

# 大型車両用モノコートソリッドの開発

Development of Mono-Coat-Solid for Large-size Vehicles



関西ペイント販売(株)  
自補修塗料本部  
製品技術部  
竹内茂紀  
Shigeki  
Takeuchi



関西ペイント販売(株)  
自補修塗料本部  
製品技術部  
西澤安明  
Yasuaki  
Nishizawa

## 1. はじめに

鉄道車両やトラック・バス等の大型車両は一般に耐用年数が長いため、一定期間毎に整備と合わせ再塗装を行ない外観の維持向上を図っている。従って、大型車両用補修塗料には、良好な仕上がり性と耐久性はもちろんのこと、幅広い塗装作業環境に対応でき、かつ作業時間の短縮と使用量低減によるコスト削減が可能な塗料開発が求められてきた。

近年これら従来からの要求に加え、地球環境意識の高まりに併せ、法令（PRTR法：化学物質排出移動量届出制度、大気汚染防止法等）への対応と、塗装作業者及び近隣住民の健康に配慮し、有害性が低く、かつVOC量の低減など環境配慮型塗料の開発が急務となっている。

弊社のこれまでの大型車両用補修塗料である「**レタンPGフリート**」は、2液型速乾性ウレタン樹脂系で、その仕上がり性と塗装作業性、及び塗膜の耐久性については、大型車両業界で高い評価を得ている。今回、環境配慮への要求に対応するため、塗料中のトルエン・キシレンなどのPRTR対象物質を1%未満まで削減し、耐久性向上を図った環境配慮型2液ウレタンモノコートソリッド「**レタンPGエコフリート**」を開発した。本塗料は、鉄道車両のようにさらに大型塗装設備を要し、かつ全体を均一に加熱することが難しい乾燥設備でも短時間の乾燥後にマスキングやステッカー張りなどの工程へ移行できるという乾燥性を有することを特長としている。

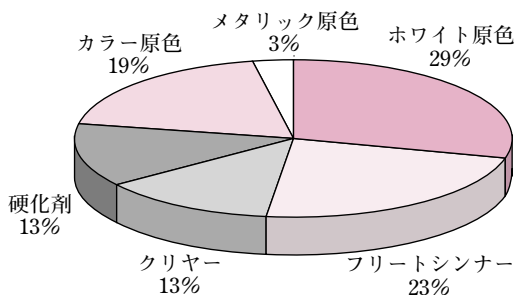


図1 レタンPGフリートの年間出荷比率

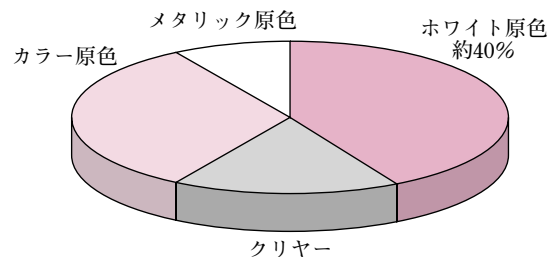


図2 出荷比率より算出したレタンPGフリート使用時の揮発溶剤量の割合

さらに、レタンPGフリートを構成する製品の中で、ホワイト原色の出荷量は約30%と最も多く(図1)、塗装時のVOC排出量は全体の約40%を占めている(図2)。従って、このホワイト原色中の溶剤量を低減することは総合的なVOC量の削減に効果的である。このVOC削減を目的に、環境配慮型ハイソリッド2液ウレタンモノコートソリッド「**レタンPGエコフリートHSホワイト**」も開発した。この2種の開発品について以下に紹介する。

## 2. 機能目標とコンセプト

一般的な大型車両の補修塗装工程を図3に示す。外板の傷や凹みにパテを埋めて、中塗りのプライマーサーフェーサー（以下、プラサフと称する）を塗装して平滑な塗装面とした後に、上塗りを塗装し、乾燥させる。

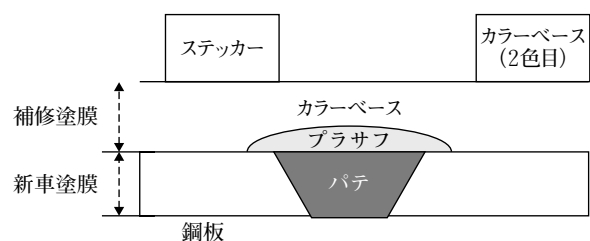


図3 大型車両損傷部の補修工程(断面)

乗用車の補修では上塗りまでの工程は対象部位だけの部分的な補修を行う場合がほとんどであるが、大型車の場合は、パテ、プラサフは部分的であるものの、上塗り工程では車体全体を塗装する 경우가多く、塗装面積が大きい。さらに、企業カラーやデザインなどの意匠性が要求されるため数色に塗り分けたり、塗り重ねたりするための速乾性や、ステッカー類の貼り付け性も求められる。更に大面積を塗装することから、塗装作業効率向上のため、エアスプレー塗装機だけでなくエアレス塗装機、静電塗装機など様々な塗装機器が使用されている。

