

日本の重点汚染源（自動車塗装、印刷等）に係るVOCs
排出抑制対策（無組織排出対策を含む）
（VOCs：Volatile Organic Compounds）

2018年06月10日



（公財）地球環境戦略研究機関

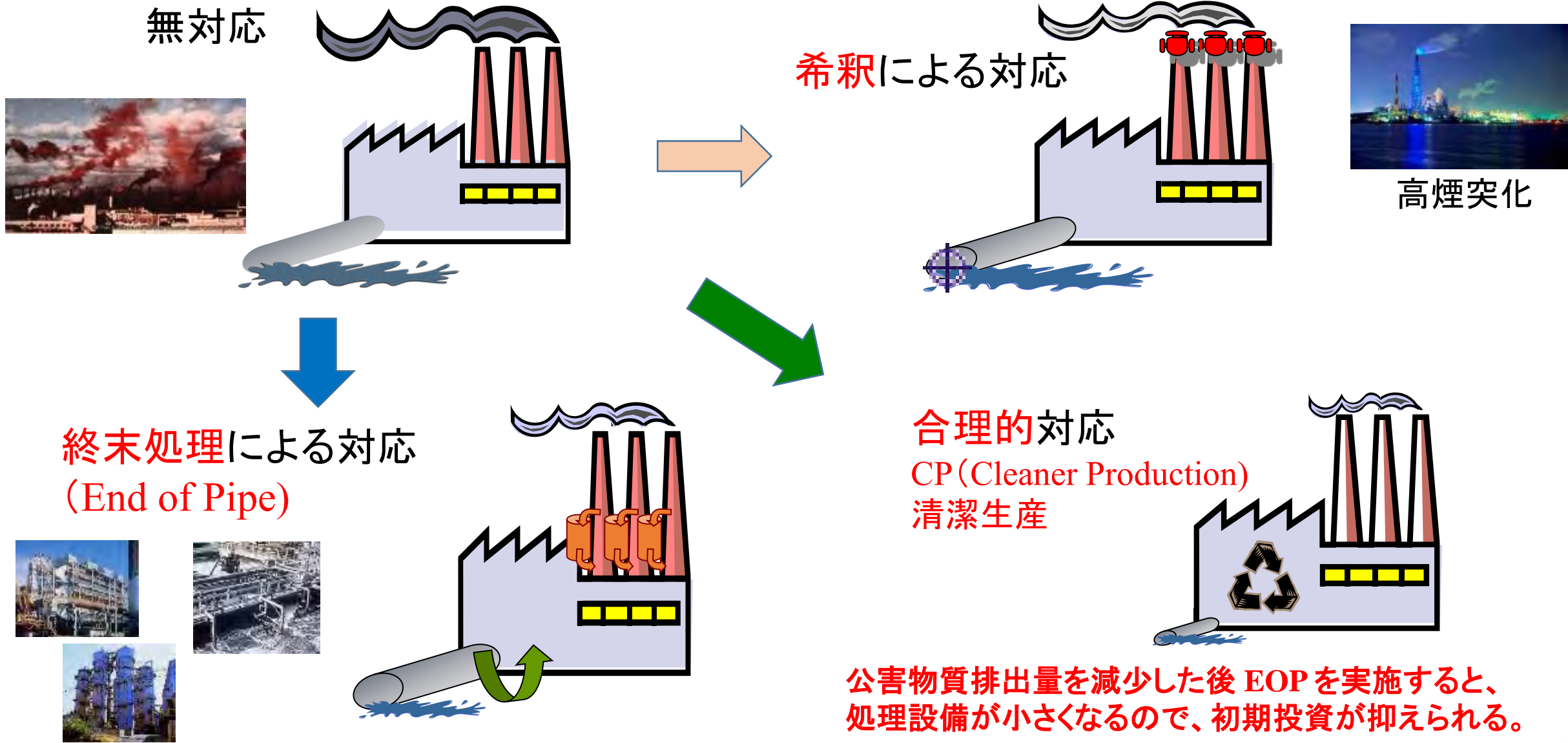
IGES
Institute for Global
Environmental Strategies

目次

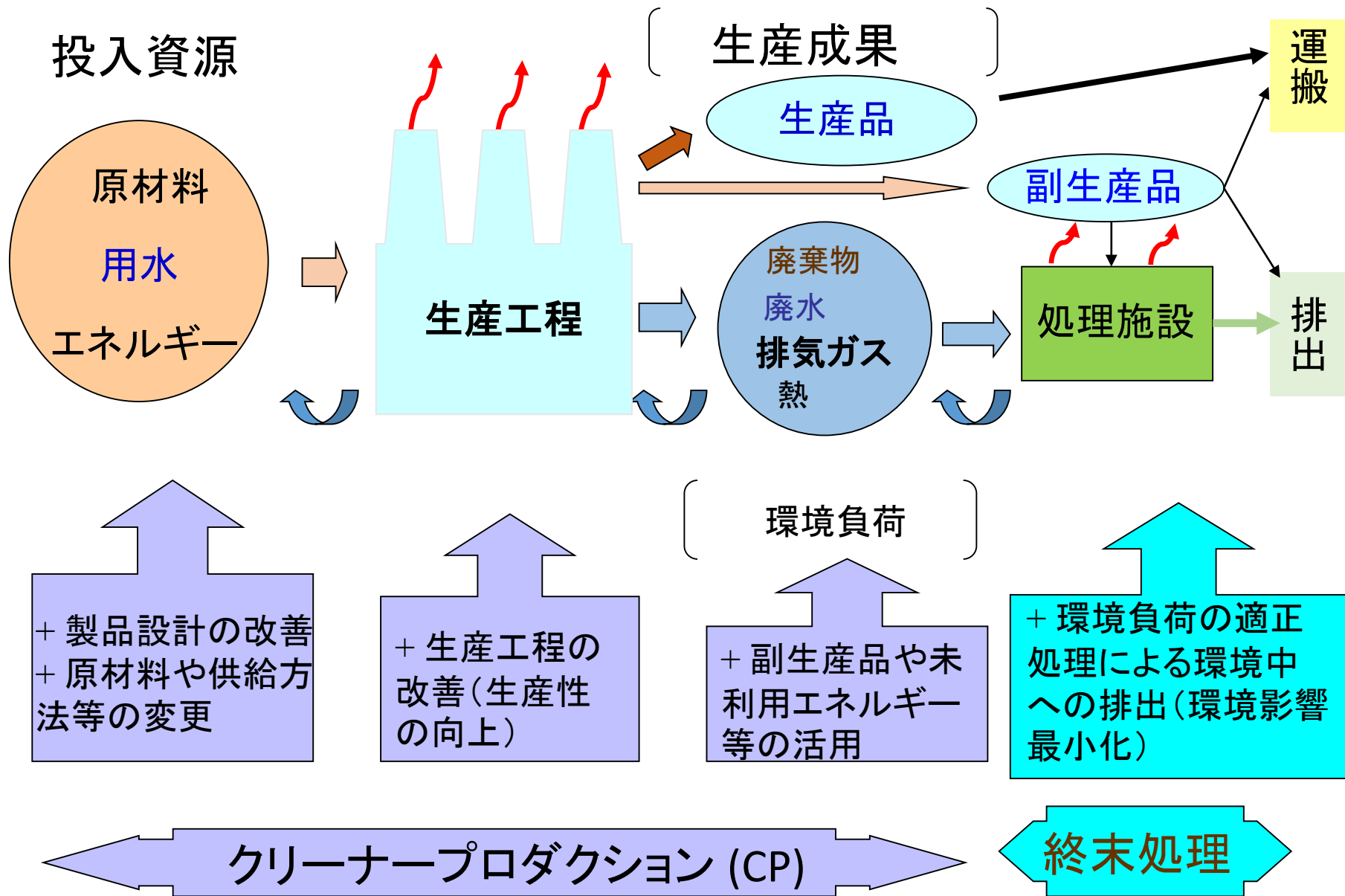
1	日本の汚染物排出抑制対策に対する考え方
2	日本のVOCs排出抑制対策に対する考え方
3	日本の重点汚染源(自動車塗装、印刷等)に係るVOCs排出抑制対策
4	日本の重点汚染源工程内(CP)におけるVOCs排出抑制取組
5	日本の重点汚染源VOCs処理技術(EOP)
6	(参考資料)日本の自動車補修(板金塗装)

1 日本の汚染物排出抑制対策に対する考え方

環境汚染物排出抑制対策に対する考え方



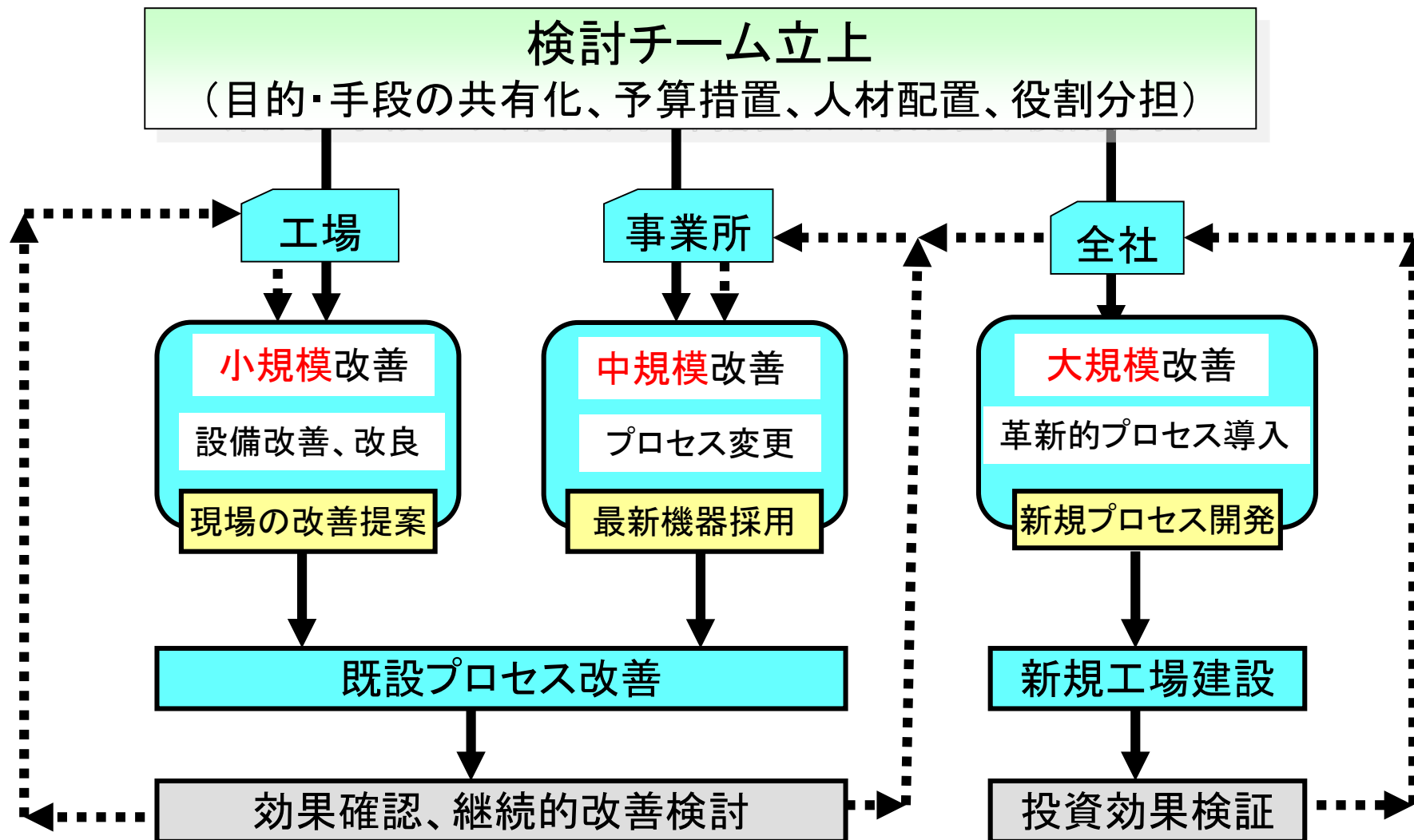
クリーナープロダクションの概念図



CPへの適応技術と期待効果

技術分野	期待効果	
	経済効果	環境効果
原材料の改善	生産性向上 総生産コスト削減 品質向上 (設備トラブル減少 設備能力増強 設備保全費減少 生産能力向上 在庫削減 最適な品質設計)	省エネルギー 省資源 公害物質減少 毒性物質減少 温室効果ガス減少
原材料の投入量削減		
工程の省略		
工程の簡略化		
代替工程採用		
連続工程の採用		
工程内リサイクル (用水、排熱、ダスト、排ガス等)		
新装置導入 (省エネ機器、汚染排出低減機器、高性能機器)		
装置改善		
適切な設備操業		
合理的保守管理		

CPの規模と手順



2 日本のVOCs排出抑制対策に対する考え方


VOC 排出抑制の概要

CP


・従業員の技術研修
適切な作業手順等



VOCの揮発量を減らす (CP)
発生個所、面積を減らす
蓋をする。開放部の開放頻度を減らす
囲いを設ける
回収して再利用する
冷やして揮発を少なくする

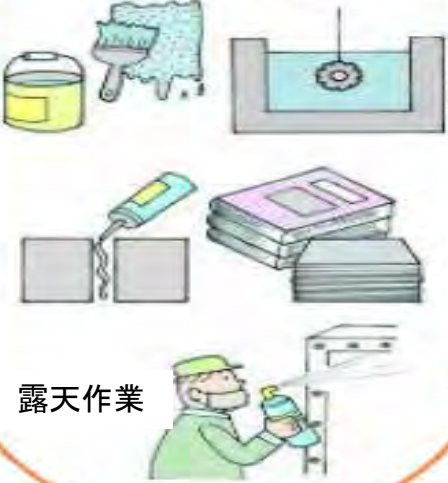


・VOCの取扱量を減らす (CP)
VOC製品の取扱い量を減らす
低VOC製品に切り替える



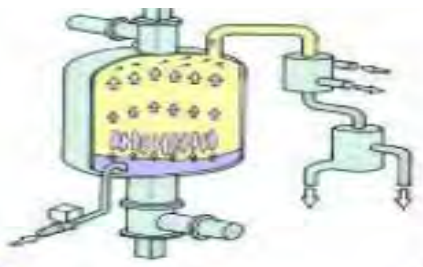
・工程内対策 (CP)

・VOC排出施設



露天作業

VOC処理装置設置 (EOP)
吸着装置
燃焼装置
局所排気設備見直し等



EOP

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 日本の重点汚染源（自動車塗装、印刷等）に係る VOCs排出抑制対策

重点汚染源別のVOCs排出抑制対策

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

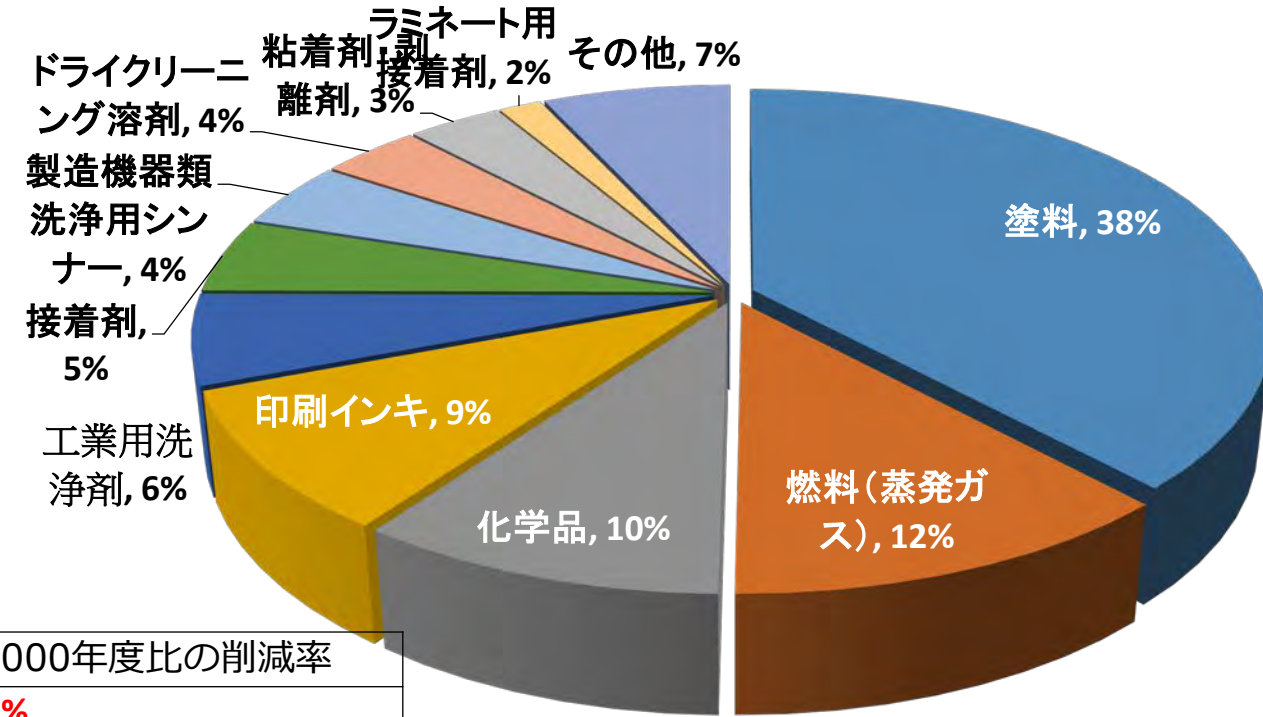
業種	業界団体	自主行動計画の概要		
		対象工程	対象物質	対策方法
輸送用機械器具 製造業	日本自動車部品 工業会	<ul style="list-style-type: none"> ■ 塗装 ■ 接着 ■ 印刷 ■ 洗浄 ■ 貯蔵 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 工業会としての総排出量50トン以上の物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設・設備の密閉化 ・ 排ガス処理・回収装置の設置 ・ 代替物質に変更 ・ 設備・工程管理の適正化
	日本自動車工業 会	<ul style="list-style-type: none"> ■ 塗装 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 塗装 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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
印刷・同関連業	日本印刷産業連 合会	<ul style="list-style-type: none"> ■ 印刷 ■ 接着 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 全てのVOC物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・ VOCs処理装置導入 ・ 材料の代替化 ・ 管理強化

