

排出抑制技術の概要

VOC 排出抑制技術について、低 VOC 製品への転換、施設構造・管理等の改善、処理装置の設置に分類し、それぞれの特徴等を示す。

1 低 VOC 製品への転換

(1) 塗料

低 VOC 塗料とは、顔料等の不揮発分以外に含まれる成分のうち VOC 成分が非常に少ない又は VOC 成分を含まない塗料をいう。低 VOC 塗料の種類及び特徴を表 1 に示す。

表 1 低 VOC 塗料の種類及び特徴

低 VOC 塗料の種類		特徴等	
水性塗料 ^注	エマルジョン型塗料 (水分散性樹脂を使用)	長所 ・水による希釈が可能 ・湿った素地に塗布することが可能 ・臭気が少ない 短所 ・塗装直後の降雨に弱い ・塗装時の温湿度のコントロールが必要	
	水溶性塗料 (水溶性樹脂を使用)		
無溶剤型塗料 ^注	粉体塗料	長所 ・非危険物 ・塗布効率が高い ・厚膜塗装が可能 短所 ・薄膜化が困難 ・焼付温度が高くエネルギーが必要	
	その他の無溶剤型塗料	紫外線/電子線硬化型塗料	長所 ・短時の乾燥が可能(生産効率が向上) 短所 ・厚膜硬化に制限がある
		多液型塗料	塗布直前に塗料成分を混合 長所 ・塗布量が低減可能 短所 ・乾燥が遅い
		プラスチックゾル型塗料	共重合樹脂の微粒子を分散媒(可塑剤)に懸濁、分散 長所 ・塩化ビニル樹脂本来の優れた塗膜性能が得られる 短所 ・素地との接着性が悪い
ハイソリッド型塗料 ^{注)}		長所 ・ラインの大幅な変更が必要ない 短所 ・樹脂を低分子化するため、塗膜性能が低下 ・塗装作業性の低下	

注：水性塗料とは、水が塗料又は希釈溶剤の中心となる塗料、無溶剤塗料とは、塗料溶剤及び希釈溶剤として VOC 成分を含まない塗料、ハイソリッド型塗料とは、塗料溶剤又は希釈溶剤として VOC 成分を含有するが、顔料等の不揮発分の含有率が高い塗料のことをいう。

(2) インキ

低 VOC インキとは、顔料等の不揮発分以外の成分が非常に少ない又は VOC 成分を含まない印刷インキをいう。低 VOC インキの種類及び特徴を表 2 に示す。

表 2 低 VOC インキの種類及び特徴

低 VOC インキの種類		適用可能な印刷機	特徴
水性 インキ <small>注)</small>	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、寸法安定性が悪い ・色の濃淡、コントラストが悪い
	水性フレキソ(ゴム凸版)インキ	フレキソ印刷機	
無溶剤 インキ <small>注)</small>	紫外線(UV)硬化型インキ	スクリーン印刷機 オフセット印刷機 (枚葉のみ)	長所 ・高速乾燥が可能 短所 ・印刷インキが高価 ・厚膜印刷が不可能
	電子線(EB)硬化型インキ	印刷機全般	

注：水性インキとは、水がインキ溶剤又は希釈溶剤の中心となるインキ、無溶剤インキとは、インキ中の VOC が 5%未満のインキのことをいう。

(3) 接着剤

低 VOC 接着剤とは、VOC がほとんど含まれていないか、接着剤の主成分として含まれる樹脂成分等が自己崩壊して排出されない又は未反応の樹脂成分が排出されない接着剤をいう。低 VOC 接着剤の種類及び特徴を表 3 に示す。

表 3 低 VOC 接着剤の種類及び特徴

低 VOC 接着剤		特徴
水性系接着剤	酢酸ビニル樹脂系 エマルジョン形	長所 ・幅広い用途に使用が可能、分解による老朽化が少ない 短所 ・耐熱性、耐水性、耐溶剤性が劣る
	EVA 樹脂系 エマルジョン形	長所 ・(酢酸ビニル樹脂系と比較して)耐水性、耐候性、耐アルカリ性に優れる 短所 ・乾燥皮膜が粘着性(ブロッキング)
	アクリル樹脂系 エマルジョン形	長所 ・柔軟性、耐候性に優れる 短所 ・分散安定性が悪い、耐水性が劣る
	合成ゴム系 ラテックス形	長所 ・柔軟性、弾力性に優れる 短所 ・極性物質との接着力が弱い、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	長所 ・接着性、柔軟性、耐寒性、流動性が優れる 短所 ・耐熱性に限界がある、耐熱、耐候性に劣る
	合成ゴム系 ホットメルト形	長所 ・被着体の選択性が低い 短所 ・粘着力の上昇性が小さい
反応形接着剤	エポキシ樹脂系	長所 ・被着体の選択性が低い、耐熱性、耐溶剤性に優れる、せん断接着強さが大きい 短所 ・剥離接着強さが低い
	ポリウレタン系	長所 ・極性を持った材質との接着性が良い、低温特性、耐衝撃性、耐溶剤性に優れる 短所 ・加水分解による劣化をおこしやすい
感圧形接着剤	ゴム系感圧形接着剤	長所 ・被着体の選択性が小さい 短所 ・耐熱性、耐老化性、耐候性が劣る

