

「オゾン及び微小粒子状物質(PM2.5)」抑制のための
計画能力向上プロジェクト訪日研修

塗装分野のVOC排出抑制

2015年12月16日

日本塗装機械工業会(CEMA)
国際工業塗装高度化推進会議(IPCO)

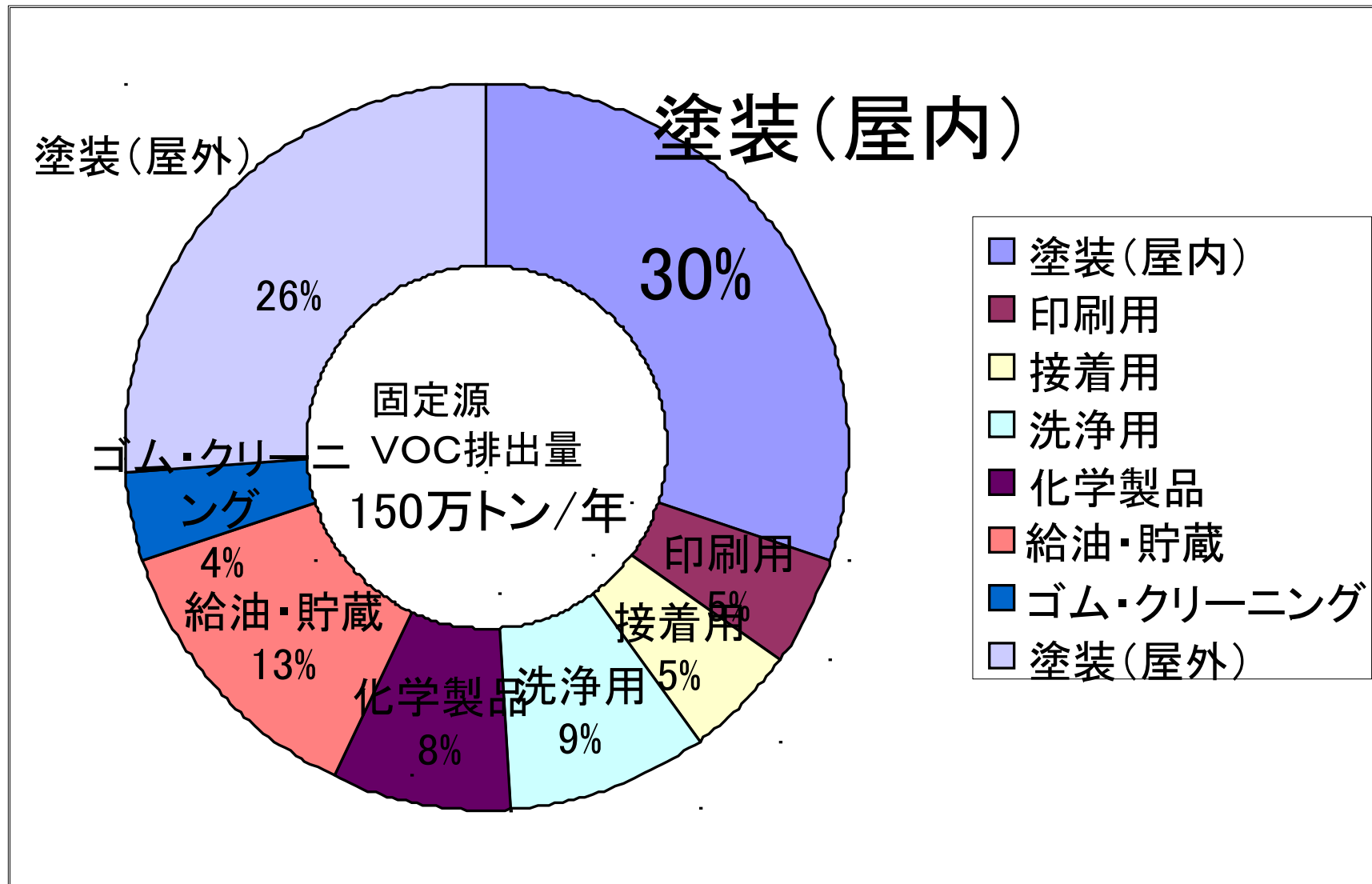
平野克己

目次

1. 日本のVOC規制と塗装分野の対応
2. 自主的取組みの実例と継続
3. 工業塗装のVOC排出抑制の課題
4. 今後のVOC抑制への提案

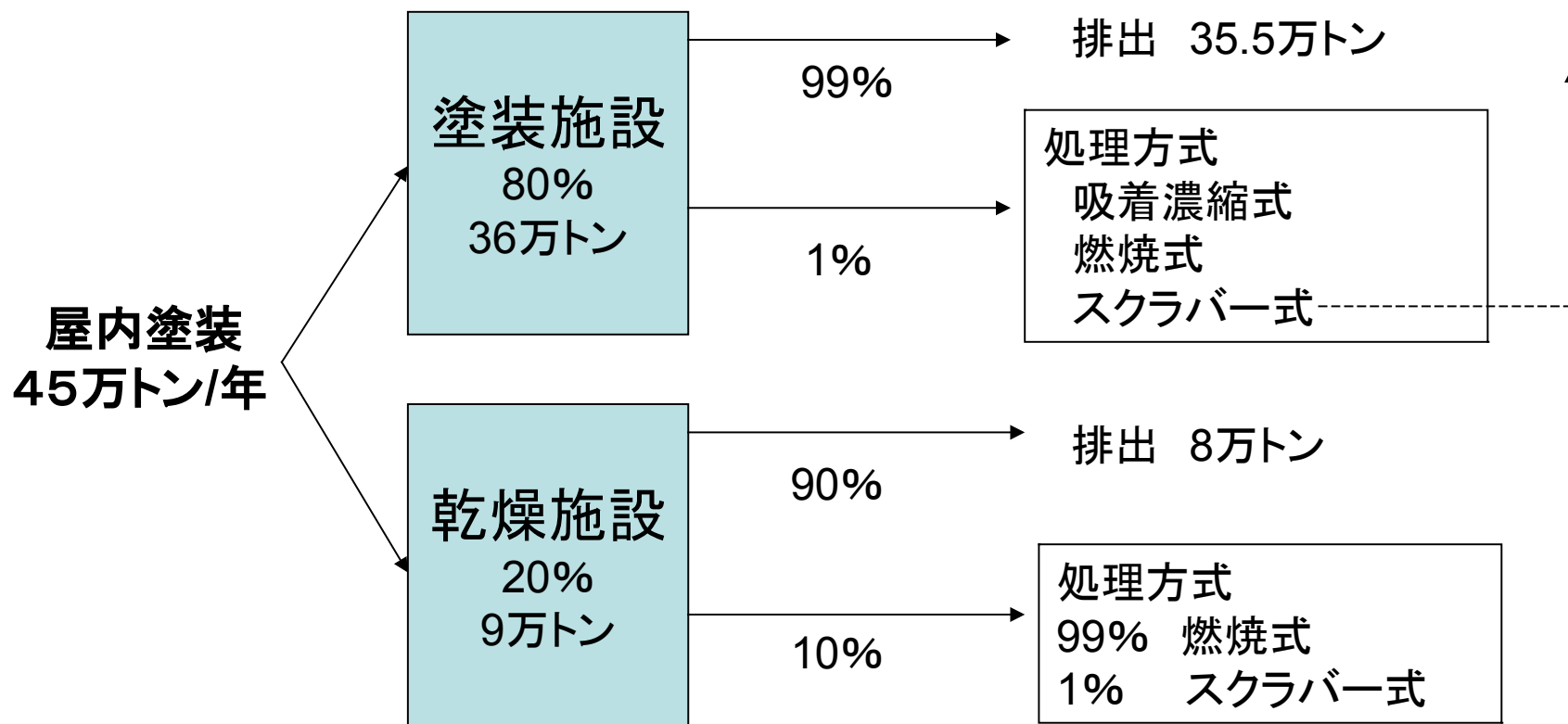
1. 固定源 VOC排出量

環境省資料2000年度



1.1 塗装施設でのVOC対策

- 工業塗装（屋内塗装）からのVOC排出45万トン
全体150万トンの30%（2000年度環境省）



1.2 政省令での規制数値

裾切り(特定施設と除外施設)

(VOC年間排出量 50トン(1施設あたり)基準)

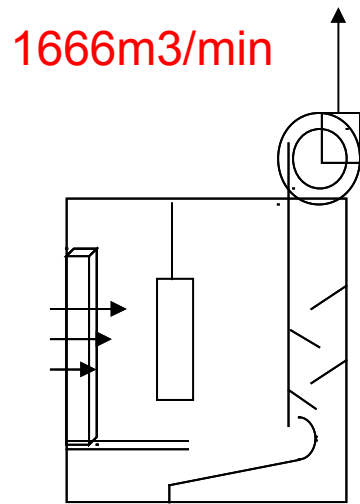
施設	規模
1. 塗装施設（吹付塗装に限る）	VOCを屋外に排出するための排風機の排風能力が1時間当り 100,000 立方メートル以上のもの (1666m³/min)
3. 吹付塗装以外 の用に供する乾燥又は焼付施設（電着塗装を除く）	乾燥・焼付のための送風機の送風能力（送風機がない場合は、排風機の排風能力）が1時間当り 10,000 立方メートル以上のもの (166m³/min)

1.3 濃度規制値

施設	基準値
1. 自動車製造の用に供する塗装施設（吹付塗装に限る）	既設 7 0 0 p p m C （≒ 9 0 p p m キシレン） 新設 4 0 0 p p m C （≒ 5 0 p p m キシレン）
2. その他の塗装施設（吹付塗装に限る）	7 0 0 p p m C （≒ 9 0 p p m キシレン）
4. 吹付塗装以外の塗装の用に供する乾燥又は焼付施設（電着塗装を除く）	6 0 0 p p m C （≒ 7 5 p p m キシレン）

1.4 塗装の規制

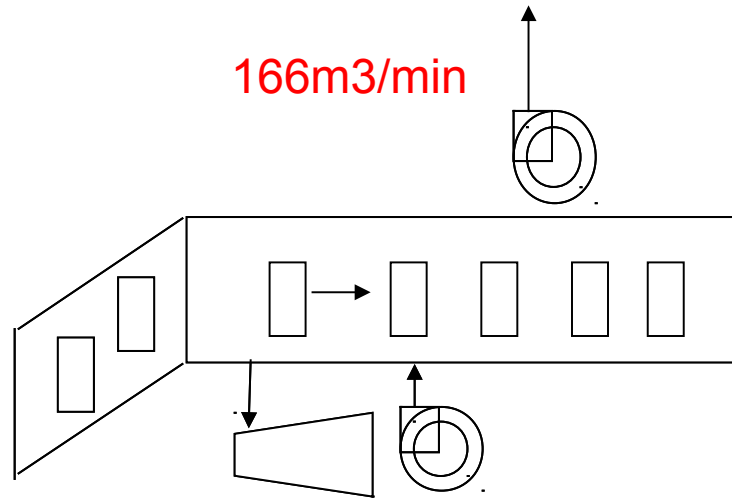
700ppmC（自動車新設400ppmC）



塗装施設

600ppmC

166m³/min

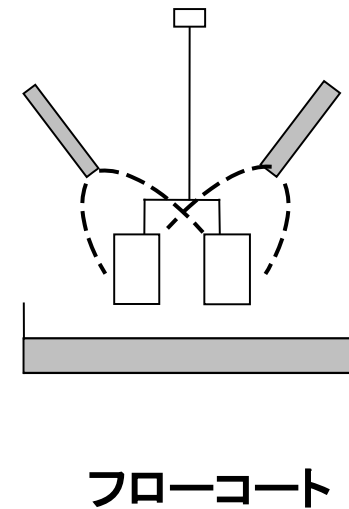
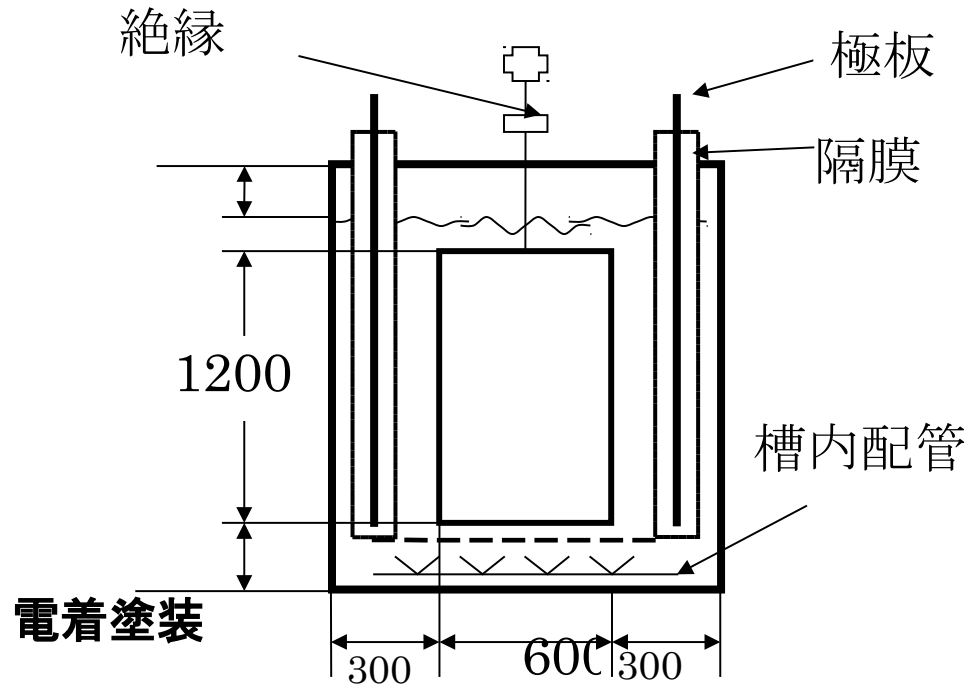
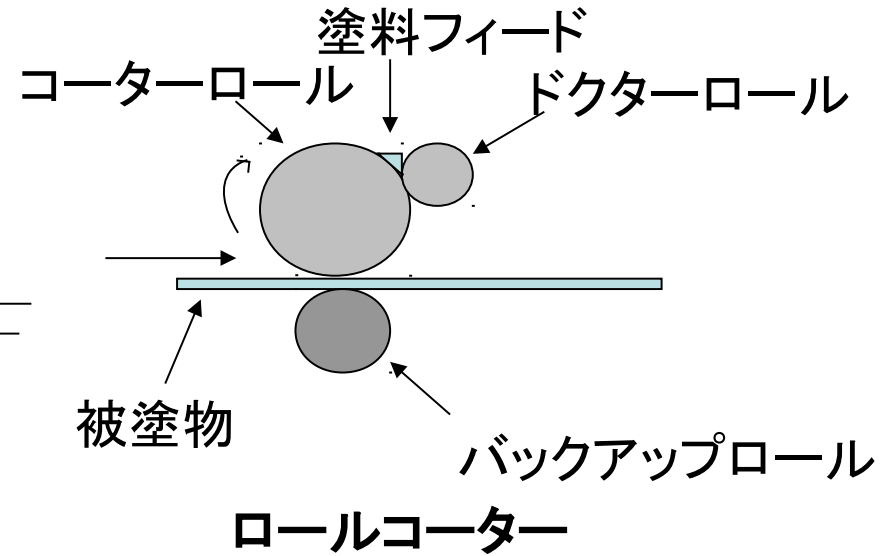
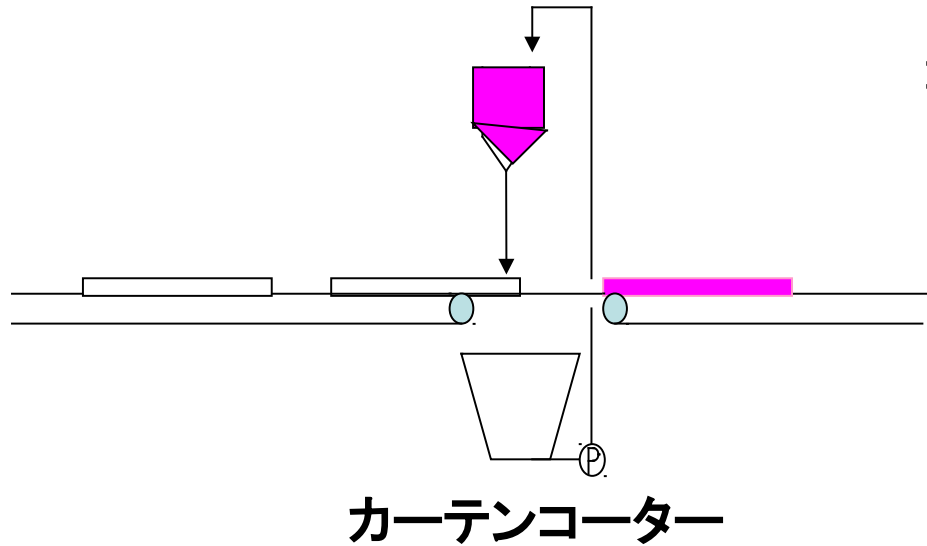


乾燥施設

1.5 吹付け塗装(噴霧塗装)



