

揮発性有機化合物 (VOC) の排出抑制ガイドライン

- * VOC規制の先行きは？
- * VOC排出抑制のためには何が必要か？
- * どのような排出抑制方法が求められているのか？

平成16年 7月

社団法人日本塗料工業会

IPMS2004.7

この度、大気汚染防止法が改正されVOC排出規制が成立しました。これは、塗料のユーザである顧客での塗装設備関係の排出口に法の網が掛かる事になります。

塗料メーカーとしては、安閑として居られません。ユーザと共にVOC排出抑制に経済的負荷を最小限にし、VOC排出抑制効果を極大にし、共存共栄を図らなければなりません。

その方策を検討するに当たって、先ず法規に至った経緯と現状について把握する必要があります。

最近の地球環境の話題

- 1・環境変動と社会変動 - 江戸時代以降80年サイクル
- 2・世界人口と食糧 - 環境が良ければ指数関数に増加、環境に対応より過剰になれば抑制される（マルサス：人口原理）
- 3・エネルギーと文明 - 2000キロ/人(石炭換算)までは平均寿命が伸びるし、文明程度も比例する。有限であり、平均すると1000キロ/人になり、豊かな生活1500キロ/人には達していない。（現在1900キロ）
- 4・人間活動と自然環境 - 気候変動としての現象！
- 5・21世紀の地球環境？ - 今、我々は何をすべきか？

気候変動は歴史を変える；高橋浩一郎、朝倉正
(丸善榭平成6年3月より)

JPMS2004,7

気候の変動は、近年著しいものがあります。

その要因には、地球の誕生からの長い歴史がありますが、人類が生まれた有史以来から見るとその要因は、特にここ200～300年の変化が大きく寄与している事がわかります。人口の爆発的増加はどこまで続くのであろうか？

日本だけの現象でなく、地球規模的な観点で見ないと理解出来ない事が多くあります。

排ガス規制の経過

<昭和48年～昭和53年規制値>

走行モード	ガス成分	昭和48年 規制	昭和50年 規制	昭和51 年規制	昭和53 年規制
10モード排 出ガス (g/km)	一酸化炭素(C O)	26.0	2.70	2.70	2.70
	炭化水素(HC)	3.80	0.39	0.39	0.39
	窒素酸化物(N Ox)	3.00	1.60	0.84/1.20	0.48
11モード排 出ガス (g/test)	一酸化炭素(C O)	---	85.0	85.0	85.0
	炭化水素(HC)	---	9.50	9.50	9.50
	窒素酸化物(N Ox)	---	11.0	8.00/9.00	6.00
アイドリング 時の排出ガス 濃度	一酸化炭素(C O)	4.5%		4.5%	4.5%
	炭化水素(HC)	1200 ppm		1200 ppm	1200 ppm

JPMS2004,7

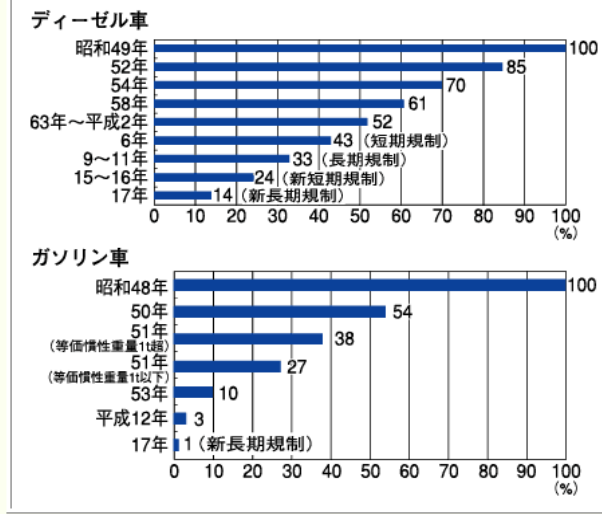
日本における大気環境規制は、自動車の排ガスに集中して来たと言っても過言ではありません。

その過程に伴って、自動車は衰退するどころか、したたかに成長を遂げ、今では世界のトップを行くほどになりました。

その努力と秘密に、我々は学ばなければならないと思います。

最近の自動車排ガス規制については、平成8年に中央環境審議会(環境大臣の諮問機関)に「今後の自動車排出ガスの低減対策のあり方」について諮問が行われ、平成15年までに7回の答申が出され、現在も引き続き審議が行われています。

図5 NO_x規制の推移



JPMS2004,7

「環境儀」11号より

これだけ厳しく自動車の排ガスについて規制してきたのに、日本の大気環境状況は良くなるどころか、最近では光化学オキシダント警報が18年振りに発生するという現象が出てきています。

これは一体何が原因しているのでしょうか？

日本の大気環境の現況(2)

大気環境指針：午前6時～9時の平均値が0.20～0.31ppmC以下

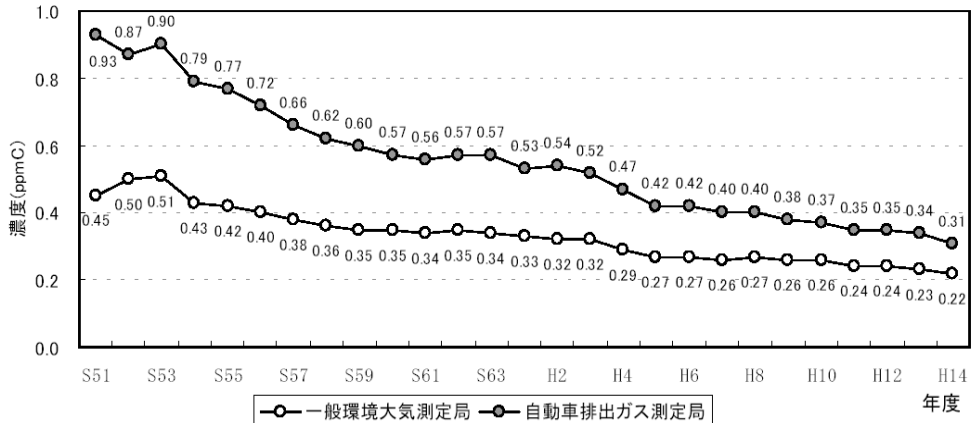


図3-6 非メタン炭化水素濃度（午前6時～9時の平均値）の推移

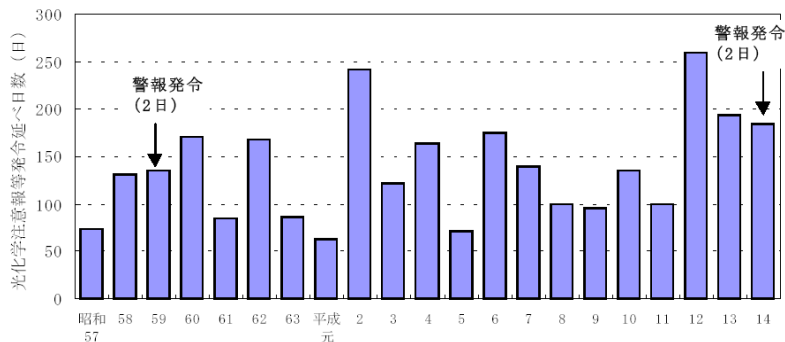
JPMS2004,7

環境省ホームページより

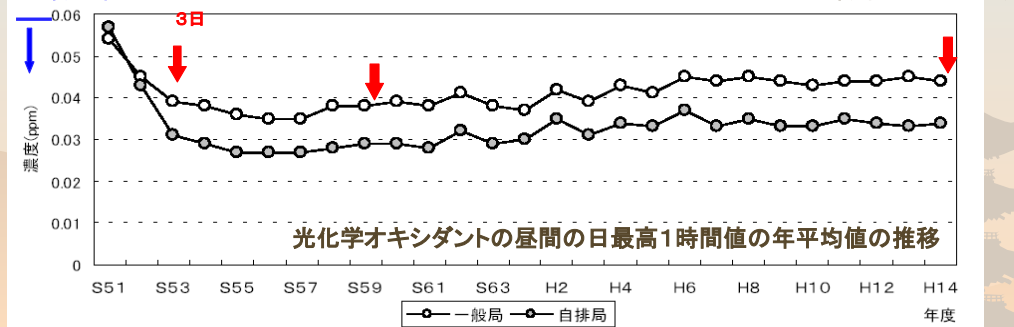
従来、環境基準としてありました揮発性有機化合物(VOC)の総称としての非メタン炭化水素の平均的濃度は、昭和50年から見ると大幅に減少しています。

