

屋根用高日射反射率塗料 「アレスクール」シリーズ

“ALES COOL”Series, a Coating for
Roof Use having High Solar Reflectance



関西ペイント販売(株)
建築塗料販売本部
建築製品技術部(東京)
岡本 将
Masashi
Okamoto



関西ペイント販売(株)
建築塗料販売本部
建築製品技術部(大阪)
三谷 誠
Makoto
Mitani

1. はじめに

近年、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加による地球温暖化が国際的問題となっており、深刻化する環境問題への取り組みは、人が暮らしを営む中で当然の責務となってきた。特に、排熱や排ガス、産業廃棄物などと密接に関わる工場・施設においては、その課題や責任も小さくはない。世界的にみてもCO₂削減等の「省エネ」は共通のキーワードとなり、企業、個人に関係なく今以上の努力が求められている。日本国内でも様々な分野で「省エネ製品」の開発が盛んになり、各業界ならではの視点を持って環境保全活動に努めている。塗料業界では、太陽光線(赤外線)を反射する「高日射反射率塗料」がヒートアイランド現象の緩和や省エネルギー効果等を有する材料として注目を浴び、環境省が進める「環境技術実証事業(ETV)ヒートアイランド対策技術分野(建築物外皮による空調負荷低減技術)」の対象技術に「高日射反射率塗料」が加えられるなど、「省エネ製品」としての環境保全効果に大きな期待が寄せられている。弊社でも、塗料業界ならではの視点で環境保全活動に提案できる「高日射反射率塗料」に関する研究開発を古くから行っており、独自の技術により「アレスクール」の開発に至った。本報では「アレスクール」の遮熱効果を中心に紹介する。

2. 開発目標と技術コンセプト

2.1 開発目標

「アレスクール」は日射による太陽光線がもたらす赤外線を塗膜によって効率良く反射する「高日射反射率塗料」であり、建物内部の温度上昇の大きな原因である屋根の表面温度上昇を抑制する事が最大の特徴である。屋根の表面温度上昇を抑制する事により、屋根材を経由して室内に伝わる熱移動を抑制し、夏場のエアコン使用量を大幅に節約でき、CO₂の排出量を削減する事を目的とする。一般的に、屋根表面の温度上昇は太陽光線中の赤外線の吸収が大きな要因で、赤外線の反射率の高い白または淡彩色を用いる事により、屋根表面温度上昇の抑制が可能であると知られ

ている。しかしながら、白系塗色は可視光が反射しやすく近隣住民などに影響を与える場合がある。また、建築物のカラーデザイン上、屋根には濃彩色が使用されるケースが多く、国内の住宅屋根は一般的に黒をはじめとした濃彩色がほとんどである。弊社では、黒および濃彩色で遮熱効果を高めた「屋根遮熱システム」の展開を行っているが、今回、遮熱性能の更なる向上を図った。

2.2 赤外線反射システムの考え方

塗膜により太陽光(赤外線)を反射させる高日射反射率塗料として、弊社では従来より「アレス屋根遮熱システム」の展開を図ってきた。「アレス屋根遮熱システム」の最大の特徴は、赤外線を高反射させる特殊反射性顔料を配合した「アレスクールプライマー」とカーボンブラックの削減や特殊黒系顔料を使用した「スーパーシリコンルーフ遮熱色」の組み合わせによる「Wブロック工法」を採用している点である。「Wブロック工法」について図1にイメージ図を示す。この工法の最大の利点は、下塗りに高い赤外線反射機能を付与させて上塗りを透過した赤外線を最大限に反射できる点であり、上塗塗膜単独で赤外線反射率を高くするよりも更に反射率を向上させる事である。また、上塗りには紫外線や可視光線は透過せず赤外線のみ透過するといった機能を付与させているため、紫外線の透過により生じる下塗り塗膜の劣化(層間付着の低下)等の問題や、可視光線の透過による下塗り塗膜のスケといった問題が生じない事も「Wブロック工法」の特徴の一つである。「アレスクール」にも、この「Wブロック工法」を採用し、さらに、①下塗り塗膜の赤外線反射率の向上、②上塗塗膜の赤外線反射率および透過率を最適に制御する事により、「アレス屋根遮熱システム」よりも遮熱性能を高める事を可能とした。

