



# 排出抑制 VOC

産業洗浄における  
自主的取組マニュアル

環境省

日本産業洗浄協議会・(株)旭リサーチセンター

# コストダウンと作業環境改善活動でVOC排出抑制を 産業洗浄における自主的取組マニュアル

contents

- VOC排出抑制が必要な理由／本マニュアルのまとめ ..... p 1
- 本書の視点 ..... p 2
  - 使い方 ● 排出抑制効果を示す定量測定実験 **コラム**「VOCって何？」
- 洗浄剤（溶剤）はなぜロスする ..... p 4
  - 蒸発と凝縮 ● 冷却コイルの役割
- VOC排出抑制まとめ ..... p 6
  - 3槽式洗浄システム ● VOC発生要因のチェック ● VOC排出抑制フローチャート

## 洗浄工程の改良

- 起動・停止の手順 ..... p 8
- 洗浄装置周辺の風の減少 ..... p 9
- 局所排気方法の変更 ..... p 10
- ドゥエル（被洗浄物を蒸気層の上で放置乾燥）方法の検討 ..... p 11
- 被洗浄物による液持出量の削減 ..... p 12
- 蓋（ふた）・カバーの設置 ..... p 13
- 冷却効果の適正化 ..... p 14
- フリーボード比の確保 ..... p 15

## 代替洗浄剤の導入

- 炭化水素系洗浄システム ..... p 16
- 準水系洗浄システム ..... p 17
- 水系洗浄システム ..... p 18

## 回収・再生装置の導入

- 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置 ..... p 19
- 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置の具体例 ..... p 20
- 活性炭吸着法による回収・再生装置 ..... p 23
- 活性炭吸着方式の回収・再生装置の具体例 ..... p 24

## 洗浄装置の密閉化

- 減圧蒸気洗浄システム ..... p 25
- 完全密閉洗浄装置 ..... p 26

- 参考資料** 塩素系溶剤に適用される主な規制 ..... p 27
- 付 録** 定量測定実験実機生データ、定量測定実験実機図、委員会関係者名簿 ..... p 28

### 関連情報のホームページ



日本産業洗浄協議会HP  
<http://www.jicc.org>



環境省VOC関連HP  
<http://www.env.go.jp/air/osen/voc/voc.html>



経済産業省関連VOC関連HP  
<http://www.jemai.or.jp/japanese/tech/voc/index.cfm>



# VOC排出抑制が必要な理由／本マニュアルのまとめ

## 産業洗浄のVOC排出抑制が必要な理由

2006年4月に施行された改正大気汚染防止法（改正大防法）では、法規制と事業者の自主的な取組との適切な組み合わせ（ベスト・ミックス）による効果的なVOC排出抑制という考え方で、

- ①一定規模より大きいものを法規制の対象施設（外形裾切り基準）として、都道府県への届出を義務づけ、
- ②VOC排出の対象施設に対して、排出口における排出濃度基準の遵守を義務づけ、
- ③VOC排出の対象施設より規模の小さいところは事業者の自主的な排出削減の取り組みにまかせる、ことなどが決められています。

特に産業洗浄の現場を持つ中小事業者は、③で示したように規制対象施設以外という場合が多く、VOC排出抑制のために必要な措置を幅広く講じ、自主的なVOC排出抑制の取り組みを行うことが欠かせません。

また、改正大防法でのVOC排出量の目標数値・期限は、平成22年度が目途となり、事業所（固定発生源）での平成12年度よりVOC排出量を3割削減することです。

平成22年度にこの目標が達せられるかどうかによって、法の見直しが予定されています。その見直しの結果によっては、法規制の対象施設の見直しが行われます。

## 本マニュアルのまとめ

本書は産業洗浄におけるVOC排出抑制対策の方法を、できるだけ定量的に、かつ簡潔にまとめたマニュアル本です。そのまとめを下表でご紹介します。この表を手がかりに、是非具体的なVOC排出抑制対策を実践しましょう。

産業洗浄におけるVOC排出削減対策のまとめ表

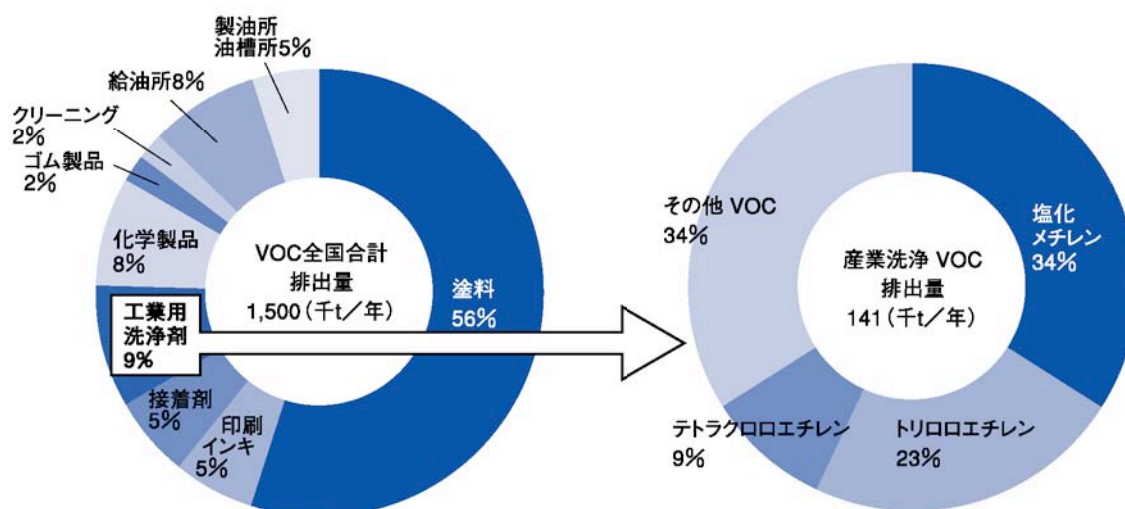
対策の種類	具体的方法	VOC排出抑制効果 (注：詳細な条件を確認のこと)	対策に必要な イニシャルコスト	コストダウン事例 (洗浄剤削減分)	
洗浄工程の改良	・起動、停止の手順	—	ゼロ	—	
	運転・操作の改善	・洗浄装置周辺の風の減少	約60～90% (モデル洗浄装置データp9参照)	10万円程度	2.7～4.4万円/月
		・ドゥエル方法の検討	約15～80% (モデル洗浄装置データp11参照)	ゼロ	0.2～1.8万円/月
		・被洗浄物による持出量削減	約80% (モデル洗浄装置データp12参照)	1万円程度	1万円/月
	洗浄装置の改造	・局所排気方法の検討	約70～85% (モデル洗浄装置データp10参照)	0～100万円	2.2万円/月
		・蓋、カバーの設置	約80% (モデル洗浄装置データp13参照)	1～50万円	1.5万円/月
		・冷却効果の適正化	約10～30% (モデル洗浄装置データp14参照)	10～100万円	0.14万円/月
		・フリーボード比の確保	約20% (モデル洗浄装置データp15参照)	100万円以下	0.1万円/月
代替洗浄剤の導入	・水系、準水系、炭化水素系、ハロゲン系（フッ素系、臭素系）などの洗浄剤	100% (但し、代替物質の排出は別)	数千万円 (装置入換え)		
回収・再生装置の導入	・活性炭吸着法 ・圧縮深冷凝縮法	60～80%	数百万～2千万円		
装置の密閉化	・減圧蒸気洗浄システム ・密閉型洗浄装置	70～80%	数百万～2千万円		



## 使い方

本格的なVOC排出抑制の環境政策（平成18年4月1日施行）がスタートしています。

大気汚染防止の視点における産業洗浄におけるVOC排出抑制は、その7割をしめる塩素系洗浄剤（図1）を中心とする非水系洗浄剤がターゲットとなります。この非水系洗浄剤、とりわけ塩素系溶剤においては、大気汚染だけではなく、作業環境、廃棄物、地下浸透、水質汚濁など洗浄についての法令規制も含む化学物質管理が要求されています（参考資料）。本マニュアルでは、塩素系洗浄剤を中心としたVOC排出抑制技術を整理し、事業者が現場の実態に即したVOC排出抑制対策を自主的に取り組めるよう解説したものです。



2000年度VOC排出インベントリ(社団法人 環境情報科学センター H15)

＊コスト  
ダウン

♪作業環境  
改善

## VOC排出抑制

産業洗浄におけるVOC排出抑制対策は、一般的に「VOC排出抑制のまとめ表」(p1)に整理されます。洗浄剤ペーパー回収・再生装置の導入は有力な対策ですが、ローコスト対策技術である、洗浄工程の改良（運転・操作の改善、洗浄装置の改造）も簡単な方法でありながら、効果があります。

またVOC排出抑制対策は、環境対策であるとともに、**洗浄工程における排出抑制・回収再利用による洗浄剤購入量の削減に直接つながるもので、工程コストの削減対策でもあります。また、VOC排出抑制対策は作業環境改善になります。**

洗浄工程の改良はローコスト対策技術であり、改良の仕方により大きな排出抑制効果が得られ、組み合わせることで相乗効果も期待できます。

みなさんの創意工夫で、コストダウンと作業環境改善になるVOC排出抑制を実現しましょう。



## 排出抑制効果を示す定量測定実験

### ●効果を示す定量測定実験データ

本マニュアルの「洗浄工程の改良」には、一つ一つの排出抑制技術について、実際に塩化メチレンを使用したモデル洗浄装置において実測をし、解析をした定量測定実験データが示してあります。

実験は約1年にわたり実施しました。外気温など可能なかぎり条件を組み入れて測定された結果を補正してまとめています。しかし、皆様方の現場にある洗浄装置は、千差万別です。したがって、このモデル洗浄装置のデータ、数字は、効果の絶対値としてよりは、相対的評価を定量化したものとして活用下さい。

定量測定実験のモデル洗浄装置の仕様と測定条件

	高さ[mm]	幅[mm]	奥行き[mm]	使用洗浄剤:塩化メチレン(ジクロロメタン)、 装置内の洗浄剤の量:約150kg VOC排出速度は装置運転中で安定した蒸気洗浄槽の液面を測定。洗浄装置内の液相の洗浄剤の増減から計算しています。 また、掲載したデータは室温20度における値として補正し、基準化してあります。
浸漬洗浄槽(第1槽)	350	370	340	
リンス(すすぎ)槽(第2槽)	380	370	340	
蒸気洗浄槽(第3槽)	—	370	340	
ペーパーゾーン	520	1360	420	
モデル洗浄装置外寸	1210	1940	950	

なお、「洗浄工程の改良」の各項目のVOC排出抑制効果は定量測定実験データに基づきます。グラフ中のコストダウン(円/月)は、毎日8時間、ひと月に25日稼働、塩化メチレンの単価を200円/kgとして概算したものです。



定量測定実験モデル洗浄装置の外観



定量測定実験モデル洗浄装置付属の搬送機  
(出典:産業洗浄VOCマニュアル委員会WG)

### コラム

## VOCって何？

**VOC (volatile organic compound) とは、揮発性を有し大気中でガス状となる有機化合物の総称です。**

大気汚染防止法の定義では、法第2条において、「排出口から大気中に排出され、また飛散したときに気体である有機化合物」という定性的な定義となっており、「わが社で取り扱っているこの物質は法的にVOCなのか否か？」については、明示されていません。光化学反応性がない、または低いとされるメタンとフロン類の除外物質8種のみ、別途政令(平成17年5月27日政令第189号第2条の2)で物質名が明示されています。

主要なVOCは、塗料、印刷インキ、接着剤、洗浄剤などに使用されており、おおまかには「有機溶剤」と考えてよいでしょう。わが国の工場等において実際に使用されている代表的な物質としては、トルエン、キシレン、酢酸エチル、メタノール、塩化メチレンなど約200種類の物質があります。産業洗浄分野では、塩素系、炭化水素系、グリコールエーテル系、アルコール系などほとんどの洗浄剤がVOCと定義されます。ただし、界面活性剤はVOCではなく、水系洗浄剤もVOCではありません。

#### VOCではない除外物質として規定されている物質

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| ① メタン                                | ⑤ 1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン(HCFC-142b)                |
| ② クロロジフルオロメタン(HCFC-22)               | 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)   |
| ③ 2-クロロ-1,1,1,2-テトラフルオロエタン(HCFC-124) | 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)   |
| ④ 1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン(HCFC-141b)      | ⑧ 1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-デカフルオロペンタン(HFC-43-10mee) |