1.6 吹付け塗装以外の塗装



1.7 各種塗装方式による分類と規制対象

• 直接塗装

浸漬塗装

DIP塗装: 形状複雑、棒状

電着塗装: 内面防食、部品類

ローラー塗装

ロールコート塗装: カラー鋼板、合板

刷毛塗り塗装

しごき塗り塗装: 電線

流し塗り塗装

カーテンフロー: 建材

シャワーコート : タンク

乾燥炉

• 間接塗装

スプレー塗装

エアスプレー: 全般

エアレススプレー: 大型、建築

静電スプレー: 高級塗装

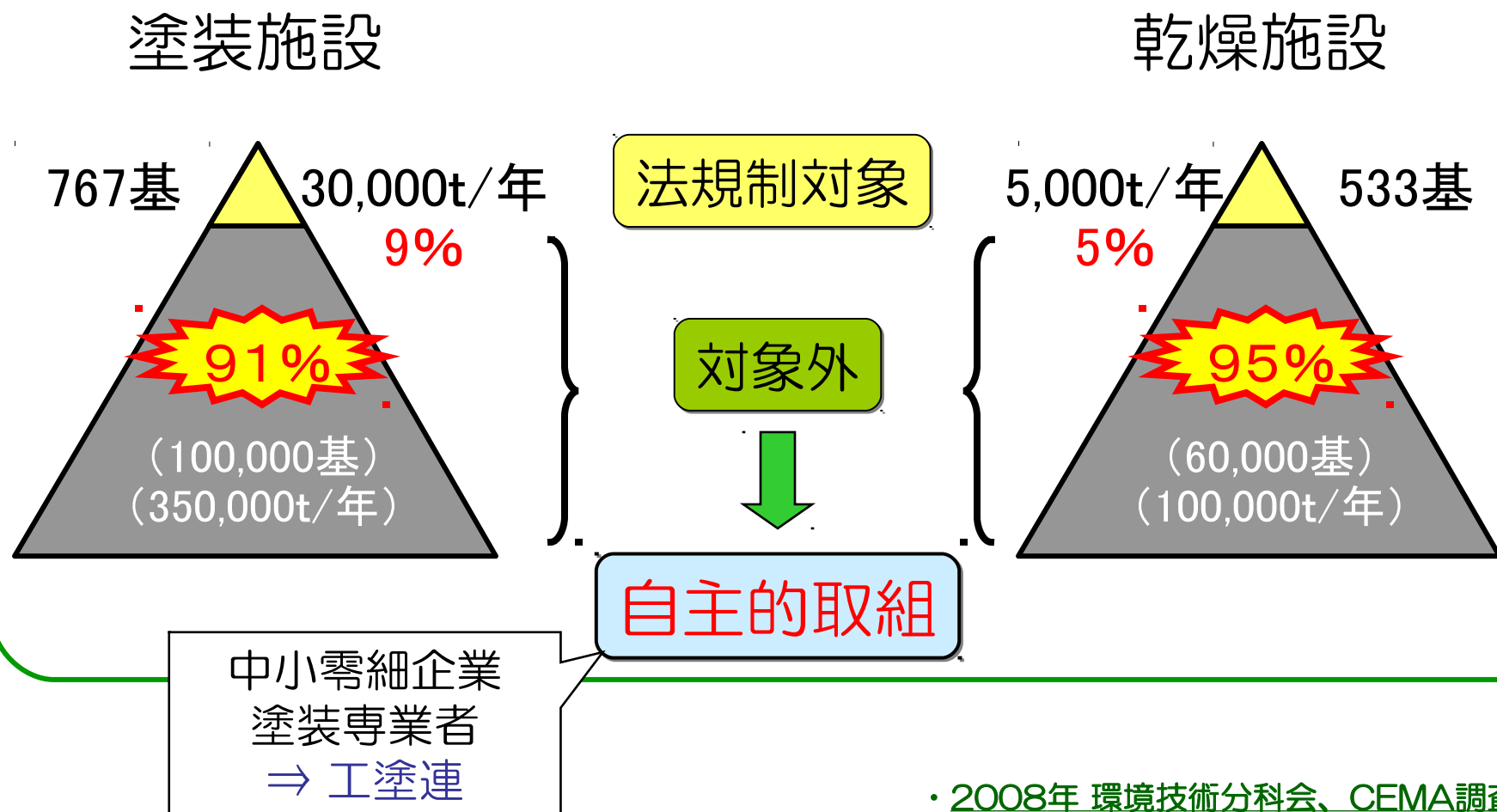
乾燥炉

粉体塗装

静電スプレー塗装: 工業製品全般

1.8 塗装の自主的取組の割合

VOC削減では、法規制対象外の企業にてさらなる取組強化が必要。



・ 2008年 環境技術分科会、CEMA調査
・ 第9回CEMA技術シンポジウム発表

1.9 塗装の自主的取組の割(平成19年度)

VOCの特定施設数: 総計**3776**の内

	規制対象施設	排出量(割合)H12基準
塗装施設	785 (0.7%)	3万トン/年(9%) 残91% (21%)
総数	(100000) 推定	35万トン/年
乾燥施設	529 (0.9%)	0.5万トン/年(5%) 残95% (25%)
総数	(60000) 推定	10万トン/年

参考: 環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/osen/kotei/h19.pdf>

2. 自主的取組み

全体30%削減目標の内、約20%は法規制以外

1. 行政の指導

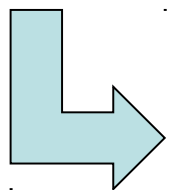
2. 業界団体の取組み

「工業塗装分野での取組み」を紹介

3. 環境意識の向上

2.1 「VOC削減をして**儲ける**」

日本工業塗装協同組合連合会（東京・埼玉・神奈川）
日本塗装機械工業会

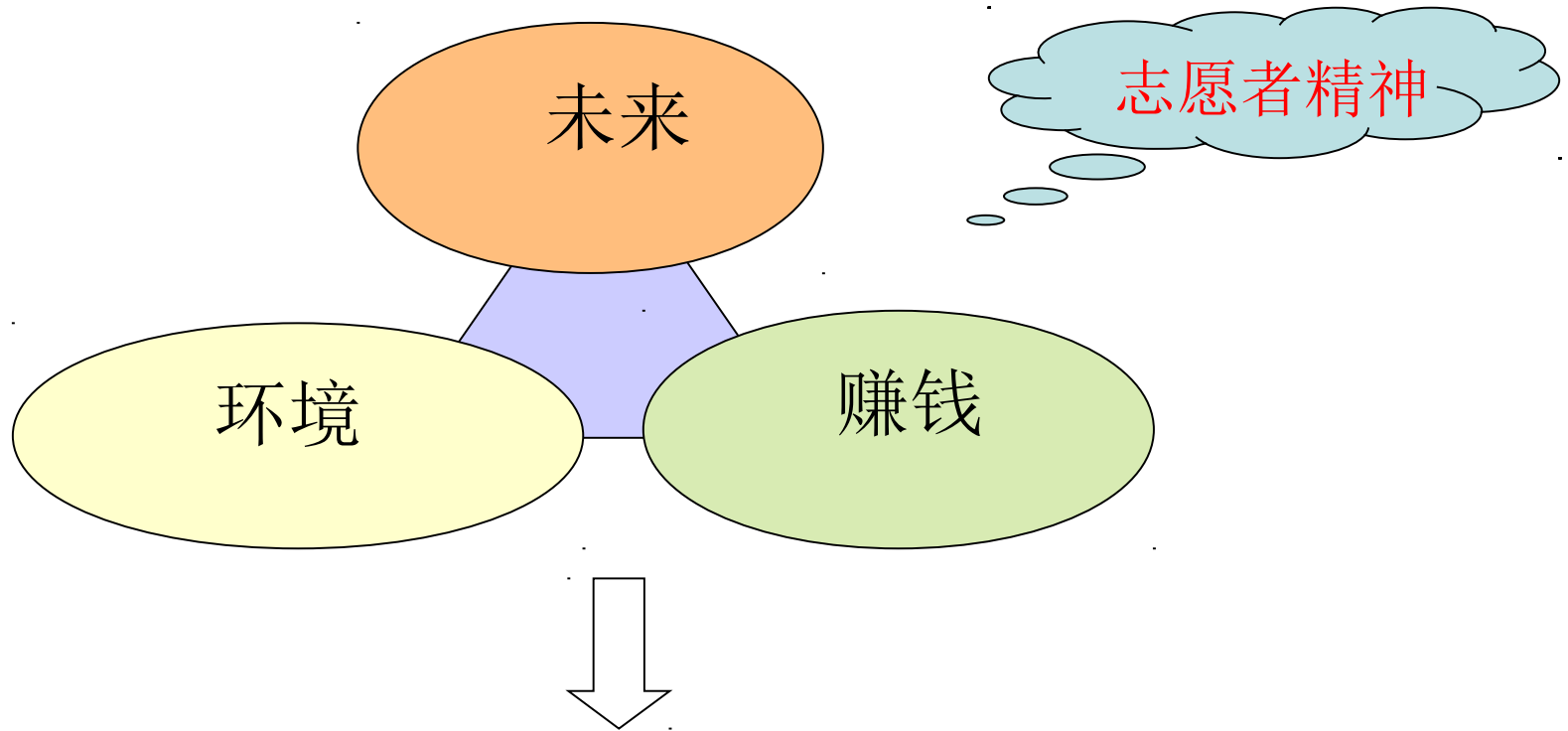


組織化：工業塗装高度化協議会

「環境技術分科会」

- ・ **無駄な**塗料・シンナーはないか
- ・ **再利用**できるものはないか
- ・ 塗料・塗装方法は**間違っ**てないか

2.1.1 工業塗装高度化協議会



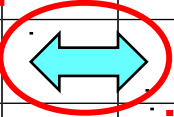
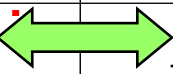
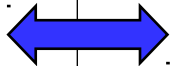
2014年

國際工業塗装高度化推進會議

IPCO (international Promoting Council of Industrial Coating)

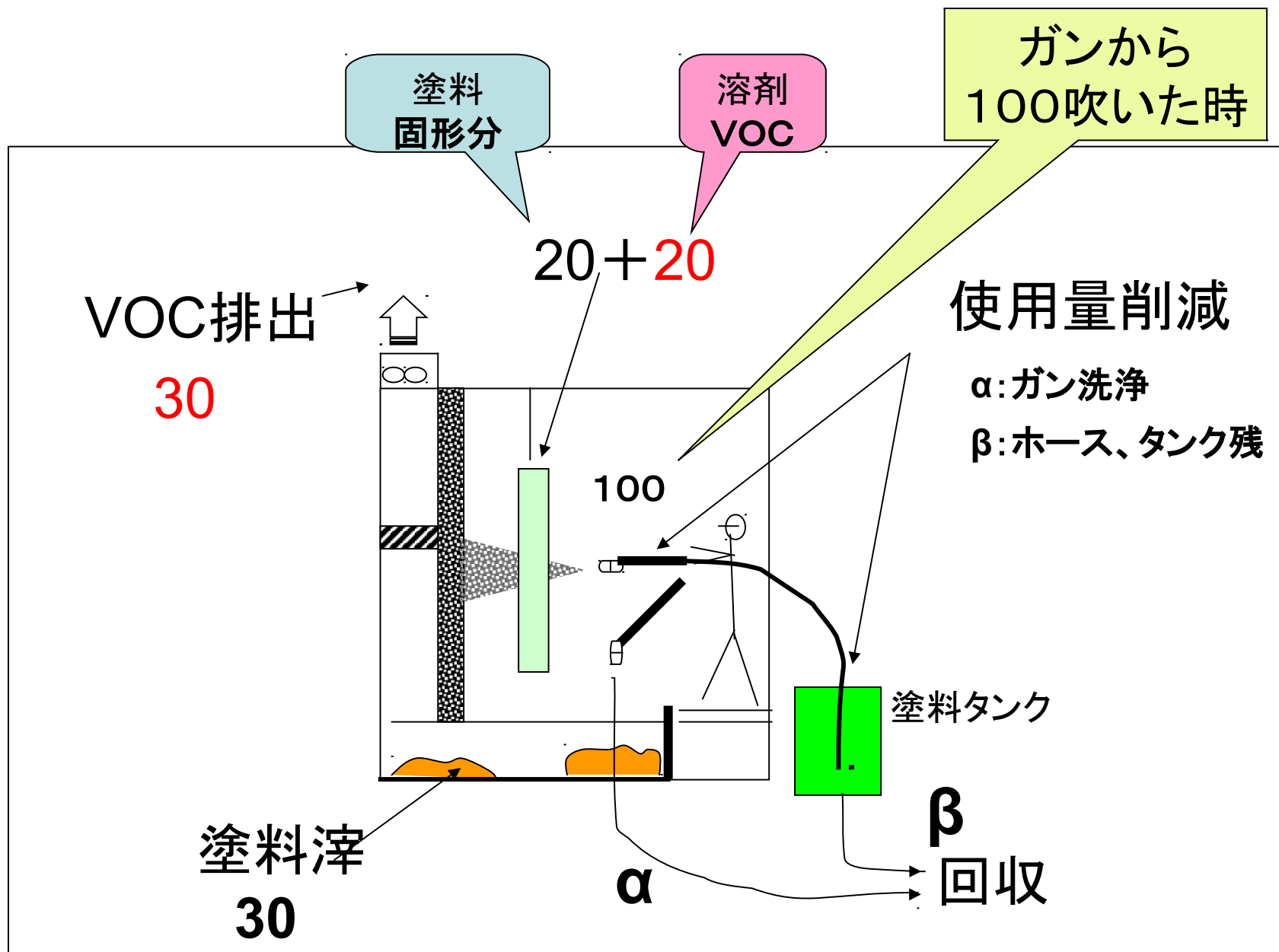
2.1.2 環境技術分化会 活動計画

環境技術分科会のVOC削減活動計画

	2008				2009					
活動項目	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
洗浄時のVOC対策										
臭気・ブースの対策										
産廃の対策										
塗料の対策										
塗り方・機器の対策										
セミナー開催 “ECOで儲ける”										

◆2009.6.18(木).東京
2010.2.26(金).大阪

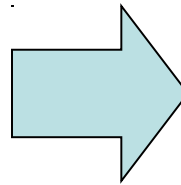
2.2 手動塗装ブースでのVOC削減



2.2.1 ホースの見直しによる塗装ブースまわりの変化



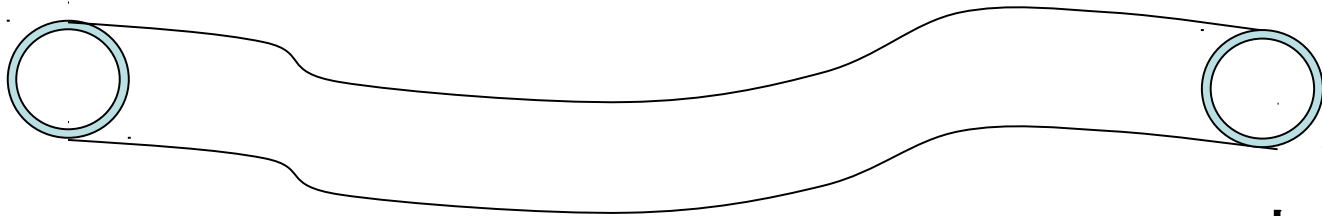
簡単な改善



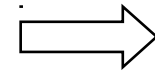
ホース長さ短縮
タンク位置変更

2.2.2 ホース内の残分削減

1. 塗料ホースの見直し



$$V = \pi D^2 / 4 \times L$$



直径
長さ
材質

2. 色替え時の塗料・溶剤量の最小化



2.2.3 事例一 “作業見直し”前の洗浄コスト

洗浄年間コスト＝約35万

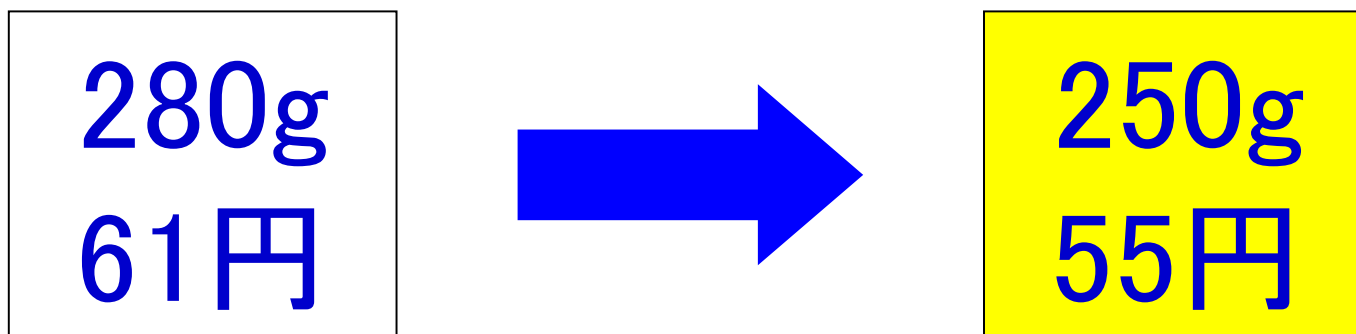
塗装機	ペイントタンク(10L)アネスト岩田製
ガン	W101 口径0.8
タンク圧	0.1MPa
ホース	ウレタンホース 外径8ー内径6mm
塗料	ウレタン2液 白系

280g／1回 61円

61円×22回/日×263日

2.2.4 まずは「ホース長さ見直し」で、約10%削減

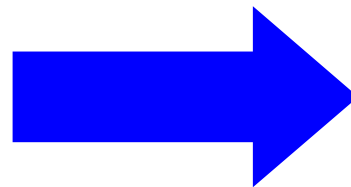
	従来	改善後
長さ	5m	4m
使用量	280g	250g



2.2.5 さらに「ホース種類見直し」で、50%以上改善可

	従来	改善後
ホース種類	ウレタン Φ8-6mm	テフロン Φ8-6mm
使用量	280g	129g

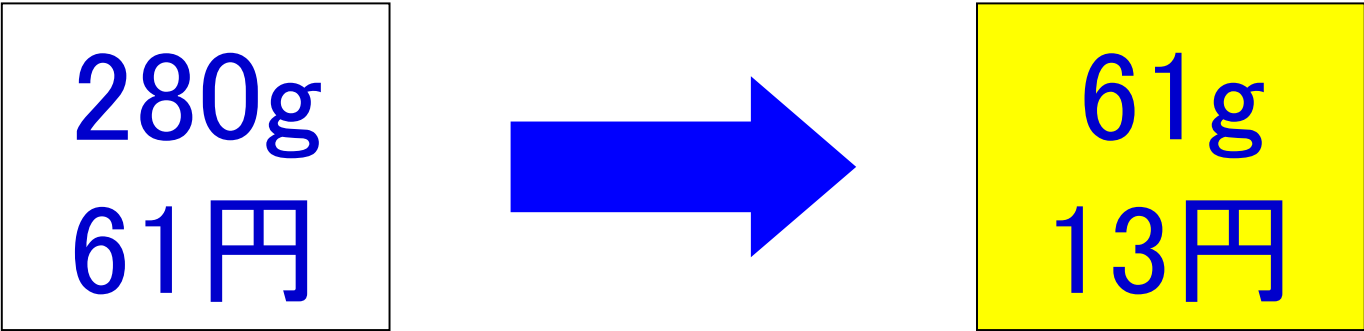
280g
61円



129g
28円

2.2.6「ホース種類 & 内径見直し」を加えれば、約80%削減！

	従来	改善後
ホース種類	ウレタン Φ8-6mm	テフロン Φ6-4mm
使用量	280g	61g



2.2.7 ホース種類の価格比較

ウレタンホース
Φ8-6mm



6,000円／20m

テフロンホース
Φ8-6mm



11,500円／20m

テフロンホース
Φ6-4mm



8,600円／20m

従来品

(長さの最適化で改善)

