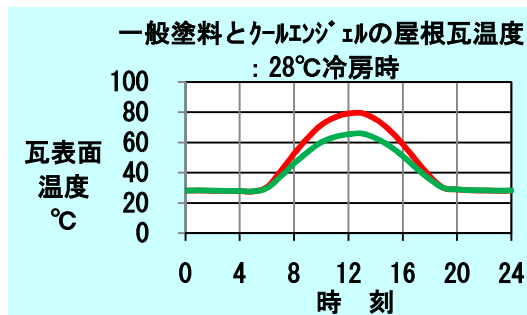
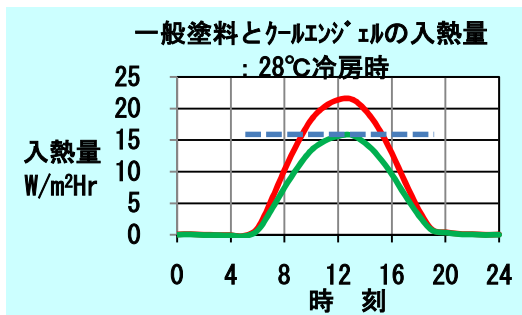
1. 屋根からの入熱

クールエンジェル・ルーフ黒を屋根に塗ると、真夏ピーク時の屋根瓦の表面温度が約14℃低下することで、室内への入熱量が約27%低下します。

この結果、午後の暑さのピーク時であっても、午前9時15分頃の快適さが得られます。

— 一般塗料（パリエイトHS-200）の黒色

— クールエンジェル・ルーフの黒色



- この入熱量および屋根瓦表面温度は
気象条件： NEDO/METPV3による東京・多照年・8月15日の日射量・外気温
屋根構造： Ⅲに例示された屋根構造
を前提として計算しています。
- 日射量のピークは12時頃ですが、気温が13時から14時がピークとなるために、室内への入熱量は13時頃がピークとなっています。但し、瓦等の部材への蓄熱がありますので実際のピークは約1時間程度遅くなります。

また、①一般塗料を塗布して室内を28℃に冷房した場合と②クールエンジェル・ルーフを塗布して26℃に冷房した場合の入熱量を比較してみますと

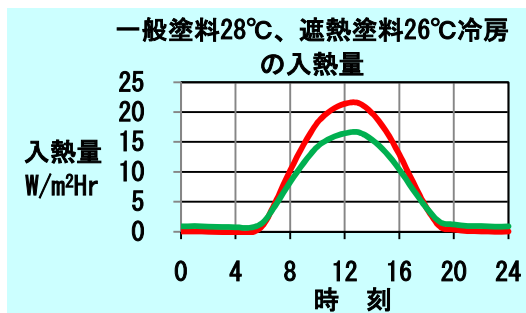
入熱量は②の方が約23%低下しますので、クールエンジェル・ルーフを塗布すれば、26℃冷房の快適さを確保して、冷房用消費電力を削減できることとなります。

— 一般塗料（パリエイトHS-200）の黒色

冷房温度28℃

— クールエンジェル・ルーフの黒色

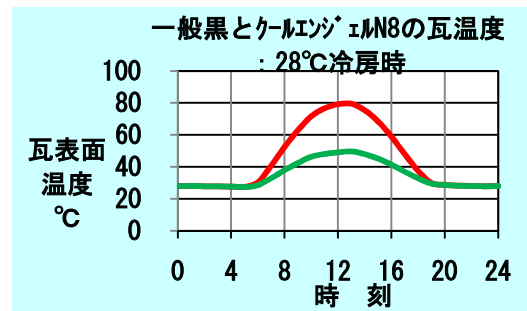
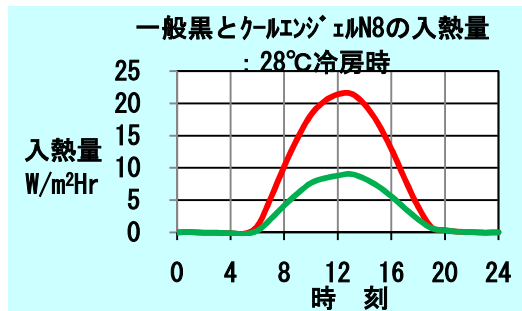
冷房温度26℃



上記は一般塗料黒N9.5に替えて、クールエンジェル・ルーフ黒N9.5を塗布した場合の入熱量低下を示していますが、クールエンジェル・ルーフの色をより淡いパールグレーN8に替えた場合

ピーク13時の値	一般 黒N9.5	クールエンジェル・ルーフ					
		黒N9.5			パールグレーN8		
		入熱量	低下量	低下率%	入熱量	低下量	低下率%
入熱量 W/m²Hr	21.5	15.8	5.7	26.7	9.0	12.5	57.9
瓦表面温度 ℃	79.5	65.7	13.7	17.3	49.7	29.8	37.5

のように入熱量は更に大きく低下します。



このように色彩によって入熱量が大きく影響を受けますが、これはⅢで記述していますように、入熱量が塗膜の日射吸収率に大きな影響を受け、Ⅵで記述しますが色彩によって塗膜の日射反射率が大きく異なっているためです。

