

# 環境対応自動車用 水性塗料の開発

—水性3WETについて—

Development of Waterborne Automotive Coatings  
Applicable in 3 Wet System Aiming at Environmental  
Protection



自動車塗料本部  
技術開発部  
門脇康二郎  
Kojiro  
Kadowaki



自動車塗料本部  
技術開発部  
遠藤 貢  
Mitsugu  
Endou



自動車塗料本部  
第1技術部  
平松靖博  
Yasuhiro  
Hiramato

## 1. はじめに

世界的な地球環境保護活動の高まりの中、環境負荷物質の削減は我々にとって重要な課題である。自動車塗装ラインにおいては、塗料中に含まれる大気汚染の原因となるVOC（揮発性有機化合物）や塗装焼付け乾燥炉等でのエネルギー消費により地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>が多く排出されている。これらを削減するため、環境対応塗料や塗装システムの開発が急務である。

環境保護が進んでいる欧州では、すでにDaimler-Chrysler社がRastatt工場で、従来の中塗り乾燥炉を省く水性中塗り/水性ベース/粉体スラリークリヤーの3WET工程を採用し、環境対応塗料と塗装システムによりVOC・CO<sub>2</sub>の削減を行っている。日本国内の自動車メーカーの取り組みとしては、溶剤型塗料において、中塗り乾燥炉を省いた溶剤型中塗り/溶剤型ベース/溶剤型クリヤーの3WET工程採用によるCO<sub>2</sub>の削減が行われている。また、環境対応塗料である水性塗料採用によるVOCの削減が行われている。しかしながら、VOC・CO<sub>2</sub>の両方を大幅に削減するまでには至っていない。

そこで、我々はコストの厳しい軽商用車向けに低コストでVOC・CO<sub>2</sub>の両方を削減できる環境対応自動車用塗料を弊社の重要顧客である自動車メーカー殿と共同開発し、水性3WETシステムを国内で初めて展開した。

## 2. VOC・CO<sub>2</sub>排出量の現状

現在、自動車用中・上塗り塗料は一般的には溶剤型が使われており、塗装面積当たり50～60g/m<sup>2</sup>のVOCを排出している。各塗装材料からのVOC排出量比率を図1に示す。中塗り、ベース工程での排出量の多いことが判る。

各工程でのCO<sub>2</sub>排出量比率を図2に示す。各乾燥炉・各ブースでの温度管理等によるエネルギー消費を示したものであり、特にブースの温度管理に係わるエネルギー消費が大きいたことがわかる。

## 3. システムの概要

### 3.1 水性3WET塗料の開発狙いと考え方

国内で環境対応塗装として採用されている工程は表1に示す三つの塗装系がある。塗装系Aは前述したCO<sub>2</sub>削減に効果のある溶剤型3WETである。この工程は外観仕上りの面において、現行2C1B工程（ベース/クリヤー塗装〔2C〕後1回焼付〔1B〕工程）の水準までは達していない。塗装系Bは現行2C1B工程のベースのみを水性化した工程、塗装系Cは中塗りとベースを水性化した工程である。両工程ともVOCの削減には効果があるが、CO<sub>2</sub>排出量、コストの面では現行2C1B工程と同水準である。これらいずれの工程もVOC・CO<sub>2</sub>削減と塗装仕上り外観、低コストの全てを