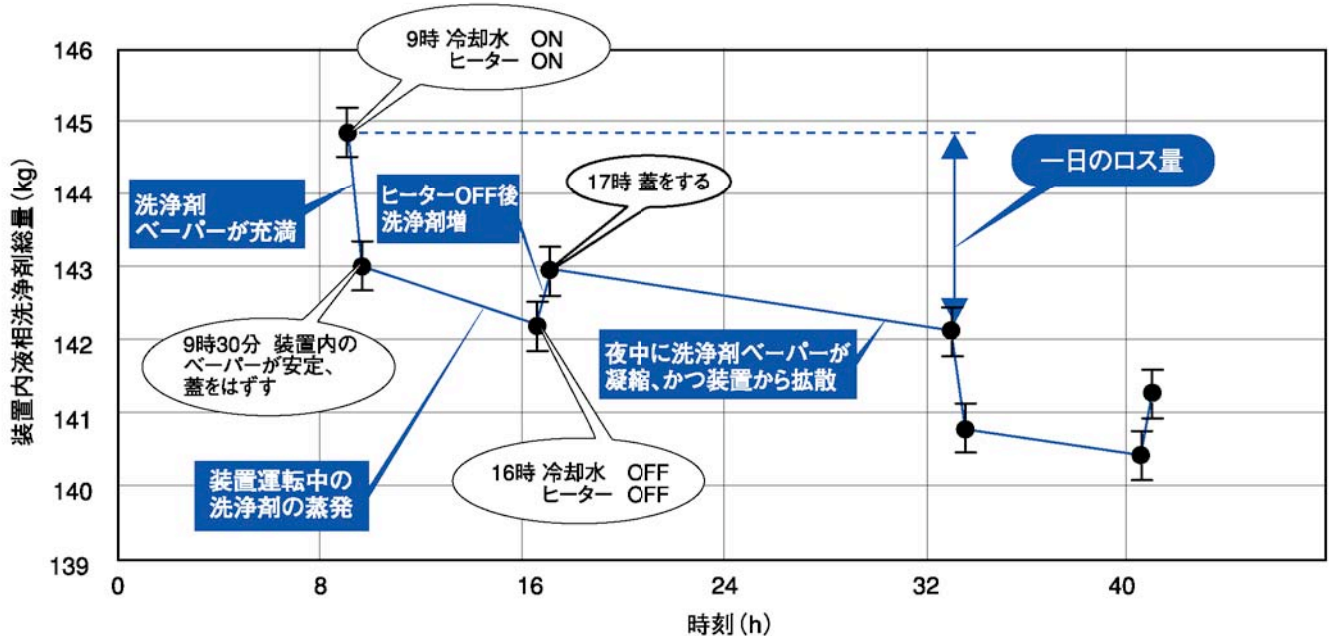
# 洗浄剤（溶剤）はなぜロスする

## 蒸発と凝縮

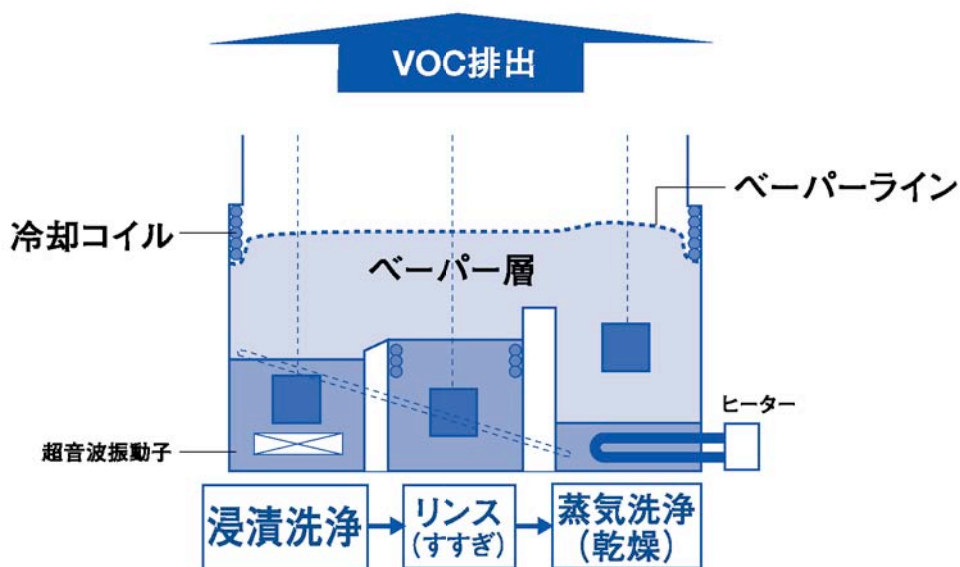
洗浄装置内の洗浄剤は、蒸発（気相）と凝縮（液相）を繰り返しています。

下図は洗浄装置内洗浄剤の総量変化（被洗浄物なし：静的条件）を定量測定実験モデル洗浄装置で実測した記録です。洗浄作業なしでも洗浄剤はロスしています。空気より重い洗浄剤ベーパーは、洗浄上部開口部からあふれるように拡散します。

一般的に洗浄剤ロスは、このベーパー拡散、装置からの漏えい、被洗浄物持出し、が要因です。なかでもベーパー拡散対策は重要なVOC排出抑制対策になります。



上図は定量測定実験モデル洗浄装置で、被洗浄物なしの実際の1日における洗浄装置内の洗浄剤の液量を示したものです。朝9時30分から洗浄装置を稼働させるため、9時に冷却水ON、ヒーターON、蓋をはずします。16時に稼働を止めて、冷却水OFF、ヒーターOFFにします。17時に蓋を取付けて一日の作業を終えます。夜間にもベーパー拡散し液量は減少します。これが毎日繰り返されます。



洗浄装置からのベーパー拡散によるVOC排出のイメージ



## 冷却コイルの役割

塩化メチレンのような引火点を持たない洗剤で洗浄するとき、最後の工程は蒸気洗浄を行うのが一般的です。蒸気洗浄の役目は、次のようなものです。

- 1) 蒸発した最も清浄な洗剤で仕上げのリンスをする。
- 2) 洗剤の持ち出しを減らし、すぐに乾燥できるように、被洗浄物を沸点まで温める。
- 3) 洗浄機内の洗剤を蒸留して、清浄な洗剤を循環させる。

このように蒸気洗浄は、洗浄工程に欠かせないものです。蒸気洗浄のために、蒸気洗浄槽で洗剤を沸騰させ、発生した蒸気の一部は被洗浄物の表面で凝縮して、いわゆる蒸気洗浄に使われます。残りの大部分の蒸気は凝縮せずに蒸気のままに残ります。その蒸気を冷却し凝縮して液体にするために、蒸気ゾーンの上に冷却コイルが取り付けられています。

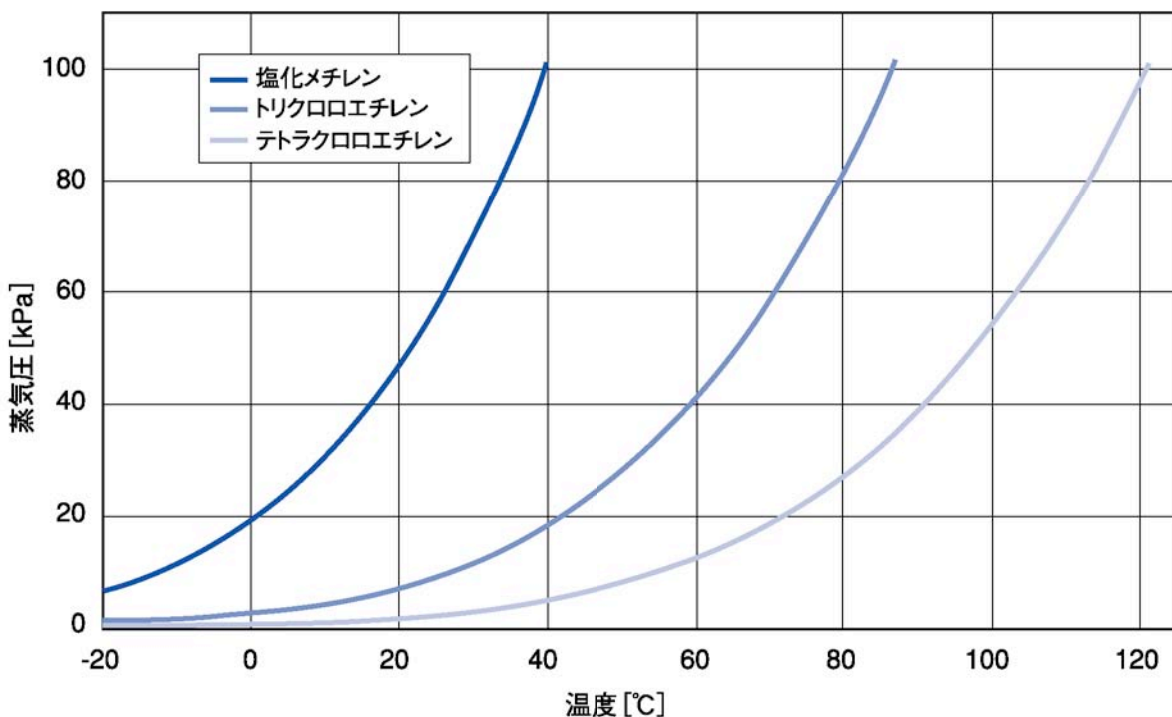
冷却コイルはある程度の高さを冷却できるだけの巻数を備えており、その冷却コイルで囲まれた蒸気ゾーンより上部の空間を冷却ゾーンと呼びます。蒸気洗浄の終わった被洗浄物を冷却ゾーンでいったん正置し、表面に付着した被洗浄物を蒸発させて乾燥させます。

冷却コイルの最も主要な役割は、蒸気洗浄槽で発生した蒸気を冷却して凝縮することです。冷却コイルで蒸気を凝縮することで、洗浄機内部の洗剤は次のように凝縮します。



この循環により、洗剤に溶けた油などの汚れは、蒸気洗浄槽の溶剤に移動して濃縮し、冷却槽の洗剤を清浄な状態に保つことができます。

このように冷却コイルの重要な効果は、蒸気を凝縮することで装置外への洗剤の漏洩を低減することです。その洗剤漏洩の減少はランニングコストの低減、作業環境濃度の低下、環境影響の減少につながります。