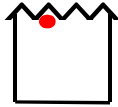

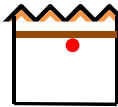
屋根の断熱構造によって入熱量はどれくらい違うのでしょうか？

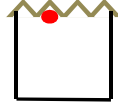
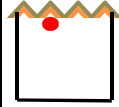
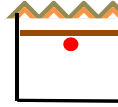
- 1) **どんな断熱構造でもケルエンジェル・ルーフを塗布することで入熱量は約27%低下（黒色の場合）**できます。
但し、色彩をより明るい色とすることで、入熱量はより大きく低下できます。；詳細はページ6,7をご参照下さい。
- 2) **しかし、屋根の断熱構造によって入熱量は大きく異なり**
ケルエンジェル・ルーフの塗布は、断熱性が弱い**工場の屋根における入熱量低下、冷房消費電力削減に非常に有効**です。
折板屋根（次表の1）と住宅の屋根（次表の7,8,9）とを比較すると、入熱量の低下は、5倍から10倍も大きくなっています。
- 3) 既存住宅は**昭和56年以前に建てられたものが約50%**となっており（平成10年住宅・土地統計調査）、**次表7のように弱い断熱構造**となっていることが考えられますので、これらについても**入熱量低下、冷房消費電力削減に有効**です。

次表に、屋根の断熱構造によって一般塗料とケルエンジェル・ルーフ塗布時の入熱量等について概算していますので、ご参考として下さい。

計算前提： 日射量 872 W/m²hr } NEDO/METPV3による東京・多照年・8月15日
外気温 33.1 °C } 12:00の日射量・気温
冷房温度 28.0 °C

工場等

	1	2	3
屋根構造	 折板 折板：鋼 0.8 mm	 折板+ロックウール 折板：鋼 0.8 mm ロックウール吹付 10 mm	 折板+ロックウール+天井 折板：鋼 0.8 mm ロックウール吹付 10 mm 石膏ボード [※] 12 mm
熱抵抗 W/mK	0.124	0.324	0.519
一般塗料黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	403	154	96
室内表面温度（●地点）°C	56.2	38.8	34.8
ケルエンジェル黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	294	113	70
室内表面温度（●地点）°C	48.6	35.9	32.9
ケルエンジェルの効果			
入熱量の低下 W/m ² ・Hr	109	42	26
%	27.1	27.1	27.1
室内表面温度差 °C	7.6	2.9	1.8

	4	5	6
屋根構造	 スレート スレート 5 mm	 スレート+ロックウール スレート 5 mm ロックウール吹付 10 mm	 スレート+ロックウール+天井 スレート 5 mm ロックウール吹付 10 mm 石膏ボード [※] 12 mm
熱抵抗 W/mK	0.147	0.347	0.541
一般塗料黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	341	144	92
室内表面温度（●地点）°C	51.9	38.1	34.5
ケルエンジェル黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	249	105	67
室内表面温度（●地点）°C	45.4	35.4	32.7
ケルエンジェルの効果			
入熱量の低下 W/m ² ・Hr	92	39	25
%	27.1	27.1	27.1
室内表面温度差 °C	6.5	2.7	1.8

住宅

	7	8	9
屋根構造	省エネルギー-基準以前	旧省エネルギー-基準 S55制定	新省エネルギー-基準 H14制定
屋根瓦	ケイ酸カルシウム板 5 mm	ケイ酸カルシウム板 5 mm	ケイ酸カルシウム板 5 mm
野地板	木材 12 mm	木材 12 mm	木材 12 mm
断熱材		ロックウール 35 mm	ロックウール 50 mm
天井	木材 9 mm	木材 9 mm	木材 9 mm
熱抵抗 W/mK	0.577	1.498	1.893
一般塗料黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	87	33	26
室内表面温度 °C	34.1	30.3	29.9
ケルエンジェル黒の場合			
入熱量 W/m ² ・Hr	63	24	19
室内表面温度 °C	32.4	29.7	29.3
ケルエンジェルの効果			
入熱量の低下 W/m ² ・Hr	23	9	7
%	27.1	27.1	27.1
室内表面温度差 °C	1.6	0.6	0.5

2. 壁からの入熱

壁からも屋根と同様に日射エネルギーが室内に入ってきますので、ウットエンジェル・ルフを塗布することで、入熱量を低下させることができます。

- 10時から15時までの日射量ピーク時の入熱量は、ペーパールーN8.0を塗布した場合約21%低下できます。

色彩を変えることで、更に入熱量を低下できます。詳細はVIをご参照ください。

- 但し、壁面積は屋根の2~3倍と大きく、且つ日射量は屋根の日射量の約36%（10時~15時の間）と小さい。

詳細についてはVIIをご参照下さい。

- また、周辺の住宅・樹木等によって、壁への日射が遮られていると、実際の日射量は更に小さくなっている。

- 一般的に、壁は淡い色で塗られていることが多く、淡い色の場合は、ケルエンジェル・ルフとパーミートHS-200、HS-300との日射反射率に大きな差がない。

詳細についてはVIをご参照下さい。

- パーミートHS-200、HS-300は、ケルエンジェル・ルフに比べて安価

淡色系	HS-200	HS-300	ケルエンジェル
設計価格 ¥/Kg	11,600	12,400	14,200

であることより、ケルエンジェル・ルフに代えて、鋼板等にはパーミートHS-200、コンクリート、窯業系外壁等にはHS-300（但し、既存の塗膜がある場合はHS-200）を塗布されてもいいと考えます。