日本の大気環境の現状

光化学オキシダント注意報等発令日数の推移



大気環境基準



しかし、光化学オキシダント濃度はあまり変化するどころか、
 漸増しているのが長年の傾向です。

そして、千葉県で平成14年度に2日も警報が発令され、学童が
 150人以上も体の不調を訴えるようになっていました。

このままでは、また発生すると、もし住民が国に対して訴訟
 した場合は、国が負けることになりかねません。

大気汚染の影響と被害

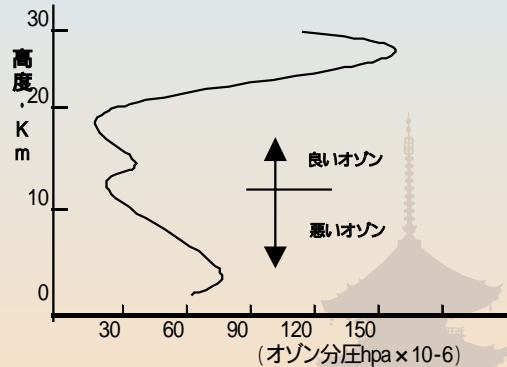
● 光化学オキシダント(O_x)

粘膜への刺激、呼吸への影響等の健康影響のほか、農作物などの植物へも影響を与える。

● 浮遊粒子状物質 (SPM)

大気中に長時間滞留し、一定レベルでの長期吸入により、肺や気管等に沈着して呼吸器に影響を及ぼす。

オゾン濃度の垂直分布の観測例



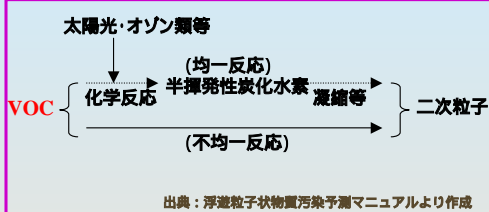
引用文献: 若松伸司, 篠崎光夫著, 2001,9, 「広域大気汚染」, 裳華房

JPMS2004,7

環境基準では、光化学オキシダントとSPMが規定されています。
特に、オゾン濃度で見ますと5KM以下の高度における濃度が人間や植物にとって被害をもたらす事になります。
オゾン濃度は、地域によって一定ではなく、常に変化をしています。

大気環境基準

*VOCからSPMへの生成機構



EC溶剤指令（欧州）

VOCは「20 において0.01KPa（約1/10,000気圧）以上の蒸気圧を有するあらゆる有機化合物」

大気清浄法（米国）

VOCは「大気中での光化学反応に関与する有機化合物；あるいは標準法、その等価法、代替法により測定される有機化合物、あるいは規則の細則（subpart）に定められた方法により決定される有機化合物」

JPMS2004.7

* 浮遊粒子状物質

（Suspended Particulate Matter; SPM）

大気中に浮遊する粒子状物質で、その粒径が $10\mu\text{m}$ 以下

- ・ 1時間値の1日平均値が、 $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1時間値が、 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること

* 光化学オキシダント(Ox)

光化学反応により生成される酸化性物質

- ・ 1時間値が、 0.06ppm 以下であること

大気環境に対する研究は、日本では未だ十分な認識と調査検討の段階であり全てが解明されているわけではありません。特に、揮発性有機化合物(VOC)の定義が決まったのですが、排出口からは気体状で排出された有機化合物と非常にあいまいであります。

米国では「大気中での光化学反応に関与する有機化合物」としておりメタン、エタンなどの光化学反応を無視できる物質は除外しています。

ECでは「20 において 0.01kPa 以上の蒸気圧を有するあらゆる有機化合物」としています。

なお、光化学オキシダントの原因物質である非メタン系炭化水素については「全炭化水素から光化学反応性を無視できるメタンを除いたもの」と定義している。

環境基準には光化学オキシダントと浮遊粒子状物質(SPM)が規定されていましたが、今回新たにVOCがくわわることになりました。

大気汚染とは、化学組成で見れば！

不変成分		大気の組成	
容積率 (%)		(発生源)	地上大気中濃度
N ₂	78.084 ± 0.004	O ₃ (紫外線)	0 ~ 0.07ppm 夏
O ₂	20.764 ± 0.002		0 ~ 0.021 冬
(CO ₂	0.035 ± 0.001)	SO ₂ (工場)	0 ~ 1ppm
Ar	0.934 ± 0.001	NO ₂ (工場)	0 ~ 0.02ppm
Ne	18.18 ± 0.04 (ppm)	CH ₂ O (生物)	不確定
He	5.24 ± 0.004	(ホルムアルデヒド)	
Kr	1.14 ± 0.01	I ₂ (工場)	10-4g/m ³
Xe	0.007 ± 0.001	NaCl (海塩)	10-4g/m ³
H ₂	0.5	NH ₃ (工場)	0 ~ 痕跡
CH ₄	2	CO (工場)	0 ~ 痕跡
N ₂ O	0.5 ± 0.1	H ₂ O (蒸発)	0 ~ 0.35 g/m ³

注) 不変成分の濃度は、水蒸気を除けば、地上80kmまではほぼ一定
 引用文献: 河村 武、岩城英夫編、1990: 環境科学概論、朝倉書店

JPMS2004,7

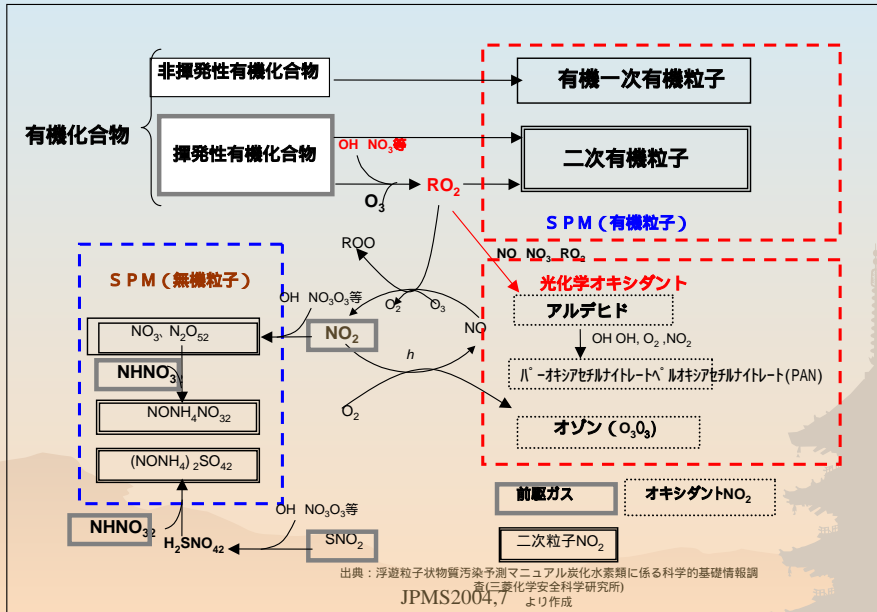
化学的に大気組成を見ると、不変成分と可変成分に分けれます。

経済の発展や人口の増加による活発な活動により可変成分は変動します。

特に、オゾン濃度は、夏と冬で大きく変わり夏場は大きくなる傾向にあります。

それは、何故でしょうか？ 温度が高くなると化学反応性が高くなるのは間違いありません。

大気中のVOC等の反応メカニズム



最近の調査研究では、大気へ放出されたVOC(非メタン炭化水素；揮発性有機化合物)は紫外線の影響によりNOの介在によりオゾンやSPMに変化するとされています。

EUや米国ではVOCは光化学オキシダントへの変化は昔から言われていますが、日本は最近になってSPMに変化するとされています。(環境省)はたして本当なのでしょうか？

VOCの光化学反応性

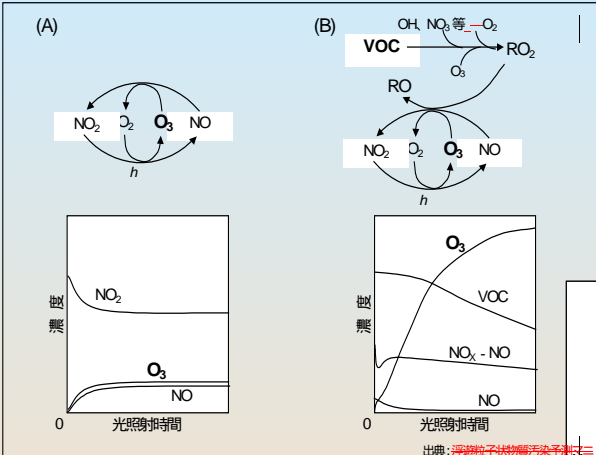
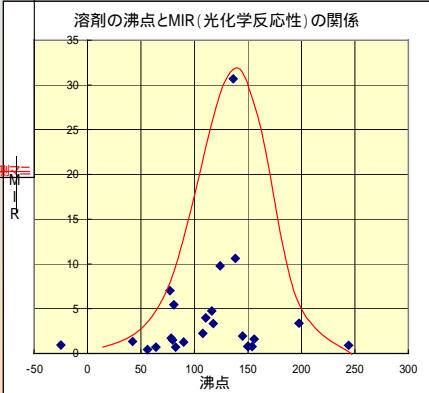