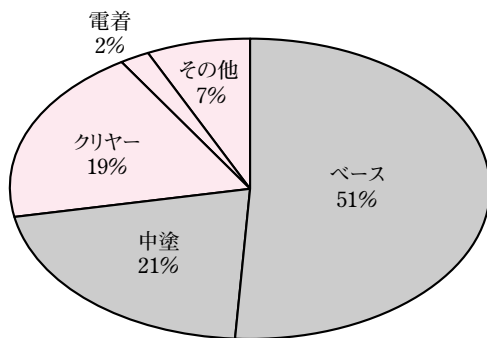


図1 各塗装材料からのVOC排出量比率

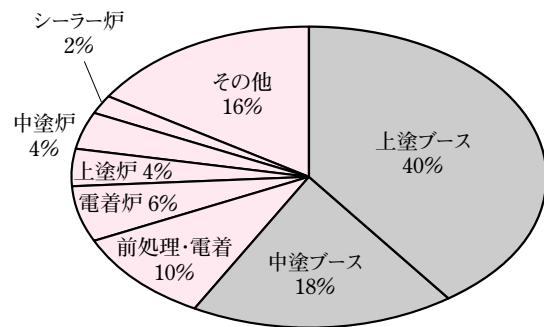


図2 各工程からのCO<sub>2</sub>排出量比率

表1 環境対応塗装系と期待できる効果

分類	中塗		ベース		クリアー		期待できる効果			
	塗料タイプ	焼付け	塗料タイプ	焼付け	塗料タイプ	焼付け	VOC低減	CO2低減	仕上り	低コスト
現行溶剤型塗装系	溶剤	あり	溶剤	なし	溶剤	あり	標準	標準	標準	標準
環境対応塗装系A	溶剤	なし	溶剤	なし	溶剤	あり	中	大	小	大
環境対応塗装系B	溶剤	あり	水性	なし	溶剤	あり	中	小	中	小
環境対応塗装系C	水性	あり	水性	なし	溶剤	あり	大	小	中	小

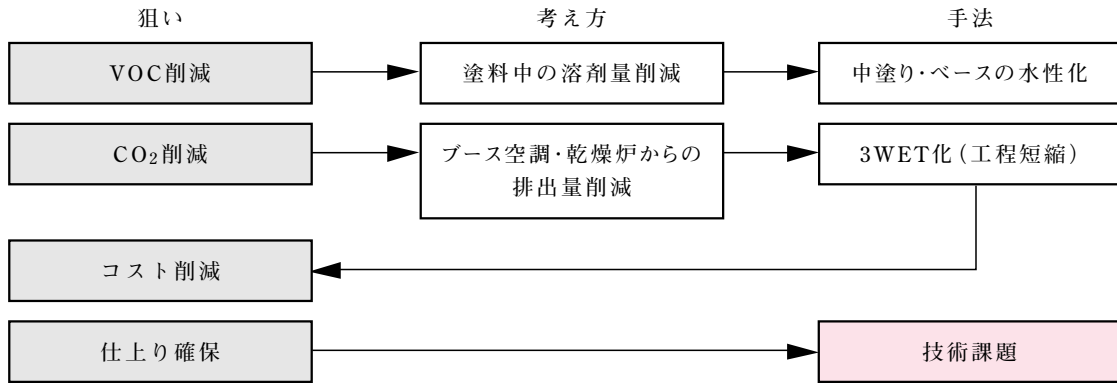


図3 水性3WET塗料の開発の狙いと考え方

満足するものがない状況である。今回これらを満足する環境対応水性3WET塗料の開発に取り組んだ。

水性3WET塗料の開発の狙いと考え方を図3に示す。水性3WET化は中塗り、ベースを溶剤型塗料から水性塗料化することで塗料に含まれるVOCの削減を図り、CO<sub>2</sub>の削減は発生源の一つである中塗り焼付乾燥炉を廃止することで可能となる。また、中塗り焼付乾燥炉の廃止は、工程も短縮できコスト低減にもつながる。

### 3.2 水性3WETの塗装工程

開発システムと現行2C1B工程の塗膜構成を図4に示す。本システムは中塗り及びベースの水性化を図り、現行2C1B工程では中塗り塗装後焼付けを行うが、中塗りを焼付けず中塗り、ベース、クリアーを塗り重ねるWet on Wet塗装システムである。なお、3WET工程の場合、中塗りを第1ベース、ベースを第2ベースと称することがあるが、本報では以下第1ベースを中塗り、第2ベースをベースと表記する。

現行2C1B工程と比較した本システムの塗装工程を図5に示す。本システムでは現行2C1B工程と異なり中塗りの焼付けを行わないため、中塗り焼付乾燥炉、中塗り品質検査工程がなく、工程が短縮される。

