

日本におけるVOCに係る規制と対策、排出削減技術 (VOC: Volatile Organic Compounds)

2017年10月26日



(公財)地球環境戦略研究機関

IGES
Institute for Global
Environmental Strategies

目次

1	日本のVOCの定義
2	VOC排出抑制の基本的な考え方
3	各産業のVOC削減のための取り組み
4	無組織排出に対する日本の考え方
5	業種別工程内(CP)におけるVOCの抑制技術
6	VOC処理技術(EOP)

日本におけるVOCの定義

『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(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。)]

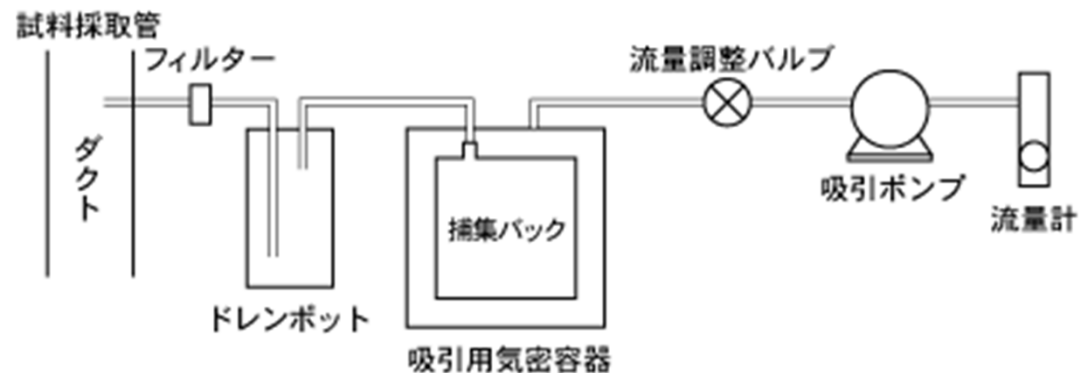
大気汚染防止法

政令で定める除外物質は、メタン等8物質。

排出口における測定結果(単位: ppmC)

捕集バッグを用いてサンプル排ガスを採取

NDIR(触媒酸化-非分散形赤外線ガス分析計)、FID(水素炎イオン化型分析計)で測定
自治体による立入検査で疑義が生じない定義。



VOC(揮発性有機化合物)に該当する主な物質その1

	物質名		物質名		物質名
1	トルエン [Ⓟ] 300	14	アセトン	27	エチルセロソルブ [Ⓟ] 57
2	キシレン [Ⓟ] 80	15	メチルイソブチルケトン	28	ウンデカン
3	1,3,5-トリメチルベンゼン [Ⓟ] 297	16	ブチルセロソルブ	29	ノナン
4	酢酸エチル	17	n-ヘキサン [Ⓟ] 392	30	プロピレングリコールモノメチルエーテルアセート
5	デカン	18	n-ブタノール	31	2-メチルペンタン
6	メタノール	19	n-ペンタン	32	エチレングリコール
7	ジクロロメタン [Ⓟ] 186	20	cis-2-ブテン	33	2-メチル-2-ブテン
8	メチルエチルケトン	21	イソブタノール	34	エチルシクロヘキサン
9	n-ブタン	22	プロピレングリコールモノメチルエーテル	35	テトラリン
10	イソブタン	23	テトラクロロエチレン [Ⓟ] 262	36	メチルアミルケトン
11	トリクロロエチレン [Ⓟ] 281	24	シクロヘキサン	37	メチルn-ブチルケトン
12	イソプロピルアルコール	25	酢酸プロピル	38	クロロメタン [Ⓟ] 128
13	酢酸ブチル	26	trans-2-ブテン	39	ベンジルアルコール

※本表は2000年度における排出量推計に基づき排出量の多い順に記載。

VOC(揮発性有機化合物)に該当する主な物質その2

	物質名		物質名		物質名
40	シクロペンタノン	53	エタノール	66	クロロエタン
41	2-メチル-1-ブテン	54	メチルシクロペンタン	67	トリクロロエタン [Ⓟ] 279
42	n-ヘプタン	55	酢酸ビニル [Ⓟ] 134	68	アクリロニトリル [Ⓟ] 9
43	ビスクロヘキシル	56	3-メチルヘキサン	69	テトラヒドロフラン
44	N,N-ジメチルホルムアミド [Ⓟ] 232	57	2,3-ジメチルブタン	70	エチレングリコールモノメチルエーテル [Ⓟ] 58
45	trans-2-ペンテン	58	2,2-ジメチルブタン	71	n-プロピルブロマイド
46	cis-2-ペンテン	59	メチルシクロヘキサン	72	メタクリル酸メチル [Ⓟ] 420
47	スチレン [Ⓟ] 240	60	イソプロピルセロソルフ	73	1,3-ブタジエン [Ⓟ] 351
48	N-メチル-2-ピロリドン	61	1,2-ジクロロエタン [Ⓟ] 157	74	1,1-ジクロロエチレン [Ⓟ] 158
49	エチルセロソルフアセテート [Ⓟ] 133	62	塩化ビニル [Ⓟ] 94	75	2,4-ジメチルペンタン
50	ベンゼン [Ⓟ] 400	63	テトラフルオロエチレン	76	酸化プロピレン [Ⓟ] 68
51	イソホロン	64	エチルベンゼン [Ⓟ] 53	77	クロロホルム [Ⓟ] 127
52	シクロヘキサノン	65	クメン [Ⓟ] 83	78	臭化メチル [Ⓟ] 386

※本表は2000年度における排出量推計に基づき排出量の多い順に記載。

VOC(揮発性有機化合物)に該当する主な物質その3

	物質名		物質名
79	ジペンテン	92	ギ酸メチル
80	1-ヘプタン	93	トリエチルアミン [Ⓟ] 277
81	1,4-ジオキサン [Ⓟ] 150	94	3-メチルヘプタン
82	アセトニトリル [Ⓟ] 13	95	フェノール [Ⓟ] 349
83	塩化アリル [Ⓟ] 123	96	ナフタレン [Ⓟ] 302
84	アクリル酸 [Ⓟ] 4	97	アクリル酸メチル [Ⓟ] 8
85	イソプレン [Ⓟ] 36	98	シクロヘキシルアミン [Ⓟ] 154
86	アセトアルデヒド [Ⓟ] 12	99	ホルムアルデヒド [Ⓟ] 411
87	1,2-ジクロロプロパン [Ⓟ] 178	100	エピクロロヒドリン [Ⓟ] 65
88	メチルセロソルブアセテート [Ⓟ] 135		
89	エチレンオキシド [Ⓟ] 56		
90	o-ジクロロベンゼン [Ⓟ] 181		
91	クロロベンゼン [Ⓟ] 125		

除外物質	
1	メタン
2	クロロフルオロメタン(HCFC-22)
3	2-クロロ-1,1,1,2-テトラフルオロメタン(HCFC-124)
4	1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン(HCFC-141b)
5	1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン(HCFC-142b)
6	3,3-ジクロロ-1,1,1,2,2-ペンタフルオロプロパン(HCFC-225ca)
7	1,3-ジクロロ-1,1,2,2,3-ペンタフルオロプロパン(HCFC-225cb)
8	1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-デカフルオロペンタン(HFC-43-10mee)

※大気汚染防止法施行令第2条の2

※本表は2000年度における排出量推計に基づき排出量の多い順に記載。

PRTR(化学物質排出把握管理促進法)法の目的

- 事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境保全上の支障が生じることを未然に防止することを目的としている。
- PRTR法は、“PRTR制度”と“SDS制度”により構成されている。

◆ PRTR 制度（化学物質排出把握管理促進法）

事業者は、有害性のある化学物質を、どのような発生源から、どの程度、環境中に排出されたか、あるいは廃棄物として事業所の外に運び出されたかという情報を把握し、集計し、公表する制度。

◆ SDS 制度（安全データシート）

事業者は、対象化学物質(またはそれを含有する製品)を他の事業者に提供する際には、その化学物質の特性や取り扱いに関する情報(SDS)を事前に提供することを義務づける制度。

PRTR法の適用範囲

- PRTR制度では、人や生態系に対して有害性があり、環境中に広範囲に存在する化学物質を対象としている。
- SDS制度では、PRTR対象物質とそれ以外の暴露の可能性の低い物質も対象としている。

<PRTR>

対象化学物質

第一種指定化学物質
(462 物質)

対象事業者

対象物質を一定量以上製造もしくは
取り扱う事業者で、条件を満たしている者

<SDS>

対象化学物質

第一種指定化学物質
(462 物質)

第二種指定化学物質
(100 物質)

対象事業者

指定化学物質を取り扱っている全
ての事業者

届出対象となる事業者

■ 業種 24の業種

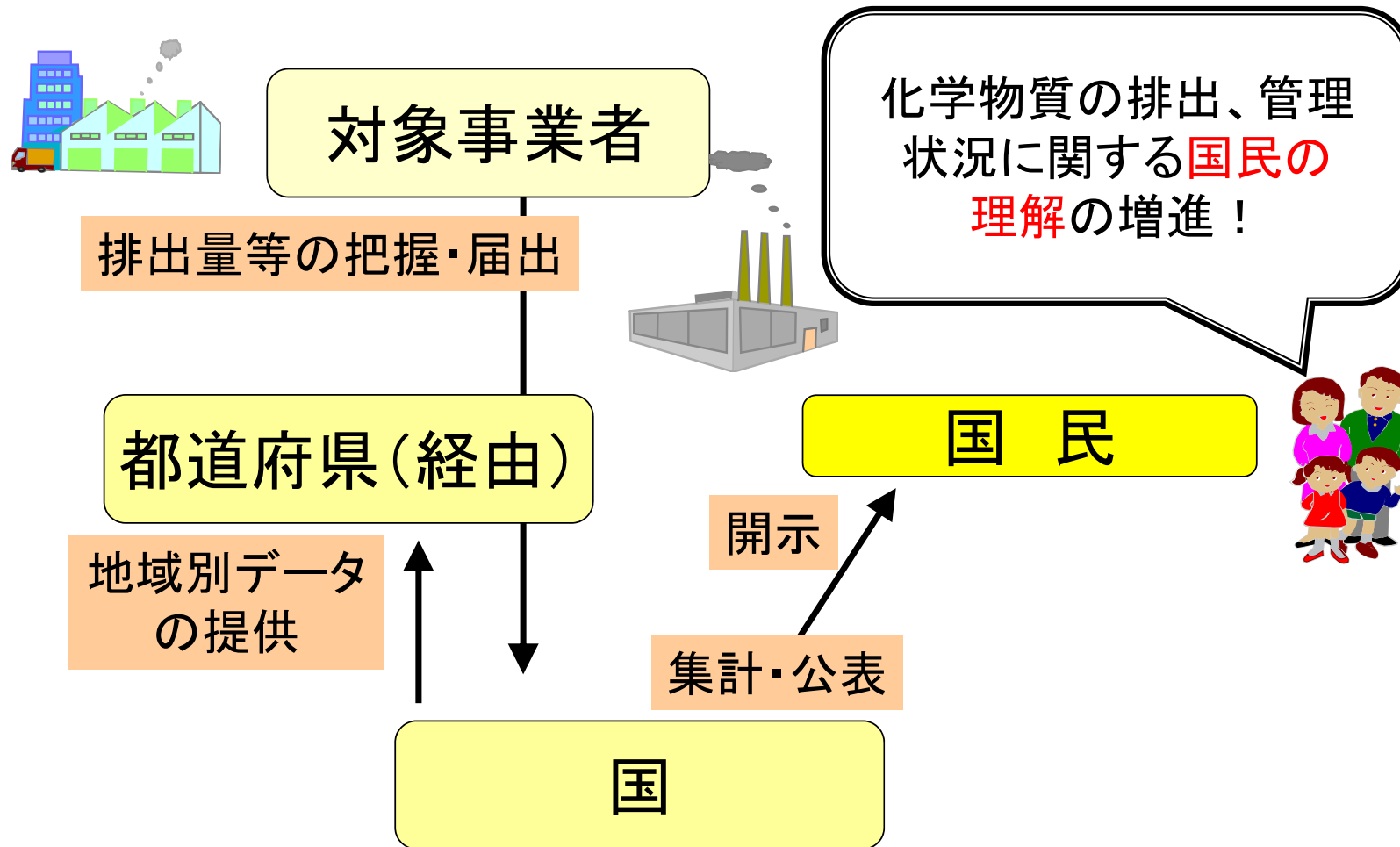
例：金属鉱業、原油・天然ガス鉱業、製造業、電気業、ガス業、熱供給業、下水道業、鉄道業、倉庫業、石油卸売業、鉄スクラップ卸売業、自動車卸売業、燃料小売業、洗濯業、写真業、自動車整備業、機械修理業、商品検査業、計量証明業、一般廃棄物処理業、産業廃棄物処理業、医療業、高等教育機関、自然科学研究所

■ 事業者規模 常用雇用者数21人以上

■ 年間取扱量等 1トン以上の事業所

- “年間取扱量”= “年間製造量” + “年間使用量”
- 特定第一種指定化学物質は、取扱量が年間0.5トン以上

PRTR届出の流れ



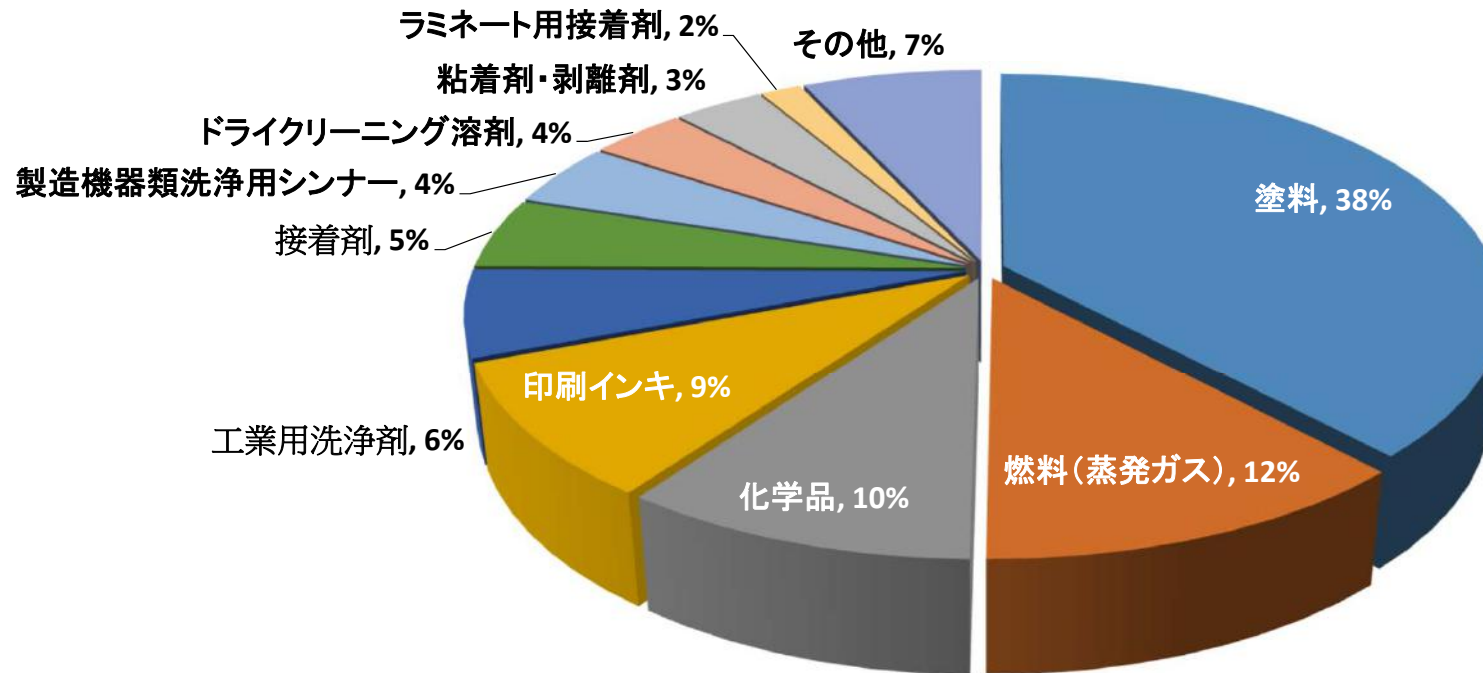
2 VOC排出抑制の基本的な考え方

VOC排出抑制対策の内容の検討(2003～2004年)

- 排出量推計の実施
 - ⇒ 2000年度の年間VOC排出量は約150万トン
- シミュレーションの実施
 - ⇒ VOCの排出総量30%削減により、SPM及び光化学オキシダントの大きな環境改善が得られる見込み
 - SPMは、自動車NO_x・PM法対策地域の環境基準の達成率は約93%に
 - 光化学オキシダント注意報発令レベルを超えない測定局数の割合は約90%まで上昇
- 目標年は自動車NO_x・PM法と同様2010年度

VOC排出量

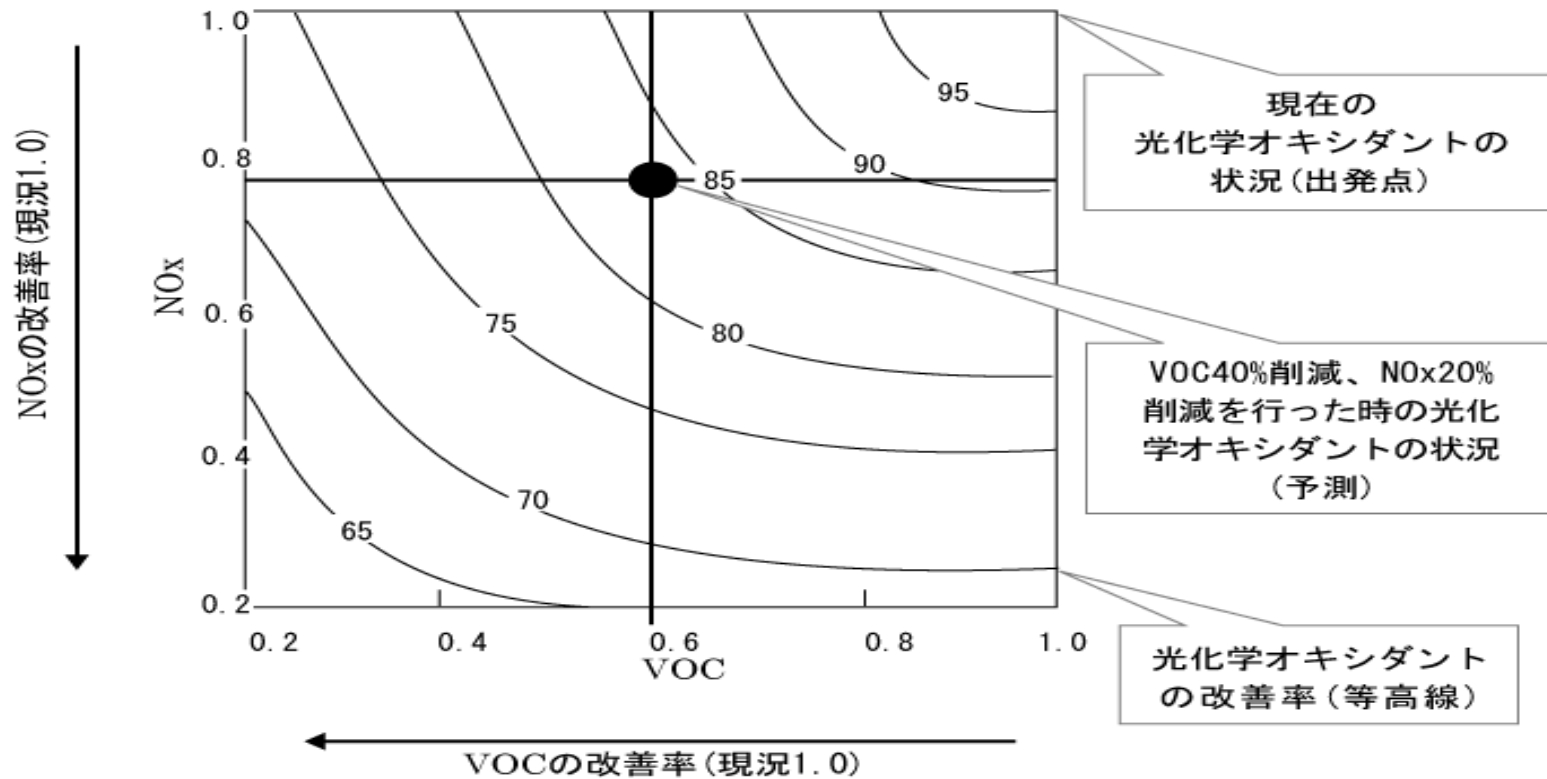
- 2000年度の年間VOC排出量は約150万トン
(日本国内の固定発生源から)