図2 オゾン生成へのVOCの関与

最大増加反応性

(MIR, Maximum Incremental Reactivity)

$$MIR = \frac{\text{光化学オキシダント増加量 (mg)}}{\text{VOC増加量 (mg)}}$$



JPMS2004,7

一般に塗料からのVOCは、沸点範囲でみるとWHOが提唱する50 ~ 260 の範囲に入るものが当ります。

その中でも、オゾン生成能から見ると、沸点範囲が100 ~ 200 の範囲にあるVOCが大きいことが判ります。

また、(B)に見られますように、NOの介在でVOCはオゾン生成が活発になり、NO量が減少していくことが示されています。

江ノ島におけるキシレン類のクロマトグラムパターンの経時変化

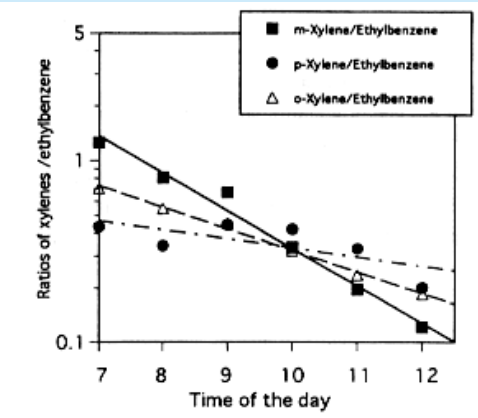
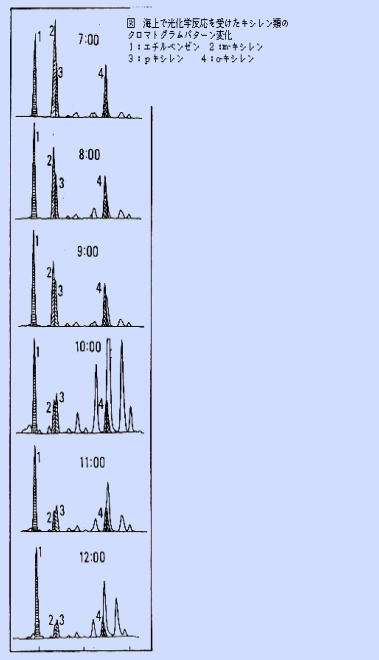


図 海上での光化学反応による大気中キシレン類組成変化

化合物	$k_{OH}(\text{cm}^3/\text{mol}\cdot\text{sec})$
エチルベンゼン	7.5×10^{-12}
o-キシレン	14.7×10^{-12}
p-キシレン	15.2×10^{-12}
m-キシレン	24.5×10^{-12}

JPMS2004,7

例えば、一つの観測例ですが、江ノ島沖における朝の7時からお昼の12時までのキシレンの減少程度をエチルベンゼンと比較して分析観察されています。

これは、夜に陸風により都会の大気が海上に行き、朝になれば海風によって都会へ移動するとも考えられます。

または、昼間の紫外線により光化学オキシダントへ変化しているとも考えられます。

諸外国との規制比較

	アメリカ	EU	イギリス	ドイツ	日本
法令名	Clean Air Act 大気浄化法	Gothenburg 議定書 1999/13/EC 特定の活動及び設備における有機溶剤の使用によるVOC放出の抑制のための理事会指令	Environmental Production Act 1990 環境保護法	Bundes-Immissionsschutzgesetz(TA-Luft) 連邦排出防止法 TA-Luft 政令31条	改正 大気汚染防止法
施行年	1990年改正	1999年	1990年	2001年	2004年
目的	オゾン	オゾン	オゾン	オゾン	SPMと オキシダント
対象有機化合物	大気中で蒸発し光化学反応に關与する有機化合物	20 において0.01Kpa (約1/10,000気圧) 以上の蒸気圧を有するあらゆる有機化合物			大気中に排出され、又は飛散した時に気体である有機化合物 (1)

1 ; 浮遊粒子状物質及びオキシダントの生成の原因とならない物質として政令で定める物質を除く。

JPMS2004,7

欧米の諸外国では、1990年頃よりVOCに対する規制が始まっています。しかし、VOCの定義については日本のように抽象的ではなく明確になっているEUと異なり、日本は米国型に近い定義になっています。しかし、揮発性有機化合物は全て入るような気がします。

VOC規制をしている条例

	埼玉県	東京都	愛知県	三重県	大阪府
条例名	埼玉県生活環境保全条例	都民の健康と安全を確保する環境に関する条例	環境基本条例	三重県生活環境の保全に関する条例	大阪府生活環境の保全に関する条例
施行年	2002年	1972年	2003年	1974年	1994年
目的	環境負荷低減、人の健康保護	人の健康保護	人の健康保護 生活環境保全	人の健康保護 生活環境保全	人の健康保護 生活環境保全
対象有機化合物	1)単一物質で、1気圧の状態 で沸点が150 以下、 2)混合物では、 1気圧の状態 で留出量が5% の時の温度が 150 以下の揮 発性物質	有害ガス（ベン ゼン、トルエン、 キシレン、アセ トン、メチルエ チルケトン、メ チルイソブチル ケトン、メタノ ール、など41物質 を特定）	有機溶剤 （石油系炭化 水素、ハロゲ ン化炭化水素、 アルデヒド類、 ケトン類及び アルコール類）	有機化学物質の 製造の用に供す る有機溶剤 （1気圧の状態 で沸点が150 以 下のもの）	1)単一成分で、 1気圧の状態 で沸点が150 以下、 2)単一成分で ないもので、 1気圧の状態 で留出量が5% の時の温度が 100 以下

JPMS2004,7

地方自治体は、既にVOCについて規制をしていますが特に罰則規定は無く、規制により排除や報告を課しています。

国がVOC規制をすることにより、これらの地方条例の意味合いが大きくクローズアップされることになり、地方によってますます規制の差が出るのではないかと懸念されます。

VOC規制のポイント

* VOC排出施設とは

塗装施設及び塗装後の乾燥・焼付施設

工業用洗浄施設及び洗浄後の乾燥施設

一つの建屋の中に複数のVOC排出施設がある場合や、各種の設備が混在する場合でも、それぞれのVOC排出施設が対象施設であり、建屋全体を対象施設とすることはない見込み