VI. 塗る色によって日射の反射率は違うのか？

夏場、車の天板の温度は白い車だと45°Cでも黒い車だと75°Cとなっていますように、白っぽい色の方が日射を多く反射し入熱を抑えることができます。

そこで、色毎の日射反射率（紫外線から近赤外線まで）、近赤外線反射率を纏めてみますと、下表の通りとなり

- ① 同じ系統の色であれば、濃い色では一般塗料よりケルエンジェル・ルフの方が反射率が圧倒的に大きい。
- ② 明度が大きい（白っぽい色に近づく）ほど、一般塗料とケルエンジェル・ルフの反射率に差が無くなる。
- ③ 明度が大きいほど反射率が大きい。

ことより

- 1) 濃色よりも淡色を塗布した方が室内への入熱を抑えることができる。
- 2) 濃色を塗布する場合は、ケルエンジェル・ルフを塗布した方が室内への入熱を大幅に抑えられる。

こととなります。

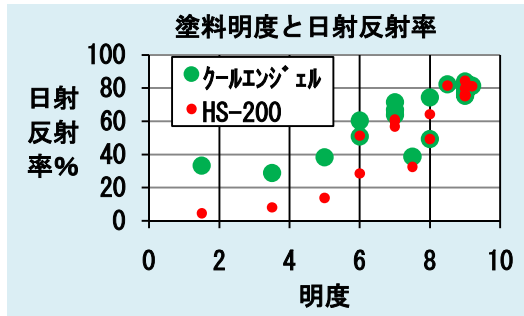
明度：色の明るさを表わしており、無彩色ではNの次の数値、有彩色では色相区分（7.5R等）の次の数値です。

色 彩			一般塗料 : HS-200		ケルエンジ [®] エル・ルフ	
			日射	近赤外線	日射	近赤外
			反射率	反射率	反射率	反射率
ホワイト	N9.5	75.9	67.8	75.4	76.0	
ブラック	N1.5	4.5	4.7	33.3	55.2	
ダークグレー	N3.5	8.1	6.5	28.9	53.1	
ミディアムグレー	N5.0	13.8	10.6	38.2	62.3	
ライトグレー	N6.0	28.6	23.0	50.9	71.8	
ペールグレー	N8.0	49.3	43.5	67.0	80.9	
ブラウン	7.5R5/6	32.6	48.1	38.6	61.7	
ライトブラウン	5R6/3	51.3	58.5	60.4	78.4	
ペールブラウン	10R8/3	64.2	61.5	74.3	85.3	
ライトイエロー	7.5Y9/3	75.6	85.5	76.1	87.6	
ペールイエロー	5Y9.2/1	81.1	85.2	81.4	87.7	
ライトクリーム	10YR8.5/6	81.6	84.8	82.2	87.3	
ペールクリーム	10YR9/2	84.4	85.3	84.1	87.7	
ライトブルー	2.5PB7/6	56.9	56.3	71.5	79.2	
ペールブルー	5PB9/2	79.8	81.8	79.7	85.2	
ライトグリーン	2.5G7/4	60.1	71.2	63.8	77.8	
ペールグリーン	2.5G9/2	75.1	81.8	76.4	85.5	
ライトビリジアン	7.5BG7/4	61.2	70.9	66.8	79.2	
ペールビリジアン	5BG9/2	75.8	80.8	77.3	84.7	

左記反射率は
白隠蔽紙上に
アブリケーターにて
乾燥後膜厚約50 μ m
に塗布したサンプルを分光
光度計にて社内測定した
数値です。

HS-200セラアルミ	53.0	53.6		
-------------	------	------	--	--

セラアルミも日射反射率が小
さくはない

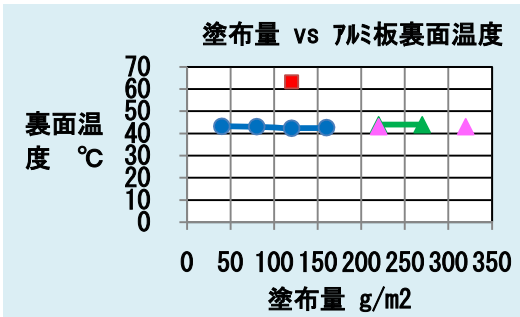


明度が大きいと日射反射率は大きく、且つ
一般塗料とケルエンジ[®]エル・ルフとの差異は小さく
なります。
明度が小さな色彩ほど、一般塗料に対して
ケルエンジ[®]エル・ルフの優位性が現れます。

VII. ケルエンジ[®]エル・ルフの塗布量と日射反射率

ケルエンジ[®]エル・ルフを40g/m²以上塗布すれば、日射の反射率は塗布量の影響を受けません。但し、実際の塗布量は、隠蔽性・防錆性・施工性等によって決定されます。