出典:「揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリについて」
(平成 26 年 3 月、揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会)より作成
http://www.env.go.jp/air/osen/voc/inventory/rep_h2603/01main.pdf

VOC削減によるOx改善状況の予測①

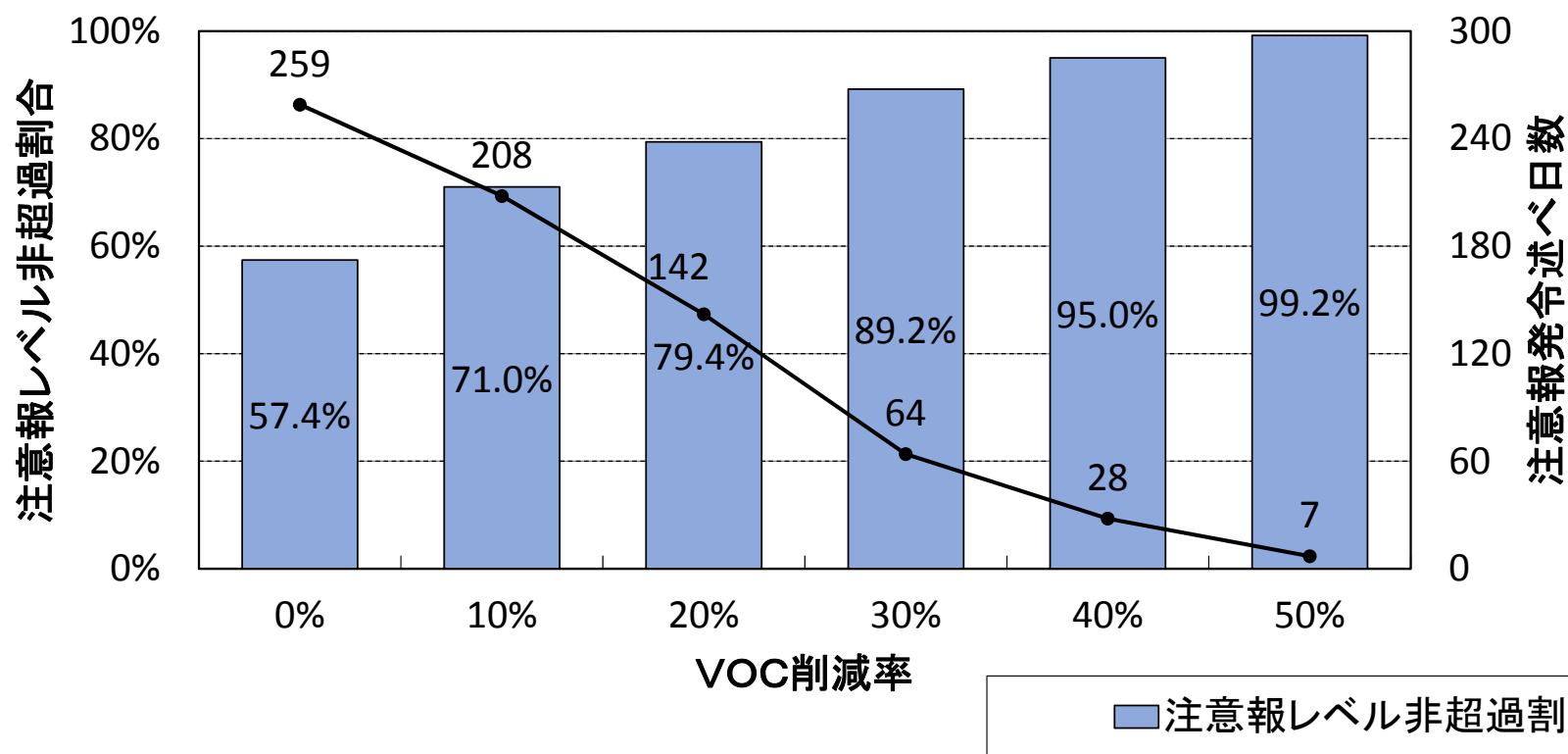
- VOC、NOxの削減量を調整 ⇒ Ox濃度を計算
 - 評価地点(測定地点)ごとに下図を作成



VOC削減によるOx改善状況の予測②

- 全国の測定地点でのOx改善状況に外挿

- VOC 30%削減 ⇒ Ox注意報の非発令率が全国レベルで約90%に上昇すると予測



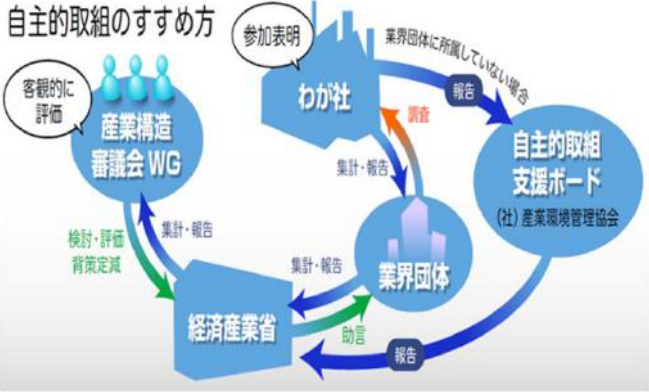
VOC対策の概要

VOC排出対策の仕組み

1	法的規制と自主的取組	自主的取組は事業者の創意工夫で取り組むもので、実績を公開することで、透明性と客観性を確保する
2	自主的取組の流れ	事業所、業界団体、経済産業省、産業構造審議会等で支援するシステムがある
3	法規制の対象設備とは	どの施設が大気汚染防止法のVOCの法規制対象になるかを定めるため、対象施設、排出基準値などの一覧表を作成する

VOC自主的取組をするには

1	調査	排出の実態を調査
2	何ができるか検討	VOC対策は一つではない。コストを考え、効果を上げる最も有効な対策は何かを検討する
3	自主的取組の実施	自主的取組を実施するまでのステップを検討
4	対策の考え方	費用対効果を最大にする対策を絞り込む



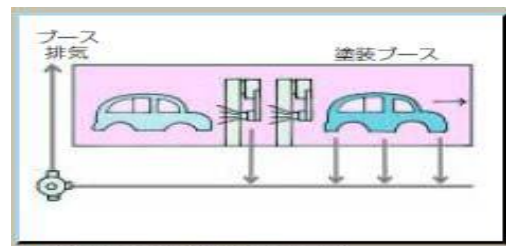
Eco-Action 21: 中小企業対象(環境省主導)、ISO-14000 PRTR(Pollutant Release and Transfer Register) 化学物質排出移動届出制度等の取組が日本企業では実施されており、VOC対策もその一環である。

経済産業省資料

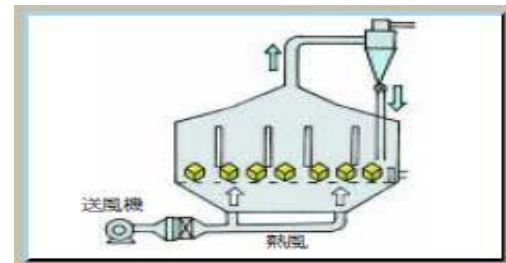
VOC排出量が多い代表的施設の類型

1	塗装施設及び塗装後の乾燥・焼付施設
2	化学製品製造における乾燥施設
3	工業用洗浄施設及び洗浄後の乾燥設備
4	印刷設備及び印刷後の乾燥・焼付設備
5	VOCの貯蔵施設
6	接着剤使用設備及び使用後の乾燥・焼付施設

法的規制は上記の施設に限定されるが、自主的取組にはそれに限定されない。



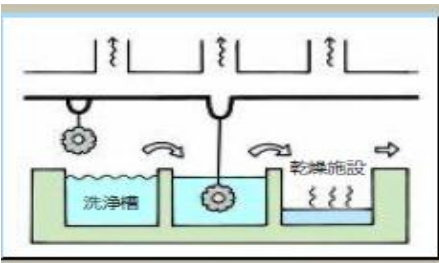
塗装設備(例:自動車塗装ブース)



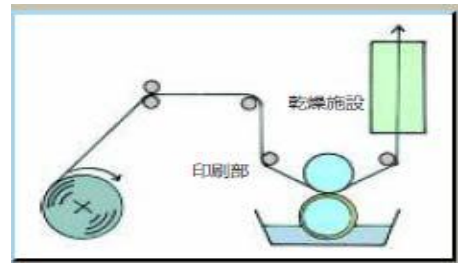
化学製品製造設備(例:樹脂乾燥器)

施設規模要件
 (VOC潜在的年間排出量 50トン程度)
 ① 送風機の送風能力
 ② VOCが空気と接する面積(洗浄槽)
 ③ 貯蔵容量(貯蔵タンク)

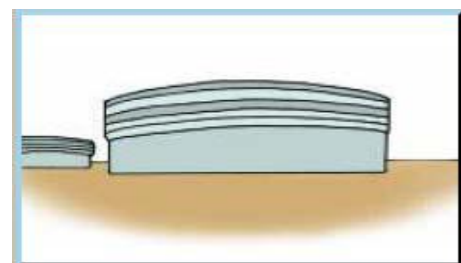
技術的に実現可能な範囲での排出濃度規制



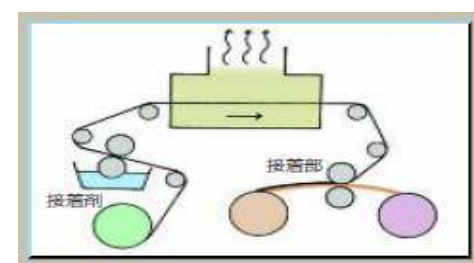
工業洗浄設備



印刷設備(例:グラビア印刷)



VOC貯蔵タンク



接着設備

規制対象の考え方

- 法規制は、VOC排出量が多く、大気環境への影響の大きい**施設**を対象
 - **業種や企業規模に無関係**
 - 印刷＝印刷業、接着＝粘着テープ製造業、のように施設と業種が密接な関係を持つ場合もある。
 - VOC排出量が多い6種類の施設
 - 施設規模一定以上
- 業種や企業規模を考慮するのは困難。
- ばい煙発生施設と同様の規制が適当。

VOC規制基準の考え方

- 排出口における濃度基準
 - 量規制はむしろ負担増大
 - 排出量の連続測定
 - 使用・製造するVOCの組成・使用量の厳密な把握
 - ばい煙発生施設は濃度規制
- 懸念される点
 - 大風量での希釈による規制適合
 - 排出口以外の排出が考慮されないこと

VOC(揮発性有機化合物)排出施設 1

項	施設	規模	排出基準	
1	揮発性有機化合物を溶剤として使用する化学製品の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が3,000m ³ /h以上のもの	600ppmC	
2	塗装施設(吹付塗装に限る)	排風機の排風能力が100,000m ³ /h以上のもの	自動車の製造の用に供するもの	400ppmC(2006.3.31以前の設置施設は700ppmC)
			その他のもの	700ppmC
3	塗装の用に供する乾燥施設(吹付塗装及び電着塗装に係るものを除く)	送風機の送風能力が10,000m ³ /h以上のもの	木材・木製品(家具を含む。)の製造の用に供するもの	1,000ppmC
			その他のもの	600ppmC
4	印刷回路用銅張積層板、粘着テープ・粘着シート、はく離紙又は包装材料(合成樹脂を積層するものに限る。)の製造に係る接着の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が5,000m ³ /h以上のもの	1,400ppmC	
5	接着の用に供する乾燥施設(前項に掲げるもの及び木材・木製品(家具を含む。)の製造の用に供するものを除く。)	送風機の送風能力が15,000m ³ /h以上のもの	1,400ppmC	

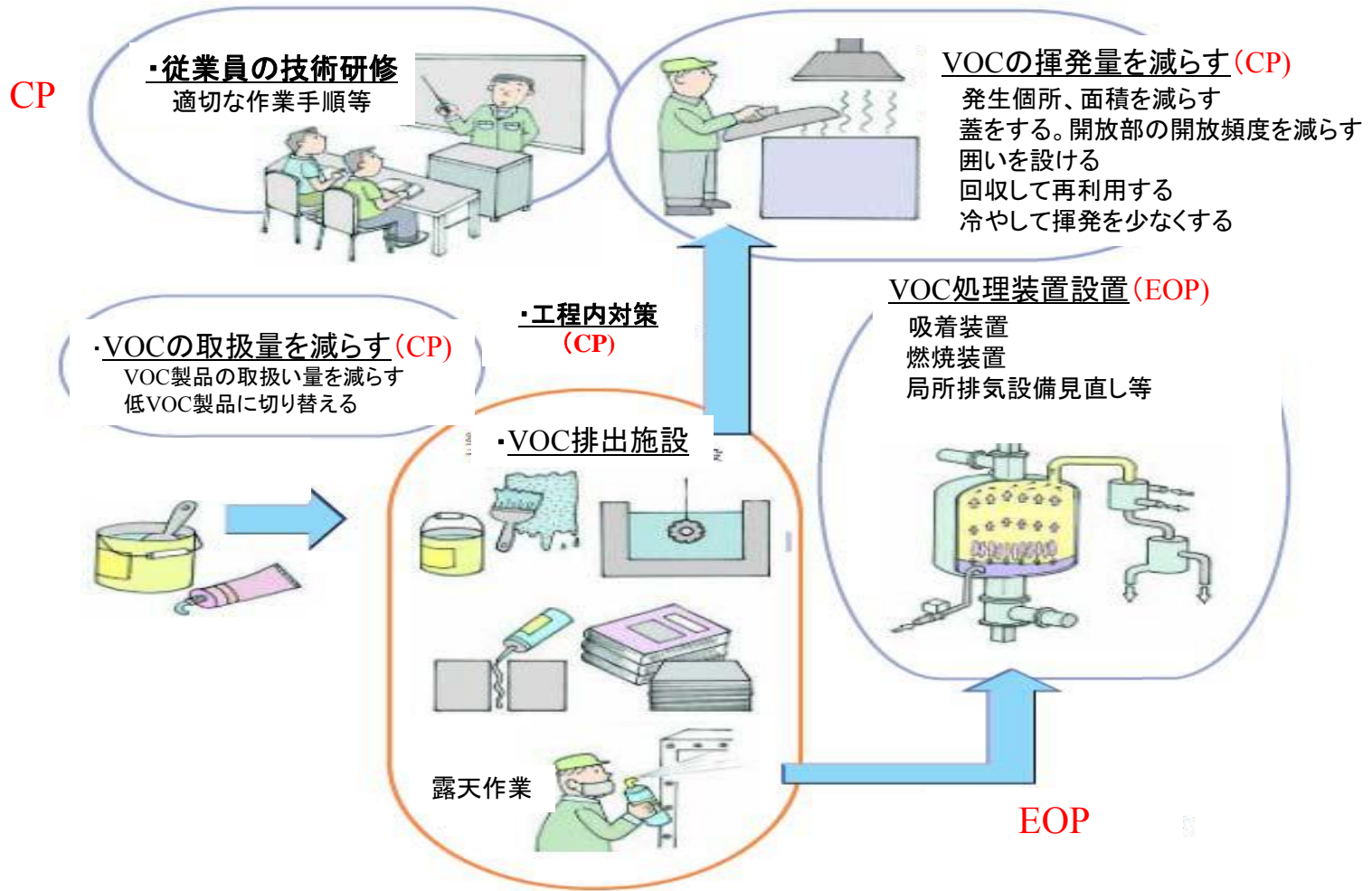
VOC(揮発性有機化合物)排出施設 2

項	施設	規模	排出基準
6	印刷の用に供する乾燥施設(オフセット輪転印刷に係るものに限る。)	送風機の送風能力が7,000m ³ /h以上のもの	400ppmC
7	印刷の用に供する乾燥施設(グラビア印刷に係るものに限る。)	排風機の排風能力が27,000m ³ /h以上のもの	700ppmC
8	工業製品の洗浄施設(乾燥施設を含む。)	洗浄剤が空気に接する面の面積が5m ² 以上のもの	400ppmC
9	ガソリン、原油、ナフサその他の温度37.8度において蒸気圧が20キロパスカルを超える揮発性有機化合物の貯蔵タンク(密閉式及び浮屋根式(内部浮屋根式を含む。))のものを除く。)	1,000kl以上のもの	60,000ppmC (2006.3.31以前に設置の貯蔵タンクは当分の間、容量が2,000kl以上のものについて排出基準を適用する。)

自主取組と罰則

- 業界団体/事業者は、個々にVOC排出削減の目標を設定
- 業界団体/事業者は、VOC排出量を算出・集計・公表
 - 国としての目標達成はVOC排出インベントリにより評価。
 - 目標達成状況により、法のあり方の見直しを実施
- 大気汚染防止法において、排出基準違反、届出義務違反、虚偽報告等への罰則を規定

VOC 排出抑制の概要



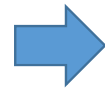
VOC排出対策の考え方まとめ

EOPによる除去設備設置は設備投資(イニシャルコスト)を伴うとともに運転費用(ランニングコスト)を必要とする。従って、対策を考える順序はCPを実施し、できるだけVOCを減少させ、最後にEOPを実行すると設備投資額が減少するので好ましい。

VOC対策の順序

順序	対策	方法	具体的な例
1	CP	工程の合理化	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸発を防ぐために、蓋を設置する。冷却する ・排出源の数をできるだけ減らすために、統合できるものは統合する ・設備構造を改善する(設備の密閉化、プロセス改善による排出量削減) ・作業工程を改善する(開放部の開放頻度減少、収率向上)
		VOC製品の代替	究極的にはVOCを使用しない他の製品に変更できないか考える <ul style="list-style-type: none"> ・低VOC塗料: 水溶性塗料、無溶媒型塗料(粉体、紫外線硬化) ・低VOCインキ: 水性インキ、紫外線硬化型インキ、植物油タイプインク ・低VOC接着剤: 水性系接着剤、ホットメルト型接着剤、感圧型
2	EOP	処理設備設置	吸着法、酸化分解法(燃焼法)等

工程内の簡単な対策(CP)



低VOC製品の検討(CP)



除去設備の設置(EOP)

VOC対策による副次的メリット

コストメリット	<ul style="list-style-type: none"> 1) 無駄な蒸発の防止、リサイクル型設備で回収 ⇒VOC製品の使用量、購入量が減少する 2) 廃溶媒など廃棄物の発生量が減少。⇒廃棄物処理費削減 3) 燃焼装置の燃料に利用⇒熱として回収
作業環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> 1) 従業員の健康保持に貢献 2) 綺麗な職場になり、労働意欲がわく
作業環境の安全	VOC使用量削減により危険物の保有量が少なくなる
周辺環境の改善	地域住民の悪臭苦情が減少する
社会的評価の向上	<ul style="list-style-type: none"> 1) 環境対策に積極的な企業であることを社会にアピールできる 2) 会社の評判が良くなる(新規採用、定着率、売上向上)

3 各産業のVOC削減のための取り組み

各産業のVOC削減のための取り組み

- 各産業のVOC削減には、業界団体やVOC自主的取組支援団体を取りまとめとして機能している。
- これまでに、42の業界団体が自主行動計画を立案してきている。
- 日本では、法律においてVOCの物質名が明示されていないため、業界団体が削減対象の物質を特定する役割を担ってきた。