2.3 高反射性下塗り塗膜の考え方

「Wブロック工法」でより高い赤外線反射率を考えた場合、下塗りでの赤外線反射率が大きく関係する。JIS K5602「塗膜の日射反射率の求め方」に従い、赤外線反射率を変動させた下塗りを塗装し、上塗りとして「アレスクール1液Siカーボングレー色」を塗装したシステム塗膜にて、780～

2500 nm の波長領域にて分光反射率を測定した結果を図2に示す。下塗りの反射率により、システム塗膜の分光反射率は大きく変動している。したがって、下塗り塗膜の反射率を高める事により、システム塗膜としてより高い赤外線反射率を示す。このように、より高い反射率を示す下塗り塗膜を設計する事が重要であり、「アレスクール」の下塗りには

特殊反射性顔料を配合した「アレスクールプライマー」を適用する事とした。通常の酸化チタンを配合した下塗りとは特殊反射性顔料を配合した下塗りでの分光反射率曲線を図3に示す。通常の酸化チタンよりも特殊反射性顔料を使用する事により、高い赤外線反射率を示している。そこで特殊反射性顔料を配合した高反射性下塗りを設定した。

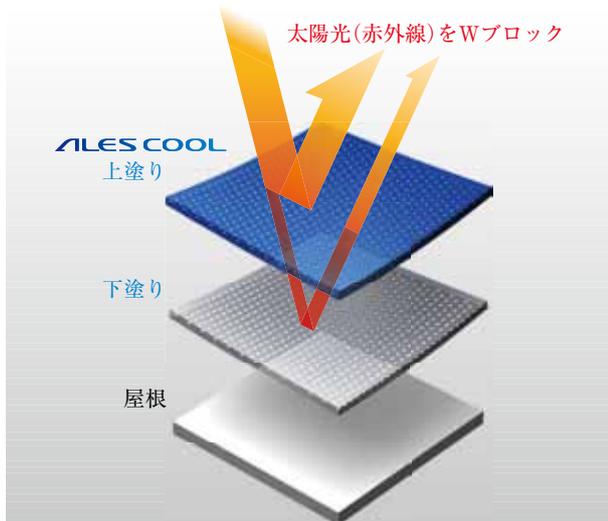


図1 Wブロック工法 イメージ図

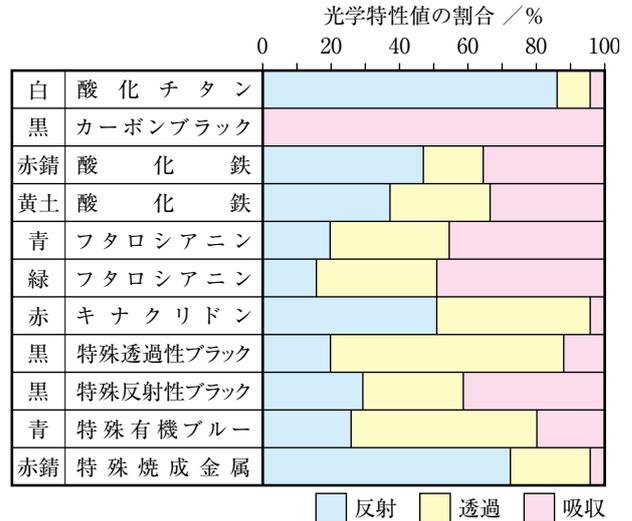


図4 顔料種の違いによる塗膜の反射率、透過率及び吸収率

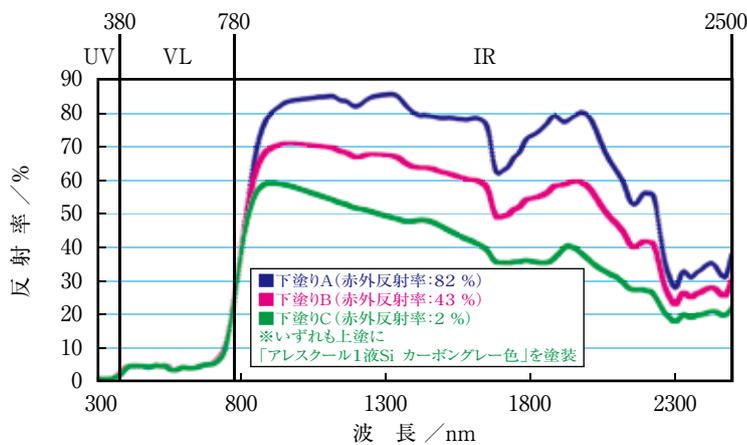


図2 下塗りの反射率変動によるシステム塗膜での反射率変動

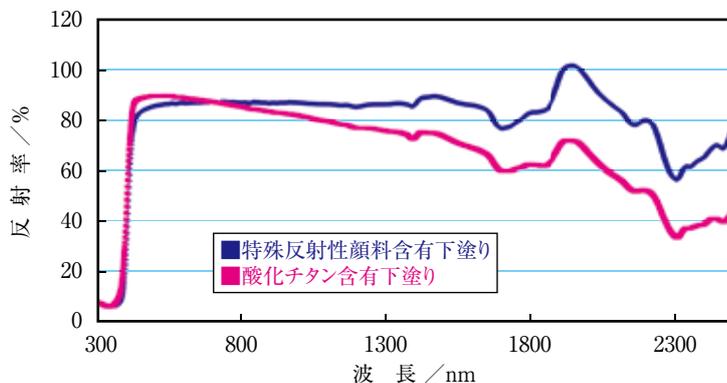


図3 通常の酸化チタンを配合した下塗りとは特殊反射性顔料を配合した下塗りでの分光反射率曲線

2.4 高反射性かつ高透過性上塗り塗膜の考え方