ホース種類対策品

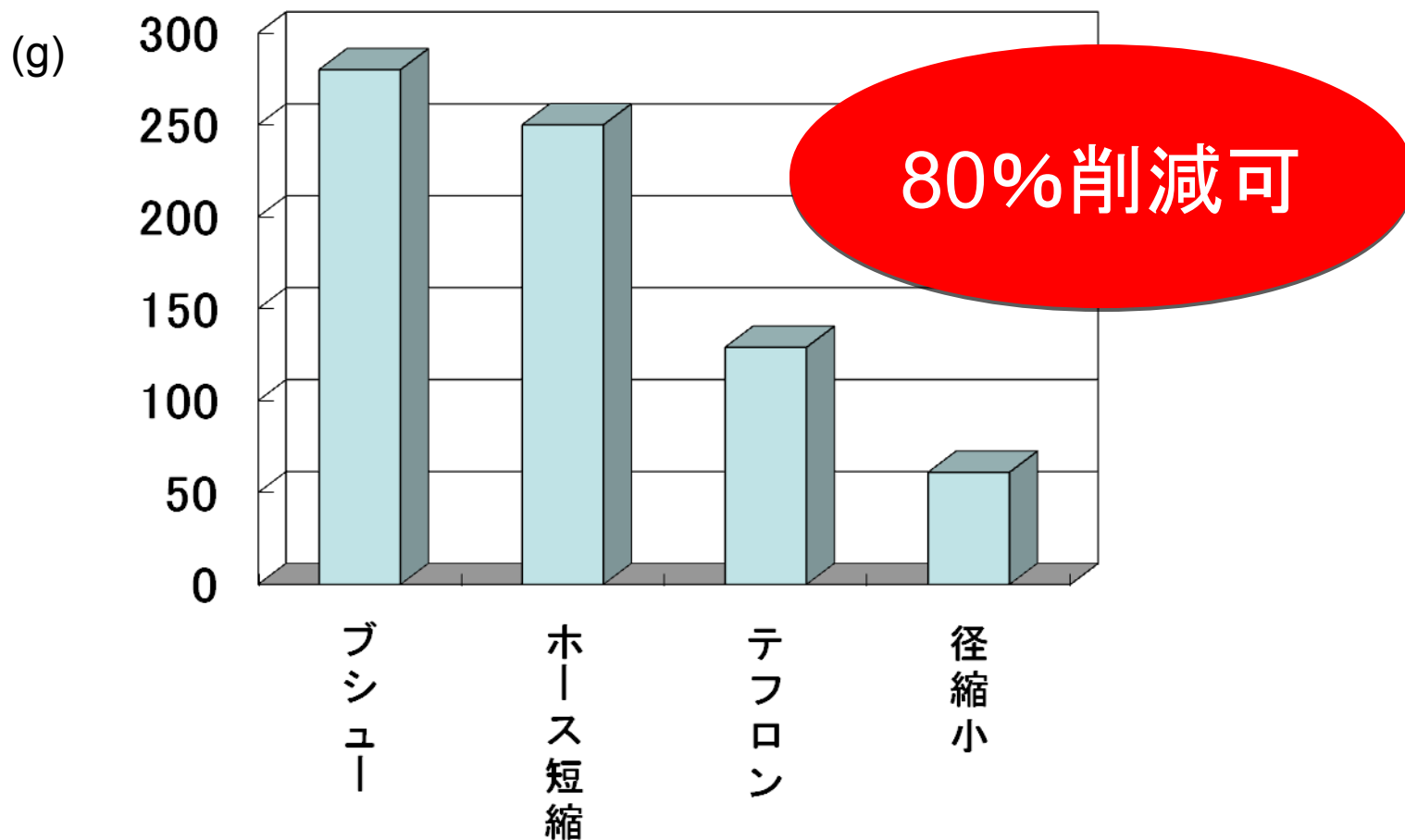
(長さ・種類の最適化)

ホース太さ対策品

(長さ・種類・太さの最適化)

2.2.8 ホースの見直しによる塗装ブースまわりの変化

シンナー使用量 g /1回

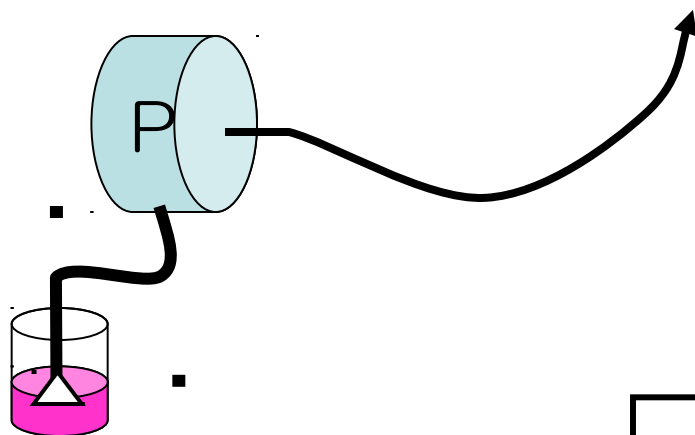


2.3 色替え時の廃棄量

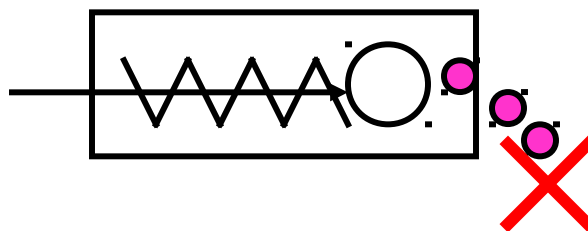
- 塗料は色が替わる都度、ホースなどの洗浄が必要
1. 作業標準はどうなっているか？
 2. シンナー使用量は測っているか？
 3. 色替え時の塗料廃棄量（押し出し量）は？
 4. 色のまとめり具合は？

2.3.1 洗浄時のVOC削減対策

塗料用クイックジョイントの使用



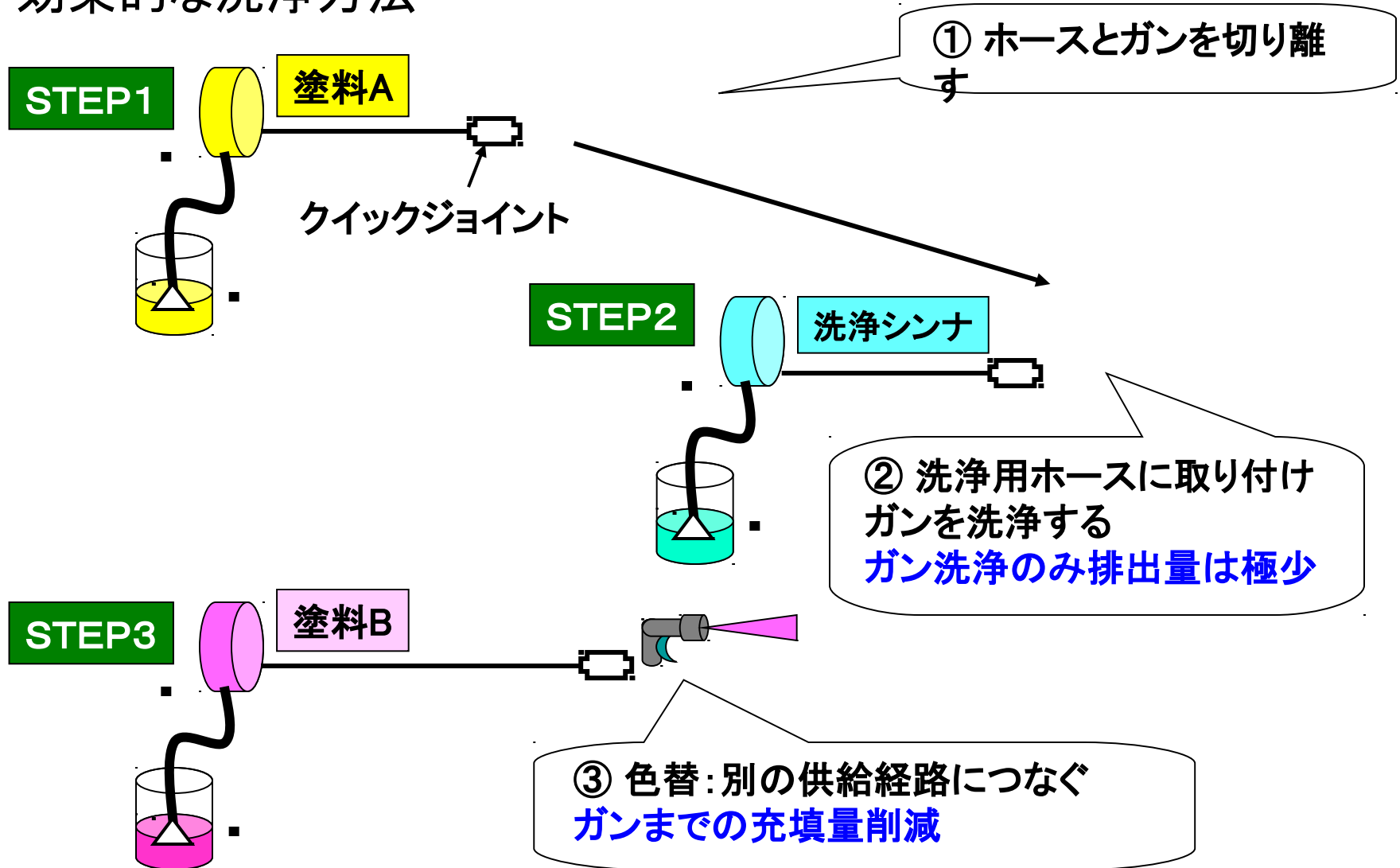
塗料用クイックジョイント



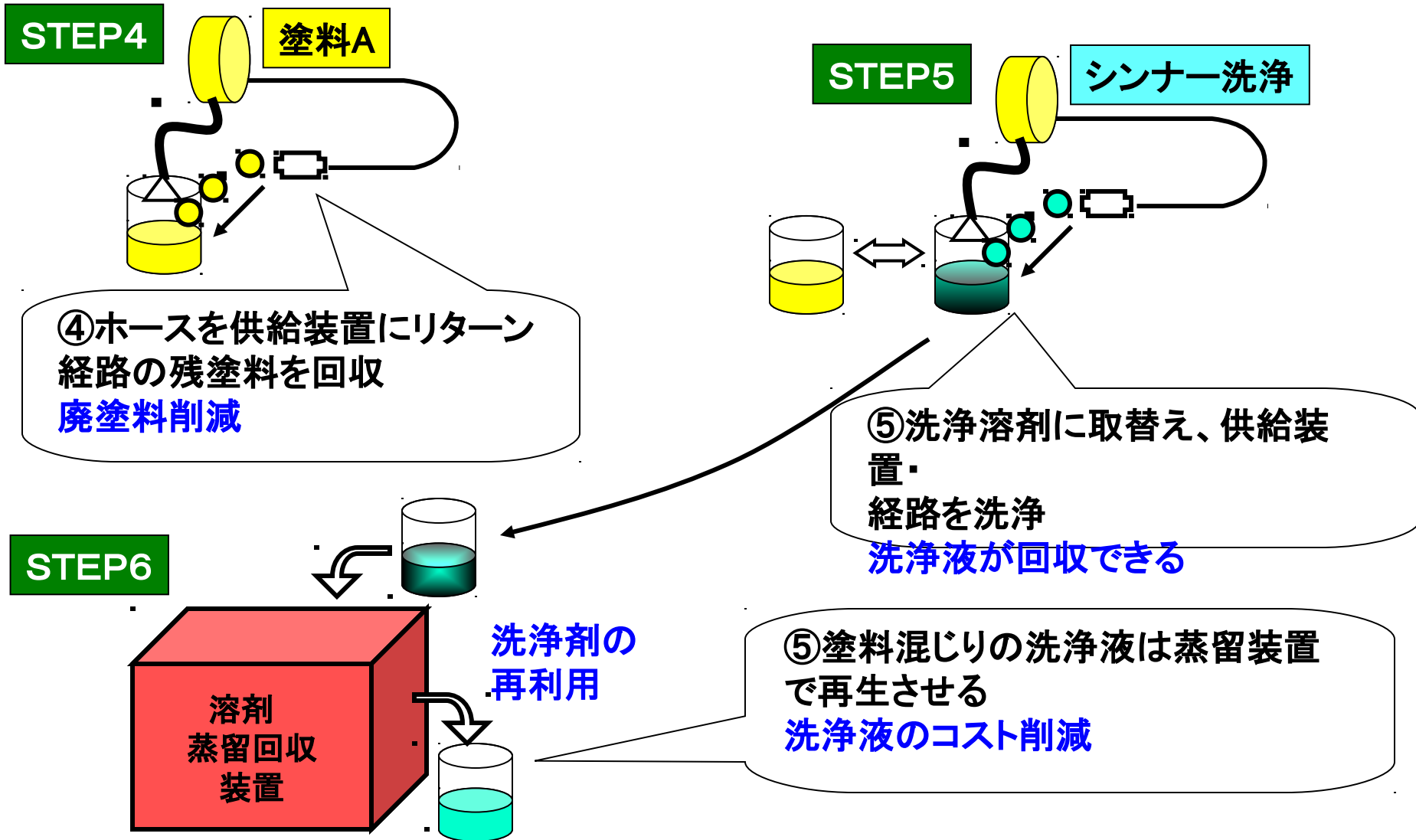
内部は逆止弁構造より
塗料は溢れない

2.3.2 洗浄時のVOC削減対策

効果的な洗浄方法



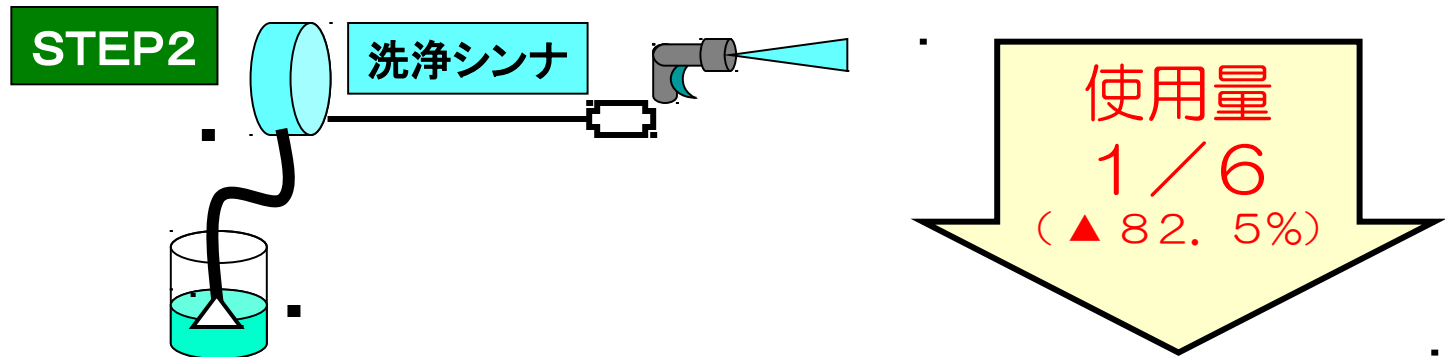
2.3.3 洗浄時のVOC削減対策



2.3.4 洗浄時のVOC削減対策

シンナー使用量削減効果

対策前(現状把握)	1日	2日	3日	4日	5日	平均
シンナー廃棄量(g)	30	20	30	20	20	24g/1回



対策後	1日	2日	3日	4日	平均
シンナー廃棄量(g)	2	5	5	5	4.2g/1回

1ライン全体の調査(中)

336g
(1回の廃棄合計)

▲34.2%

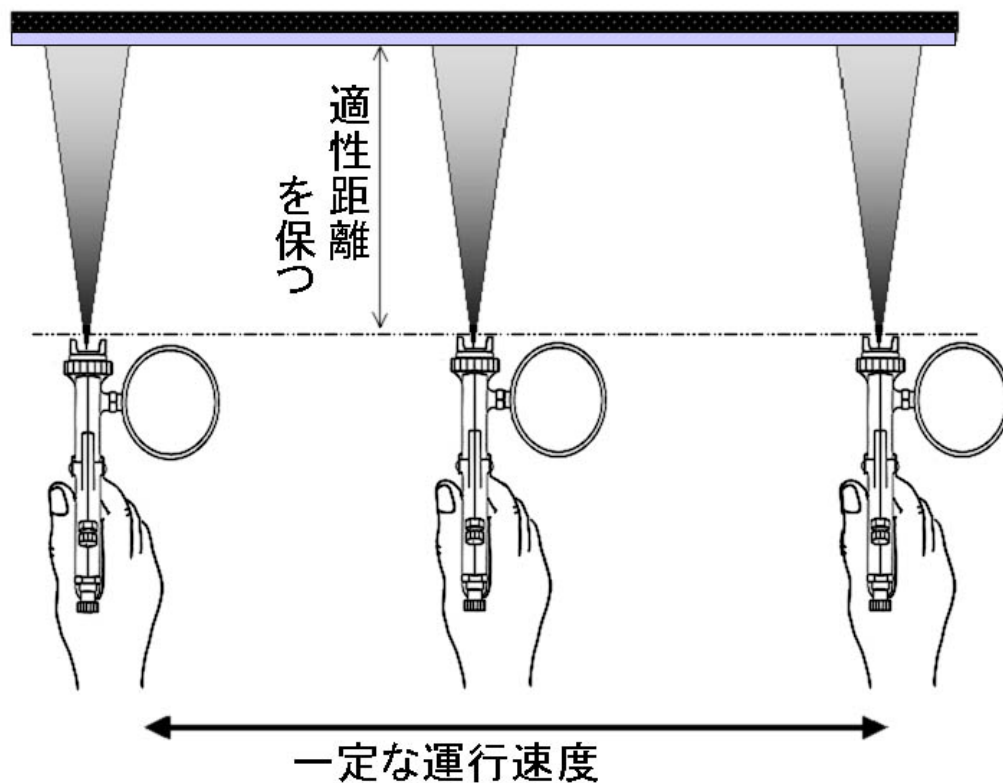
221g
(1回の廃棄合計)

2.4 機器の操作基準

ハンドスプレー塗装におけるスプレー操作の基本

(1) 吹き付け距離

(2) スプレーガンの運行と速度



吹き付け距離

大型ガン: 20～30cm

小型ガン: 15～20cm

運行速度: 30～60cm/s

図 スプレーガンの正しい動かし方

2.4.1 吹き付け角度の違いによる特性



吹き付け角度
90°
塗着効率
43%
光沢度(Gs)
94%
膜厚(μm)
23



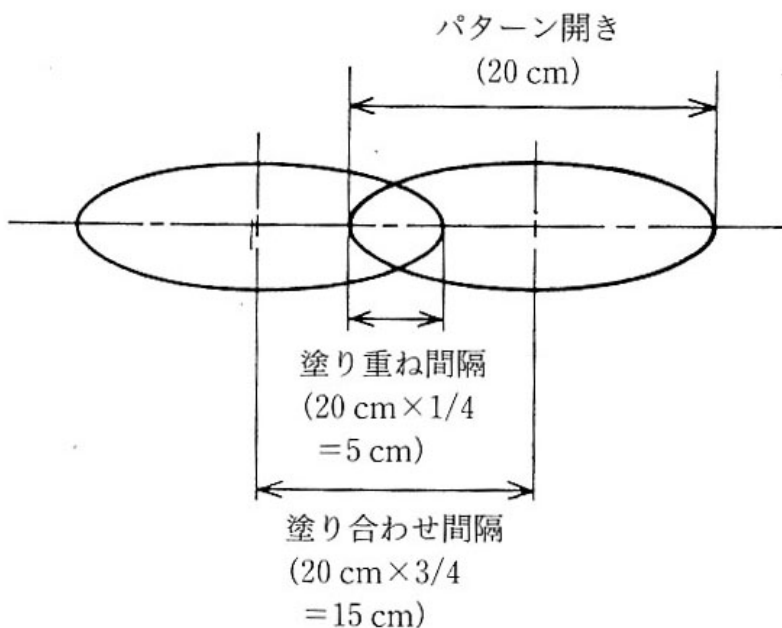
吹き付け角度
約60° 約45°
塗着効率
36% 26%
光沢度(Gs)
90% 37%
膜厚(μm)
20 16