塗布量と日射反射率との関係は、アルミ板表面に塗料を所定量塗布し、硬化後100Wランプで30分照射（照射距離30cm）し、30分後のアルミの裏面温度を測定した結果、上図の如く、塗布量によって裏面温度が変動していないことで検証しています。



VIII. ガラス窓からの日射侵入はどれぐらいなのか？

- 1) 日射量は屋根の日射量の約36%（10時～15時の間）と小さい。
- 2) 然しながら、普通単板ガラスは日射の侵入率が約88%と非常に大きい。
屋根からの侵入率は、住宅の屋根7においても約10%と非常に小さい。
- 3) ガラス窓の面積は、壁面積の15%以上となっていることが多い。
ことより、窓ガラスからの日射エネルギーの室内への入熱は、断熱された屋根・壁からの入熱量より同じぐらいとなっています。

その入熱量の1例を、屋根は黒、壁はペーブルグレーで色を変えない前提で概算してみますと

1) 窓面積は壁面積の19%程度に拘わらず、窓からの入熱量は建物全体の入熱量の約50%近くを占めています。

この窓からの入熱量は、遮熱型低放射複層ガラス（空気層6mm）、レースカーテン、庇ありの前提であり、普通単板ガラスを使っていると日射侵入率は32%程度まで高くなり、入熱量は更に大きくなります。

2) 窓からの入熱を更に低下させる為には、窓の外に、朝顔・ゴーヤ等によるグリーンカーテン、よしず、すだれ、サンシェード、オーニング、外付けブラインド等の設置が日射の遮蔽に有効です。

3) 屋根からの入熱量は、黒色のままでもケルエンジェル・ルーフに変えることで、約27%低下できます。

もし、黒色から明度が大きい色、例えば、IVで記述していますようにペーブルグレーN8に変えることで更に大きな入熱量低下となります。

4) 壁からの入熱量は、ペーブルグレーN8.0のままでもケルエンジェル・ルーフに変えることで、約21%低下できますが、更に反射率の高い色彩に変えることで、更なる入熱量の低下ができます。

ことから、屋根・壁をケルエンジェル・ルーフの高い明度の色を塗り、窓ガラスからの日射を遮蔽することが、建物内への日射入熱を大きく低下する有効な方策となります。

	面積 m ²	日射量 W/m ² Hr	一般塗料：HS-200		ケルエンジェル・ルーフ		入熱の 低下%	窓外にブラインド等を設置した場合	
			日射吸収 率%	入熱量 W/Hr	日射吸収 率%	入熱量 W/Hr		入熱量	低下%
屋根	78.6	813	95.5	1,582	66.7	1,158	26.8	1,158	26.8
東壁	42.0	269	50.7	220	33.0	175			
南壁	36.0	431	50.7	255	33.0	193			
西壁	39.2	316	50.7	226	33.0	176			
北壁	43.2	158	50.7	171	33.0	144			
壁小計	Ave.	293		871		687	21.1	687	21.1
屋根・壁の中計				2,453		1,845	24.8	1,845	24.8

東窓	7.3	269	18.3	360	18.3	360		144 ~ 72	60 ~ 80
南窓	13.3	431	18.3	1,049	18.3	1,049		419 ~ 210	60 ~ 80
西窓	10.1	316	18.3	583	18.3	583		233 ~ 117	60 ~ 80
北窓	6.1	158	18.3	176	18.3	176		70 ~ 35	60 ~ 80
窓中計	Ave.	293		2,168		2,168	0.0	867 ~ 434	60 ~ 80
入熱量合計				4,621		4,013	13.2	2,712 ~ 2,279	41.3 ~ 50.7

計算前提

床面積：1階・2階ともに 78.6 m² 軒高さ：6.16 m

	東	南	西	北	合計
壁面積 m ²	49.3	49.3	49.3	49.3	197.2
窓面積 m ²	7.3	13.3	10.1	6.1	36.8
窓/壁 %	14.8	27.0	20.5	12.4	18.7

断熱構造 屋根：ペーブルグレーの通り 熱抵抗 2.339 W/m²K
壁： 色彩-黒
色彩-N8.0

基材	厚み mm	熱伝導率 W/mK	熱抵抗 W/m ² K
ケイ酸カルシウム板	16.0	0.120	空気層の
ポリスチレンフォーム	40.0	0.022	熱抵抗も
石膏ボード	9.5	0.220	2.399

窓ガラス 遮熱型低放射複層ガラス（空気層6mm）、レースカーテン、庇あり
；総合の日射侵入率 18.3 %

日射量 東京・多照年・8月15日の10時~15時の平均値

ご参考)

窓からの日射侵入率の例です。

ガラス種類	日射侵入率
普通単板ガラス	0.88
普通複層ガラス	0.79
断熱型低放射複層ガラス	0.59~0.75
遮熱型低放射複層ガラス	0.42~0.74
熱線反射ガラス	0.35~0.55