「Wブロック工法」における上塗り塗膜は下塗りの高い赤外線反射率を最大限に活かした高反射性かつ高透過性の塗膜を設計する必要がある。図4に種々の顔料を配合した塗膜の日射反射率、透過率および吸収率を示す。

弊社の屋根用塗料「スーパーシリコンルーフペイント」の配合を基に各顔料の原色塗膜を用いた。JIS K5602に記載される重係数を用いて、780～2500 nmの波長領域での日射反射率および透過率を算出し、吸収率は日射反射率+透過率+吸収率を100%と仮定し算出した。その結果、白や赤塗色は反射率(又は透過率)が高く、黒や緑塗色は反射率および透過率が低い。つまり黒と緑塗色は大部分の赤外線が塗膜にて吸収されている事が解る。これは、顔料特性により、塗膜の反射率、透過率および吸収率が決定される事を示し、高反射性かつ高透過性の上塗りを設計するにあたり使用する顔料の組み合わせが非常に重要となる事が解る。そこで、様々な顔料における光学特性を調査し、顔料の構造や粒子系等を初めとした顔料特性や組み合わせから、反射性、透過性を制御する技術を見出し高反射性及び高透過性に優れた上塗りの設計

を可能とした。図5に「アレ屋根遮熱システム」と「アレスクール」上塗り(ブラック色)の日射反射率、透過率及び吸収率を示す。

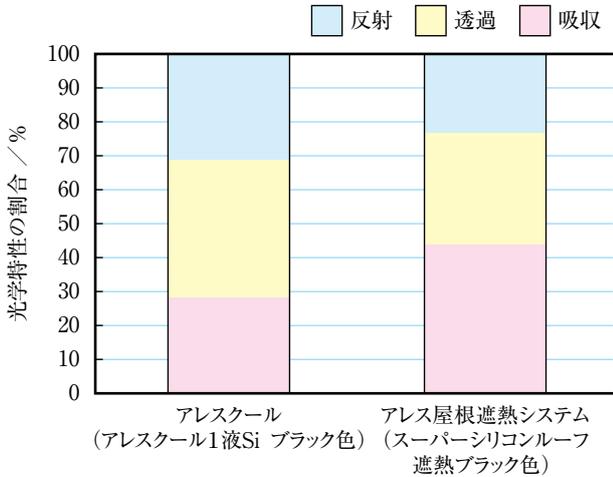


図5 ブラック色での反射率、透過率および吸収率

3. 「アレスクール」の遮熱性能

3.1 「アレスクール」の赤外線反射性

上記、2.3及び2.4で述べた塗料を組み合わせた「Wブロック工法」での分光反射率を図6に示す。JIS K5602「塗膜の日射反射率の求め方」に規程される測定方法に従い、ブラック色における「アレスクール」および「屋根遮熱システム」の分光反射率を示している。このように、①下塗りの赤外線反射率を向上させた事と②上塗りでの反射率及び透過率を向上させる事により、「アレ屋根遮熱システム」より反射率を大きく向上させた。