使用塗料：メラミン樹脂塗料 (20秒NK-2)

被塗物：アルミ板 (30 × 40cm) ノズル口径：1.3mm

吹き付け圧力：0.25MPa 重力式 垂直距離：約 20cm

2.4.2 塗装における技術(塗り重ね)



一般的な塗り重ね間隔
 $1/4 \sim 1/2$

図 パターンの塗り重ねと塗り合わせ間隔

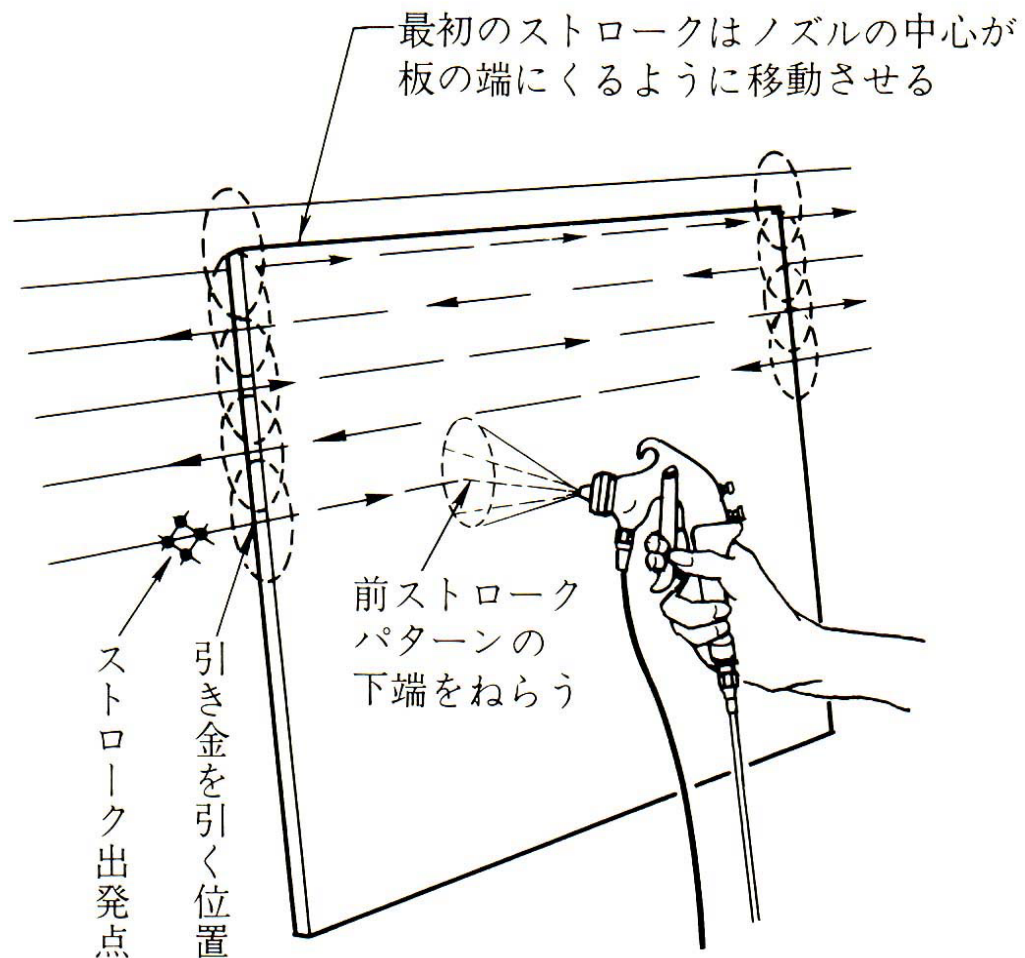


図 スプレーパターンの塗り重ねと運行方法

2.5 塗装現場でのVOC削減

- ハード面での対策
- (一例)
- 洗浄槽の蓋
- ホース長さの短縮
- 高効率塗装機の導入
- 溶剤再生装置の導入

- ソフト面での対策
- (一例)
- 歩留まりの向上
- 適正使用量での調合
- 色別塗装の集約
- 適正な材料発注
- 塗装方式の見直し
- 洗浄方式の見直し

参照: VOC排出抑制に向けた近畿地域ネットワークについて

<http://www.kansai.meti.go.jp/3-6kankyo/business/h22VOC-kinkinet.html>

2.5.1 歩留まりの向上

- 不良率の改善（原因：ゴミブツが圧倒的に多い）

現場調査 → 不良品の解析 → 原因と対策

歩留まりが90%から93%に向上

効果の測定（毎月の効果）

塗料：100万円 → 97万円

溶剤：20万円 → 19万円

これに掛かる塗装費：材料代の3倍として

4万円

12万円

VOC削減活動＝コスト削減活動

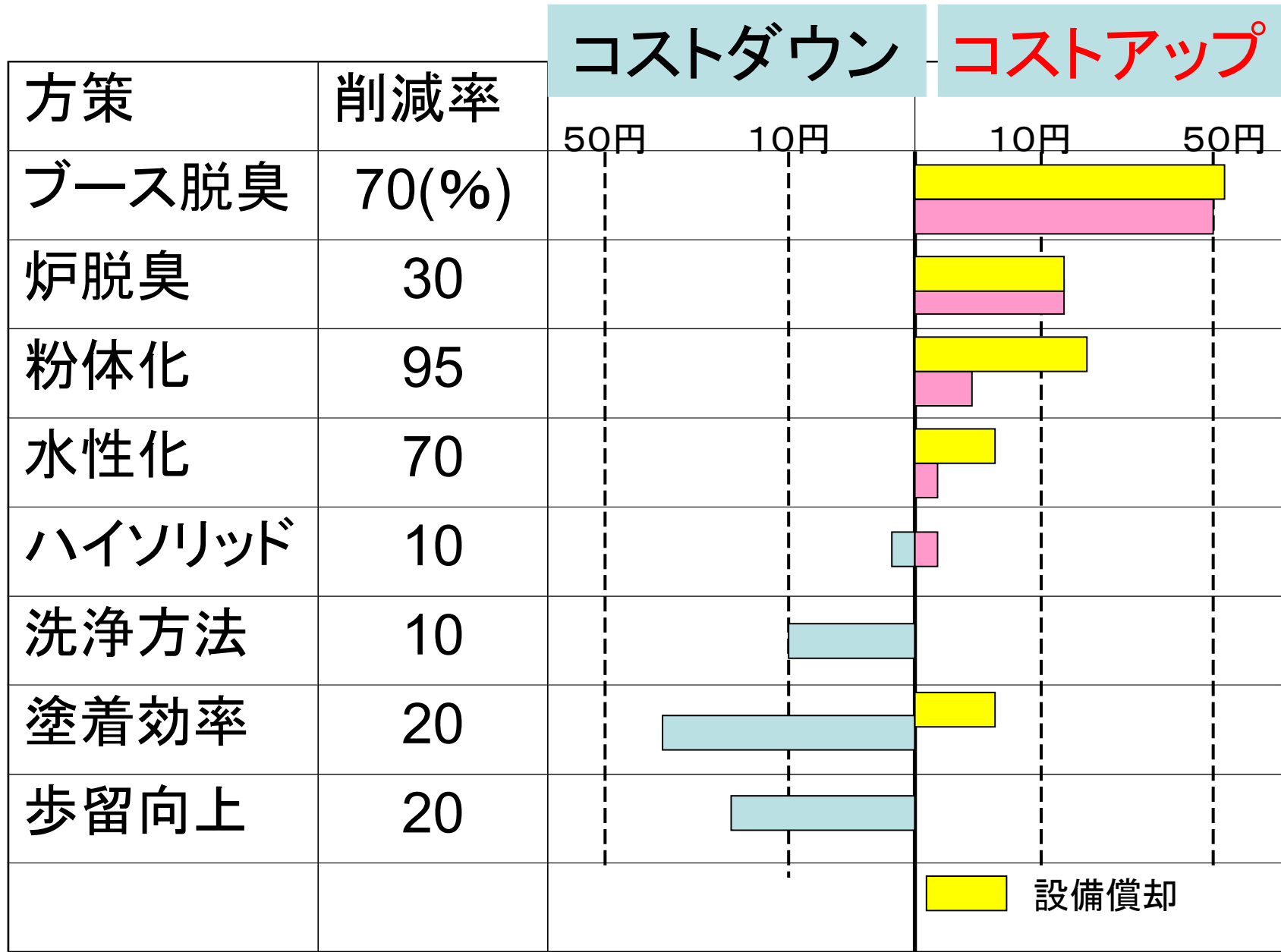
2.5.2 塗装ラインの現状把握

塗装費用は？

$$\frac{\text{塗料} + \text{副資材} + \text{動力費} + \text{運送費} + \text{人件費} + \alpha}{\text{塗装面積 (m}^2\text{)}}$$

原単位： m²当り ○○円
(または台・個当り)

2.5.3 VOC削減方策のコスト増減



2.6 VOC対策推進のための環境省の取組

- ・「VOC(揮発性有機化合物)排出抑制 推進セミナー」の開催
- ・排出抑制の参考になるパンフレット等の作成
- ・「揮発性有機化合物(VOC)対策功労者表彰」
- ・環境技術実証事業VOC処理技術分野(中小事業所向けVOC処理技術)



2.6.1 平成22年度功労者表彰

○功労者特別表彰

部 門	会社・団体	取 組 概 要
自主的取組又は規制に関連した取組	株式会社ホンダボディサービス栃木 (栃木県宇都宮市)	【自動車補修塗料の水溶性によるVOC削減】 ○水性補修塗料への100%代替。 ○低VOCクリヤーコート導入によるVOC排出量の削減。 ○技術力の向上による対策促進。 ○市民への啓蒙活動。
VOC対策の推進に資する取組	工業塗装高度化協議会環境技術分科会 (東京都新宿区)	【工業塗装における環境負荷低減と塗装技術向上に向けた活動】 ○中小企業向け低コスト対策技術の提案と実証。 ○セミナー等による積極的な情報提供・普及啓発活動。 ○産廃のリサイクル化推進、塗装ゾーンにおけるゴミブツ削減による効率向上等の推進。

○功労者表彰(自主的取組又は規制に関連した取組部門)

- ・パナソニック株式会社ホームアプライアンス社自販機ビジネスユニット(滋賀県草津市)
- ・株式会社日商グラビア(千葉県八千代市)
- ・西日本旅客鉄道株式会社近畿統括本部吹田工場(大阪府吹田市)
- ・株式会社ブリヂストン化工品技術センター(神奈川県横浜市)
- ・四国計測工業株式会社(香川県仲多度郡多度津町)
- ・社団法人日本塗料工業会(東京都渋谷区)
- ・近畿自動車車体整備協同組合連合会 古川 五夫(大阪府大阪市)

3. 工業塗装のVOC排出抑制の課題

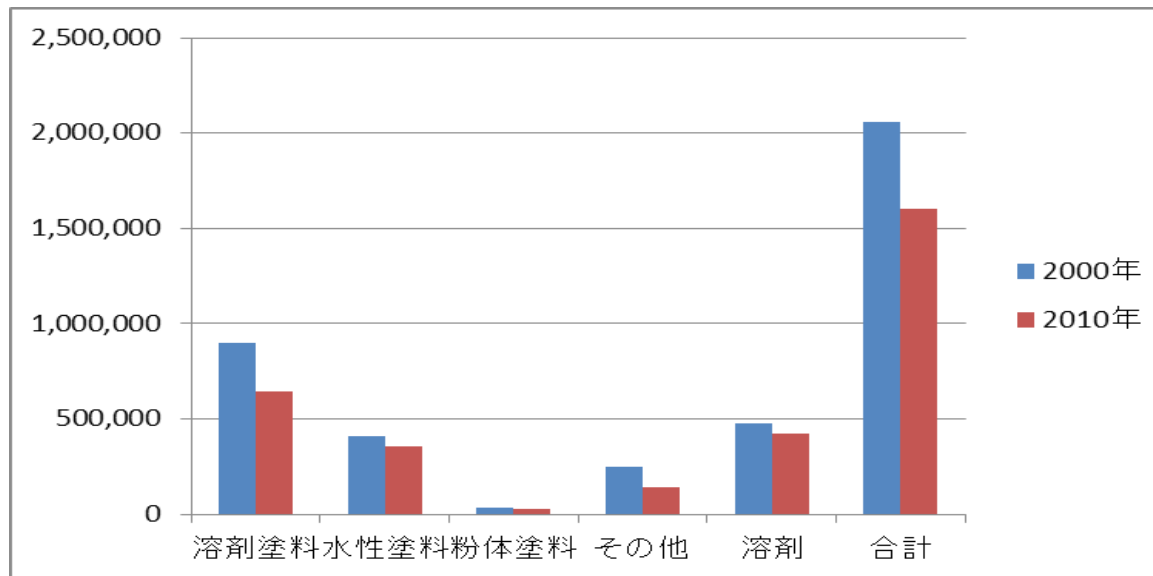
1. 工業塗装の責任
実質的削減への努力が必要
2. 「吹付け塗装」からの転換
塗着効率向上への技術開発
3. 低VOC塗料への転換
水性・粉体塗料の塗装方法改良

3.1 「30%削減」達成の実情

1. 塗料全体出荷額の落ち込み
2. 自動車塗装の水溶性化
3. 自主的取組みの相乗効果の期待

＊ 工業塗装での実質的な排出抑制技術は確立できていない

3.1.1 2000年⇒2010年の塗料推移



2000年

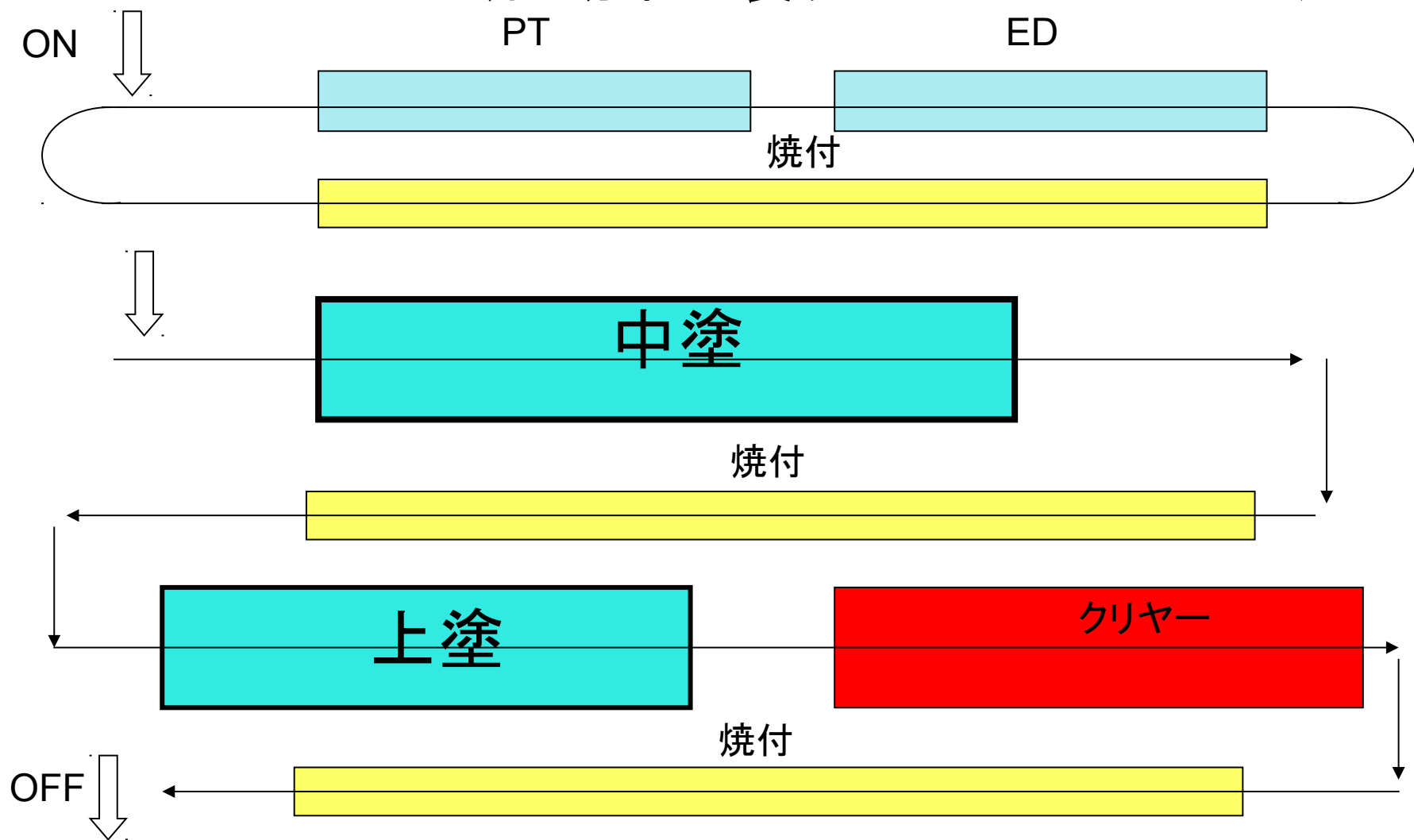
2010年

溶剤塗料	896,191	645,254
水性塗料	411,386	357,390
粉体塗料	32,099	29,729
その他	246,296	141,379
溶剤	474,633	426,263
合計	2,060,605	1,600,015

Ton/年

3.1.2 自動車塗装の水性化

(自動車塗装ラインフローチャート)



3.1.3 自主的取組みの効果

- * 業界での取組み

 - 自動車補修業界の水性化

- * 粉体塗装の普及活動

 - パウダー協を中心

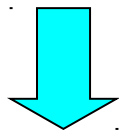
- * VOCセミナーの継続

 - 業界未加入の中小事業者の意識改革

3.2 吹付け塗装からの転換

屋内塗装から

45万トンのVOC排出



吹付け塗装から

35万トンのVOC排出

(78%)