注：水性系接着剤とは、高分子微粒子の分散媒が水である接着剤、ホットメルト形接着剤とは、熱可塑性樹脂、熱可塑性エラストマー主成分である VOC 成分を含まない接着剤、反応形接着剤とは、モノマー、オリゴマーを接着剤とし、重合・橋架けなどにより硬化させる VOC 成分を含まない接着剤、感圧形接着剤(ゴム系感圧形接着剤)とは、圧力を加えて流動させて張り合わせる接着剤のことをいう。

2 施設構造・管理等の改善

(1) 塗装・接着ブースの設置

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剤として使用されている VOC を強制排気することを主な目的として設置する装置のことをいう。

塗装ブースの種類には、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物、後者は塗装部位が多い被塗物を塗装する場合に適用する。塗装ブースの処理方式別の種類及び特徴を表 4 に示す。

表 4 塗装ブースの処理方法別の種類及び特徴

塗装ブース種類		ミスト除去効率	需要分野
乾式ブース	バッフル板式(図1)	90%	(小規模) 家具、制御盤、鋼材、製品の補修塗装、マーキング (大規模) 大型建設機械、車輛、船体ブロック、大型鉄骨等
	フィルター式(図2)	65%	
	複合式(バッフル板式及びフィルター式)(図3)	不明	
湿式ブース	水洗式(スプレー式、うず流式)(図4)	85%	(小規模) 家電製品、自動車部品、樹脂製品 (大規模) 乗用車、トラック、特殊車両、鉄道車両
	高速洗浄式(ポンプレス式、ベンチャリー式)(図5)	99%	
	オイル循環式(図6)	不明	

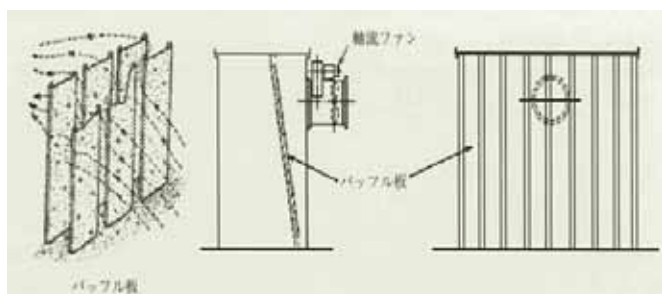


図1 乾式塗装ブースの例(バッフル板式)

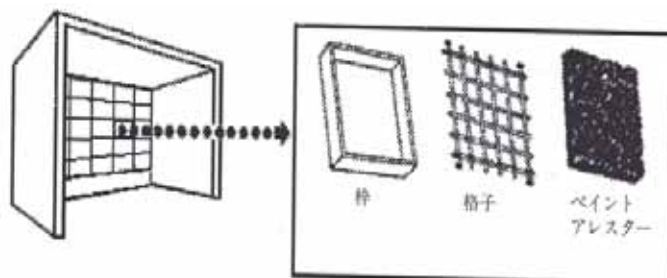


図2 乾式塗装ブースの例(フィルター式)

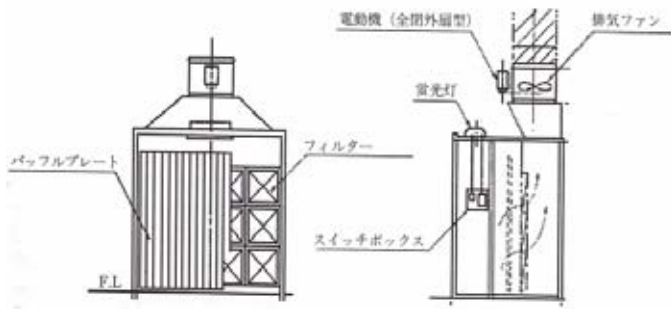


図3 乾式塗装ブースの例(複合式)

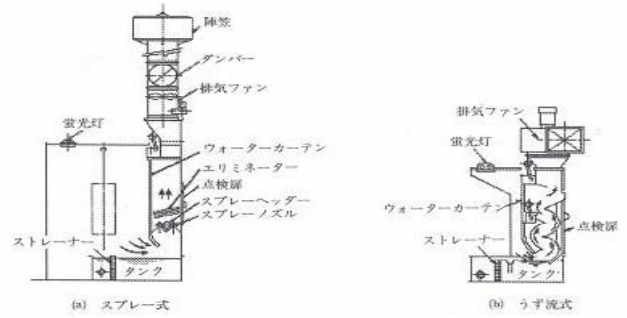


図4 湿式塗装ブースの例(水洗式)

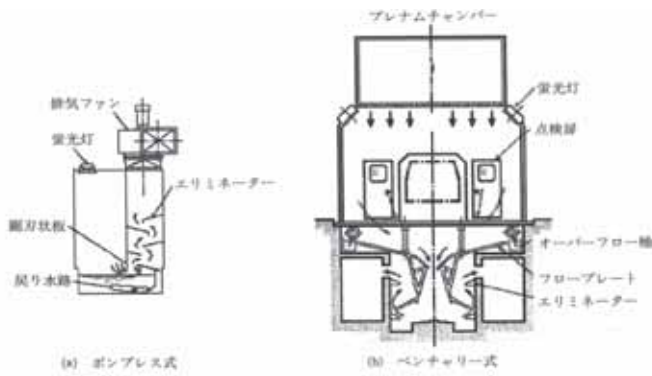


図5 湿式塗装ブースの例(高速洗浄式)