* 「排出口」とは

建屋内の換気の目的として「VOCの排出」が含まれる場合には、換気扇等の開口部は排出口に該当する

* 配慮すべき事項

規制の対象は、中小企業であるかどうかではなく、VOCの排出量が多い施設を予定

JPMS2004.7

* VOCの測定方法等

FID（水素炎イオン化検出器）を用いた炭素換算で全VOCを測定

測定回数は年に1～2回程度

測定者の資格要件は特に無し（法第17条の11）

* その他の規定

事業者の責務（法第17条の13）として、規制対象でなくとも事業者はVOCの排出状況の把握、VOC排出の抑制のために必要な措置を講じる

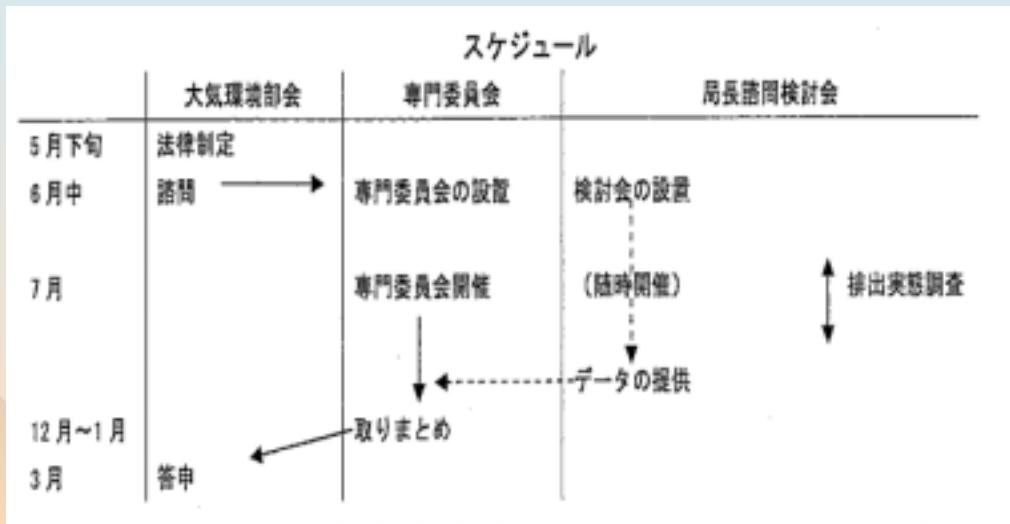
国民の努力義務（法第17条の14）VOC使用量の少ない製品の選択

平成16年5月26日に公布された大気汚染防止法の改正点のポイントについてまとめますと5つになります。

特に国民の責務として、強く明確に位置付けられたことは意味あることに思われます。

今後、その具体的内容が政省令にて明確になるとされていますが、省令にあっては年々厳しくなることが予想されます。

政省令の明確は平成17年の春？ 施行までに設備投資の予算申請や設置が間に合うか？



JPMS2004,7

政省令の詳細については、1年ほどかかって検討し、平成17年3月に答申をし、4月から5月頃に具体的に施行時期と一緒に明確になることとなります。

それから、投資計画を準備をしておいては法律の施行までに間に合いませんし、結局はコストの高いものになります。

塗料業界としての対応

- 規制が迫られる
塗料ユーザーへの協力
- 環境配慮塗料への
各社自主取り組み
- 企業の社会的信頼性
(CSR)を1社々の努力を纏
める

VOC排出抑制はどこ
まで出来るか！
産業の空洞化は止
められるか？



JPMS2004,7

日本塗料工業会としては、あえてVOC排出抑制に取組みを明確にし、目標設定までしたのは、各社がその対応やユーザーとの協力を一刻も早く実施しないと準備期間に1～2年は優に必要だからですし、費用対効果も選択猶予がありません。

また、塗料・塗装産業の将来を考えれば、所詮、検討対策を確立しなければ塗料・塗装の明日はありません。

取り組み活動の 骨子

1) 会員へ

会員への知らせめ（会員用ガイドライン、説明会（塗料産業フォーラム他））

環境配慮低VOC塗料の計画と推進

VOC排出抑制技術のトップランナー調査

会員各社での自社商品における市場でのVOC排出量把握

日塗工としての市場でのVOC排出量調査把握

コーティング・ケアの進捗フォロー

P R T R の第 1 種指定化学物質の取り扱い削減推移調査

ユーザの規制に対する反応の把握と対応

2) ユーザへ

関連ユーザ業界団体への説明と協力要請

ユーザ用ガイドライン

ユーザ業界団体での説明や講習会・講演会

その他情報交換（VOC排出濃度測定方法、

VOC排出抑制オプション等）

1) 業種毎の把握と割当設定はするが塗料業種全体としての大気排出

VOC削減目標設定をおこなう。

2) VOC排出抑制の目標値は、

「3年後には、H13年度比30%抑制、5年後には50%抑制とし、H18年度結果を見て社会情勢等を鑑み見直しをする。」

JPMS2004,7

日本塗料工業会の会員が実施することを具体的に明確にした ~ と、ユーザに対して一緒に取り組み協力お願いをしなければなりません。なぜならば、VOC排出抑制にはユーザの協力が無ければ何も出来ません。ユーザの理解と協力があって始めて出来ることなのです。

塗料業界としての対応

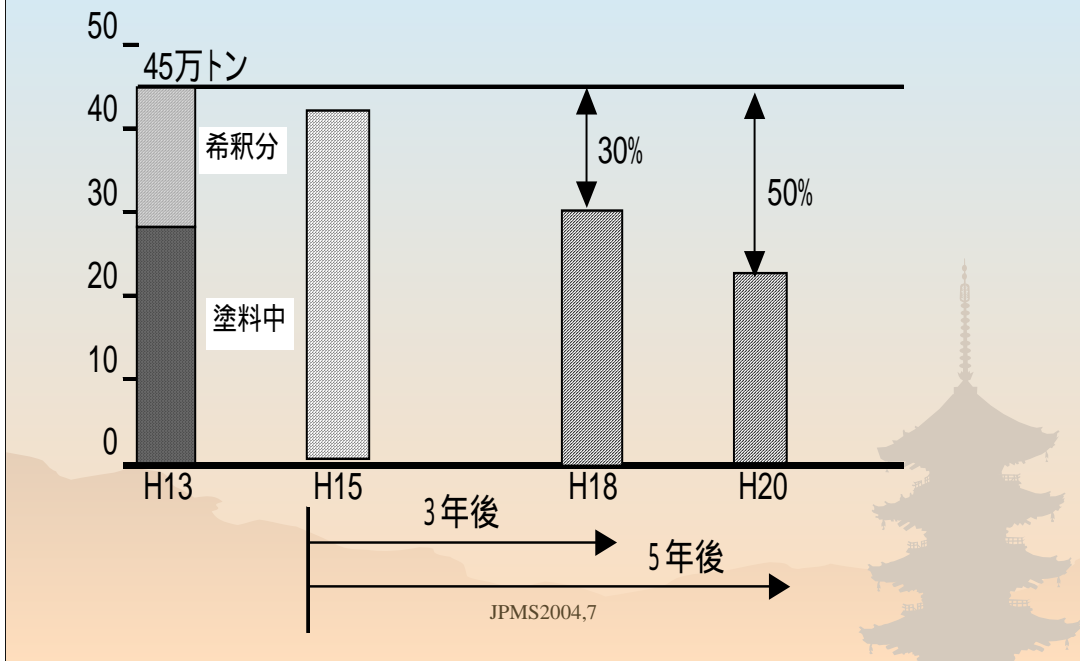
- . 理解と認識が必要です。
- . 具体的取組みを実施します。
- . 具体的目標を明示をします。
- . 自ら進捗状況を把握します。



JPMS2004,7

まず、VOC排出抑制の実施には大きく4つに上げられます。
特に具体的目標が無いことには、会員の励みになりません。登山において頂上が見えて来るとより頑張りもでてくることは皆さんよくご承知のことと思います。
そして、自らの位置を把握することが必要です。

塗料・塗装における大気へのVOC排出量



その為にも、あえて目標を設定しました。

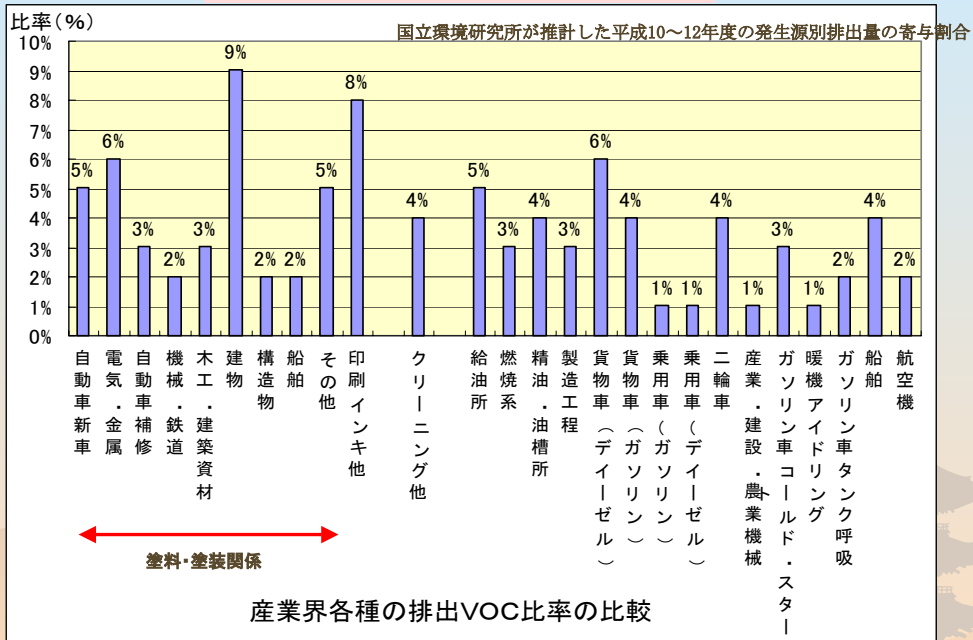
平成13年度を基準にして5年後の平成18年度末には30%抑制を設定しました。
もともとVOC排出量算定には