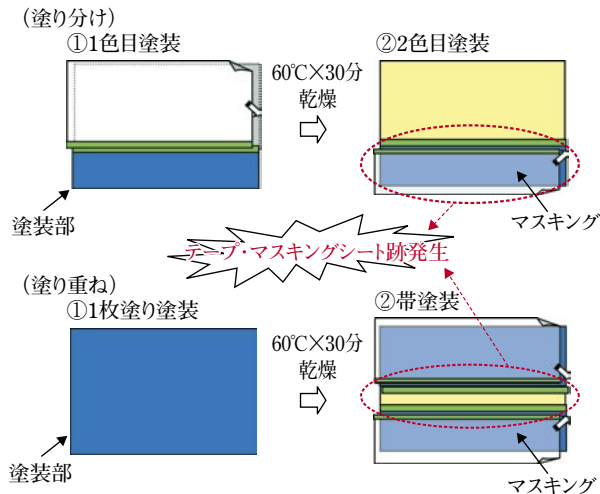


図4 多色塗り時の塗装工程

図4に大型車両の多色塗り工程の一例を示す。通常1色目の上塗りを塗装した後、常温乾燥もしくは短時間での強制乾燥後に、テープやシートなどでマスクングを行い、2色目以降を塗装する。そのため、塗装後短時間で、テープ、シートでのマスクングが可能な硬化状態の塗膜となることが要求される。

主剤と硬化剤を塗装直前に混合する2液混合型ウレタン塗料は耐久性に優れ、乾燥温度や硬化触媒による硬化速度のコントロール幅が広く、これら条件を満たすのに適してい

る。しかし、大型車両の塗装においては塗装面積が広く、1つの色の塗装に時間が掛かり、この間における塗料の可使用時間(ポットライフ)をより長くする必要があり、さらに、種々の塗装機器に適用可能でなくてはならない。

従って、「レタンPGエコ フリート」は従来品と同等以上の仕上がり性、耐久性を有し、かつ、塗装現場での要求が強い作業効率の向上(乾燥性向上)を機能目標とした。併せて環境対応の面から、PRTR対象物質の削減を行った。また様々な塗装機器が現場ごとに使用されていることから、顧客の現行塗装システムを変更せずに使用可能な塗装仕様を設定した。

また、「レタンPGエコ フリートHSホワイト」は、環境への配慮を主目的とし、PRTR対象物質の削減はもちろんのこと、VOC量の削減を行いつつ、従来のレタンPGフリードが使用されてきたような、ある程度乾燥設備の整った塗装現場において、高塗装作業性、高仕上がり性を確保することを機能目標とした。

表1にホワイト原色における開発品の機能目標をまとめた。

### 2.1 仕上がり性と硬化性の両立

塗装作業効率向上のためには、マスクングが可能になるまでの乾燥時間の短縮が必要であるが、硬化性が速くなるとポットライフが短くなり、さらに塗装～乾燥過程での塗膜の平滑性が阻害されることから、仕上がり外観が低下する。そのため、「レタンPGエコ フリート」は従来品であるレタンPGフリード同等以上の仕上がり性とポットライフを確保しつつ、マスクング可能時間を短縮することを目標とした。

### 2.2 法規制への対応

#### 2.2.1 PRTR法対応

「レタンPGエコ フリート」、「レタンPGエコ フリートHSホワイト」とも、有害性のある化学物質の使用量を届け出ることを定めたPRTR法への対応として、トルエン、キシレンなどの対象物質を1%未満とすることを目標とした。

表1 機能目標 (ホワイト原色)

	レタンPGフリード (従来品)	レタンPGエコ フリート	レタンPGエコ フリートHSホワイト
PRTR届出義務	× (有り)	○ (無し)	○ (無し)
消防法区分	第4類第2石油類	第4類第2石油類	第4類第2石油類
VOC規制 (EU) 対応	×	—	420g/L以下
塗装時加熱残分 (%)	41%	50%以上	65%以上
仕上がり性	○	○	◎
乾燥性 (マスクング可能時間)	60°C×30分以内 or 20°C×6時間以内	◎	○
塗装作業性	○	◎	◎
塗膜性能 (耐候性)	○	◎	◎

注) ○：レタンPGフリード同等 ◎：レタンPGフリード同等以上

### 2.2.2 VOC量の削減

2006年4月1日から施行されている改正大気汚染防止法では、業種や企業規模に応じた法律による規制と事業者の自主的取り組みによるベストミックス方式を基本としており、VOC削減は自主的に取り組むべき課題として要求されている。

従って、日本国内では塗料ごとのVOC規制値が設定されていないが、将来動向を視野に入れて、「レタンPGエコフリートHSホワイト」の上市に際しては、すでにVOC排出規制を行っている欧州塗料工業（CEPE）の規制値である「420 g/L」以下に適合することを目標にした。

### 2.3 各種塗装機器適性

塗装現場に導入されている塗装機器は1つの工場内でも種々異なる装置が使用されている。『レタンPGエコフリート』は、最も一般的なエアスプレーでの条件設定はもちろんのこと、微粒化にエアを用いないエアレス塗装機、塗着効率の高い静电塗装機各種において、エアスプレー塗装と同等の仕上がりを確保することを目標にした。