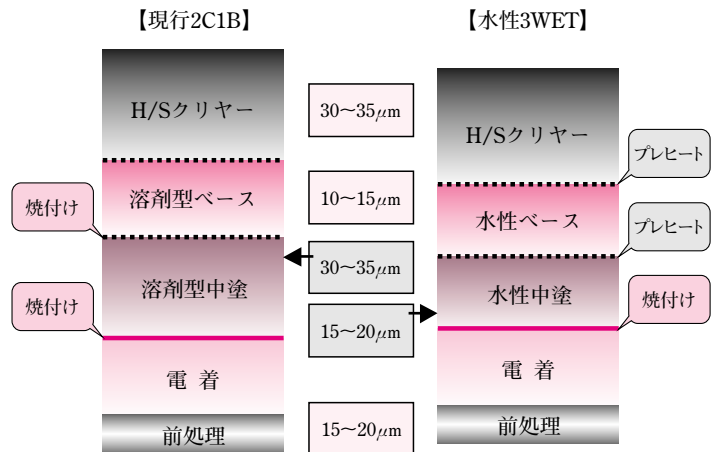


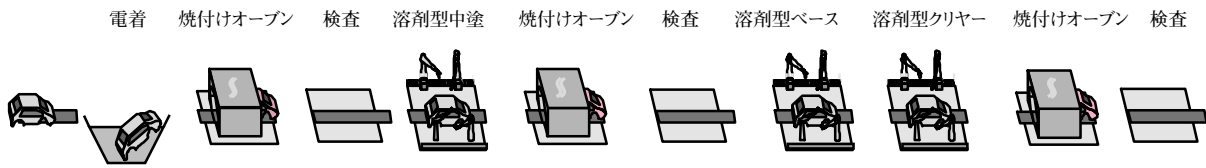
図4 現行2C1B工程と水性3WETの塗膜構成比較

### 3.3 水性3WETの技術課題

本システムは中塗り、ベース、クリアーを焼付けず塗り重ねる塗装システムのため、(1)中塗りとベースとの混層等による仕上り外観低下、(2)焼付け工程削減のため下地(凹凸)隠蔽不足による平滑性低下が懸念される。また、性能面では層間混層による膜物性連続化によりチップング性能の低下が懸念される。

今回、現行2C1B工程との違いから生じる種々多様な塗料の課題に対し、ベース、クリアーは勿論ではあるが中塗りが最も重要であると考え、水性中塗り塗料の開発を行った。

【2C1B工程】



【3WETシステム】

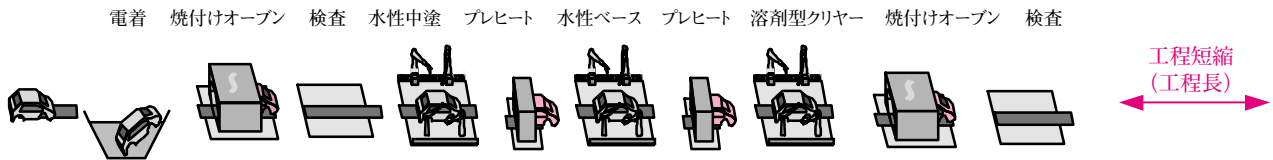


図5 現行2C1B工程と水性3WETの塗装工程比較

4. 水性3WETの技術の特徴

4.1 水性3WET技術の考え方

中塗り塗料の開発の考え方を図6に示す。水性3WETで現行2C1B工程と最も異なるのは中塗りとベースをWet on Wetで塗装することである。このことは中塗り層とベースの混層による仕上り外観の低下を引き起こしてしまう。中塗り層とベース層の混層を制御するためには、中塗りの粘弾性を制御しベースとの混層抵抗性を上げること、及びベースとの極性差を大きくし根本的に混層を防ぐことである。これらの防止策は、ベース層の水分が中塗り層へ移行し中塗りが再溶解（低粘性化、再乱流）され引き起こす仕上り外観低下を防ぐことにもなる。

仕上り肌を平滑にすることは外観品質にとって重要である。肌を平滑にするためには、現行2C1B工程同様の考え

方である下地へのヌレ性、下地隠蔽性の確保と水性3WET固有の中塗り層とベースの混層制御がある。特に下地隠蔽性の確保は水性3WETが中塗り層/ベース/クリアーから成る一層から形成されているため、中塗り層とベース/クリアー層の二層から成る現行2C1B工程に比べ難しくなる。下地隠蔽性の制御要因である熱フロー性をさらに付与しなければならない。

耐チッピング性の考え方は、現行2C1B工程同様に衝撃の緩和・吸収等が考えられるが、これも一層から成る水性3WETでは制御が難しくなる。そのため、現行2C1B工程以上に柔軟性及び衝撃エネルギーの分散性が塗膜に求められる。

4.2 混層制御

中塗り層とベースとの混層の制御には、中塗りの粘弾性の調整と極性差が重要になって来る。特にプレヒート後、つまりベースが塗装される前段階が重要である。今回の開発では、中塗りプレヒート後の粘性を確保するために凝集力の高いエマルジョンに着目した。図7に凝集力を高めた塗料系のプレヒート過程での粘度を通常的水性中塗り層との比較で示す。凝集力を高めた塗料系ではプレヒート過程において温度上昇とともに粘度も上昇していることがわかる。