日射遮蔽部材	遮蔽係数
レースカーテン	0.67
内付けブラインド	0.57
障子	0.48
外付けブラインド	0.22
庇	0.50

日射の侵入率=ガラスの日射侵入率*部材の遮蔽係数

Ⅷ. ケルエンジェル・ルーフを塗布したら、どれぐらい冷房電力消費を抑えられるのか？

資源エネルギー庁が推計した夏の日中（14時頃）の全世帯平均の消費電力は

エアコン	53 %	照明	5 %
冷蔵庫	23 %	待機電力	4 %
テレビ	5 %	その他	10 %

となっていることから、Ⅶの計算結果を当てはめると、エアコンの消費電力はケルエンジェル・ルーフを塗布することでエアコンの消費電力を 13 %削減
更に窓に外付けブラインド、グリーンカーテン等を設置することで 28 ~ 38 %削減
合わせて 41 ~ 51 %削減
となり、各家庭の消費電力を 22 ~ 27 %削減できることとなります。

なお、Ⅶでも記述しましたように、明度が大きい色彩とすることで、ケルエンジェル・ルーフ塗布によるエアコン電力削減は更に大きくできます。

ご参考)

室内への入熱量削減によって冷房消費電力およびCO₂の削減量がどれぐらいの数値になるのかを求めてみますと、下記の通りとなります。

		夏1日当たり	夏季4ヶ月当たり
入熱量削減量	W	20,022	2,402,602
冷房電力削減量	kWh	4.3	514
冷房電力費削減	¥	98	11,761
CO ₂ 排出削減量	Kg	1.94	233

	面積 m ²	日射量 W/m ² Day	一般塗料：HS-200		ケルエンジェル・ルーフ		入熱量の低下	
			日射吸収率%	入熱量 W/Dayr	日射吸収率%	入熱量 W/Hr	量 W/Day	率 %
屋根	78.6	7,041	95.5	13,842	66.7	10,167	3,676	26.6
東壁	42.0	4,230	50.7	2,883	33.0	2,174		
南壁	36.0	3,421	50.7	2,139	33.0	1,648		
西壁	39.2	4,163	50.7	2,661	33.0	2,010		
北壁	43.2	1,771	50.7	1,753	33.0	1,448		
壁小計	Ave.	3,396		9,435		7,280	2,156	22.8
屋根・壁の中計				23,278		17,446	5,832	25.1
東窓	7.3	4,230	18.3	5,651	7.3	2,260		
南窓	13.3	3,421	18.3	8,327	7.3	3,331		
西窓	10.1	4,163	18.3	7,695	7.3	3,078		
北窓	6.1	1,771	18.3	1,977	7.3	791		
窓中計	Ave.	3,396		23,650		9,460	14,190	60.0
入熱量合計				46,928		26,906	20,022	42.7

計算前提

建物の構造：に記述した建物、断熱構造
一般塗料、ケルエンジェル・ルーフの色彩も 同一
但し、ガラス窓には外付けブラインドを設置(日射遮蔽率は60%と設定)

日射量、外気温：東京・多照年・8月15日の0時から24時

入熱量と冷房消費電力、CO₂排出量；下表の住宅の値を採用

	住宅	オフィス
エネルギー消費効率 COP	4.67	3.55
電力料金 ¥/kWh	東京・従量電灯 22.86	業務用電力 13.76
CO ₂ 排出原単位	0.453 kg - CO ₂ /kWh	

COP、電力料金：H20年度環境技術実証事業で採用された数値

CO₂排出原単位：H19年実績値(電気事業連合会)

Ⅸ. 他の遮熱塗料とケルエンジェル・ルーフの違いは？

日射の反射率は、塗料に分散される顔料の日射反射性能に依存していますので、ケルエンジェル・ルーフと他社の高反射率塗料の間に日射反射性能の差異はほとんどないものと考えられます。

一方、高反射率塗料とはメカニズムが異なる断熱塗料と謳っているメーカーもありますが、これらの断熱塗料は淡色系を採用していることから、淡色系の高反射をも活用しているものと思われる。

塗料中に分散した物質が日射エネルギーを吸収し振動による運動エネルギーに変換し、これを消費してしまう特殊塗料を謳っているメーカーもありますが、日射エネルギーを吸収した分子は、その化学結合が振動し(温度が上がる)、上昇した温度に応じて輻射か伝導で、その熱を週りに放散することになります。この時の輻射熱量は非常に小さいので、結果的には伝導で熱を移動させています。よって日射エネルギーの室内への侵入を抑制するのは、日射の反射、熱伝導(伝導、対流、輻射)の低下しか方策はないはずでず。

他社の高反射率塗料と同じような日射の反射性能をもったケルンツェル・ルフには、下記のような他社品にはない特長をもっており、これらがケルンツェル・ルフの武器となります。