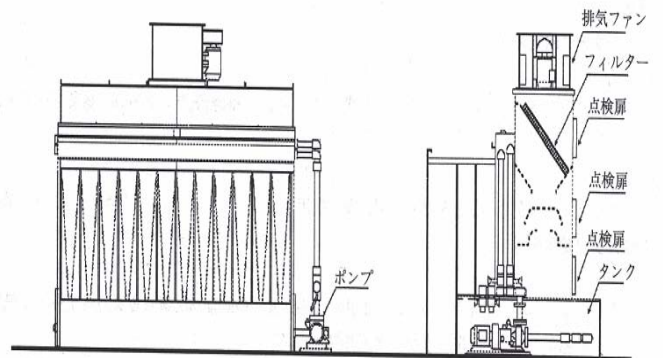


図6 湿式塗装ブースの例(オイル循環式)

(2) 乾燥炉におけるエアースीलの設置

エアースीलとは、風向を調整したり温度差等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装置をいう。エアースीलを設置している乾燥炉の種類及び特徴を表5に示す。

表5 エアースीलを設置している乾燥炉の種類及び特徴

炉形式	特徴	需要分野
エアーカーテン付きトンネル炉 (図7)	装置出入口の開口部にエアーカーテンを設けて装置内の熱風が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。	トラックキャブ、フレーム、住宅建材、農機具、スチール家具、建材パネル、車輛の足回り部品等
山形トンネル炉 (図8)	装置出入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、装置内と外部の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。 コンベアーによる連続多量生産で、特に塗装品質の高い製品向けに適用。	自動車ボディー、トラックキャブ、自動車サービスパーツ、車輛部品、ホイール、オートバイ部品、樹脂バンパー、エレベータパネル等

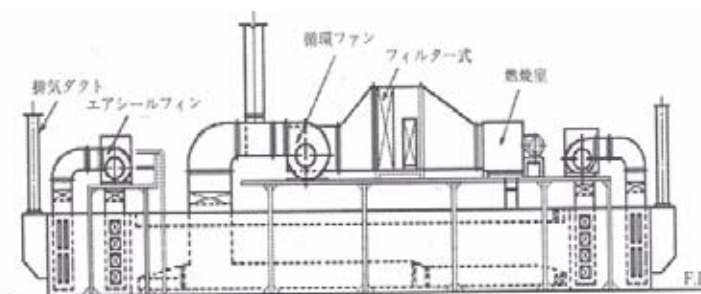


図7 エアーカーテン付トンネル炉

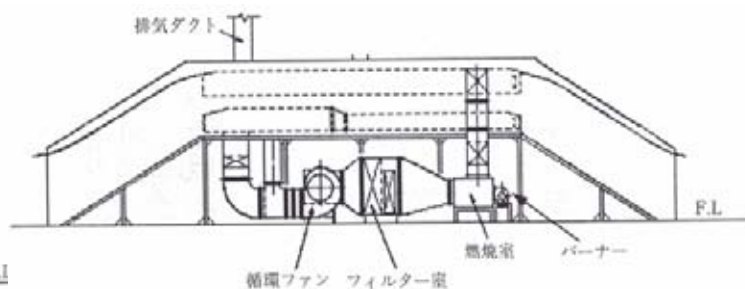


図8 山形トンネル炉

(3) プレコート塗装への変更

プレコート塗装とは、金属板やプラスチック板を成形をする前の段階で塗装することをいう。プレコート塗装は、塗装速度が速く平滑な塗膜が得られる。また、焼付炉の容積が小さく、高濃度で VOC を回収し燃焼分解させることができるため、ポストコート塗装よりも VOC 排出量が少ない。プレコート塗装の種類及び特徴を表 6 に示す。

表 6 プレコート塗装の種類及び特徴

塗装方式	特徴	需要分野
ロールコーター塗装 (図 9、図 10)	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(カラータタン)、プレコート鋼板(PCM 鋼板)、家電製品
カーテンフローコーター塗装(図 11)	塗料をカーテン状に落下させて、その下をコンベアに平板を乗せて流し、平板状に塗膜を作る方式。	冷蔵庫の前扉等の家電製品