プレヒート後の中塗り塗膜へパラフィンと水性ベースコートスポットした時の接触角を表2に示す。プレヒート後の凝集力を高めた塗料系塗膜は、通常的水性中塗り塗膜と比べパラフィンの接触角は小さく、より疎水性が大きくなり水性ベースとの極性差が大きくなっている。エマルジョンの適用により、造膜過程

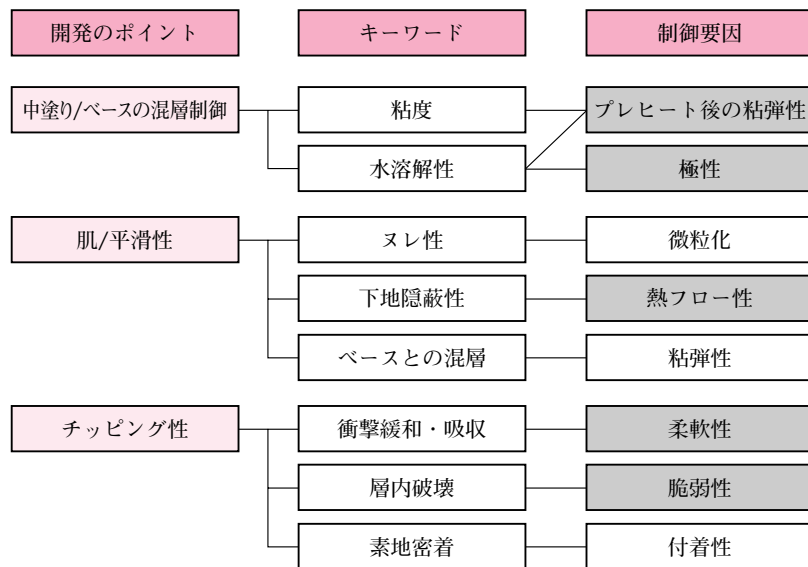


図6 中塗り開発の考え方

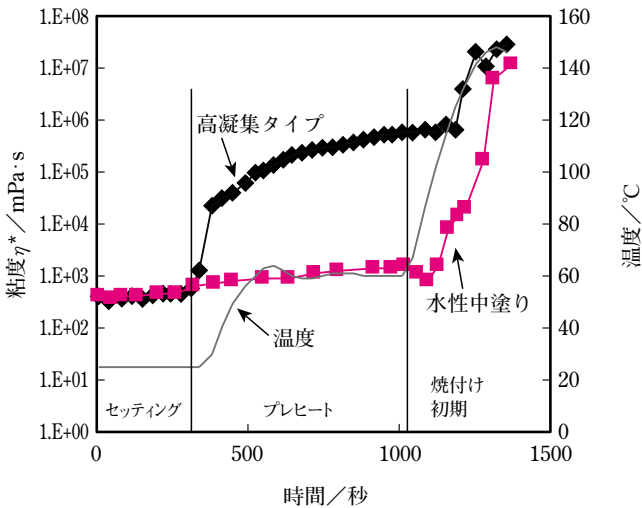


図7 中塗りプレヒート時の粘度挙動

表2 中塗りプレヒート後の塗膜の接触角

	接触角	
	パラフィン	水性ベース
水性中塗り	47.5°	49.1°
高凝集タイプ	29.0°	63.2°

において水素結合力等により凝集力が高まり、その結果、粘度を確保し、かつ疎水化したものと推測する。これらの手法により水性3WETでの混層制御が可能になった。

### 4.3 平滑性(下地隠蔽性)

水性3WETは焼付け工程が現行2C1B工程に比べて1回省かれることから平滑性を確保するためには中塗りの下地隠蔽性(下地の凹凸の平滑化)とベースとの混層制御が非常に重要になってくる。そのメカニズムを図8に示す。混層制御