1. 無溶剤だから、環境にも優しく、塗装作業時にご近所に悪臭のご迷惑をかせません！

ケルンツェル・ルフは、無溶剤無機系封孔剤の塗料用途であるパーミエイトHS-200に遮熱顔料を高度分散した製品です。

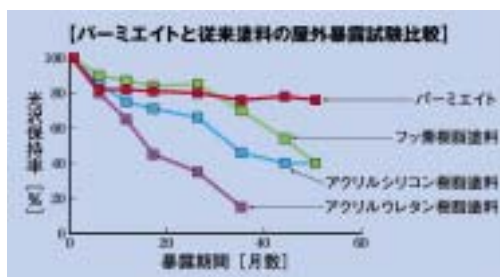
このパーミエイトHS-200は、道路・橋等・高層ビル等鋼・亜鉛めっき構造物の防錆防食塗装に幅広く使われていますが、ケルンツェル・ルフは、主成分であるパーミエイトHS-200が持っている特性を全て持っていることとなります。

2. 無機系ポリマーだから、紫外線で劣化しません。だからチョーキングを起こさず、塗り替えも30年以上要りません！

これまで、ふっ素樹脂塗料が最も紫外線に強い塗料とされてきましたが、パーミエイトは硬化して—Si-O-Si-O—を主鎖とした無機系ポリマーとなりますので、更に優れた耐紫外線性を持っています。

そのため、塗膜が紫外線で劣化し白い粉が噴くチョーキングも絶対に起こしません。

右図は、宮古島における屋外暴露試験の結果ですが、有機系ポリマーであるアクリル樹脂は非常に早く光沢が落ちており、有機無機のハイブリッドであるアクリルシリコンがそれに続いて、ふっ素樹脂はより長く光沢を保持していますものの2年経過後に光沢が落ち始めています。



一方、パーミエイトは初期に光沢が他塗料なみに落ちたものの、その後は殆んど変化していません。

光沢が落ちるのは、ポリマーが紫外線で分解され、塗膜表面に凹凸ができたり、チョーキング現象が起こっているためですから、パーミエイトが紫外線で劣化しない証拠となります。

この耐紫外線性については「パーミエイト技術資料」により詳しく記述していますので、ご参照下さい。

日射が強い個所に塗布するという事は紫外線も強くなっていることから、他社の遮熱塗料は全て有機系ポリマーを使用していますので短期間で塗り替えせざるをえないことが懸念されます。

一方、ケルンツェル・ルフの塗り替え必要期間は、その耐紫外線性から30年超となります。

塗り替え必要期間30年超の考え方

他社遮熱塗料の耐久性はパンフレット等で下記の如く表記されています。

商品名	樹脂	塗布量g/m ² (固形分推定)	耐久性
ケルサーム	水性アクリルウレタン	250	10年以上
熱交換塗料	水性アクリル	150	表記なし
ATTU・9	溶剤型ふっ素	上塗 30 μm 全厚100 μm	15~20年
	水性ふっ素		15~20年
	溶剤型アクリルシリコン		7~10年
ガイテ	水性アクリルシリコン	200	15~20年
ケルテクト	水性アクリルシリコン	160	12~15年
	水性ふっ素	160	15~20年

塗布量は遮熱性（断熱、反射）に寄与するトップコートに限定

固形分塗布量は、パンフレットによる標準塗布量に推定固形分含量を乗じた数値

- 建設省土木研究所資料第2810号において、ふっ素上塗り30 μm厚さで景観維持耐用年数（厳しい環境）が15-20年とされており、上記表記と同一
- 一方、上記資料ではアクリルウレタン、アクリルシリコン、アクリルについて言及されていないが、上記屋外暴露試験結果から、その劣化速度はふっ素を遥かに上回っていることから、ふっ素の半分程度の耐久性であろうと考えられる。ATTU・9ではアクリルシリコンはふっ素の半分の耐久性としている。
- 上記①②から耐用年数（塗り替えまでの年数）は
 - ふっ素 : 15~20年
 - アクリルシリコン : 7~10年
 - アクリルウレタン : アクリルシリコンより短期、4~5年?
 - アクリル : アクリルウレタンより短期
 とするのが妥当ではないかと考えます。

一方、パーミエイトは、①上記屋外暴露試験結果においてふっ素以上の耐久性があり、初期以降は光沢が低下していない、また②弊社が実施したSP-UVIによる促進耐候性試験においても初期以降の光沢低下は見られていないことより紫外線による劣化は起こり得ないと言えます。

然しながら、現場施工実績はH15年1月の第2京阪道路、福岡都市高速の溶射封孔が最初で、まだ8年半経過したのみであることより、永久に劣化しないとは断言できないことより

1) ふっ素の劣化速度を1.0μm/Yと設定し

(社)日本塗料工業会重防食塗料ハンドブックでは0.5μm/Yとしているが、1.0μm/Yと修正することで建設省土木研究所資料第2810号におけるふっ素の耐用年数と合致します。

2) パーミイトはふっ素より劣化速度が圧倒的に小さいが、0.9μm/Yと仮設定した場合にあってもパーミイトつまりケルソール・ルフを120g/m² (膜厚60μm) 塗布時に、その耐用年数は53年となります。

然しながら、他社品との耐用年数の優位性を謳うには、ふっ素の20年に対応できればいいことから、塗替えは30年超と表現しています。

3. 無機系ポリマーだから、耐熱性も高く、主成分であるパーミイトHS-200は国土交通省の不燃材料として認定を受けています。
だから、ケルソール・ルフ、パーミイトHS-200/HS-300で塗装すれば、飛び火もシャットアウトできます！