重点汚染源別のVOCs排出抑制対策

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
石油製品・石炭製品製造業	石油連盟	<ul style="list-style-type: none"> ■貯蔵 ■出荷設備 	<ul style="list-style-type: none"> ■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
化学工業	日本塗料工業会	<ul style="list-style-type: none"> ■塗料製造工程 	<ul style="list-style-type: none"> ■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	<ul style="list-style-type: none"> ■化学製品製造 	<ul style="list-style-type: none"> ■434物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・今後、検討
	日本表面処理機材工業会	<ul style="list-style-type: none"> ■化学製品製造 	<ul style="list-style-type: none"> ■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	<ul style="list-style-type: none"> ■インキ製造 	<ul style="list-style-type: none"> ■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	<ul style="list-style-type: none"> ■接着剤製造工程 	<ul style="list-style-type: none"> ■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

重点汚染源等の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、重点的な取組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。



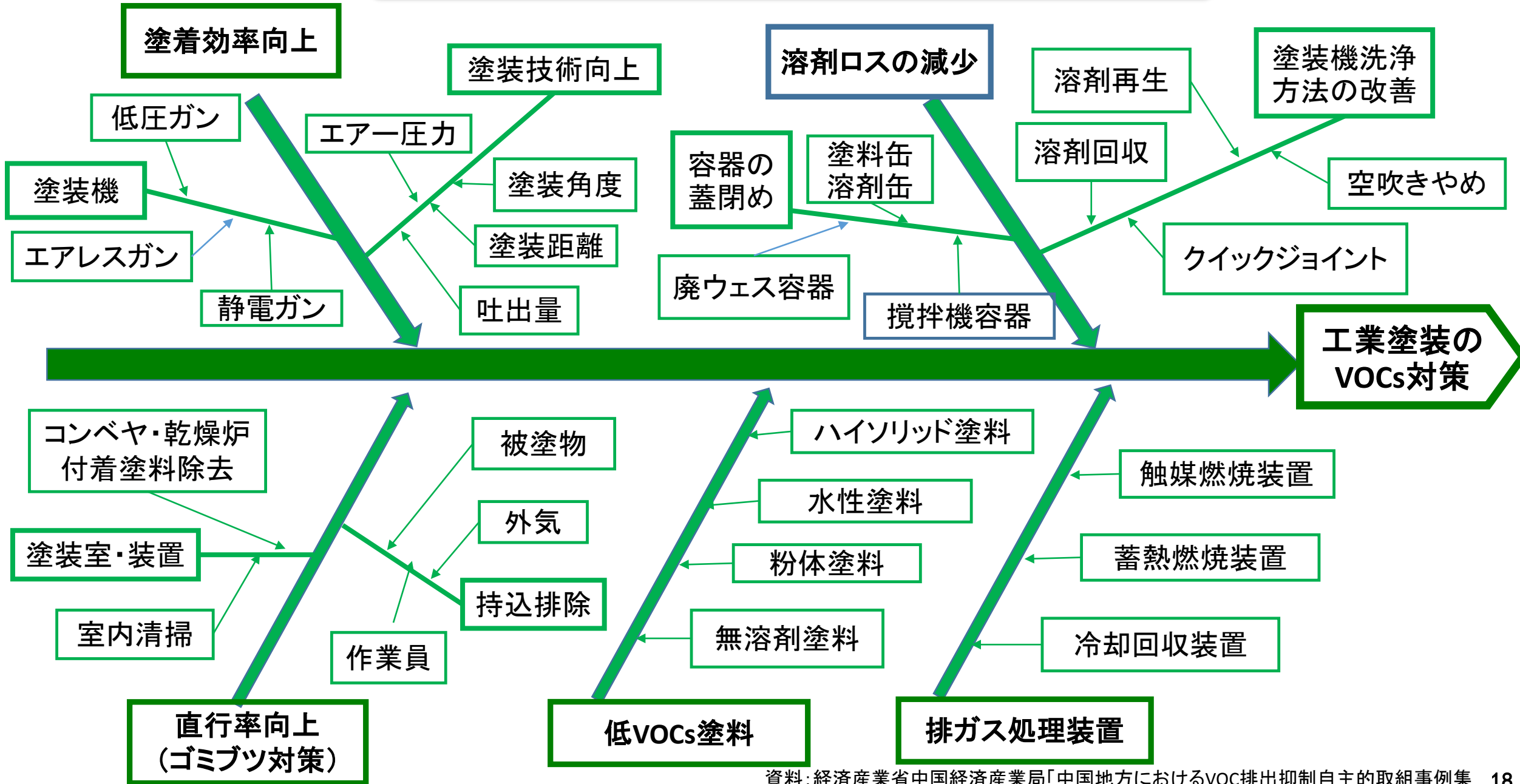
業種	2015年度における2000年度比の削減率
印刷・同関連業	72%
輸送用機械器具製造業	53%
化学工業	68%
石油製品・石炭製品製造業	39%
プラスチック製品製造業（別掲を除く）	66%
電気機械器具製造業	43%
ゴム製品製造業	68%
金属製品製造業	61%
パルプ・紙・紙加工品製造業	64%
繊維工業	68%
家具制造企业	72%

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

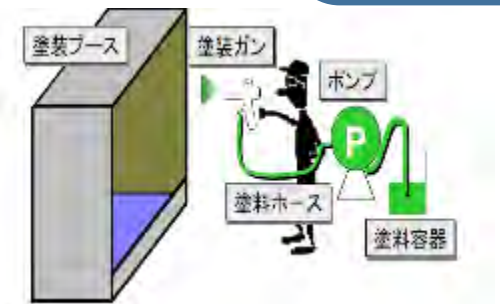
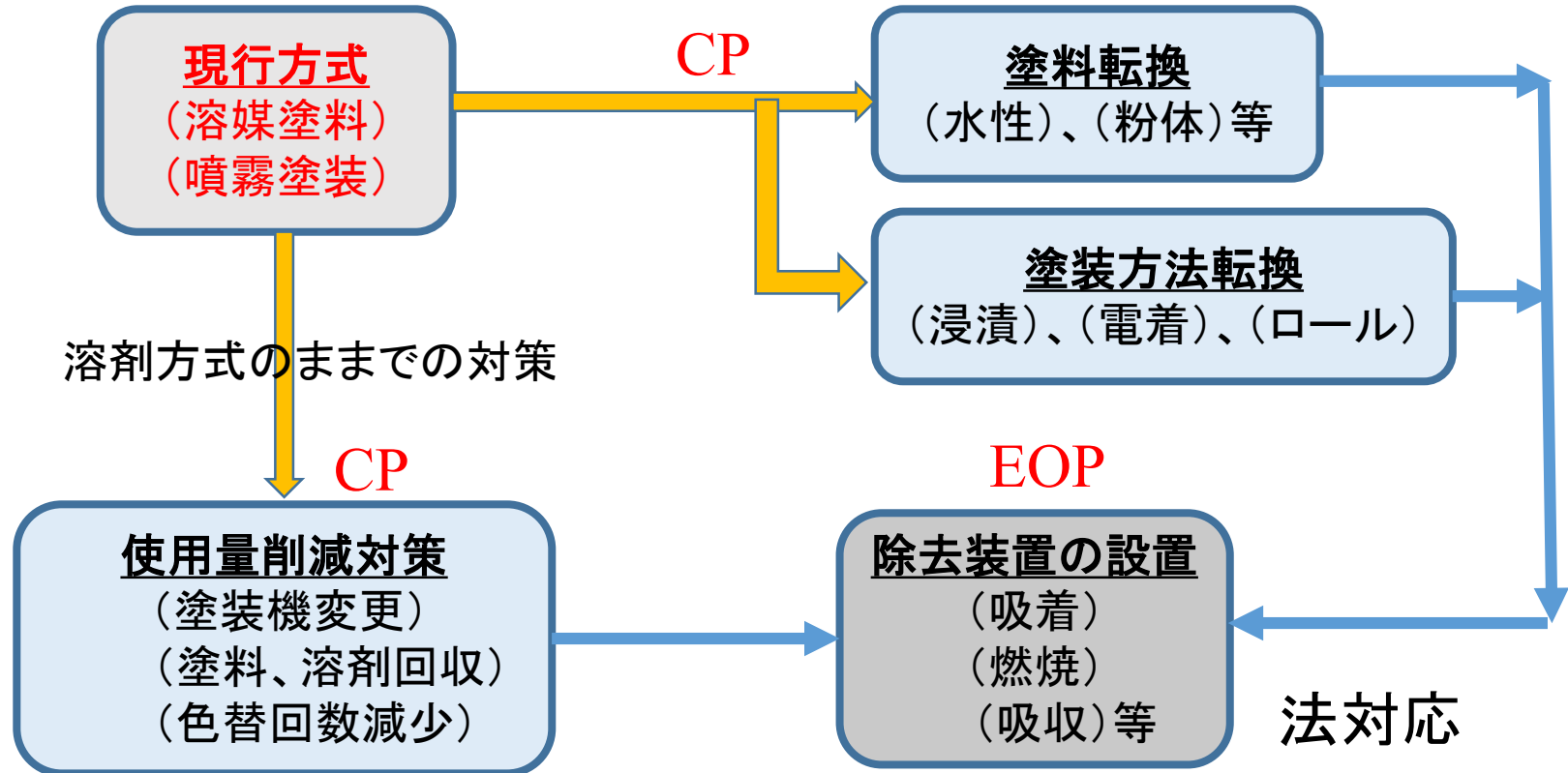
4 日本の重点汚染源工程内(CP)におけるVOCs排出抑制取組

4-1 工業塗装のVOCs排出抑制取組

工業塗装のVOCs排出抑制取組全体像



工業塗装のVOCs排出抑制取組

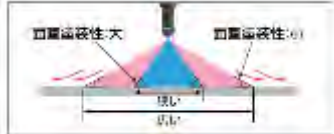
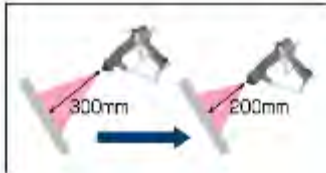


- 現場の改善例:
- ・ホースを短く、スプレーガン改善
 - ・塗料タンクの適正化
 - ・洗浄法の改善等

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

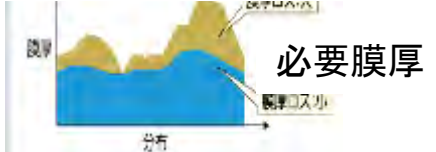
	塗装条件	効率の変化	塗料削減率(%)
①	スプレー角度を塗装面に対し直角にする	角度45° で効率50%、 90° で70%以上になる	30以上
②	パターン幅を狭くする		20以上
③	空気圧を低くする	0.3MPaで効率60%の場合、 0.2MPaにすると70%以上になる	15以上
④	スプレー距離を近づけ、 一定に保つ		12以上

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



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



方策：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	

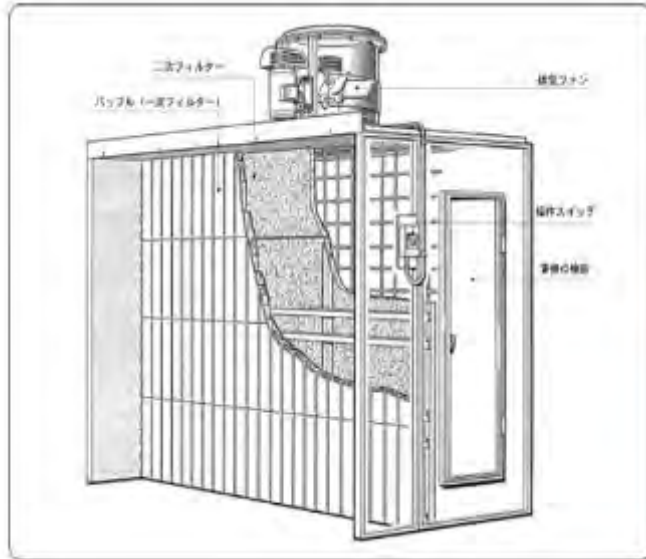
ブースとは防火、作業者の健康対策、塗膜品質確保等のために、塗装によって発生する塗装ミスト及び溶媒使用されるVOCを強制排気することを主な目的とする施設である。

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

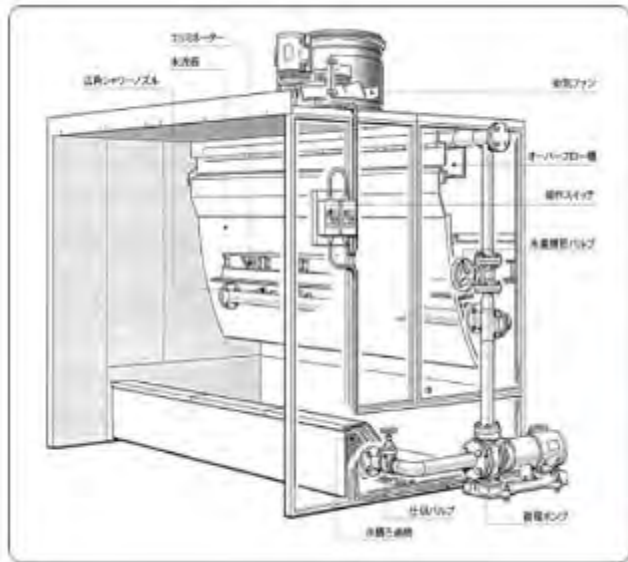
塗装・接着ブース



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**



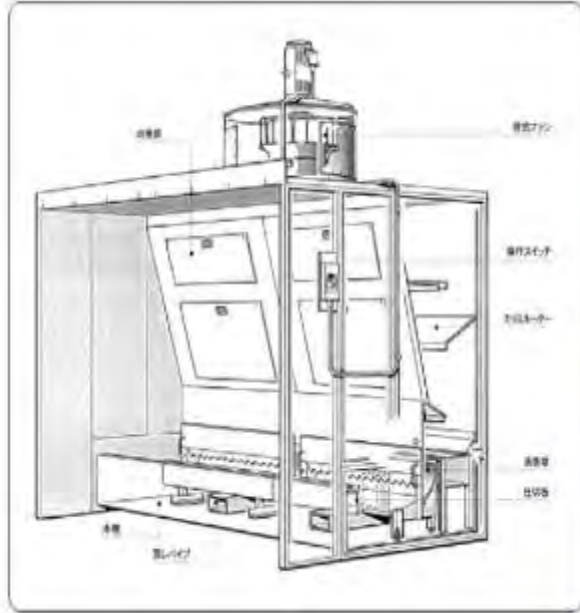
特徴
 ・排気用
 ・価格: 安価
 ・静圧: 中
 (250Pa以下)

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**



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)

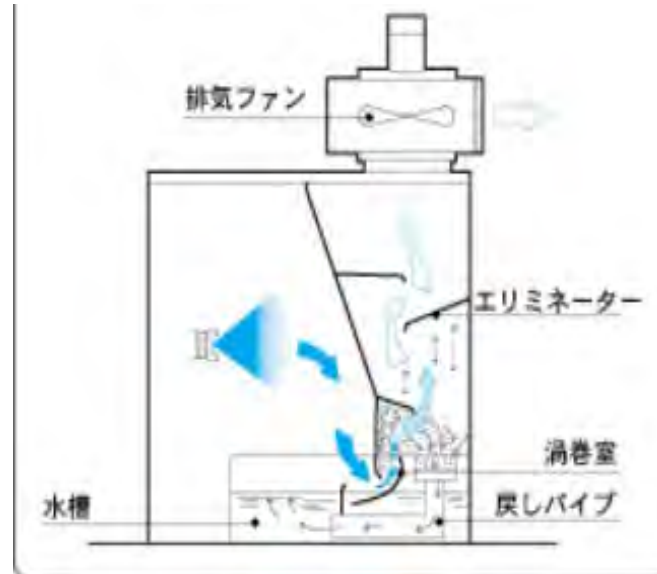
- ・正面下面がミスト吸い込み構造
- ・濾過効率が低い
- ・シャワーノズル・ポンプを使用しないため、メンテナンスが容易
- ・水を使用する
- ・価格が安価