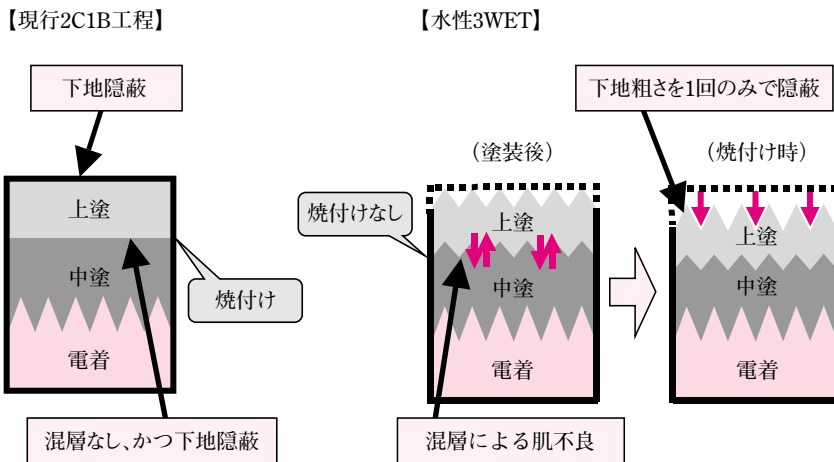


図8 3WETにおける平滑性のメカニズム

は4.2項で述べた通りである。ここでは中塗りの下地隠蔽性について説明する。

下地隠蔽性は熱硬化塗料の場合、熱フロー性がポイントとなる。温度上昇とともに硬化するまでに、いかに低粘度状態で流動性を保ち下地を隠蔽し、平滑な肌が形成できるかが重要である。ただし、水性3WETの場合、熱フロー性を追及するあまり低粘度化を図るとベースとの混層を引き起こす。水性3WETで重要な特性はプレヒート過程では低粘度状態を保ちプレヒート後には混層を引き起こさない粘度を確保することである。

そこで、プレヒート過程で流動性を確保すべくエマルジョン量の適性化や顔料の分散度アップによる粘弾性の調整を行った。その結果を図9に示した。

粘度上昇がプレヒート初期で抑制できプレヒート後には粘度が確保(回復)されていることがわかる。この結果、下地隠蔽性と混層制御が両立できた。

### 4.4 耐チップング性

耐チップング性能で水性3WET塗膜に求められるのは塗膜の柔軟性と脆弱性であると考えた。一見相反するようには思えるが水性3WETの場合、硬化塗膜としては一層のため、衝撃をED膜まで伝達しないよう一層で衝撃のエネルギーを吸収、緩和しなければならない。現行2C1B工程であれば、硬化塗膜として中塗り層とベース/クリアー層の2層で構成されているため、衝撃エネルギーを吸収、緩和することが容易であるが、一層では物性特性が各界面で連続するため難しくなる。そこで、衝撃のエネルギーを吸収し消費することが容易であるが、一層では物性特性が各界面で連続するため難しくなる。そこで、衝撃のエネルギーを吸収し消費することが容易であるが、一層では物性特性が各界面で連続するため難しくなる。そこで、衝撃のエネルギーを吸収し消費することが容易であるが、一層では物性特性が各界面で連続するため難しくなる。

柔軟性は、樹脂骨格によるところが大きく、塗膜を脆弱にするには、粒子成分や体質顔料の適用が有効である。これらを満足する手法として、体質顔料とウレタン成分の適用が有効であった。図10、図11にグラベロ試験機による耐チップング性の結果を示した。剥離面積、素地到達キズとも現行2C1B工程とほぼ同等の結果が得られた。

## 5. まとめ

今回2004年12月に生産を開始したダイハツ大分工場へ水性3WETが採用され、水性3WET塗料のVOC排出量は、欧州メーカートップレベルの20g/m<sup>2</sup>の達成が可能である。また、ソリッド色については中塗り工

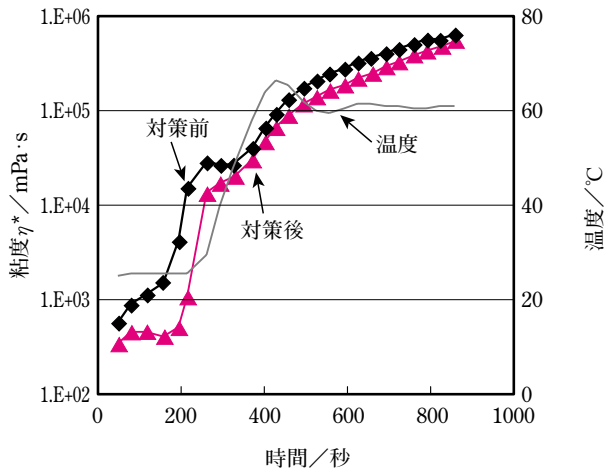
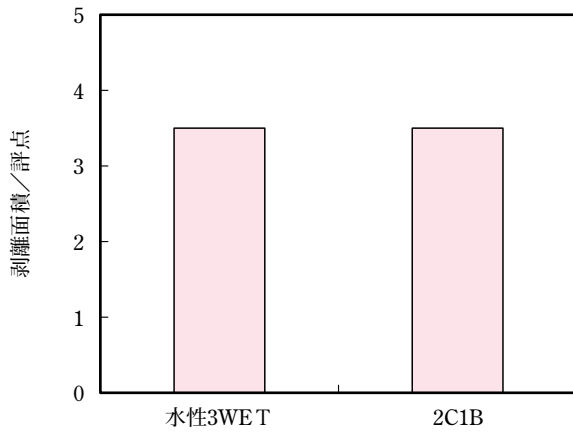