国土交通省の不燃材認定

HS-200： 金属板の塗装 (NM-2749、2750)

HS-300： コンクリート・レンガ、セメント板等の塗装 (NM-2748)

H23. 5. 27北海道占冠村のJR石勝線の特急脱線火災事故で、特急スーパーおおぞらの塗膜が燃えて無惨な状況となりましたが、もしパーミイトで塗装されていたれば、塗膜の燃焼は避けられました。



H23. 5. 29共同通信記事を引用

亜鉛めっき鋼にパーミイトとふっ素樹脂塗料をそれぞれ塗装し、ガスバーナーで直火を当てます。ふっ素樹脂塗膜は15秒で燃え始め、臭気も発生。一方パーミイト塗膜は2分経っても燃えず、冷却後に塗膜に割れが発生したのみ。



4. 汚れも簡単に除去できます！

高反射率塗料塗膜は、2年間の屋外暴露試験では、ΔEで2程度の汚れ、日射反射率は10%程度の低下が見られている*1ことから、塗膜は定期的な洗浄が好ましいと言えます。

*1) 田村：”高日射反射率塗料の評価と現状”、建設工業調査会ベータ設計資料No. 147建築編(2010)

ケルソール・ルフの主成分であるパーミイトHS-200は、(財)土木センターの土木用防汚材料評価促進試験Ⅰ種およびⅡ種に余裕をもって合格していますように簡単に洗浄できます。

評価試験	パーミイト	測定値	規格値
Ⅰ種： 屋外環境の土木構造物に用いられる防汚材料	HS-200	明度 -1.00	明度 -7.00以上
	HS-300	明度 -0.45	明度 -7.00以上
Ⅱ種： トンネル内に用いられる防汚材料	HS-200	明度 -0.29	明度 -7.00以上
	HS-300	明度 -0.15	明度 -7.00以上

試験方法： カボンブラック・天然黄土・関東ローム・シリカ（Ⅰ種はカボンブラックのみ）を塗布、乾燥後、流水下ガゼで落としながら洗浄し、明度（L₀*）を色彩計で測定

然しながら、洗浄の煩わしさから、親水性塗膜によるセルフクリーニング性を付与させたいとご要望される場合は、弊社推奨の光触媒コートをケルソール・ルフのトップコートとしてご紹介します。

5. 色彩は、屋根に適したブラック、ブラウンの濃厚色から、壁に適した淡い色まで豊富です。

従来の遮熱塗料は、淡い色が殆んどでしたが、ケルソール・ルフは濃厚色も選べます。

但し、濃厚色の日射反射率は、淡い色に比べて小さいので、淡い色を選択すべきかどうか意匠性と電力削減とを検討することも必要でしょう。

色彩と日射反射率については、VIをご参照下さい。

XI. ケルエンジェル・ルーフの施工方法

ケルエンジェル・ルーフは、スレート、カーベスト、コンクリート、鋼板等あらゆる基材に適用できますが、基材にある微細孔へ浸透・硬化し剥がれない根付き塗膜を形成させることを特長としていますので、基材にある微細孔の量によって施工方法を適正化しています。

また、ケルエンジェル・ルーフの塗布量は、日射反射率・隠蔽性・防錆性・施工性等を考慮して決定しますが、現時点においては隠蔽性に制約され、濃厚色の場合は120g/m²、淡色の場合は180g/m²を基準としています。

基材の色等により塗布量を低減できることもありますのでご相談させていただきます。

仕様	適用基材例	施工要領	
		施工手順と方法	塗布間隔
A ハーマイットHS-300クリアの基材への浸透がない場合	鋼板 金属系サ行インク 窯業系サ行インク 既存塗膜がある場合	① 高圧水洗	
		② 3種ケレン	乾燥直後
		③ ハーマイットHS-200セラミを150g/m ² 塗布	ケレン直後
		④ ケルエンジェル・ルーフを所定量塗布	2Hr～24Hr
B ハーマイットHS-300クリアの基材への浸透量が100g/m ² 程度および以下の場合	カーベスト	① 高圧水洗	
		② 3種ケレン	乾燥直後
		③ ハーマイットHS-300クリアを100g/m ² 塗布	ケレン直後
		④ ケルエンジェル・ルーフを所定量塗布	2Hr～24Hr
C ハーマイットHS-300クリアの基材への浸透量が120～200g/m ² 程度の場合	コンクリート モルタル スレート	① 高圧水洗	
		② 2種ケレン 劣化部は断面修復後、ポリアセメントにて全面ゾッキ ポリアセメントは東亜合成社製アロンチオクリート 1mm塗工を推奨	乾燥直後
		③ HS-300クリアを塗布 直塗り時 : HS-300クリア-200g/m ² 塗布 100g/m ² をWet on Wetにて2回塗り ポリアセメント塗工時 : HS-300クリア-100g/m ² 塗布	ケレン直後 24Hr
		④ ケルエンジェル・ルーフを所定量塗布	2Hr～24Hr
D ハーマイットHS-300クリアの基材への浸透量が200g/m ² を大きく上回る場合	粗いコンクリート	① 高圧水洗	
		② 2種ケレン	乾燥直後
		③ ポリアセメントにて全面ゾッキ ポリアセメントは緻密でハーマイットとの適合性良好な製品をお使い下さい；東亜合成社製アロンチオクリート1mm塗	ケレン直後
		④ HS-300クリアを100g/m ² 塗布	24Hr
		⑤ ケルエンジェル・ルーフを所定量塗布	2Hr～24Hr