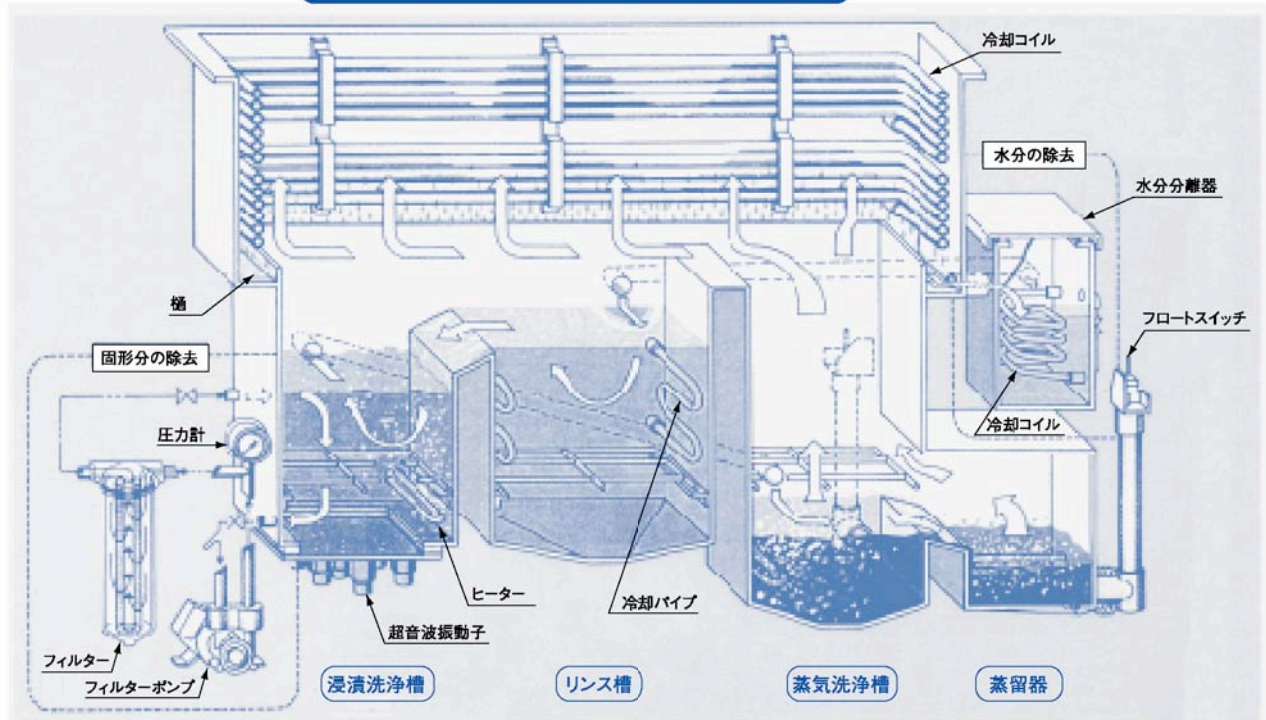


## 3槽式洗浄システム

産業洗浄の基本は ①洗う→②すすぐ(リンス)→③乾燥 です。

- ① 洗 う: 洗浄対象物の汚れを溶剤の化学的溶解力と超音波等による物理力を利用し落とします。
- ② すすぐ(リンス): 洗う工程で使用した溶剤を洗い流し、さらに前槽で取りきれなかった汚れを除去します。
- ③ 乾 燥: すすぎに使用した溶剤を洗浄対象物に影響のない範囲の温度で蒸発させて除きます。

代表的な湿式開放型3槽式洗浄システム



産業洗浄工程における排出量削減のための主な対策

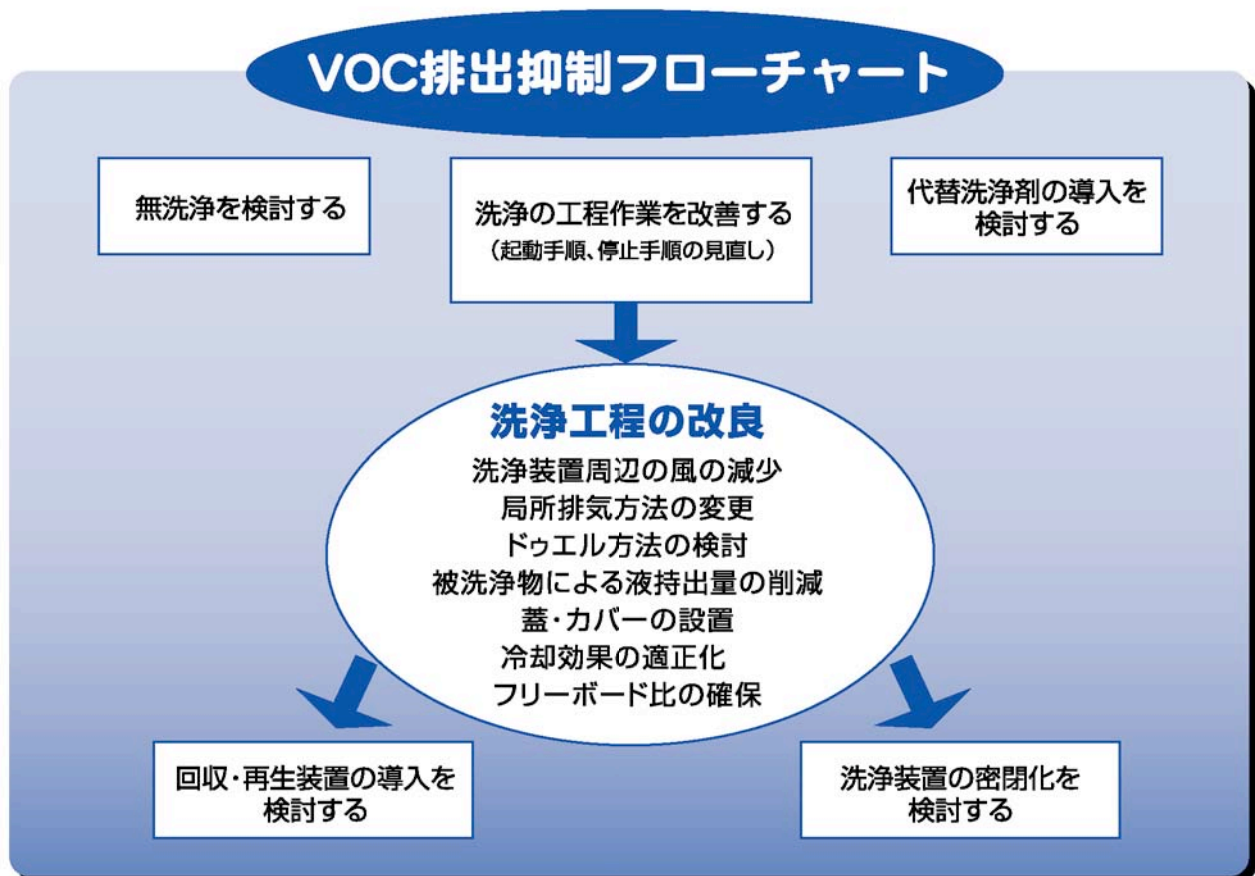
対策の種類	具体的方法	VOC排出抑制効果 (注: 詳細な条件を確認のこと)	対策に必要な イニシャルコスト	
洗浄工程の改良	・起動、停止の手順	—	ゼロ	
	・運転・操作の改善	・洗浄装置周辺の風の減少	約60～90% (モデル洗浄装置データp9参照)	10万円程度から
	・ドゥエル方法の検討	約15～80% (モデル洗浄装置データp11参照)	ゼロ	
	・被洗浄物による洗浄液持出量削減	約80% (モデル洗浄装置データp12参照)	1万円程度	
	・洗浄装置の改造	・局所排気方法の検討	約70～85% (モデル洗浄装置データp10参照)	0～100万円
	・蓋、カバーの設置	約80% (モデル洗浄装置データp13参照)	1～50万円	
	・冷却効果の適正化	約10～30% (モデル洗浄装置データp14参照)	10～100万円	
	・フリーボード比の確保	約20% (モデル洗浄装置データp15参照)	100万円以下	
代替洗浄剤の導入	・水系、準水系、炭化水素系、ハロゲン系 (フッ素系、臭素系) などの洗浄剤	100% (但し、代替物質の排出は別)	数千万円 (装置入換え)	
回収・再生装置の導入	・活性炭吸着法 ・圧縮深冷凝縮法	60～80%	数百万～2千万円	
装置の密閉化	・減圧蒸気洗浄システム ・密閉型洗浄装置	70～80%	数百万～2千万円	



## VOC発生要因のチェック

工程フローとチェックポイント表

工程フロー	チェックポイント	VOCの大気排出要因	VOC発生割合目安
準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洗いすぎているか。</li> <li>・冷却機やヒーターの起動・停止手順は正しいか。</li> <li>・冷却水は流れているか。温度は適切か。</li> <li>・被洗浄物の置き方は適正か。</li> <li>・洗浄剤の充填、交換の際に漏れていないか。</li> </ul>	注入時の洗浄剤の揮発	30%程度
洗浄・乾燥	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洗浄装置に風が入り込んでいないか。</li> <li>・局所排気の吸引は強すぎないか。</li> <li>・局所排気の形状は変えられないか。</li> <li>・フリーボード比は適正か。</li> <li>・被洗浄物の出し入れはゆっくり行っているか。</li> <li>・洗浄後、液切りを行ったり、蒸気層上部でしばらく放置しているか。</li> <li>・洗浄槽に蓋や覆いをしているか。</li> <li>・蓋を閉めた時、蓋は局所排気の吸引口より下にあるか。</li> <li>・代替洗浄剤を使えないか。</li> <li>・排気口にVOC処理装置をつけられないか。</li> </ul>	洗浄剤の揮発	70%程度
保管	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保管庫の温度管理を行っているか。</li> <li>・缶に直射日光は当たっていないか。</li> <li>・溶剤缶の蓋は、使わない時必ず密閉しているか。</li> </ul>	保管時の洗浄剤の揮発	5%程度以下



## 起動・停止の手順

### ◎重点ポイント◎

冷水装置（チラー）やヒーターの起動・停止手順の適正化により、排出ロスを抑えることができます。

### ◎解説◎

洗浄槽の冷却部温度が十分に下がっていない状態で洗浄剤の温度を上げると、VOC大気排出量が増加してしまいます。洗浄システムの起動・停止は、下のような手順で行いましょう。

冷却水の温度・流れが定常になるまでしばらく時間を置いてから（10分間目安）、ヒーターのスイッチを入れましょう。また、このような手順で作業が適正に行われていることを、作業点検簿などを作ってチェックしましょう。

### 洗浄システムの起動・停止の手順

#### 起動時

- ① 冷却水ON（しばらく待つ、10分間目安）
- ② 静かに蓋をあける
- ③ ヒーター等ON
- ④ 定常状態（設定温度）になっていることを確認
- ⑤ 洗浄運転開始

#### 停止時

- ① ヒーター等OFF
- ② 蓋閉め
- ③ 洗浄槽内の温度が室温まで下がっていることを確認
- ④ 冷却水OFF（できれば常時流すことが好ましい）

（「クロロカーボン適正使用ハンドブック」（2000）、クロロカーボン衛生協会を元に作成）





## 洗浄装置周辺の風の減少

### ◎重点ポイント◎

洗浄装置周辺の風の発生を抑えます。

洗浄槽内に外部から風が舞い込んできますと、洗浄剤ペーパーの拡散を促進させ、VOC排出増の大きな要因となります。

### VOC排出抑制効果

▲60～90%〔周辺の風1.25m/sを0.25m/s～0m/sにする。遮蔽板の設置、シート囲い〕

### イニシャルコスト

10万円程度から（内容：遮蔽板の設置、シート囲いなど）

### ランニングコスト

なし

### ◎解説◎

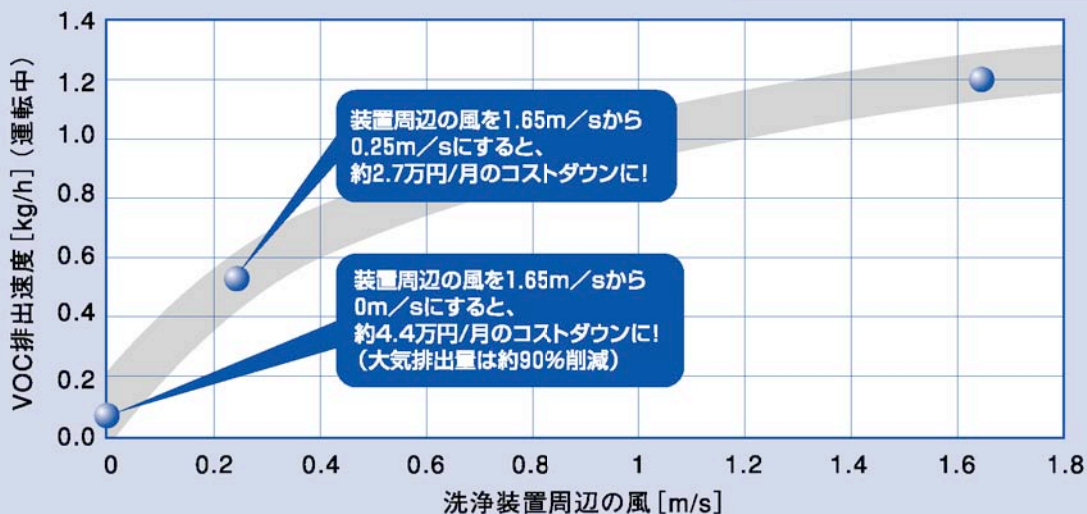
上部開口型の通常の洗浄装置は洗浄槽から生ずる洗浄剤ペーパーが開口部から拡散するのは避けられません。もし洗浄装置がある所に風が流れていると拡散してきたペーパーが速やかに吹き払われるため拡散が促進され、VOC排出量が大きくなります。洗浄装置の設置現場周辺に扉や窓があり、開閉時に外気が吹き込むようなことがあると、この現象が起こります。無風状態と比べ約0.3～0.5m/sの風（わずかに風があると感じられる程度の風速）があると約2～3倍に増加し、1m/s程度になると約10倍になるとの報告があります。この原因によるVOC排出量は他の因子より影響が大きいことが知られており、解決しておかなければなりません。