## 3. 開発のポイント

### 3.1 乾燥性とポットライフの両立

多色塗り時の作業効率向上のためには、塗装後に短時間でマスクング作業ができ、かつ、マスクング跡が残らないようにするには塗膜の乾燥から硬化速度を高めるのが最も有効な手段である。しかし、単純に硬化速度を上げるだけではポットライフが短くなるという問題が発生し、これにより、塗膜の平滑性が得られる適正な塗装粘度の保持時間が短くなってしまいます。そこで、チタン白(顔料)粒子の約1/10の大きさである透明性ナノ粒子を添加し、硬化触媒増量と組み合わせることで改良を試みた。その結果、ポットライフの短時間化や仕上がり外観の低下を起こすことなく(図5、6)、短時間でのマスクング作業が可能となった(図7)。

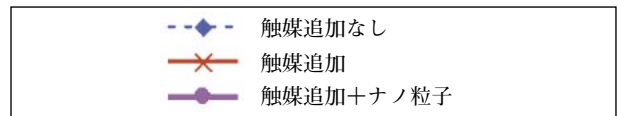
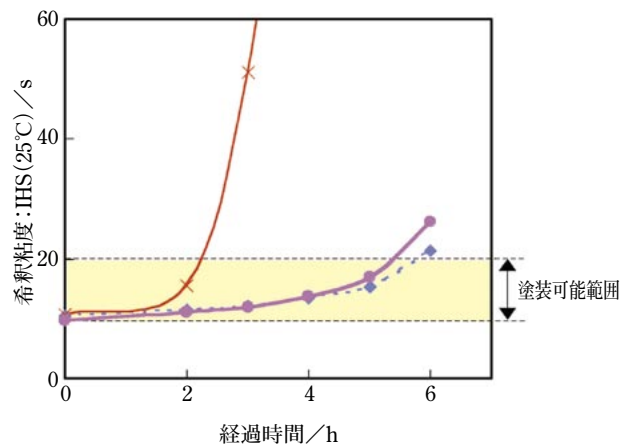
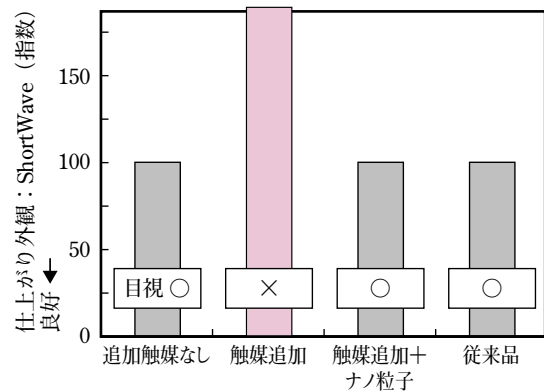
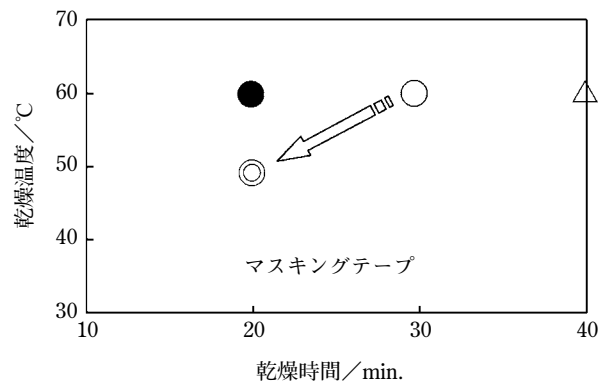
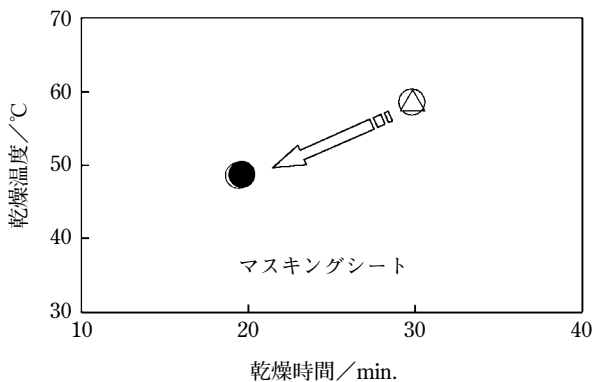