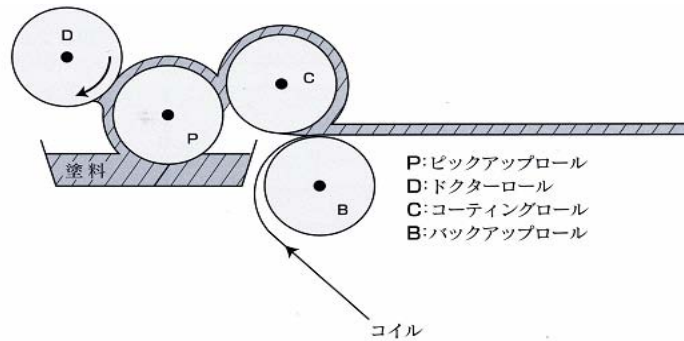


図 9 ロールコーター塗装

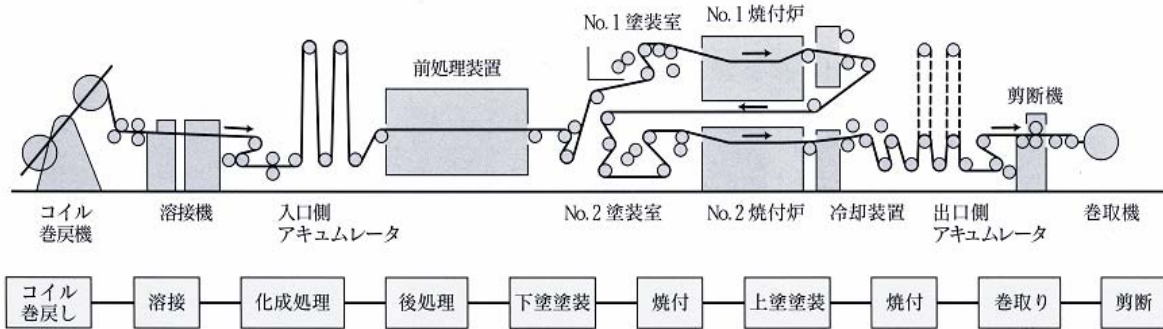


図 10 ロールコーター塗装のライン

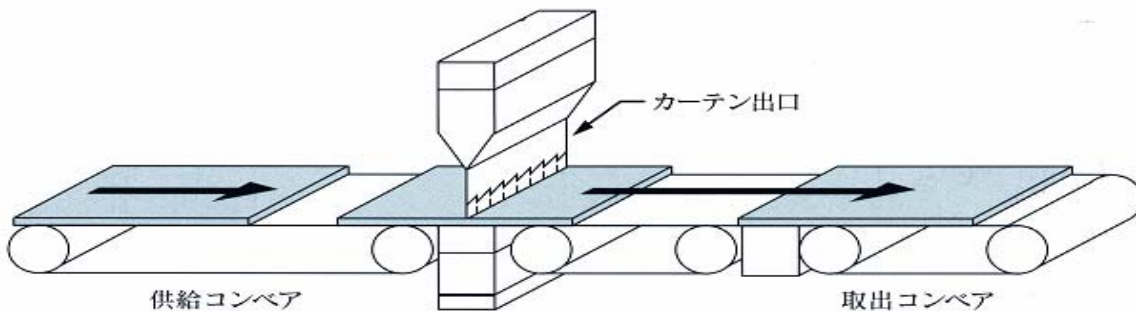


図 11 カーテンフローコート塗装

(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口寸法 (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又は深さ)(b) の比をいう。フリーボード比が大きいほど、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。

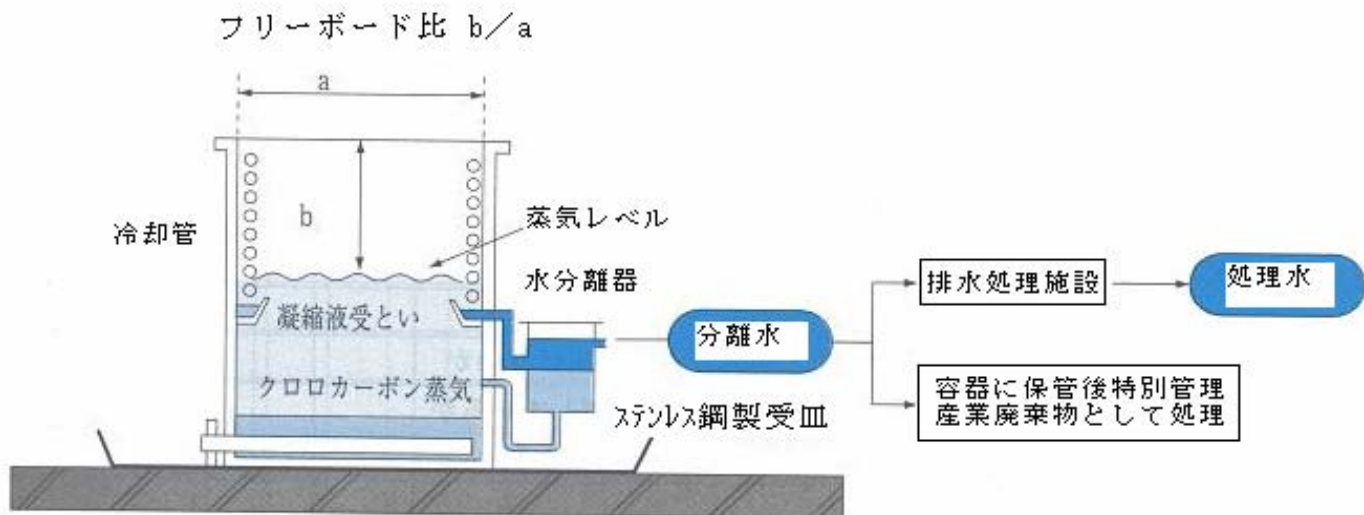


図12 蒸気洗浄のフリーボード比

(5) ベーパーリターン装置の設置

ベーパーリターン装置（蒸気返還装置）とは、ガソリン等の石油製品を他の施設等へ移し替える際に、受入側の容器中の VOC 成分が揮発・混入している空気を搬入側に戻す装置のことをいう。ベーパーリターンの設置方法の種類及び特徴を表 7 に示す。