誤差がつきものです。10~20%は、ともすれば誤差によりはっきりしない事もありますので、30%に設定しました。

7年後の平成20年度末には、50%抑制にしたのも、EUの実績から見ても、またVOC排出が危惧されだした1980年代に

そのVOC排出量を戻す必要があると考えたからです。

VOC排出比率の内訳



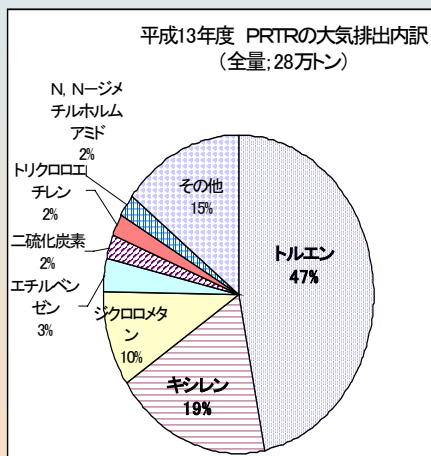
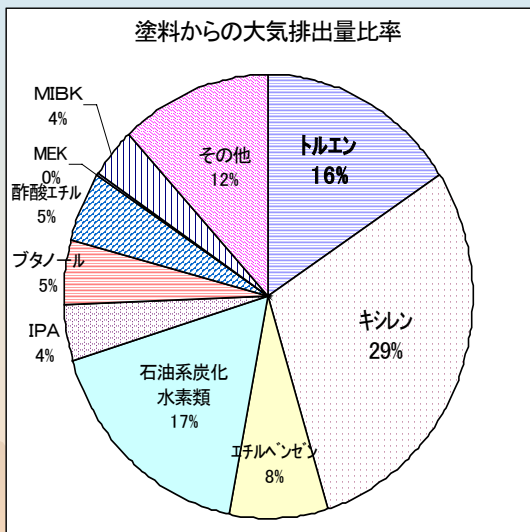
JPMS2004,7

国立環境研究所のシミュレーション調査によれば大気へ排出されているVOC量の比率は、各需要分野で示されています。

塗料・塗装に関わる比率は37%にもなります。

その中で、今回のVOC規制に関わる建屋系の固定発生源は塗料・塗装の半分の19%になります。

大気排出推定; 溶剤種類の内訳



JPMS2004,7

環境省、経済産業省発表 2003.3

PRTRでの調査によると、平成13年度の大気排出されている比率はトルエンが47%も占め、キシレン(エチルベンゼンを含む)が22%になります。塗料・塗装からの排出量比率と比較しますとキシレン(エチルベンゼン含む)が37%とトルエンを大きく上回ります。

塗料に使用される溶剤類他の特徴一覧

分類	溶剤名	構造式	燃費比率	燃費	沸点 (°C)	大気反応性 KHS (オゾン層破壊係数) FAC (オゾン層破壊係数) 物質毒性 (目)	蒸気圧 (Pa/°C)	引火点 (°C)	引火点 (°C)	L660 (引火点) me/kg	比重	沸点 (°C)	揮発率 (%)	水分解度 (%)	分子重			
芳香族 炭化水素	トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	0.91	7	110.6	3.37	0.4	1.07	4883/30°C	50ppm	4	5,000	0.87	480	1.87/70	0.845/20	92.1	
	キシレン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0.90	8	138.4	4.28	1.0	0.47	1333/20	100ppm	28	4,200	0.86	559	1.14/70	不揮	106	
	メチルベンゼン	C ₆ H ₅ CH ₃	0.90	8	106.2	3.07	0.4	1.54	1333/20	50ppm	15	3,500	0.87	455	1.2/60	不揮	106	
	スチレン	CH ₂ =CHC ₆ H ₅	0.92	8	145	1.95			670/20		50	31	5,000	0.90	31	1.1/61	不揮	104
	メタノール	CH ₃ OH	0.98	1	64.1	0.71	0		12665/20		200	1.0	5,628	0.78	470	0.9/36.5	揮発に適合	32
	エタノール	C ₂ H ₅ OH	0.92	2	78.3	1.59	0		60/25		12.9	7,060	0.79	392	揮発に適合	46.1		
	酢酸	CH ₃ COOH	0.92	3	118.1	0.71	0		1266/20		400	1.2	5,245	0.78	458	2.5/12	揮発に適合	50.1
	nブタノール	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	0.65	4	117.7	3.34	0		733		50	37.8	3,950	0.81	367	1.46	不揮	74.1
	イソブタノール	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	0.65	4	107.9	2.24			1067/20		50	28	2,850		430	1.2/10.9	8.5/20	74.1
	エチレングリコール	HOCH ₂ CH ₂ OH	0.49	2	197.9	3.36			93/50		50	111	4,700	1.12	400	3.2/15.3	揮発に適合	62.1
脂肪族 炭化水素	n-ヘキサン	C ₆ H ₁₄	0.86	4	68.7	6.45			1201			-18	12,705	0.78	245	3.9/4.4	揮発	84.2
	n-ヘプタン	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	0.84	6	98.7				2,077	2066/20	50	-23	8,916		0.81	0.88	揮発	86.2
	低沸点芳香族ナフタ	MF, ニュートンJL1001.55, フラノール1003.600, ハイソール			80-119	1.27												
	中沸点芳香族ナフタ	HAW, スーパーJL1100, フラノール60, 日石ハイソール100, MSB			9-10	154-190	0.78											
	高沸点芳香族ナフタ				10-11	150-200	0.79											
	3-メチルストリット	特殊			9-12	150-210	0.78											
	酢酸エチル	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	0.49	3	57.5				2306/20		200	-20	5,450	0.85	502	3.1/16	24.5/20	74.1
	酢酸n-ブチル	CH ₃ COO(CH ₂) ₃ CH ₃	0.88	4	77.6	7	0	6.36	3392/27		400	-4	5,620	0.89	457	2.2/11	8.08/25	69.1
	酢酸n-オクチル	CH ₃ COOC ₇ H ₁₅	0.62	6	180-125	9.8	0		2000/25		150	22	7,050	0.88	370	1.2/15	9.8/15	110
	酢酸イソブチル	CH ₃ COOCH ₂ CH(CH ₃) ₂	0.62	6	118				1713/20		150	18	13,400	0.87	422.8	2.4/10.8	0.69/20	110
ケトン系	酢酸イソプロピル	CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ CH ₃	0.69	6	85			3300/20		250	4	3,000	0.88	464	1.7/7.8	2.9/20	102	
	酢酸n-ブチル	CH ₃ COO(CH ₂) ₃ CH ₃	0.66	7	142			1713/20		25	15,000	0.87	363	1.0/7.5	0.22/20	130		
	メセトン	CH ₃ (CO)CH ₃	0.62	3	56.2	0.49	0		24700/20		750	-20	6,800	0.79	465	2.2/13.3	揮発に適合	58.1
	メチルエチルケトン	CH ₃ (CO)CH ₂ CH ₃	0.67	4	78.5	1.49	0		8460/20		200	-7	2,737	0.81	514	1.7/11.4	22.8/20	72.1
	メチルイソブチルケトン	CH ₃ COCH ₂ CH ₂ (CH ₃) ₂	0.71	6	116.2	4.75	0		15.9/21		50	15.5	2,080	0.80	465	1.4/7.5	揮発	100
	シクロヘキサン(アロ)	C ₆ H ₁₀ O	0.92	6	156	1.61			5/28		28	41.5	1,335	0.85	420	1.1/9.4	6/30	96.2
	シクロペンタン	C ₅ H ₈ (CH ₂) ₂ O	0.76	9	215.2				3.3/95		5	95.1	1,870	0.82	462	0.8/3.8	1.2/20	139
	メチルセロソルブ(エチレングリコールモノエーテル)	CH ₃ OCH ₂ CH ₂ OH	0.47	3	124.3				827/20		5	46	2,370	0.86	285	2.5/1.4	揮発	76.1
	エチレングリコールモノエーテル	C ₂ H ₄ OCH ₂ CH ₂ OH	0.93	4	138.8				707/20		5	40	2,125	0.93	238	1.8/1.7	揮発に適合	90.1
	エーテル系	メチルセロソルブ(エチレングリコールモノエーテル)	C ₂ H ₄ OCH ₂ CH ₂ OH	0.61	6	171.2				80/20		25	61	470	0.80	240	1.1/11	揮発に適合
プロピレングリコールモノエーテル		CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	0.68	6	132.2				960/25		39	39.5	4,400	0.80	272	1.3/12	揮発に適合	104
イソプロピルセロソルブ		(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	0.68	6	139				900/20		25	33	5,660	0.81	320		揮発に適合	104
メチルセロソルブブチレート(エチルセロソルブブチレート)		CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ OC ₄ H ₉	0.79	2	124.3				827/20		5	46	2,370	0.86	285	2.5/1.4	揮発	119
シクロロメタン		CH ₂ Cl ₂	0.44	1	40				2869/25		50	-	1,600	1.33	662	15.5/66	1.3/20	84.9
四塩化炭素		CCl ₄	0.96	2	61.2				3332/10		10	-	698	1.48	-	0.815/20	119	
トリクロロエタン		CH ₂ ClCH ₂ Cl	0.18	1	76.7				1558/25		5	-	2,350	1.59	-	0.081/25	153	
トリクロロエチレン		CH ₂ ClCH=CCl ₂	0.36	2	87.2				1693/25		350	-	9,600	1.35	500	0.095/20	134	
テトラクロロエチレン		CCl ₂ =CCl ₂	0.90	2	121				4.9		50	-	5,650	1.46	-	0.107/20	131	
清 水 系		DMEC(メチルエーテル)	CH ₃ OC ₂ H ₅	2	-24.9	0.93			69.5	2108/22		25	-	2,629	1.69	-	0.016/26	196
	LPG(C3-C4炭化水素混合)	プロパン, プロピレン, ブタン			-0.5 -42.1	1.33			1.53MPa/40			-41.1						
	DMP(メチルセロソルブ)	C ₆ H ₁₄ (COOC ₂ H ₅) ₂	10	282					133/100.3		5	145.1	6,800	1.19	555		揮発	194
	DEP(メチルセロソルブ)	C ₆ H ₁₄ (COOC ₃ H ₇) ₂	12	296					133/100.8		5	117	6,600	1.12	457		揮発	222
	DBP(メチルセロソルブ)	C ₆ H ₁₄ (COOC ₄ H ₉) ₂	16	340					13/89		5	157	8,000	1.06	400		揮発	278
	DEP(メチルセロソルブ+エチルセロソルブ)	C ₆ H ₁₄ (COOC ₂ H ₅) ₂	0.72	18	390				0.001 K		5	218	30,000	0.99	350		揮発	390
	メチルセロソルブ(C ₆ H ₁₄)+トリメチルセロソルブ(C ₆ H ₁₄)	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH(C ₆ H ₁₄) ₂	0.66	12	255	0.60			801/100me/kg/20		120	1	1,900	0.95	393	0.62-4.24	60-86/20	216