3.2.1 排ガス中のVOC濃度

0.01%

塗装ブース



0.2%

乾燥炉

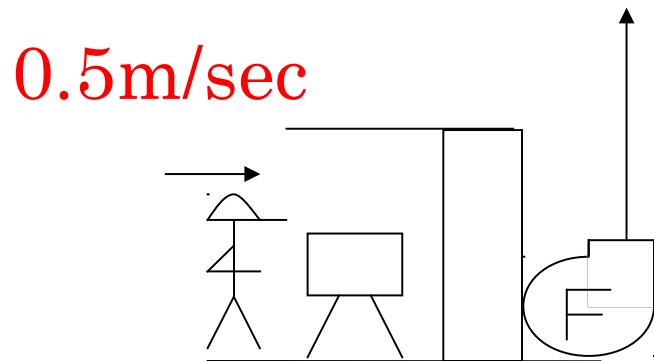


3.2.2 塗装ブースの規定

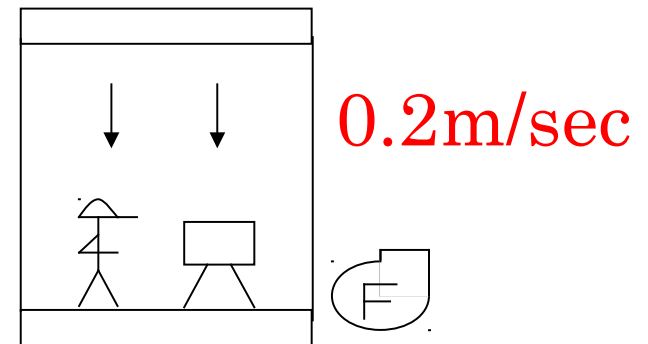
塗装ブース: スプレー(噴霧)塗装をする排気装置が付いた装置

局所排気装置: 労安法の有機溶剤中毒予防規則では有機溶剤を取り扱う塗装ブースを「局所排気装置」という。

ここでの「制御風速」を基準として設計される。(作業者の保護のため)



側方吸引型



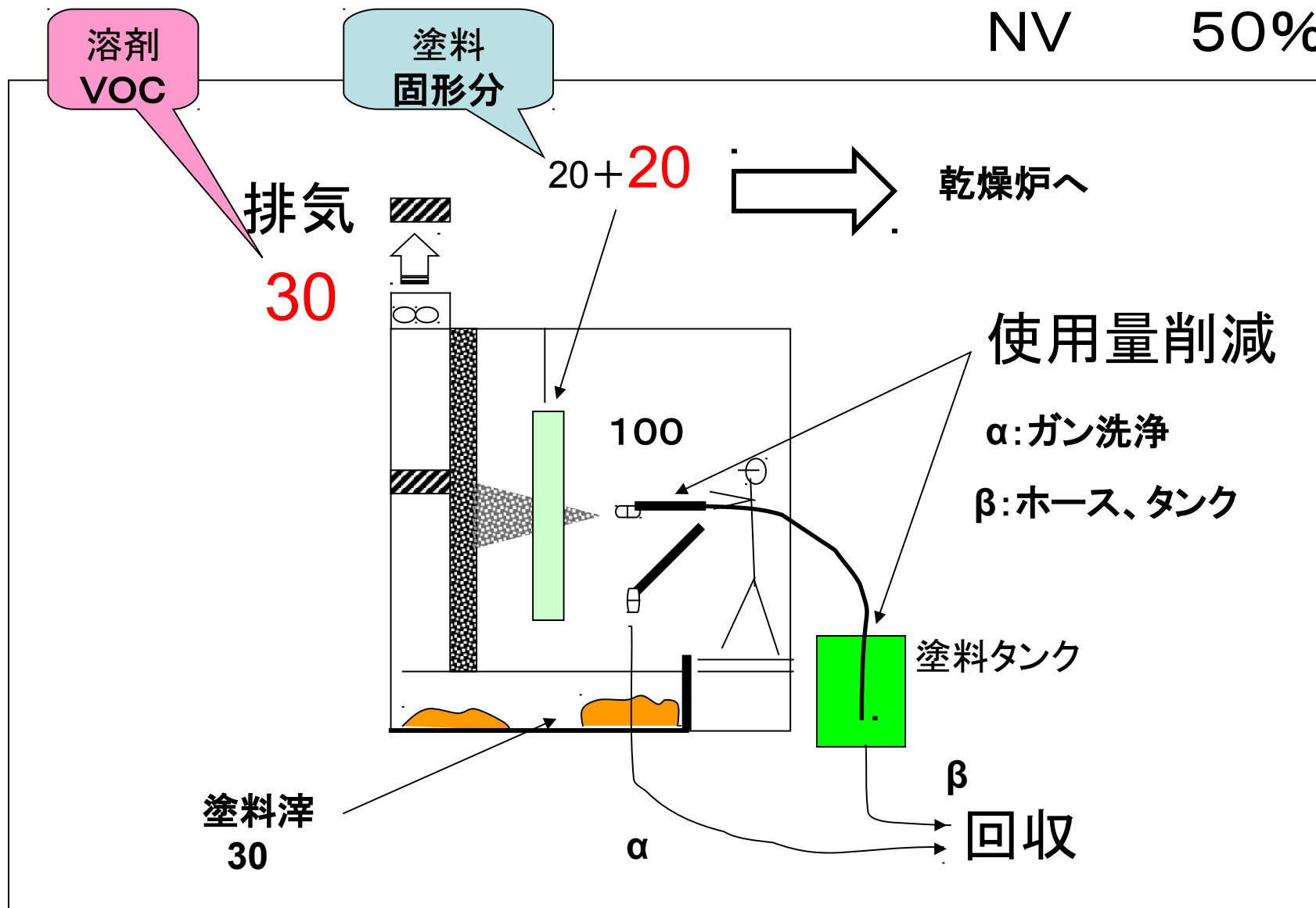
プッシュプル型

3.2.3 塗装ブースでのVOC

塗着効率40%

NV

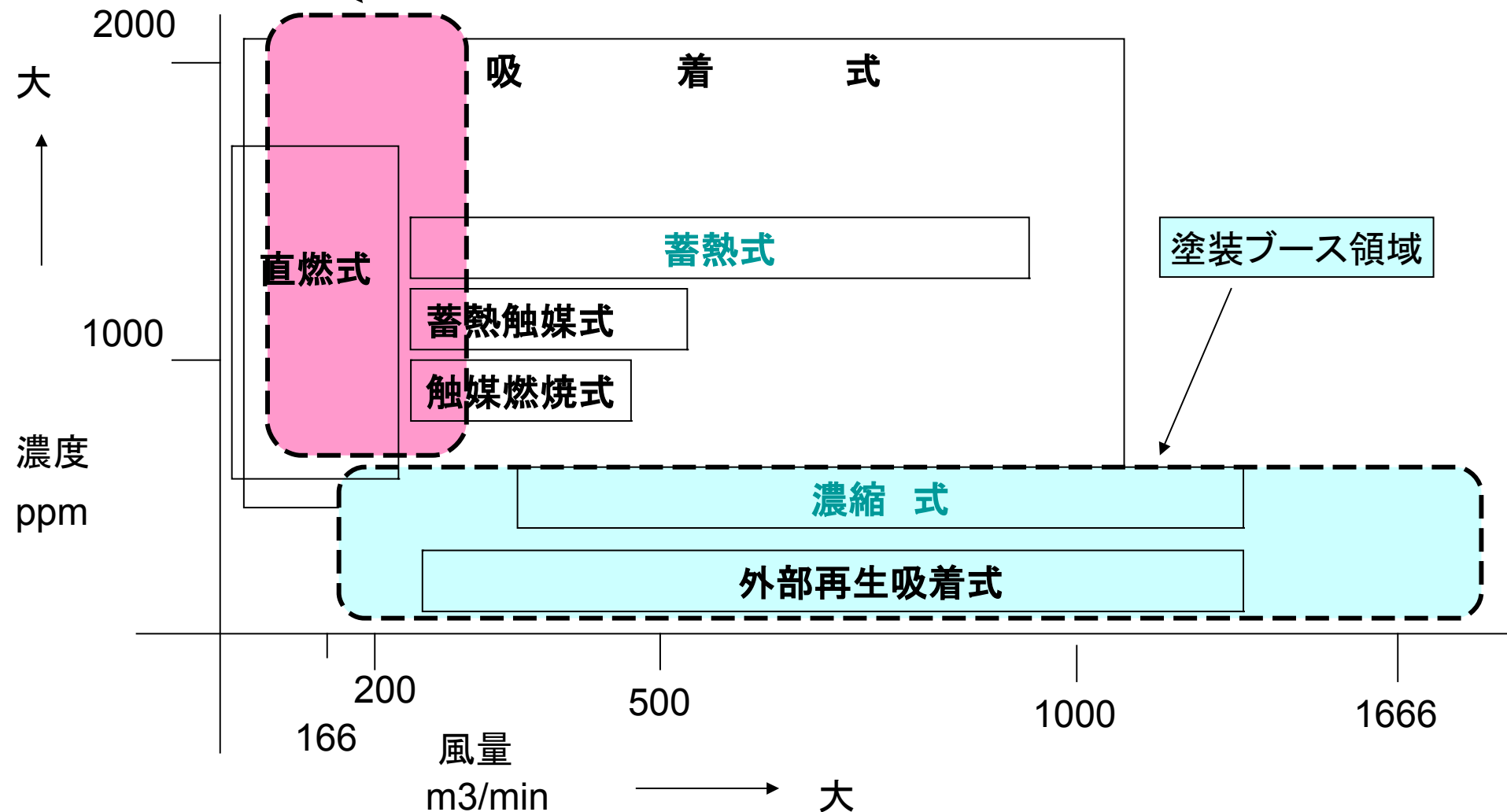
50%



3.2.4 排ガスの状態と適用装置

(塗装ライン)

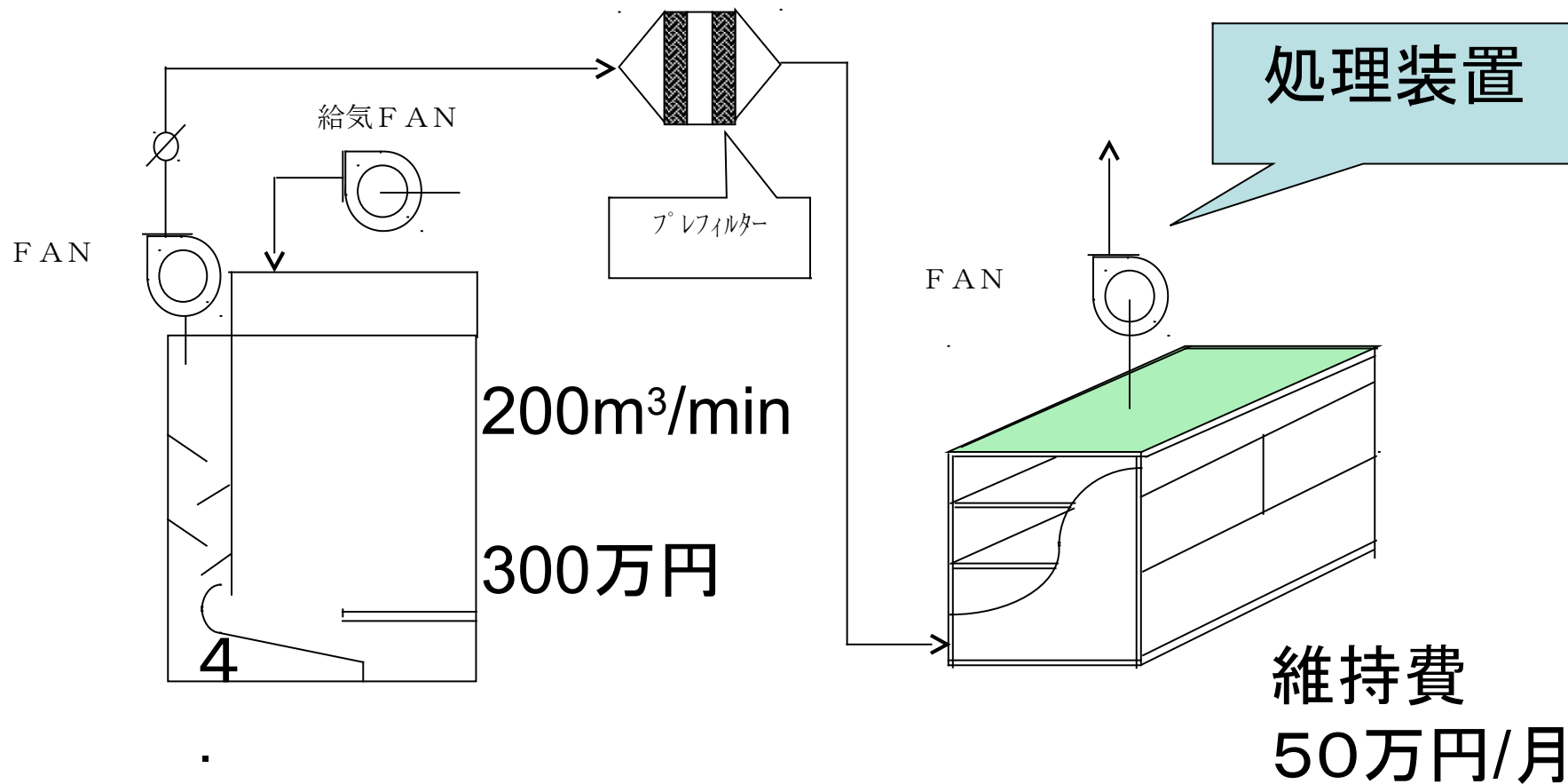
乾燥炉領域



3.2.5

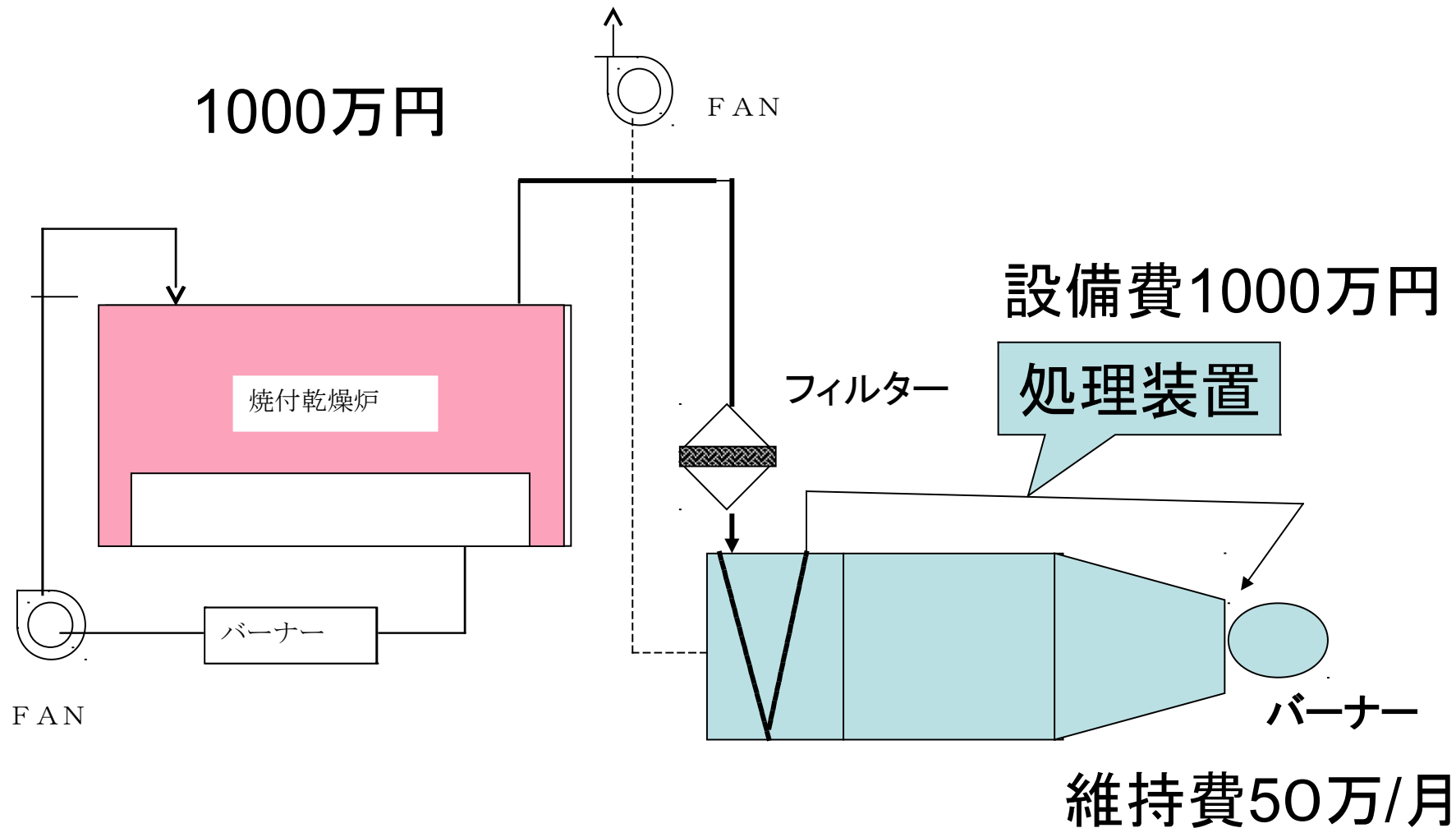
塗装ブース：排ガス処理フロー

設備費：約4000万円



3.2.6 乾燥炉：排ガス処理フロー

廃熱利用？ $\approx 400^{\circ}\text{C}$ ($50\text{m}^3/\text{min}$)

