

自動車業界におけるVOC排出量削減について

芳賀 誠一*

Reducing VOC Emissions in the Automotive Industry

Seiichi Haga

Abstract

The automotive maintenance industry is at a shortage of information with regard to environmental problems.

Given such conditions, this experiment verified the reduction of VOC (volatile organic compounds) in low organic solvent coatings and water-borne coatings, which are expected to dominate the market in the future.

Key Words : Painting, Repair

1. はじめに

1.1 問題の所在

自動車修理業界における車体整備（BP業）は、小規模工場が多く自動車の新機構や新素材に対する理解不足がある。特に環境問題に対する正しい情報は不足していると思われる。

学生を車体整備業界へ送り出す車体工学専攻科を有する本学の環境問題への取組は教育的見地から必要である。

自動車補修塗装は溶剤型塗料が主流となっているが、有機溶剤型から低有機溶剤型に変わりつつあり、今後は、水性塗料を視野にVOC（揮発性有機化合物）の排出量削減を推進して行くことは環境問題の観点で必須となっていくと考える。現在、自動車メーカーが行う自動車製造工程の塗装は全塗装であるが、小規模工場である車体整備業界では事故車の部分塗装が多く、その塗装範囲は小面積の塗装から全塗装までであることから塗料の使用量は定量化が難しいものである。

以上のような問題点を鑑み、自動車補修塗装における個々の補修塗装作業（事故車復元修理）のVOC排出量の算定資料が不足していることから、本学で小範囲の塗装におけるVOC排出量と使用量の削減検証を行った。

1.2 VOC規制とは

2004年5月に大気汚染防止法が改正され2006年4月1日から施行、VOCの排出規制が実施された。

この法改正では、わが国の環境法体系で初めて、「法規制」と「自主的取組」の双方を適切に組み合わせベストミックスの考え方で、効果的にVOCの排出を削減することとした。

その内容は、塗付面積1㎡当たりのVOC排出量において2000年度の大気排出量を基準に2010年度までにVOCの排出量を30%削減することを自主規制としている、これを図1に示す。

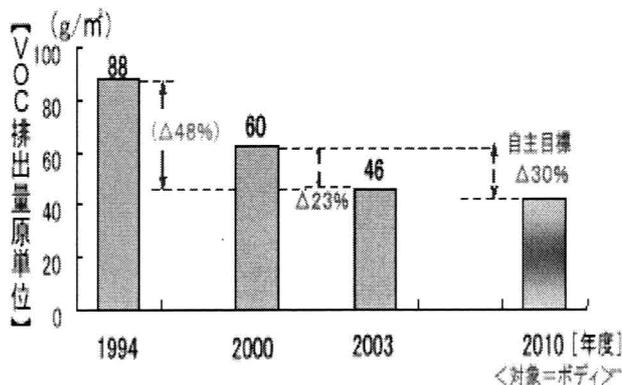


図1 年度別VOC排出量

*北海道自動車短期大学自動車工業科第二部准教授

2. 自動車業界の塗装工程で排出されるVOCの排出量と使用量の削減取組と現状

2.1 自動車工業会の取組

自動車製造工程では、主にボディ用塗料の溶剤としてシンナーを使用している。自動車塗装の目的としては、美観（美粧性）保護（防錆性）維持（耐久性）であり多層膜で構成されている。

通常、下塗り（Primer Surfacer Coating）上塗り（Color&Clear Coating）まで数回の塗装が行われるが、下塗りでは電着塗装、中塗り塗装から上塗り塗装においては、塗装ロボットあるいは塗装技術者による吹付け塗装が行われており、自動車工業会では1994年頃より、VOC 排出抑制に取り組んでいる。

2.2 自動車補修塗装業界の現状

日本自動車車体整備協同組合連合会（以後日車協という）では自主的取組み参加事業社を経済産業省へ届けている。会員傘下の所属組合員7,412社の内1,073社の参加（届け出企業率15%未満）であること、所属組合員外を含めた自動車補修塗装工場が20,000社を超えていることから発生源対策への取組み強化が必要な現状となっている。