JPM2004,7

塗料に使用されている主なVOCである溶剤の一覧ですが、VOCの定義が抽象的では具体的な対策が取り難いかも知れません。そこで焦点を絞ることが先ず問題の解決には必要です。また、対象揮発性有機化合物(VOC)の特性をよく把握することが必要です。

塗料でのVOC排出抑制対応について

塗料タイプ		実施及び試行例	課題や問題点
水性化	含有中のVOC削減	建築内外装、電着塗料、家庭用、窯業建材	乾燥性、作業性低下、低温造膜性、塗膜強度、
	溶剤系からの変換	自動車中上塗り、自補修、車輻、木工、構造物、路面標示、	乾燥性、作業性低下、塗膜強度、光沢、鮮鋭性、コストアップ
無溶剤化		床、船舶、構造物、	作業性、塗料ロス、コストアップ、多液化
ハイソリッド化		構造物、船舶、機械、建材、金属	作業性低下、コストアップ、多液化
粉体化		電気機械、金属、機械	設備自由度限定、素材の選択性、コストアップ

JPMS2004,7

VOC排出抑制の方法には大きく3区分に分けられます。これらのベストミックスを選択するのが費用対効果からも必要です。

VOC排出抑制への第一歩としての塗料タイプによる選択と適正があります。溶剤系塗料から水系塗料に変更するにしても、そう簡単な話ではありません。試行錯誤と慎重なテストや改良が必要です。

それぞれの特性をよく認識した上で進めなければなりません。また、コストによる経済性が所詮付きまわりますので、ユーザとの合意を得るのは簡単なことではありませんが、手をこまねいていても解決はしません。

VOC低減に向けての低VOC塗料

業 種	低VOC塗料の種類
1. 建物	ハイソリッド塗料、水系塗料
2. 建築資材	ハイソリッド塗料、水系塗料、粉体塗料
3. 構造物	ハイソリッド塗料、無溶剤塗料、水系塗料
4. 船舶	ハイソリッド塗料、無溶剤塗料
5. 自動車	ハイソリッド塗料、水系塗料、粉体塗料
6. 自補修	ハイソリッド塗料、水系塗料
7. 電気機械	ハイソリッド塗料、水系塗料、粉体塗料
8. 機械	ハイソリッド塗料、水系塗料、粉体塗料
9. 金属製品	ハイソリッド塗料、水系塗料、粉体塗料
10. 木工製品	水系塗料、無溶剤UV塗料
11. 家庭用	水系塗料
12. 路面標示	溶融着形塗料、水系塗料

JPMS2004,7

一般的に使用されている、または適用できる範囲を大まかに分類したものです。各々の塗料系統においても内容は異なりますのでそれぞれに合った塗料を選んでください。

塗装におけるVOC排出抑制方法について

VOC使用量低減については、被塗物、塗料の種類、要求品質及び生産性により異なりますが、始めから無理だとあきらめないで工夫することが必要です。

区 分	方 法	低減内容
塗料供給システム	・カセット式	色替え、洗浄レス
塗着効率の向上	・静電塗装、低圧塗装 ・エアスプレー イアス 静電 ローラー 電着	塗料使用量
高粘度塗装	・ホットエアレス	シンナー使用量

JPMS2004,7

第2の方法は、塗装方式の選択や改善です。

一般的には、示されたような手法が採用されています。全てがあてはまるわけではありませんが参考やヒントにしてください。

VOC排出処理技術 の例

* 標準的なアルキドメラミン焼付け塗装ライン（1コート1ベーク）及び排ガス処理方法と処理濃度の例を「現状の処理設備を規制に対応するためには、最低でも30%処理を工夫したとしても、ランニング費用が下表に示しただけ必要」

工夫しない場合；例えば、塗装ブース300m³/minの設備費2800万円、ランニング180万円以上は必要になります。

塗装工程	排风量 (Nm ³ /min)	VOC濃度 (ppm)	設備費用	ランニング費用
調合室	10	30	活性炭吸着法 200万円	5万円/月
塗装ブース	1000	100	活性炭吸着法 6000万円	100万円/月
セッティング	20	500	直接燃焼法 1200万円	40万円/月
乾燥炉	30	2000		

JPMS2004.7

CEMA:VOCシンポジウム '04,02,25 平野克巳氏より

次に第3の方法ですが処理設備によるVOC排出抑制が最も効果がありますが、初期投資も大きく設備の維持管理やランニングにも相当の費用が必要です。

これは、ほんの一例ですが、何もしないより30%のVOCを抑制した場合のモデルです。

最低でもこれ以上は費用や状況が予想されますので、それぞれにあった状況の判断と現状の解析をして専門家と相談してみてください。

排ガス処理方法と排出濃度の実測例

実測例は、塗装現場により色々あり、一概には言えないが一つの参考例として自職場と比較して下さい。

塗装工程	排ガス処理方法	VOC濃度 (ppmC)		排ガス量 (Nm ³ /min)
		処理装置入口	処理装置出口	
塗装ブース + 乾燥炉	触媒燃焼法	3 1 0 0	9 0	3 0 0
塗装ブース	活性炭吸着法	2 0 0	6 2	1 2 0
塗装ブース	活性炭吸着法	6 4 4	4 4	7 4
塗装ブース	活性炭吸着法	1 6 8	9 2	3 1 5
乾燥炉	直接燃焼法	4 8 4 0	1 1	2 9
乾燥炉	直接燃焼法	4 0 8	4	7 0
乾燥炉	触媒燃焼法	7 0	4	2 2 2

JPMS2004.7

揮発性有機化合物(VOC)排出抑制検討会(環境省)P145、平成15年12月より

最も気になるのが、はたして設備による効果ですが使用されている塗料品種や被塗物の形態や大きさにより当然異なってきます。環境省から出されたある例ですが、処理設備のVOC排出濃度が全て100 ppmC以下に示されているところが重要ポイントです。

VOC排出濃度机上計算例

* 現状の塗装ブース排出口からの排出濃度計算式

$$V = N \times (\quad / M) \times R \times T$$

V : 塗装ブースからの溶剤排出濃度 (ppm)	47.20
N : 塗装時の排出空気量中の溶剤量 (液体) (cc/m ³)	0.242
M : 溶剤の分子量 (キシレン単独と仮定すると)	106
R : 気体定数 (cc · atm /)	82.057
T : 温度 (絶対温度 K + t) 室温 20 として	273 + 20 = 293
: 溶剤密度 (比重) (g/cm ³) (キシレン単独と仮定する)	0.86

* 溶剤が混合成分の場合、Mと は各成分比の平均値とする

$$N = q [\{ 1 - (\quad / 100) \} \times (\quad / 100) + (\quad / 100) \times (\quad / 100) \times (\quad / 100)] / Q$$

q = 塗装ガンの吐出量 (cc/min) ; 500ml/min. (エアレスの場合)

1 = 塗料中の溶剤分 (%) ; 50%

2 = 塗着効率 (%) ; 60%

3 = 溶剤気化分 (%) ; 95%

Q = 排出空気量 (m³/min) ; 1000m³/min.