図5 塗料粘度の変化



注) ShortWave: ツヤ感を表す指標。数値が小さい方が良好。

図6 従来品との仕上がり外観の比較



●: 触媒追加 ○: 触媒追加なし ◎: 触媒追加+ナノ粒子 △: 従来品

図7 塗装後マスクング可能乾燥条件の比較

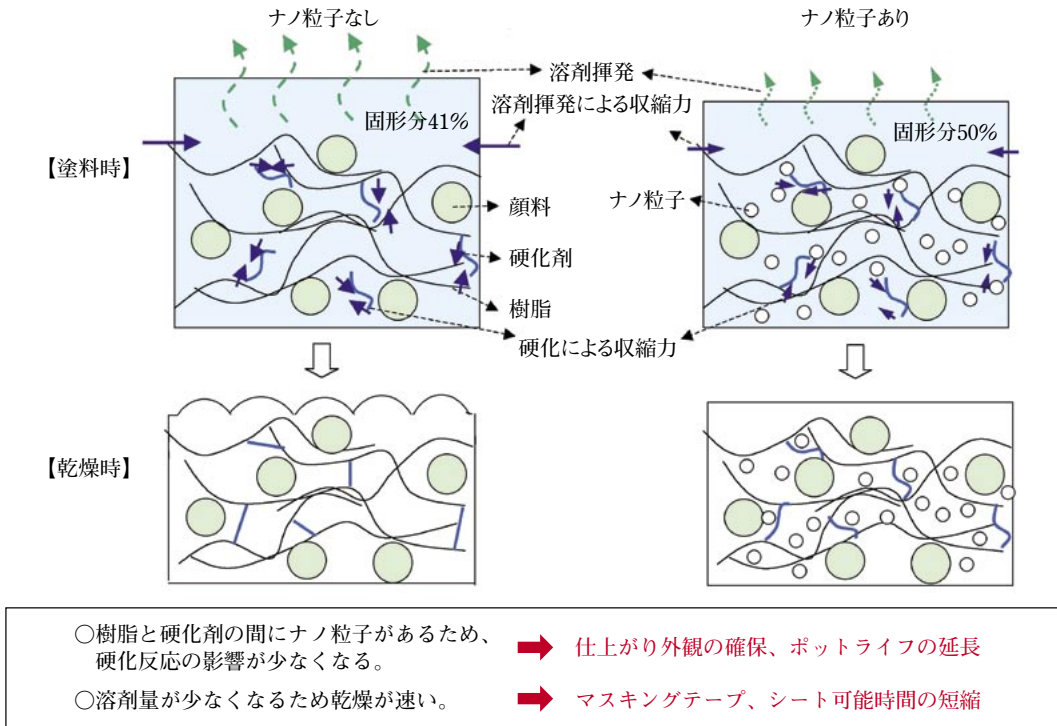


図8 ナノ粒子による乾燥速度の調整(断面)

ナノ粒子を添加した塗料モデルを図8に示す。ベースにナノ粒子を添加して、NCO/OH=1となるように硬化剤を配合すると、塗膜中の基体樹脂と硬化剤を合わせた樹脂含有量が減少することから(図9)、反応基濃度が低く反応基間距離が長くなる。このことにより、硬化反応速度が遅くなり、ポットライフが長くなって、仕上がり外観が良好となる塗料粘度が長時間維持できたとと思われる。

一方で、塗料中の溶剤量を減らし(図10)、ナノ粒子を添加することにより、乾燥性が向上しており、硬化の程度を示すゲル分率がほとんど変化していないにもかかわらず、塗膜硬度が上がった(図11)。この結果、マスキング可能になるまでの乾燥時間の短縮が可能となった。