図9 対策後の中塗りプレヒート時の粘度挙動



(注) 剥離面積：評点 良5 劣1

図10 グラベロ試験による耐チッピング性剥離面積結果

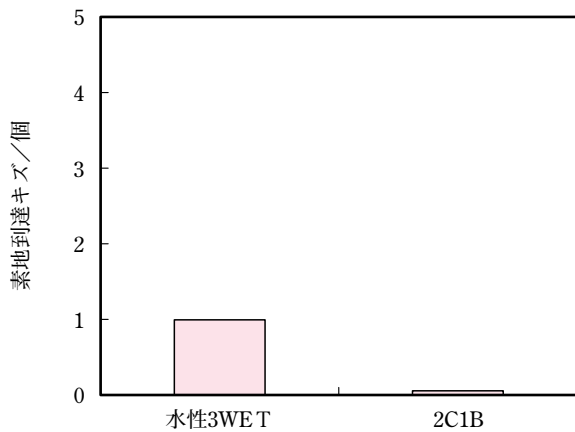
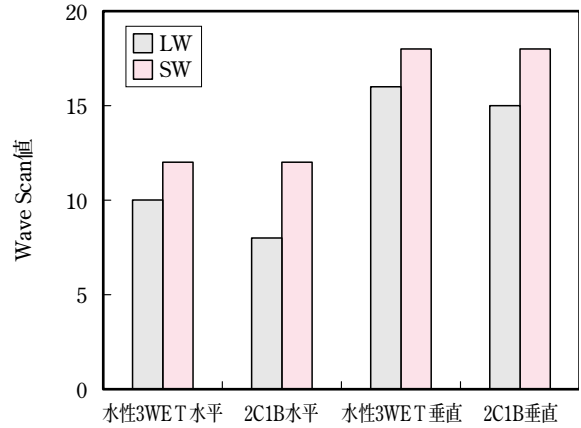


図11 グラベロ試験による耐チッピング性素地到達キズ結果

程のない1コート水性ソリッドが採用されており、ダイハツ大分工場塗装工程として、中塗りブース、中塗り焼付け炉の廃止等でダイハツ社の従来の3コートラインに対しCO<sub>2</sub>排出量は15%と大幅な低減が図れた。

塗装の商品力として重要項目である仕上り外観につい



注) LW：平滑性を表す指標。  
SW：ツヤ感を表す指標。  
いずれも数値が小さい方が良好。

図12 水性3WET塗料の仕上り外観達成レベル

て、水性3WETは従来の軽乗用車と同等の品質を確保することができた。シルバー色の品質を図12に示した。

その他要求される塗装品質及び耐候性・耐チッピング性等の塗膜品質についても従来塗装系と同レベルを確保できている。

## 6. 今 後

国内では、大気汚染防止法が改定され、今後益々塗料の水溶性化、省工程化が重要になってくる。

今回軽乗用車向けに塗料を開発したが、今後、さらに仕上り外観を向上させ乗用車向けに塗料を開発していかなければならない。

## 7. 参考文献

- 1) 児玉敏、涌田充啓、棚橋朗ら：2004年度色材協会発表会、講演予稿集
- 2) 児玉敏、涌田充啓、棚橋朗ら：第20回塗料・塗装研究発表会、講演予稿集(2005)
- 3) Bradford, E. B., and J. W. Vanderhof. J. Macromol. Chem., 1, 335 (1966)
- 4) 日本レオロジー学会編、「講座・レオロジー」、高分子刊行会、1992
- 5) 関西ペイント技術本部著、「水性塗料の基礎と最新技術」、コーティングメディア(2001)