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

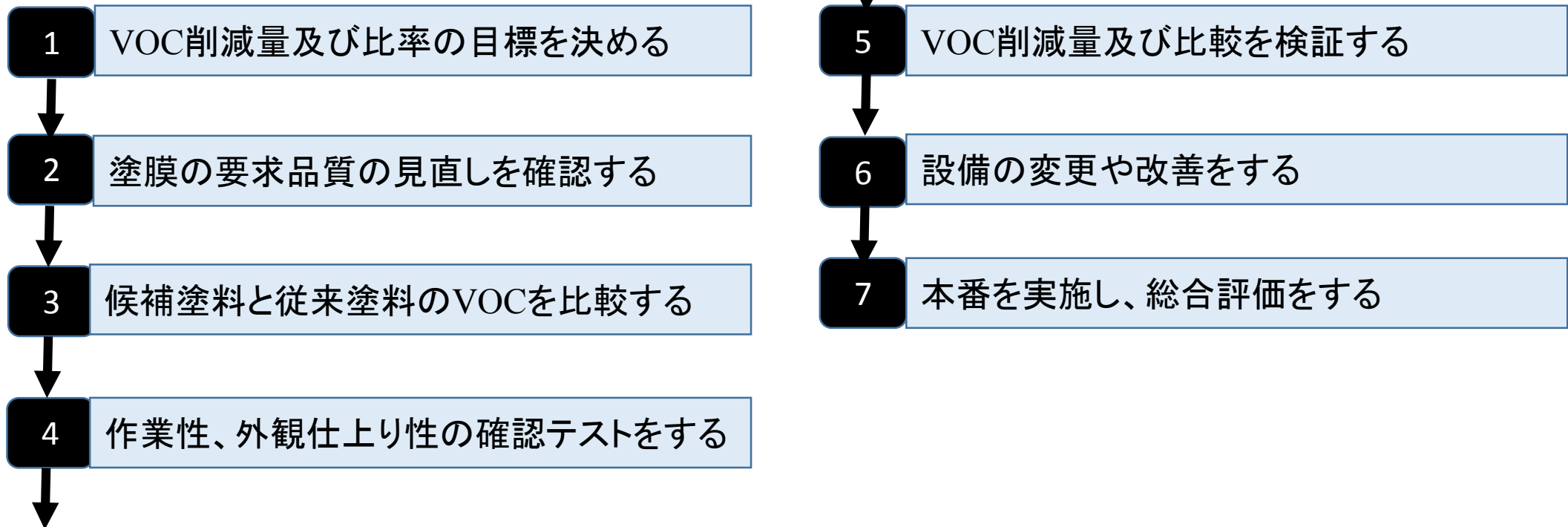
資料:アネスト岩田(株)インターネット

方策：低VOCs塗料への転換

VOC排出量



低VOC塗料への転換手順



低VOCs塗料の種類と特徴

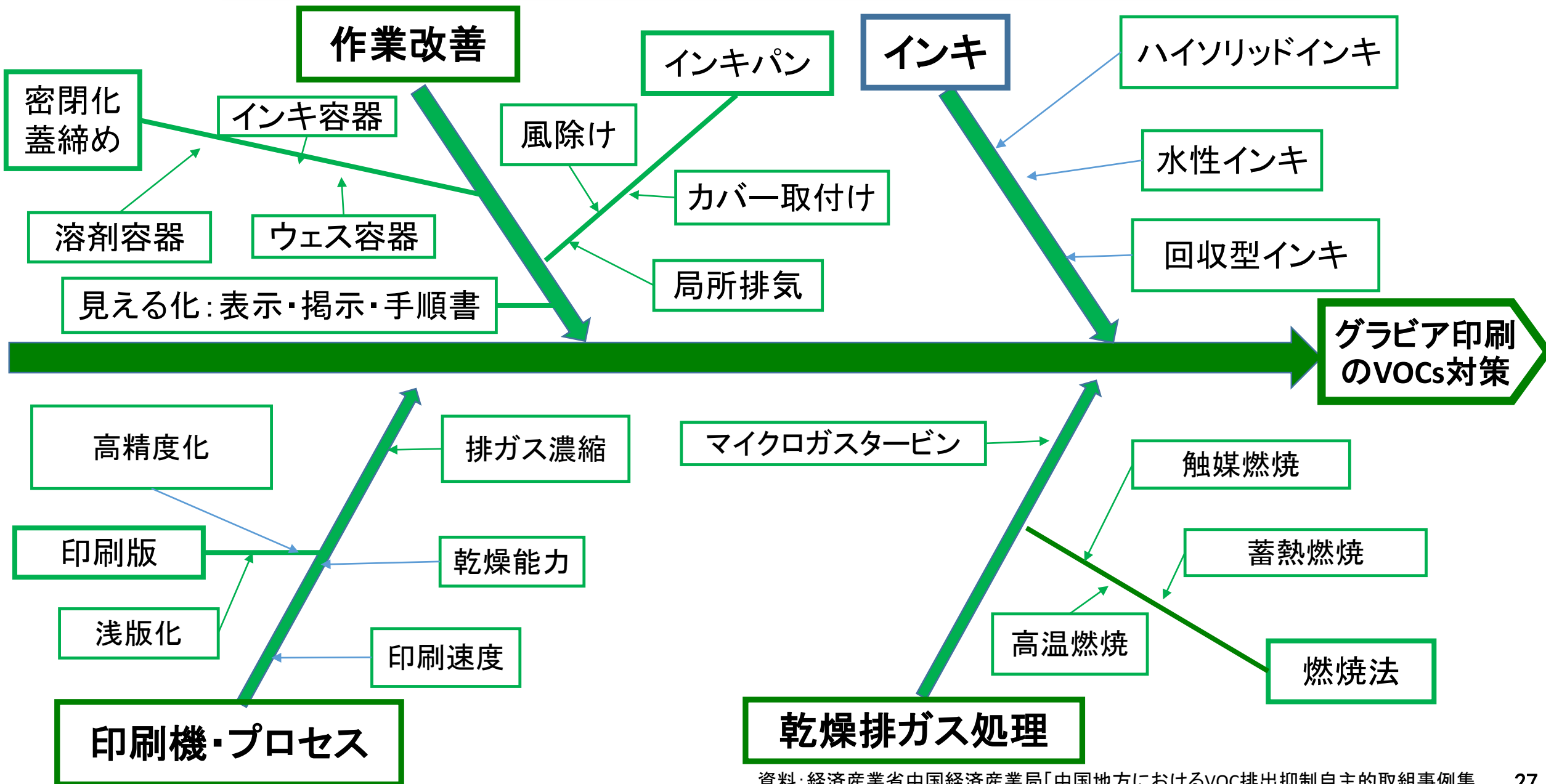
種類		特長	短所
水性塗料	エマルジョン型塗料*	湿った素地に塗布可能 臭気が少ない	塗装直後は降雨に弱い 塗装時に温湿度の制御が必要
	水溶性塗料	塗布効率が高い 厚膜塗装が可能	薄膜化が困難 焼付にエネルギーが必要
無溶媒型塗料	粉体塗料	塗布効率が高い 厚膜塗装が可能	薄膜化が困難 焼付にエネルギーが必要
	紫外線・電子線硬化型塗料	短時間の乾燥が可能(生産性向上)	厚膜化に制限がある
	多液型塗料	塗装量が低減可能	乾燥が遅い
	プラスチックゾル型塗料	優れた塗膜性能が得られる	素地との接着性が悪い
ハイソリッド型塗料		ラインの大幅な変更の必要ない	塗膜性能が低下

* 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。

4-2 包装・印刷におけるVOCs排出抑制取組

グラビア印刷のVOCs排出抑制取組全体像



包装・印刷のVOCs排出抑制取組

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

EOP

法対応

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)

除去装置の設置

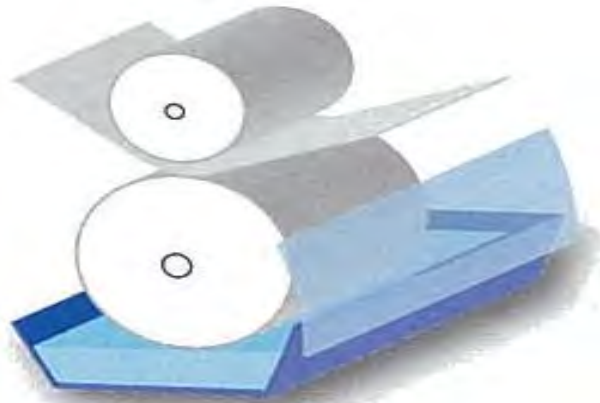
- (触媒式燃焼装置)
- (蓄熱式燃焼装置)
- (活性炭式溶媒回収装置)



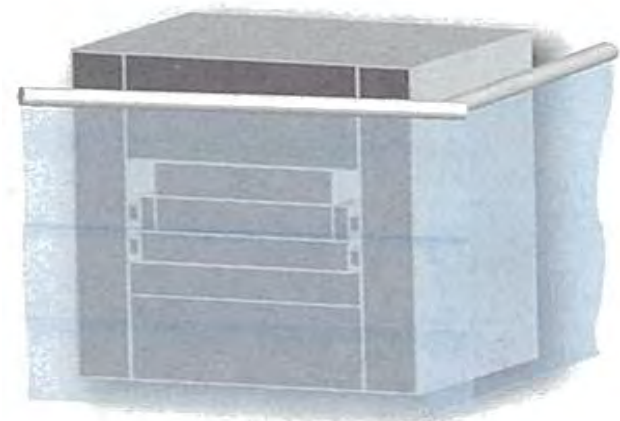
関西グラビア共同組合(2013年2月)

方策：設備構造・管理の改善

1. 工程内管理（印刷工程における改善策の例）



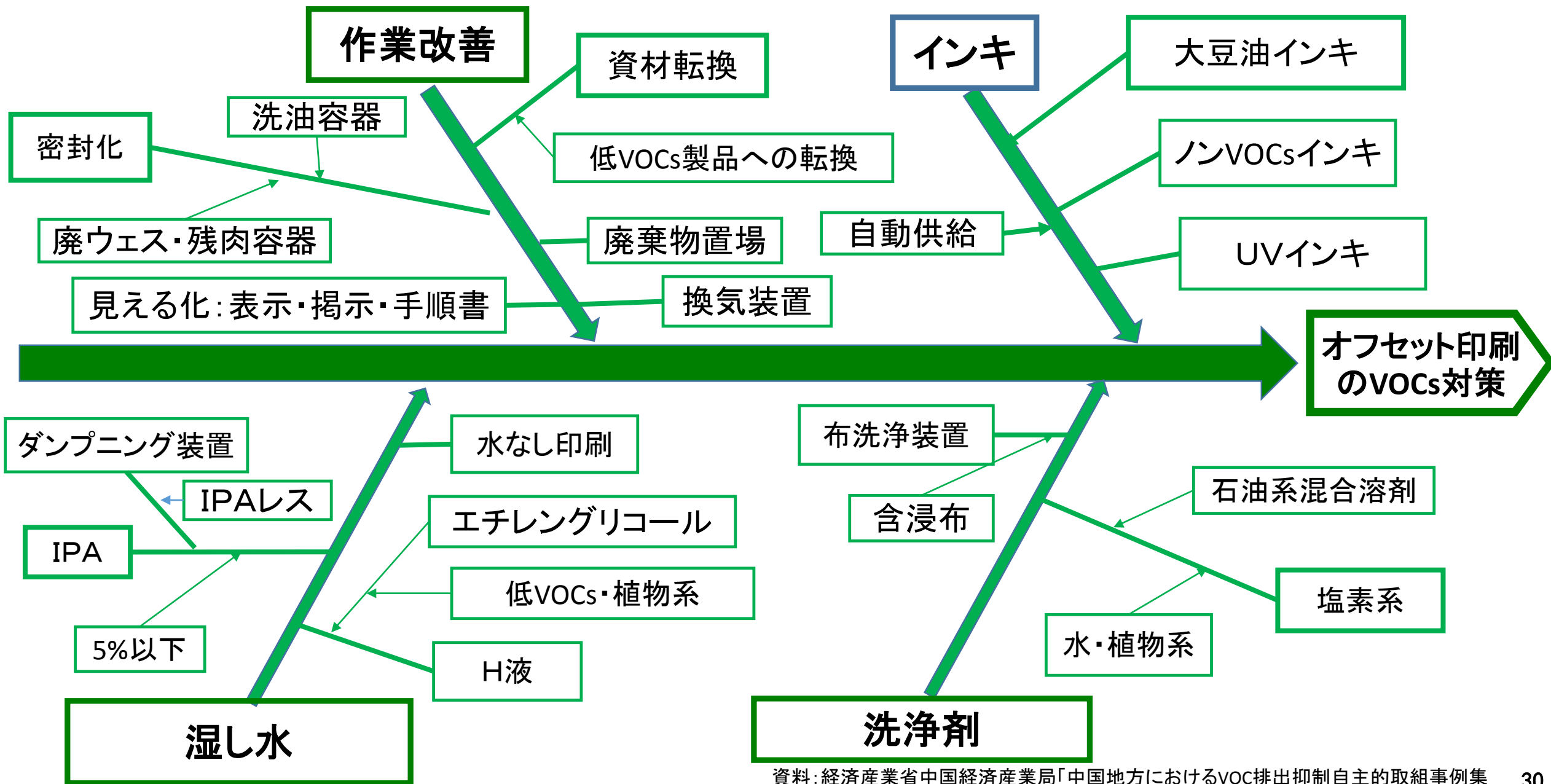
インキパン ビニールカバー



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

オフセット印刷のVOCs排出抑制取組全体像



方策：低VOCsインキへの転換

インキ

低VOCsインキの種類と特長

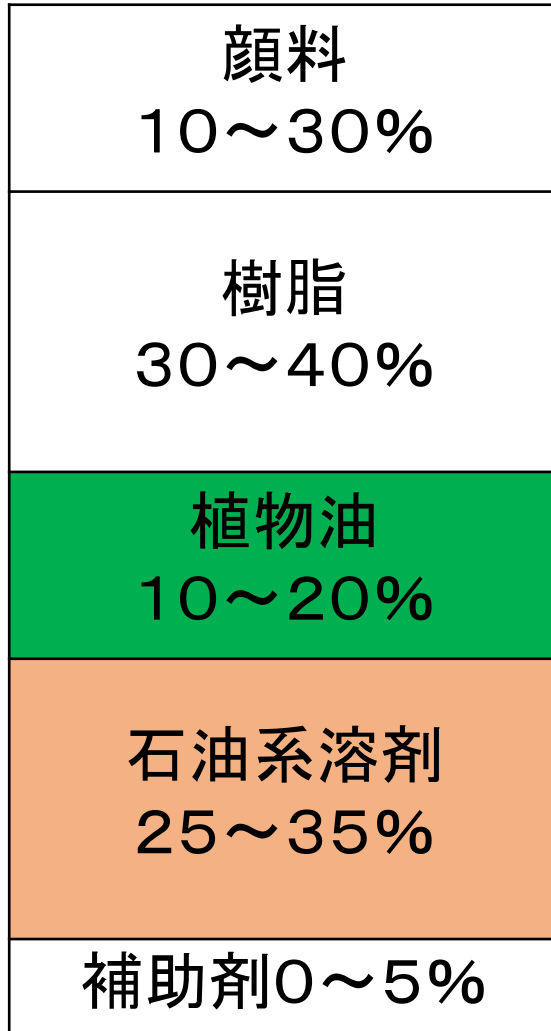
種類		適用可能な印刷機	特徴
水性インキ	水性特殊グラビアインキ	グラビア印刷機	長所：不燃性、安価 短所：乾燥速度が遅い、紙にしわを生じさせる。色の濃淡、コントラストが悪い
	水性ゴム凸版インキ	フレキソ印刷機	
無溶媒インキ	紫外線硬化型インキ	スクリーン印刷機 オフセット印刷機	長所：高速乾燥が可能 短所：高価 厚膜印刷が不可能
	電子線硬化型インキ	印刷機全般	

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

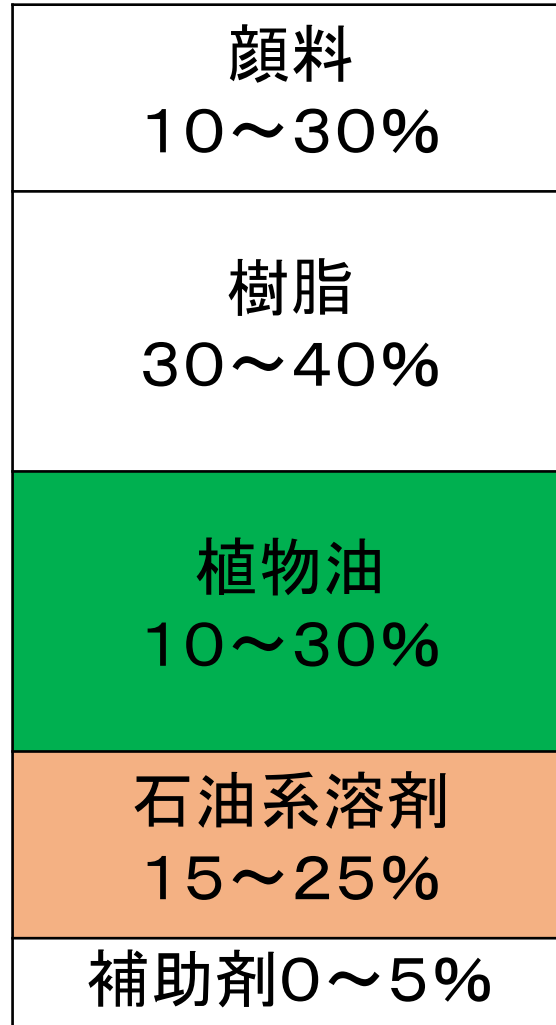
実際の採用に当たってはインキメーカーと十分協議して種類を決める。

低VOCs・ノンVOCsインキの構成比率

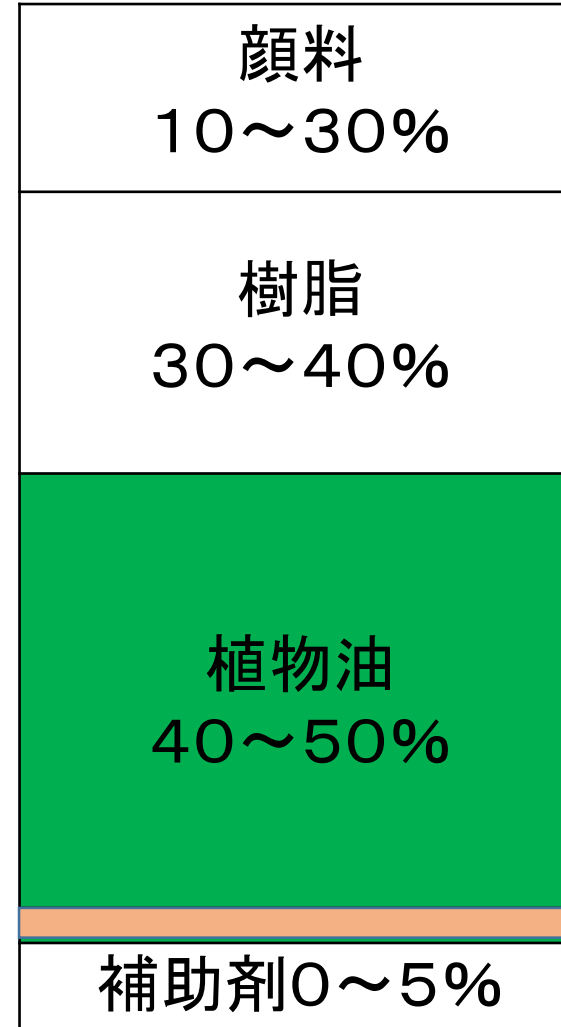
従来タイプ



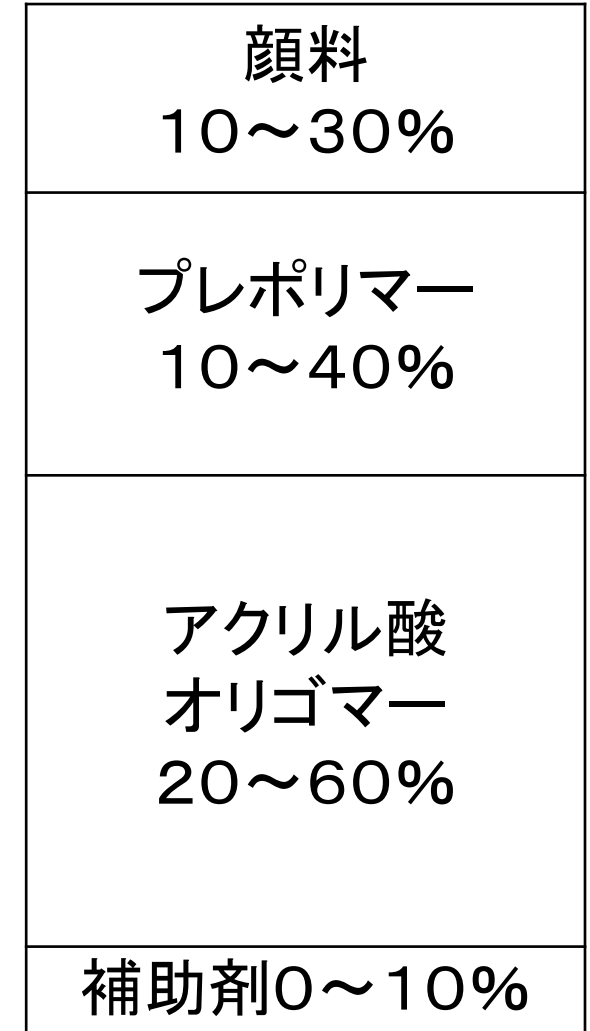
植物油インキ
(低VOCインキ)