洗浄装置の周囲に風がある状態が生ずる例をあげると、①臭気があるとか、暑い理由で作業室の窓をあける、②戸外に面した入り口近くに洗浄装置が置かれている、③夏の暑さ対策で作業用用スポットクーラーや扇風機を動かすなどがあります。

こうした事項を解決することが望ましいですが、せめて風を遮る衝立を適切に設置することが必要です。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ

【試験条件】	洗浄装置周辺の風速	0	0.25	1.65m/s
	フリーボード比	1.13		
	冷却水流量	50.0L/min		
	局所排気風速	0.0m/s		



〔洗浄装置周辺の風速の測定地点は、洗浄装置のすぐ前上部（作業者が立つ位置を想定）〕

## 局所排気方法の変更

### ◎重点ポイント◎

局所排気装置を見直し、風量の最適化を行います。  
局所排気の風量の最適化により、VOC排出量を抑制できます。また、局所排気装置の形状により洗浄槽周辺の流れが変化します。フード形状の変更等により、VOC排出量を抑制できます。

**VOC排出抑制効果** ▲70～85%〔囲い式局所排気の風量0.8m/sを0.4～0.6m/sに〕

**イニシャルコスト** 0～100万円（内容：局所排気装置の変更の場合は100万円程度）

**ランニングコスト** なし

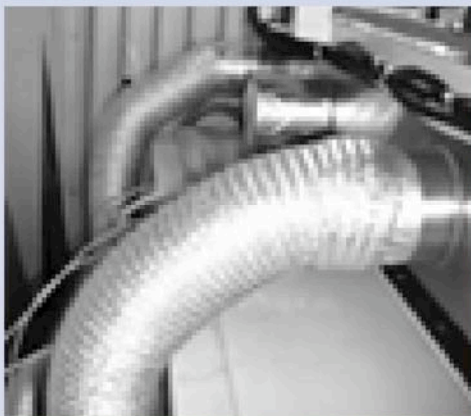
### ◎解説◎

局所排気装置の形式には側方外付け式と囲い式とがありますが、洗浄装置では後者の方が洗浄装置内部への風の舞い込みがなくVOC排出量が前者より大幅に小さくなります。そこで洗浄装置の開口面の全周にスリット式の吸い込み口を設け、0.4m/s程度で均等に吸引するよう速度の設定の管理をするのが望ましい方法です。

#### ★補足〔労働安全衛生法の法定制御風速の規定〕

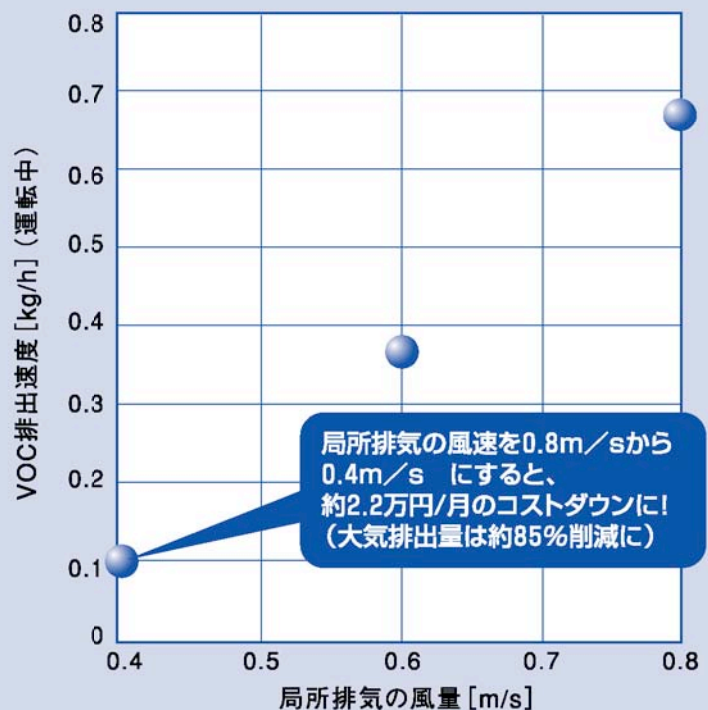
労働安全衛生法の有機溶剤中毒予防規則により、塩素系洗浄剤は作業環境保全のため局所排気の設置が義務付けられています。吸い込み口には、法定制御風速の規定（囲い式フードの場合、制御風速0.4m/s以上）があります。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ



局所排気の吸引ダクト

【試験条件】	0.4	0.6	0.8m/s
局所排気風速			
フリーボード比	1.13		
冷却水温度	15℃		
冷却水流量	50.0L/min		





## ドゥエル（被洗浄物を蒸気層の上で放置乾燥）方法の検討

### ◎重点ポイント◎

ドゥエル（被洗浄物を蒸気層の上で放置して乾燥）を行ないます。  
蒸気洗浄後、被洗浄物を蒸気層の上で一旦止め、できるだけ長い時間放置して付着溶剤を十分蒸発させ、冷却コイルで凝縮回収させてから装置から取り出します。

**VOC排出抑制効果** ▲15～80%〔ドゥエルなしをドゥエル30秒した場合〕

**イニシャルコスト** なし

**ランニングコスト** なし

### ◎解 説◎

ドゥエルするための被洗浄物の置く位置は、冷却によりできるベーパーゾーンの境界面上約5cmに被洗浄物の下端がくるようにします。かつ、冷却コイルに洗浄物の大半が囲まれていることが望ましい状態です。

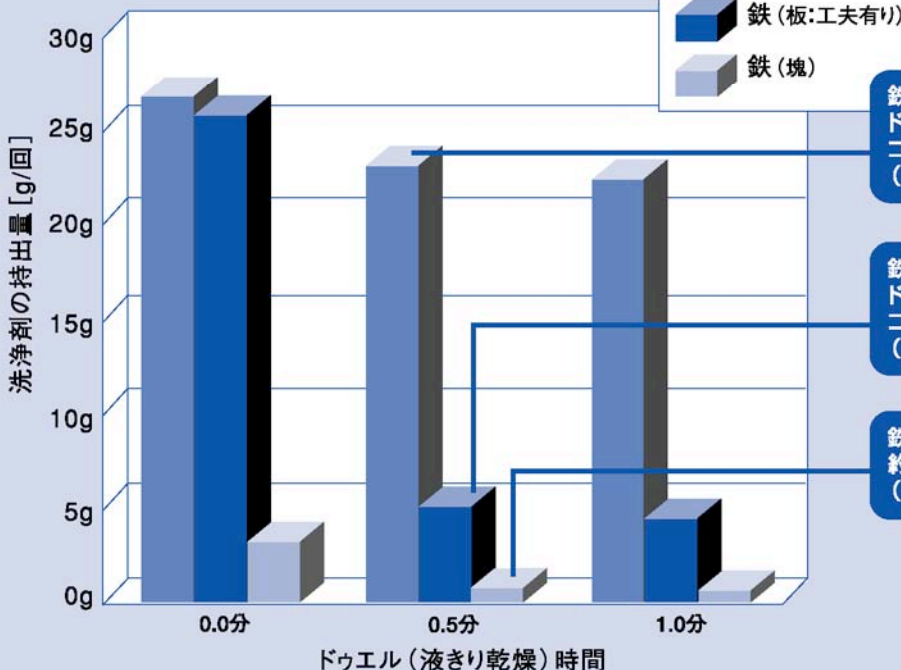
ドゥエルで被洗浄物を濡らしている洗浄剤を蒸発させます。そのおよそ半分が冷却コイルで凝縮、回収されます。もし被洗浄物の置く位置を冷却コイルの上端より上にしますと、付着洗浄剤は回収できず、ほとんどがVOC排出となります。

適正な位置を定め、スループット（作業時間）を考慮しつつ、ドゥエルを30秒程度行なうと良い効果が得られます。

VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ

#### 【試験条件】

ドゥエル時間	なし	0.5分	1分
鉄（板:工夫無し）	26.49g	22.73g	22.11g
鉄（板:工夫有り）	25.64g	4.69g	4.20g
鉄（塊）	3.24g	0.54g	0.48g
バッチ数 [takt/day]	160	137	120



ドゥエル30秒で、洗浄剤の持出量の減少の効果が  
出ます。  
塊状の形状の場合でも、  
ドゥエルの効果が出ます。

鉄（板:工夫なし）では  
ドゥエル0.5分で約2,500円の  
コストダウンに!  
（大気排出量は約15%削減）

鉄（板:工夫あり）では  
ドゥエル0.5分で約1.4万円の  
コストダウンに!  
（大気排出量は約80%削減）

鉄（塊）ではドゥエル0.5分で  
約1,800円のコストダウンに!  
（大気排出量は約80%削減）

## 被洗浄物による液持出量の削減

### ◎重点ポイント◎

被洗浄物による洗浄剤持出量を減らします。  
 洗浄槽から引き上げたとき、できるだけ被洗浄物に液だまりが起こらないような姿勢を考え、あるいは重なりを作らないようにバスケットに並べる工夫をします。

**VOC排出抑制効果** ▲80%〔板状のものを水平に重ねたものから縦に並べた場合〕  
 ※塊状のものでは適用されません

**イニシャルコスト** 1万円程度 (内容:バスケットの手直し)

**ランニングコスト** なし

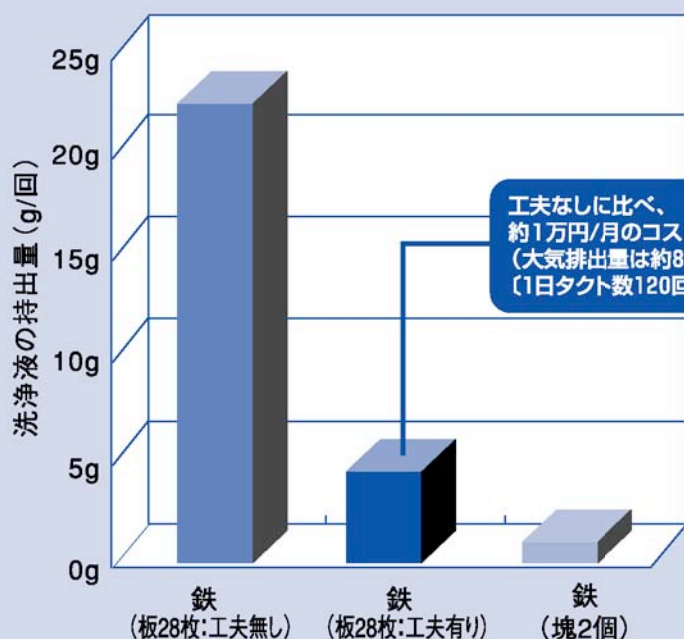
### ◎解説◎

浸漬洗浄した後にペーパー洗浄を行ないますが、ペーパーの熱で被洗浄物の温度が上昇し、ペーパー温度と等しくなると凝縮が生じなくなり、ペーパー洗浄は終了します。その後、被洗浄物をペーパー層から取り出しますが、被洗浄物の形状(液だまりの出来る窪み、袋孔、積層部など)やバスケットに並べたときの姿勢によって、凝縮した洗浄剤が被洗浄物の表面を濡らす以外に液だまりや重なり部に流れ落ちないで残ることがあります。

そのまま装置の外に引き上げてしまうと、液だまりとして持出した液の分だけ余計なVOC排出になります。したがって洗浄槽から引き上げたとき出来るだけ被洗浄物に液だまりが起こらないような姿勢を考え、あるいは重なりを作らないようにバスケットに並べる工夫をします。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ

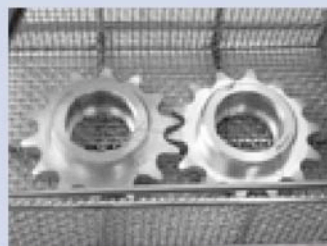
【試験条件】	ドゥエル時間	1分
鉄(板:工夫無し)	22.11g	
鉄(板:工夫有り)	4.20g	
鉄(塊)	0.48g	