2.3 改正大気汚染防止法に伴う日車協の自主的取組

(1) 自主的取組対象施設

a. 補修塗装ブース（排気ファン風量（定格）が10万立方メートル／時以上は規制対象施設になる）
規制対象施設の場合でも自主的取組み内容は同じ。

(2) 自主的取組対象資材

a. 補修用塗料（下地から上塗りまでの塗料でプライマーサーフェサー（以後プラサフという）、硬化剤、パテを含む）

b. シンナー

(3) 自主的取組内容

a. 補修ブース内で使用される塗料・溶剤の年間使用量及び大気への排出量を各都道府県の車体整備協同組合を経由して日車協に対して年1回必ず報告する。

b. 2010年までにVOCの排出量を2000年の数値基準（図1に示す）で30%を削減する。

2.4 日本自動車車体整備協同組合連合会のVOCの使用量、排出量の算出方法

(1) 塗料等の購入量と在庫量を調べ、下記の算式にあてはめる。

使用量（一般例として）＝（塗料購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－固形分率）

注 固形分率（日車協参考）クリアー40%
カラーベース25% プラサフ65%
硬化剤45% パテ94%とする。

VOCの使用量と排出量を算定（日車協チェックシートより）

(1) VOCの使用量の算出方法例

クリアー（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－0.4）・・・①

カラーベース（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－0.25）・・・②

プラサフ（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－0.65）・・・③

硬化剤（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－0.45）・・・④

※上塗り・中塗り・下塗りを含む

パテ（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）×（1－0.94）・・・⑤

シンナー（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量）・・・⑥

年間のVOC使用量

①＋②＋③＋④＋⑤＋⑥＝合計（kg）

(2) VOC排出量の算出方法例

（①＋②＋③＋④＋⑤－廃塗料中の溶剤量）×0.95
＝・・・⑦

0.95は塗料使用後の塗料缶中の残りを5%（塗料に付着して廃棄物になると仮定した場合の数値）

シンナー（購入量－年度末在庫量＋前年度在庫量－廃シンナー）＝・・・⑧

年間のVOC排出量 ⑦＋⑧＝合計（kg）

2.5 自動車補修塗装業界の問題点

小規模企業である自動車車体整備業では、標準的な塗装ブース（25,000立方メートル／時の送風能力）である事から規制対象外である。しかしながら、ベストミックスの考え方が採用されていることから、規制対象外であっても自主的取組内容は同じである。

このVOC排出量の目標値30%が達成されない場合は法規制の見直し強化が推測される。もし目標値に達しない場合、法改正内容が厳しくなり目標値の強化や全面水性化となるような厳しい法規制となり、これに応じた設備投資が必要となることが考えられる。

これは企業の存続を脅かす可能性があることに留意しなければならない。

3. 自動車補修塗装工場のVOCの排出量及び使用量を削減するための取組対策手法

3.1 VOCの削減目標を達成するための取組

- (1) 塗着効率の向上
(高塗着塗装技法・低圧ガンの採用等)
- (2) シンナー回収・再生
(活性炭回収, 塗装ガン洗浄機器の採用等)
- (3) 低VOC 塗料の採用
(ハイソリッド塗料・水性塗料等)

塗料メーカーのハイソリッド塗料化でシンナーの調合割合は現在主流の2K塗料から1/2~1/3に削減している。

4. 自動車補修塗装作業の削減対策の検証

4.1 個々の自動車補修塗装時における塗付面積とVOC発生量の関連の検証

日時：2008年8月4日～6日 9:00～17:00

場所：北海道自動車短期大学ボディリペア実習場

(1) 実験概要

国内塗料販売量の多い塗料メーカーの2K塗料で塗装作業を行い、VOCの発生量を検証する実験を行った。塗装条件を表1に示す。また水性塗料の塗装作業を行いその特性を確認した。



図2 上塗り塗装

(2) 実験方法

塗料：2K系塗料, ハイソリッド系塗料

(シンナー調合割合%に記載比率は原色:硬化剤の調合比) 配合比率は塗料と硬化剤の割合で表2に示す。
 プラサフは, シンナー調合割合 30% 10:1
 ソリッドは, シンナー調合割合 40% 10:2
 カラーNo. 040 スーパーホワイトII
 低隠ぺい性ソリッドは, シンナー調合割合 30% 10:2