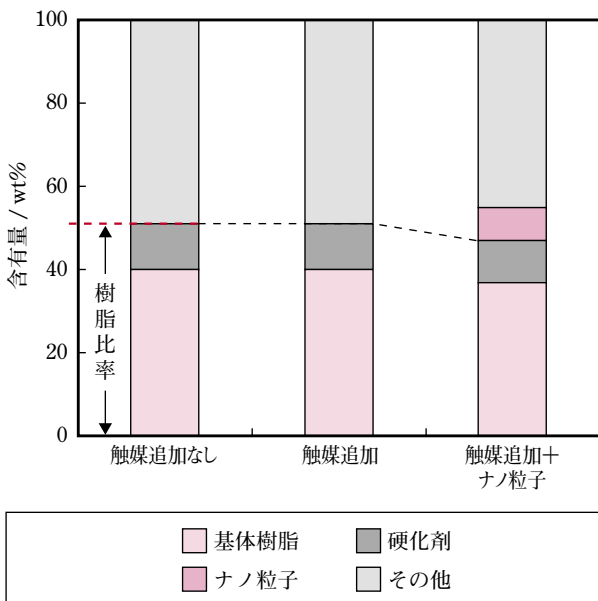


図9 塗膜中の硬化剤量の比率

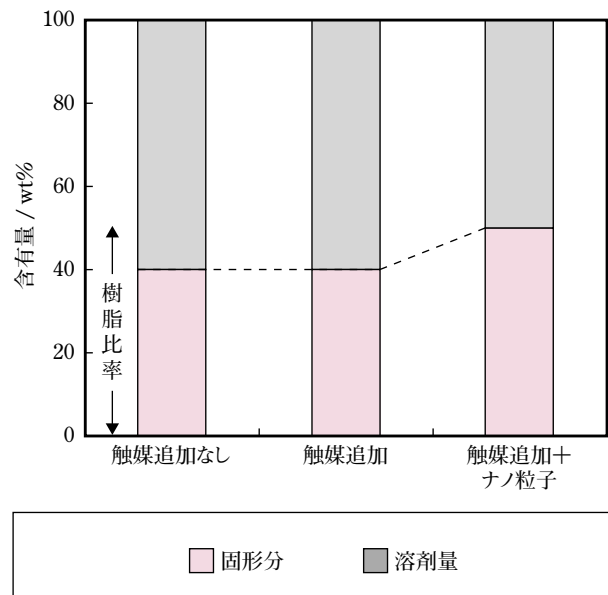


図10 塗料中の溶剤量の比率

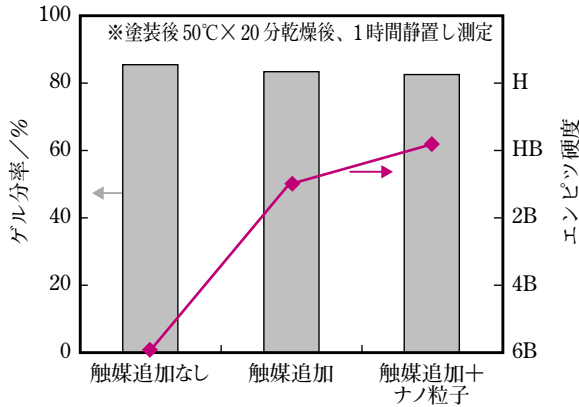


図11 ゲル分率と硬度の比較

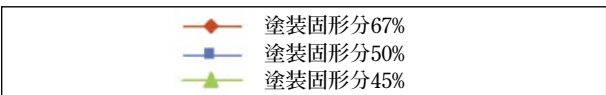
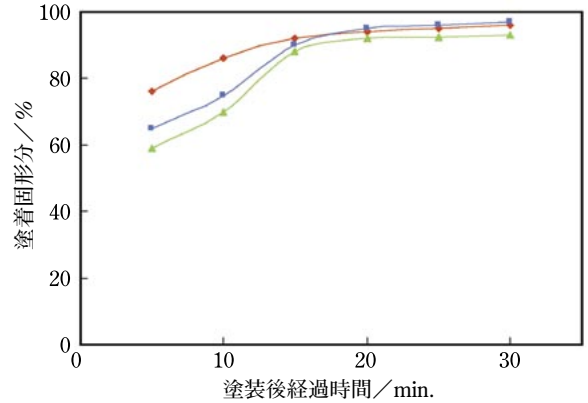


図13 塗装時固形分とエアスプレー塗装での塗着固形分

### 3.2 PRTR物質削減と低VOC化

「レタンPGエコ フリート」、「レタンPGエコ フリート HSホワイト」とも、基体樹脂を含む塗料中の溶剤から、PRTR対象物質を大幅に削減し、届け出対象外とした。

### 3.3 低VOC化

一般的に、補修用塗料は、塗装環境におけるゴミの付着を少なくするために指触乾燥性を速くしており、これに用いる基体樹脂のガラス転移点温度 (Tg) は常温 (20℃) よりも高く設定されている。このため単純にVOCを減らして塗料の固形分を高くすると塗装時の粘度が非常に高くなる (図12)。更に、被塗物へ塗着した際の固形分はさらに上昇するため (図13)、塗装後の平滑化が阻害されて仕上がり外観が低下する (図14)。そこで「レタンPGエコ フリートHSホワイト」では、基体樹脂の低分子量化と溶剤選択により低粘度化検討を行った。図15に塗装粘度を示す。さらに先に述べた透明性ナノ粒子を利用することによって、粘性を制御し (図16)、より良好な平滑性を得ることができた (図17)。