塗装ガンを3～6丁使用した場合は、141.6～283.2ppmになります。

JPMS2004.7

まず、具体的なVOC排出濃度の測定の前に、机上で計算をしてみてください。
まずモデルとしてエアレスの塗装における条件を設定してみました。
これが実際のラインと合っているかどうかではなく、VOC排出濃度の計算
方法として参考にしてください。

塗装方法による排出濃度比較

	エアースプレー	エアレススプレー
q ; 吐出量(cc/min)	350	500
1 ; 溶剤分 (%)	80	50
2 ; 塗着効率 (%)	35	60
3 ; 溶剤気化分 (%)	95	95
Q ; 排出空気量(m ³ /min)	1000	1000
N ; 排出空気量中の溶剤量(cc/m ³)	0.275	0.242
V ₀ ; 溶剤排出濃度(ppm)	53.7	47.2
被塗物面積を約 2 m ² と仮定し、同じ塗布量 (固形分) を塗装するとすれば !		
t ; 被塗物への塗装時間(秒)	41	9.6

(排気量 1000m³/minの塗装ブースで1ガンでスプレーした場合の比較)

JPMS2004,7

同じように、エアースプレーとエアレススプレーとして同じ塗料を使用した時の単なる比較です。現実には、塗装仕上がりが優先されますので決してこのような例のように、エアレスを推奨しているわけではありません。これはまれなケースか又は実験的な場合しか考えられません。塗装作業性の効率から云ってどちらがメリットがあるかの判断もされる場合があります。

EU指令における対象施設及び基準値例

工程	繰り返し要件 (年間取扱量)	放出限界値	
		年間取扱量	mg-C/Nm ³ ppmC(換算値)
1. 塗装施設及び塗装後の乾燥・焼付施設			
車両の塗装(年間溶媒取扱量15t以下)及び車両の塗り替え	0.5t/年		50 93
コイルの塗装	25t/年		50 93
金属、プラスチック、繊維、織物、フィルム及び紙を含む他の塗装	5t/年	5-15	100 187
		>15	50(乾燥工程) 93 75(塗装工程) 140
巻きワイヤの塗装	5t/年		- -
木質の表面塗装	15t/年	15-25	100 187
		>25	50(乾燥工程) 93 75(塗装工程) 140
皮革の塗装	10t/年		- -
自動車塗装(新車)	15t/年		- -
2. 化学製品製造における乾燥施設			
顔料の製造	5t/年		- -
塗装用複数成分化学薬品、ワニス、インキ及び接着剤の製造	100t/年		150 280
医薬品の製造	50t/年		20 37
3. 工業用洗浄施設及び洗浄後の乾燥施設			
表面洗浄(特定されている化合物を使用する場合)	1t/年		20mg/Nm ³ -
その他の表面洗浄	2t/年		75 140

JPMS2004,7

これはEUにおける規制の例です。環境省から提示されていますのでこれから何を示唆しているか今後の対策程度の目標の参考になると思います。

塗装ユーザでのVOC排出抑制について

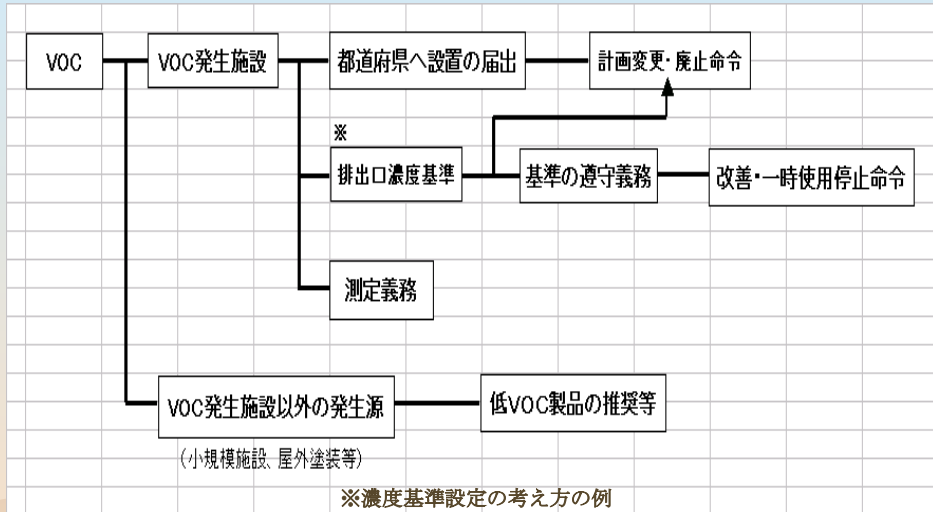
	区分	例	適用分野
塗装設備の変更	塗着率の向上	エアレス ローラー、刷毛	建築、構造物、造船
	塗料ロスの削減	静電、低圧塗装、	建材、工場塗装
	高粘度塗装	多液型、エアレス	建築、構造物、造船
	カセット式 塗装方式の変更	色替え、洗浄レス 吹付け エアレス 静電 ローラ 電着	工場塗装 全般
付帯設備の改善	排出VOCの吸着・回収	活性炭吸着・回収・再精製	工場塗装
	排出VOCの燃焼	乾燥炉に利用	工場塗装
	排出VOCの発電	塗装ブース/発電機応用	工場塗装

JPMS2004,7

塗装設備と付帯設備との代表的例をまとめたものです。
 これらが全てではありませんので、各社の各ラインでの特徴に
 合わせた対応と検討が必要になります。

排出口における濃度での対策

(環境省・揮発性有機化合物(VOC)排出抑制検討会資料より)



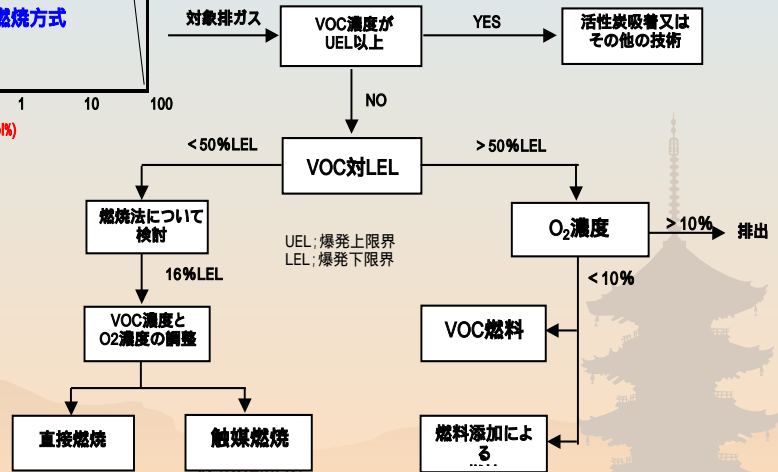
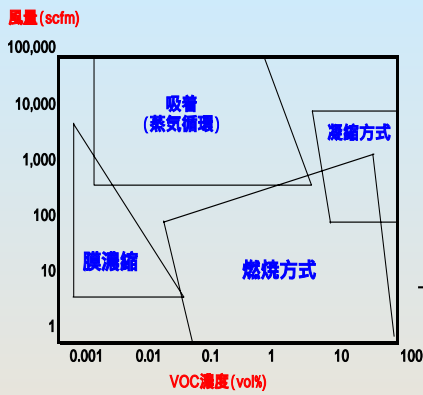
- ① VOC発生施設の種類ごとに設定。
- ②大風量で薄めて濃度基準に適合させるという対策方法を防ぐため、排ガス量が多くなるほど濃度基準が厳しくなるように設定。
- ③VOC排出抑制技術の開発状況を勘案。

これは、環境省から規制する前の検討会で示されている資料です。

VOC規制法案は全くこと通りになりました。

問題は、規制されることになった固定発生源だけでなく、それ以外の商品については自主規制によるとされていますが、果たしてどのようなベストミックスが得策なのでしょう？

VOC処理技術の 選択フロー



排出口での後処理設備の選択については、いろいろ限定条件があるようです。

専門家の装置機械メーカーにご相談をしてください。

化学工業界・設備によるVOC排出抑制例

(ベンゼン対策の場合)

「ベンゼン」の設備改善による排出削減データ(H8～H13年度)