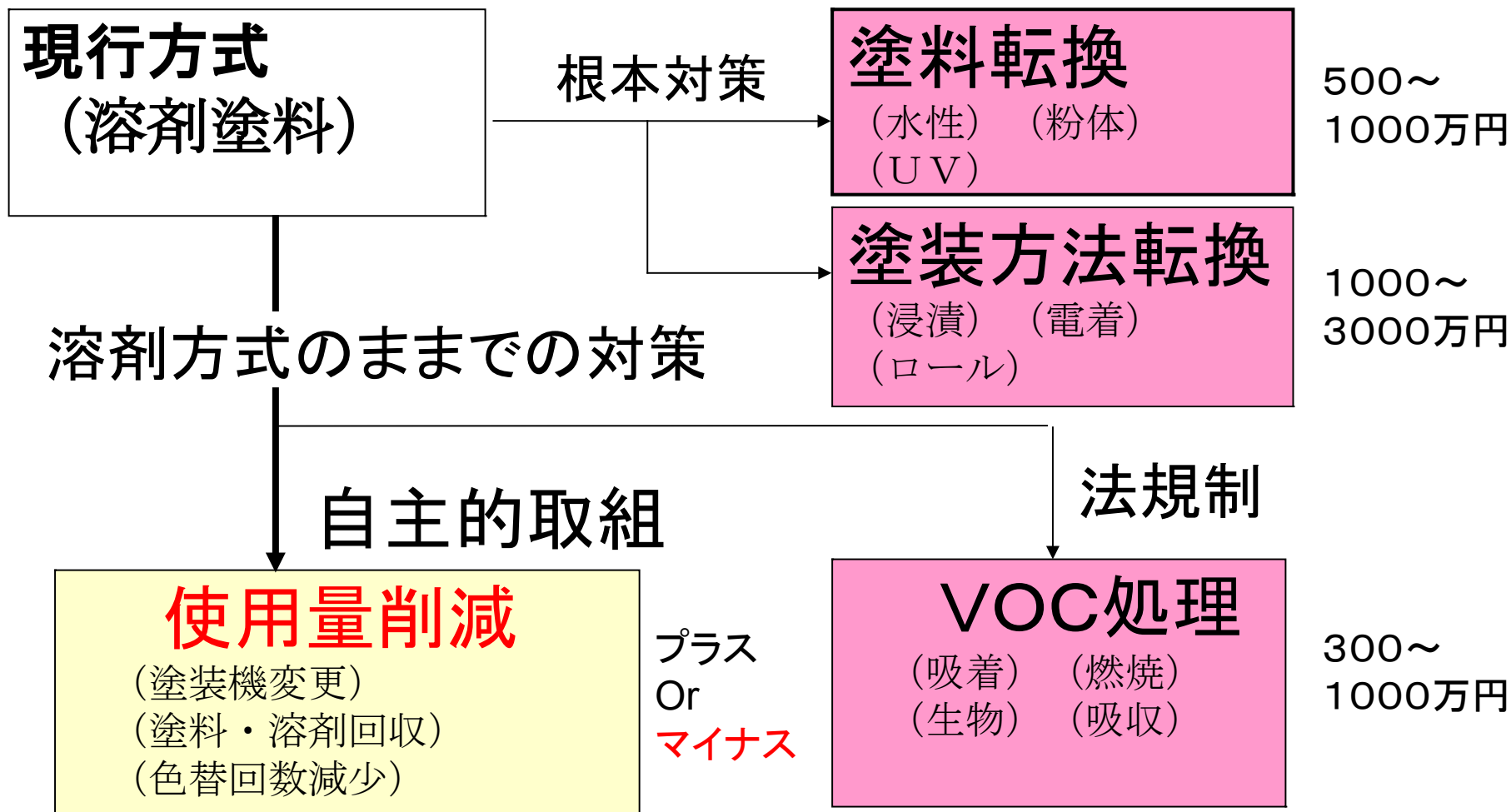


3.2.7 VOC対策のコスト

- 事例： 最も多い工業用ライン
- 2万m²/月のライン(平均的な塗装ライン)
- (2m/min連続コンベア)

	塗装ブース 1000m ³ /分	乾燥炉 40m ³ /分	合計
イニシャル	12000万円	1000万円	1.3億円
ランニング	100万円/月	30万円/月 (熱回収)	130万円/月

3.3 塗装のVOC対策の概要



CEMAホームページに[VOC集大成]を掲載
VOC処理装置の商品カタログ・技術資料・発表資料
<http://www.cema-net.com/>

3.3.1 VOC処理法の比較

◎:適している、○:ほぼ適当、△:問題あり、×:不適当

◎:適している、○:ほぼ適当、△:問題あり、×:不適当

[illegible]

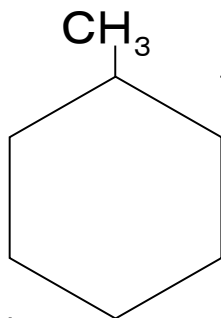
3.3.2

VOC処理方式の分類

VOC

例 トルエン

$C_6H_5CH_3$



分解

$CO_2 + H_2O$

そのまま
気体、液体
(回収)

酸化

燃焼

直接燃焼
触媒燃焼
蓄熱燃焼
プラズマ

オゾン

UV

化学薬品

生物処理

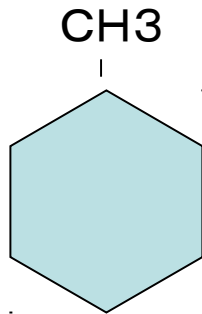
凝縮(冷却)

吸着(活性炭)

吸収(油、アルコール)

3.3.3 トルエンと馬尿酸

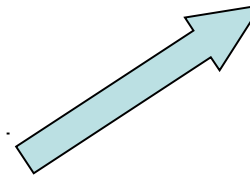
- トルエン



ベンジルアルコール

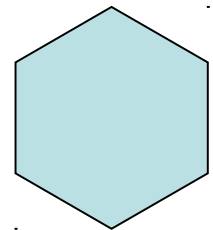


ベンズアルデヒド



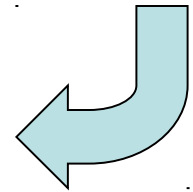
安息香酸

COOH



肝臓での働き

腎臓で馬尿酸になり排泄
される(80%)



自然界に放出されたトルエンの行き先は？

3.3.4

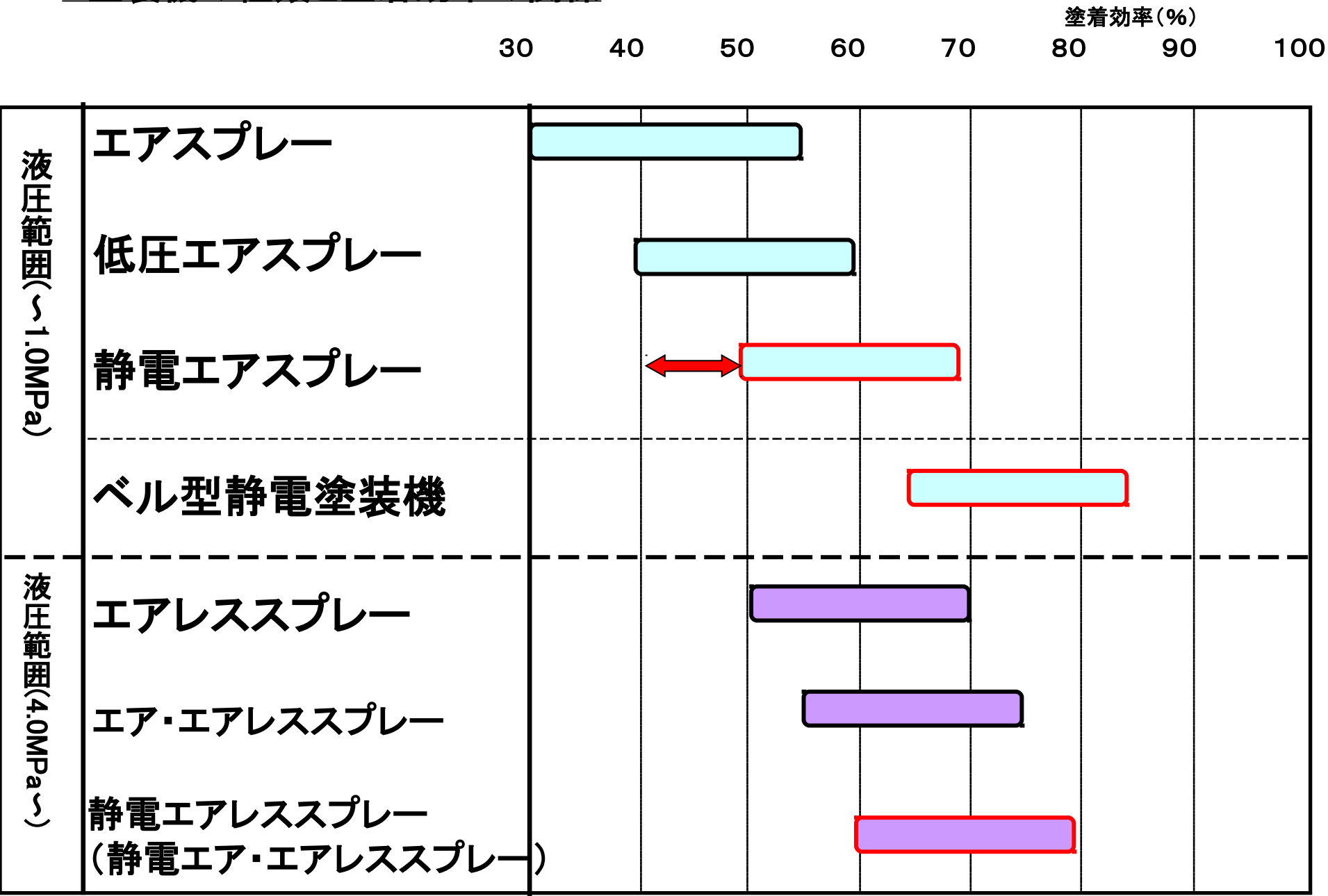
工業製品別塗装方式の選択方法

	噴霧	電着	粉体	ロール	流し	浸漬	UV
建築資材	○			○	○	○	○
自動車ボディー	○	○	△				
自動車部材	△	○	△		△		
自動車補修	○						
電気製品	○	△	○				
機械	○	△	△		△	△	
金属製品	○	△	○	○			
木工製品	○			△	○		○

3.3.5 各種塗料による分類

塗装法 塗料	スプレ ー	浸漬	ロール	流し塗 り	しごき 塗り	流動 浸漬
溶剤	○	○	○		○	
水性	○	○		○		○
粉体	○					○
UV	○				○	
電子線	○		○			

3.6 塗装機の種類と塗着効率の関係



3.6.1 塗着効率と飛散量

使用する塗料の全体量

塗着効率

塗着塗料

飛散塗料

10%

100

900

20%

100

400

50%削減!

30%

100

233

33%削減!

40%

100

150

25%削減!

50%

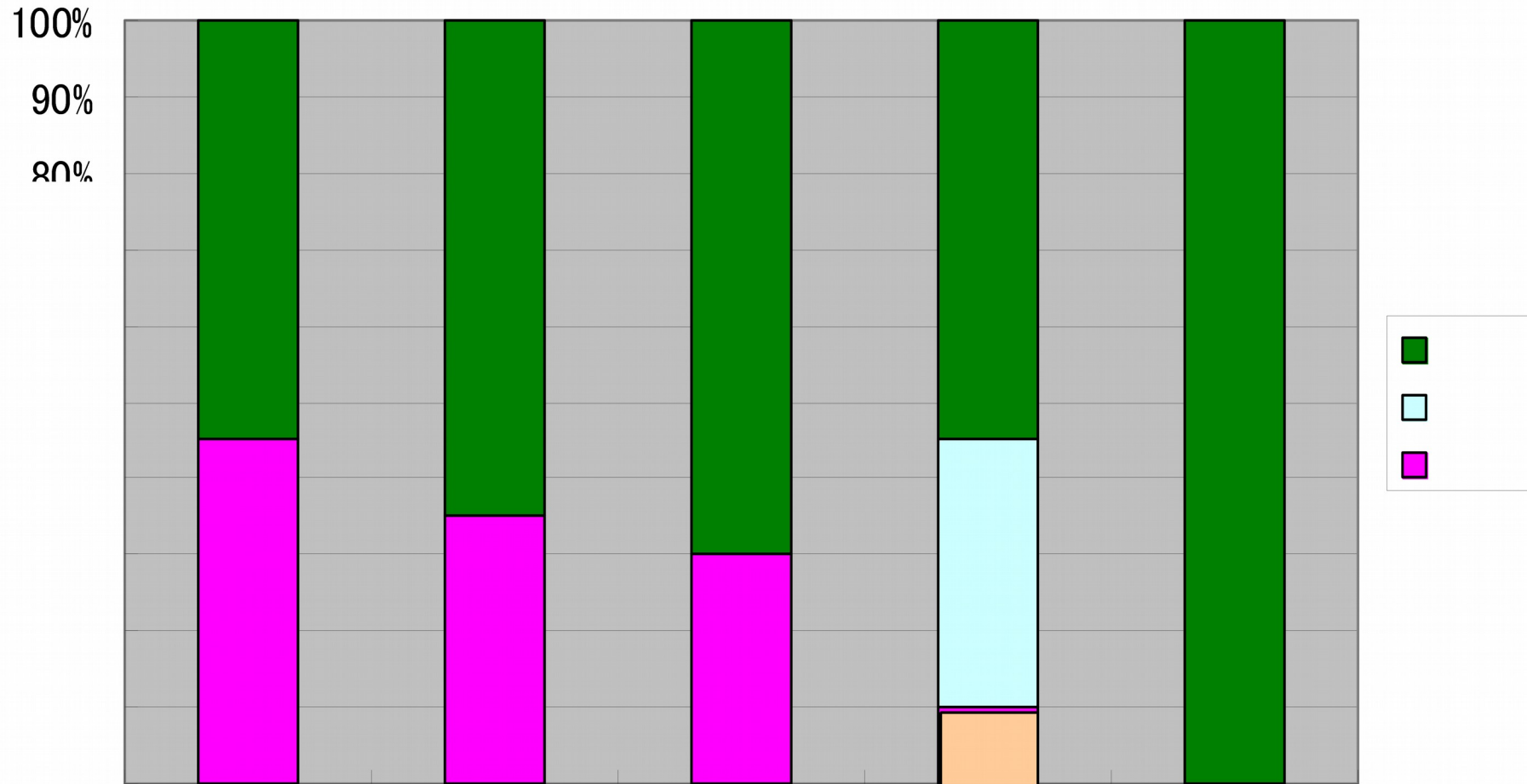
100

100

20%削減: 50%にすると40%の時の20%削減

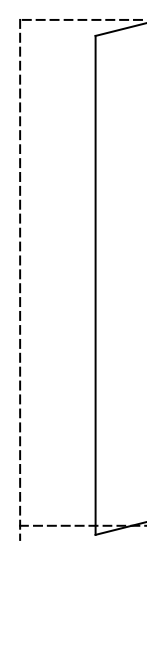
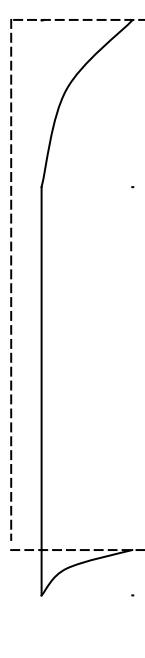
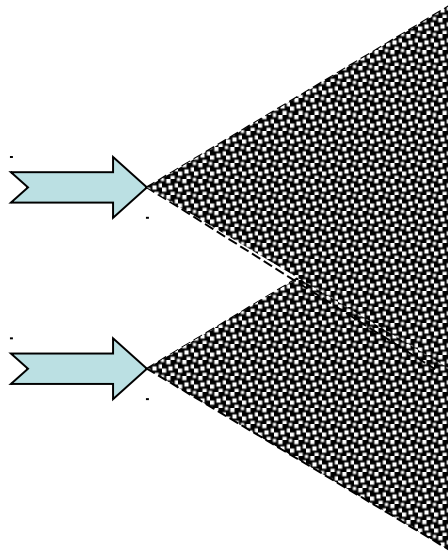
参考資料「すぐにはできるVOC対策」