上記塗布量には、塗布作業時の扱いは含んでおりません。

XII. ケルエンジェル・ルフの一般物性等

項目		測定値等																											
液物性	比重	1.41																											
	粘度 mPa・s	100～	作業性等を考慮してある程度調整可能です																										
	不揮発分 wt%	87.8	色、粘度調整等により若干変化します																										
	引火点 °C	55.0	危険物第4類第2石油類（非水溶性）に該当します																										
硬化速度	指触タック 溶融亜鉛めっき鋼板上に120g/m ² 塗布し評価 23°C50%RH保持	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="8">経過時間 Hr</th> </tr> <tr> <th>0.5</th> <th>1.0</th> <th>1.5</th> <th>2.0</th> <th>2.5</th> <th>3.0</th> <th>5.0</th> <th>24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ケルエンジェル</td> <td>2-3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4-5</td> </tr> </tbody> </table> <p>タック評価数値 1: 液が指についてくる 2: 指で触ると液は付かないが指跡が残る 3: 指跡は残らないがくつき感がある 4: 触ってもくつき感はないが軽くなでると跡が残る 5: 軽くなでても跡は残らないが爪で軽く擦ると傷がつく 6: 爪で軽く擦っても傷が残らない</p>			経過時間 Hr								0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0	24	ケルエンジェル	2-3	3	3	3	3	3	3	4-5
		経過時間 Hr																											
0.5		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0	24																					
ケルエンジェル	2-3	3	3	3	3	3	3	4-5																					
皮膜物性	重量減少 アルミ箔上に塗布し重量変化を測定 23°C50%RH保持	<p>なお、上記硬化速度は硬化触媒を標準添加した代表値であり、触媒添加量の増減により作業環境に見合った硬化速度に調整可能です。</p>																											
	硬度 皮膜強度 皮膜伸度	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>鉛筆硬度</th> <th>皮膜強度 N/mm²</th> <th>皮膜伸度 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3日後</td> <td>HB</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1週間後</td> <td>2H~3H</td> <td>6.3</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>1ヶ月後</td> <td>3H</td> <td>10.0</td> <td>3.9</td> </tr> <tr> <td>備考</td> <td>23°C*50%RH 保持</td> <td>皮膜厚さ0.3 ~0.4mm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			鉛筆硬度	皮膜強度 N/mm ²	皮膜伸度 %	3日後	HB			1週間後	2H~3H	6.3	2.5	1ヶ月後	3H	10.0	3.9	備考	23°C*50%RH 保持	皮膜厚さ0.3 ~0.4mm							
	鉛筆硬度	皮膜強度 N/mm ²	皮膜伸度 %																										
3日後	HB																												
1週間後	2H~3H	6.3	2.5																										
1ヶ月後	3H	10.0	3.9																										
備考	23°C*50%RH 保持	皮膜厚さ0.3 ~0.4mm																											
施工上の注意事項	<ol style="list-style-type: none"> 本塗剤は、大気中の水分を吸収して硬化が進みますので、開缶後、必要量を取り出した後は速やかに密封し、冷所にて保管して下さい。 開缶した容器表面には薄い膜が張ることがありますが、この膜は健全な塗膜の形成に支障をきたしますので除いてお使い下さい。また工具類は専用のシナーで洗浄してお使い下さい。 本塗剤は、顔料等が沈降している場合がありますので、使用前に十分に攪拌して下さい。 本塗剤は、塗布及び硬化時にアルコールを生成揮発させますので、有機溶剤取り扱いに準拠してお取り扱い下さい。 本塗剤は、シナーで希釈することなくお使い下さい。 本塗剤の硬化は温度湿度に大きく影響され、低温低湿度では硬化反応が極端に低下しますので、5°C以下での使用は避けて下さい。また、塗布直後に零下になりますと氷結等により塗膜が影響されますので防寒対策を行ってください。 塗布中及び直後に雨 露にさらされますと健全な塗膜が形成されない恐れがありますので、指触硬化完了までは雨水が当たらないように養生を行ってください。 完全硬化には約1ヶ月近くかかります。それ迄は塗布面への直接荷重、衝撃は傷の原因となりますのでご注意願います。 本剤は、下塗りのパージットが指で擦って傷が付く間に上塗りを行ってください。 なお上記の養生期間を超えた場合は下塗り塗膜面を#240^番パージットで目粗し願います。 塗膜の一部に傷がついた時には、塗膜面を目粗し後、再塗布して下さい。 																												

株式会社 ディ・アンド・ディ

〒512-1211 三重県四日市市桜町7870番地20
TEL:059-329-8680 FAX:059-329-3680
<http://www.ddcorp.co.jp/>