鉄(板:工夫無し)



鉄(板:工夫有り)



鉄(塊)



## 蓋（ふた）・カバーの設置

### ◎重点ポイント◎

装置周辺に風がある場合、洗浄槽の上部に蓋やカバーを設置することによって、洗浄槽からの洗浄剤のペーパー拡散が防げ、VOC排出量を減らせます。

### VOC排出抑制効果

▲80%〔密閉度が高い蓋を吸い込み口より下で行なう〕

蓋の励行により洗浄剤（塩化メチレン）使用量27%削減した、洗浄剤（トリクロロエチレン）使用量14%削減した事業所があります〔全国鍍金工業組合連合会、自主取組データ〕

### イニシャルコスト

1～50万円程度（内容：密閉度が高い蓋の作成、自動開閉蓋の場合は50万円程度）

### ランニングコスト

なし

### ◎解説◎

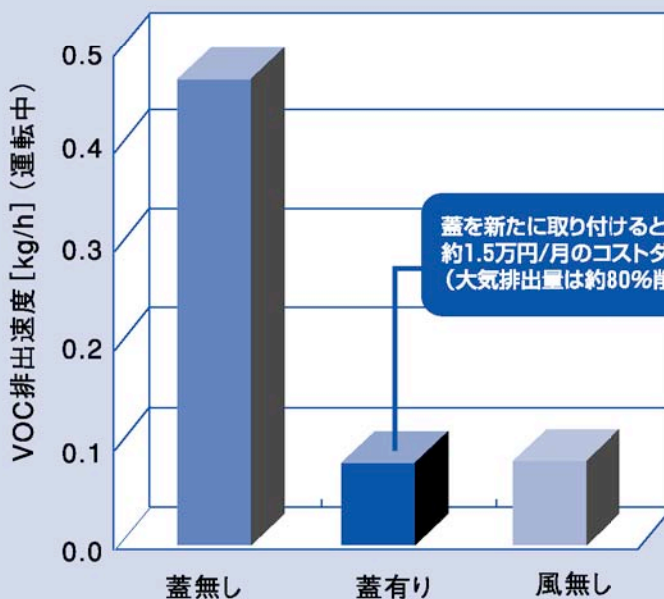
洗浄装置の不稼動時には密閉度が高い蓋・カバーができるようにしてペーパー拡散を防ぎます。特に夜間など使用停止時は冷却水が止まっている場合があるので、蓋は大きな効果があります。なお、囲い式の局所排気が設けられている装置では吸い込み口の下で蓋ができるようにしなければ、効果は得られません。

また、自動搬送式洗浄装置の場合には、洗浄物が槽に出入りする時に蓋が開くスライド式の自動シャッターを設置できるように改造できれば効果的なVOC排出抑制ができます。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ

【試験条件】	蓋無し	蓋有り	蓋無し・風無し
フリーボード比	1.13	1.13	1.13
冷却水温度 [°C]	15	15	15
冷却水流量 [L/min]	50	50	50
局所排気風速 [m/s]	0.0	0.0	0.0
装置周辺の風 [m/s]	1.65	1.65	0
運転中排出速度 [kg/h]	0.4751	0.00896	0.0898

風がない状態で蓋を不必要に取り付けると、蓋の開閉の際に排出するロス分の影響が大きくなってしまいます。



洗浄装置上部の蓋

## 冷却効果の適正化

### ◎重点ポイント◎

洗浄槽上部の冷却コイルの冷却水の温度を下げます。あるいは、冷却水の流量を適正にします。  
 洗浄槽上部の冷却コイルの冷却水の温度を下げることで、洗浄剤ペーパーの拡散が抑えられ、VOC排出量を少なくすることができます。

### VOC排出抑制効果

▲10～35%〔冷却水の温度を25℃から15℃、10℃への変更〕

冷水装置(チラー)能力の向上により洗浄剤(トリクロロエチレン)使用量を47%削減した事業所があります〔全国鍍金工業組合連合会、自主取組データ〕

### イニシャルコスト

10～100万円(内容:冷水装置(チラー)の付設、増強)

### ランニングコスト増加

2倍程度(内容:冷水装置(チラー)の電力消費、水道代など)

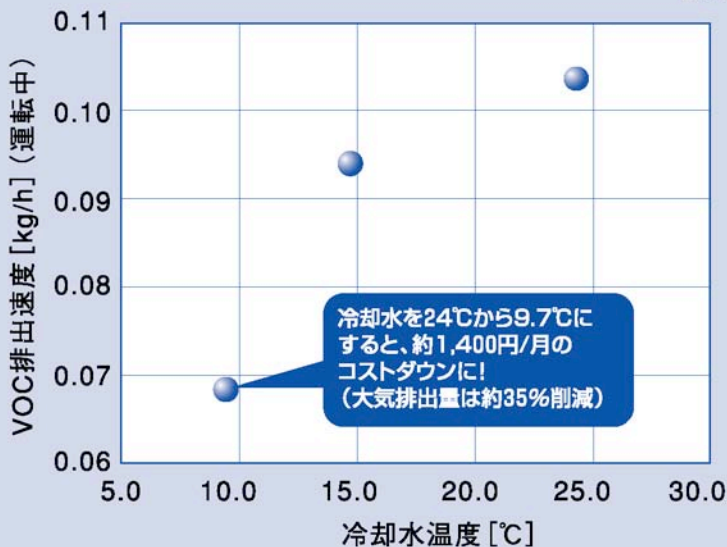
### ◎解説◎

塩化メチレンはトリクロロエチレンに比べて沸点が低い(40℃)ので、冷却コイルを流れる水の温度が高いと、洗浄剤ペーパーの拡散量が多くなります。このため、塩化メチレンの場合は冷却水の温度を5～15℃に設定しましょう。低温の冷却水が他の設備等から供給できない場合は、専用の冷水装置(チラー)を付設します。

トリクロロエチレン(沸点87℃)、テトラクロロエチレン(沸点121℃)を使用する場合は、冷却水の入口温度を原則として25℃以下にしましょう。

なお、梅雨期などの湿度が高い時期には、冷却水の温度が低すぎると(10℃以下)、室内の水分が凝縮しやすくなり、洗浄液中への水分混入の原因となります。温度をあまり下げ過ぎないことにも注意が必要です。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ



#### 【試験条件】

冷却水温度	9.7	14.6	24.4℃
フリーボード比	1.13		
冷却水流量	50.0L/min		
局所排気風速	0.0m/s		

#### ★特記事項★

定量測定実験において、10L/minまで冷却水流量を小さくするとペーパーラインが形成されず、洗浄剤によるVOC排出量が激増してしまうことが観測されました。一方、25L/min以上ではさほど変化しないことも観測されています。そのため、冷却水流量をある一定値以上に保つことが重要です。



## フリーボード比の確保

### ◎重点ポイント◎

フリーボード比は適切な大きさを確保します。  
 フリーボード比が小さいと、洗浄槽内の洗浄剤ペーパーの冷却が十分できず、凝縮されないペーパーが洗浄槽から拡散されるため、VOC排出量が多くなります。フリーボード比を大きくすることにより、洗浄剤の拡散によるロスを少なくすることができます。

**VOC排出抑制効果** ▲20%〔フリーボード比を1.1から1.4以上に確保した場合〕

**イニシャルコスト** 100万円以下 (内容:洗浄槽の壁と冷却コイル段数のかさ上げ、作業用踏み台の設置など)

**ランニングコスト** なし

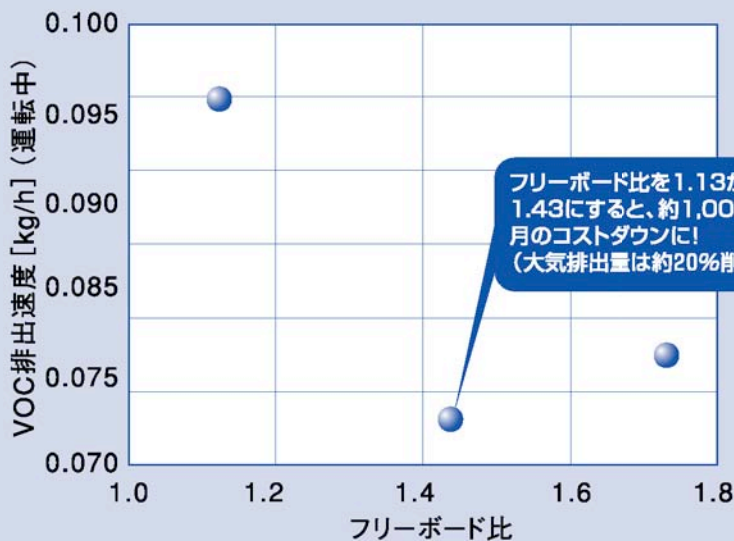
### ◎解説◎

ペーパー凝縮面から冷却コイルの最上面までの距離をフリーボード (free board) の高さといいます。蒸気洗浄槽のアイドリング状態 (洗浄処理をしていない状態) で、洗浄槽上部に風の乱れがないとき、フリーボードの高さは洗浄剤のペーパー拡散に大きく影響します。

同じフリーボード高さでも、実際の洗浄装置において槽の開口面の大きさが変わると、溶剤損失量が違ってくるので、フリーボード高さを槽の短い方の幅で割ったフリーボード比の値で基準化しています。

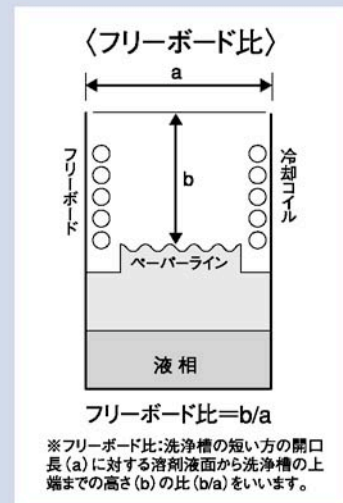
フリーボード比は、沸点の高いトリクロロエチレンの場合は0.7以上、低沸点の塩化メチレンの場合は1.0以上が最低必要な基準値です。フリーボード比は少なくとも基準値以上になるように装置の改造を行きましょう。

### VOC排出抑制効果を示す定量測定実験実機データ



#### 【試験条件】

フリーボード比	1.13 1.43 1.73
冷却水温度	15°C
冷却水流量	50.0L/min
局所排気風速	0.0m/s



## 炭化水素系洗浄システム

### ◎重点ポイント◎

沸点が高い炭化水素系洗浄剤は、洗浄工程が室温に近い場合、VOC排出量は比較的少なくなります。  
 なお、炭化水素系洗浄剤はVOC 対象物です。減圧乾燥と蒸留回収装置の設置でVOC排出抑制します。なお、炭化水素系洗浄剤は引火性危険物であるため防爆対応が必要です。このシステムでのVOC排出削減は乾燥システムで差があります。

**VOC排出抑制効果** ▲60～99%〔減圧蒸留再生装置の付帯により95%以上〕

**イニシャルコスト** 800～1,400万円（内容：浸漬洗浄、乾燥システム、蒸留再生装置、防爆対応）

**ランニングコスト増加** 4～8万円/月（内容：電力代、装置のメンテナンス代）

### ◎解説◎

炭化水素系洗浄システムにおける各種乾燥システムにより、VOC排出量は異なります。

#### 1) 熱風乾燥

熱風により洗浄剤を蒸発乾燥します。排出濃度は低く、回収はむずかしい。よって、乾燥工程への被洗浄物により持ちだされた洗浄剤は全量大気排出され、VOC排出は多くなります。

#### 2) 吸引乾燥

乾燥工程は多量の空気を通過させ、付着した洗浄剤を乾燥させます。乾燥工程への被洗浄物により持ちだされた洗浄剤は回収機構で回収されます。しかし、吸引乾燥工程は完全密閉ではなく、洗浄剤は回収機構をもった大風量吸引システムから大気排出され、VOC排出はあります。