油性インキ
(ノンVOCインキ)



UVインキ
(ノンVOCインキ)



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

4-3 化学工業におけるVOCs排出抑制取組

化学工業のVOCs排出抑制取組全体像

作業手順の改善

抽出工程

乾燥工程

容器

攪拌タンク

他物質への転換

反応工程変更

素材変更

化学工業の
VOCs対策

反応方式変更

密閉化

冷却回収

タンク改造

印刷機・プロセス

蓄熱燃焼装置

触媒燃焼装置

処理装置の導入

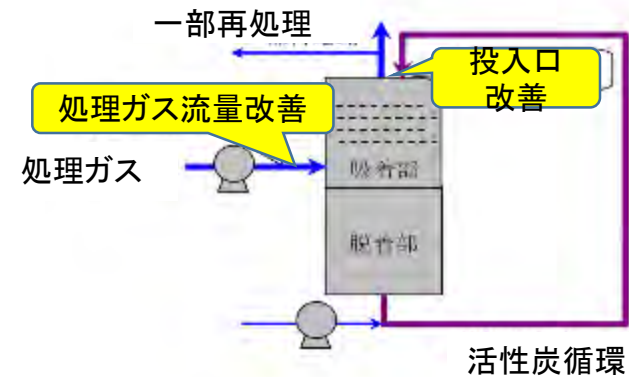
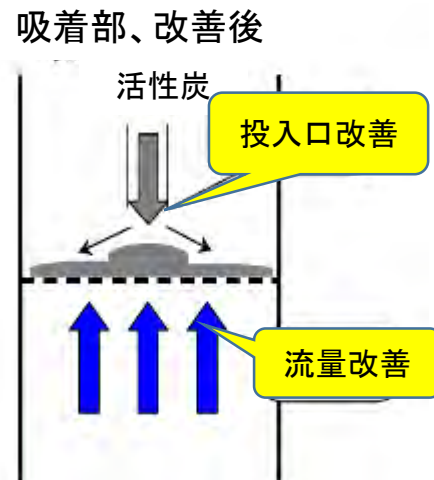
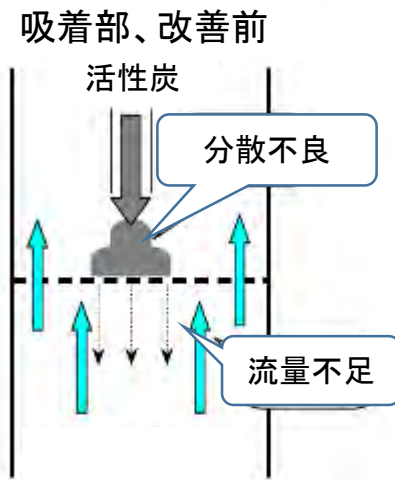
冷却濃縮装置

活性炭吸着装置

スクラバー

事例 1

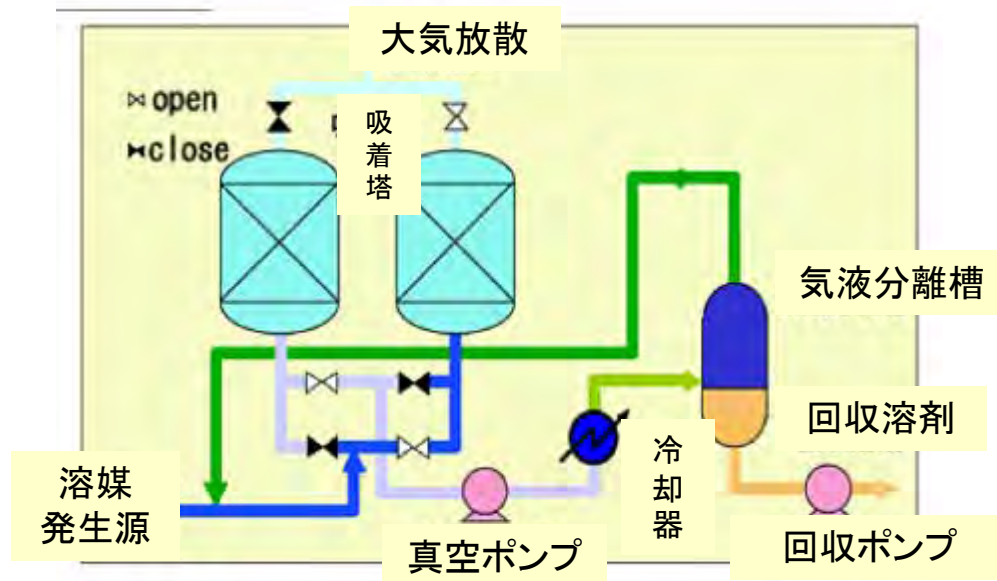
事業の内容	塩化ビニル樹脂の製造
取組の名称	活性炭吸着塔の活性炭を均一に分散して吸着効率を安定化した
取組の概要	<p>①塩ビ製造工程から発生する“ビニルモノマー(VCM)”を活性炭吸着により処理している。</p> <p>②活性炭吸着塔は処理ガスにより活性炭を流動させながら、VOCを吸着する。</p> <p>③従来法では流動状態が悪く、吸着効率が悪い。</p> <p>④安定した吸着効率を達成するための改善を行う。</p>
取組内容	<p>①活性炭の投入方法が悪く、活性炭の分散状態が不良となる。</p> <p>②供給ガスの流量不足が活性炭の分散不良となる。</p> <p style="text-align: right;">➡ 設備改善</p>
対策手法	・施設の改善、・処理設備設置



“VOC排出抑制対策事例集”千葉県環境生活部編集 を引用

事例 2

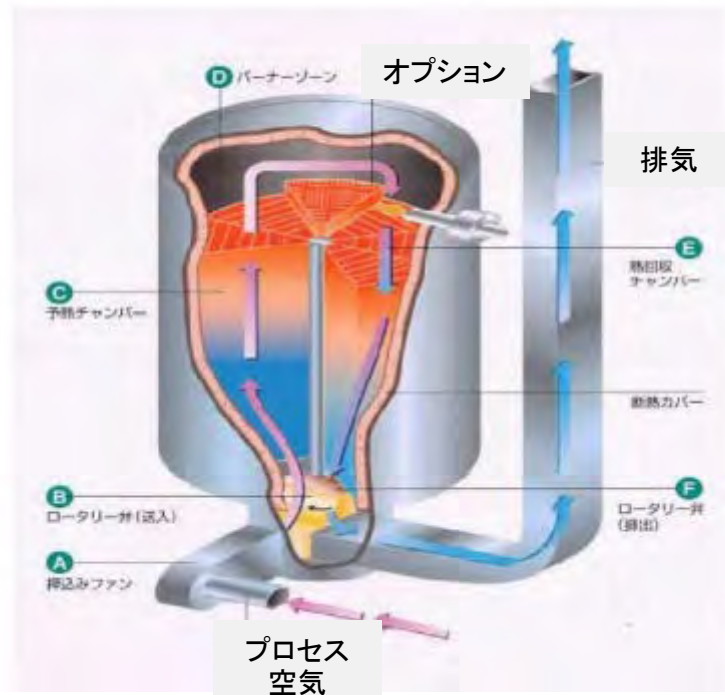
事業の内容	石油化学系化学品(ベンゼン、エチレン、キシレン等)の製造
取組の名称	樹脂製造工程のVOC大気排出削減
取組の概要	VOCの大半は樹脂製造工程で使用する溶媒(ジクロロメタン)である VOCの排出を減らすため、次の方法を採用した ①内部浮屋根式タンクの採用 ②溶媒回収設備を設置
取組内容	ジクロロメタンは沸点40℃で、揮発性が高い溶媒であるため、旧来の設備では回収が困難である。そのため、それに適した溶媒回収設備を自社で開発した 特徴:①吸着材はシリカゲル、②2塔で真空、吸脱着
対策手法	・処理設備設置



“VOC排出抑制対策事例集”千葉県環境生活部編集 を引用

事例 3

事業の内容	ABS樹脂製造
取組の名称	蓄熱脱臭炉を利用したVOC排出削減
取組の概要	原料(アクリロニトリル、スチレン)などのVOCを含む排ガスを蓄熱脱臭炉に導入し、燃焼処理してVOCを削減する
取組内容	VOC対策として、従来から、設備の密閉化、排出点の上流での冷却/凝縮でVOCの低減を行ったが、さらなる対策として蓄熱脱臭炉を導入した
対策手法	・原材料対策、・施設の改善、・屋外タンクの改造、・処理設備



A	押し込みファン
B	ロータリー弁(流入)
C	予備チャンバー
D	バーナーゾーン
E	熱回収チャンバー
F	ロータリー弁(排出)

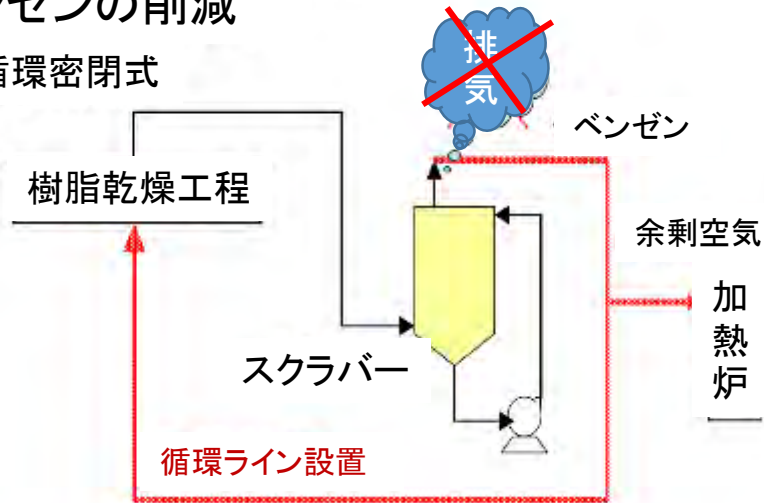
“VOC排出抑制対策事例集”千葉県環境生活部編集 を引用

事例 4

事業の内容	ポリスチレン製造
取組の名称	製造プロセス転換によるVOC大気排出量削減
取組の概要	大気への排出量が多い、ベンゼン、アクリロニトリル、スチレンモノマー、トルエン等を製造工程の改善・転換・蓄熱燃焼設備導入および貯蔵タンクからの排出対策を実施し、改善されたが、特に、 ベンゼンの排出対策を重点的に実施した
取組内容	①密閉化循環方式に変更、②製造プロセスを変更し、溶剤ベンゼンをシクロヘキサンに変更、③ベンゼンの貯蔵タンクを内部浮屋根式に変更
対策手法	・原材料対策、・施設の改善、・屋外タンクの改造、・処理設備

ベンゼンの削減

循環密閉式



ベンゼン貯蔵タンクの内部浮屋根化

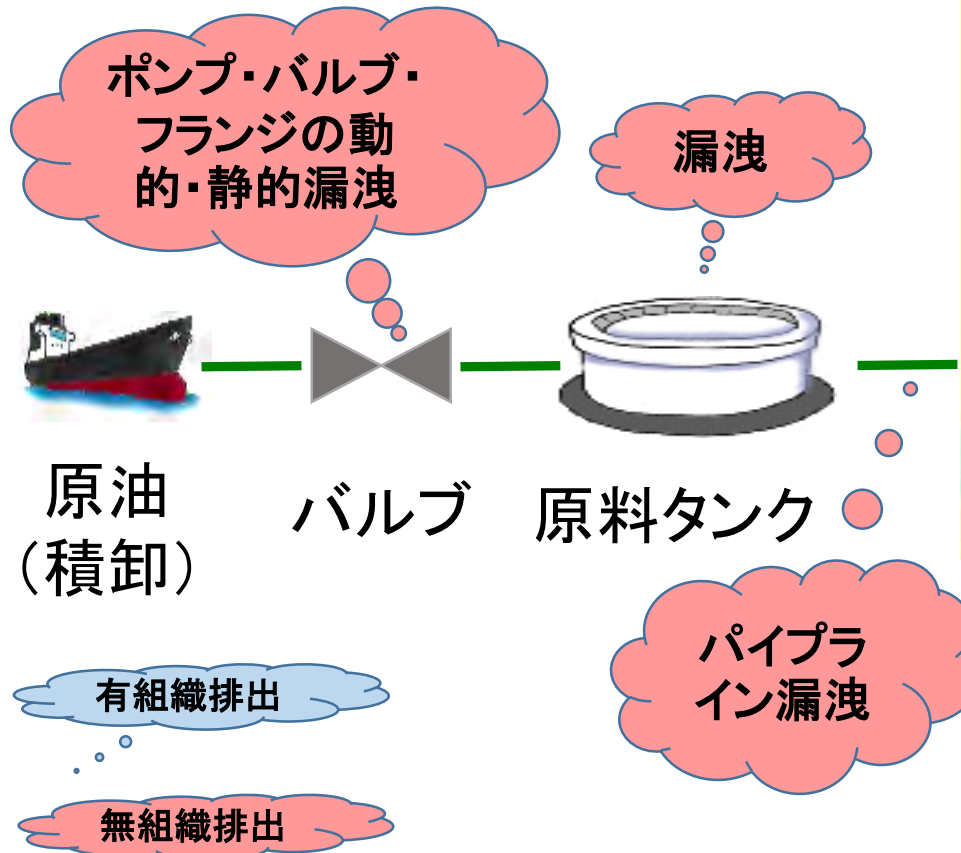


“VOC排出抑制対策事例集”千葉県環境生活部編集 を引用

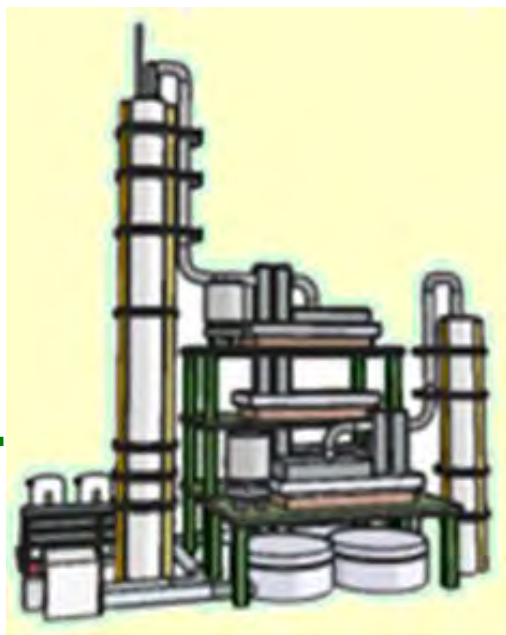
4-4 石油化学のVOCs排出抑制取組

石油化学のVOCs排出抑制取組(LDAR)

(Leak Detection and Repair)