これら種々検討の結果、EUでのVOC規制値 (420 g/L) を満たし、かつ現行同等以上の塗装作業が可能な粘度、仕上がり性を確保できた。

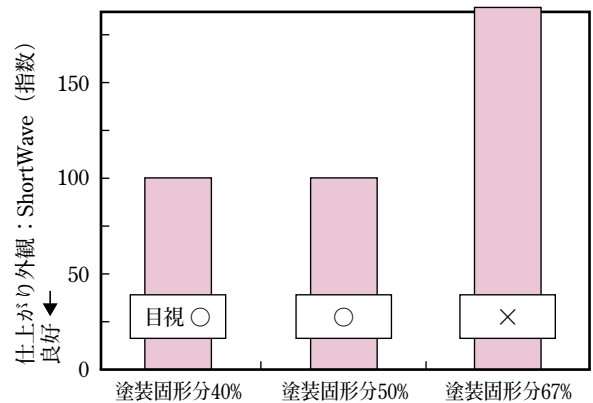


図14 塗装時固形分と仕上がり外観

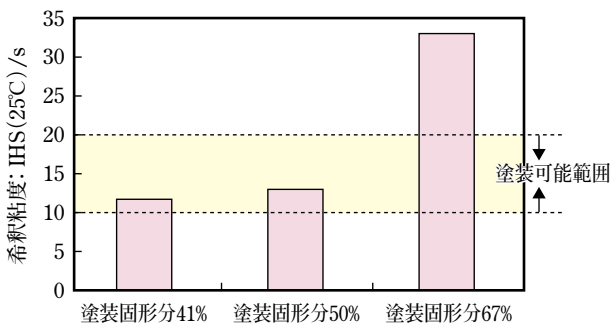


図12 塗装時固形分と塗装粘度

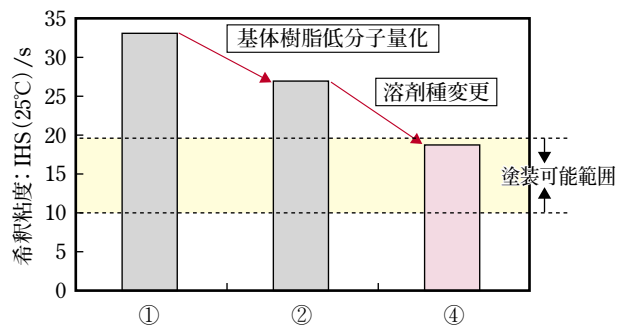


図15 固形分濃度67%での粘度比較

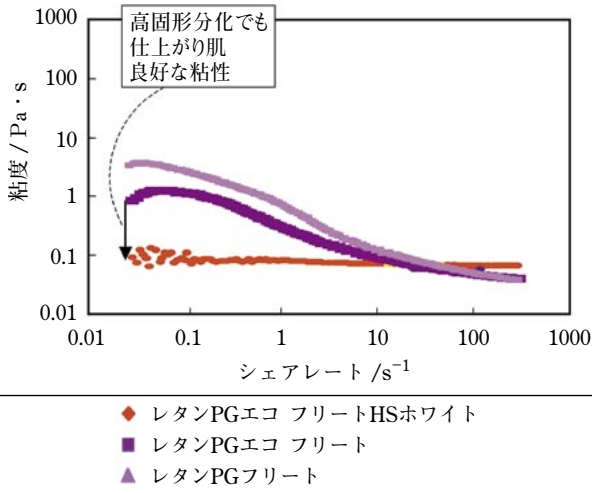
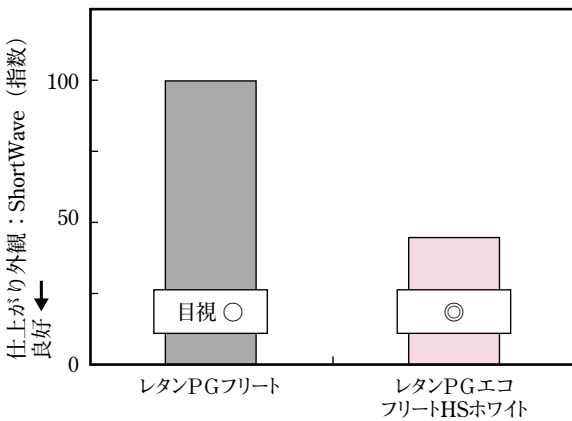


図16 ナノ粒子添加による粘性の制御(測定:Haake社製 RS-150)



注) ShortWave: ツヤ感を表す指標。  
数値が小さい方が良好。

図17 従来品との仕上がり外観の比較

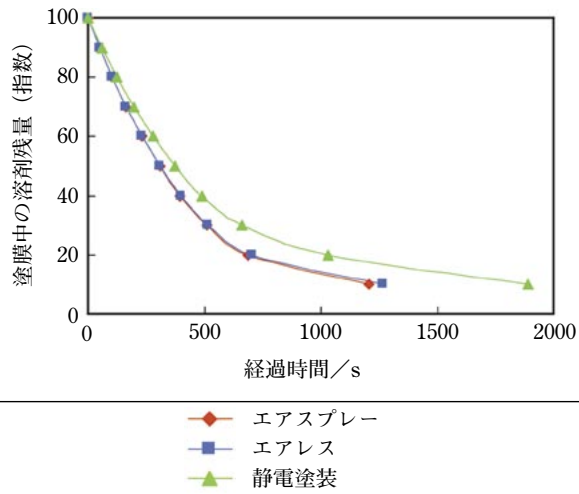
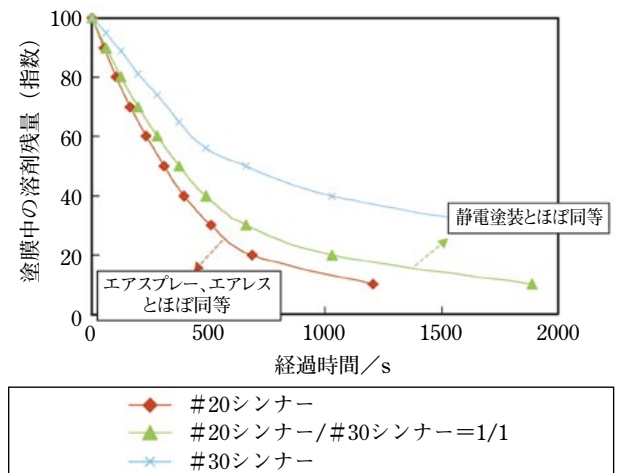


図18 塗装機器別に適した蒸発速度

### 3.4 塗装機器適性

一例として、ある塗装現場の気温25℃におけるエアスプレー塗装と同等程度に仕上げるのに最適な溶剤の蒸発速度を塗装機器別に示した(図18)。エアスプレー塗装とエアレス塗装では溶剤がほぼ同じ速度で揮発すると良好な仕上がりとなり、静電塗装ではやや遅い蒸発速度である必要があった。これらに対応する検討の結果、蒸発速度が異なる5種類のシンナーから成る環境配慮型であるシンナー「**レタンPGエコシンナー**」の各種組み合わせによりこのような蒸発速度の調整が可能となった。図19はレタンPGエコシンナーの組み合わせによる蒸発速度を、図20はこのように組み合わせた場合の各機器での光沢と平滑性を示した。塗装機器が異なってもシンナーの組み合わせにより、ほぼ同等の仕上がりを確保することができた。