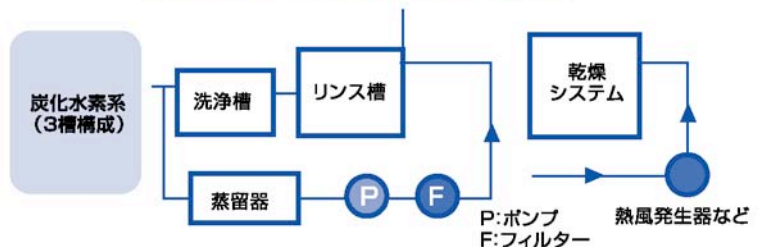
#### 3) 真空蒸気加熱+真空乾燥

密閉された真空空間内で蒸気洗浄と乾燥をします。（真空蒸気洗浄により被洗浄物に熱エネルギーが与えられます。）  
 真空度を上げると付着していた洗浄剤は急速に蒸発し乾燥します。回収機構は、物理的に吸着回収するものと熱的に冷却し液化回収するものがあります。真空乾燥工程が完全密閉空間内で行われるため、被洗浄物により持ちだされた洗浄剤はほとんどが回収機構で回収され、VOC排出は少なくなります。

### 例) 機械加工部分の脱脂洗浄

粗洗浄	一般洗浄	精密洗浄
浸漬揺動・浸漬揺動	浸漬超音波×2	浸漬超音波シャワー
熱風乾燥	熱風乾燥	減圧ペーパー
蒸留再生 安増防爆・泡消化	蒸留再生 安増防爆・泡消化	蒸留再生 安増防爆・泡消化
イニシャルコスト :830万円	イニシャルコスト :1,180万円	イニシャルコスト :1,350万円
ランニングコスト :35千円	ランニングコスト :81千円	ランニングコスト :60千円
電力 27千円 メンテナンス 8千円 産廃 0円	電力 67千円 メンテナンス 14千円 産廃 0円	電力 43千円 メンテナンス 17千円 産廃 0円

### 炭化水素系洗浄システムの構成



#### ★補足事項

炭化水素系洗浄システムのうち、「減圧蒸気洗浄+真空乾燥」のシステムは、密閉容器の中で全ての工程(洗浄→すすぎ→乾燥)が行われるため、洗浄剤の消費量は、付設される減圧蒸留再生装置から排出される廃液(炭化水素系洗浄剤+加工油等)からのものが大半を占め、大気への放出は真空ポンプからのごく少量となるシステムです。

これについては洗浄装置の密閉化の項、「減圧蒸気洗浄システム」で説明します。



## 準水系洗浄システム

### ◎重点ポイント◎

準水系洗浄剤は、水ですすぎができるようにした洗浄剤で、有機汚れに対して高い洗浄力があり、同時に水によるリンスでイオン性汚れ除去もできます。準水系の洗浄剤は、グリコールエーテル混合物（界面活性剤、水）が主です。N-メチルピロリドン系、テルベン系、アルコール系もあります。N-メチルピロリドン系、アルコール系以外ではVOC 排出がゼロに近くなります。

準水系洗浄システムでは、4槽式（洗浄－プレリンス－仕上げリンス－乾燥）が標準的なシステムです。なお、水ですすぐため乾燥工程が必要になり、純水リサイクル装置を付帯することが一般的です。

**VOC排出抑制効果** ▲95～100%〔グリコールエーテル系洗浄剤を用い水リンスする場合は100%〕

**イニシャルコスト** 600～1,300万円（内容：4槽式洗浄装置（乾燥機付）、純水再生装置）

**ランニングコスト増加** 5～14万円/月（内容：活性炭交換、廃棄物代、電力費、装置メンテ代）

### ◎解 説◎

準水系洗浄システムのVOC排出は、洗浄剤、リンス剤の種類によって異なります。

- 1) グリコールエーテル系洗浄剤はほとんど蒸発しないため、水でリンスする限りVOC排出はゼロです。
- 2) アルコール系でリンスする場合、乾燥時に乾燥槽に持ち込むアルコールはVOC排出となります。
- 3) 引火性のある洗浄剤は洗浄時加温により蒸発し、VOC排出になりますが、回収装置や密閉対策により微量の発生に留めることができます。乾燥のためアルコール置換すると持ち出し分のアルコールがVOC排出となります。できれば乾燥効率の良い乾燥装置を使い、水でリンスします。

標準的な準水系洗浄剤の使い方を以下に示します。

- ① 洗浄工程（超音波、シャワー、液中JET 等） 洗浄温度（60～70℃）
- ② 予備すすぎ（市水或いは純水、常温～40℃）→1～2 回/月の液交換
- ③ 仕上げすすぎ（常温～50℃の純水）→排水は純水再生装置（活性炭、イオン交換樹脂）によるリサイクルで密閉化にできます。
- ④ 乾燥（熱風70℃～90℃）

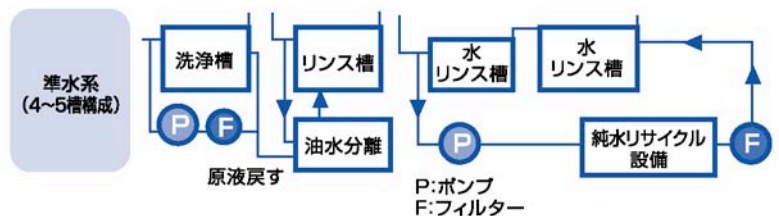
また、準水系洗浄剤の種類を以下に示します。

- |               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| 1) 非引火物（非危険物） | ① グリコールエーテル混合物（界面活性剤、水）       |
|               | ② 炭化水素+グリコールエーテル混合物（界面活性剤、水）  |
|               | ③ N-メチルピロリドン（NMP）混合物（界面活性剤、水） |
| 2) 引火物（危険物）   | ④ テルベン系溶剤混合物（界面活性剤）           |
|               | ⑤ N-メチルピロリドン系混合物（界面活性剤）       |
|               | ⑥ グリコールエーテル混合物（界面活性剤）         |
|               | ⑦ アルコール系洗浄剤（IPA、変性アルコール）      |

### 例) プリント基板/電子部品（フラックス除去）洗浄

粗洗浄（3槽式）	一般洗浄（4槽式）	精密洗浄（4槽式）
浸漬超音波1式	超音波2式、噴流	超音波3式
市水リンス	純水リンス×2 純水装置リサイクル	純水リンス×2 純水装置、リンス浄化装置
熱風乾燥	熱風乾燥	熱風乾燥
イニシャルコスト 装置：600万円	イニシャルコスト 装置：1,000万円	イニシャルコスト 装置：1,300万円
ランニングコスト 計：91千円	ランニングコスト 計：144千円	ランニングコスト 計：177千円
洗浄剤 30kg 36千円	洗浄剤 30kg 36千円	洗浄剤 30kg 36千円
産 廃 334kg 20千円	産 廃 234kg 14千円	産 廃 234kg 14千円
リサイクル費用 0円	リサイクル費用 45千円	リサイクル費用 55千円
電力費 27千円 メンテ費 8千円	電力費 33千円 メンテ費 16千円	電力費 48千円 メンテ費 24千円

### 準水系洗浄システムの構成



※RC：月間ランニングコスト（産廃、電力、メンテ、リサイクル費の合計）

ランニングコスト試算時の条件：

- 工程は洗浄－プレリンス－仕上げリンス－乾燥とする。
- 洗浄装置は手動機とする。
- 各洗浄槽の容量は100Lとする。
- 洗浄剤は1200 円/kgとし3 ヶ月毎に全量入れ替える。
- 洗浄剤の月間補充量は30kg とし、洗浄剤及びリンス1水の産廃費用は60 円/kg
- リンス2は純水再生装置でリサイクルとし各25Lの活性炭、イオン交換R 使用稼働条件：10 時間/日×22 日/月とする。

## 水系洗浄システム

### ◎重点ポイント◎

水系洗浄剤(アルカリ洗浄剤、界面活性剤系洗浄剤、酸性系洗浄剤、及びアルカリと界面活性剤の混合物)を用いれば、VOC 排出はゼロになります。なお、中和処理のための排水処理、純水製造(リサイクル)が必要となります。このシステムでは別途、排水に対する配慮が必要となります。

**VOC排出抑制効果** ▲100%〔すべて水系洗浄剤に転換した場合〕

**イニシャルコスト** 500～2,000万円(内容:超音波洗浄装置、乾燥装置、純水リサイクル装置)

**ランニングコスト増加** 5～23万円/月 (内容:電力代、廃棄物処理代、水リサイクル装置代)

### ◎解説◎

水系洗浄システムは引火性や揮発性物質がなく、安全な洗浄剤です。一方で排水に対する配慮が必要となります。大掛かりな排水処理設備を新たに設置することなく、水系洗浄剤を使用する方法があります。

#### ・すすぎ水リサイクルシステム

すすぎ工程から出る排水を付帯設備でリサイクルするシステムです。すすぎ工程から出てくる排水を蒸留装置を用い蒸留し、回収された蒸留水をそのまま再度すすぎ水として使用、もしくは、イオン交換水を用いてすすぎを行う必要がある精密洗浄の場合は、蒸留水をイオン交換装置に通して再度使用します。

また、蒸留装置以外に精密ろ過膜、限界ろ過膜などを用いるケースもあります。

#### ・油水分離システム

洗浄剤の長寿命化を図り、交換頻度を少なくする油水分離型の洗浄剤があります。また、洗浄装置の工夫や付帯設備による油水分離を促進させるシステムもあります。洗浄装置上で、洗浄液の循環ラインの中でリザーブタンクを大きくすることで、可能な限り洗浄剤を静止に近い状態にし、それによって混入した油分を浮上させるといった方法です。

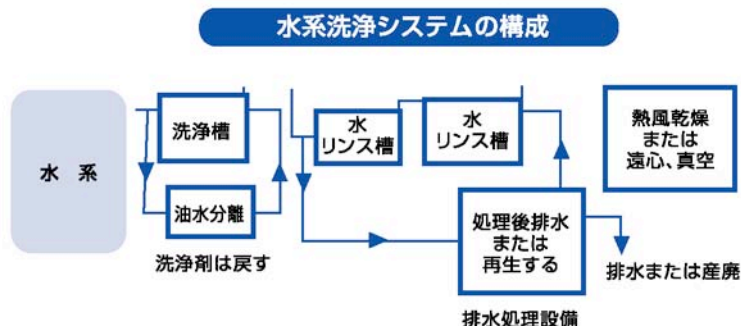
また、付帯装置として洗浄液の循環ラインに油水分離装置を設置し積極的に混入油分を除去する方法(油水分離膜式や加圧浮上方式、静電分離方式)もあります。

#### ・ノンリンスシステム

粗洗浄用途で使用します。洗浄装置は、洗浄剤に混入した汚染物の被洗浄物への再付着を抑える必要があり、油水分離システムや洗浄剤ろ過システムなどが必須となります。しかし、洗浄プロセスが洗浄槽と乾燥槽だけで済むことから、一般的な水系用の洗浄装置と比較すると小型になる利点があります。

### 例) 金属加工部分の脱脂洗浄

粗洗浄	一般洗浄	精密洗浄(4槽)
浸漬超音波×2	浸漬超音波×2 コアレッサー	浸漬超音波×3 膜分離
熱風乾燥	熱風乾燥	減圧ペーパー
イニシャルコスト :550万円	イニシャルコスト :950万円	イニシャルコスト :1,750万円
ランニングコスト :53千円	ランニングコスト :143千円	ランニングコスト :229千円
電力 26.6千円 メンテナンス 8千円 産廃 18千円 ポンベ 0円	電力 33.4千円 メンテナンス 58.3千円 産廃 6千円 ポンベ 45千円	電力 100千円 メンテナンス 71.6千円 産廃 12千円 ポンベ 45千円





## 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置

### ◎重点ポイント◎

洗浄剤ペーパーが高濃度の場合に圧縮深冷凝縮法による回収装置が付設できます。  
 圧縮深冷凝縮法による回収装置は、洗浄剤ペーパーを吸引し、圧縮冷却させて回収する方式です。この方式は、洗浄剤ペーパーが比較的高濃度で、小風量の場合に向いており、洗浄の発生源直近からの捕集できる工程に効果的です。