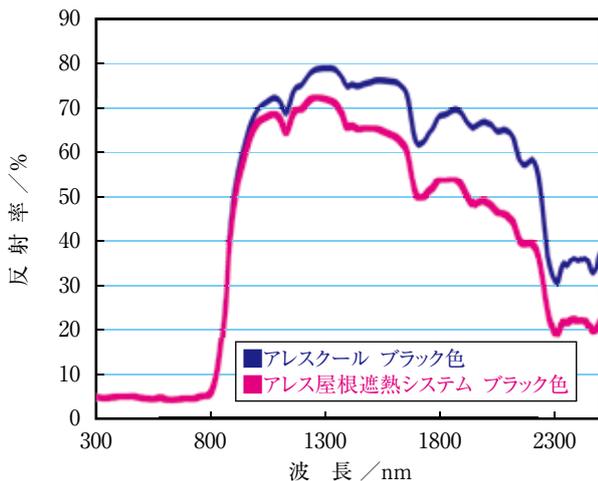
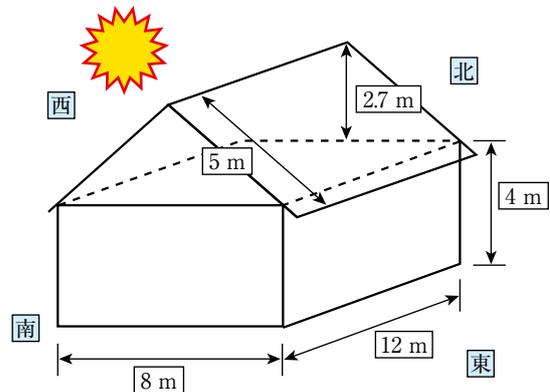


図6 システム塗膜(ブラック色)での分光反射率の比較

3.2 仮想モデルでのシミュレーション計算による検証

「アレスクール」の最大の目的は、日射の影響を受ける屋根に塗装し、屋根の表面温度上昇を抑制させて、屋根材を経由して室内に伝わる熱移動を少なくし、夏場のエアコン使用量の節約とCO₂排出量の削減である。

そこで、図7に示すような鋼板屋根を有する構造の建物を想定し、上塗りに弊社製品である屋根用塗料「スーパーシリコンルーフカーボングレー色」または「アレスクール1液Siカーボングレー色」を塗装した際の室内温度およびエアコンの使用量低減効果を熱負荷計算プログラム「SMASH for Windows」(財建築環境・省エネルギー機構)を用いてシミュレーションした。設定条件は屋根の日射反射率とシステム塗膜の赤外反射率が同一と考えて、反射成分以外は全て吸収されるものとして、JIS K5602「塗膜の日射反射率の求め方」に規程される測定方法に従い、日射反射率を算出し、「アレスクール1液Siカーボングレー遮熱色」の日射吸収率を40%とした(「スーパーシリコンルーフカーボングレー色」:95%)。それぞれのシミュレーション計算結果を図8、図9に示す。最暑日の一日を想定し、全く冷房を作動させない条件下において、「アレスクール1液Siカーボングレー色」は「スーパーシリコンルーフカーボングレー色」



- ◆仮想モデル 建物構造
 - ・屋根表面積：120 m²
 - ・床面積：96 m²
 - ・室内容積：449 m³
 - ・外壁構成：ALC120 mm/
石膏ボード12 mm
(白系塗料を塗装)
 - ・屋根構成：鋼板屋根0.4 mm/
ポリエチレンフォーム4 mm
 - ・窓や入口などの開口部は存在しない。
 - ・部屋数は1つ
- ◆計算条件
 - ・計算手法：熱負荷計算プログラム
「SMASH for Windows」
(財建築環境・省エネルギー機構)
 - (設定条件)
 - ・換気回数：5回/h (自然換気)
 - ・熱収支は屋根、外壁、床と部屋
 - ・地域：大阪 (計算ソフトで設定されている
気象条件)
 - ・屋根勾配角度：31°

屋根面に「アレスクール カーボングレー色」を塗装した場合と「スーパーシリコンルーフ カーボングレー色」を塗装した場合の冷房負荷量 (MJ) や室内温度をシミュレーションした。