カラーNo. 3E5 スーパーレッドII

メタリックは, シンナー調合割合 120% 10:2

カラーNo. 1D9 シルバメタリックグラファイト

(実車に塗付時は60%) 10:2

水性塗料 希釈剤 115%

3コートパールは, カラーNo. 065 ホワイトパールクリ

スタルシャンシンナー調合割合 120% 1液仕様

クリヤーは, ハイソリッド系塗料

シンナー調合割合 0% 2:1

表1 塗装条件

塗 装 者	都立職業能力開発センター講師
塗 装 方 法	エアースプレー塗装で自動車の外板パネルと同等の塗布仕上げ
ガン圧	0.25~0.35Mpa
吹付け距離	150~200mm
粘 度	塗料メーカー指定の調合割合としたもので未計
ブース	イヤサカHELIOS
塗装時の温度・湿度	温度25.6~31.6℃ 湿度38~53%
被塗物	平板鋼板(400mm×500mm), トヨタカローラ100系
塗着効率の測定	含む配合済み塗料の固形分率

- (1) 被塗物の鋼板を脱脂し計量する。
- (2) 調合済み塗料をアルミシャーレに10.0gを固形分率計測用に取り乾燥後計量する。
- (3) スプレーガンカップに塗付用配合済み塗料を入れてガンごと計量する。
- (4) 塗付後ガンごと計量し, 塗付使用量を計測する
- (5) 被塗物鋼板の塗膜乾燥後, 計量する。

4.2 被塗物鋼板の膜厚計測と塗付回数における膜厚計測

- (1) 被塗物鋼板の塗膜乾燥後, 膜厚計測する。
- (2) 被塗物鋼板に塗付時に隣接部にOHPシートを置き, 塗付回数毎に抜き取り塗付回数毎の膜厚を計測する。
- (3) 計測・検証データ
 - a. 配合比率を表2に示す。
 - b. 塗料中のVOC比率を表3に示す。
 - c. 被塗物への塗着効率・塗付量・塗布時の膜厚等を表4に示す。

表2 配合比率

塗料名	配合比率			固形分率
	塗料	硬化剤	シンナー	
プラサフ	100	10	30	53.4
M120	100	20	120	14.6
M60	100	20	60	17.4
S	100	20	40	38.2
バインダー	100	20	40	40.4
低隠ぺい	100	20	60	27.0
3Pマイカ	100	0	120	18.0
クリヤー	100	50	0	50.0

表3 塗料中のVOCの比率

塗料名	VOC	固形
プラサフ (30)	46.6	53.4
M(120)	85.4	14.6
M(60)	82.6	17.4
S (40)	61.8	38.2
バインダー(40)	59.6	40.4
低隠ぺい(60)	73.0	27.0
3Pマイカ(120)	82.0	18.0
クリヤー(0)	50.0	50.0

表4 被塗物塗布データ

No.	作業項目	使用ガン		膜厚 μm	固形比率	塗着効率	塗付量	塗付量/膜厚
		通常	低圧					
1	プラサフ1	○		60.3	53.4	54.9	70.0	1.16
2	プラサフ2	○		68.5	53.4	57.1	74.4	1.09
3	プラサフ3	○		58.1	53.4	54.6	64.7	1.11
4	M	○		20.3	14.6	23.0	103.4	5.09
5	M低圧		○	20.0	14.6	20.6	48.8	2.44
6	S	○		26.4	38.2	48.5	64.7	2.45
7	S追加	○		26.6	38.2	33.4	91.7	3.45
8	S低圧		○	44.4	38.2	47.6	88.7	2.00
9	S低圧追加		○	23.6	38.2	32.6	72.3	3.06
10	バインダー		○	25.0	40.4	32.9	56.3	2.25
11	低隠ぺい		○	30.4	27.0	24.2	105.8	3.48
12	3Pマイカ		○	22.6	18.0	51.9	81.8	3.62
13	クリヤー1		○	63.5	50.0	43.1	65.6	1.03
14	クリヤー2		○	87.1	50.0	40.9	105.5	1.21
15	クリヤー3		○	67.3	50.0	39.3	62.8	0.93