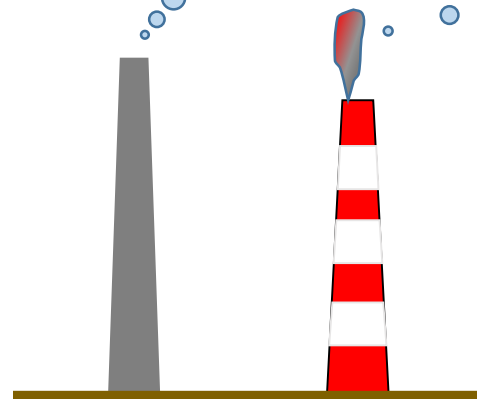


生産施設からの漏洩

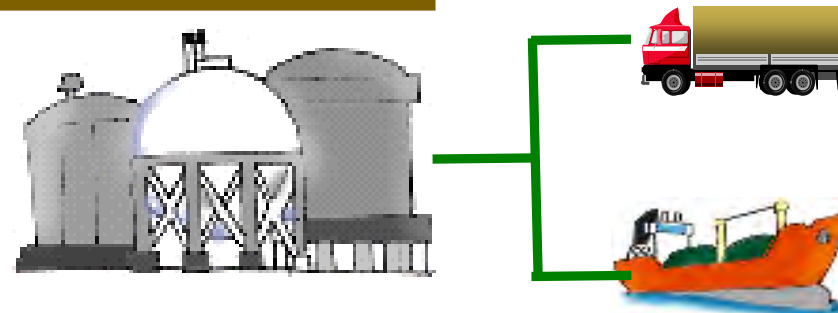


石油精製工場
ナフサ分解工場

計画的排出



異常な排出



製品タンク

漏洩

積込

漏洩

方策：設備構造・管理の改善

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

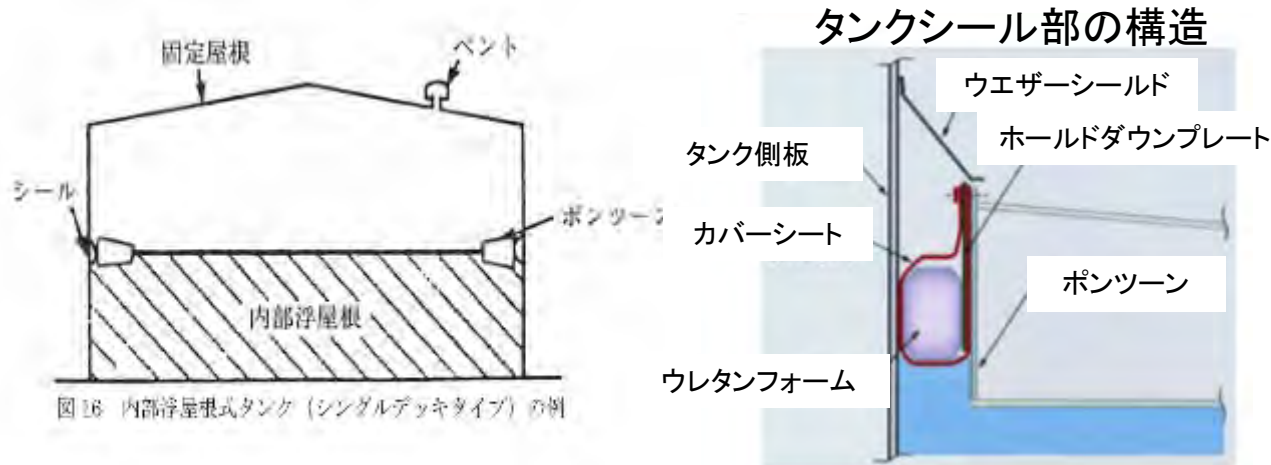


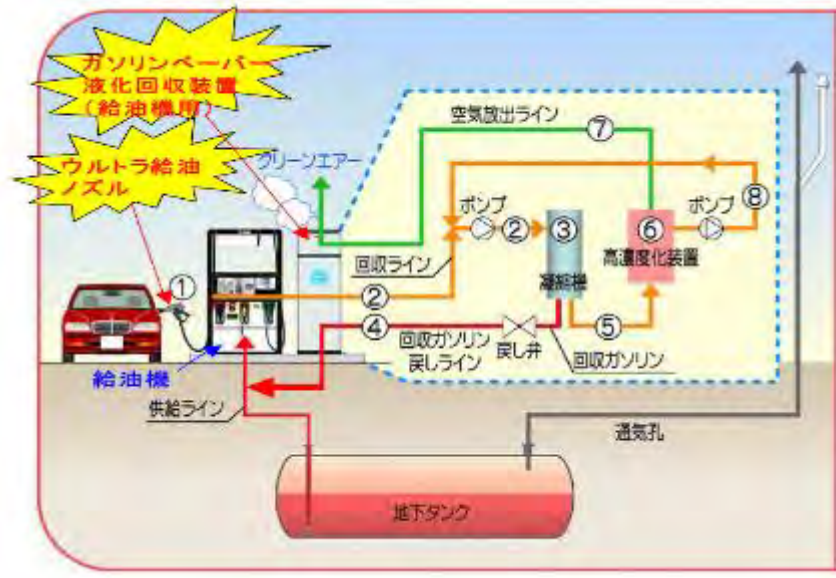
図16 内部浮屋根式タンク(シングルデッキタイプ)の例

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。

方策：設備構造・管理の改善

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

方策：設備構造・管理の改善

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。

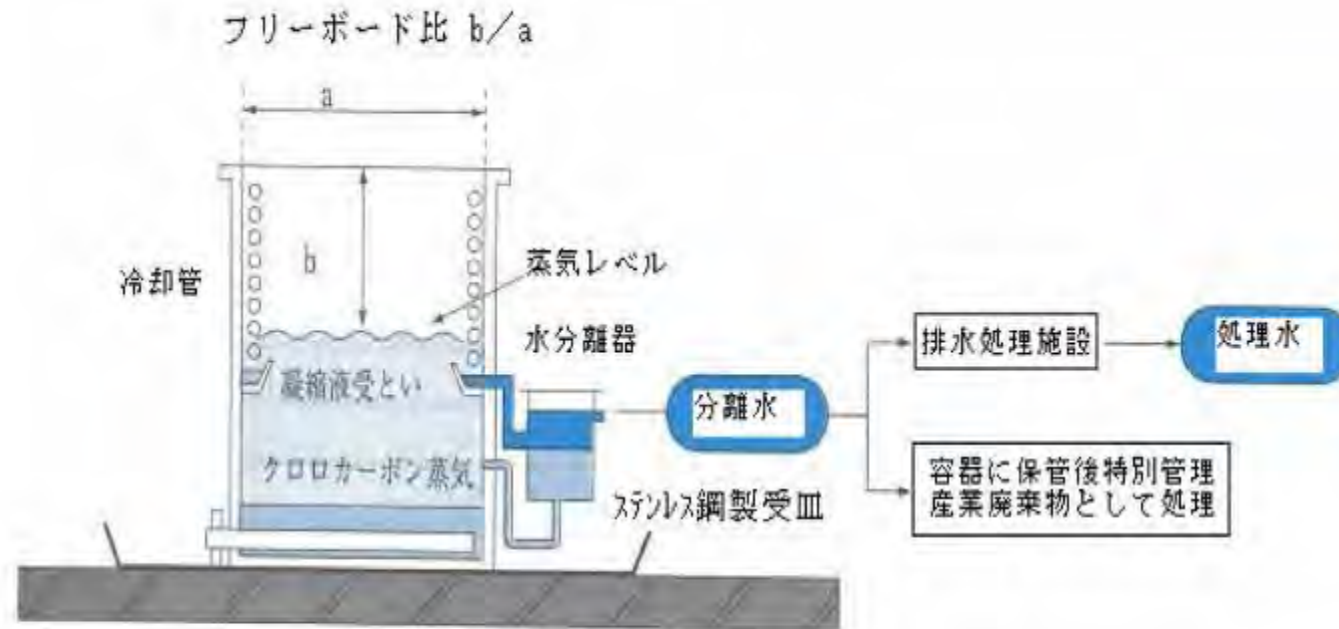


図12 蒸気洗浄のフリーボード比

5 日本の重点汚染源VOCs処理技術(EOP)

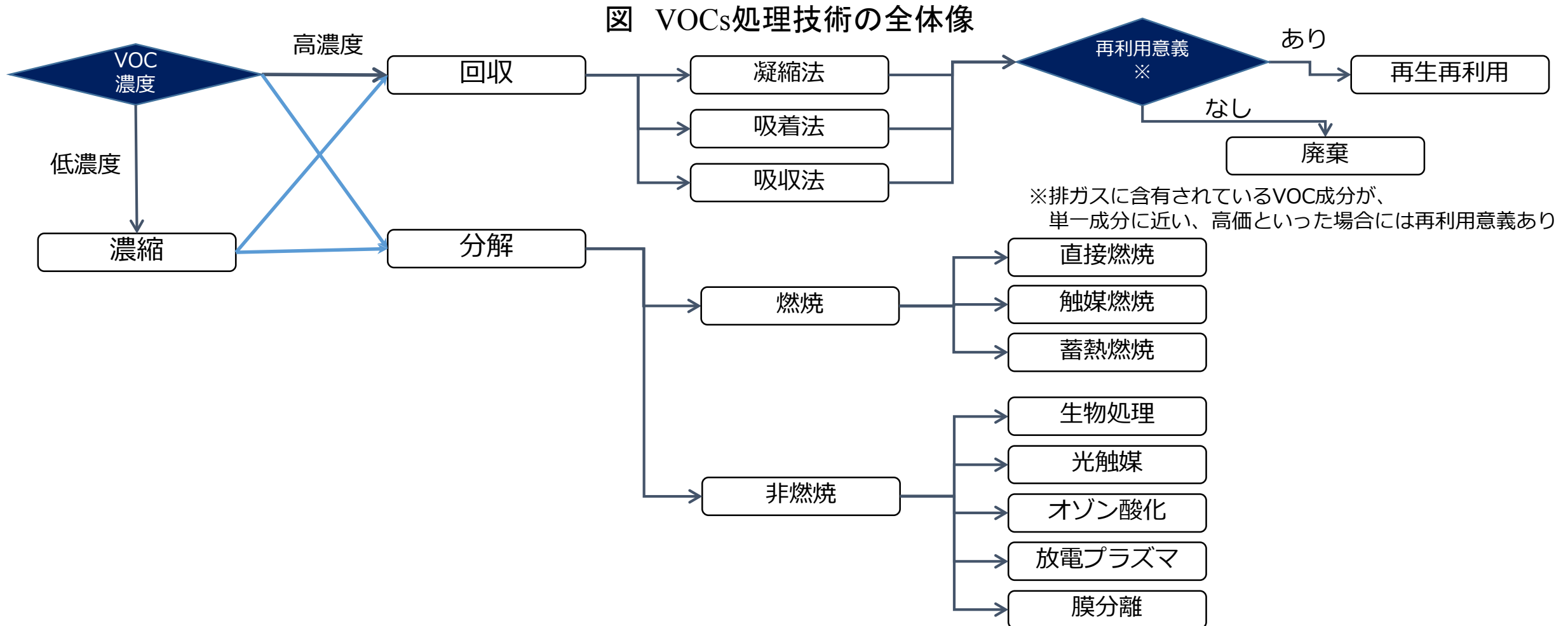
終末処理(EOP)技術の分類

技術分類		A	B	C	D	E	F	G	
物理的方法	ろ過		●				●		
	沈降		●						
	遠心分離		●						
	荷電		●						
	吸着	●			●	●			
	吸収						●		
	凝固	●							
化学的方法	吸着				●			●	
	酸化	酸化			●				
		燃焼				●	●		●
		触媒燃焼				●	●		●
		加熱処理				●		●	●
		紫外線照射				●			●
	還元			●			●		
	触媒還元			●			●		

A: 硫黄酸化物、B: 煤・粉塵、C: 窒素酸化物、D: 揮発性有機化合物(VOCs)、
E: 有害化合物、F: ダイオキシン、G: 悪臭

VOCs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、多様なVOCを処理している。



代表的な回収・再生方式

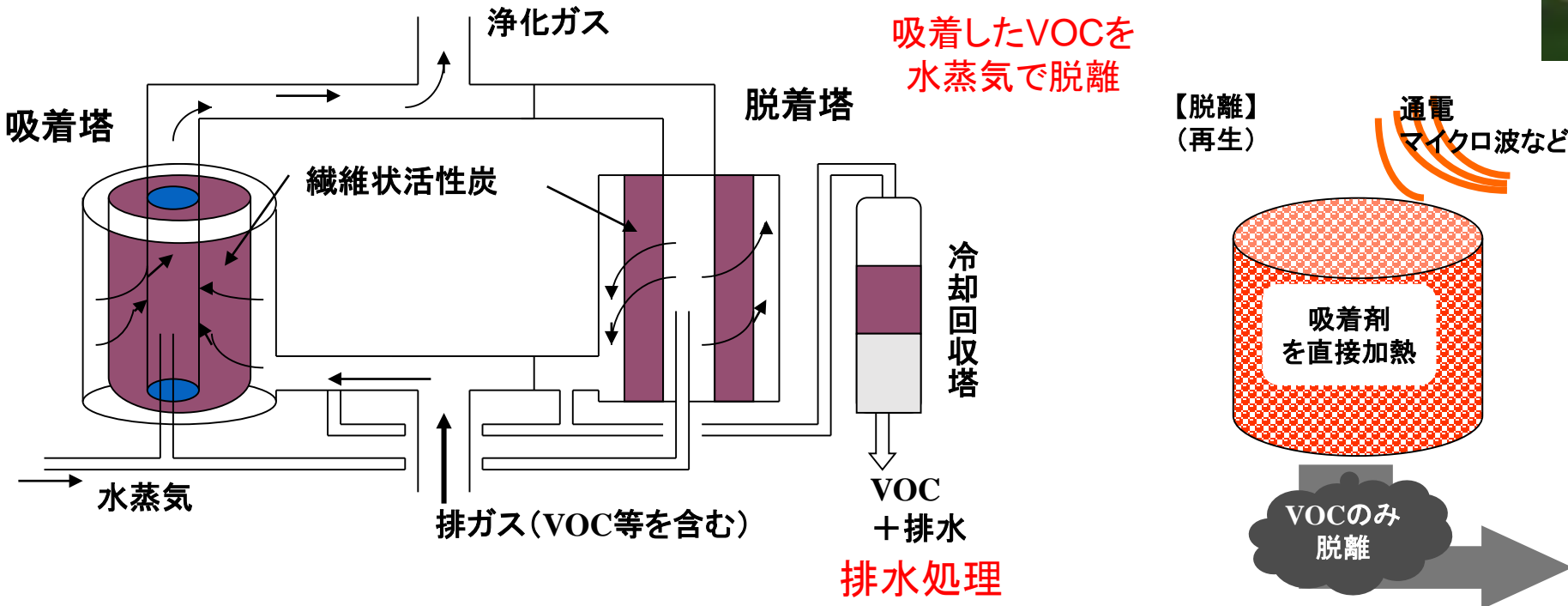
回収・再生方式とは排ガスからVOC成分を回収して、溶剤として再生し再利用する方式。洗浄や接着など、使用されるVOC成分が単一物質からなる場合に適している。

処理方法	原理	特徴	課題
吸着法	吸着材(活性炭、ゼオライト等)にVOCを吸着	VOCsの種類、濃度、処理量の適応範囲が広い	吸着材再生用加熱源が必要 スチーム脱着では排水処理装置が必要で、水溶性VOCは回収(再利用)できない。
冷却法	VOCsの露点以下に冷却し凝縮回収	高濃度VOCs処理向け	処理後のVOC濃度の低減化(冷却温度低温化)は効率悪い
吸収法	溶剤に吸収	石油プラント向け	

冷却凝縮法



吸着法(脱離による回収)



排水処理装置の維持・管理が必要
(人的・装置的成本負担が大きい)

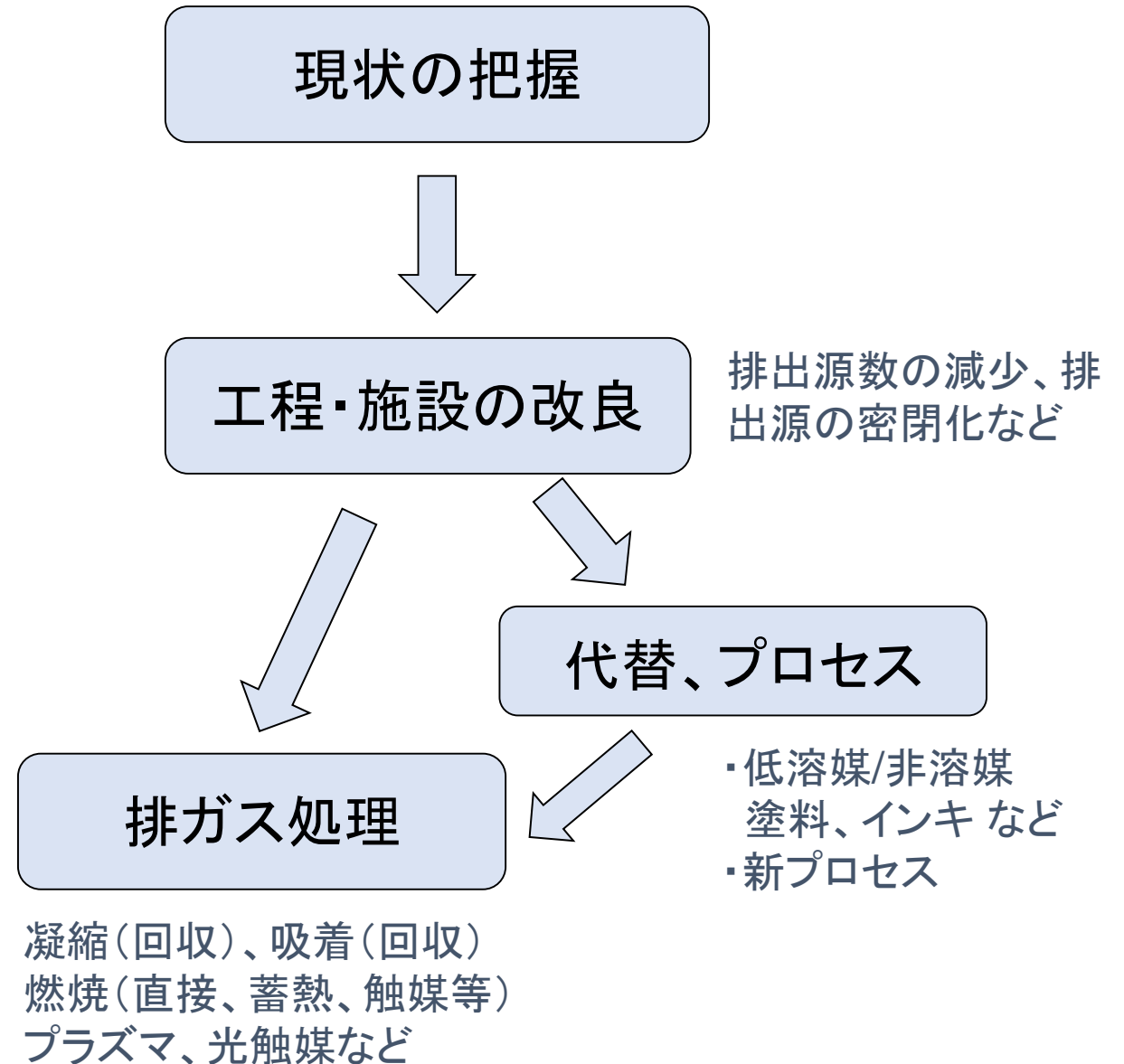
VOCs処理技術の選択に関する考え方

1 VOCs処理上の諸元

- ① VOCsの種類
- ② VOCs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
(Maximum Incremental Reactivity)
- ③ 粒子生成能力
- ④ 人への毒性
- ⑤ 悪臭物質



VOCsの処理技術

	濃度	発生源	主な方法
1	1~100 vol %	化学設備、タンク、乾燥機、洗淨設備等 ※爆発限界	油による吸収, ゼオライトによるPSA** 膜分離、深冷分離
2	1~0.01vol % (10,000 ~100 ppm)	塗装設備、印刷機、接着設備、乾燥機等	吸着、燃焼、濃縮+燃焼
3	0.01~0.0001vol % (100~1 ppm)	廃ガス設備	吸着交換式
4	1 ~ 0.001 ppm (1,000~1 ppb)	悪臭、農薬設備、肥料設備、食品製造設備、化学設備、下水処理設備	燃焼、吸着 (AC***), 吸収(酸、アルカリ)、微生物処理 光触媒

※工場の屋内の局所で排出された100ppm以下の濃度のVOCは拡散希釈され、屋外に排出されることが多い。いわゆる無組織排出である。

** PSA: Pressure Swing Adsorption

*** Activated Carbon

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)