表 これまでに自主行動計画を立案した42の業界団体

日本ガス協会	日本電線工業会	日本繊維染色連合会
日本染色協会	日本溶融亜鉛鍍金協会	プレハブ建築協会
日本製紙連合会	日本アルミニウム協会	印刷インキ工業連合会
日本鉄鋼連盟	日本建材・住宅設備産業協会	日本工業塗装協同組合連合会
電機・電子4団体 電子情報技術産業協会 情報通信ネットワーク産業協会 ビジネス機械・情報システム産業協会 日本電機工業会	天然ガス鋳業会	日本ゴム工業会
	石油連盟	日本自動車車体整備協同組合連合会
	日本印刷産業連合	日本粘着テープ工業会
	日本化学工業協会	全国楽器協会
	ドラム缶工業会	日本釣用品工業会
日本塗料工業会	軽金属製品協会	日本金属ハウスウェア工業組合
日本自動車部品工業会	日本プラスチック工業連盟	日本金属洋食器工業組合
日本自動車工業会	日本オフィス家具協会	BSサミット事業協同組合
線材製品協会	日本表面処理機材工業会	日本ガス石油機器工業会
日本伸銅協会	日本自動車車体工業会	
全国鍍金工業組合連合会	日本接着剤工業会	

各産業のVOC削減のための取組

- 初期のVOC対策として、VOC処理技術の導入が各産業で進められた。
- 現在では、規制対象事業者におけるVOC処理装置の導入が大分進んでいる。

表 各業界団体におけるVOC対策に関する自主行動計画の概要

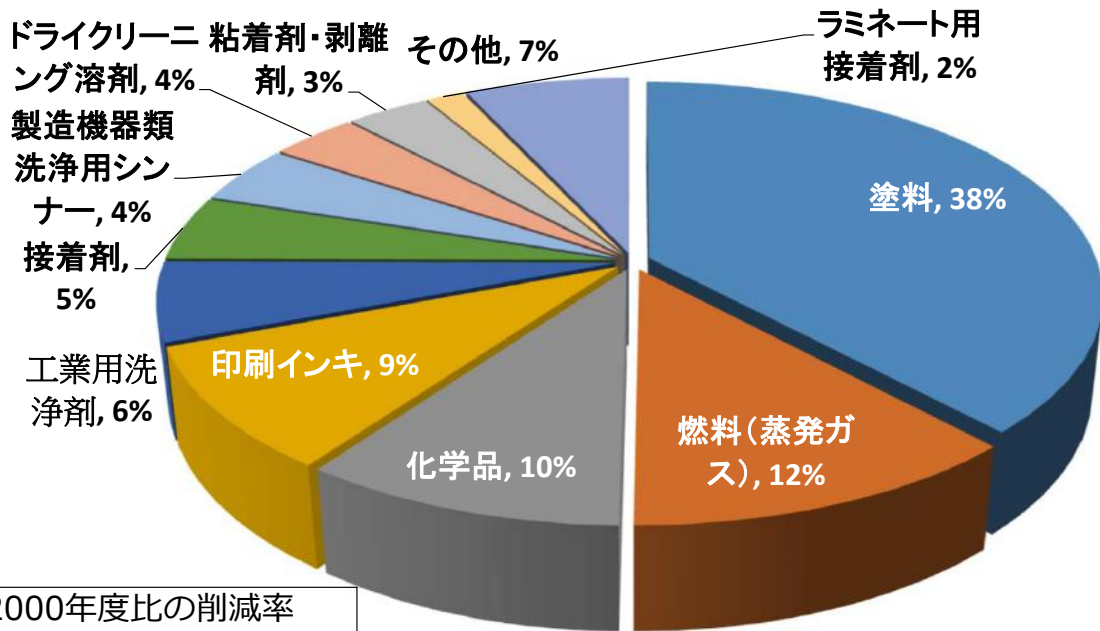
業種	業界団体	自主行動計画の概要		
		対象工程	対象物質	対策方法
印刷・同関連業	日本印刷産業連合会	■印刷 ■接着	■全てのVOC物質	<ul style="list-style-type: none"> ・VOC処理装置導入 ・材料の代替化 ・管理強化
石油製品・石炭製品製造業	石油連盟	■貯蔵 ■出荷設備	■原油、ナフサ、ガソリン	<ul style="list-style-type: none"> ・固定屋根式タンクの内部浮き屋根化 ・出荷設備へのベーパー回収設備の設置
プラスチック製品製造業	日本プラスチック工業連盟	■プラスチック成型・加工工程	■年間使用量1トン以上の全VOC物質	<ul style="list-style-type: none"> ・管理強化 ・VOC使用量の削減 ・反応率、回収率の向上 ・燃焼設備、回収処理設備の設置 ・接着剤・インキの低VOC化、水性化等の技術開発中
電気機械器具製造業	電機・電子4団体	■塗装 ■洗淨	■排出量合計の96%を占める20物質	<ul style="list-style-type: none"> ・代替物質への転換 ・施設・設備等の改造 ・工程・作業管理の適正化 ・回収・処理設備の設置 ・その他
ゴム製品製造業	日本ゴム工業会	■塗装、接着、洗淨を含む製造工程	■アセトン、キシレン、その他炭化水素類等	<ul style="list-style-type: none"> ・処理装置（活性炭回収装置等）の設置 ・洗淨剤、塗料、接着剤の代替化 ・接着剤・粘着剤のエマルジョン化の検討 ・材料管理による削減
パルプ・紙・紙加工品製造業	日本製紙連合会	■印刷 ■接着	■排出量合計の97%を占める5物質	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス処理機の設置（蓄熱燃焼式脱臭装置） ・工場の集約化及び原材料の無溶剤化（水性化）
繊維工業	日本染色協会	■接着 ■印刷	■年間1トン以上使用実績のある物質	<ul style="list-style-type: none"> ・代替物質への転換 ・ターペン使用量の減少

各産業のVOC削減のための取組

業種	業界団体	自主行動計画の概要		
		対象工程	対象物質	対策方法
輸送用機械器具製造業	日本自動車部品工業会	<ul style="list-style-type: none"> ■ 塗装 ■ 接着 ■ 印刷 ■ 洗浄 ■ 貯蔵 	■ 工業会としての総排出量50トン以上の物質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設・設備の密閉化 ・ 排ガス処理・回収装置の設置 ・ 代替物質に変更 ・ 設備・工程管理の適正化
	日本自動車工業会	■ 塗装	■ 塗料中のVOC、溶剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塗着効率向上（静電ガン、ロボット塗装化） ・ 洗浄シンナー対策（使用量低減、回収） ・ カートリッジタイプ塗料の採用 ・ ハイソリッド塗料の採用 ・ 水系塗料の採用 ・ その他
	日本自動車車体工業会	■ 塗装	■ 工業会で使用している38物質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塗料使用量の低減 ・ 使用塗料の改善 ・ 線上シンナーの削減 ・ 排ガス処理装置の設置
化学工業	日本塗料工業会	■ 塗料製造工程	■ トルエン、キシレン等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備密閉度の向上 ・ 洗浄溶剤の減量及び洗浄時間の短縮 ・ 代替物質への転換 ・ 環境対応製品への置き換え ・ 吸着設備の設置
	日本化学工業協会	■ 化学製品製造	■ 434物質	・ 今後、検討
	日本表面処理機材工業会	■ 化学製品製造	■ ホルムアルデヒド、メチルアルコール、イソプロピルアルコール	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製造工程の見直し ・ 施設・設備等の向上 ・ 物質の代替
	印刷インキ工業連合会	■ インキ製造	■ 使用量の多い16物質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼式処理 ・ 施設・設備の密閉化 ・ 吸着式処理 ・ 製品タイプの変更（水性化）
	日本接着剤工業	■ 接着剤製造工程	■ 工業会において、主に使用している9物質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水性形、無用剤形、高固形分型接着剤への置き換え ・ 設備密閉度の向上

各産業のVOC削減のための取組

- 産業分野別に見た場合、現在では、各産業ともに2000年度比でVOCの大幅な削減に成功している。
- 規制初期の2007年度において、印刷、化学、製紙は既に2000年度比で大幅な削減に成功しており、重点的な取り組みを見せた業種である。
- 石油製品製造業に関しては他と比較して、削減率が若干低いがその他の産業については軒並み半減以上を達成している。
- 日本では、現在中国で課題となっているVOC対策技術に関して、ほぼ全ての対策技術が揃っていると言える。



業種	2010年度における2000年度比の削減率
印刷・同関連業	66.6%
輸送用機械器具製造業	45.8%
化学工業	65.7%
石油製品・石炭製品製造業	30.6%
プラスチック製品製造業（別掲を除く）	41.2%
電気機械器具製造業	28.9%
ゴム製品製造業	52.2%
金属製品製造業	52.9%
パルプ・紙・紙加工品製造業	47.9%
繊維工業	50.9%
家具制造企业	65.6%

出典:「揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリについて」
 (平成 26 年 3 月、揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会)より作成
http://www.env.go.jp/air/osen/voc/inventory/rep_h2603/01main.pdf

【来源】経済産業省「VOC排出抑制に係る自主的取組のフォローアップ（平成25年度実績）」より作成

日本のVOC排出量の推計（発生源品目別、物質別）

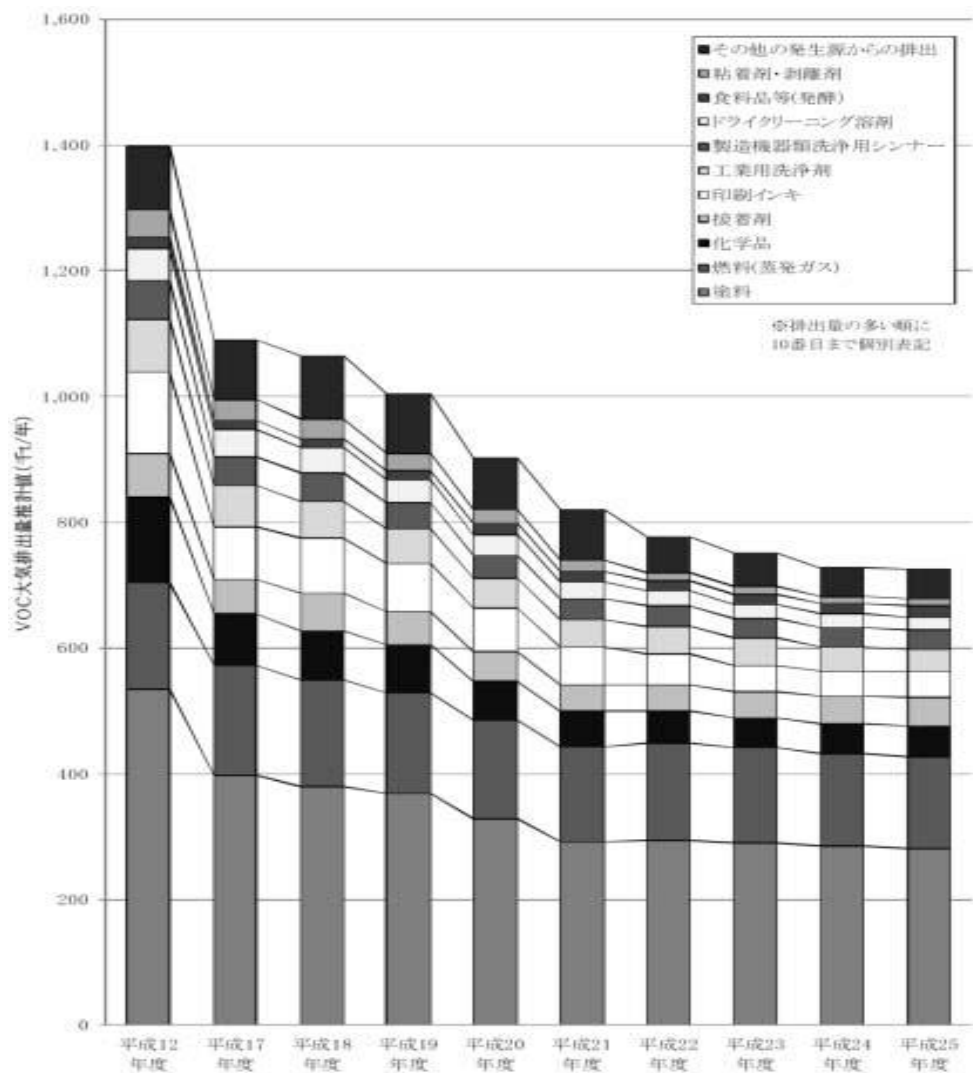


図3-1 発生源品目別 VOC 排出量の推計結果

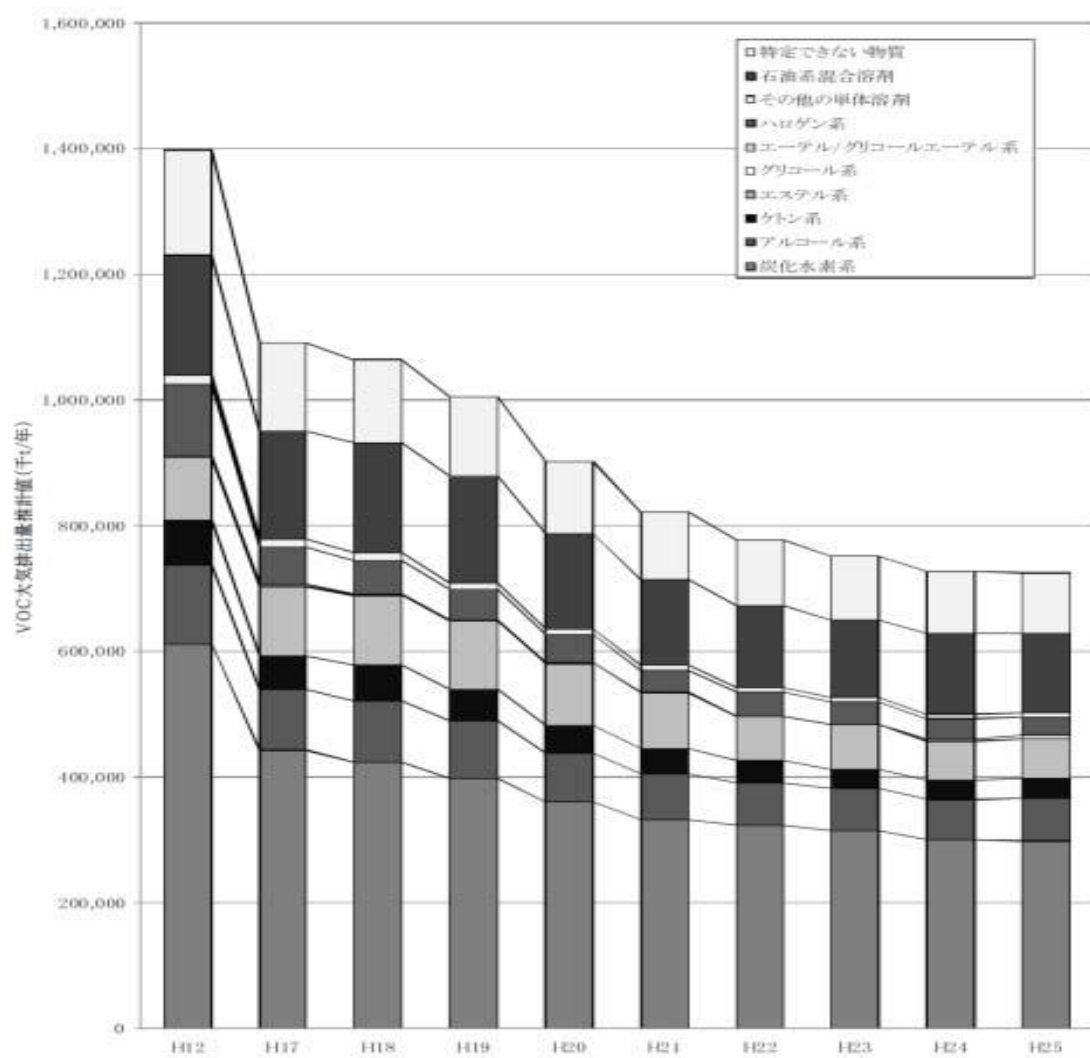


図3-2 物質別 VOC 排出量の推計結果

日本のVOC排出量の推計値（業種別、都道府県別）

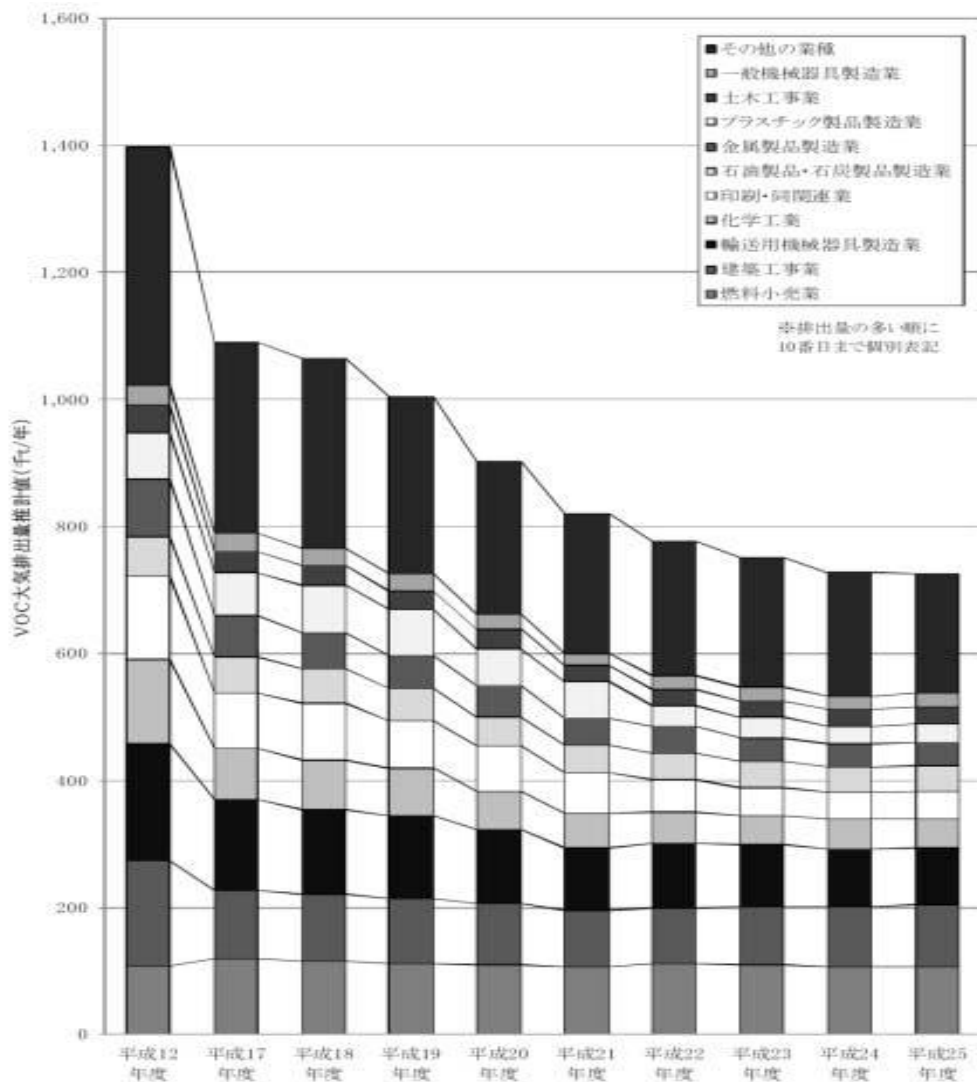


図 3-3 業種別 VOC 排出量の推計結果

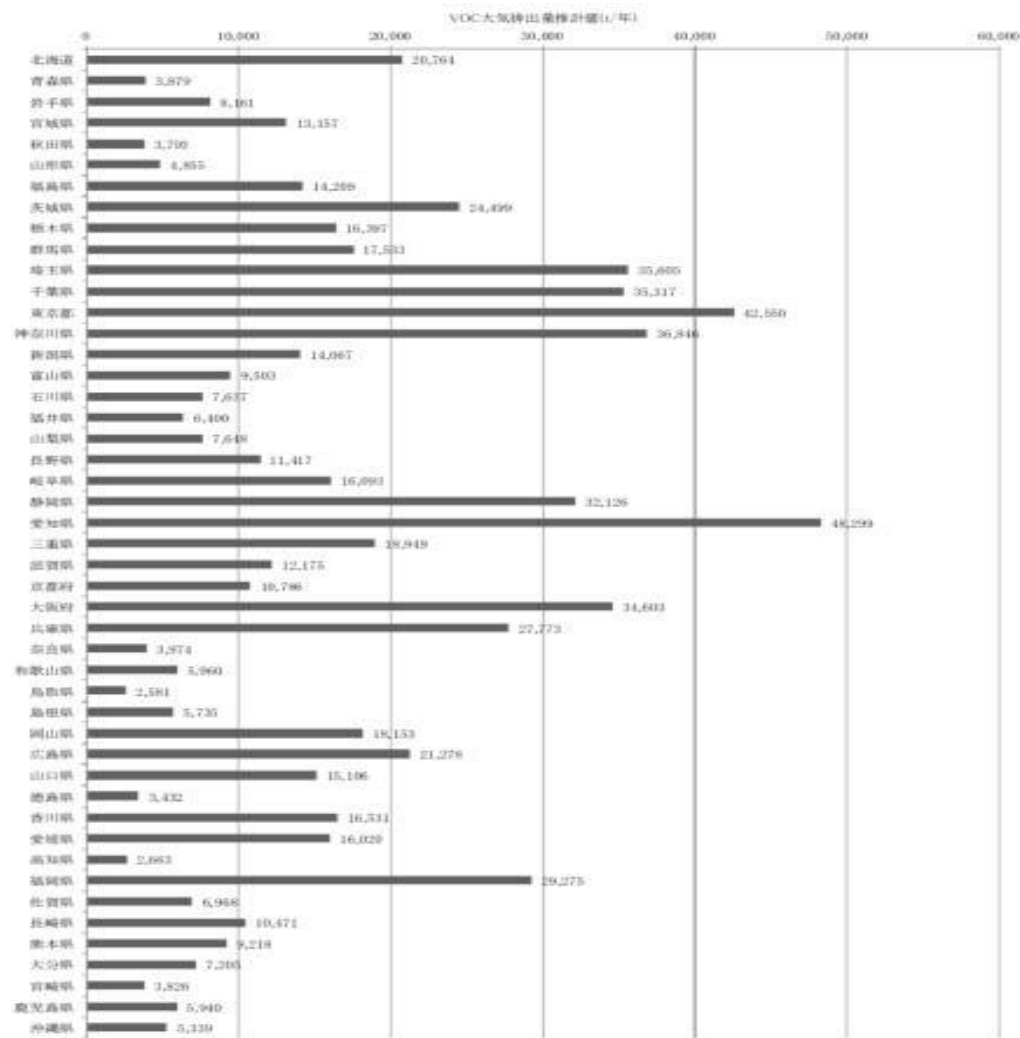


図 3-4 都道府県別 VOC 排出量の推計結果(平成 25 年度排出量)