**VOC排出抑制効果** ▲50～80%〔使用する洗浄装置の状態に依ります〕

**イニシャルコスト** 800～1,250万円（内容：回収装置本体、ダクト、水分離器、設置工事費など）

**ランニングコスト増加** 1～10万円/月（内容：電力費、冷却水代）

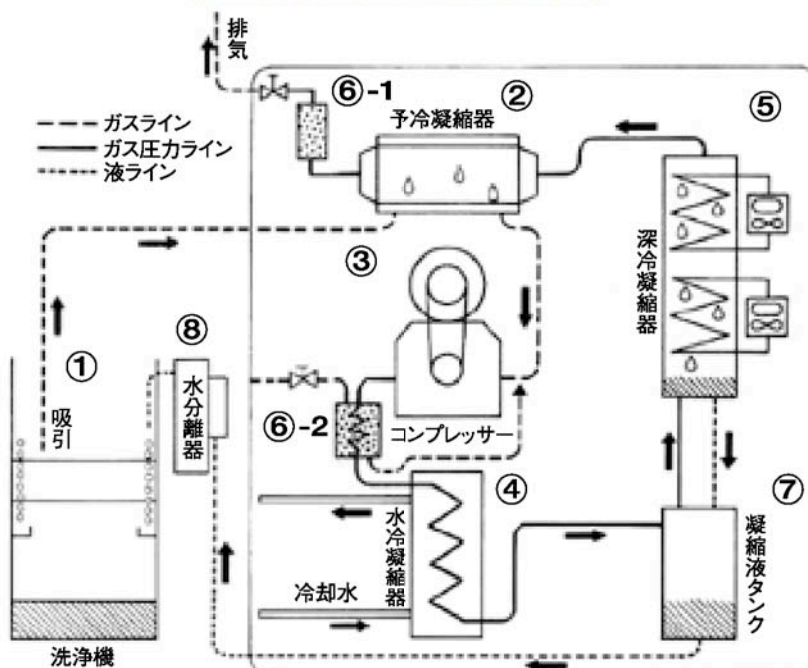
### ◎解説◎

圧縮深冷凝縮法による回収装置は、吸引と加圧を兼ねるコンプレッサー、ならびに加圧ガスを凝縮する凝縮部、及び回収したVOCと水を分離する水分離器で構成されます。

- ① 吸引工程：洗浄槽内ペーパーライン付近から直接高濃度のガスを吸引します。
- ② 予冷凝縮器：深冷凝縮器から排出される-30℃程度のガスが内筒内を通過し、外筒を通過する吸引ペーパーと熱交換をして一部液化凝縮します。
- ③ 圧縮工程：コンプレッサーで加圧され、見かけ上の濃度が高まります。
- ④ 水冷凝縮工程：外部から供給される冷却水により加圧されたガスを一部液化凝縮します。
- ⑤ 深冷凝縮工程：水冷凝縮器で液化できないペーパーを、冷凍機により-30～-40℃に冷却し液化凝縮（深冷凝縮）します。ここでほとんどのペーパーが液化されます。深冷凝縮器は時間とともに空気中の水分の凍結が進行するので一定時間で流れを逆にすることにより、自己解凍します。
- ⑥-1 活性炭吸着工程：深冷凝縮器で液化できなかったペーパーを活性炭で吸着します。
- ⑥-2 活性炭脱着工程：活性炭に吸着したペーパーを間接加熱と吸引脱着によるいわゆる温度圧力スイング方式で脱着し、コンプレッサーの入口に戻します。
- ⑦ 凝縮液タンク：水冷凝縮器と深冷凝縮器で液化された洗浄剤は、凝縮液タンクに溜まり、定期的に内部圧力により、外部に排出します。
- ⑧ 水分離工程：凝縮液タンクから排出された回収洗浄剤は水分離器で水分を分離して洗浄装置、または液タンクなどに戻します。

洗浄装置との組み合わせは、洗浄装置の蒸気ゾーンから小風量のガスを吸引することにより、拡散を抑制します。回収装置の吸入口をペーパーラインの上、約10cm程度に設置することにより、洗浄装置の上部の局所排気口付近の濃度は極端に薄くなります。これにより、VOC排出量が低減できます。

圧縮深冷凝縮法の回収装置の例

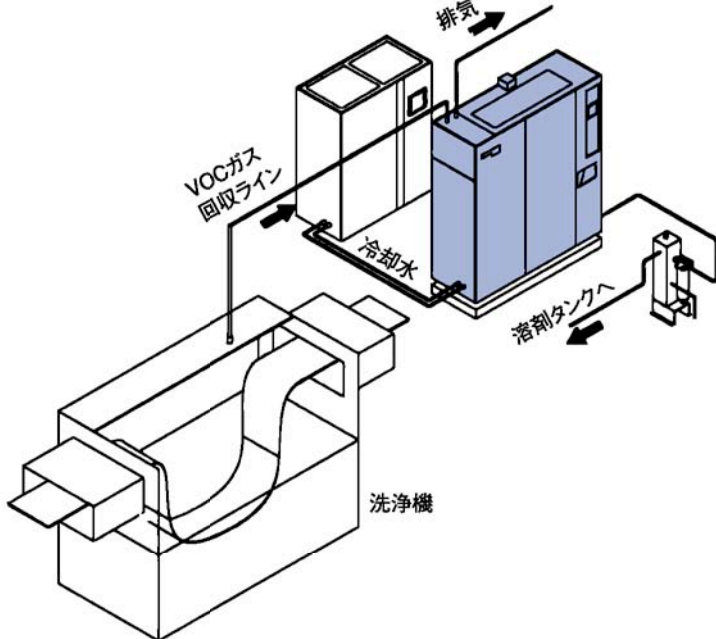


## 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置の具体例1

1	業種	輸送用機械器具製造業	
2	被洗浄物名	熱処理部品	
3	被洗浄物量	約100kg/バッチ	
4	排出施設概要	排出施設	囲い式単槽自動洗浄機
		洗浄槽液面面積寸法	約1.9×1.5 (m)
		局所排気の風量	40m <sup>3</sup> /min
		稼働時間	24時間/日、22日/月
5	VOCの発生条件	対象物質	塩化メチレン(ジクロロメタン)
		発生状況	洗浄槽で揮発するVOCの溢れ出し
6	対策の目的	排気濃度の低減(都道府県条例対応)	
7	対策方法	回収・再生装置の設置(圧縮深冷凝縮法)	
8	排出抑制対策(フロー)	<p>①今まで大気放出していた洗浄槽から揮発するVOCやミストを溶剤回収装置で捕集することで、VOCの排出量を低減し、かつ、回収液を再利用。 ②作業環境濃度も基準値以下に低減</p>	
9	効果	削減効果	▲65%、32.4万円/月のコストダウン (対策前使用量:2.5トン/月 対策後使用量:0.88トン/月)
		対策前大気排出濃度	725 ppm
		対策後大気排気濃度	15 ppm
		その他	回収装置で回収された溶剤はそのまま再利用
10	対策費用	設備費	1,100万円 (回収装置本体)
		工事費	200万円 (ダクト、輸送、設置、試運転調整費等)
		その他	100万円 (水分離器、付帯設備、資材等)



## 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置の具体例2

1	業種	金属製品製造業	
2	被洗浄物名	圧延材	
3	被洗浄物量	—	
4	排出施設概要	排出施設	フープ式洗浄機
		洗浄槽開口部寸法	約0.8 × 1.2 (m)
		局所排気の風量	5m <sup>3</sup> /min
		稼働時間	10時間/日、25日/月
5	VOCの発生条件	対象物質	塩化メチレン(ジクロロメタン)
		発生状況	洗浄槽で揮発するVOCの拡散
6	対策の目的	使用量の削減	
7	対策方法	回収・再生装置の設置(圧縮深冷凝縮法)	
8	排出抑制対策(フロー)	 <p>今まで大気放出していた洗浄槽から揮発したVOCを回収装置で捕集することで、VOC排出量を低減。</p>	
9	効果	削減効果	▲85%、34万円/月のコストダウン (対策前使用量:2.0トン/月 対策後使用量:0.3トン/月)
		対策前大気排出濃度	— ppm
		対策後大気排気濃度	10 ppm
		その他	溶剤回収装置で回収された溶剤は再利用可能
10	対策費用	設備費	600万円 (溶剤回収装置本体)
		工事費	120万円 (ダクト、輸送、設置、試運転調整費等)
		その他	30万円 (水分離器、資材費等)

### 圧縮深冷凝縮法による回収・再生装置の具体例3

1	業種	金属製品製造業	
2	被洗浄物名	ステンレスパイプ	
3	被洗浄物量	400kg/バッチ	
4	排出施設概要	排出施設	囲い式2槽自動洗浄機
		洗浄槽開口部寸法	約4.5×1.0 (m)
		局所排気の風量	15m <sup>3</sup> /min
		稼働時間	8時間/日、20日/月
5	VOCの発生条件	対象物質	トリクロロエチレン
		発生状況	洗浄槽で揮発するVOCの溢れ出し
6	対策の目的	排気濃度の削減 (ISO14001の自主的取組) 作業環境濃度の低減	
7	対策方法	回収・再生装置の設置 (圧縮深冷凝縮法)	
8	排出抑制対策 (フロー)	<p>排気濃度 対策前 2000ppm 対策後 30ppm</p> <p>今まで大気放出していた洗浄槽から溢れ出るVOCを回収装置で直接吸引により捕集することで、VOC排出量を低減。</p>	
9	効果	削減効果	▲59%、約10万円/月のコストダウン (対策前使用量:875kg/月 対策後使用量:400kg/月)
		対策前大気排出濃度	2,000 ppm
		対策後大気排気濃度	30 ppm
		その他	溶剤回収装置で回収された溶剤は再利用可能
10	対策費用	設備費	1,100万円 (溶剤回収装置本体)
		工事費	150万円 (ダクト、輸送、設置、試運転調整費等)
		その他	100万円 (水分離器、付帯設備、資材等)



## 活性炭吸着法による回収装置

### ◎重点ポイント◎

洗浄剤ペーパーの拡散が大きい場合、あるいは洗浄剤ペーパー濃度が低い場合、ペーパーを大きな風量で捕集し、活性炭に吸着させて濃度を高め、その後、洗浄剤成分を脱離させます。この方法を用いた回収装置が、活性炭吸着法による回収装置です。

**VOC排出抑制効果** ▲65%程度〔使用する洗浄装置の状態に依る〕

**イニシャルコスト** 600～2,000万円（内容:回収装置本体、ダクト、排水処理施設、設置工事費など）

**ランニングコスト** 30万円／年（内容:電力代、活性炭の交換費）

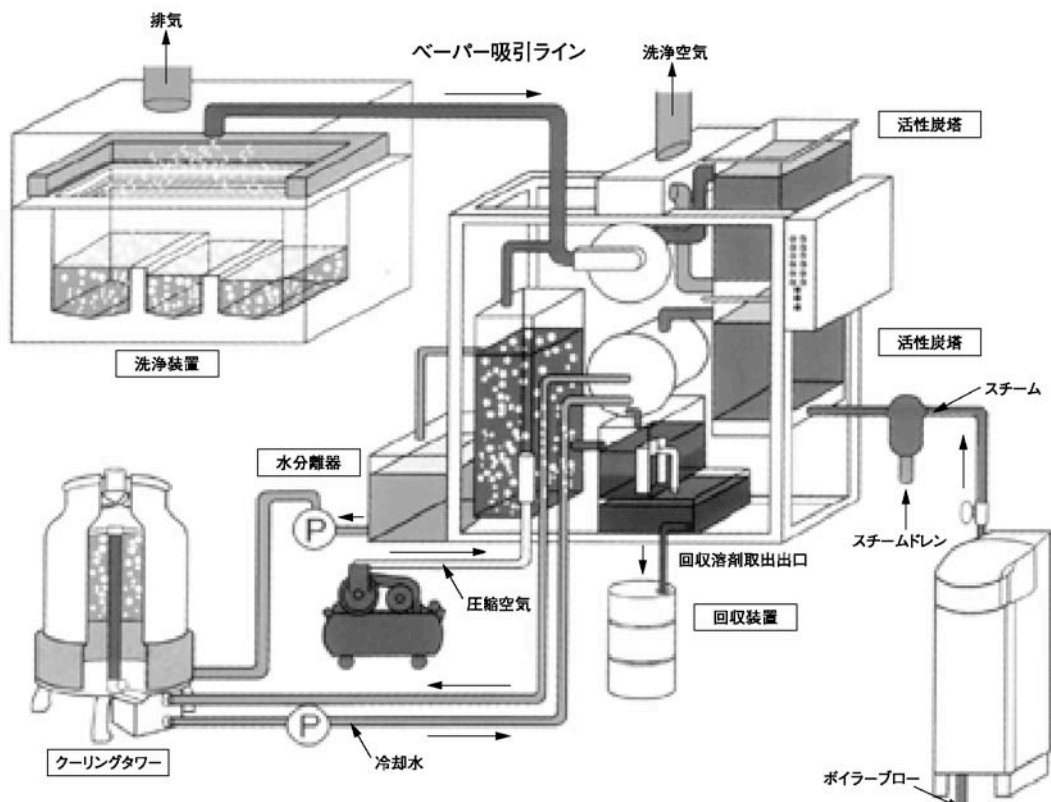
### ◎解説◎

活性炭吸着法による回収装置のうち、固定床活性炭吸着方式の回収装置は通常、2基の活性炭塔からなります。

吸引プロアに吸い込まれたVOCを含んだ空気は、活性炭塔を通過する過程で活性炭に吸着され清浄空気が排出されます。この間、もう一方の活性炭塔は、加熱水蒸気が下部から吹き込まれて、活性炭に吸着されているVOCが追い出されます。水蒸気とVOCは凝縮管を通過して液化され、水分離器で比重分離により回収されます。分離水は排水処理設備を経由して排水基準値以下で排出されます。水蒸気で脱着された活性炭塔は更に温風で内部の水分を除去することにより吸着量の向上再生を図っています。