注) #20シンナー、#30シンナー:レタンPGハイブリッドエコシンナー#20および#30PRTR物質1%以下の環境配慮型希釈シンナー

図19 レタンPG ハイブリッドエコシンナー種による蒸発速度

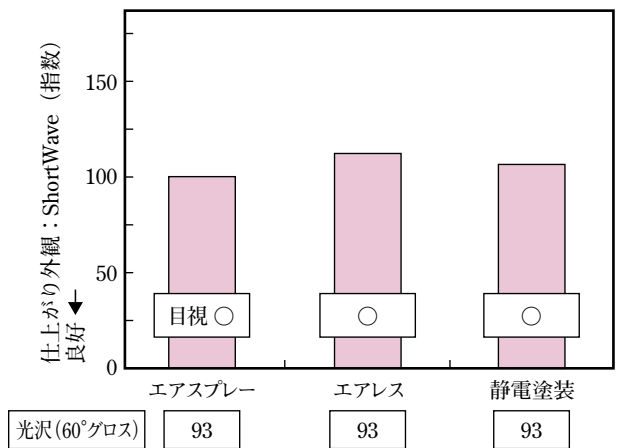


図20 塗装機器別の仕上がり性

## 4. 開発塗料の特長

### 4.1 法規制への対応

#### 4.1.1 VOC削減効果

今回の開発品は塗料中のトルエン・キシレン等のPRTR対象物質を1%未満まで削減しており、排出量、移動量の届け出が不要となっている(図21)。

また、「レタンPGエコ フリートHSホワイト」はEUでのVOC規制値(420 g/L)を満足した(図22)。これにより、レタンPGフリートと比較すると排出溶剤は約20%削減されることになる(図23)。

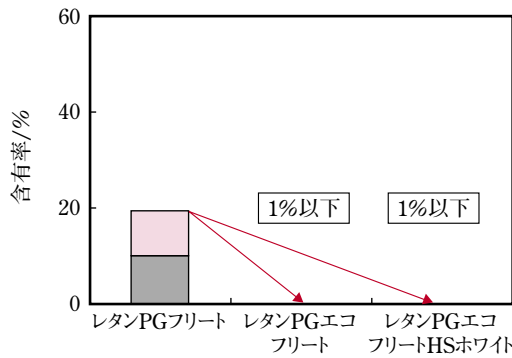


図21 従来品とのPRTR物質含有量の比較

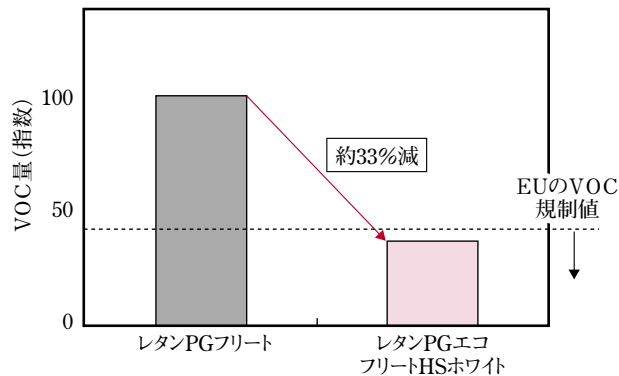


図22 従来品とのVOC量の比較

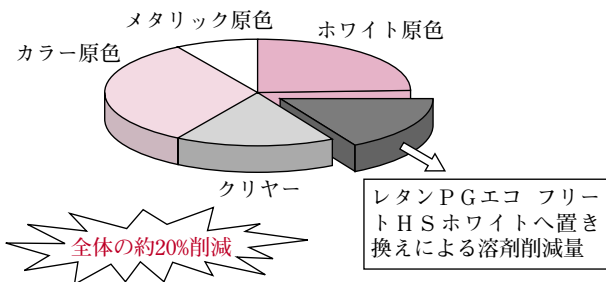


図23 出荷比率より算出したレタンPGフリート ホワイト原色⇒レタンPGエコ フリートHSホワイト置き換え時の揮発溶剤量の割合

### 4.2 塗装作業性の向上

事例紹介として、ある塗装現場における塗装結果を示した(図24)。「レタンPGエコ フリート」は乾燥性が向上しており、マスキング可能時間(乾燥時間)が短縮され、従来品より工程時間が約20%短縮される結果となった。大型車両用を使用される種々の塗装機器にも希釈シンナー種を調整することにより柔軟な対応が可能となった。また高固形分とすることで、VOC削減と同時に、塗装回数が削減され、結果として塗料使用量の低減にも繋がった(図25)。