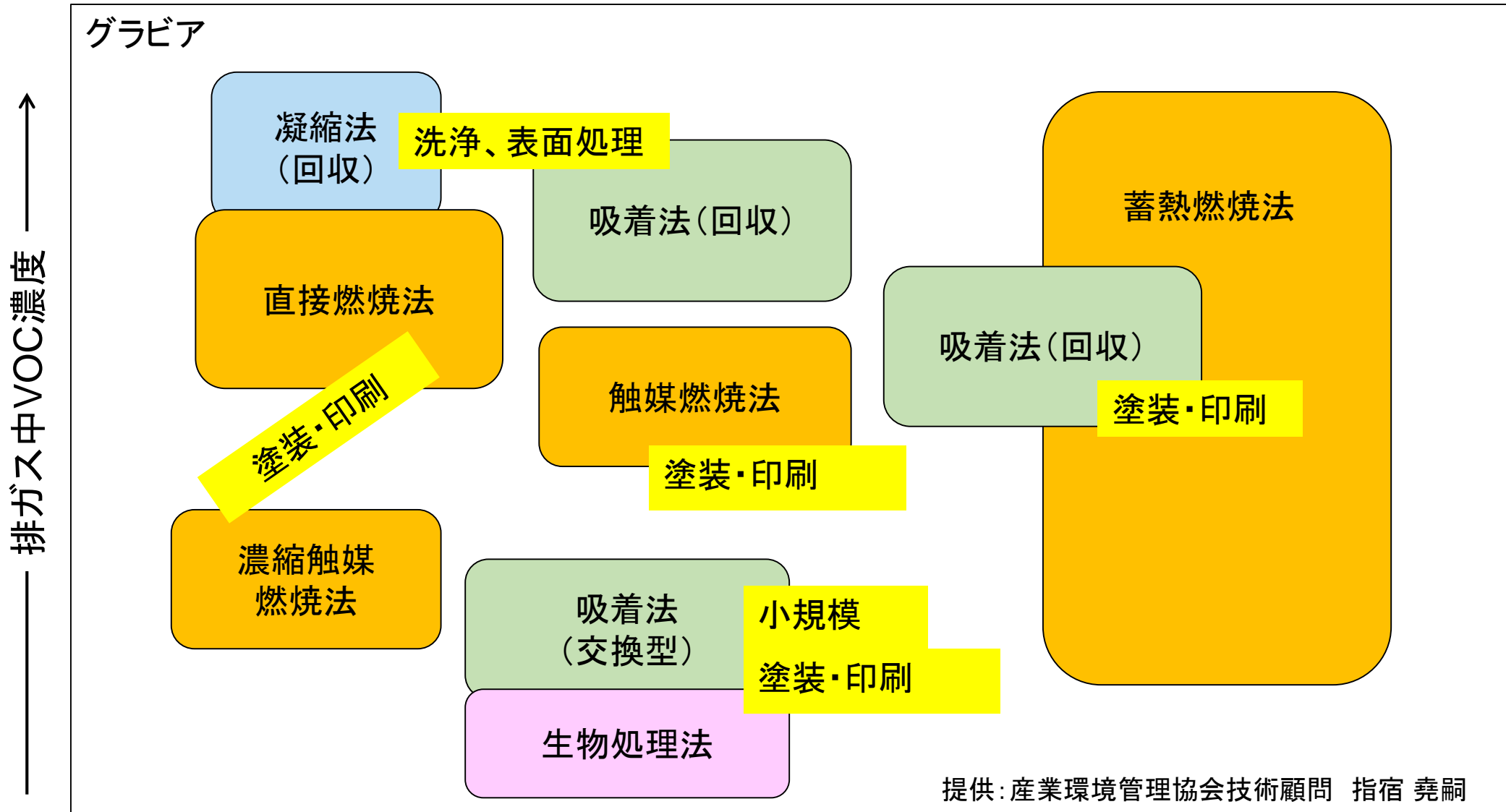
企業名	処理方式	最大処理風速 (m ³ /min)	IC (百万円)	RC (千円/月)	装置面積 (m ²)
アマノ(株)	触媒燃焼	290	15	253	6.34
(有)アリマ精工	触媒燃焼	13	708	34	2
(株)環境プラント技研	活性炭吸着	1,000	16	300	10
東洋紡(株)	繊維状活性炭	50	9.8	27.4	1.53
パナソニック環境エンジ	触媒燃焼	2000	200	500	200
大和化学工業(株)	粒状活性炭	60	30	210	12
(株)モリカワ	粒状活性炭	100	120	200	100
(株)西部技研	触媒燃焼	60	14.5	50	3.5

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

VOCsの処理技術の分類

燃焼法	VOCs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	VOCs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。	活性炭
		無機系吸着材
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

排ガス中のVOC処理技術（回収・再利用または分解）



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	VOCsを直接燃焼させて分解	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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

燃燒處理裝置



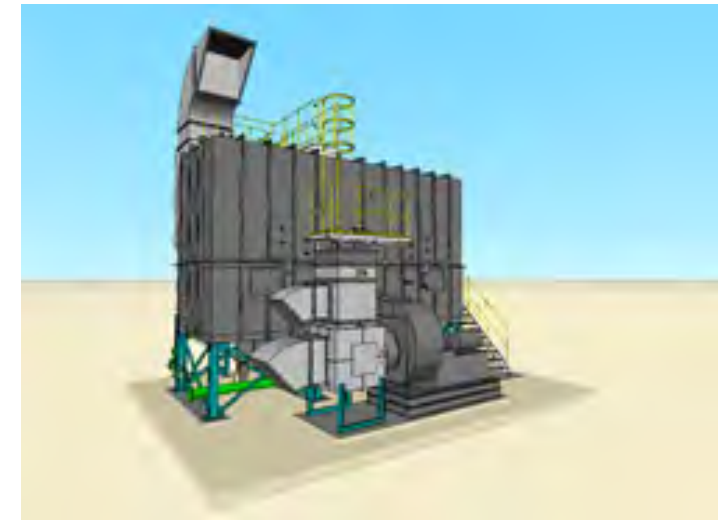
小型VOC處理裝置)



直接燃燒裝置



觸媒燃燒裝置



RTO (蓄熱式脱臭裝置)
大氣社

RTO: Regenerative Thermal Oxidizer

資料:カンケン・テクノ(株)及び大氣社 HPより

吸着法の特徴

(EOP)

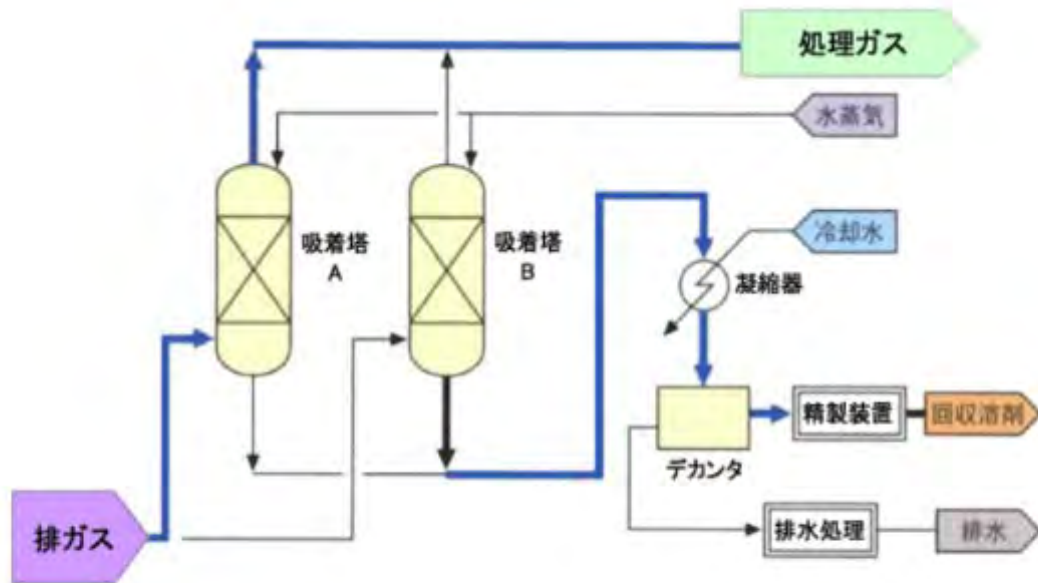
分類	原理	主な展開分野	特徴	課題
活性炭(破砕状、粒状、球状、炭素繊維、ハニカム)	吸着/脱着サイクル 脱着:昇温、減圧、 水蒸気の吹き付け などで実施	・化学プラント 洗浄 ・ビルの空調など	VOCを回収して再利用 が可能 吸着時のエネルギー不 要	再生コストがかかる 吸着材が劣化 脱着時にVOCが一部残留
無機系吸着材(ゼオライト、シリカ等)	吸着/脱着サイクル 脱着:昇温、減圧で 実施	・化学プラント 洗浄 ・ガソリンスタンド	VOCを回収して再利用 が可能 吸着時のエネルギー不 要不燃性	活性炭と比較して同等の表 面積の場合はコスト高

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。

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)

溶剤回収・脱臭・排ガス処理装置【GASTAK】



クレハ球状活性炭(BAC)



ヤシガラ活性炭

■球状活性炭を使用

GASTAKで使用している活性炭は、球状で耐摩擦性や流動性に優れている「クレハ球状活性炭」《BAC》を使用しています。この活性炭は、真球性の高い高強度の活性炭です。

資料:クレハ環境 HPより

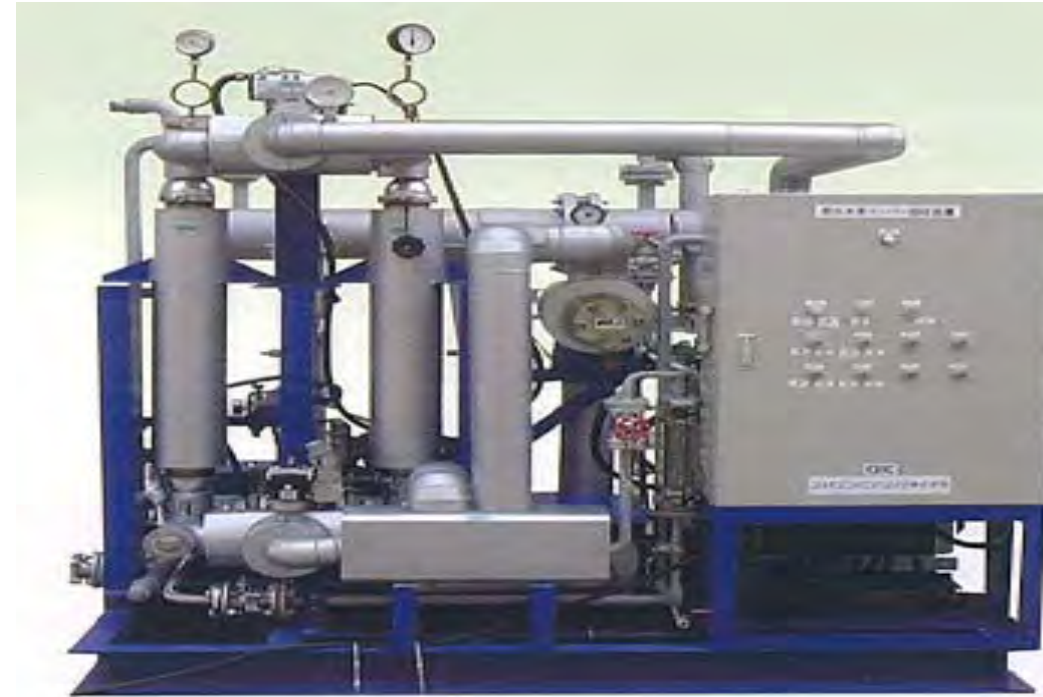
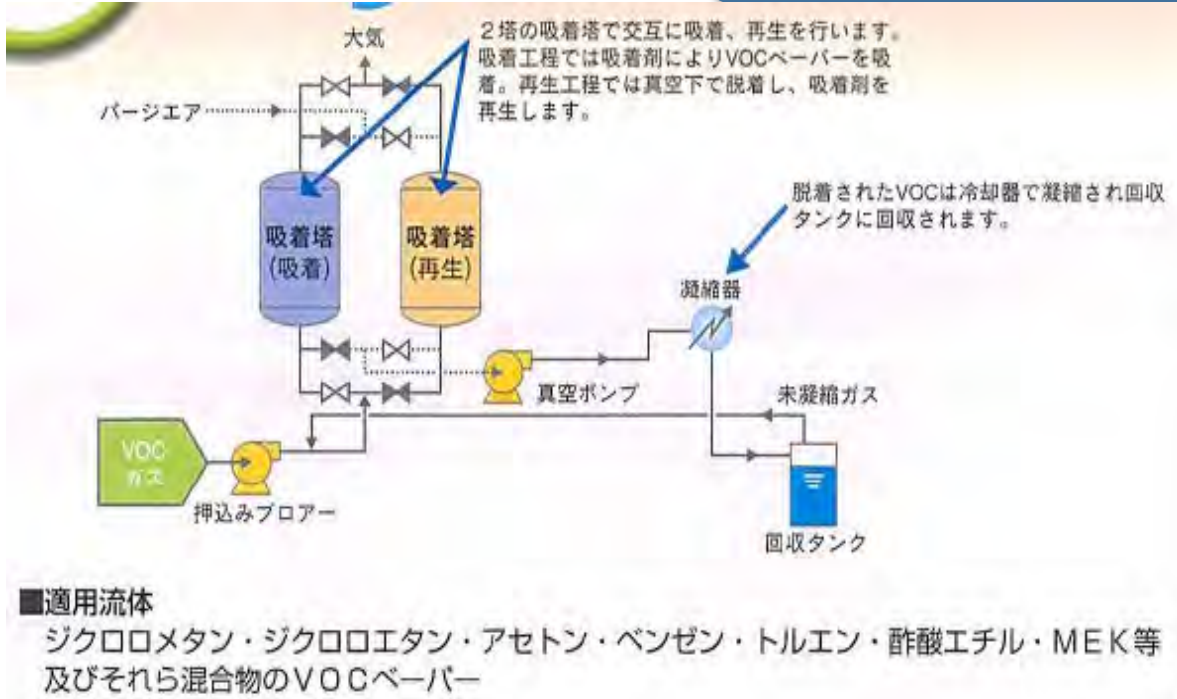
■流動床吸着方式を採用

- 連続流動層吸着・移動層脱着方式なので、吸・脱着が連続均一
- 流動層方式のため活性炭の蓄熱が無いので、可燃性溶剤に対しても優れた安全性
- 脱着用ガスに空気・窒素ガス等を使用することで、廃水がほとんど出ない
- 吸着部でのガス速度が大きくとれるので、設置面積が小さい
- GASTAKの運転には専任の運転要員を必要としない



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

資料: コスモエンジニアリング(株)

ゼオライト吸着分離濃縮＋燃烧分解浄化法システムの構成

Capacity: 270,000m³/hr



RTO (Regenerative Thermal Oxidizer), 1 set
蓄熱燃烧装置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

その他法の特徴

(EOP)

分類	原理	主な展開分野	特徴	課題
光触媒法	紫外線＋光触媒 (酸化チタン、酸化タンゲステンなど)	室内空気浄化、水処理、畜産物死骸保管倉庫等の脱臭、殺菌	低ランニングコスト、保守容易、常温処理(可視光利用を研究)	VOCの量が少ない場合だけ使用可能(にの処理など)
放電プラズマ法	プラズマによる酸化。触媒との組合せが工夫。	・小売店の脱臭、 ・家庭用空気洗浄機	分解率が高い、省エネルギー、常温処理	NOx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	・水処理で実用化、気体用は開発中。	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	・畜産業の悪臭対策(国内では工場排気処理にも利用)	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	・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

光触媒分解法

(EOP)

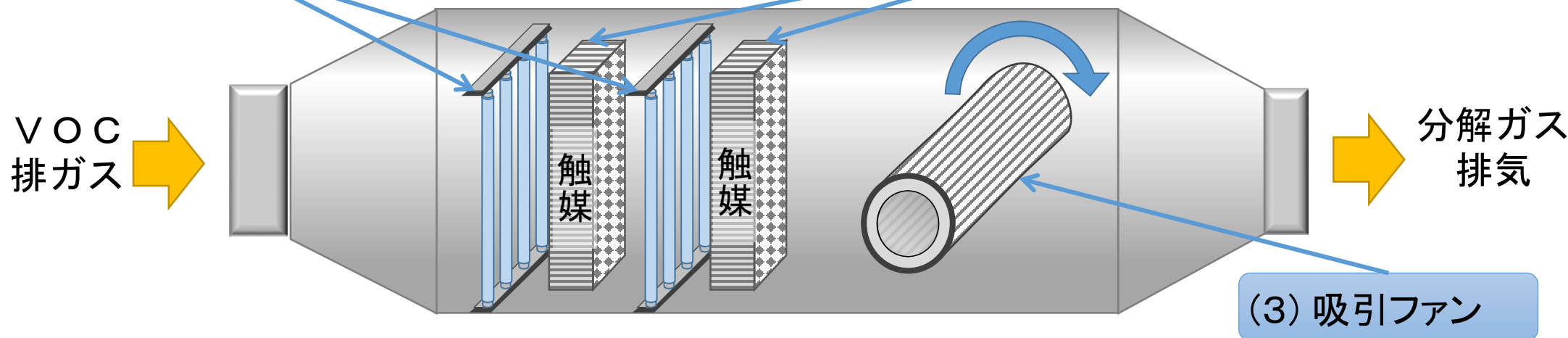
酸化チタン(TiO_2)に紫外線(又は可視光)を当て、そこで生じた水酸基ラジカル($\cdot\text{OH}$)やスーパーオキシド(O^{2-})などにより、VOCを二酸化炭素と水に分解。低風量に向いており、主に屋内の悪臭除去等に活用。