表 7 ベーパーリターン装置の種類別の特徴

設置方法の例	特徴
貯蔵施設におけるベーパーリターン	貯蔵タンクのヘッドスペースに揮発した VOC 成分を貯蔵タンクの液層に戻す方法。回収配管まわりに安全装置が必要である。
出荷施設からタンクローリー等への積み出し時のベーパーリターン	タンクローリー等への積み出し時に、ローリーから押し出されて排出される化学物質を含んだ蒸気を配管で貯蔵タンクの気相部分に戻す方法（図 13）。
給油所の地下タンク受入時のベーパーリターン	給油所の地下タンクへの受入に伴って押し出される蒸気をその押しだされる圧力でローリーに戻す方法（図 14）。
給油所の給油時のベーパーリターン	給油所で自動車等へ給油する際に押し出される蒸気を地下タンクへ戻す方法（図 15）。

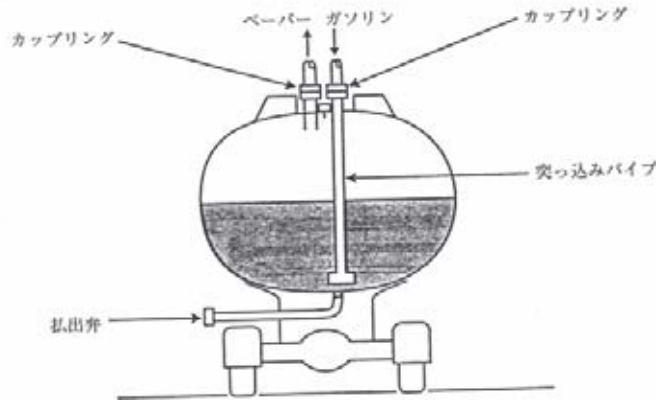


図 13 タンクローリーへの積み出し時のベーパーリターンの例

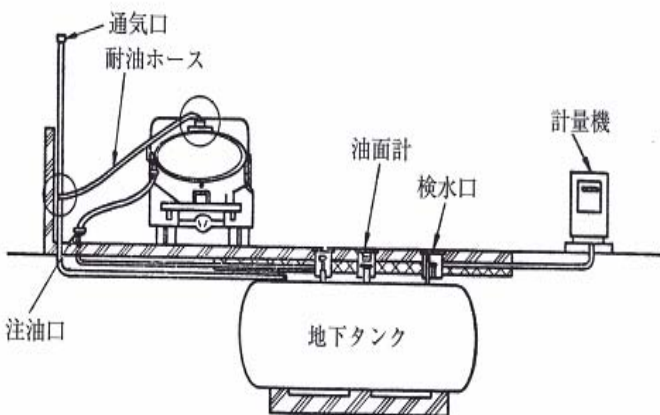


図 14 給油所地下タンクへの受入時のベーパーリターンの例

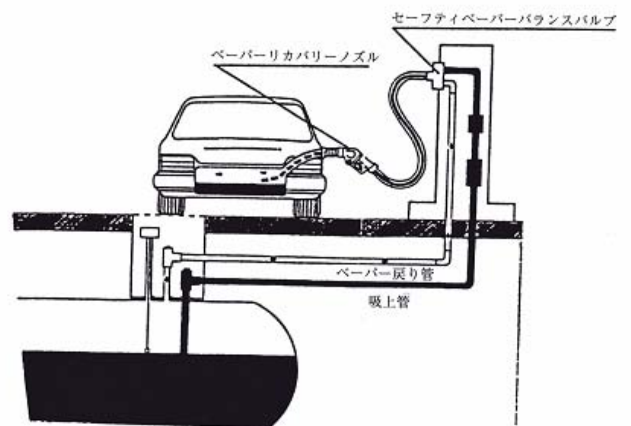


図 15 給油時のベーパーリターンの例

(6) 浮屋根式タンクへの変更

浮屋根式タンクとは、製油所や油槽所などの貯蔵タンクの一つの形式であり、屋根が液面に密着して内容液の出し入れに伴って上下し、液面の上部に VOC が揮発する空間ができず排出が抑制される形式のタンクのことをいう。浮屋根式タンクの種類及び特徴を表 8 に示す。

表 8 浮屋根式タンクの種類及び特徴

タンク種類	特徴
一重浮屋根式タンク (パンタイプ)	簡単な一重構造の浮き屋根を持ったタンク 安価だが、浮力の安定性に欠ける(1か所が破損すると屋根が沈没する可能性がある)
箱浮屋根式タンク (シングルデッキ・ポンツーンタイプ)	浮き屋根の中央部は単層の屋根(シングルデッキ)で、外周部に環状の浮き箱(ポンツーン)を備えているタンク。屋根構造が単純で大容量化が容易である。
二重浮屋根式タンク (ダブルデッキタイプ)	上下2枚からなるデッキを持つ二重構造屋根のタンク 屋根の沈没の危険が少ない、断熱性が優れているため、VOCの損失が少ない。
(内部浮屋根式(固定屋根付タンク))(図16)	浮き屋根の上に更に固定屋根を取り付けたタンク 浮き屋根の構造はパンタイプとシングルデッキタイプがある。