事例No.	設備の種類	排出流量(m3/hr)	削減率(%)	削減量(トン)	設備投資額(万円)	運転経費(万円/年)
3	焼却加熱炉	100/Day	99	5	1000-3000	50-100
4	焼却加熱炉	10	99	1	100-500	0-20
5	活性炭吸着	10	80-90	1	0-100	0-20
6	冷却・凝縮	10	30	1	1000-3000	0-20
7	活性炭吸着	開放系	30	20-50	1000-3000	0-20
8	活性炭吸着	10000	50-70	100	5000-10000	500-1000
9	油等吸収	10	30-50	1	1000-3000	0-20
10	冷却・凝縮	10	30-50	50-100	1000-3000	1000-2000
11	油等吸収	10-100	30	1	0-100	0-20
13	焼却加熱炉	10-100	99	1	100-500	0-20
14	触媒酸化焼却	開放系	70-80	100	30000	-
16	冷却・凝縮	開放系	30-50	20-50	10000-30000	1000-2000
18	焼却加熱炉	100	99	1-5	1000-3000	500-1000
19	焼却加熱炉	10	30	1	3000-5000	0-20
22	焼却加熱炉	1000-10000	99	10-20	5000-10000	500-1000
23	冷却・凝縮	10	30-50	20-50	1000-3000	0
24	焼却加熱炉	1000-10000	95-99	100	5000-10000	100-500
25	活性炭吸着	10000	20-50	50-100	5000-10000	500-1000
26	活性炭吸着	開放系	30-50	20-50	100-500	0-20
27	冷却・凝縮	開放系	30	20-50	1000-3000	0-20
33	活性炭吸着	100	30	1	0-100	0-20
37	活性炭吸着	100	90-95	1-5	1000-3000	50-100
41	活性炭吸着	100-1000	99	20-50	5000-10000	100-500
46	触媒酸化焼却	10-100	30-50	50-100	100-500	500-1000
47	活性炭吸着	10000	50-70	10-20	3000-5000	100-500
49	焼却加熱炉	開放系	30-50	1-5	500-1000	20-50
50	焼却加熱炉	開放系	30	20-50	3000-5000	0-20

JPMS2004.7

(社)日本化学工業協会集計より

(社)日本化学工業協会での特定化学物質に対する自主活動の中でのベンゼン排出抑制に対する、設備的対策の例です。

焼却処理と活性炭吸着処理についてのみピックアップした例ですが、いろいろな装置がありますが初期設備投資とランニングコストが相当かかるものと考えられます。

塗装方式によるVOC削減効果！

塗装方式	区分	一般的塗着効率
静電スプレー	エア霧化静電	50～60%
	エアレス霧化静電（エアエアレス）	55～65%
	回転霧化静電（ベル静電）	80～85%
	静電ハンドガン（エアエアレス）	55～65%
低圧スプレー	タービンブロアー式（HVLP）	55～60%
	ステップダウン式（LVLP）	50～55%
エアレススプレー	エアレス霧化	50～60%
	エアエアレス霧化	55～65%
エアスプレー		30～40%
ホットスプレー	エアスプレー	35～45%

JPMS2004,7

第2の対策としての塗装方法による検討ですが、先ず、飛散する塗料のロスを以下に少なくするのがポイントですから、塗装ガンによる選択はかなり重要なVOC削減の要因となります。

塗料と塗装方式変更によるVOC排出抑制効果

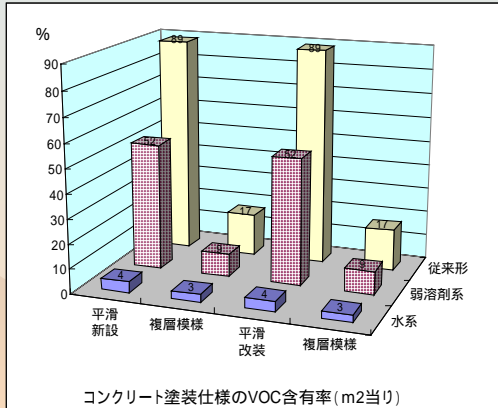
塗装機の変更	塗着効率の向上・%	被塗物100m ² 当りの増減			
		塗料(Kg)	希釈溶剤(Kg)	溶剤量計(Kg)	削減率%
エアレス 低圧スプレー (S) (S)	40 50	15.6 12.5	4.2 3.4	10.4 8.4	19.2
Cエアレス Hエアレス (S) (S)	55 60	11.3 10.4	2.5 1.8	7.0 6.0	14.3
エアスプレー エア静電 (S) (S)	40 60	15.6 10.4	4.2 2.8	10.4 7.0	32.7
Cエアレス Hエアレス (S) (W)	55 60	11.3 11.3	2.5 0.5	7.0 1.6	77.1
エアスプレー エア静電 (S) (W)	40 60	15.6 11.3	4.2 0.5	10.4 1.6	84.6
Cエアレス 粉体静電 (S)	55 95	11.3 9.5	2.5 0	7.0 0	100

JPMS2004.7

過去、既に提案されているものですが、塗装方法と塗料タイプの選択組合せによるVOC削減率の比較です。

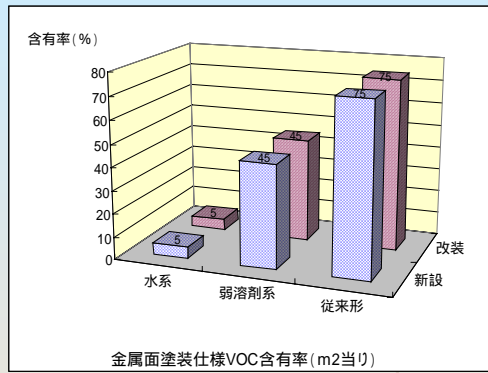
これらの変更は、そう簡単なものではありませんし、どれにでもあてはまるものか判りませんので、1日も早く取り組み検討が必要です。

「有機溶剤を削減するための
塗料及び塗装仕様
に関する研究」(建築)



コンクリート塗装仕様のVOC含有率(m2当り)

JPMS2004,7



金属面塗装仕様VOC含有率(m2当り)



直接VOC規制の分野ではありませんが、建築関係では既に1999年に「有機溶剤を削減するための塗料及び塗装仕様」が提案されて推奨されました経緯もあり、建築における内外装塗装仕様は最も水性化率が進んでいると考えられます。

環境に優しい塗料・塗装システムの可能性

とVOC削減効果の検討内容(重防食)

仕様区分	現行仕様 (溶剤系)	低VOC形塗装仕様				全水性塗 装仕様
		1	2	3	4	
一次 プライマ ー	無機ジン クリッチ ペイント	無機ジン クリッチ ペイント	無機ジン クリッチ ペイント	無機ジン クリッチ ペイント	無機ジン クリッチ ペイント	水性無機 ジンクリッ チペイン ト
ミストコー ト	エポキシ 樹脂塗料	エポキシ 樹脂塗料	エポキシ 樹脂塗料	エポキシ 樹脂塗料	エポキシ 樹脂塗料	水性エポ キシ樹脂 塗料
下塗り	エポキシ 樹脂塗料	無溶剤形 エポキシ 樹脂塗料	無溶剤形 エポキシ 樹脂塗料	弱溶剤形 エポキシ 樹脂塗料	弱溶剤形 エポキシ 樹脂塗料	水性エポ キシ樹脂 塗料
中塗り	エポキシ 樹脂塗料	エポキシ 樹脂塗料	無溶剤形 エポキシ 樹脂塗料	(省略)	水性ウレ タン樹脂 塗料	水性エポ キシ樹脂 塗料
上塗り	ウレタン 樹脂塗料	フッ素樹 脂 塗料	フッ素樹 脂 塗料	ウレタン 樹脂塗料	水性ウレ タン樹脂 塗料	水性ウレ タン樹脂 塗料
VOC削減 効果	現行VOC 700ml/m ²	36.8%	49.6%	38.8%	48.4%	98%

JPMS2004,7

*全水性重防食塗装システムについて、澤田英典、長島清二、富田賢一、防錆管理、1998 - 9,P318 - 322

水性化では最も難しいと考えられる一つの鉄構造物分野ですが、VOC削減への塗装仕様が具体的に提案されています。

しかし、施主の官公庁が果たして公の塗装仕様までを変更するまでには、まだまだ塗装実績例が必要になりそうです。

塗料工業会の取組み

- * 環境配慮型商品への置換促進
- * 各社塗料に関するVOCの自主報告制
- * コーティング・ケアによる自主管理



JPMS2004,7

以上、塗料メーカーとしては、製品開発において環境配慮を優先して取組み、商品の置換によりVOC排出抑制効果を把握すること、またコーティング・ケアの推進により、環境保全をより一層進めていく所存ですのでご協力の程お願い致します。