【光触媒分解設備のイメージ】

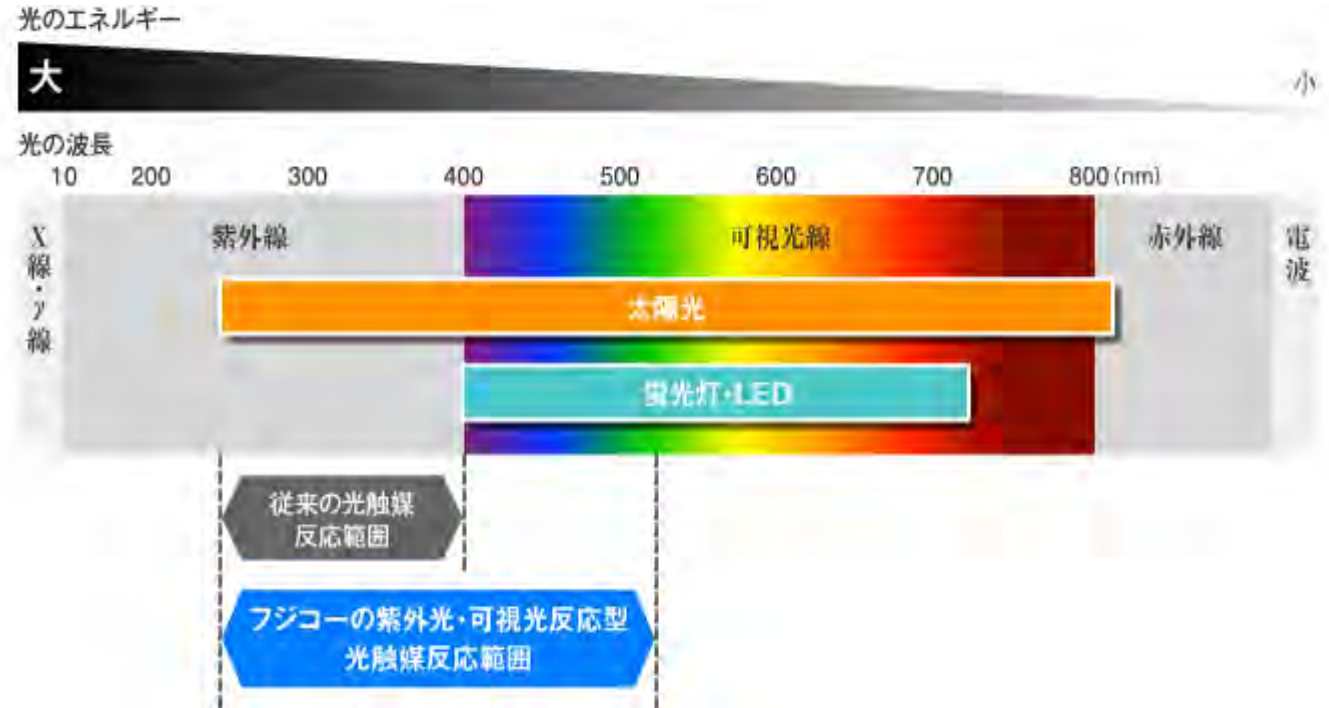
(1) UVランプ
定期的な交換が必要。

(2) 光触媒

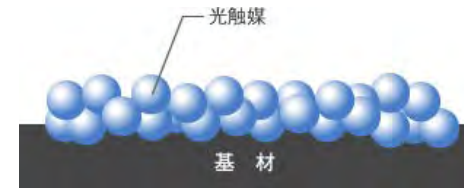
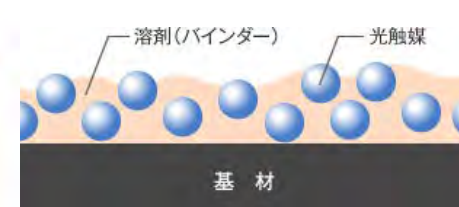
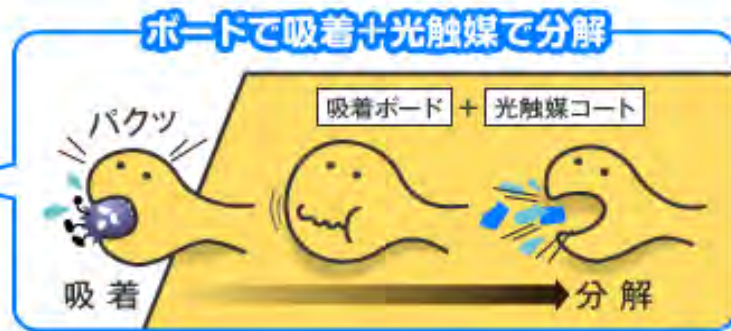
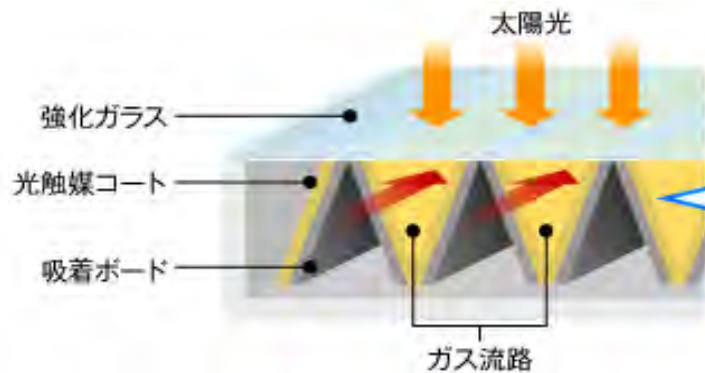
セラミックや金属、プラスチックなどの表面に酸化チタンをコーティングしたフィルター。定期的な清掃が必要



光触媒による脱臭装置(FUJICO)



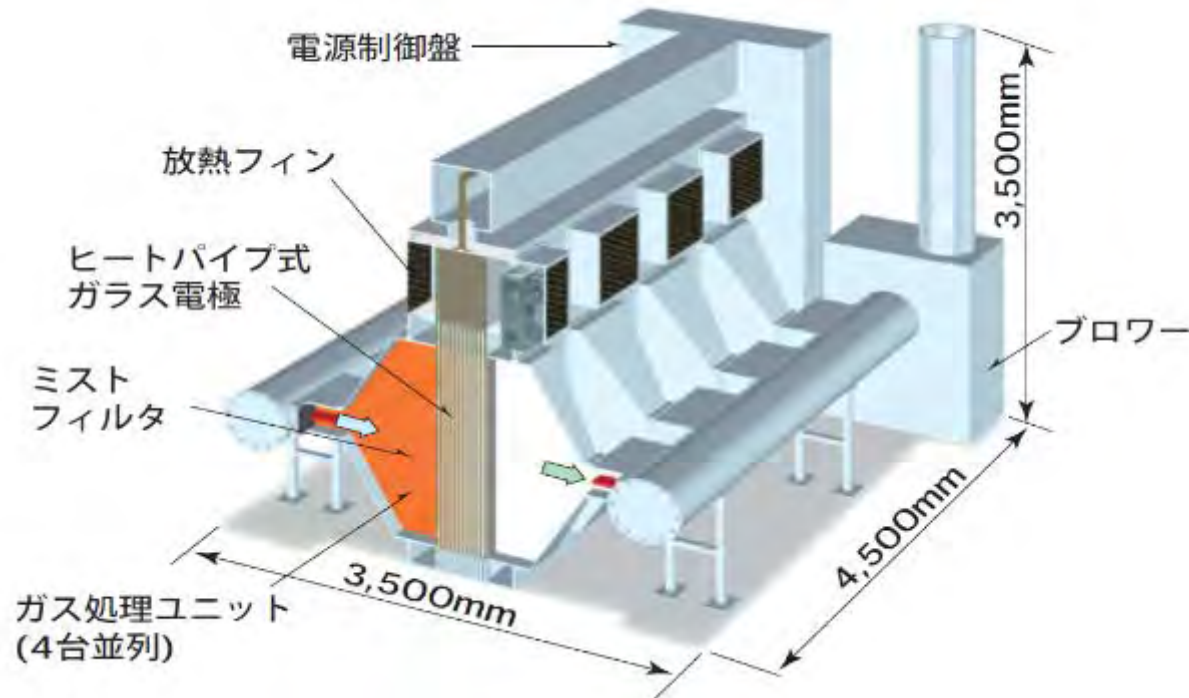
大型脱臭装置(ソーラーリアクター)



資料: FUJICO HPより

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。

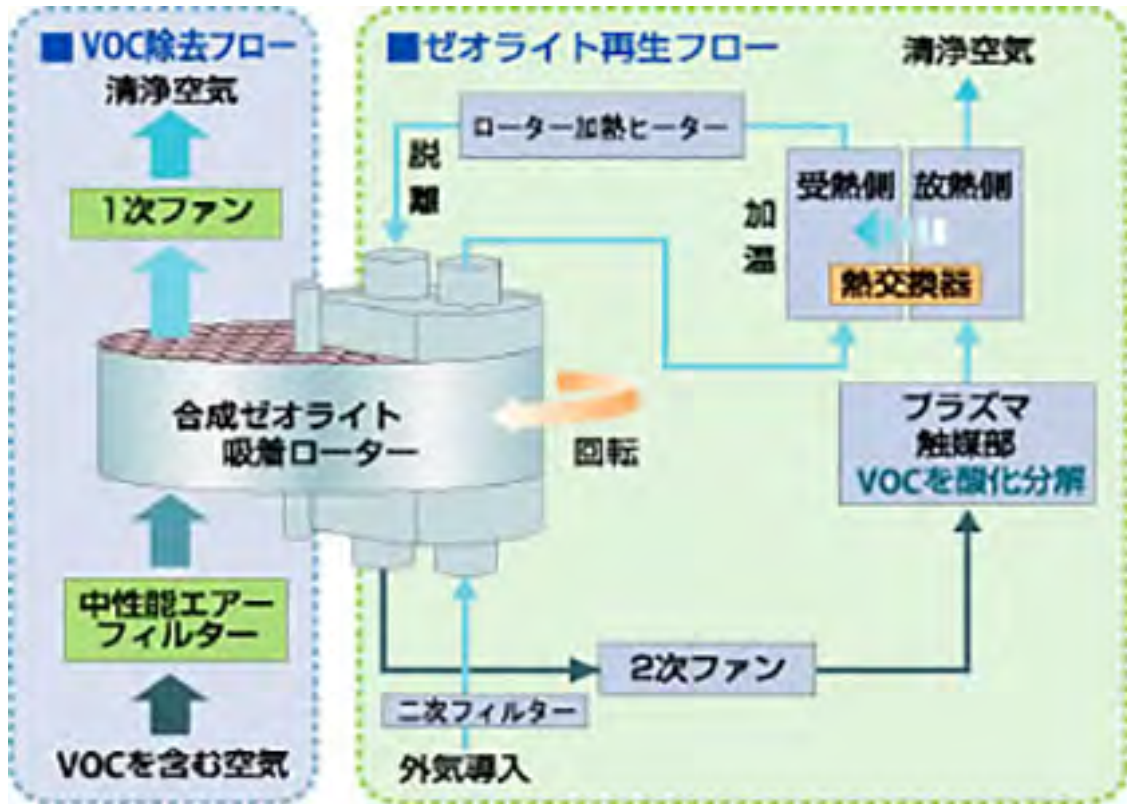
この技術の特長は: 高効率で分解

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。

放電プラズマ方式VOC除去装置 (AMANO)



日本産業機械工業会会長賞

➤ 特徴・用途

塗装工程:トルエン、キシレン、アルコール類

洗浄工程:IPA(低級アルコール類)

印刷工程:トルエン、酢酸エチル、IPA(低級アルコール類)

接着工程:トルエン、酢酸エチル

➤ VOCを高効率で除去

高吸着能力を持つゼオライトと酸化分解力の強いプラズマ触媒装置により高いVOC除去性能を発揮

➤ 省エネルギー

ランニングコストは触媒燃焼方式の20分の1以下

➤ コンパクト

吸着部と酸化分解部をコンパクトに一体化した省スペース設計

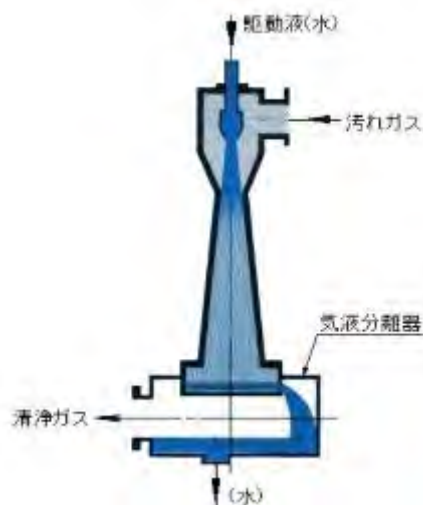
資料:AMANO HP

水スクラバー方式

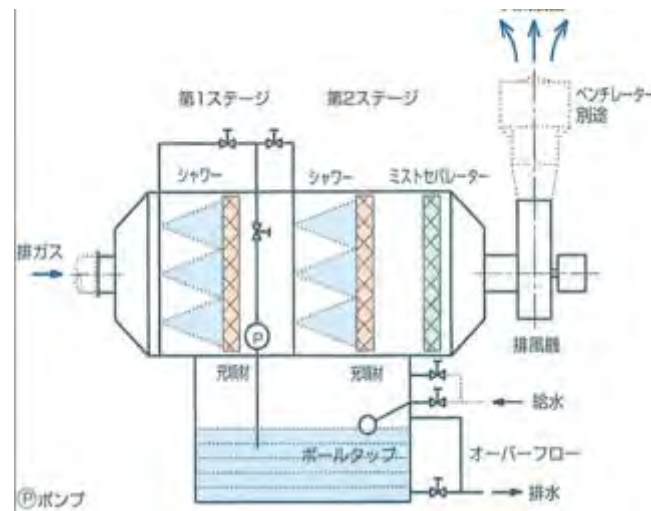
(EOP)



- 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



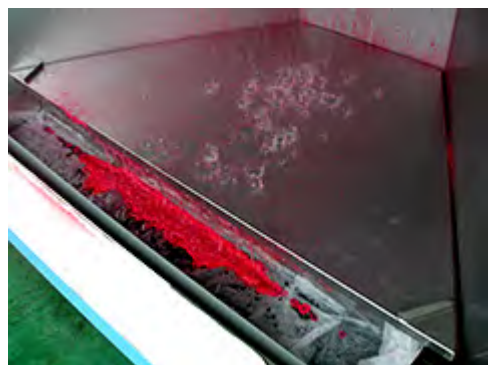
その他のジェットスクラバー

- 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

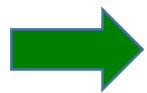
資料:カンケン・テクノ(株)

マイクロバブル方式

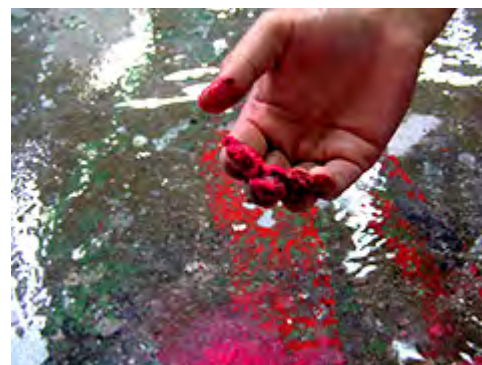
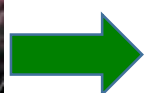
- 吹付塗装ブースの塗料ミスト(スラッジ状)、VOC除去対策(60~90%)
- パテ工程の粉じん除去対策
- 塗料調色室の塗料ミスト、VOC除去対策



塗料ミストや粉じんを除去



塗料ミスト等はカートリッジに回収



塗料スラッジ回収



水で塗料スラッジが流せる

生物処理法

(EOP)

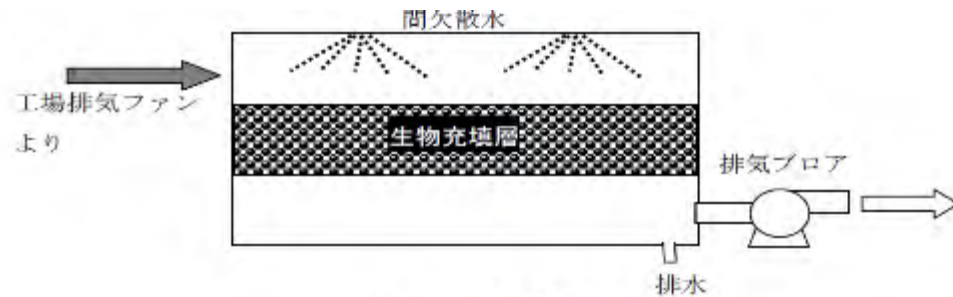


図4-1: 機器の構成

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)。

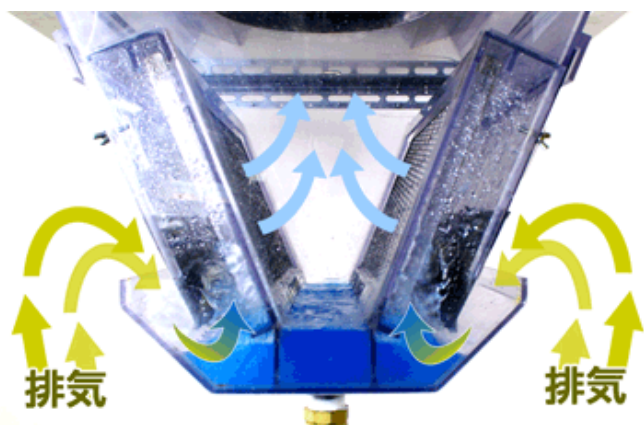
塗装、印刷などVOCを排出する施設においてVOCの大气排出量を抑制できる。

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。

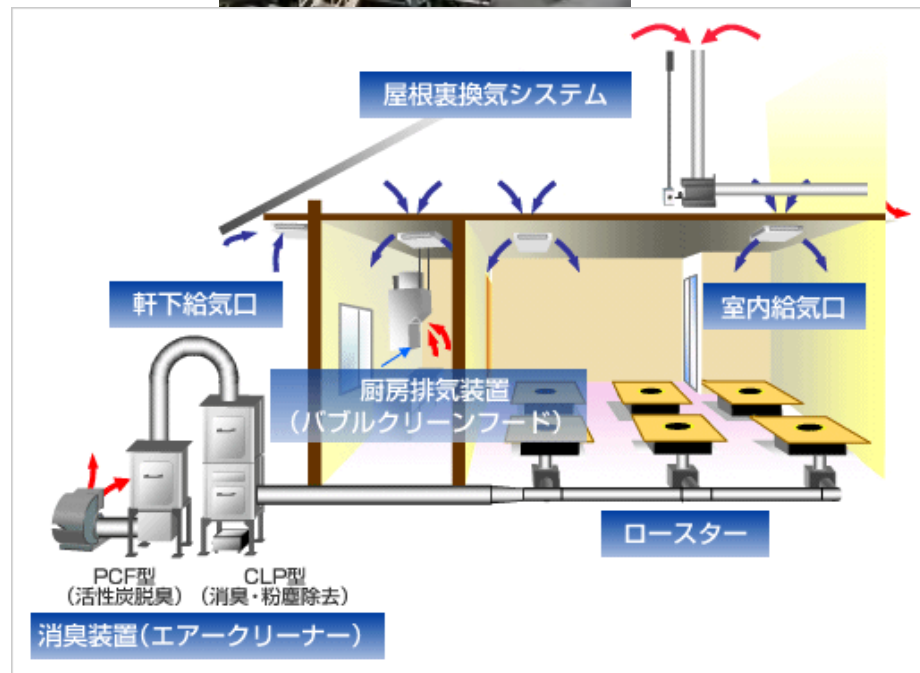
企業名	濃縮			回収			分解				ハイブリッド			
	ローター	円筒	カセット	凝集	吸着	吸収	燃焼		非燃焼		濃縮+触媒	濃縮+凝集		
							直接	触媒	蓄熱				プラズマ	生物処理
									塔式	回転式				
アマノ										○				
カンケンテクノ	○				○		○	○						
クボタ環境サービス					○			○						
クボタ化水						○					○			
倉敷紡績					○	○	○	○						
クレハ					○									
西部技研	○										○	○NMP		
新東工業								○	○					
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				○										

番外：油煙・油脂の排出抑制対策



カットモデル (アクリル加工) による
アクアクリーンフィルター内部の状態を見てみましょう

日本エスシー株式
(アクアクリーンシステム)