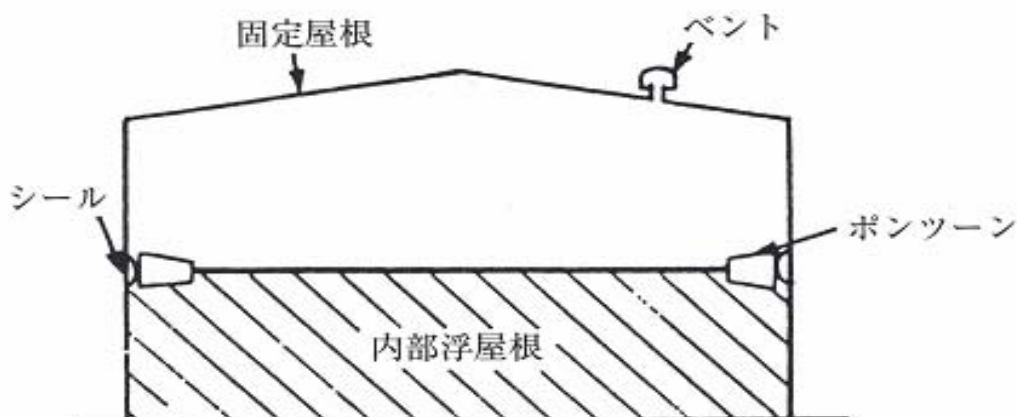
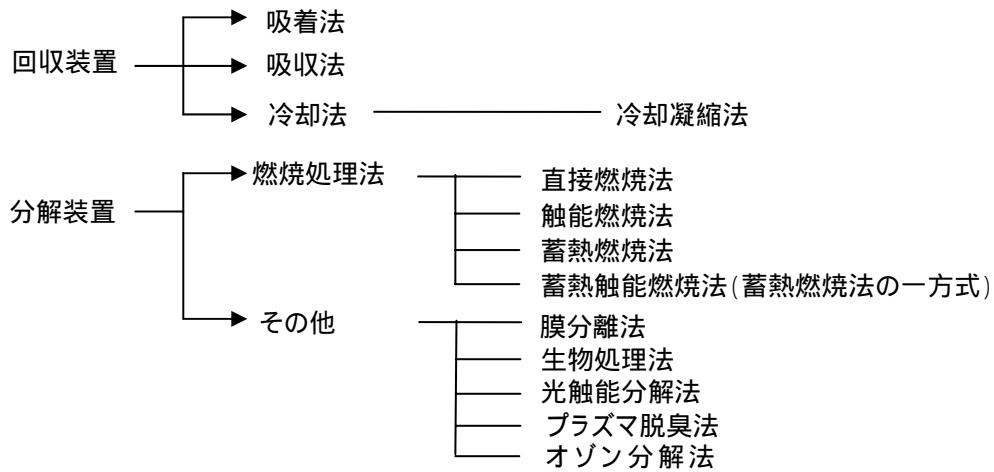


図 16 内部浮屋根式タンク (シングルデッキタイプ) の例

3 VOC 処理装置の設置

VOC 処理装置は、VOC 回収装置と VOC 分解装置に大分される。適用される処理方法は、処理風量や排ガス中の VOC の濃度等によって決定される。このうち VOC 処理装置の主な方法は、吸着法、冷却法、燃焼処理法である。



(1) 吸着法

吸着法とは、吸着剤に VOC を含む排ガスを通じることにより、VOC を回収又は濃縮する方法である。吸着剤としては、活性炭、シリカゲル、アルミナ、ゼオライト等があるが、VOC の処理には活性炭が多く使用されている。吸着法による VOC 処理装置には、吸着剤を定期的に交換する交換型と、吸着剤を交換せず吸着脱着を繰り返す回収型がある。活性炭吸着法による VOC 処理装置の種類及び特徴を表 9 に示す。

表 9 活性炭を使用した吸着装置の種類及び特徴

吸着装置の種類		特徴	
		長所	短所
交換型		<ul style="list-style-type: none"> ・システムの構成、装置の構造が簡単 ・排水処理が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・定期的に再生又は交換が必要 ・排ガス濃度が高い場合、粉じん中のタール状物質、ミストが含有されている場合には前処理が必要 ・ガス温度が高い場合には冷却しなければならない
回収型	固定床吸着式 (図 13)	<ul style="list-style-type: none"> ・風量や濃度変動に対応しやすい ・回収し省資源化が図れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・凝縮排水の処理設備が必要 (ただし、排水を生じない圧カスイング法もある) ・塗装排ガスを直接処理する場合には高度の除じん設備が必要 ・水溶性溶剤は、凝縮排水側に流出して回収できない ・MEK 等のケトン系溶剤を処理するときは発火防止等の十分な安全対策が必要
	流動床吸着式 (図 14)	<ul style="list-style-type: none"> ・再生ガスとして窒素を利用する場合には、排水の処理設備が不要 ・水溶性溶剤も回収できる ・ケトン類も安全に回収できる ・回収し省資源化が図れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装排ガスを直接処理する場合には高度の除じん設備が必要 ・据付面積は小さいが、高さが高くなる
	八二カム型吸着式 (図 15)	<ul style="list-style-type: none"> ・低濃度、大風量でも処理し得る (高濃度、小風量化できる) ・据付面積が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度になるほど、経済性が低くなる