4.3 参考作業

下記条件で水性塗料カラーNo. 1D9 メタリックを塗付、隠ぺい性が良好でムラが出難い事を確認した。

水性塗料 配合比率 100 : 115

(塗料 : 希釈配合済み固形分率17%)

低圧ガン 塗着効率50% 膜厚20 μm

4.4 被塗物実車に塗装し、使用量の測定

(1) ボンネットの裏塗装: 補給部品を実車に取付けた状態で塗付し使用量の計量をする。

(2) 左フロントフェンダ単体部品取替を想定し、アルミ箔を張付、アルミ箔に塗付し使用量と塗着重量を計測する。

(3) 左フロントフェンダとボンネット複数取替を想定し、アルミ箔を張付、アルミ箔に塗付し使用量と塗着重量を計測する。

(4) 左フロントドア中央部に1/9補修部があり1/3塗装を想定しアルミ箔を張付、アルミ箔に塗付し使用量と塗着重量を計測する。

*アルミ箔:塗着重量を計測する時、ボンネット等の部品は、調色計量器で計測できないのでアルミ箔に塗着させて計測する。図3



図3 アルミ箔貼り付け状態

4.5 実車検証

被塗物:トヨタカローラ120系4ドアセダン
メタリック(1D9)を塗付し、検証した。

配合比率 100:20:60(塗料:硬化剤:シンナー)

配合済み固形分率17.4%で行った。

作業内容

(1)ボンネット裏塗付 74.7g/110dm²
面積当たり配合済み使用量 0.8g/dm²

(2)左フロントフェンダ新品単体取替
(左フロントドアへボカシあり)

塗付3回目隠ぺい 93.8g
塗付4回目ムラ取り 15.1g
塗付合計 108.9g
(発生VOC 90.0g)

塗付5回目塗り込み 50.7g
塗付合計 159.6g
(発生VOC 131.8g)

左フロントフェンダ塗着量 9.4g(面積38dm²)
左フロントドア塗着量 1.0g(面積69dm²)
面積当たり配合済み使用量
左フロントフェンダ 3.8g/dm²
左フロントドア 0.2g/dm²

(3)ボンネット・左フロントフェンダ新品複数取替
(左フロントドアへボカシあり)

塗付2回目 172.5g
塗付3回目隠ぺい 88.3g
塗付4回目ムラ取り 51.0g
塗付合計 311.8g
(発生VOC 257.5g)

ボンネット塗着量 16.6g(面積110dm²)
左フロントフェンダ塗着量 6.2g(面積38dm²)
左フロントドア塗着量 0.6g(面積69dm²)
面積当たり配合済み使用量 2.1g/dm²

(4)左フロントドア修正1/3塗装(板金面積1/9)

塗付2回目隠ぺい 10.4g
塗付3回目ムラ取り 3.7g
塗付合計 14.1g
(発生VOC 11.6g)

左フロントドア塗着量 0.5g(面積7.7dm²)
面積当たり配合済み使用量 1.8g/dm²
(ドア面積69dm²の1/9面積当たり)

*1/3塗装は、修正面積が小さい部分塗装で1/1塗装・1/2塗装と同じ考え方で、塗装範囲が対象パネル面積の1/3程度となるものです。下処理面積は、塗装面積の1/3(パネル面積の1/9を想定している。)

表5 トヨタカローラ120系塗付データ

NO.	作業項目	使用ガン		塗付部品	面積(dm ²)	塗付量	塗付量/面積	塗着量
		通常	低圧					
1	ボンネット裏面		○	ボンネット	110 dm ²	74.7g	0.7	-
2	取替 フロントフェンダ		○	フロントフェンダ	38 dm ²	159.6g	3.8	9.4g
				Fドアぼかし	69d dm ²		0.2	1.0g
3	取替 ボンネット& フロントフェンダ		○	ボンネット	110 dm ²	311.8g	2.0	16.6g
				フロントフェンダ	38 dm ²		2.2	6.2g
				Fドアぼかし	69 dm ²		0.1	0.6g
4	1/9修理 1/3塗装 フロントドア		○	フロントドア	69 dm ² 1/9	14.1g	1.8	0.5g