4 無組織排出に対する日本の考え方

無組織排出に対する日本の考え方

大気汚染防止法の一部を改正する法律の施行について(通知)

～施行通知文(平成2005年6月 17 日付環管大発第 050617001号)～

第 11 事業者の責務

規制の対象となるVOC排出施設の排出口からの排出の抑制のみならず、VOCの排出又は飛散の抑制のために必要な措置を幅広く講じることが事業者の責務とした(法第17条の13)。

VOCは、屋外塗装などの屋外作業に伴って飛散するもの、排出口以外の窓等の開口部から排出されるもの及びVOC排出施設以外の施設から排出されるものも多くある。これらについては、本条及び法第17条の2に規定する施策等の実施の指針を受けて、事業者の自主的取組で対応することとしている。

第二章の二 揮発性有機化合物の排出の規制等(大気汚染防止法の一部を改正する法律(2004年5月26日法律第56号)
(施策等の実施の指針)

第十七条の二 揮発性有機化合物の排出及び飛散の抑制に関する施策その他の措置は、この章に規定する揮発性有機化合物の排出の規制と事業者が自主的に行う揮発性有機化合物の排出及び飛散の抑制のための取組とを適切に組み合わせ、効果的な揮発性有機化合物の排出及び飛散の抑制を図ることを旨として、実施されなければならない。

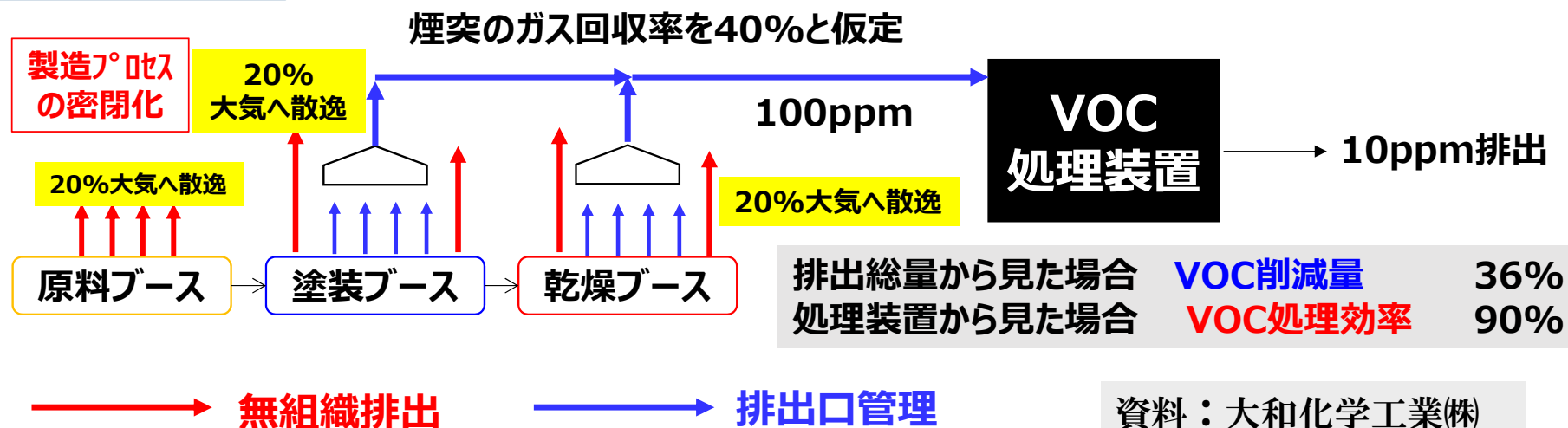
(事業者の責務)

第十七条の十三 事業者は、その事業活動に伴う揮発性有機化合物の大気中への排出又は飛散の状況を把握するとともに、当該排出又は飛散を抑制するために必要な措置を講ずるようにしなければならない。

無組織排出と排出口管理について

VOC排出削減：無組織排出対策(工程内排出管理(CP))と排出口管理が重要

事例：工場内塗装

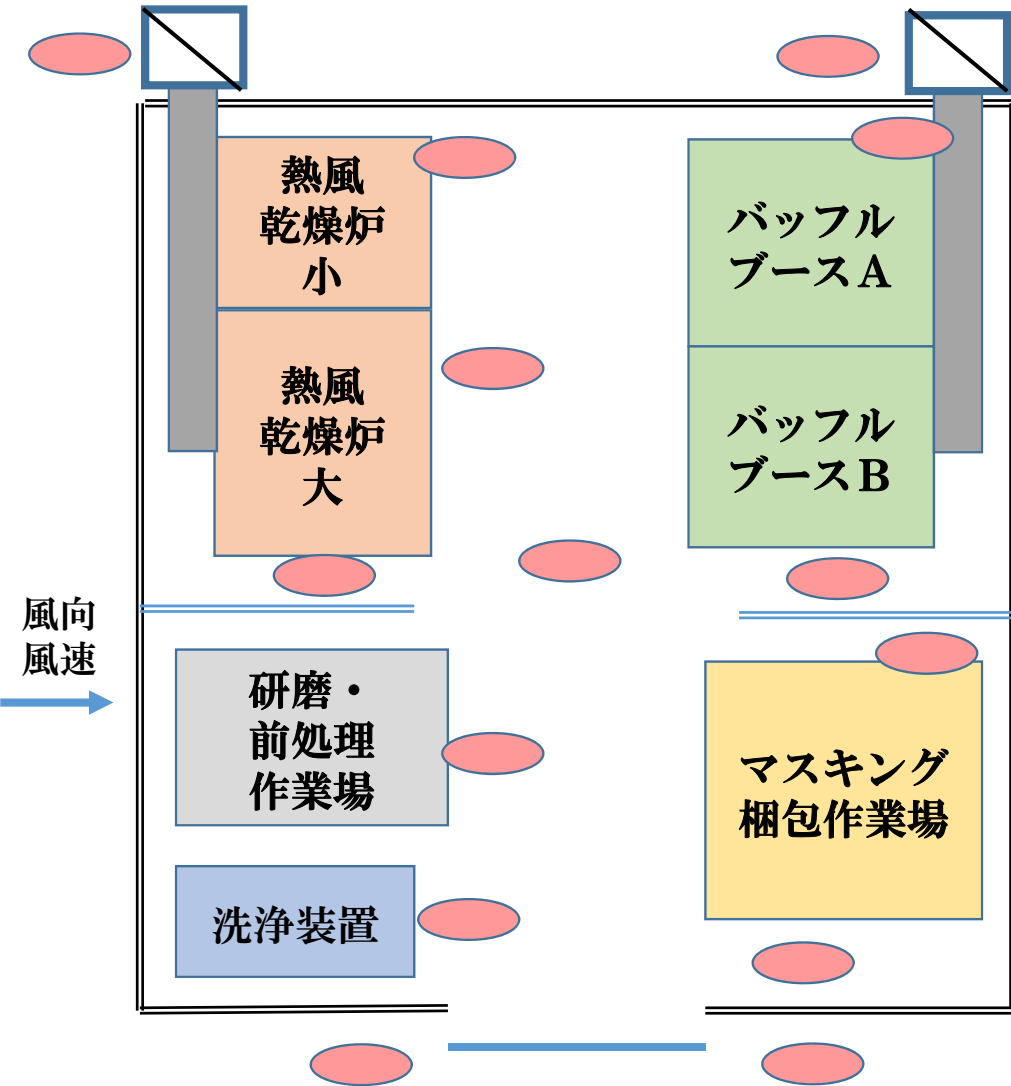


排出口管理：処理装置へのガス回収率の向上が一番重要！→生産工程の密閉化

無組織排出：①工程・設備の改善（工程内排出管理（CP））
②原材料の転換（ハイソリッド塗料、水性塗料、粉体塗料）

※ 簡易測定法によるVOC濃度測定による排出実態把握が重要

簡易測定法によるVOC濃度測定による排出実態把握例



塗料
倉庫

○：測定箇所例

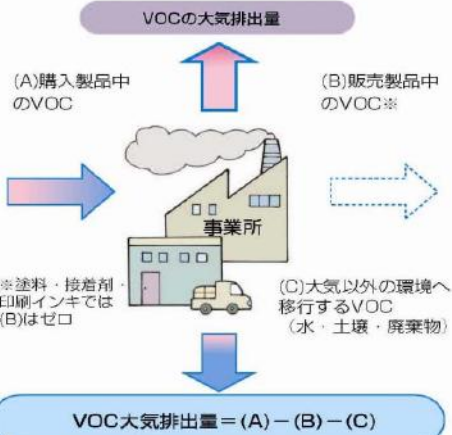
- 工程フローチェックポイント
- ① 調色、調合
 - ② 被塗物の洗浄
 - ③ 塗装
 - ④ セッティング・乾燥
 - ⑤ 器具の洗浄
 - ⑥ 保管

- 無組織排出対策（工程・設備の改善効果）
- ① VOC削減効果
 - ② コスト
 - ・ イニシャルコスト
 - ・ ランニングコスト（運転費）
 - ・ ランニングコスト（資材購入費削減効果）
 - ・ 作業環境改善効果

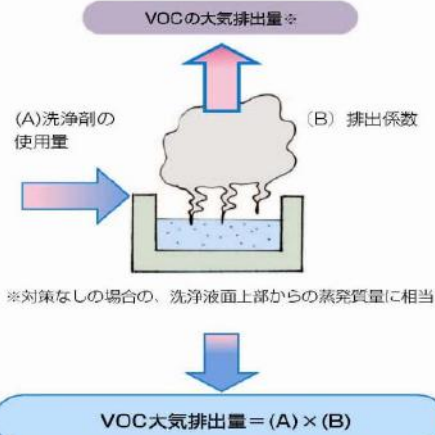
資料：東京都環境局「VOC対策ガイド」

VOC排出量の推計方法

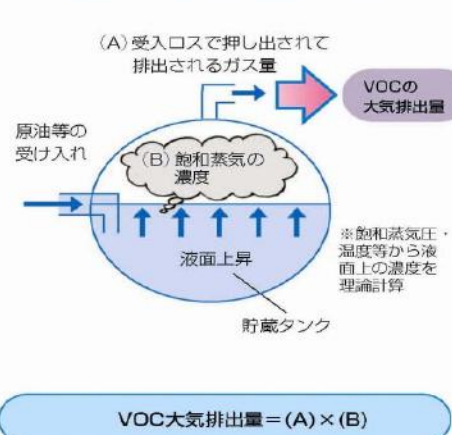
(1) 物質収支による方法



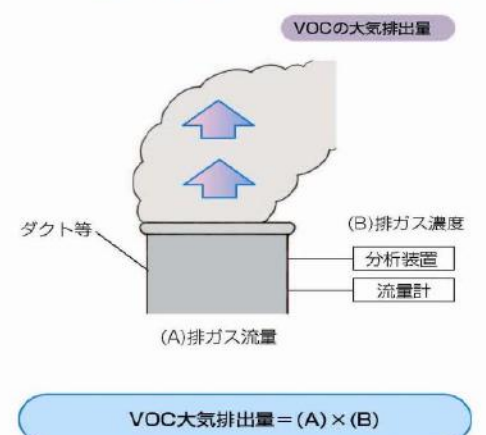
(2) 排出係数による方法



(3) 物性値から理論的に推定する方法



(4) 実測による方法



物質収支による方法

- 最も汎用的に利用される
- 化学反応による生成・消滅が伴う場合は適用できない。

排出係数による方法

- <例> 洗浄装置(対策なし)
- 排出係数がある場合には使用量から計算できる
- 送排風による通気があると排出率が変わる。

物性値による方法

- <例> 貯蔵タンクの受入口ス
- 飽和蒸気圧等から理論的に算出
- 蒸気が飽和状態で、かつ静的に排出される場合に適用

実測による方法

- 最も正確な排出量が求まる
- 濃度とガス流量の測定が必要
- △分析コストがかかる。
- ※化学反応が伴う場合はこれが適。

ケース：塗装施設の算出例

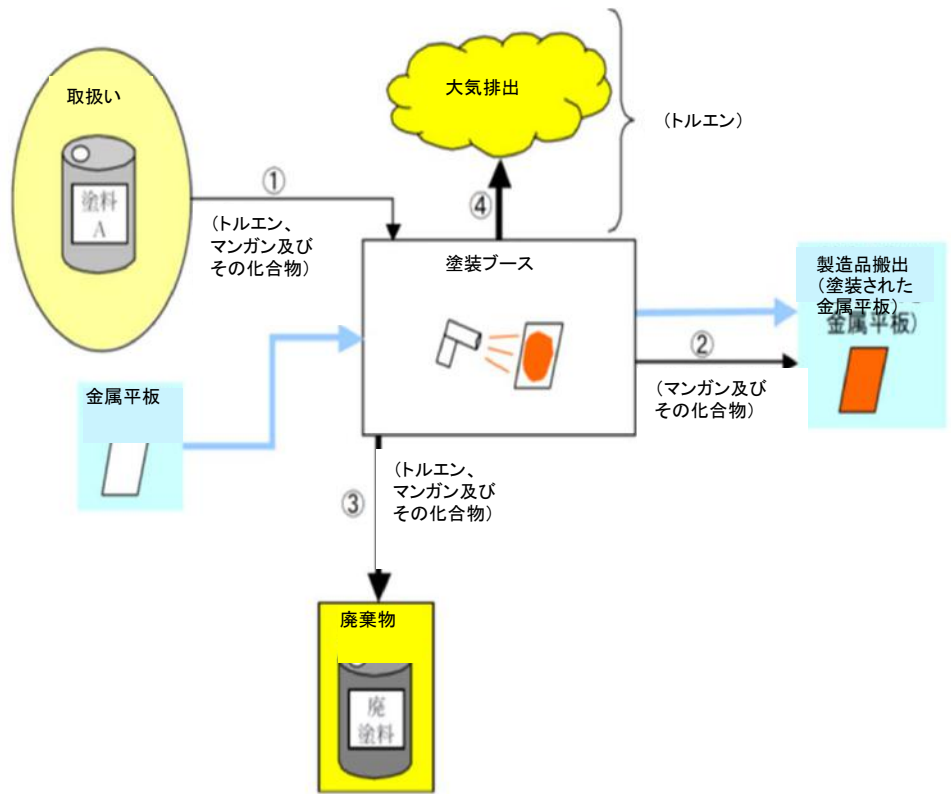


図 1-5 塗装施設の概要図

①対象物質を取り扱う作業の概要

塗装等の概要	金属平板エアレススプレー塗装 排水の発生、土壌への漏洩なし
排ガス処理設備	なし

②取り扱う対象物質を含む原材料、資材等

・塗料A

年間購入量	14.7t/年									
年度初在庫量	1.22t									
年度末在庫量	0.78t									
MSDSに記載の 対象物質含有 率	<table border="1"> <thead> <tr> <th>物質番号</th> <th>対象物質名</th> <th>含有率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300</td> <td>トルエン</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>412</td> <td>マンガン及びその化合物</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	物質番号	対象物質名	含有率	300	トルエン	50%	412	マンガン及びその化合物	20%
	物質番号	対象物質名	含有率							
	300	トルエン	50%							
412	マンガン及びその化合物	20%								

③発生した廃棄物

廃棄物の類	発生量	対象物質の含有率	廃棄物の処理
廃塗料	200kg/年	不明	産業廃棄物処理業者へ引き渡し

トルエンの大气への排出量の計算(物質収支による方法)

1 塗料A及び対象物質の年間取扱量 塗料Aの年間使用料 = 年間購入量[14.7t] + 年度初め在庫量[1.22t] - 年度末在庫量[0.78t]

$$\begin{aligned}
 & \text{トルエンの年間使用量 t/年} = \text{塗料Aの年間使用量 } 15.14\text{t/年} \times \text{塗料Aに含まれるトルエンの含有率 } 50\% \div 100 \\
 & = 7.57\text{t/年}
 \end{aligned}$$

2 廃棄物中の対象物質質量

$$\begin{aligned}
 & \text{トルエンの廃棄物に含まれる量 kg/年} = \text{廃塗料の発生量 } 200\text{kg/年} \times \text{塗料Aに含まれるトルエンの含有率 } 50\% \div 100 \\
 & = 100\text{kg/年}
 \end{aligned}$$

↑
含有量が不明なため、塗料A中の含有率を利用

4 大气への対象物質の排出量

$$\begin{aligned}
 & \text{トルエンの大气への排出量 Kg/年} = \text{トルエンの環境への最大潜在排出量 } 7470\text{kg/年} - \text{トルエンの土壌への排出量 } 0\text{kg/年} - \text{トルエンの水域への排出量 } 0\text{kg/年} \\
 & = 7470\text{kg/年}
 \end{aligned}$$

3 環境中への対象物質の排出量

$$\begin{aligned}
 & \text{トルエンの環境への最大潜在排出量 Kg/年} = \text{トルエンの年間取扱量 } 7.57\text{t/年} \times 1000 \text{ kg/t} - \text{トルエンの製造品としての搬出量 } 0\text{kg/年} - \text{トルエンの廃棄物に含まれる量 } 100\text{kg/年} \\
 & = 7470\text{kg/年}
 \end{aligned}$$

大气への排出量: 7.5 kg/年

5 業種別工程内(CP)におけるVOCの抑制技術

VOC 排出法の概要

グラビア印刷の場合

作業終了時の洗浄法改善



↓ 溶剤をかけたの洗浄



ゴムヘラを使用した残留インキ除去

現行方式
(グラビア印刷*)