3.7 塗料転換（塗料中の溶剤割合）



参考資料「すぐにできるVOC対策」

3.8 水性塗料のスプレー時の蒸発



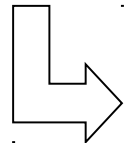
設備条件の設定



塗料の粘性制御

スプレー時の微粒化

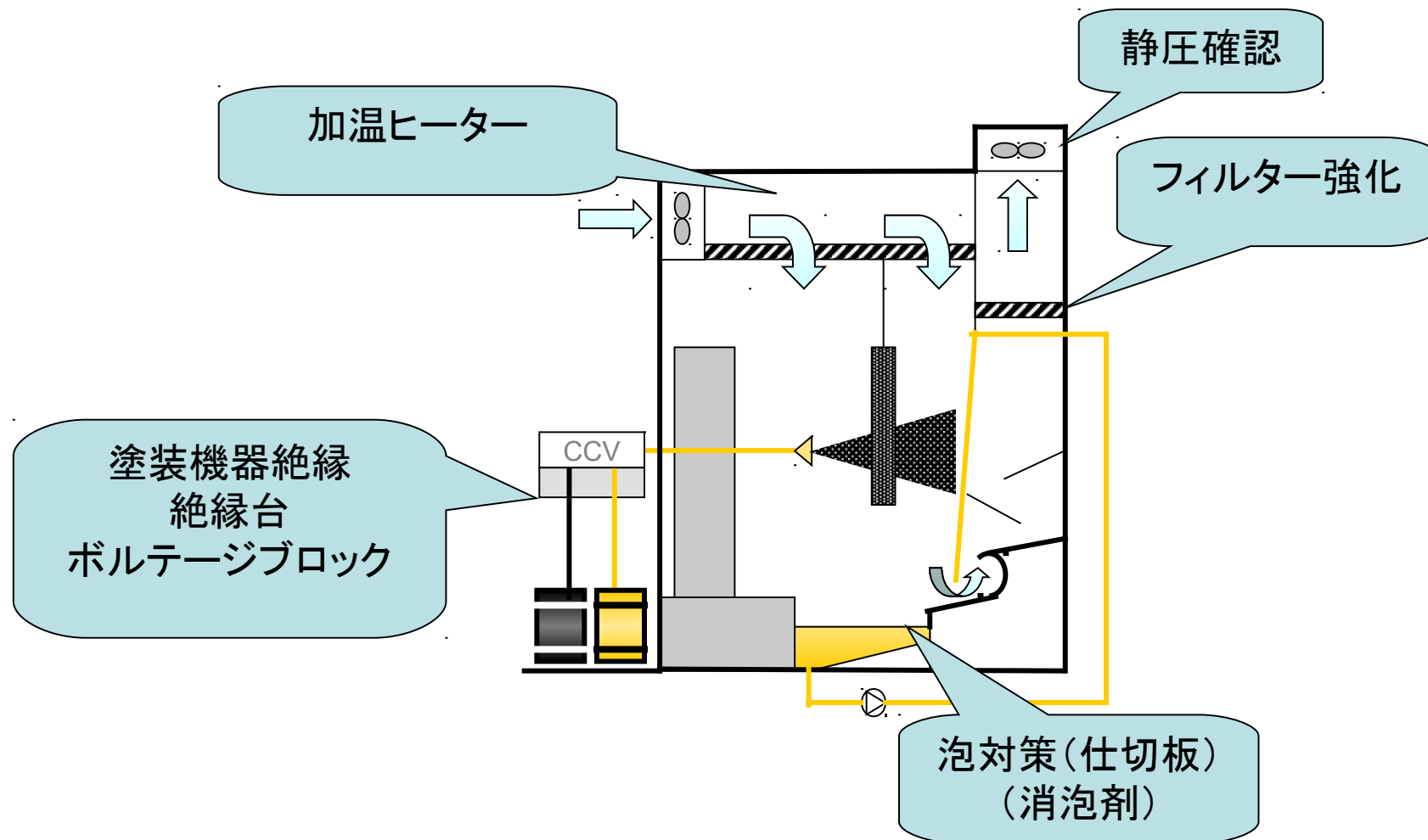
ブース内での水分蒸発が少ない



空調設備が必要

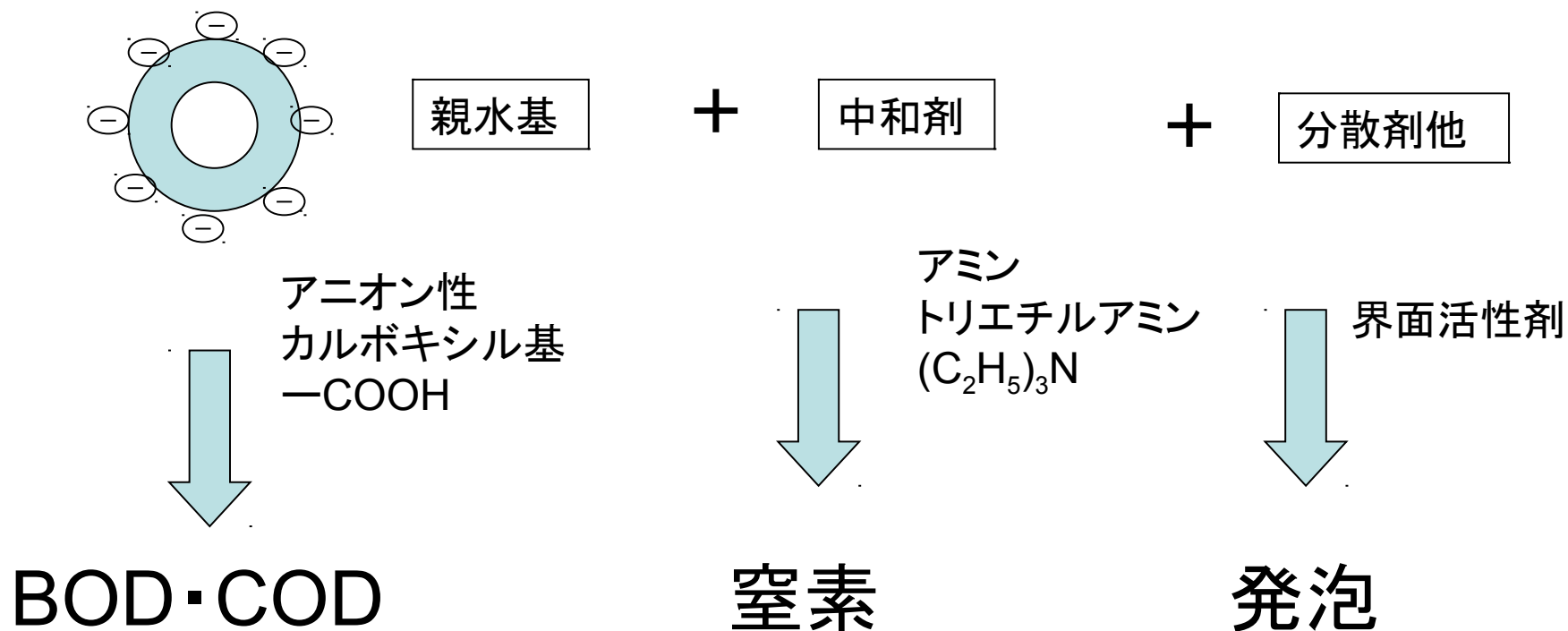
3.8.1 塗装設備の水性対応

■ 水洗ブースで使用の場合:



3.8.2 水性塗装ラインの排水処理技術

- 水性塗料の水質への負荷成分(負荷の増大)



3.8.3 水性化（開発が急務な技術）

塗料	温湿度の管理幅の広い塗料（構造粘性） COD, 窒素の原料から見た処理方法
設備	塗装ブースの簡易な省エネの給気方式 塗着効率の良く、安全な塗装システム化
水処理	塗料に対する凝集剤 塗装ブース水の無排水化

3. 9 粉体塗料化

(メリット)

- VOC削減効果が高い
- ワークに塗着しなかった粉体塗料を回収、再利用することも可能
- 高度な塗装テクニックが不要
- 溶剤臭が出ない
- その他

3.9.1 粉体塗料の改良

項目			溶剤型	粉体	課題
塗料要因	膜厚保持	薄膜化	○	△	塗料の微粒化
		厚膜化	○	◎	
	塗膜の外観(光沢・肌)		○	△	塗料の微粒化
	塗膜性能(耐久性・物性)		○	○	
	焼き付け温度(20分キープ)		130~170℃	160~180℃	樹脂の低温化
	貯蔵性(塗料の安定性)		常温保管	定温保管	
	塗装作業性		○	◎	
	塗色(多色化・色替え)		○	△	色替えシステムの開発
	安全性(火災・爆発)		×	△	
設備環境	塗装装置・設備 (既設設備)		現状	×	簡易ブースの開発
				改造要	
	大気汚染		×	◎	
	水質汚染		○	◎	
VOC削減	固形分		50	100	
	溶剤		50	0	
	水		0	0	
	現行溶剤型に対する低減率		STD	100%	

3.9.2 自主的取組

従来の粉体塗装の課題を改善

1. 微粒子粉体による外観向上
2. 小口調色による多色対応
3. 少量短納期の供給体制
4. 各種色替ブースの開発

(残る課題は、設備投資の価格転化)

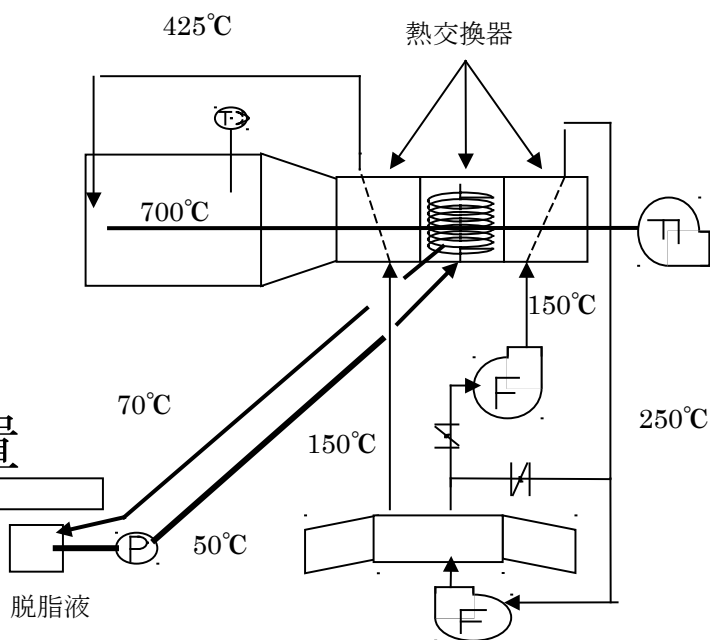
4. 今後のVOC抑制への提案

- 1. 新規設備での処理システム一体化
- 2. 吸着材の再生システム
- 3. バイオ処理システム
- 4. グリーン調達
- 5. 環境問題対処の枠組み

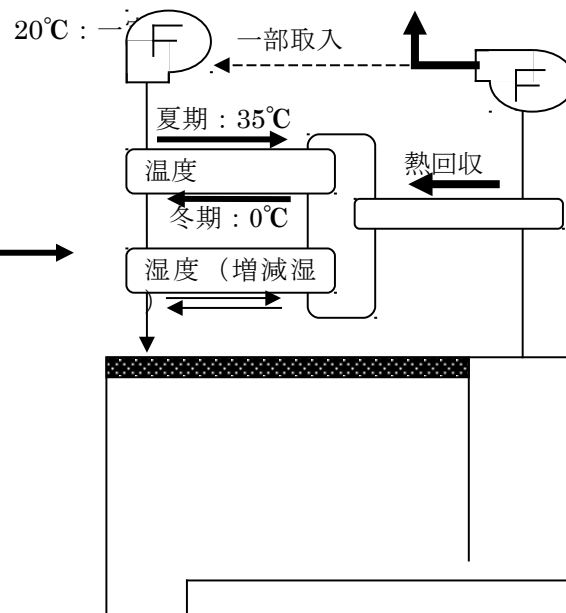
4.1 新規一体化設備 (VOC処理装置の排熱利用)

VOC
処理装置

前処理装置

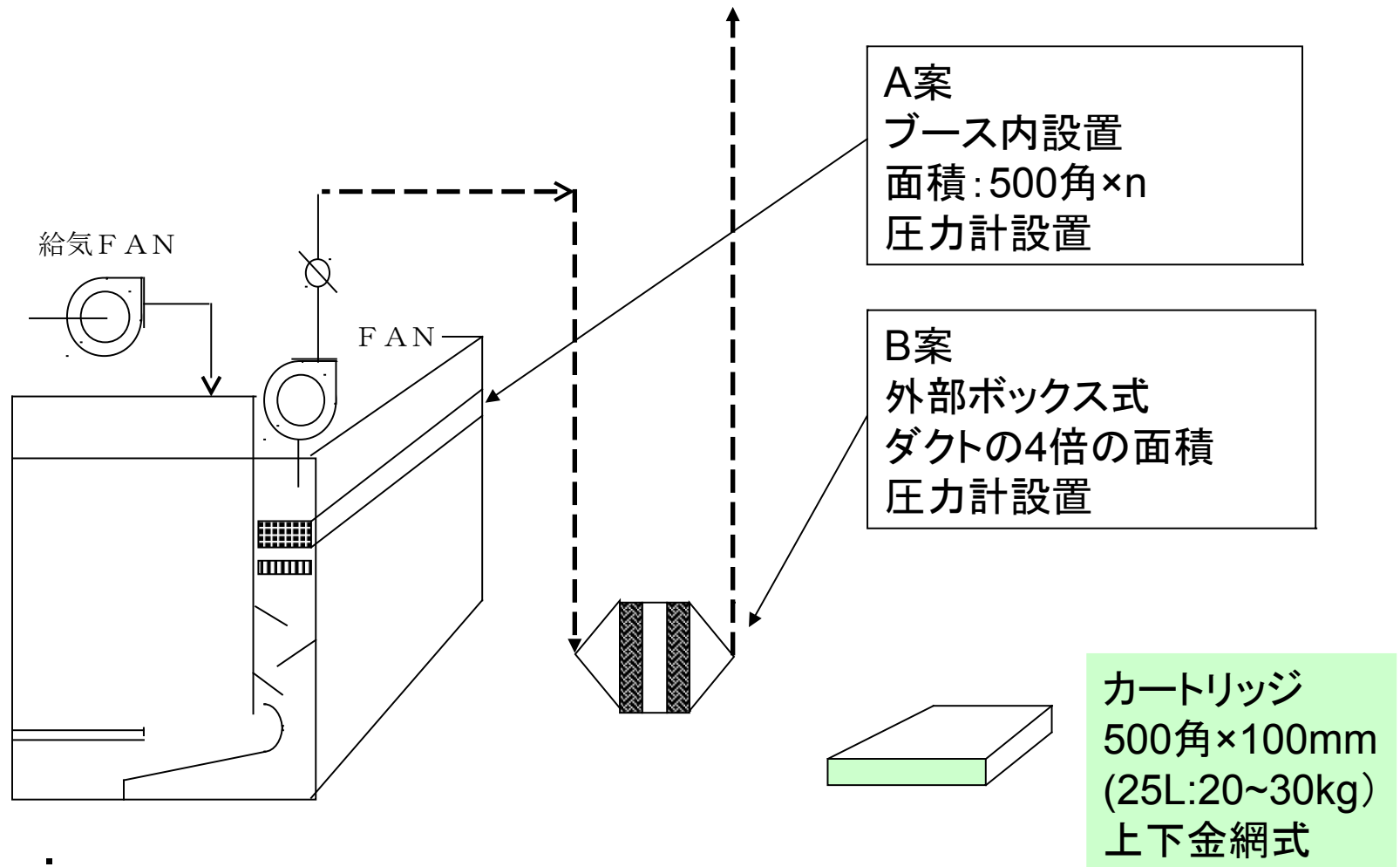


焼付乾燥炉



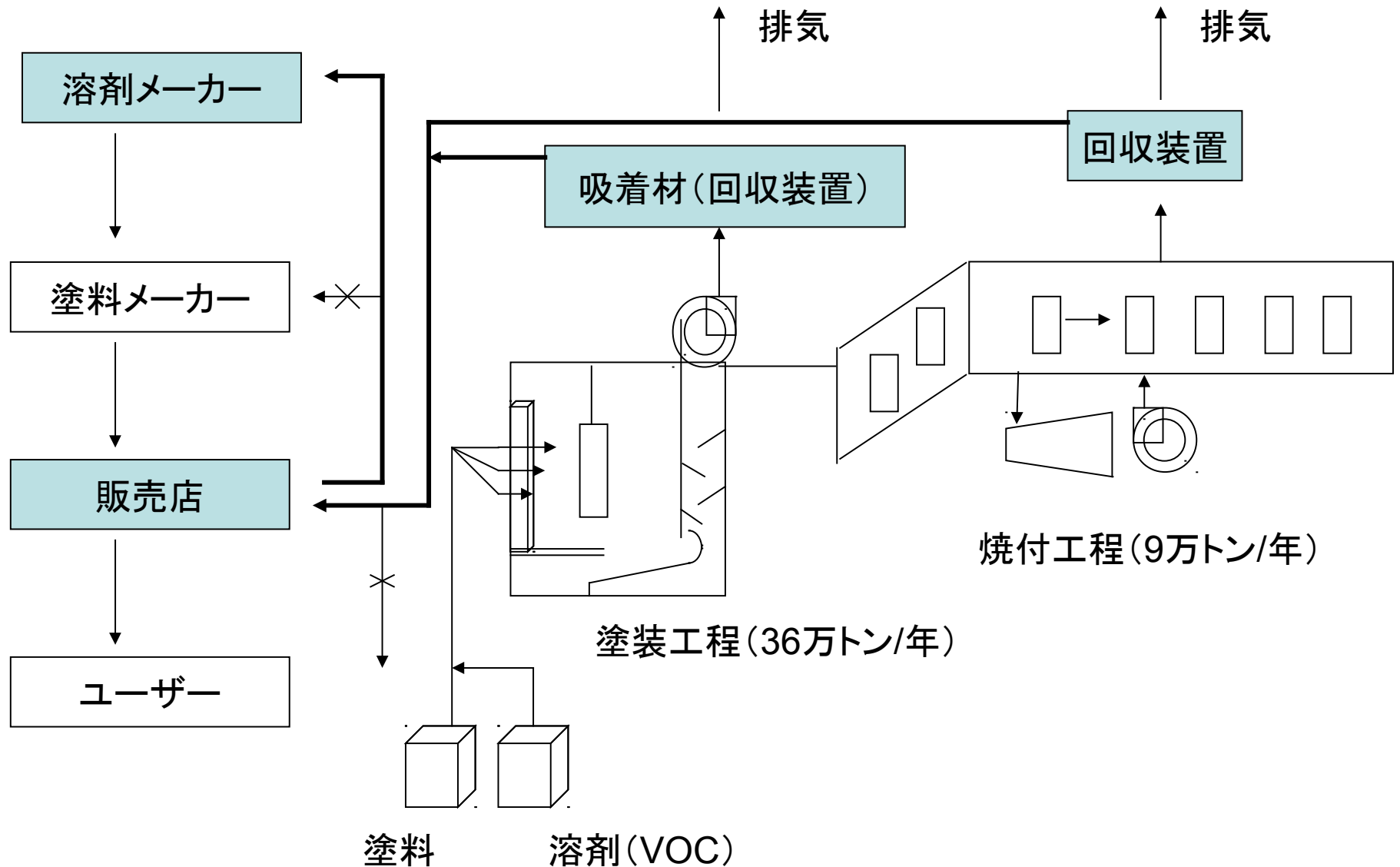
塗装ブース

4.2 交換式吸着材の取り付けイメージ

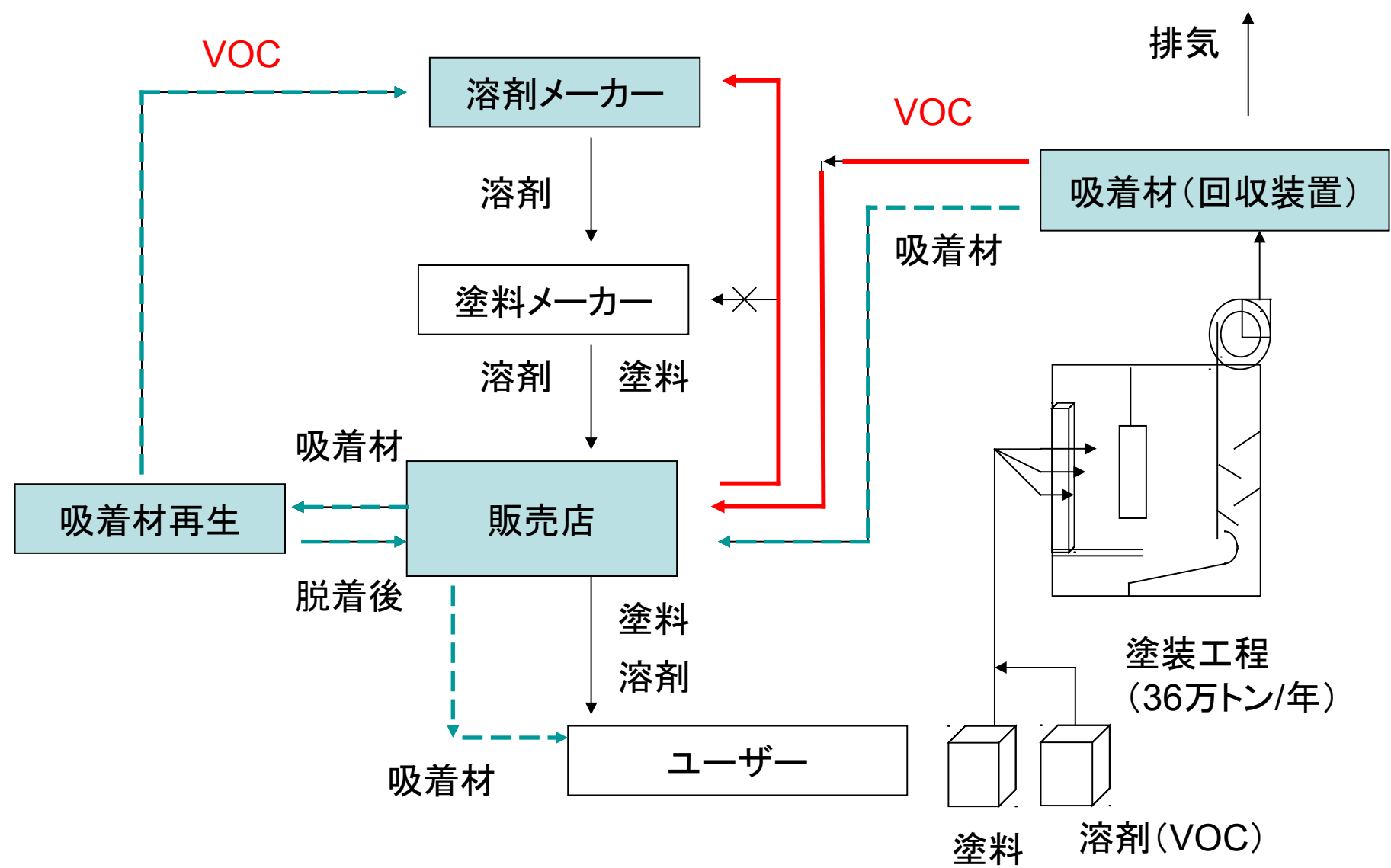


4.2.1 塗装からのVOCリサイクルの可能性

(屋内45万トン/年)