4.6 検証結果

検証に使用した塗料に含まれるVOC量(有機化合物は46.6%~85.4%)は非常に多いことを表3に示す。

また、シンナー希釈の割合で固形分比率は大きく変化している。

プラサフやバインダーの様な下地塗料は、固形分比率が40.4%~53.4%でありシンナー希釈が小さい分他の塗膜構成塗料(カラーベース)と比較してVOC排出量は少ない事が確認された。

一方、メタリックやパールカラーは固形分率14.6~18.0%であり、80%以上がVOCとなっている。

クリヤーは、シンナー希釈なしで調合したことから固形分率が50.0%ある。

通常ガンと低圧ガンとの関係は、低圧ガンではエア圧やスプレー距離および固形分率等の要因が塗着効率への影響が大きい。

メタリックベースは、必要以上に塗付回数を重ねると縞模様が出てきた。隠ぺい後、ムラ取りが出来たら塗付を終了することが重要であり膜厚をメタリックベースで保持する様な塗り重ねは、トラブル要因になることを確認できた。

配合済み塗料の使用量は、単体部品(フロントフェンダ)と複数部品(ボンネット+フロントフェンダ)とでは、複数塗りの時面積当たり30%程度減少した。

被塗物の塗付量は、面積や形状のみならず塗付回数による色決め等の塗付作業に影響されるが水性塗料は、隠ぺいが良く光輝剤の踊りもないので本学専攻科学生3名が講師指導の下、一定レベルの仕上がが確保出来ることを確認出来た。

5. 自動車補修塗装におけるVOCの排出量と使用量の削減取組への提案

5.1 塗着効率と塗膜構成効率の向上について

- (1) 塗付塗料の固定分が多いこと。
- (2) 低圧ガンで近距離から塗付すること。

特にソリッドカラー以外の光輝剤を含む塗料の塗付作業は、光輝剤のむらを抑えるために低粘度、低固形分で塗装する手法が取られているので、塗付塗料の固形分が多い塗料(ハイソリッド塗料)へ移行しなければ塗着効率は高くない。

- (3) 塗着効率が低いと塗膜構成効率も低い。

塗着効率と塗膜構成率の向上は、ハイソリッド系の塗料、低圧スプレーガンの活用と膜厚の管理によって使用量の削減が図れるのでVOCの排出量、使

用との削減となる。

ハイソリッド塗料の共通点を塗料メーカー資料でみると、VOC削減50~60%、使用量の削減40~50%、作業時間の削減25~50%となっている。

- (4) 不必要な厚塗りをしないこと。

塗膜トラブル(縞やムラ等)を避けるために塗付量を適切にする。

6. 自動車補修塗装の要件

6.1 新車の塗膜

新車の塗膜厚は、一般的に水平部(ボンネットetc)は仕上り外観の重視と過酷なバクロ(耐候性試験)条件に耐えるために、100~110 μm と厚く、垂直部(ドアetc)はその影響が少ないため80~90 μm で塗装されている。特殊なケースもあるが、軽自動車やトラックは中塗りを省略するために、水平部は70~80 μm 、垂直部は50~60 μm と薄膜になっている。