CP

基本材料の転換
(インキ)、(接着剤)等

水性インキ、高濃度インキ

CP

作業・工程・設備・管理の改善

- (インキパンにカバー設置)
- (溶剤缶に蓋を設置)
- (印刷終了時の洗浄作業の改善)
- (溶剤運搬専用台車(手で持つとこぼす))
- (作業者の意識喚起のため標識設置)

EOP

法対応

除去装置の設置

- (触媒式燃焼装置)
- (蓄熱式燃焼装置)
- (活性炭式溶媒回収装置)

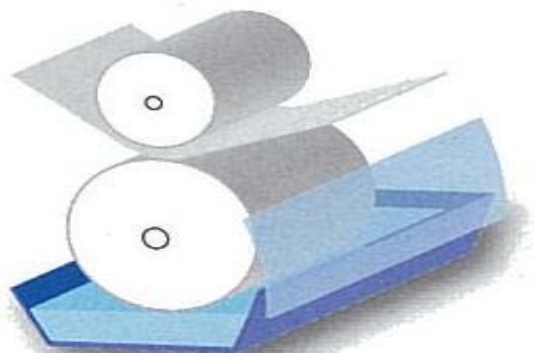


関西グラビア共同組合(2013年2月)

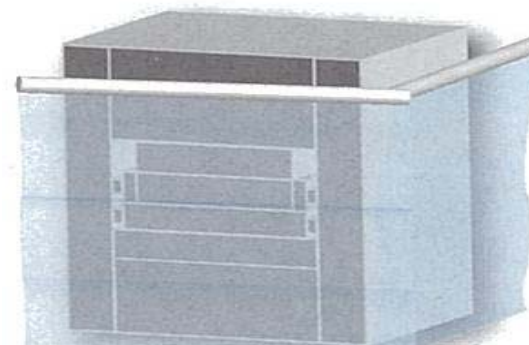
VOC抑制技術の概要

(CP)

1. 工程内管理(印刷工程における改善策の例)



インキパン ビニールカバー



ビニールカーテン

インキパンに当たる風をさえぎると、溶剤の蒸発を少なくできる。1日8,000円の節約例

VOC 排出法の概要

塗装工程の場合

現行方式
(溶媒塗料)
(噴霧塗装)

CP

塗料転換
(水性)、(粉体)等

塗装方法転換
(浸漬)、(電着)、(ロール)

溶剤方式のままでの対策

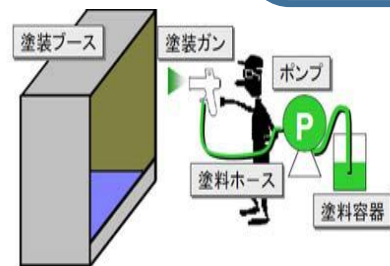
CP

使用量削減対策
(塗装機変更)
(塗料、溶剤回収)
(色替回数減少)

EOP

除去装置の設置
(吸着)
(燃焼)
(吸収)等

法対応

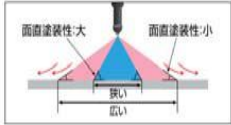
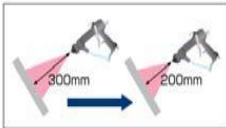


- 現場の改善例:
- ・ホースを短く、スプレーガン改善
 - ・塗料タンクの適正化
 - ・洗浄法の改善等

工業塗装高度化協議会(2013年2月)

方策：塗装効率の向上

1. 作業者の熟練度向上
2. 塗装条件の見直し

	塗装条件	効率の変化	塗料削減率(%)
①	スプレー角度を塗装面に対し直角にする	角度45°で効率50%、90°で70%以上になる	30以上
②	パターン幅を狭くする		20以上
③	空気圧を低くする	0.3MPaで効率60%の場合、0.2MPaにすると70%以上になる	15以上
④	スプレー距離を近づけ、一定に保つ		12以上

3. 高効率塗装機の採用

- ① 静電塗装システム
- ② ロボット化

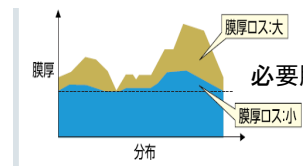


静電塗装機



塗装ロボット

膜厚のバラツキを小さくすることで平均膜厚が下がり、ロスを軽減できる

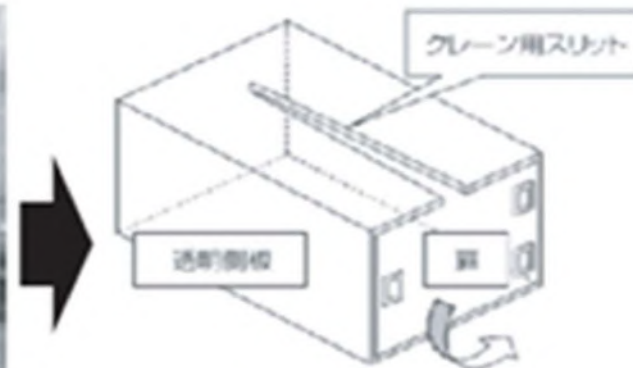


洗浄工程での改善例

洗浄槽にフタやカバーをつけると、溶剤の蒸発を防げる。



手動2槽式洗浄装置の外観



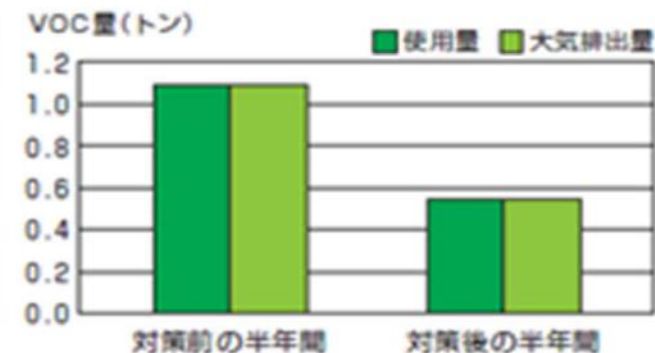
常設の蓋の概要



市販のロールカーテンを利用

年間排出量

2007年～2008年		対策前	対策後
トリクロロエチレン	使用量	1.1トン / 半年	1.1トン / 半年
	大気排出量	0.6トン / 半年	0.6トン / 半年



出典:「VOC排出抑制に関する業種別成功事例集」中部経済産業局(平成22年10月)
「産業洗浄現場におけるVOC対策事例集」環境省(2008年3月) など

VOC抑制技術の概要

(CP)

1. 低VOC製品への転換

【1】塗料

低VOC塗料の種類と特長

種類		特長	短所
水性塗料	エマルジョン型塗料*	湿った素地に塗布可能 臭気が少ない	塗装直後は降雨に弱い 塗装時に温湿度の制御が必要
	水溶性塗料	塗布効率が高い 厚膜塗装が可能	薄膜化が困難 焼付にエネルギーが必要
無溶媒型塗料	粉体塗料	塗布効率が高い 厚膜塗装が可能	薄膜化が困難 焼付にエネルギーが必要
	紫外線・電子線硬化型塗料	短時間の乾燥が可能(生産性向上)	厚膜化に制限がある
	多液型塗料	塗装量が低減可能	乾燥が遅い
	プラスチックゾル型塗料	優れた塗膜性能が得られる	素地との接着性が悪い
ハイソリッド型塗料		ラインの大幅な変更の必要ない	塗膜性能が低下

* 水分散性樹脂使用

実際の塗装に当たっては塗料メーカーと十分協議して塗料の種類を決める。

環境省資料: www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/103.pdf

VOC抑制技術の概要

(CP)

2 低VOC製品への転換

インキ

低VOCインキの種類と特長

種類		適用可能な印刷機	特徴
水性インキ	水性特殊グラビアインキ	グラビア印刷機	長所: 不燃性、安価 短所: 乾燥速度が遅い、紙にしわを生じさせる。色の濃淡、コントラストが悪い
	水性ゴム凸版インキ	フレキソ印刷機	
無溶媒インキ	紫外線硬化型インキ	スクリーン印刷機 オフセット印刷機	長所: 高速乾燥が可能 短所: 高価 厚膜印刷が不可能
	電子線硬化型インキ	印刷機全般	

水性インキ: 水がインキ溶媒または希釈溶媒であるインキ

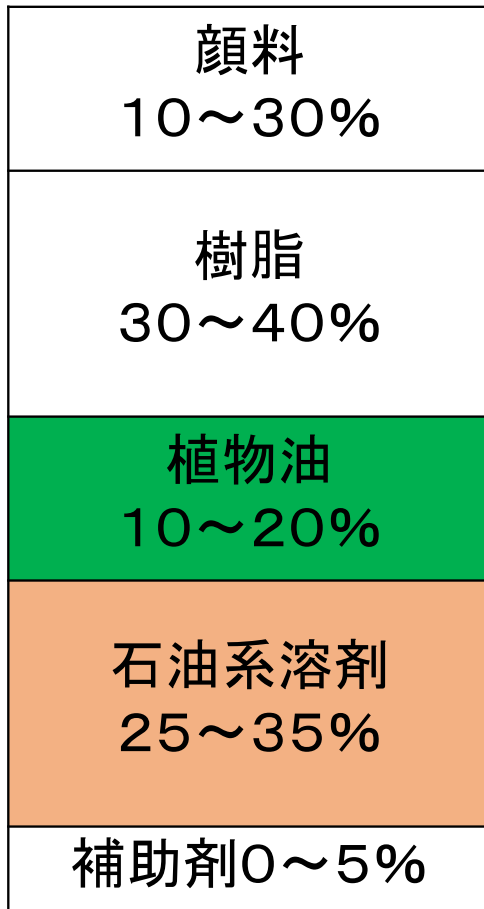
無溶媒インキ: インキ中のVOCが5%未満のインキ

実際の採用に当たってはインキメーカーと十分協議して種類を決める。

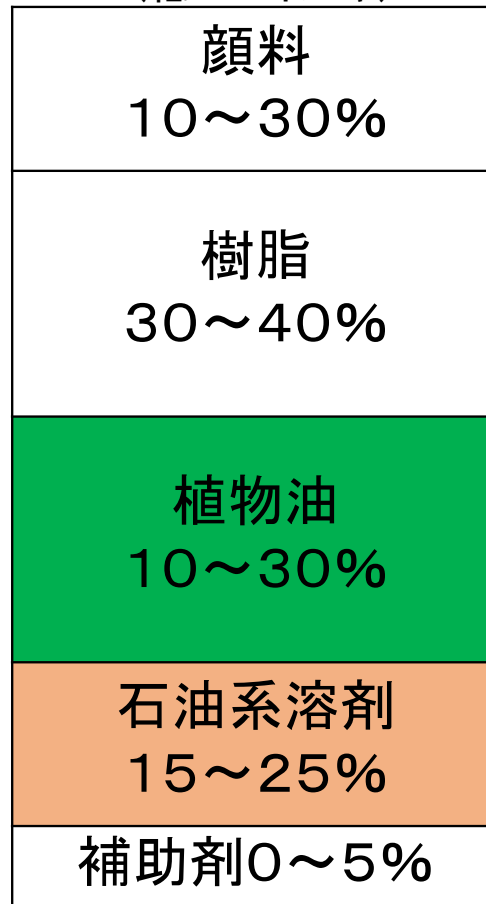
環境省資料: www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/103.pdf

低VOC・ノンVOCインキの構成比率

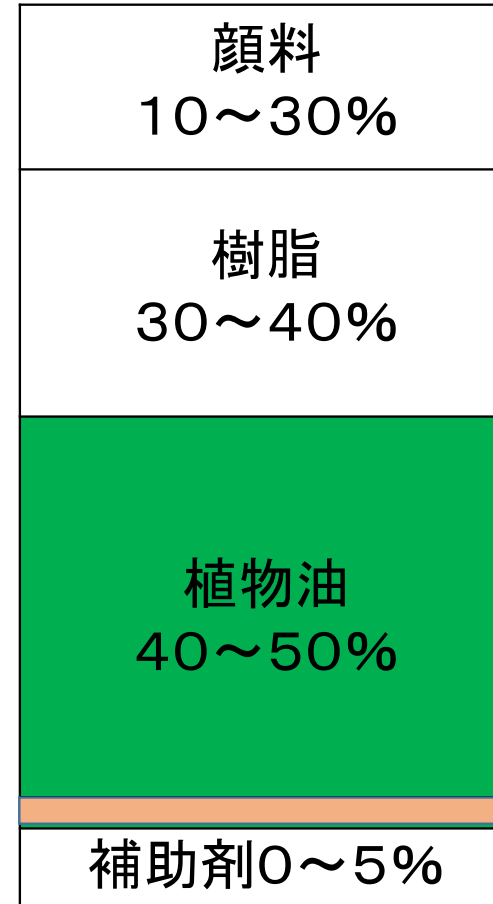
従来タイプ



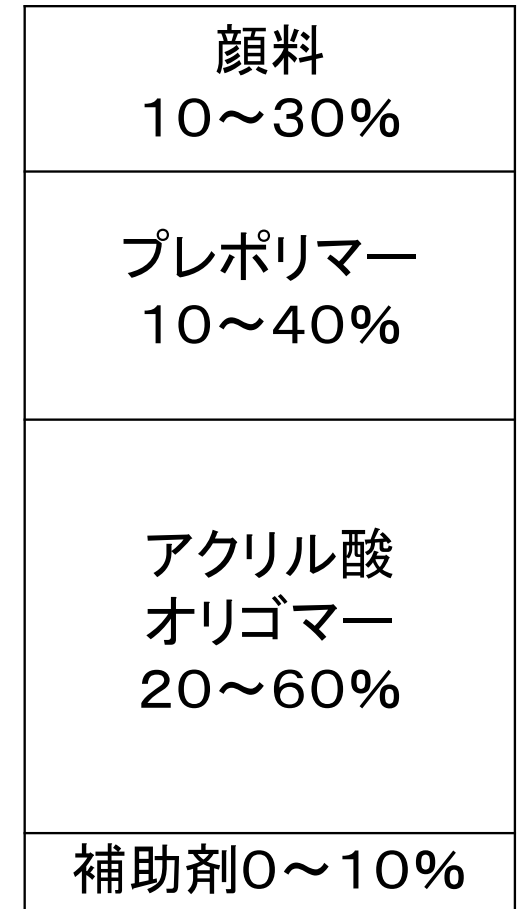
植物油インキ
(低VOCインキ)



油性インキ
(ノンVOCインキ)



UVインキ
(ノンVOCインキ)



出典:印刷インキ工業会「低VOC・ノンVOCインキの最新の動向(2012年7月11日)」

省エネ型新UVシステム

	照射装置	使用インキ	消費電力	備考
UVシステム (従来型)	従来UV	通常UVインキ	—	オゾン・排熱ダクト要 点灯消灯時間必要
LEDシステム	LED	高感度UVインキ	約1/4	単一波長385nm他 オゾンレス、赤外レス) 瞬間点灯、消灯可
ハイブリッド UVシステム	ハイブリッドUV	高感度UVインキ	約1/4	短波長UVカット・オゾ ンレス、赤外カット、オ ゾン・排熱ダクトレス
省エネ UVシステム	従来UV	高感度インキ	約1/2~1/4	UVランプ数削減 UV出力の削減

LED: Light Emitting Diode UV: Ultra Violet

出典:印刷インキ工業会「低VOC・ノンVOCインキの最新の動向(2012年7月11日)

【3】接着剤

低VOC接着剤の種類と特長

種類		特長	短所
水性系 接着剤	酢酸ビニル樹脂系エマルジョン	幅広い用途に使用可能	耐熱性、耐水性、耐溶剤性が劣る
	EVA樹脂系エマルジョン	耐熱性、耐水性に優れる	乾燥皮膜が粘着性
	アクリル樹脂系エマルジョン	柔軟性、耐熱性に優れる	分散安定性が悪い、耐水性が劣る
	合成ゴム計エマルジョン	柔軟性、弾力性に優れる	変色し、耐油、耐溶剤性に劣る
ホットメルト形 接着剤	EVA*樹脂系ホットメルト形	接着性、柔軟性、弾力性に優れる	耐熱性、耐候性が劣る
	合成ゴム系ホットメルト形	被着体を選ばない	粘着力が弱い
反応形 接着剤	エポキシ樹脂系	被着体を選ばない	剥離接着力が低い
	ポリウレタン系	材質との接着性がよい	耐水性が悪い
感圧形接着剤	ゴム系感圧形接着剤	被着体を選ばない	耐熱性、耐候性が劣る

* EVA: Ethylene Vinyl Acetate

実際の接着剤選定に当たっては接着剤メーカーと十分協議して決める。

2. 設備構造・管理の改善

(1) 塗装・接着ブースの設置(各施設の概要図は次ページに示す)

種類		ミスト除去率(%)	需要分野
乾式 ブース	バッフル板式	90	(小規模) 家具、制御盤、鋼材、製品の補修塗装 (大規模) 大型建設機械、車両、船体ブロック、大型鉄骨
	フィルター式	65	
	複合式(バッフル+フィルター)	不明	
湿式 ブース	水洗式(スプレー、渦流式)	85	(小規模) 家電製品、自動車部品、樹脂製品 (大規模) 鉄道車両、特殊車両、乗用車、トラック
	高速洗浄式(ベンチュリー式)	99	
	オイル循環式	不明	

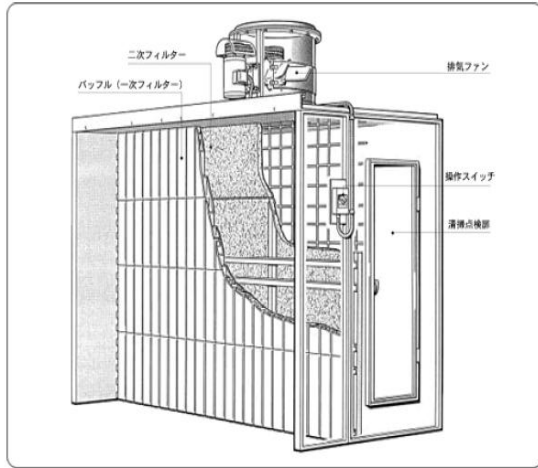
ブースとは防火、作業者の健康対策、塗膜品質確保等のために、塗装によって発生する塗装ミスト及び溶媒使用されるVOCを強制排気することを主な目的とする施設である。

塗装ブースには乾式ブースと湿式ブースがあり、前者は塗装部位が比較的少ない被塗装物、後者は塗装部位が多い被塗装物に適用されることが多い。

バッフル板: 流体の中に設ける流れ阻止板。阻止板を設けることにより流れ方向及び流速を急に変えて、流体中のVOCを除去する。

フィルター式: ろ過装置

塗装・接着ブース

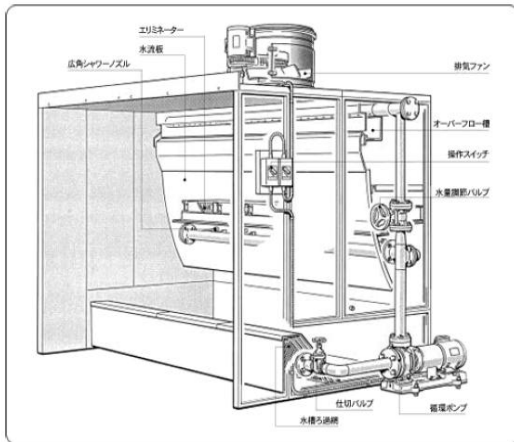


特徴
 ・排気用
 ・価格: 安価
 ・静圧: 中
 (250Pa以下)

乾式ブース

- ・正面全体がミスト吸い込み構造
- ・フィルター交換が必要
- ・設置コストは安いですが、ランニングコストがかかる
- ・水を使用しない

少量生産に向いている



特徴
 ・排気用
 ・価格: 安価
 ・静圧: 中
 (250Pa以下)

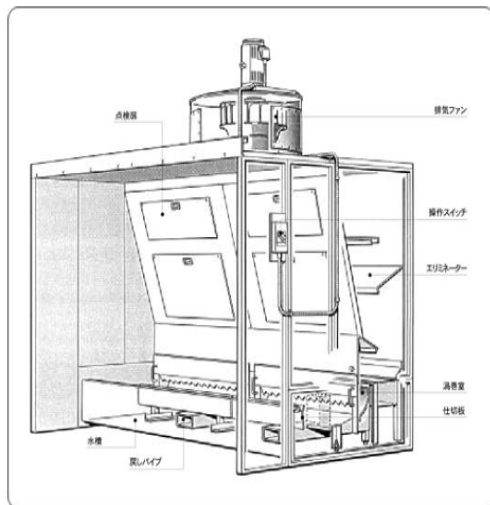
水洗シャワーブース(湿式)