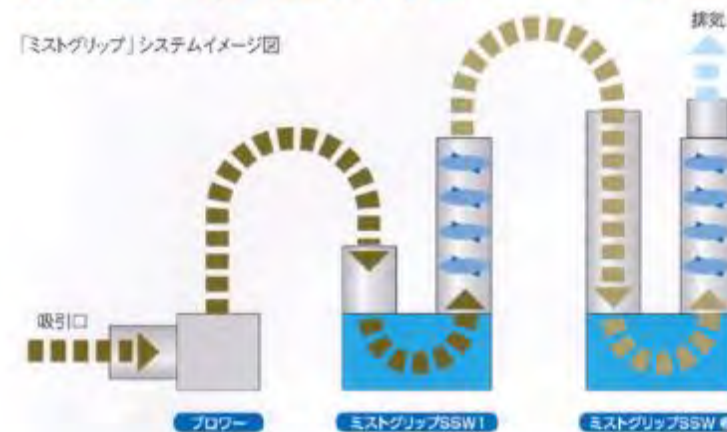


株式会社 クリエ
(エアークリーン)



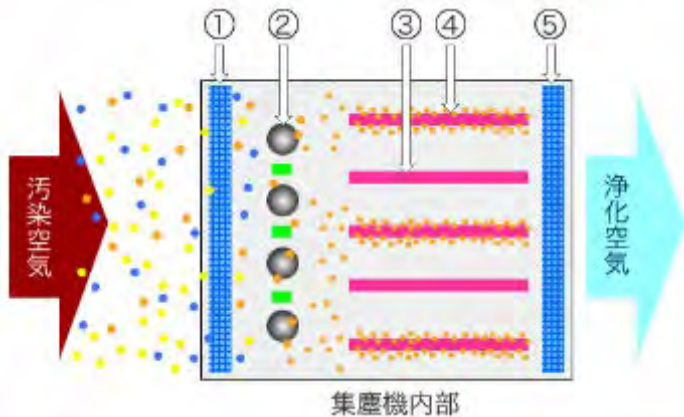
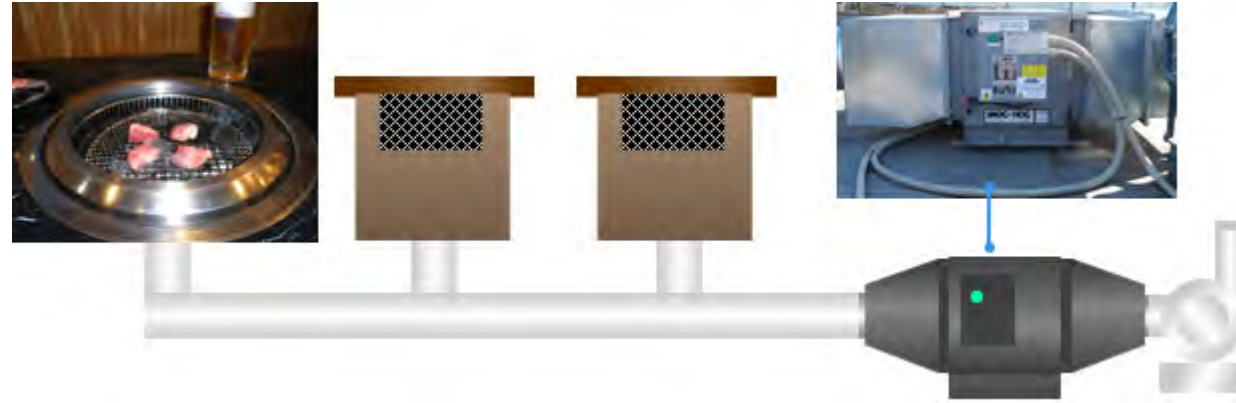
油煙の液化回収システム

「ミストグリップ」システムイメージ図



朝日加工株式会社
(ミストグリップ)

番外：油煙・油脂の排出抑制対策



SMOG-HOGは強力な静電気を利用した二段静電式電気集塵機です。焼肉・焼き鳥・中華・鉄板焼き・フライヤー・食品工場、などで油が過熱されて発生する煙上の粒子＝油煙(0.01～0.25 μm)を90%以上の高確率で捕集(除去)することが可能です。グリスフィルターなどでは捕集できない微細な油煙の捕集に最適な装置です。

株式会社 メイコー商事
(二段静電式電気集塵機)

6 (参考資料)日本の自動車補修(板金塗装)

日本における自動車補修(板金塗装)



小さな凹みや傷



中破



大破

スポット溶接機



MIG溶接機



スタッド溶接機



ハテ



修正機(固定装置)



修正機(固定装置)



修正機(タワー型)



修正機(固定装置)



ゲージ類



塗料



スプレーガン

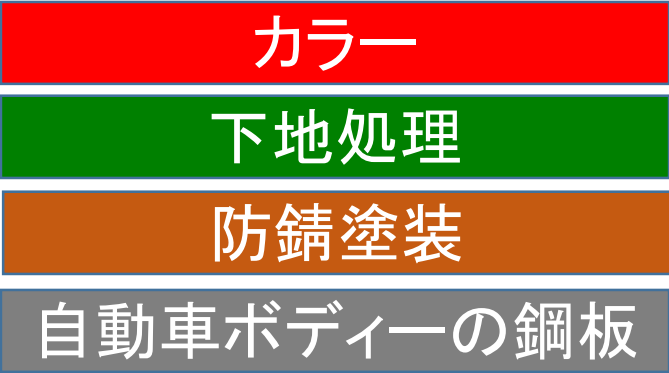


工具類



空調装置:冷媒処理 オイル処理
塗装・研磨:粉じん、VOCや悪臭物質
塗装・乾燥:塗料ミスト、VOCや悪臭物質
整備・調整工程:自動車排気ガス
工程水等:排水処理
作業現場:騒音防止対策

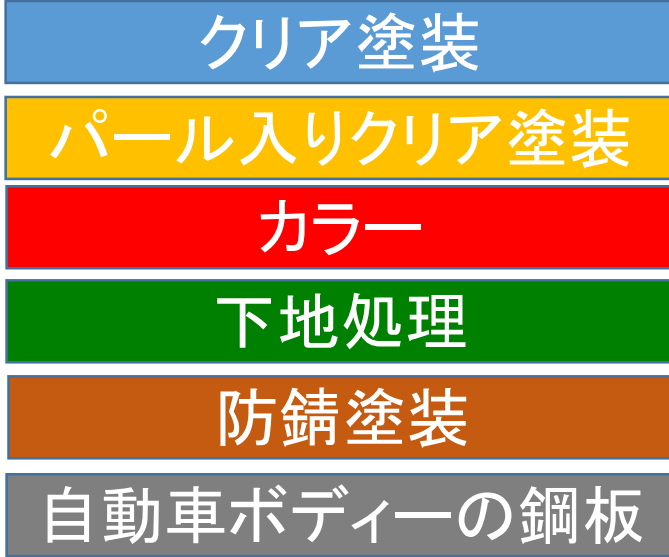
板金塗装の種類



ソリッド塗装(1コート)



メタリック塗装(2コート)



パール塗装(3コート)

資料:カーコンビニ倶楽部 HPより

環境にやさしい自動車補修工場(写真)



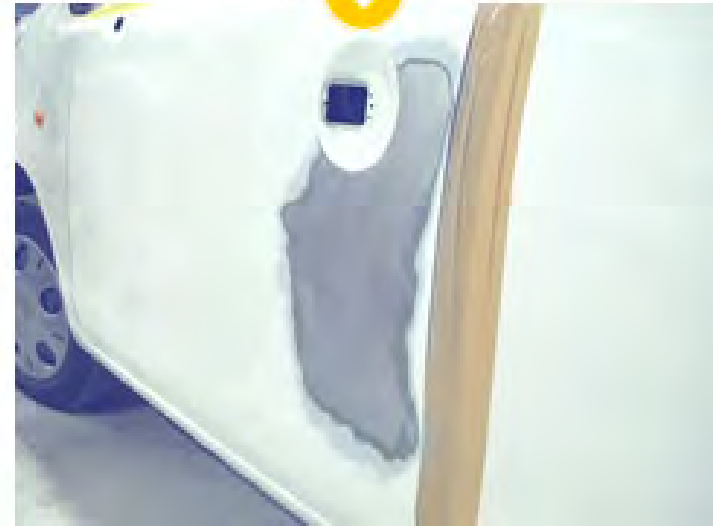
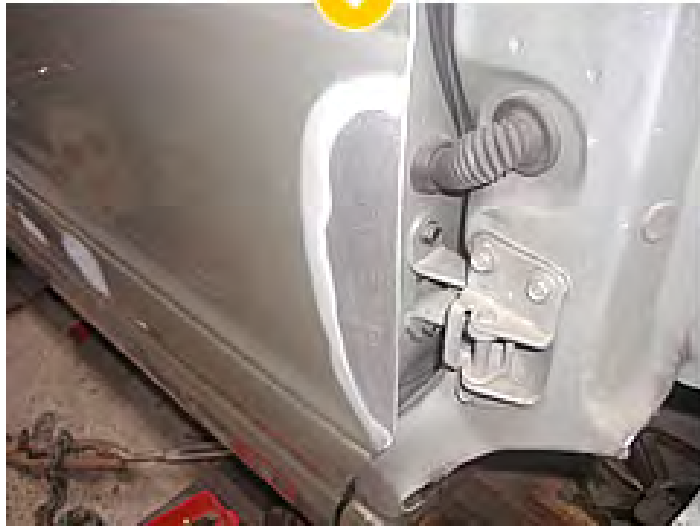
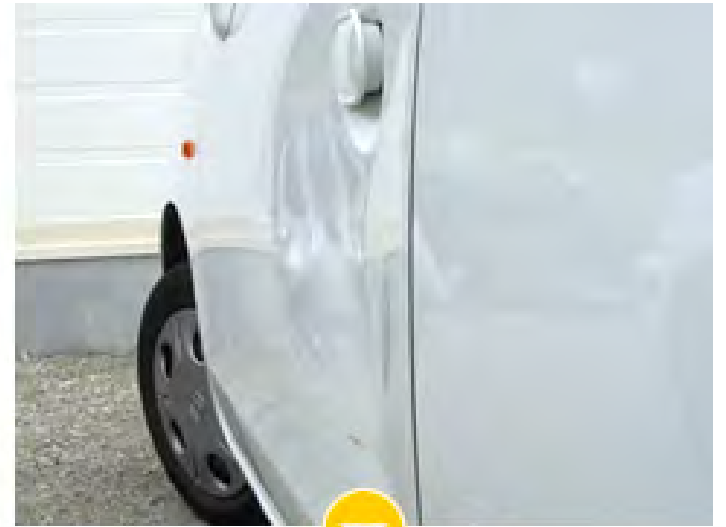
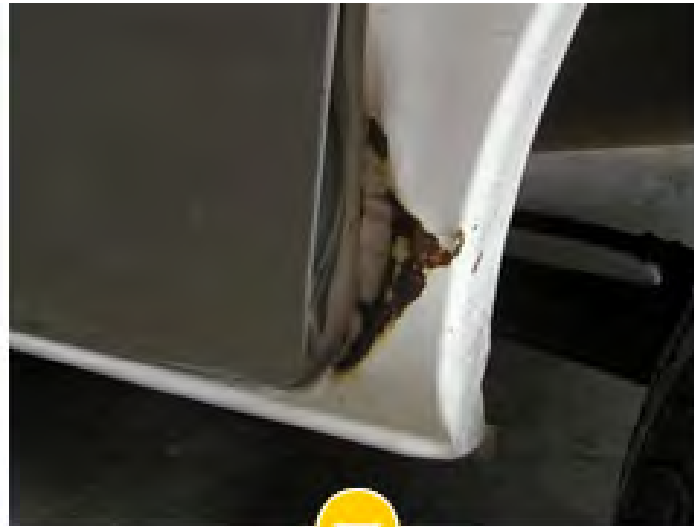
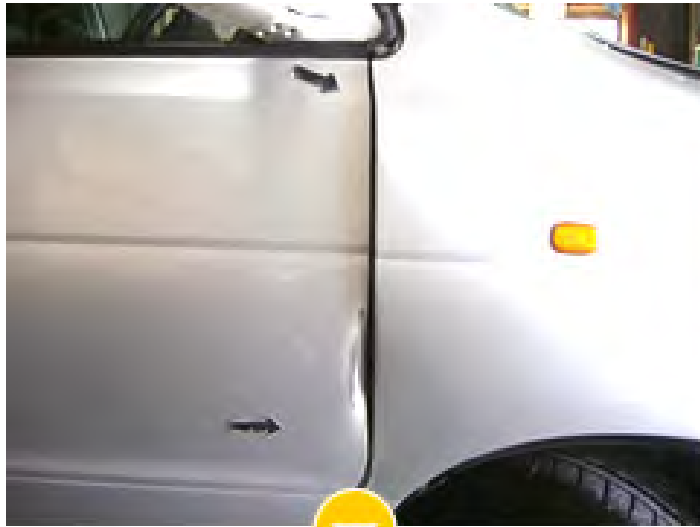
- 独自の散水ノズル処理でVOC除去率96%達成
- 890kg/2000年⇒245kg/2008年(73%削減に成功)
- 装置排水BOD36mg/L(基準値160mg/L)



VOC規制対応型塗装ブース

※日本環境省「VOC対策功労者表彰」受賞
※国土交通省「環境にやさしい自動車整備事業場」受賞

自動車板金・塗装(外板板金)



ハンマーや当て盤又は溶接機などを使い復元

資料:JAA日本自動車板金塗装協会HP

自動車板金・塗装(内板骨格修正・パネル取替え作業)

内板骨格修正:

ボデー修正装置(フレーム修正機)など使い骨格の曲がりやねじれを修正



パネル取替え作業:

ボルトオンパーツの取替又は溶接しての取替えなど。板金塗装に必要な部品の取り外し、取替えなど、建て付け調整をして不具合がないように組付け。



自動車板金・塗装(下地工程・塗装工程)

・塗装業務は、板金業務終了後 下処理をして色を付けていく。下地工程・塗装工程・磨き工程となる。



パテやサフェーサなどで下処理や表面の微調整をしていき、調色した色を塗装する。

自動車板金・塗装（磨き工程・取付工程、最終点検・仕上り）

塗装について小さなゴミやブツなどを取り除き、塗装表面の肌を調整



そして、板金業務塗装業務が終わりしだい、最終点検を行い修理完了

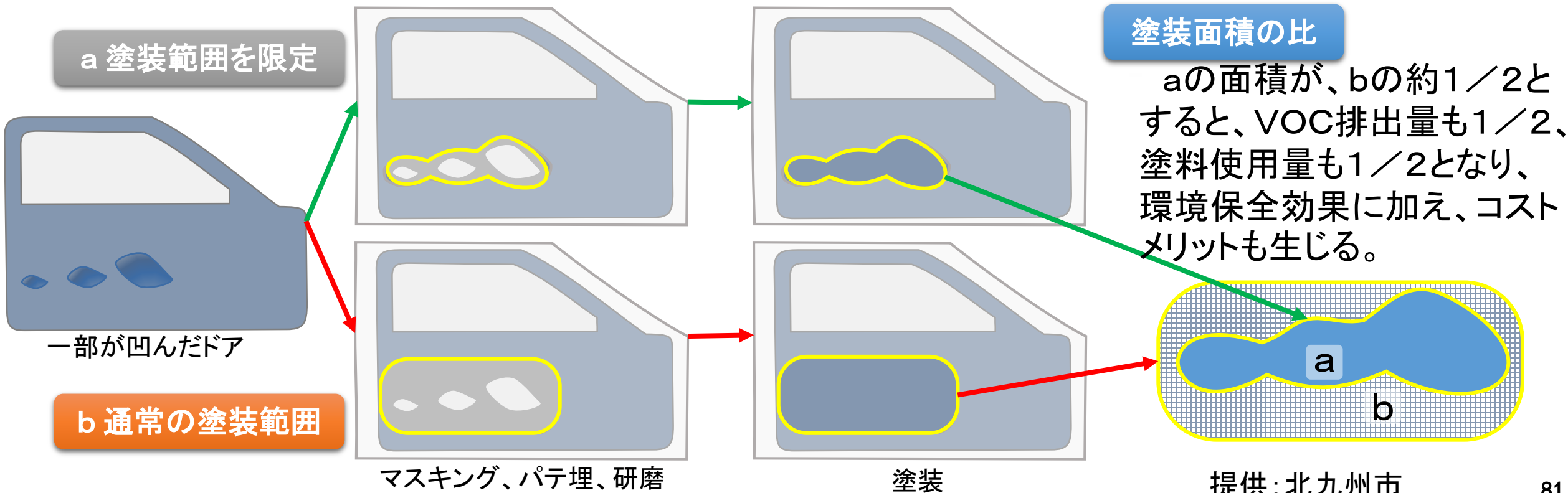


① 塗装効率の向上

塗装範囲の検討

塗装の範囲や厚みなどを限定することで、塗料の使用量が減りVOCの排出削減となる。ただし、塗装は物品の価値や耐用期間などにも大きく影響するため、被塗装物である物品のデザインや使用環境・方法・期間など様々な条件を踏まえて検討する必要がある。

<例> 自動車修理の板金塗装



②直行率の向上

塗装ゾーン内のダスト管理

『直行率』とは、初工程から最終工程まで順調に通過した品物数の割合を指す。製造工程で生じた不良品等は、再度、原料や前工程に戻されて再加工され、余計な手間やエネルギーを要することになる。『直行率』は、そのような無駄を把握し、抑制するための指標となる。

塗装ゾーンのダスト管理を適切に行うことは、直行率の向上とVOCの排出抑制に繋がる。

- 塗装ブースに堆積した塗料ダスト
- ウェスや作業着などから発生した繊維くず
- 業靴等に付着した粉じんなど

給気流によるダスト等の拡散

塗装ブースや乾燥炉を含む塗装ゾーンでのダスト浮遊

被塗物へのダスト付着

塗装のやり直し

VOC排出量の増加

製造コストの増加

不良品発生
(塗装品質低下)

塗装ゾーンの管理等

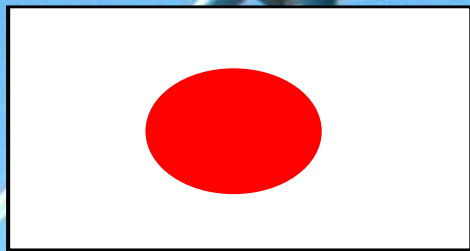
- ・ 給気ダクト、機器上部、床、梁等の清掃
- ・ 入口に粘着シート設置
- ・ 被塗物の洗浄・拭取り など

ダストを巻上げない給気方向に調整

被塗物を扱う塗装ブースや乾燥炉内部の清掃

「直行率の向上」に向けた措置

人と地球と次の世代のために



ありがとうございます！