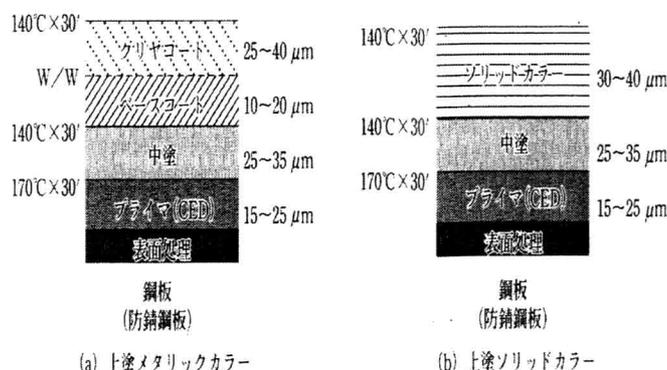


図4 自動車の塗装工程

6.2 補修塗装の条件

自動車補修塗膜は、塗膜性能のみならずユーザーの感覚を満足させる色・つや・肌の3条件が求められる高級塗装となっている。特に美粧性を求められるベースコートはソリッド、メタリック、パール等各カラー毎に補修工程の特徴がある。特にソリッドカラー以外の光輝剤を含む塗付作業は、光輝剤のむらを抑える必要があり高度な塗付技術を要する。また、最上層であるクリヤーコートはベースコートの保護機能と質感(つや感・平滑性・鮮映性・肉持感等)を得る必要がある。

新車塗膜の性能を維持するため新車と同様な膜厚が必要なことの他に経済性、作業性等求められている。

6.3 VOCの排出量と使用量の削減のための補修塗装膜厚の考え方

VOCの排出量と使用量の削減のためには、適切な膜厚管理が必要である。そのポイントは、以下の条件となる。

(1) 自動車塗膜の使用環境面を考慮し補修標準膜厚 110 μm ± 20 μm (最終膜厚ソリッド 90 μm, メタリック・2 P 110 μm・3 P 120 μm) を目安とする。

なお、プラサフは2液、バインダーは2液、ソリッドベース・メタリック及びパールベースは1液クリヤーコートは2液で補修を標準とする。

ソリッドは塗付量の削減が可能の時2コートで補修する。

(2) ハイソリッド塗料は、固形分率が高くとりがよいので隠ぺいするまでの塗付回数以上の塗付はしない。カラーベースの塗付は、塗付量が多くなると塗膜弊害が発生し易い点に注目する。

a. カラーベースは、15～20 μmの膜厚を目安とする。隠ぺい不足のカラーの場合はグレー系またはカラープラサフを使用すること、一液のカラーベース使用で固定分率の低い光輝剤系カラーベースの使用量が削減できる。

b. 隠ぺい不足のカラーの場合は、グレー系またはカラープラサフを使用する。

c. クリヤーコートは、30～40 μmの膜厚を標準として艶の出る状態を被塗物車両に合わせる塗付回数とする。

6.4 補修塗装膜厚の考え方と検証結果における塗付量

補修塗装膜厚の考え方および塗付面積とVOC発生量(塗付量)の検証から、単位面積(dm²)当たりの塗付量を表6に示す。設定膜厚に対する塗付量g/膜厚μmから塗付量g/dm²を示した。

カラーベースは塗付量が多く、固形比率も低いことからVOC発生量比率が高いことが確認できる。

6.5 自動車補修塗装工程の調合塗料使用量

調合塗料使用量=調色ロス+塗装工程ロス(調色カップ・塗装ガン・ろ紙付着・こぼれ等)+塗付残量+塗付量(揮発量+不揮発量)

塗装作業1回につき定量的使用量

調色ロス+塗装工程ロス+塗付残量

塗装面積に比例する使用量

塗付量(揮発量+不揮発量)

塗付量は下記となる

塗付量=揮発量(揮発飛散量)+不揮発量(硬化塗膜量塗膜構成量+否塗膜構成飛散量)

表6 塗付量

	塗付量 g/μm	塗付量 g/dm ²	設定膜厚 μm
プラサフ1	0.06	2.32	40
プラサフ2	0.05	2.17	40
プラサフ3	0.06	2.23	40
M	0.25	5.09	20
M低圧	0.12	2.44	20
S	0.12	2.45	20
S追加	0.17	3.45	20
S低圧	0.10	2.00	20
S低圧追加	0.15	3.06	20
バインダー	0.11	3.38	30
低隠ぺい	0.17	5.22	30
3Pマカ	0.18	4.52	25
クリヤー1	0.05	2.07	40
クリヤー2	0.06	2.42	40
クリヤー3	0.05	1.87	40