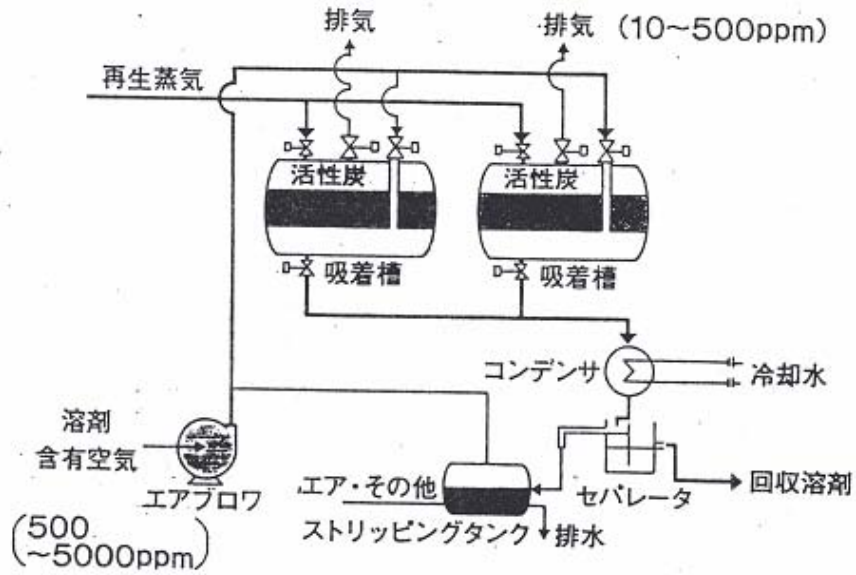


図 17 固定床吸着式の例

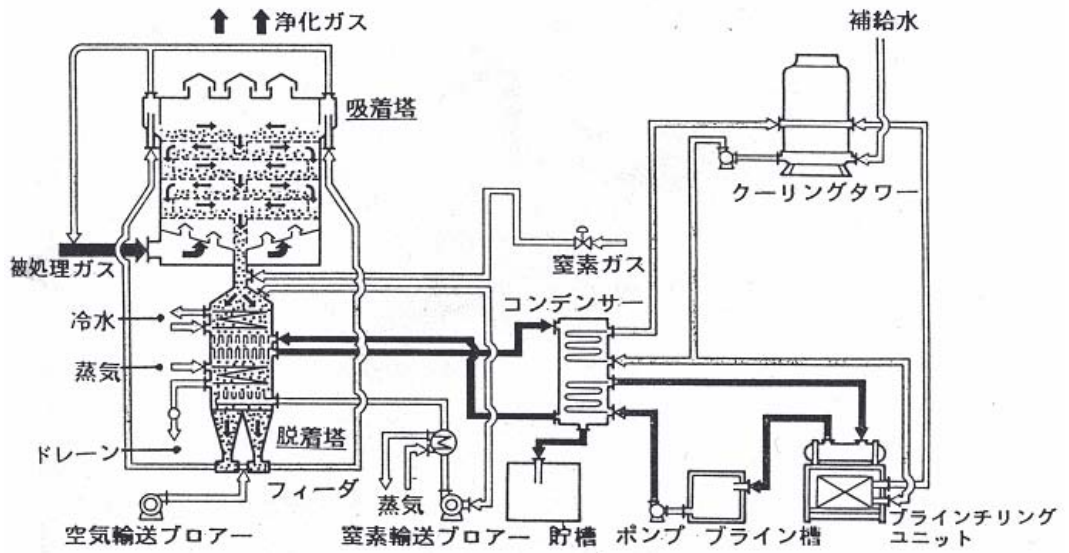


図 18 流動床吸着式の例

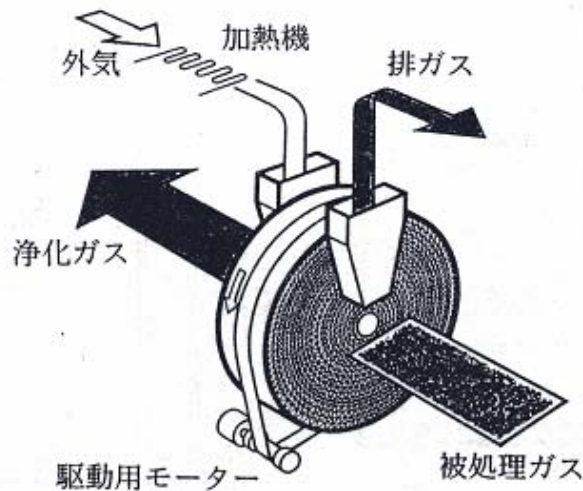


図 19 ハニカム型吸着式の例

(2) 冷却凝縮法

冷却凝縮法とは、冷却装置に VOC を含む排ガスを通すことにより、露点以下に冷却して VOC を回収する方法である。単一の VOC が使用されており、排ガス風量が少なく、VOC 濃度が高い場合に適用されることが多い。除去効率は他の方法に比べて高くないが、高濃度の物質の除去に有効である。また、排ガスから回収した物質を再利用する目的で行われることもある。冷却凝集法による VOC 処理装置の種類及び特徴を表 10 に示す。