- ・正面下面がミスト吸い込み構造
- ・シャワーノズル、ポンプの閉塞などのメンテナンスが必要
- ・水を使用する
- ・集塵効率の割には価格が高い

現在の主流ではない

資料: (株)親和のインターネット

塗装・接着ブース



特徴
・給気用
・価格: 高価
・静圧: 高い
(450Pa以上)

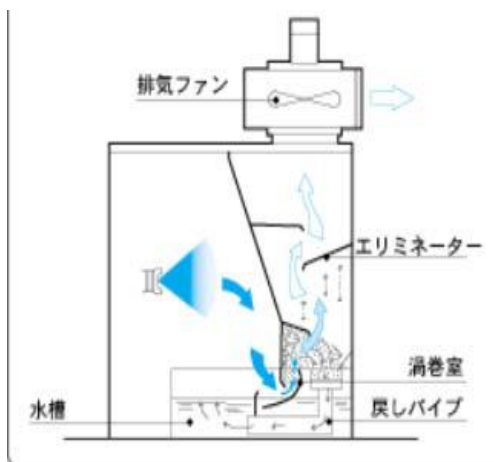
ベンチュリーブース(湿式)

- ・正面下面がミスト吸い込み構造
- ・濾過効率が低い
- ・シャワーノズル・ポンプを使用しないため、メンテナンスが容易
- ・水を使用する
- ・価格が安価

現在のブースの主流

ベンチュリーブースの原理

塗料ミストを含んだ空気は排気ファンにより、渦巻室へ高速吸引される。渦巻室の遠心力により塗料ミストは空気流から分離され、水膜に衝突させて捕集される。水はエリミネーターにより水切りされ排気口からの吐出を防ぐ。
また、塗料ミストと水は、戻しパイプより水槽前面に戻る。



資料: (株)親和のインターネット

資料: アネスト岩田(株)インターネット

2. 設備構造・管理の改善

(2) 乾燥炉におけるエアースールの設置

炉形式	特長	需要分野
エアーカーテン付きトンネル炉	装置出入り口の開口部にエアーカーテンを設け、装置内の熱風を外部に流出しないようにした方式 コンベアーによる多量生産に適用	住宅建材、農機具、スチール家具、車両、建材パネル、トラックキャブ、
山形トンネル炉	装置出入り口開口部より高い位置に装置本体を設置することにより、装置内と外部温度の違いによる空気の比重を利用した熱風シール方式 特に、塗装品質の高い製品向けに適用	自動車ボディ、トラックキャブ、車両部品、ホイール、オートバイ部品、エレベーターパネル等

エアースールとは、風向を調整したり温度差を利用して乾燥炉内部の空気が乾燥炉外に排出しないようにする設備である。

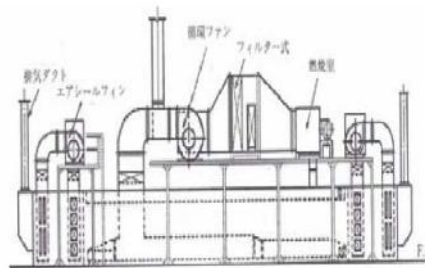


図7 エアーカーテン付トンネル炉

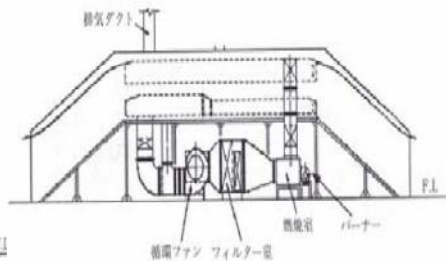
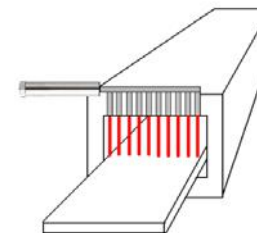


図8 山形トンネル炉



エアーカーテン

VOC抑制技術の概要

(CP)

2. 設備構造・管理の改善

(3) プレコート塗装への変更

塗装方式	特長	需要分野
ロールコーター 塗装	塗料をピックアップロールで持ち上げ、ドクターロールによって塗布量をコントロールしながら、ピックアップロールからコーティングロールに転写された塗料がバックアップロールに指示されたコイルに塗装する方式	着色亜鉛鉄板 プレコート鋼板 家電製品
カーテンフロー コーター塗装	塗料をカーテン状に落下させ、その下をコンベアーに平板を乗せて流し、平板上に塗膜を作る方式	冷蔵庫の前扉などの 家電製品

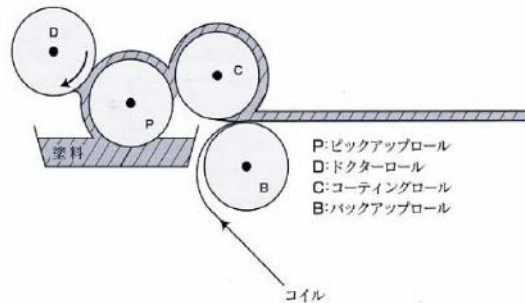
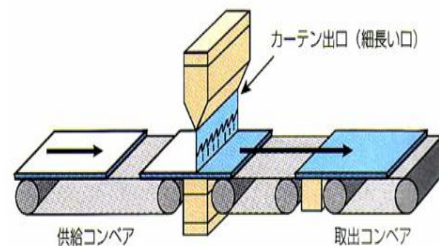


図9 ロールコーター塗装



カーテンフローコーター塗装

鋼製の製品塗装にはプレコートとアフターコート(製品にした後塗装)があり、それぞれ長所・短所がある。最終製品の性質に応じて選択する。

2. 設備構造・管理の改善

(4) フリーボード比の確保及び洗浄剤の冷却

フリーボード比とは、蒸気洗浄槽の場合には、洗浄槽の短い方の開港寸法(a)に対する蒸気/空気境界から洗浄槽の上端までの高さ(フリーボードの高さまたは深さ)(b)の比をいう。フリーボード比(b/a)が大きいほど、洗浄槽上部の冷却空間が広くなり、VOC成分が凝縮するため、排出量が少なくなる。

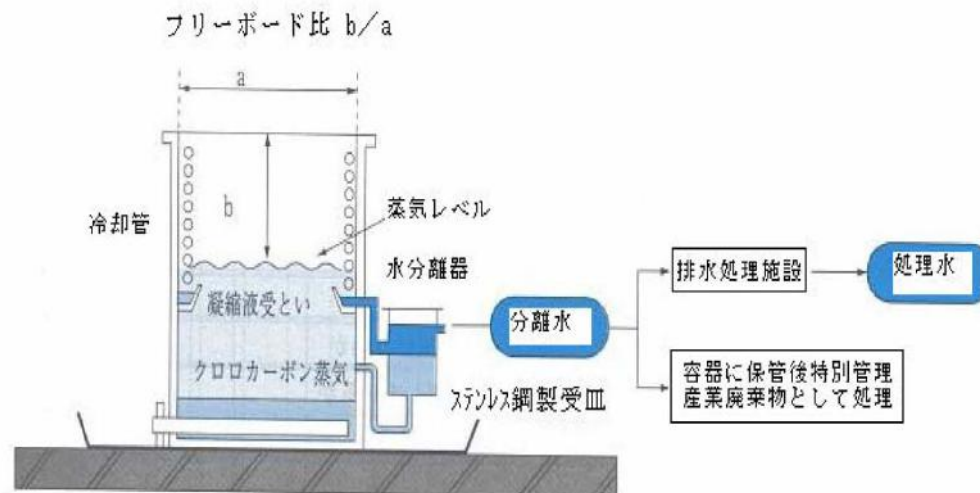


図12 蒸気洗浄のフリーボード比

VOC抑制技術の概要

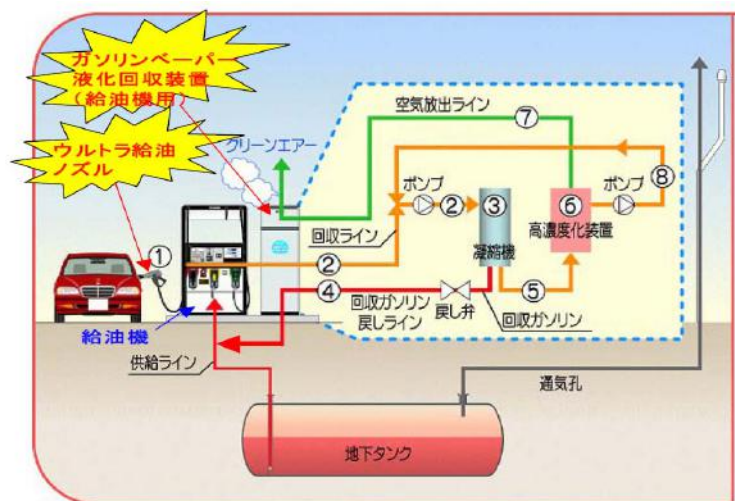
(CP)

2. 設備構造・管理の改善

(5) ベーパーリターン装置の設置

ベーパーリターン装置の種類と特長

設置方法の例	特長
貯蔵施設におけるリターン	貯蔵タンクから揮発したガソリンをタンクに戻す
出荷設備からタンクローリー出荷時のリターン	タンクローリーへの積み込み時の発生ガソリンを戻す
給油所の地下タンク受け入れ時のリターン	給油所の地下タンクへの受け入れ時のガソリンを戻す
給油時のリターン(下図)	自動車への給油時の蒸気を回収し、地下タンクに戻す



- ① ガソリン計量器で給油
- ② ポンプでガソリン蒸気を吸引
- ③ 凝縮器で圧縮・冷却
- ④ 給油機へ戻す
- ⑤ 高濃度化装置へ送る
- ⑥ ガソリン蒸気を吸着
- ⑦ 空気は外部へ放出
- ⑧ ガソリン蒸気を脱着

環境省資料: www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/103.pdf

日本産業機械工業会資料

2. 設備構造・管理の改善

(6) 浮屋根式タンクへの変更

浮屋根式タンクへの種類及び特徴

タンクの種類	特徴
一重浮屋根式タンク	簡単な構造の浮屋根を持つタンク
箱浮屋根式タンク(下図)	浮屋根の中央部は単層の屋根で、外周部に環状の浮箱を備える
二重浮屋根式タンク	上下2枚のデッキを持つ二重構造屋根のタンク
固定屋根付き内部浮屋根式タンク	浮屋根の上にさらに固定屋根を取り付けたタンク

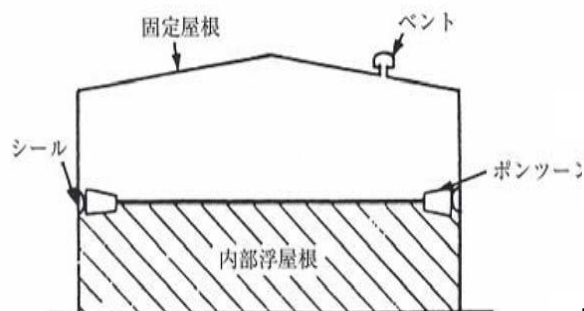
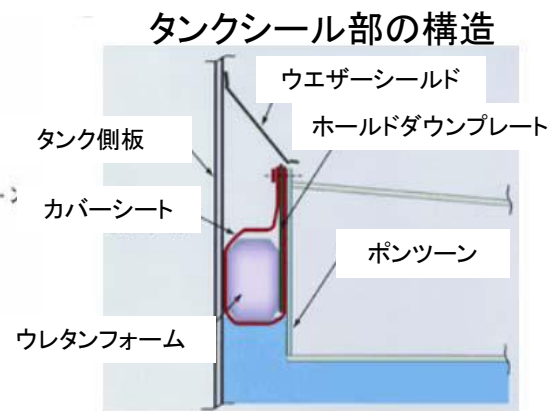


図16 内部浮屋根式タンク(シングルデッキタイプ)の例



タンクシール材の代表的な構造は、タンク本体側板と浮屋根(ポンツーン)外周との間隙部に、補強布入りゴムシートからなるエンベロップ(カバーシート)でウレタンフォーム(フォームコア)を圧縮した状態で包み込み、エンベロップ(カバーシート)の端部はボルトで浮屋根(ポンツーン)外周に固定する。

無組織排出対策(工程・設備の改善(CP))に関する上海市の取組事例



東京都環境局 編著
上海市環境科学研究院 編譯

東京都環境局VOC対策ガイド

上海市環境科学研究院VOC対策ガイド（工業塗装、印刷、金属等脱脂洗浄）



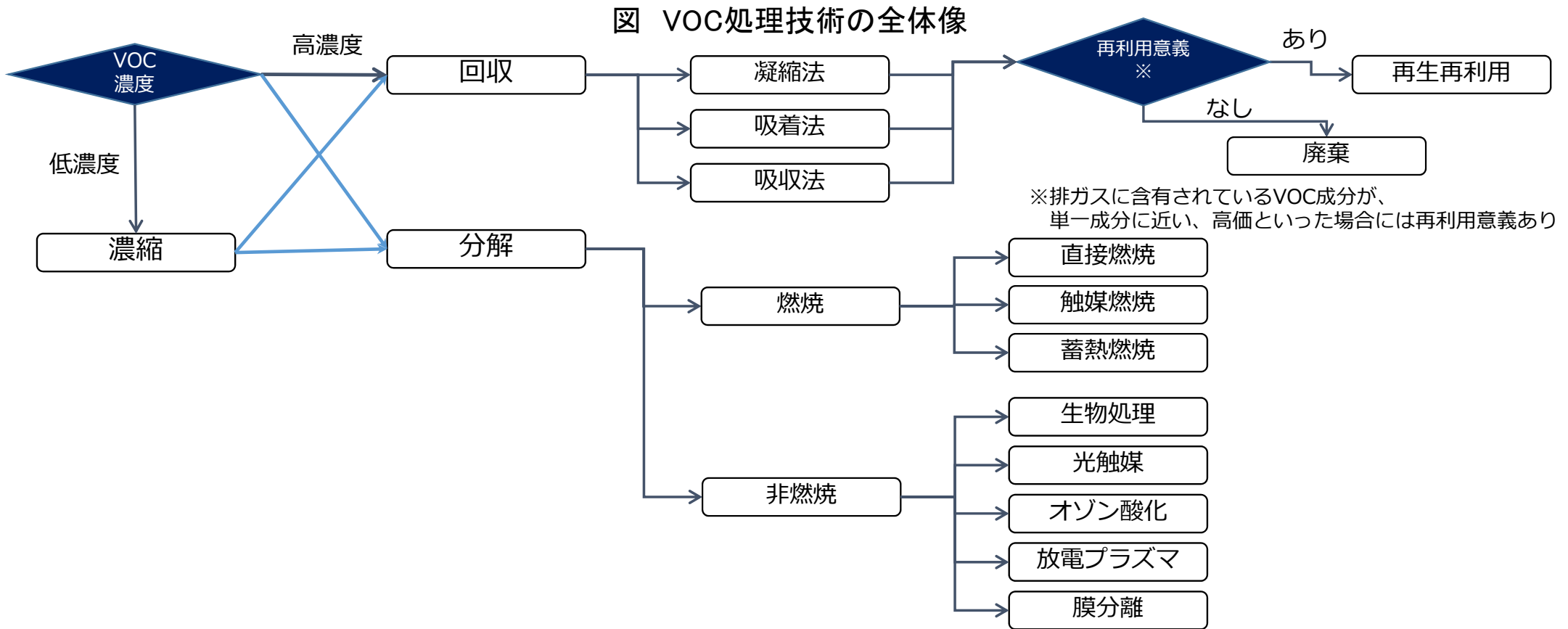
日本国環境省「飲食業の方のための『臭気対策マニュアル』
～悪臭対策の事例集～」

上海市環境科学研究院「飲食業悪臭対策指導マニュアル」

6 VOC处理技術(EOP)

VOC処理技術の体系

- VOC処理技術は、「回収」と「分解」に大別される。
- 「回収」、「分解」と「濃縮」を組み合わせて、多様なVOCを処理している。



VOC処理技術の選択に関する考え方

1 VOC処理上の諸元

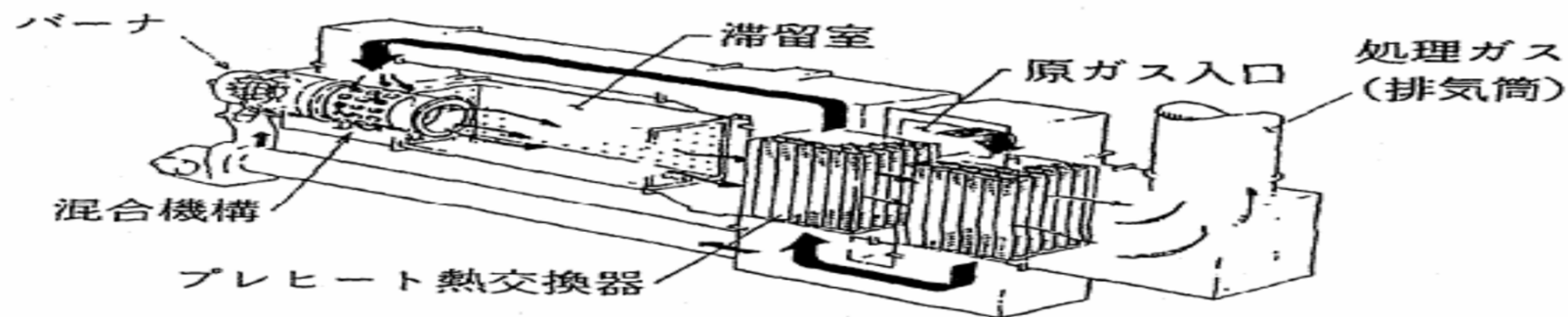
- ① VOCの種類
- ② VOCの濃度
- ③ 排出ガス量
- ④ 処理能力
- ⑤ コスト(イニシャルコスト、ランニングコスト、メンテナンスコスト)
- ⑥ 装置の寿命(耐用年数)

2 環境保全上の諸元

- ① CO₂排出量
- ② オキシダント生成能力
- ③ 粒子生成能力
- ④ 人への毒性
- ⑤ 悪臭物質

VOC濃度領域に対する処理方法の一覧

濃度領域	処理方法	対象施設
高濃度領域 (数～数十vol%)	高濃度のため資源として回収処理される。油による吸収、ゼルライト等を用いた吸着、膜分離、冷却凝集方式を適用。VOCは1～20%の範囲で爆発限界を有する物質が多いので、燃焼処理は一般には採用されない。	VOC貯蔵施設、工業用洗浄施設及び洗浄後の乾燥施設、化学製造における乾燥施設
中濃度領域 (数百～数千ppm)	濃度が800～1200ppm以上あれば補助燃料なしで燃焼処理可能なので、燃焼装置が適用されている。吸着剤で自燃濃度まで濃縮後に燃焼処理される場合もある。CO ₂ 排出のデメリットを相殺するため、熱回収などの省エネ技術が盛り込まれている。	塗装後、印刷後、接着後の乾燥、焼付施設 VOC濃度は高くても4000ppm程度
低濃度領域 (数十～100ppm前後)	低濃度は未処理で屋外に排出される場合は多い。処理としては、吸着剤交換式が適している。	工場の屋内の局所で排出されたVOC 拡散希釈され、屋外に排出される。



直接燃焼装置の例

運転経費の資産内訳(直接燃焼法)

表 4.5.5 運転経費の試算内訳 (直接燃焼法)