6.6 各塗膜工程における調合塗料使用量例 補修塗装膜厚の考え方を加味し使用量を検討した。

(1) プラサフ

塗装工程ロス(調色カップ・塗装ガン・ろ紙着・こぼれ等): 30g 塗付残量: 30g

塗付量(揮発量+不揮発量): 2.5g/dm²

(2) カラー・プラサフ

調色ロス: 30g

塗装工程ロス(調色カップ・塗装ガン・ろ紙着・こぼれ等): 30g 塗付残量: 30g

塗付量(揮発量+不揮発量): 3.0g/dm²

(3) カラーベース

調色ロス: 60g・・・①

塗装工程ロス(調色カップ・塗装ガン・ろ紙付着・こぼれ等): 30g・・・②

塗付残量: 60g・・・③

塗付量(揮発量+不揮発量): 3.0g/dm²

スプレーガンでカラー塗付される塗付塗料の他に150g相当(①+②+③)の調合済み塗料からVOCが発生する。

* 1液仕様にする事で、塗付残量60gは有効活用が可能となりVOC排出を抑制できる。

(4) 3コートパールベース

調色ロス: 60g

塗装工程ロス(調色カップ・塗装ガン・ろ紙付着・こぼれ等): 30g 塗付残量: 60g

塗付量(揮発量+不揮発量): 5.0g/dm²

(5) クリヤー

塗装工程ロス（調色カップ・塗装ガン・ろ紙付着・こぼれ等）：30g 塗付残量：30g

塗付量（揮発量＋不揮発量）：2.5g/dm²

1回の塗装時使用量は、塗付面積に比例しない定量的なロス量と塗付面積に比例する使用量があることが特徴である。

また、VOCの排出量は各塗膜工程毎に使用量に対し揮発分の割合で発生する。

7. まとめ

- (1)今回は主に塗装作業時のVOCの排出量削減を検証したがその結果、有機溶剤型塗料を使用する塗付作業時にVOCの影響する要素が確認できた。
- (2)ハイソリッド塗料は塗付時塗料の固形分比率の高いことを確認できた。
- (3)塗付作業において塗膜厚の管理（特にカラーベース）をすることによって必要以上に塗料を無駄に使わずVOC発生も軽減することが確認できた。

謝辞

本報告にあたり、実験に際して協力をしていただいた車体専攻科の千葉，菅原，許勢，佐々木，研究生の軽部の各学生諸君に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1)木下稔夫：スプレーガンの基礎とその活用技術の上達法 塗装技術 2005.5 p45～p54
- (2)奥村保正：自動車用塗料の塗装技術の現状と将来 自動車技術 2002.1 p84～p88
- (3)環境省：揮発性有機化合物について光化学スモッグのないくらし 2006.3. <http://www.env.go.jp/>
- (4)日車協：VOC排出抑制に係る自主的取組マニュアル平成18年4月 <http://www.jabra.or.jp/hakkannbutu/voc/voc.html>
- (5)日車協：揮発性有機化合物（VOC）の排出抑制に関する自主行動計画について http://www.jabra.or.jp/jabranews/139/139_09.htm
- (6)経済産業省：平成19年度VOC排出抑制に係る自主行動計画の概要について 平成20年2月15日
- (7)トヨタ自動車株式会社技術部BPサービス室：VOCを減らそう！！
- (8)塗装技術研究所：ダストレス塗装システムとその応用 塗料の研究 No.133 Oct.1999
- (9)塗装技術研究所：VOC削減に対する最近の塗装技術動向 塗料の研究 No.132 Apr.1999
- (10)鈴木竜一：レタンPGエコHSクリヤー（A）の開発 塗料の研究 No.145 2006
- (11)境博之：水性ベースコート「アクアDSエコベース」の開発 塗料の研究 No.145Mar.2006p65～p69
- (12)大村匡弘 永野裕幸 中尾泰志：トヨタソアラ向け「コスモシルバー」の開発 塗料の研究 No.140 May2003 p20～p28
- (13)株自研センター：構造調査シリーズ トヨタローラ、ローラフィルター No.J-239 2001年1月p142～p146