表 10 冷却凝集法による VOC 処理装置の種類及び特徴

冷却方式	特徴
冷却法	VOC を冷却して液化回収する方法
圧縮深冷凝縮法 (図 20)	加圧下で VOC を冷却して回収する方法

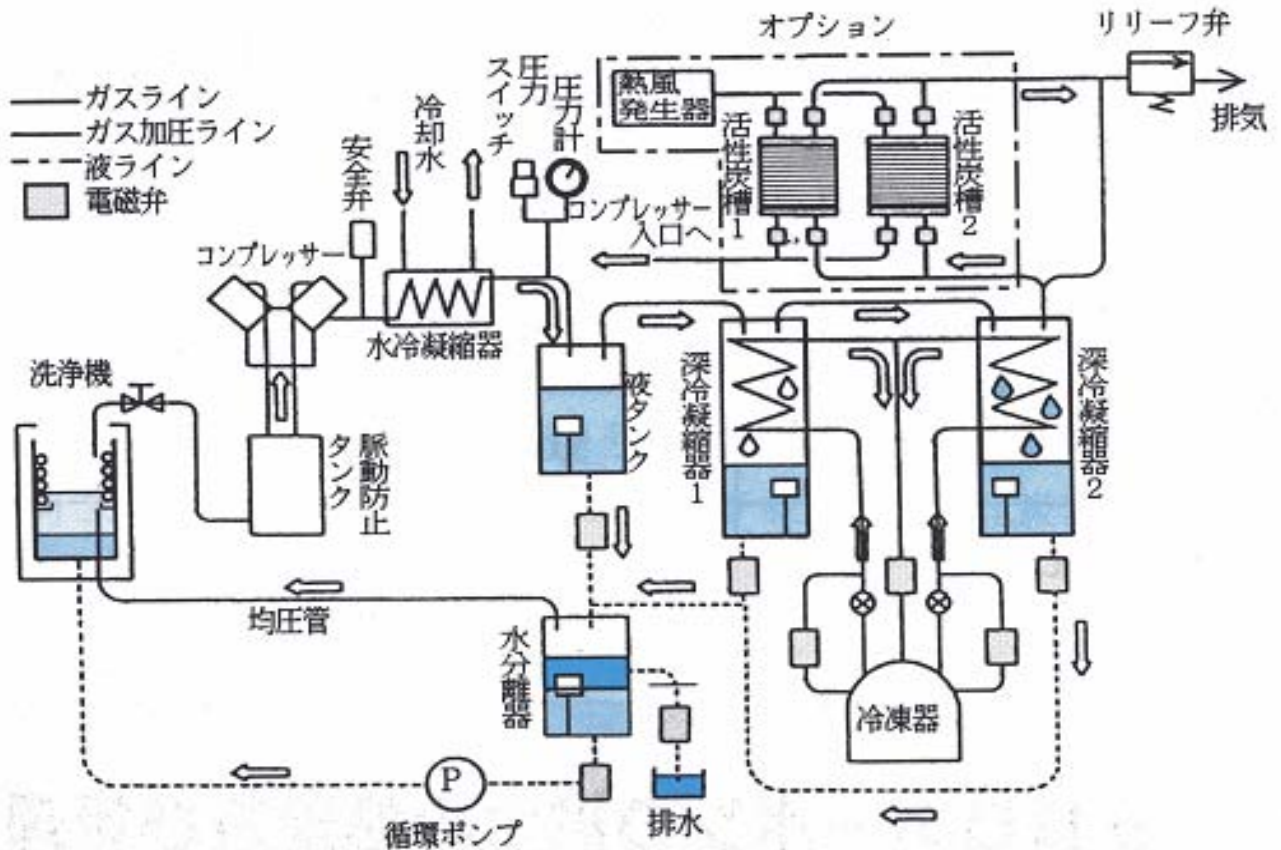


図 20 圧縮深冷凝縮法による VOC 処理装置の例

(3) 直接燃焼法

直接燃焼法とは、ガス、灯油、重油により、VOC を 650 ~ 800 の高温下で瞬時に酸化分解する方法である。酸化分解可能な物質であれば、ほとんどの VOC に対応できるが、特に、VOC 濃度が高いとき（1000ppm 以上）に有効である。反対に、排ガスが低濃度で自燃領域より低い場合は処理効率が悪くなるため、前処理として濃縮を行い処理効率を良くすることが多い。塗装の焼付乾燥炉のように非意図生成物がある場合、直接燃焼式を用いることが多い。直接燃焼法による VOC 処理装置の特徴を表 11 に示す。

表 11 直接燃焼法による VOC 処理装置の特徴

長所	短所
<ul style="list-style-type: none">・ 処理効率が高い・ 処理効率が安定している・ ほとんどの VOC に対して適用可能	<ul style="list-style-type: none">・ 重油燃料使用時に SO_x が発生する・ NO_x が発生することがある

(4) 触媒燃焼法

触媒燃焼法とは、白金、パラジウム等の触媒を用いて VOC を 200 ~ 350 の低温下で酸化分解する方法である。触媒燃焼法による VOC 処理装置の特徴を表 12 に示す。

表 12 触媒燃焼法による VOC 処理装置の特徴

長所	短所
<ul style="list-style-type: none">・ 触媒により低温での燃焼が可能・ 直接燃焼法に較べて燃料費が少ない・ 装置は比較的低温仕様で軽量である・ 爆発危険性が少ない	<ul style="list-style-type: none">・ タール、ミスト、ダストの影響が大きい・ 物理、化学的触媒毒の影響が大きい・ 触媒の劣化がわかりにくい

(5) 蓄熱燃焼法

蓄熱燃焼法とは、砂、セラミック等の耐熱性、蓄熱性のある固定層（蓄熱層）を媒体として、高温（800 ~ 1000 ）で VOC を接触させて酸化分解する方法である。蓄熱燃焼法による VOC 処理装置の特徴を表 13 に示す。

表 13 蓄熱燃焼法による VOC 処理装置の特徴

長所	短所
<ul style="list-style-type: none">・ 低濃度で自燃する・ 処理ガスの濃度変化にも対応できる・ NO_x、SO_x の発生が少ない・ 固定層の寿命は半永久的である	<ul style="list-style-type: none">・ 塗装排ガスを直接使用する場合にはフィルターが必要