図7 シミュレーション計算用 仮想モデルと各種条件

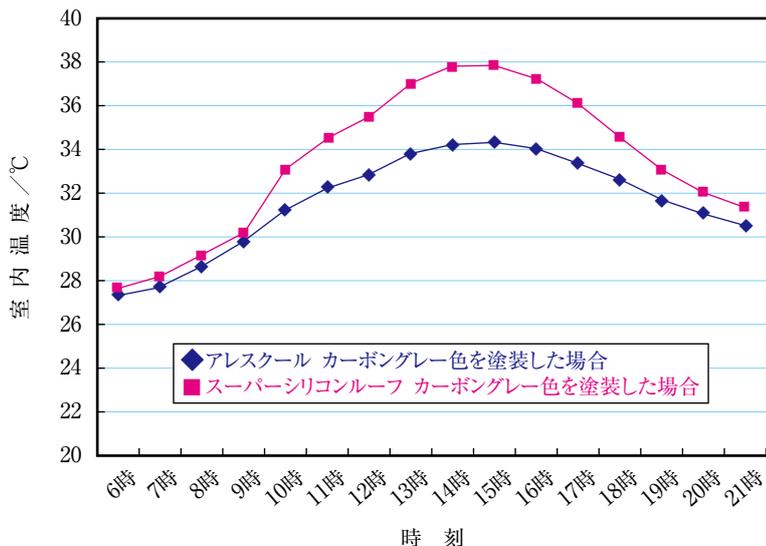


図8 最暑日における室内温度シミュレーション

より室内温度を最大で約3℃低減できるという計算結果が得られた。また、室内に侵入する熱量から算出される冷房負荷量においては、年間約40%削減効果があり、電気代金やCO₂排出量も同様に約40%の削減効果が期待できるという計算結果が得られた。もちろん、建物の条件等によりこの削減効果は増減すると考えるが、「アレスクール」の塗装により室内への侵入熱量は抑制可能である。

3.3 小型モデルハウスによる温度低減効果の検証

「アレスクール」の表面温度低減効果を検証する手法として、図10に示すような小型のモデルハウスを作成し、試験体の表面温

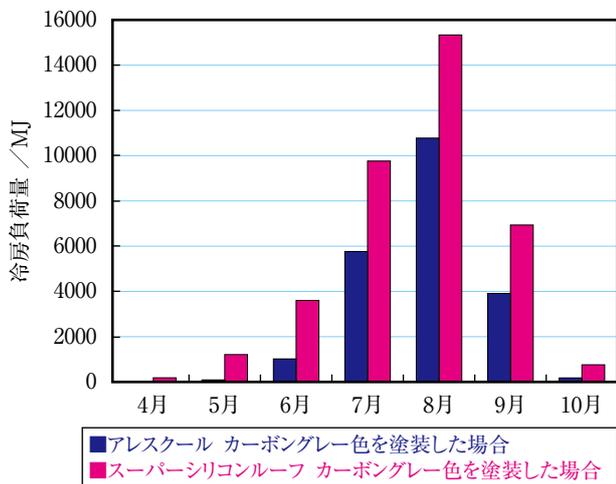


図9 月別の冷房負荷量シミュレーション



小型モデルハウス



小型モデルハウスの内部
(発泡スチロールで囲ってある)

図10 小型モデルハウス

表1 小型モデルハウスによる温度低減効果の検証 実験用塗装仕様試験体①(アレスクール仕様)

工程	塗料名・処置	標準所要量 (kg/m ²)	塗装方法	希釈率 (wt%)	希釈剤
下塗り	アレスクールプライマー	0.21	ローラー	10	塗料用シンナーA
上塗り (1回目)	アレスクール1液Si (カーボングレー色)	0.12	ローラー	10	
上塗り (2回目)	アレスクール1液Si (カーボングレー色)	0.12	ローラー	10	

※標準所要量に関しては、塗装回数1回あたりの所要量を示す。

表2 小型モデルハウスによる温度低減効果の検証 実験用塗装仕様試験体②(スーパーシリコンルーフ(一般屋根用塗料)仕様)

工程	塗料名・処置	標準所要量 (kg/m ²)	塗装方法	希釈率 (wt%)	希釈剤
下塗り	ザウルスEX II (錆止め塗料 塗色:赤錆色)	0.21	ローラー	10	塗料用シンナーA
上塗り (1回目)	スーパーシリコンルーフ (カーボングレー色)	0.12	ローラー	10	
上塗り (2回目)	スーパーシリコンルーフ (カーボングレー色)	0.12	ローラー	10	