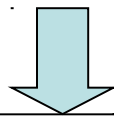


4.2.2 塗装ブースからのVOCリサイクル

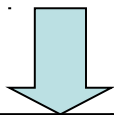


4.2.3 一括回収再生方式

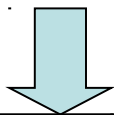
吸着剤カセットをリース式に



カセット収集業者が一括回収



再生拠点にて再生



再生済みカセットをユーザーに搬送、装着

4.2.4 塗装ライン全体でのVOCリサイクル

- 洗浄溶剤
- 廃塗料中の溶剤
- 廃溶剤
- 回収溶剤等
- 吸着カートリッジ



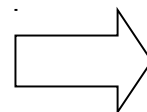
溶剤再生業者



脱着作業の業者

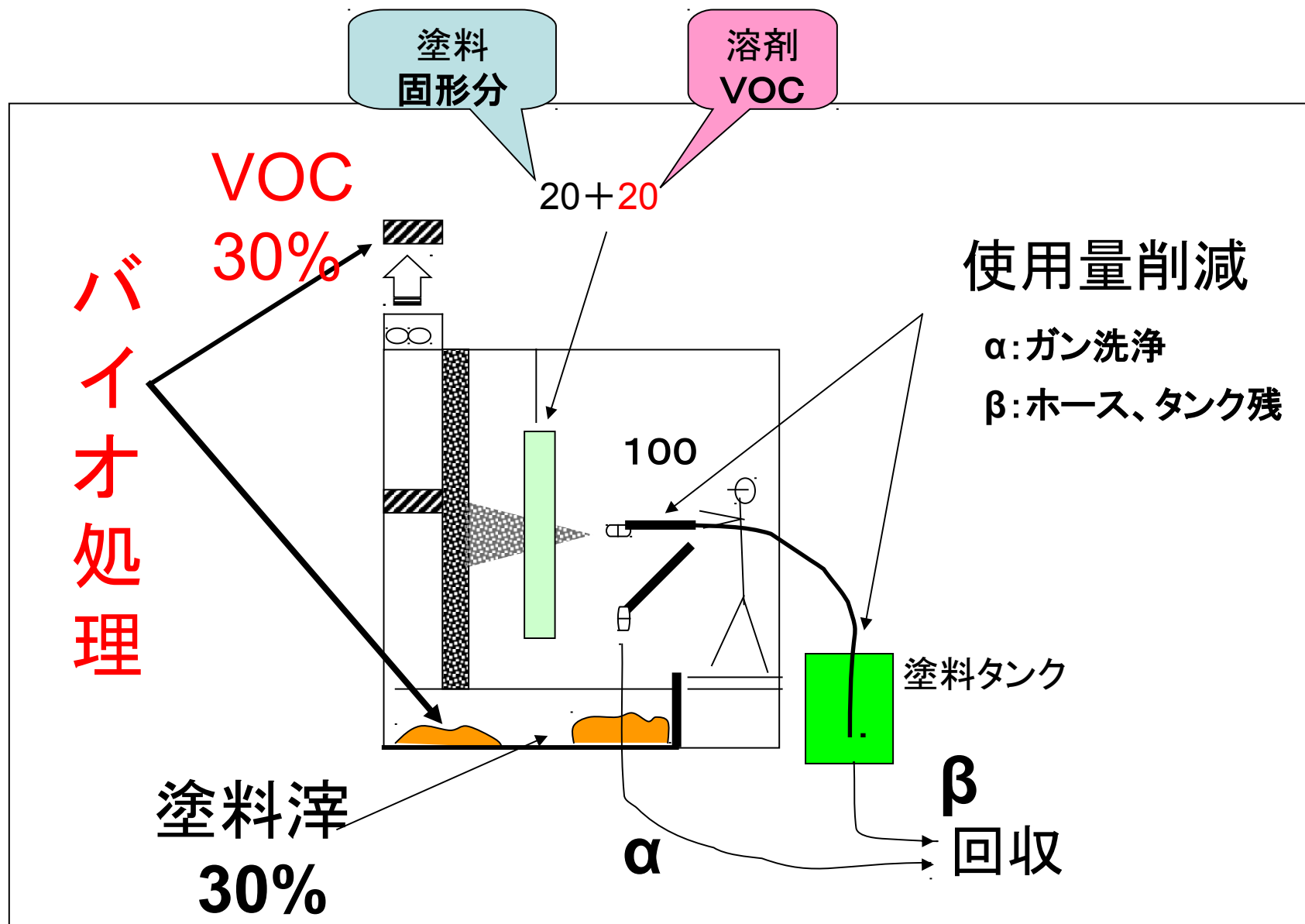
課題

1. 運搬業者・方法
2. コスト負担
3. 危険物・保管方法
4. 少量、多事業者



地域単位での仕組み

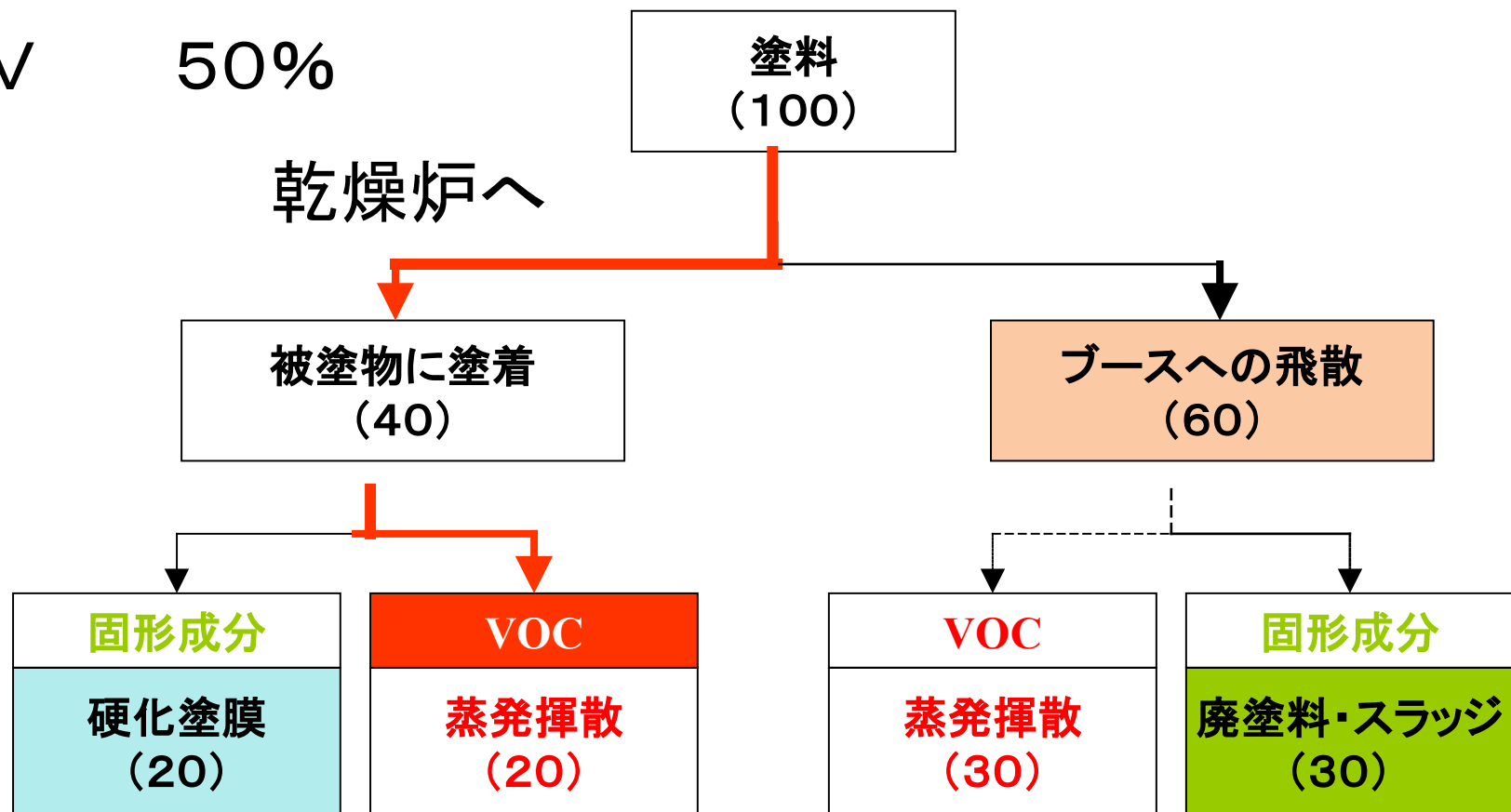
4.3 塗装ブースでのバイオ処理



4.3.1 スプレー塗装でのVOCと産業廃棄物

塗着効率40%

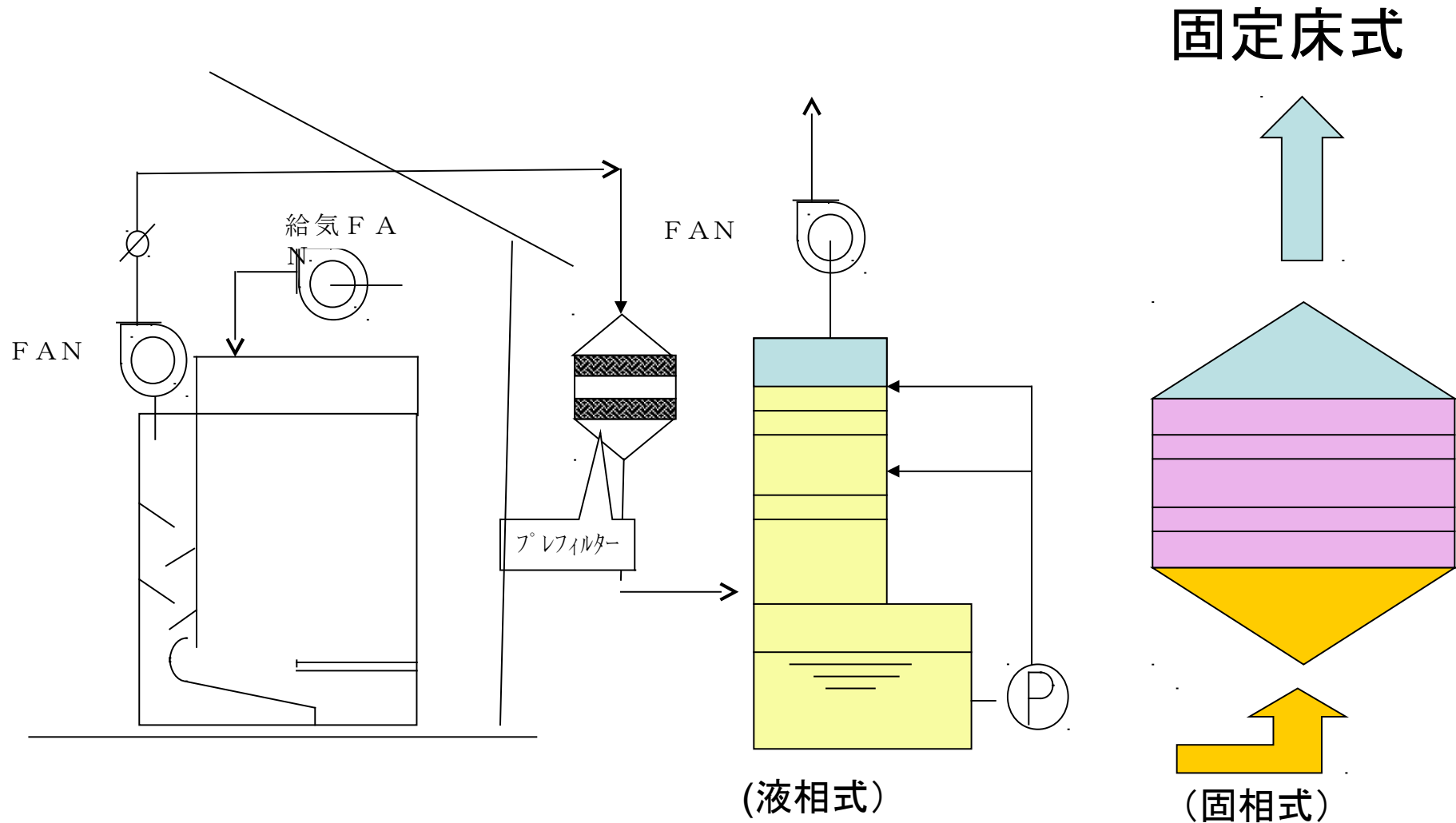
NV 50%



産廃量は含水率80%で150万トン/年



4.3.2 スクラバー式生物処理装置



4.4 グリーン調達（国民の努力）

○ 日常生活に伴うVOCの排出又は飛散の抑制

- ・ 家庭等で塗料を使う際は、低VOC塗料を使用
- ・ 塗料を無駄に使いすぎない

○ 製品の購入では、VOCに係る環境配慮製品を選択

低VOC塗料での塗装製品

国民もVOCの排出抑制を促進するように努めることが求められている。

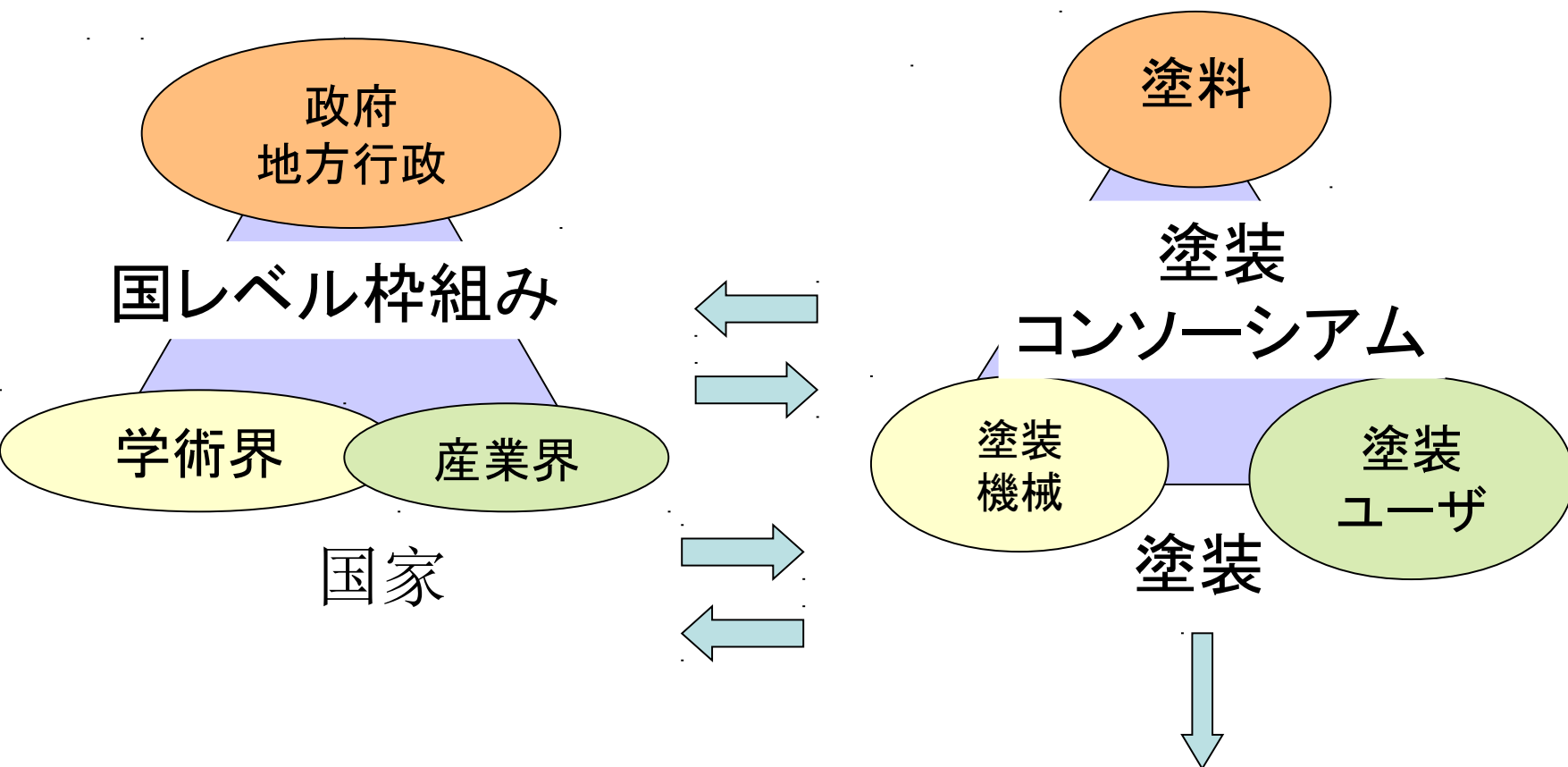
4.5 塗料・塗装と環境との関係

目的	負荷項目	塗装の工程	問題点
健康保全 (人体)	重金属、 有機溶剤、 臭気 騒音 シックハウス	前処理、 塗装、 乾燥炉	人体の健康に係る物質は 法制化されているが、 低濃度での長時間被爆など 今後も有害性の確認をすること
環境保全			
(生態系)	水質汚濁、 大気汚染 土壌汚染、 産業廃棄物	前処理、 塗装、 乾燥炉	規制物質以外での生態系への 影響の確認が不十分 規制値内での影響も追跡確認が必要
(地球環境)	CO ₂ 、VOC フロン等の オゾン層破壊 、	前処理、 塗装、 乾燥炉	有害物質、総量規制等の 法規制が難しい

4.5.1 塗料・塗装と環境との課題

- 原材料として最も多くの種類
有害・危険の基準と確認（環境ホルモン・発がん性）
- CO₂の排出量
塗料滓等の計算基準
- VOCの排出量
有効な法規制
- 産業廃棄物
地域全体での処理と3Rの方法

4.5.2 塗装の環境問題の組織化



IPCO (国際工業塗装高度化推進会議)

(International Promoting Council of Industrial Coating)

<http://ipconet.org/>

おわりに

- 塗装関連のVOC関連資料

CEMAホームページ

<http://www.cema-net.com/>

「VOC集大成」

「塗装FAQ」

「技術シンポジウム」

「国際工業塗装高度化推進会議」