区分	2,000Nm ³ /h		5,000Nm ³ /h		10,000Nm ³ /h		30,000Nm ³ /h	
	必要量	年間費	必要量	年間費	必要量	年間費	必要量	年間費
補助燃料 [L/h]	65	1,820	160	4,480	310	8,680	930	26,040
電力 [kWh]	13	156	30	360	60	720	180	2,160
BFW [m ³ /h]	0.6	82	1.5	204	3.0	408	8.9	1,210
圧縮空気 [Nm ³ /h]	25	200	55	440	105	840	300	2,400
年間用役費 [万円/年]		2,258		5,484		10,648		31,810
年間補修費 [万円/年]		160		210		280		460
年間運転費 [万円/年]		2,418		5,694		10,928		32,270
蒸気量(kg/h)		575		1,430		2,830		8,450
年間評価換算		1,840		4,576		9,056		27,040

処理設備導入のコスト

イニシャルコスト(IC)	設備は単独で運転されることは少なく、熱回収設備等付帯設備も必要である。
ランニングコスト(RC)	設備運転に必要な補助燃料費、触媒の再生費用、吸着材の再生コスト等。

下表は目安である。実行にあたっては複数のメーカーと相談し、比較検討を行う。

文献(下記)に記載されているIC, RC(抜粋)(2011年)

企業名	処理方式	最大処理風速 (m ³ /min)	IC (百万円)	RC (千円/月)	装置面積 (m ²)
アマノ(株)	触媒燃焼	290	15	253	6.34
(有)アリマ精工	触媒燃焼	13	708	34	2
(株)環境プラント技研	活性炭吸着	1,000	16	300	10
東洋紡(株)	繊維状活性炭	50	9.8	27.4	1.53
パナソニック環境エンジ	触媒燃焼	2000	200	500	200
大和化学工業(株)	粒状活性炭	60	30	210	12
(株)モリカワ	粒状活性炭	100	120	200	100
(株)西部技研	触媒燃焼	60	14.5	50	3.5

資料: 東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」環境評価分解会報告書「VOC排出対策ガイドー基礎から実践・評価まで」独立行政法人科学技術振興機構/東京都/地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター2014年3月

VOCの処理技術の分類

(EOP)

燃焼法	VOC中の炭素を酸化してCO ₂ に分解して処理する方法で工場の排ガス処理などで多く利用されている。	直接燃焼法
		蓄熱燃焼法
		触媒燃焼法
吸着法	VOCを物理的に吸着して捕集する方法。 吸着材には・活性炭、・ゼオライト、・シリカなどが使用される。 通常は吸着と脱着を繰り返し、吸着材を再生しながら使用する。	
その他	光触媒(TiO ₂)は脱臭、抗菌などに使われる。 その他の方法は特定用途に向けた開発がすすめられている。	光触媒
		放電プラズマ
		オゾン酸化
		生物処理
		薬剤処理

資料:東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」環境評価分解会報告書「VOC排出対策ガイドー基礎から実践・評価まで」独立行政法人科学技術振興機構/東京都/地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター2014年3月

燃焼法の特徴

(EOP)

分類	原理	主な展開分野	特徴	課題
直接燃焼	VOCを直接燃焼させて分解	・塗装、・印刷、 ・化学プラント等	実績大(装置安価、保守容易) VOCの種類不問 燃焼温度:750~850℃	低濃度の場合は補助燃料が必要(余分な費用、CO ₂ 排出) 燃焼に伴う2次汚染対策必要
蓄熱燃焼	蓄熱体(セラミックス)に熱を蓄えて燃焼	・塗装、・印刷、 ・化学プラント等	熱効率大(90~95%) 自燃濃度が低い (500ppm程度から自燃)	装置が高価 断続運転ができない 蓄熱材の目詰まり対策必要
触媒燃焼	触媒を使用し、低温で酸化	・印刷、 ・化学プラント等	低温燃焼可能(350~450℃) NO _x の発生量低い 保守が容易	シリコン、リン、硫黄などで触媒が被毒し、失活する 触媒が高価

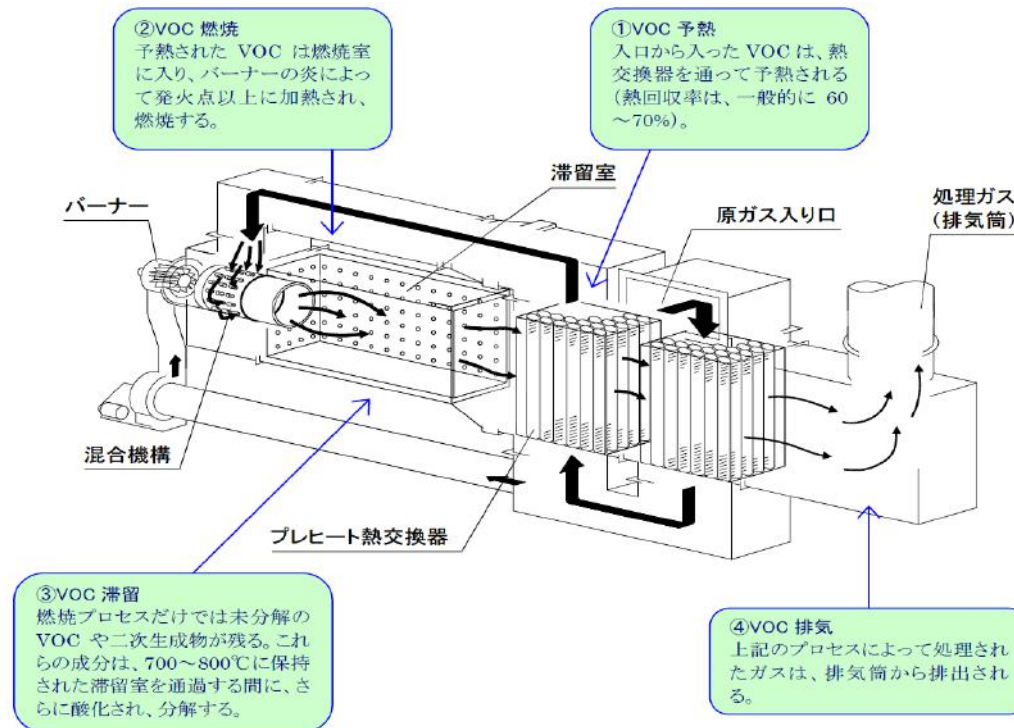
資料:東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」環境評価分解会報告書「VOC排出対策ガイドー基礎から実践・評価まで」独立行政法人科学技術振興機構/東京都/地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター2014年3月

直接燃焼法

(EOP)

VOC の多くは、炭素、水素、酸素などから構成されている化合物である。これらの化合物は、燃焼すると酸化して二酸化炭素、水などに分解する。

この装置では、補助燃料を用いて、650~800℃程度の高温度でVOCを燃焼させる。補助燃料には、灯油、重油、軽油等の液体燃料や、液化天然ガス（LNG）、液化石油ガス（LPG）等のガス燃料が使われる。



資料: 日本塗装機械工業会技術 部会「VOC法規制の具体的影響と自主取り組みの概要」第6回塗装技術シンポ. ジウム

蓄熱燃焼法

(EOP)



- この装置は3室以上の蓄熱室の吸気、排気、パージをバルブ切替えで行う。
- パージ室を設けることによりバルブ切替え時の処理ガスの大気放散を防止するため98%以上の分解処理効率を実現した。
- ~3000m³/min程度の大風量にも対応可能。



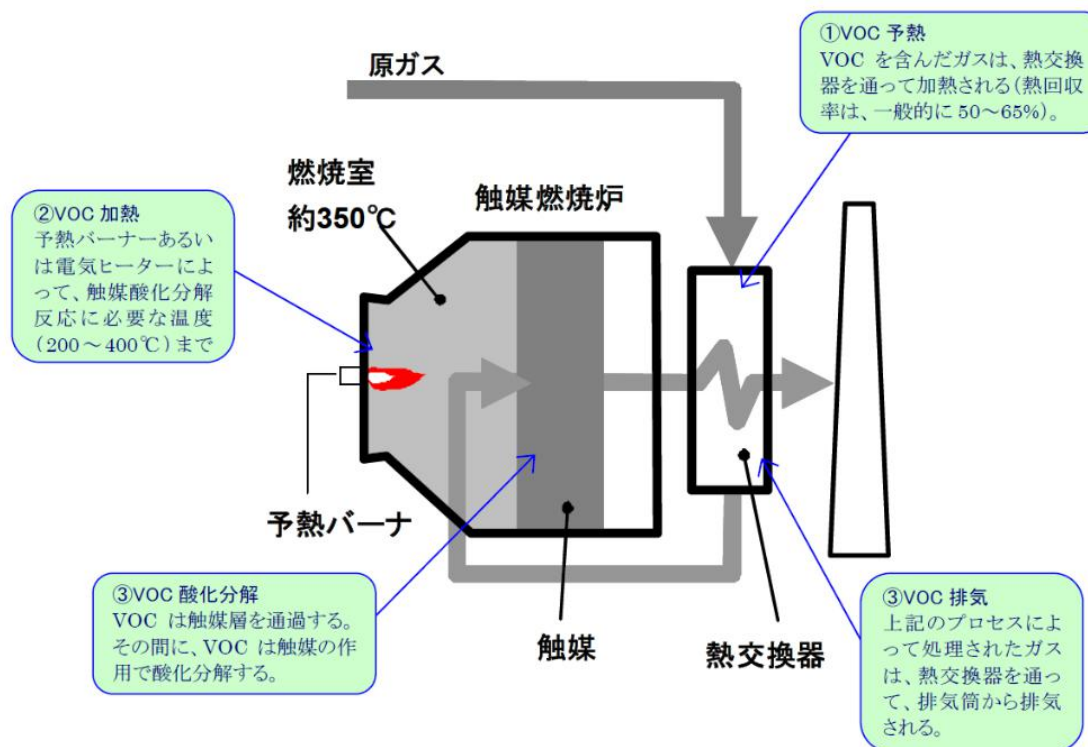
資料: 中外炉工業(株)のカタログ

触媒燃焼法

(EOP)

VOC を加熱することによって酸化分解するが、触媒を使うことで、酸化分解に必要な温度を下げる
ことができる。

燃焼によるVOCの酸化分解温度は650～800℃であるが、触媒を使うことで200～400℃まで低下できる。
触媒には白金系やパラジウム系がある。



資料: 日本塗装機械工業会技術 部会「VOC法規制の具体的影響と自主取り組みの概要」第6回塗装技術シンポ. ジウム

吸着法の特徴

(EOP)

分類	原理	主な展開分野	特徴	課題
活性炭 (破碎状 炭素繊維 ハニカム)	吸着/脱着サイクル 脱着:昇温、減圧、 水蒸気の吹き 付けなどで実施	・化学プラント 洗浄 ・ビルの空調など	VOCを回収して再利用が 可能 吸着時のエネルギー不要	再生コストがかかる 吸着材が劣化 脱着時にVOCが一部残留
無機系吸着材 (ゼオライト、 シリカ等)	吸着/脱着サイクル 脱着:昇温、減圧で 実施	・化学プラント 洗浄 ・ガソリンスタンド	VOCを回収して再利用が 可能 吸着時のエネルギー不要 不燃性	活性炭と比較して同等の 表面積の場合はコスト高

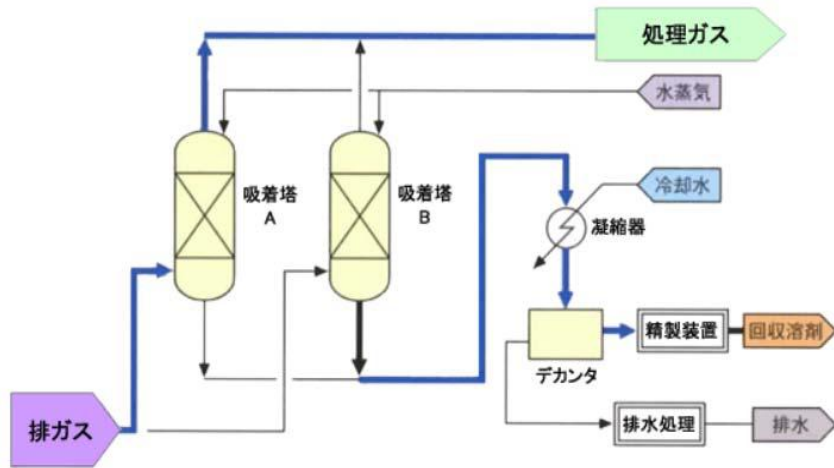
活性炭は、炭素を主成分にする多孔質の物質であり、その微細な穴(細孔)で多くの物質を吸着させる。細孔より小さな粒状の有機物を選択的に吸着する。その性質を利用して、脱臭や水質浄化など、有害物質の吸着に用いられる。加熱により吸着物質を放出し再利用することが出来る。原材料としては木材などの植物質のほか、石炭、石油などの原材料が用いられる。**活性炭素繊維**も利用されている。

ゼオライトはアルミノ珪酸塩のなかで結晶構造中に比較的大きな空隙を持つものの総称でもあり、分子ふるい、イオン交換材料、触媒、吸着材として利用される。現在では、さまざまな性質を持つゼオライトが人工的に合成されている。

資料:東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」環境評価分解会報告書「VOC排出対策ガイドー基礎から実践・評価まで」独立行政法人科学技術振興機構/東京都/地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター2014年3月

活性炭吸着法

(EOP)



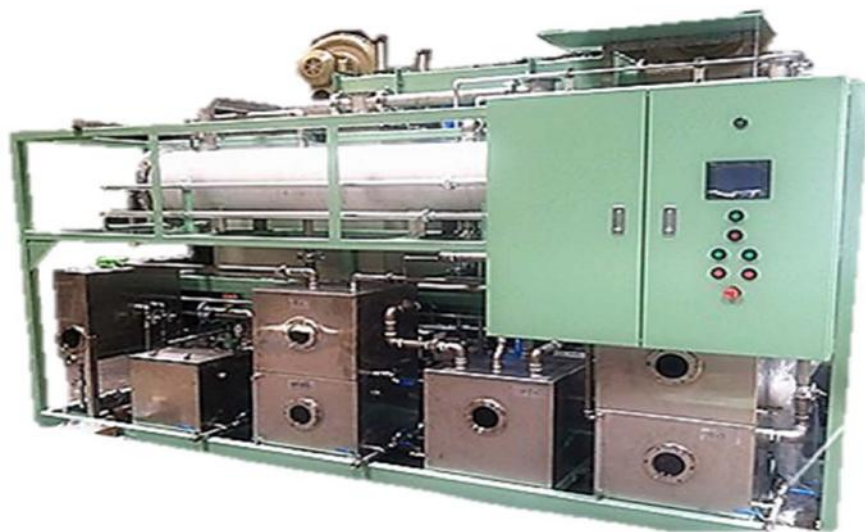
- 活性炭吸着技術でVOCを処理した場合、燃焼法によるVOC処理に比べ、大幅に二酸化炭素(CO₂)の排出量を低減できる。



- 活性炭の吸着作用により、排ガス中の溶剤成分を吸着する。
- 活性炭に吸着された溶剤は、水蒸気などにより脱着後、回収する。
- 回収した溶剤は、精製(蒸留等)し、再利用する。
- 排水は活性汚泥法(生物処理)で処理し、放出する。

資料: 旭化成エンジニアリング(株)

活性炭吸着式 溶剤回収装置(スタンダードアロン型)の特徴



**大和化学工業(株) だけでも、
既に200社以上の納入実績がある。
世界中で一番使われている
安心なVOCs処理技術。**

1. 確実な処理性能

既に20年以上の実績を持つ処理技術で、
99.5%以上の処理率で確実に吸着処理、
活性炭再生機能付き、環境に優しい、
VOCs排ガスを吸着し溶剤の形で回収。

2. 全自動運転

管理しやすい

3. メンテナンスフリー

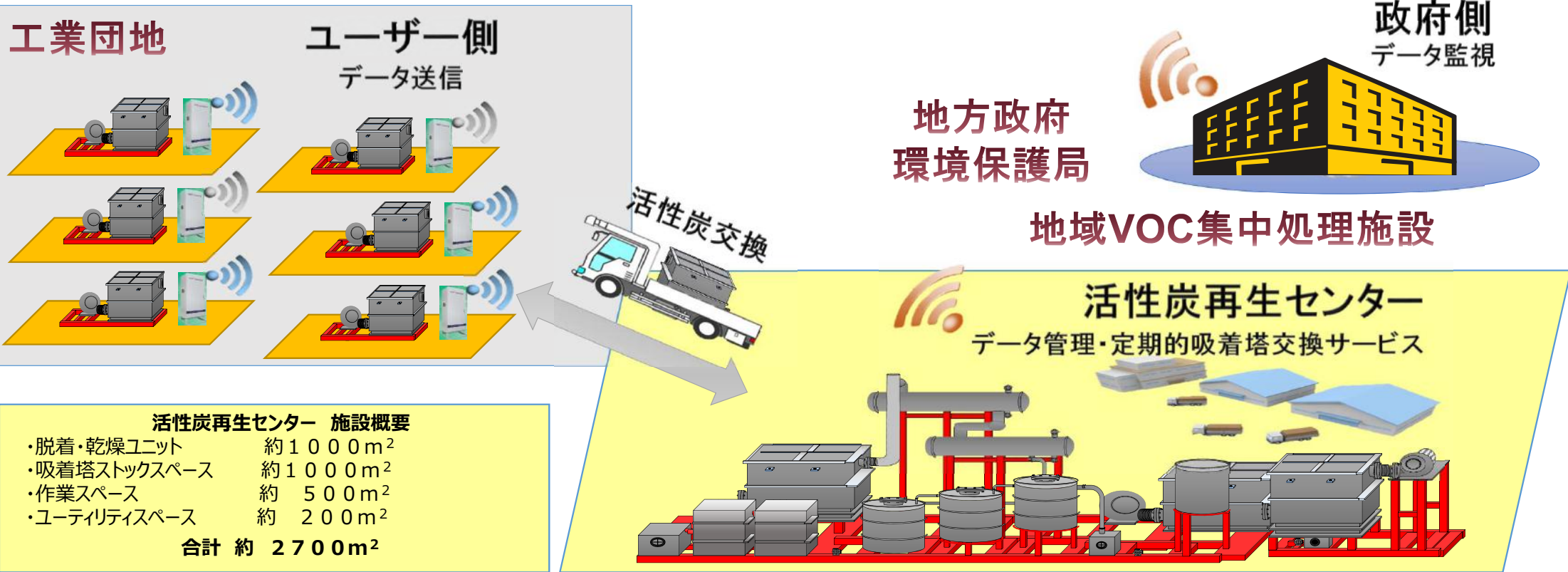
年に1回程度のメンテナンスで、
日常的なメンテナンスが不要

4. VOCオンラインモニター搭載

24時間常時、排出口濃度を監視可能

資料: 株式会社大和化学工業

地域循環型VOC回収システム(活性炭再生センター)の概要



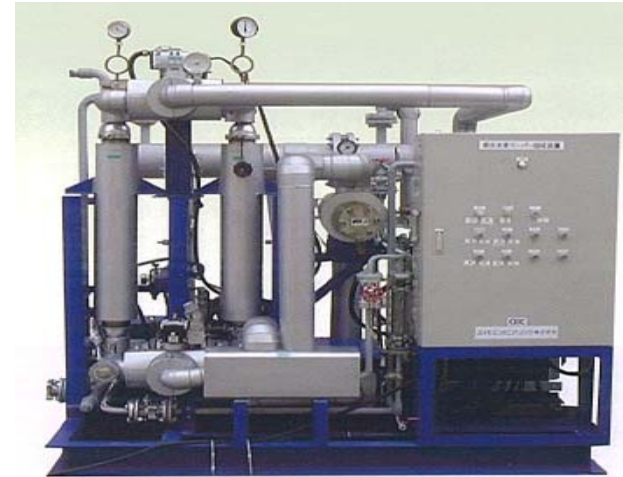
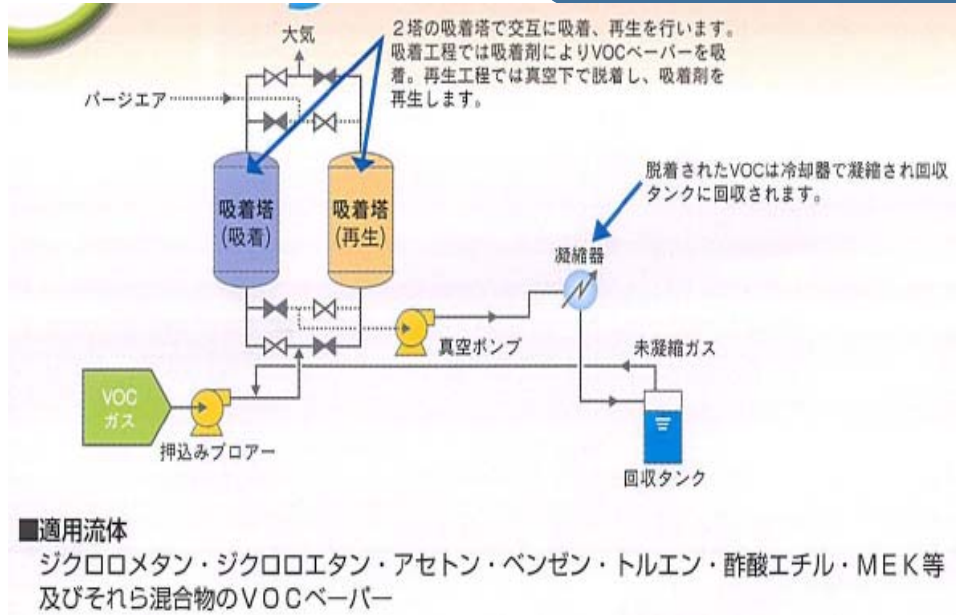
活性炭再生センターとは、各VOC排出工場に活性炭吸着装置を設置し、排ガス吸収を行い、集中処理施設の活性炭再生センターにて、活性炭再生・溶剤回収処理を行う提案です。