※標準所要量に関しては、塗装回数1回あたりの所要量を示す。

度、裏面温度および室内温度を測定した。外部からの熱を供給するためにハロゲンランプを使用し、光源と試験体との距離を固定した。この際に、夏季の日中を想定し、標準塗装システムで塗装した試験体の表面の温度が60～70℃になるように条件設定を行った。また、試験体を設置する屋根面以外は発泡スチロール板でモデルハウス内部を囲い、試験体表面から移動した熱の放散を防止した。試験体は、鋼板上に表1、表2に示す塗装仕様で作成した。上塗の塗色をカーボングレー色とした場合、「アレスクール」は一般屋根用塗料である「スーパーシリコンルーフ」と比較し、表面温度において約20℃、裏面温度において約20℃、モデルハウス内部温度においては約5℃の低下がみられた(図11)。



図11 モデルハウスによる検証実験

4. 「アレスクール」の特徴と製品ラインナップ

「アレスクール」の製品ラインナップおよび塗装仕様書を表3、表4に示す。「アレスクール」は日射の影響を強く受け、風雨や雪にさらされる、過酷な環境下である屋根面への塗

装を考慮し、いずれの製品も耐久性の高い樹脂を選定している。また用途や期待耐用年数に合わせて、上塗り5種類、下塗り2種類と豊富なラインナップを持ち、一般戸建てから工場などの幅広いニーズに対応可能である事も「アレスクール」の大きな特徴である。

5. おわりに

屋根用高日射反射率塗料「アレスクール」は、塗料メーカーならではの視点で地球環境への貢献を考えた塗料である。環境省の環境技術実証事業「ETV」でも認証され、今後の環境保全への効果が期待されている。日本の電力消費量が削減できるように、「アレスクール」の普及に力を入れ、屋根用遮熱塗料のトップブランドの地位確立に努めると共に、今後の様々な地球環境の保全活動に努めていく。

参考文献

- 1) 中井一寿、大森弘勝、寫田真一：塗料の研究、144、68-74(2005)
- 2) 廣瀬哲也、長島清二：塗料の研究、142、55-59 (2004)
- 3) 近藤靖史：建築雑誌、120 [1534]、60-61 (2005)

表3 窯業系屋根の標準塗装仕様

工 程	塗料名・処置	塗装回数	標準所要量 (kg/m ²)	塗装方法	塗装間隔 (23℃)	希釈率 (wt%)	
素地調整	劣化した旧塗膜や表面の化粧層、砂、ホコリ、汚れ、コケなどは高圧水洗浄機やワイヤーブラシなどを用いて入念に除去してください。その後水分がなくなるまで十分に乾燥した清浄な面とする。						
下 塗 り	屋根強化プライマー-EPO	1	0.30	ハケ・ローラー・(エアレス)	4時間以上7日以内	無希釈	
中 塗 り	アレスクールプライマー	1	0.35	ハケ・ローラー・(エアレス)	8時間以上7日以内	塗料用シンナーA (0~5)	
上塗り	フッ素系の場合	アレスクール水性F	2	0.22	ハケ・ローラー・(エアレス)	2時間以上7日以内	上水 (0~10)
	シリコン系の場合	アレスクール水性Si	2	0.22	ハケ・ローラー・(エアレス)	2時間以上7日以内	上水 (0~10)
		アレスクール2液Si	2	0.22	ハケ・ローラー・(エアレス)	2時間以上7日以内	塗料用シンナーA (5~1)

※標準所要量に関しては、塗装回数1回あたりの所要量を示す。

表4 金属系屋根の標準塗装仕様

工 程	塗料名・処置	塗装回数	標準所要量 (kg/m ²)	塗装方法	塗装間隔 (23℃)	希釈率 (wt%)	
素地調整	高圧洗浄、3種ケレン程度の処置を行い、劣化塗膜(膨れ・割れ・浮き)、ゴミ、汚れなどを入念に除去し乾燥した清浄な面とする。						
補修塗り	アレスクールプライマー	1	0.21	ハケ・ローラー・(エアレス)	8時間以上7日以内	塗料用シンナーA (0~5)	
中 塗 り	アレスクールプライマー	1	0.21	ハケ・ローラー・(エアレス)	8時間以上7日以内	塗料用シンナーA (0~5)	
上塗り	フッ素系の場合	アレスクール1液F	2	0.12	ハケ・ローラー・(エアレス)	2時間以上7日以内	塗料用シンナーA (5~15)
	シリコン系の場合	アレスクール1液Si	2	0.12	ハケ・ローラー・(エアレス)	2時間以上7日以内	塗料用シンナーA (5~15)

※標準所要量に関しては、塗装回数1回あたりの所要量を示す。

新技術