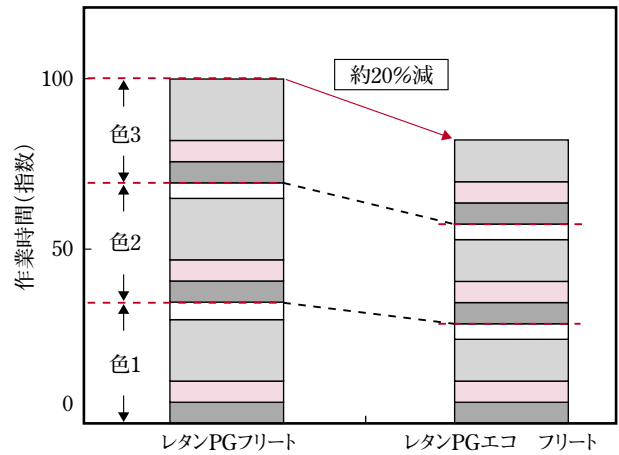


図24 三色塗り時の従来品との作業時間の比較

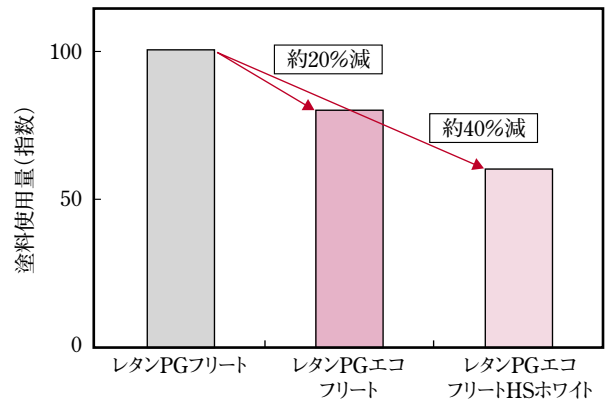


図25 塗料使用量の比較

### 4.3 塗膜品質の確保

表2にホワイト原色での性能試験結果を、図26に促進耐候試験(キセノンウェザーメータ2000時間)の結果を示した。今回開発した「レタンPGエコ フリート」、「レタンPGエコ HSホワイト」は従来品(レタンPGフリート)と同等以上の高い塗膜性能が得られ、また、従来他社品に比べても良好な耐候性を有している。

## 5. おわりに

今回紹介した「**レタンPGエコ フリート**」は塗装作業効率の向上(作業時間短縮)を、そして、「**レタンPGエコ フリート HS ホワイト**」はVOC排出量削減を目的に開発したものであり、できるだけお客様が使い易いことをもう1つの重要なコンセプトとしている。補修塗装市場においては、環境保護とともに更なる省力化・低コスト化が求められており、今後もこれらに応えるべく製品開発に努めていく所存である。

## 参考文献

- 1) 樋口和信：塗料の研究、**143**、p.56 (2005)
- 2) 鈴木竜一：塗料の研究、**145**、p.65 (2006)
- 3) 環境庁ホームページ <http://www.env.go.jp/>
- 4) 欧州塗料工業会(CEPE)ホームページ <http://www.cepe.org/homepage.htm>
- 5) 中手 靖、森 慎典：塗料の研究、**115**、p.54 (1988)
- 6) 境 博之：塗料の研究、**146**、p.56 (2006)

表2 ホワイト原色での塗料・塗膜性能

		レタンPGフリート	レタンPGフリート改	レタンPGエコ フリートHSホワイト
環境対応、法令等	PRTR届出対象外	×	○	○
	EU VOC規制対応	×	×	○
	消防法	第4類第2石油類	第4類第2石油類	第4類第2石油類
塗装作業性	塗装時固形分	41%	50%	67%
	塗装時粘度 (IHS/25°C)	12.5秒	12秒	19秒
	指触乾燥性/20°C	3分	3分	5分
	タレ限界膜厚/20°C	38 μm	50 μm	51 μm
	仕上がり外観	○	○	◎
	ポットライフ (25°C)	2.5H	5H	2.5H
	マスキングテープ 貼り付け可能時間(強制乾燥)	60°C×30分	60°C×20分	60°C×30分
塗膜性能	マスキングテープ 貼り付け可能時間(室温乾燥)	6H	4H	4H
	付着性	100	100	100
	耐水性	○	○	○
	耐水性2次付着性	100	100	100
	鉛筆硬度	H	H	H
促進耐候性 キセノン2000H		良好	良好	良好

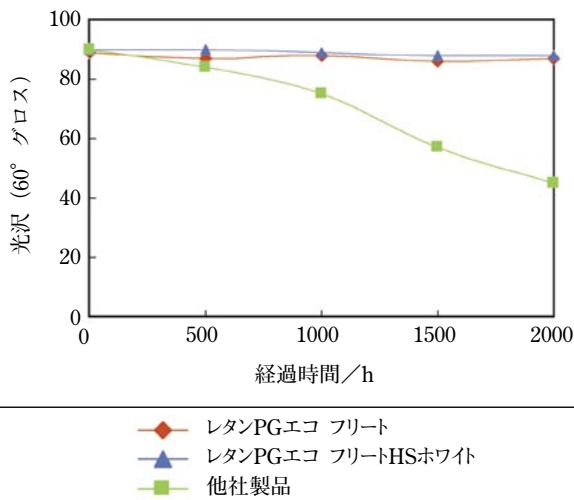


図26 促進耐候試験時の光沢比較

新技術