設置スペースの不足、処理設備の空運転、処理品質管理難の課題を解決！

資料：株式会社大和化学工業

ゼオライト吸着法

(EOP)

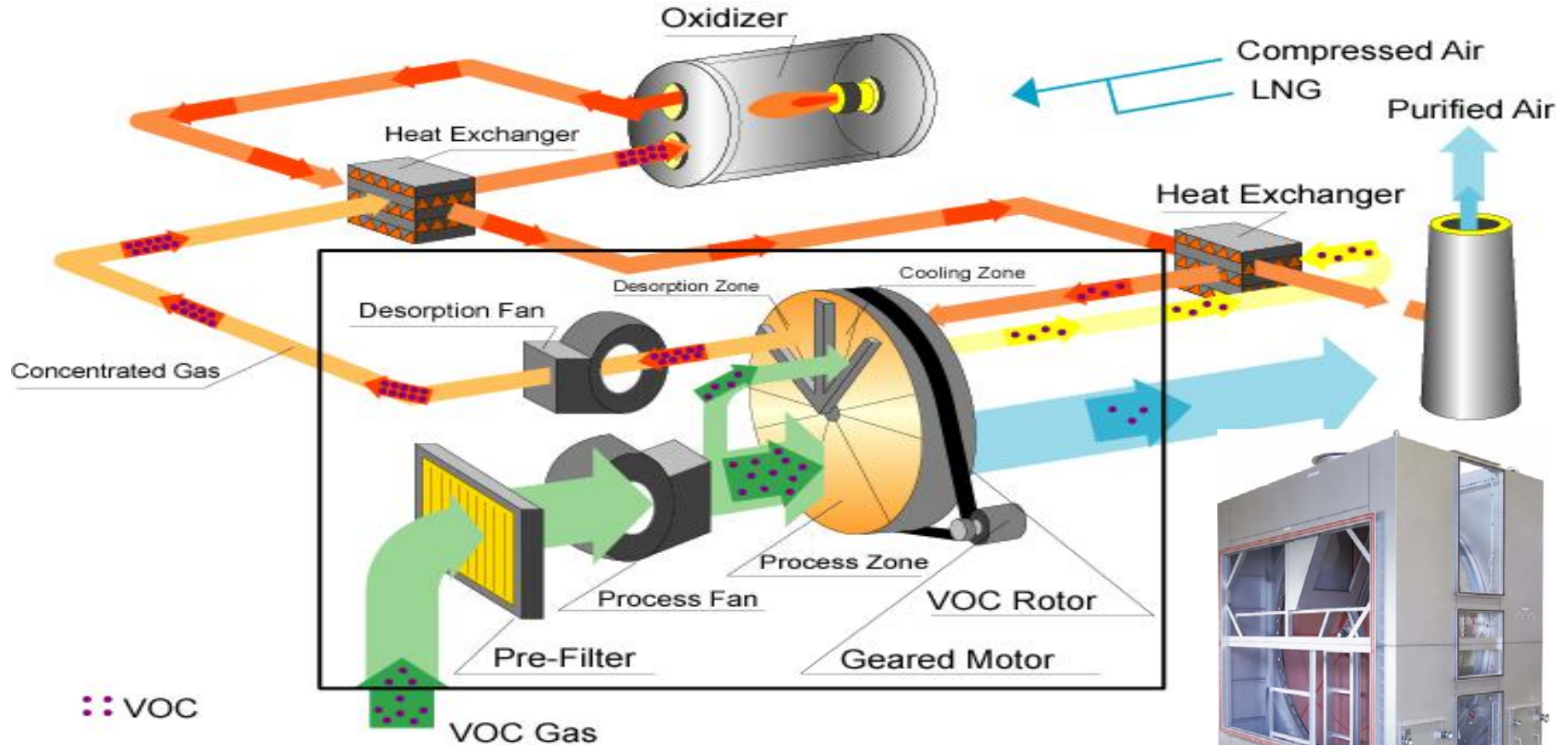


特徴

高い安全性	吸着熱の発生が少なく、危険物取扱書でも設置可能
優れた耐久性	吸着材の寿命が長い
経済性	設置費用が小、省スペース
簡単な操作性	完全自動化
システム	PSA(減圧空気再生式)、TSA(常圧蒸気再生式)

PSA: Pressure Swing Adsorption, TSA: Temperature Swing Adsorption

吸着分離濃縮＋燃焼分解浄化法



VOCs濃度10～500ppm、大風量の排ガス処理プロセスに適用
排ガス量が1/5～1/30に減少、VOCs濃度が5～30倍に上昇
燃焼分解装置の小型化、ランニング・コスト削減、浄化率向上を実現

資料:株式会社西部技研

吸着分離濃縮＋燃焼分解浄化法システムの構成

Capacity: 270,000m³/hr



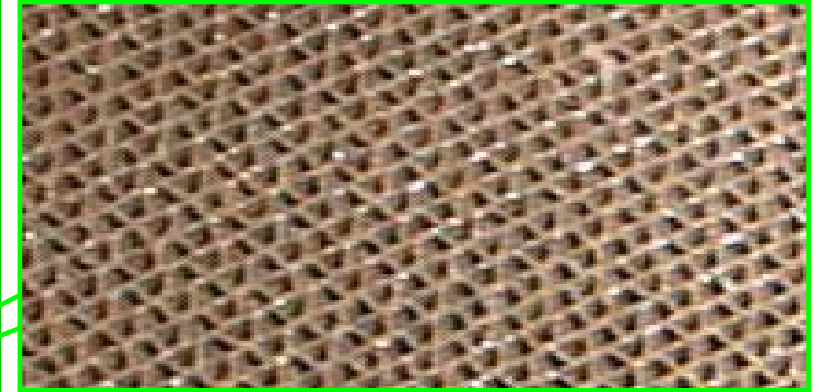
RTO (Regenerative Thermal Oxidizer), 1 set
蓄熱燃焼装置1台



VOCs Concentrators (φ4250), 3 sets
VOCs濃縮装置φ4250 3台

資料:株式会社西部技研

ハニカム状構造のローター型吸着素材



- 1) 表面積が広い
(2700m²/m³以上に達する)
- (2) 空気抵抗が少ない
(H=0.4m, u=2m/s, ΔP<180Pa)
- (3) 物質移動速度が大きい
(直径3mmの球状分子篩比で
物質移動速度が倍以上に向上)
- (4) 高浄化率、出口濃度が安定

φ550~4250, H=400~600 (単体処理風量 ~ 107,500 m³/h)

資料: 株式会社西部技研

その他法の特徴

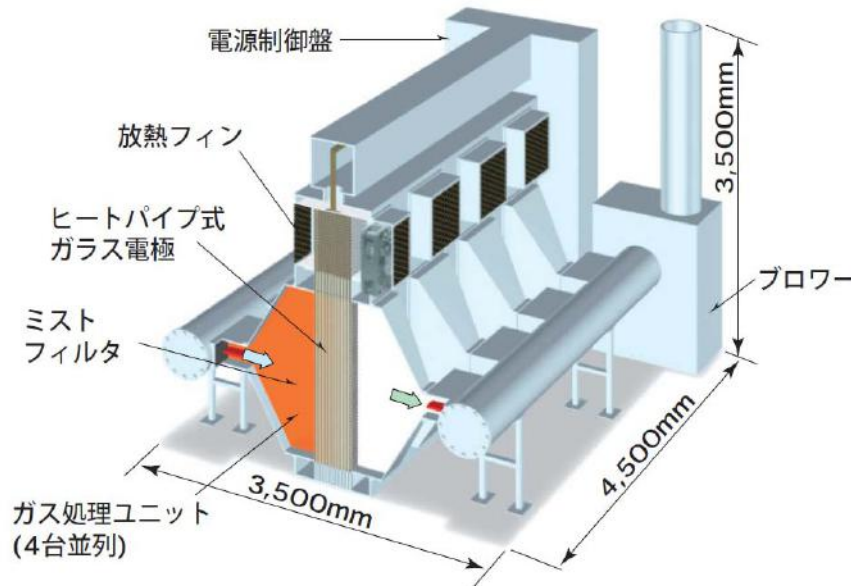
(EOP)

分類	原理	主な展開分野	特徴	課題
放電プラズマ法	プラズマによる酸化	<ul style="list-style-type: none"> ・小売り店の脱臭、 ・家庭用空気洗浄機 	分解率が高い、省エネルギー、常温処理	NO _x 発生の可能性。 排気中の二次生成物に注意
オゾン酸化法	オゾンによる酸化	<ul style="list-style-type: none"> ・水処理 	省エネルギー、保守が容易、常温処理	処理物質が限定される 排気中の残留オゾンの処理
生物処理法	微生物・細菌などによる分解	<ul style="list-style-type: none"> ・畜産業の悪臭対策 	省エネルギー、保守が容易、常温処理、排気の再処理不要	処理速度が遅い 整備が大きく 水の補給が必要
薬剤処理法	水、酸、アルカリ、合成油などによる吸収及び分解	<ul style="list-style-type: none"> ・特定化学物質の回収 ・悪臭防止 	装置は小型、低コストが可能	薬剤管理と廃液処理にコストがかかる

資料：東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」環境評価分解会報告書「VOC排出対策ガイドー基礎から実践・評価まで」独立行政法人科学技術振興機構/東京都/地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター2014年3月

プラズマ処理法

(EOP)



100ppm以下の低濃度で処理が困難なVOCを高効率で分解・除害するための、プラズマと吸着剤を併用した新たな処理技術。
吸着剤を用いて低濃度のVOCを吸着・濃縮した上でプラズマのエネルギーを用いて分解処理する。

この技術の特長は：高効率で分解

疎水性ゼオライトを用いた吸着剤にVOCを吸着し、濃縮した後に放電処理することによりVOCを無害なCO₂と水に分解する。濃縮したVOCにエネルギーを集中できるため低濃度のガスでも効率的に分解。

NO_xの発生量を従来の1/10以下に低減可能。

燃料を用いる必要がないためCO₂の発生量を大幅に削減。

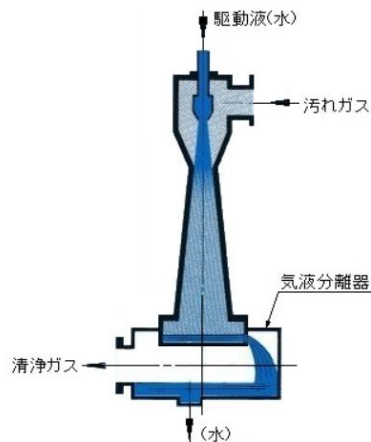
三菱電機(株)の論文

水スクラバー方式

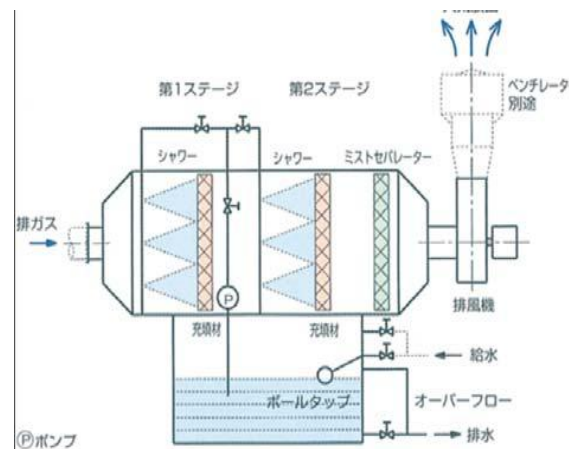
(EOP)



- 水に溶解・吸着させて処理する
- スクラビング方法は、ジェットスクラバー等を採用
- 処理後の排水処理設備が必要



ジェットスクラバー



その他のジェットスクラバー

- 高温ガスや、ミスト含有ガス等、適用範囲が広い
- ダクトからの大風量排気処理に最適

資料:カンケン・テクノ(株)

生物処理法

(EOP)

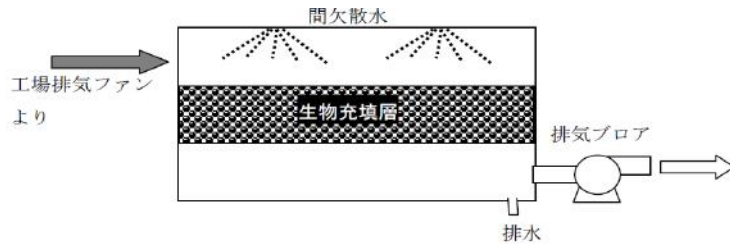


図4-1: 機器の構成

VOC含有ガスを生物充填層に通すことにより、VOC成分を分解する。



生物充填層は(株)荏原製作所のBIOTON[®]が使用されている(内容不明)。

塗装、印刷などVOCを排出する施設においてVOCの大气排出量を抑制できる。

実証試験結果報告書(株式会社 荏原製作所) 東京都環境局

VOC処理装置の導入状況

- 日本においてVOC処理装置の納入実績が最も多いのは、吸着法(吸着回収方式)である。
- 吸着法に、凝集法、燃焼法を加えると95%となる。
- 主な導入先工程としては、塗装工程、印刷工程、洗浄工程、溶剤製造工程で約70%を占めている。

図 処理方式別納入台数構成

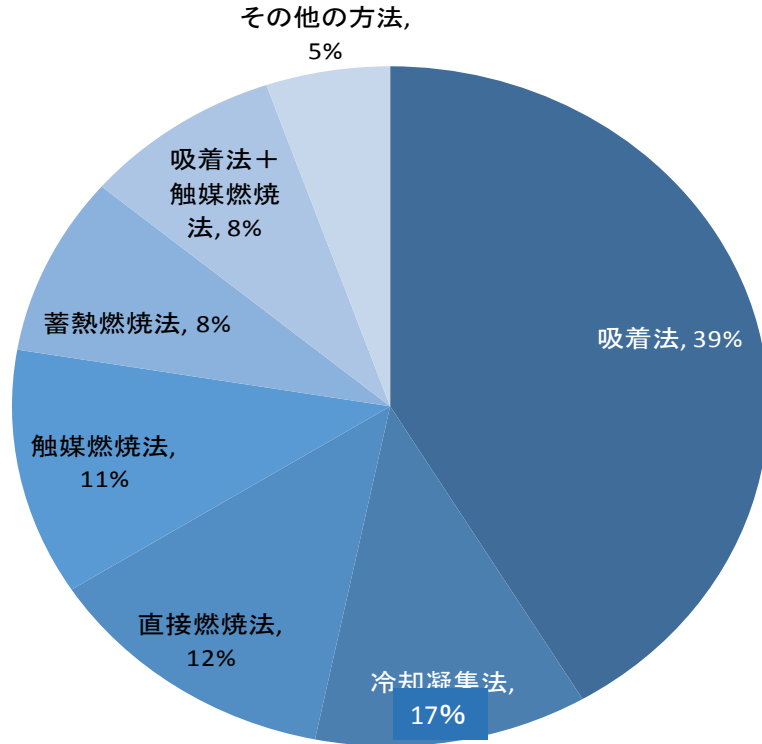
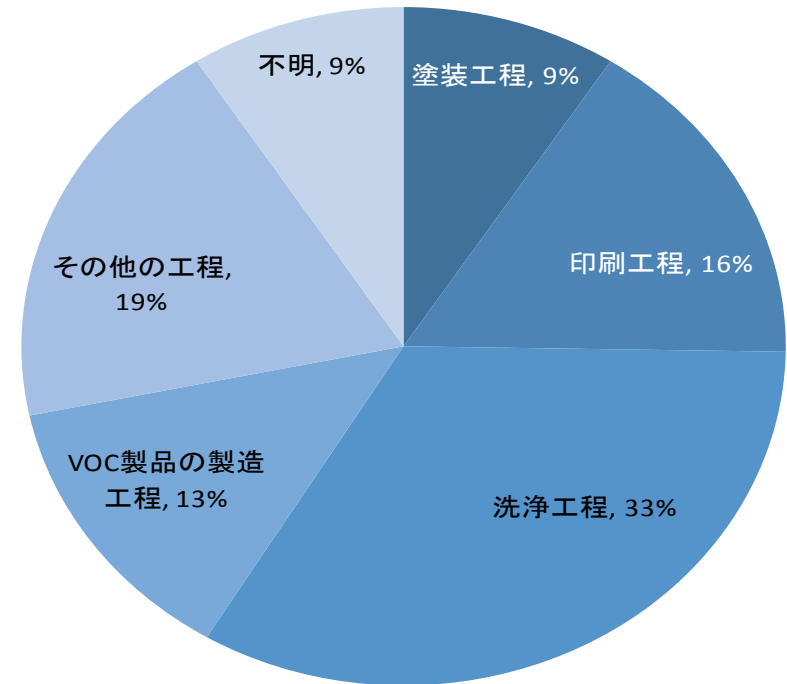


図 導入工程別納入台数構成



※上図は、日本における、1986年度～2001年度までの2,409基の納入実績データから作成された。

【来源】一般社団法人環境情報科学センター

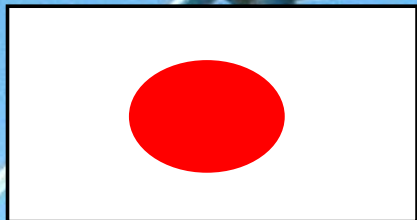
日本企業の保有するVOC対策技術

- 日本には、VOC処理技術を保有する企業が多数存在している。
- 装置のラインナップも充実しており、小風量から大風量まで柔軟に対応できる。
- また、日本国内や欧米での納入実績も多く、技術としての成熟度が高い。
- さらには、豊富な実績から、最適な設備の設計や運転・メンテナンス技術を有している点も強み。
- 現在、これらの企業が中国のVOC対策市場に高い関心を持っている。

図 日本企業の保有するVOC対策技術

企業名	濃縮			回収			分解				ハイブリッド		
	ローター	円筒	カセット	凝集	吸着	吸収	燃焼		非燃焼		濃縮+触媒	濃縮+凝集	
							直接	触媒	蓄熱				プラズマ
								塔式	回転式				
アマノ											○		
カンケンテクノ	○				○		○	○					
クボタ環境サービス					○			○					
クボタ化水						○					○		
倉敷紡績					○	○	○	○					
クレハ					○								
西部技研	○											○	○NMP
新東工業								○	○				
大気社	○		○				○	○	○				○NMP
ダイキン工業	○				○			○	○			○	
大和化学工業					○								
タクマ								○					
中外エンジニアリング	○						○		○				
東洋紡績	○	○			○		○	○				○	
ニチアス	○												
古河産機システムズ					○								
三菱重工業メカトロシステムズ					○								
モリカワ				○									

人と地球と次の世代のために



ありがとうございます!