なお、固定床活性炭吸着法の吸着機構と脱着機構を分離し、洗浄の工場に活性炭吸着塔のみを設置し、吸着能力が飽和して時点で吸着塔を交換し、脱着工場に移送して、再生（脱着）を行う、分離移動型（交換型）活性炭吸着方式もあります。

固定床活性炭吸着法による回収装置のシステム例



## 分離移動型活性炭吸着方式の回収・再生装置の具体例

1	業種	精密光学部品加工業	
2	被洗浄物名	コピードラム 他	
3	被洗浄物量	-	
4	排出施設概要	排出施設	コーティング剥離装置
		サイズ	-
		局所排気の風量	100m <sup>3</sup> /min
		稼働時間	24時間/日、20日/月
5	VOCの発生条件	対象物質	塩化メチレン(ジクロロメタン)
		対象物質温度	22℃
		排出状況	連続的に排出
6	対策の目的	排気濃度の低減(大気汚染防止法改正、ISO14001及びPRTR法対応)	
7	対策方法	回収・再生装置の設置(分離移動型活性炭吸着方式)	
8	排出抑制対策(フロー)		
9	効果	削減効果	<b>▲65%、108万円/月のコストダウン</b> (対策前使用量:8トン/月 対策後使用量:2.8トン/月)
		対策前大気排出濃度	600 ppm
		対策後大気排気濃度	30 ppm



## 減圧蒸気洗浄システム

### ◎重点ポイント◎

減圧蒸気洗浄システムは、密閉中で全ての工程(洗浄→すすぎ→乾燥)を行います。そのため、洗浄剤の消費量自体も1/2～1/10に削減されます。洗浄剤の消費は、付設される減圧蒸留再生装置から排出される廃液(炭化水素系洗浄剤+加工油等)からのものが大半を占め、洗浄剤のVOC排出は真空ポンプからの少量だけとなります。

**VOC排出抑制効果** ▲50～90%〔洗浄システムに依る〕

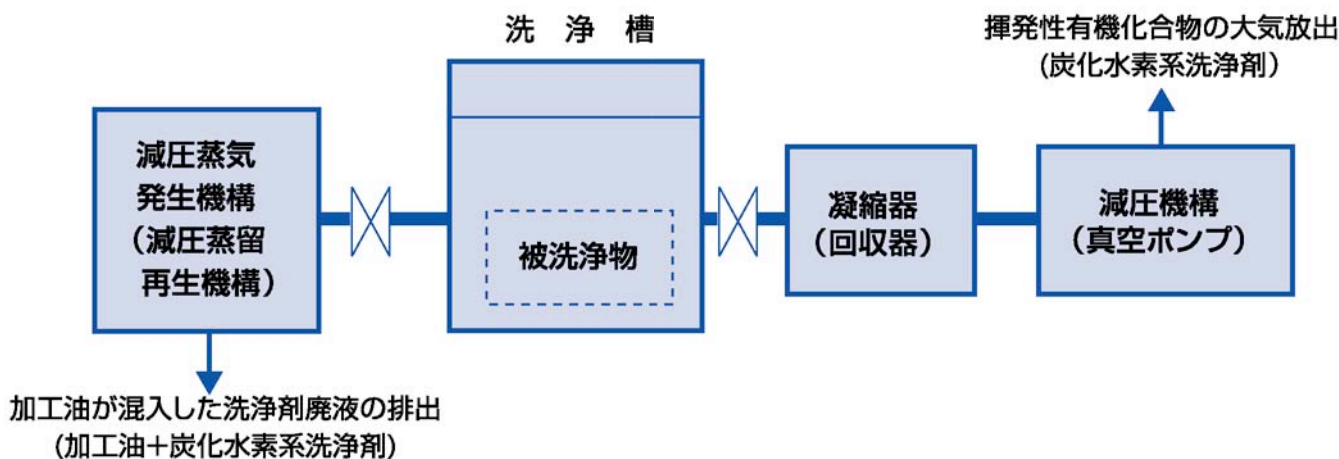
**イニシャルコスト** 2,000万円程度から (内容:専用洗浄装置、減圧蒸気再生機構、真空乾燥設備など)

**ランニングコスト** 数万円/年 (内容:真空ポンプ運転費など)

### ◎解説◎

減圧蒸気洗浄システムは、洗浄剤を加熱する加熱機構を設けるとともに凝縮器(回収器)を介して減圧機構に接続し、内部を連続的に減圧可能とする蒸気発生槽とを制御弁を介して連通可能するとともに、凝縮器を介して減圧機構に接続し、内部を連続的に減圧可能にする洗浄槽とからなります。

炭化水素系洗浄剤の減圧蒸気洗浄システムの基本機構



なお、減圧蒸気洗浄システムは、以下の特長があります。

- ① 密閉容器内で作業が行われることから、安全性が向上します。
- ② 温風乾燥方式等と比べ、洗浄剤の大気放出量が1/17～1/34であり、環境負荷が小さくなることに加え、温風乾燥方式等と比べ、ランニングコストも軽減されます。
- ③ 減圧蒸留再生機が標準として付設されており、洗浄性の安定も得られます。
- ④ 付設される超音波機構が脱気超音波となり、洗浄性が向上します。

## 完全密閉洗浄装置

### ◎重点ポイント◎

完全密閉洗浄装置は、揮発性溶剤であれば、炭化水素系洗浄剤も含め使用でき、設備の密閉化・溶剤のリサイクル化ができます。

排水が出ないため排水による環境問題はなく、法的規制を受けません。また、洗浄槽内を乾燥状態で操業できるため洗浄剤などの加水分解は発生しません。そのほか、少量の窒素を補給するだけで確実に不燃雰囲気を持てるため、引火点以上の温度条件でも安心して使用できます。

### VOC排出抑制効果

▲99%程度〔洗浄剤の排出量はほぼゼロ。廃液中同伴洗浄剤のみ。〕

### イニシャルコスト

600～1,700万円（内容：真空式完全密閉型1槽式自動洗浄装置で、塩素系洗浄剤の場合。）

### ランニングコスト

4～7万円／年（内容：主に電力代）

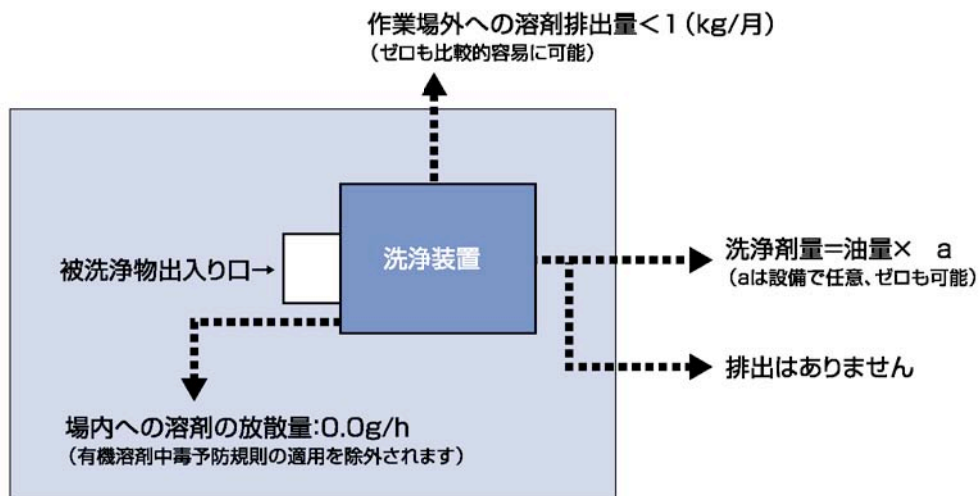
### ◎解 説◎

洗浄装置系内に空気が入り込んだり、あるいは、系内から洗浄剤ベーパーが排出しないようにするため、全ての装置がパイプにて完全に連結密閉化されています。

装置内ガス容量変化に対応できるように容量可変のガスホルダーが連結され、装置全体が常に微弱な陽圧に維持され、内部ガスの漏れ、外部からの空気侵入はありません。

また、被洗浄物の出し入れによる空気の系内同伴、あるいは、洗浄剤ベーパーの系外への排出がない工夫がされています。被洗浄物が持ち込む空気は予め真空ポンプにて系外に排出した後に被洗浄物を洗浄系内に持ち込まれます。また、被洗浄物が持ち込む洗浄剤ベーパーの排出がないように、同伴ベーパーを真空ポンプにて系内回収した後、被洗浄物を取り出します。可燃洗浄剤の場合には、洗浄剤が存在する系内の空間は窒素で置換され、酸素濃度は可燃濃度以下に維持されます。

### 完全密閉洗浄装置の概念図



\*洗浄槽容積=55リットル(420×300×430mm)

\*タクトタイム=3分

\*洗 浄 剤 = 塩化メチレン



# 参考資料

## 大気汚染

排出抑制基準(排出口)  
(大気汚染防止法)

大気の汚染に係る環境基準  
(環境基本法)

揮発性有機化合物(VOC)該当

- ・塩化メチレン
- ・トリクロロエチレン
- ・テトラクロロエチレン

指定物質排出施設及び  
指定物質抑制基準洗浄施設

(空気に接する面の面積3㎡以上のもの)

- ・トリクロロエチレン 既設500mg/㎡ 新設300mg/㎡
- ・テトラクロロエチレン 既設500mg/㎡ 新設300mg/㎡

## 労働安全衛生

有機溶剤の区分  
(有機溶剤中毒予防規則)

管理濃度(作業場内)  
(労働安全衛生法)

作業環境評価基準(管理濃度)

- ・塩化メチレン 50ppm
- ・トリクロロエチレン 25ppm
- ・テトラクロロエチレン 50ppm

## 化学物質の環境リスク対策

### PRTR法

化学物質排出把握管理促進法

第一種指定化学物質

- ・塩化メチレン
- ・トリクロロエチレン
- ・テトラクロロエチレン

### 廃棄物

特別管理産業廃棄物  
(廃棄物の処理及び清掃に関する法律)

第一種指定化学物質

- ・塩化メチレン 50ppm
- ・トリクロロエチレン 25ppm
- ・テトラクロロエチレン 50ppm



## 地下水汚染

地下浸透禁止  
排水基準(許容限度)  
地下水の水質の浄化に係る  
措置命令  
(水質汚濁防止法)

水質の汚濁に係る環境基準  
(環境基本法)

排水基準(許容限度)

- ・塩化メチレン 0.2mg/ℓ以下
- ・トリクロロエチレン 0.3mg/ℓ以下
- ・テトラクロロエチレン 0.1mg/ℓ以下

## 土壌汚染

土壌の汚染の除去措置命令  
(土壌汚染対策法)

土壌の汚染に係る環境基準  
(環境基本法)

指定区域

- ・塩化メチレン 0.02mg/検液ℓ以下
- ・トリクロロエチレン 0.03mg/検液ℓ以下
- ・テトラクロロエチレン 0.01mg/検液ℓ以下

～ 塩素系溶剤に適用される主な規制 ～

## 洗浄装置周辺風速の実機実験

(現場写真)

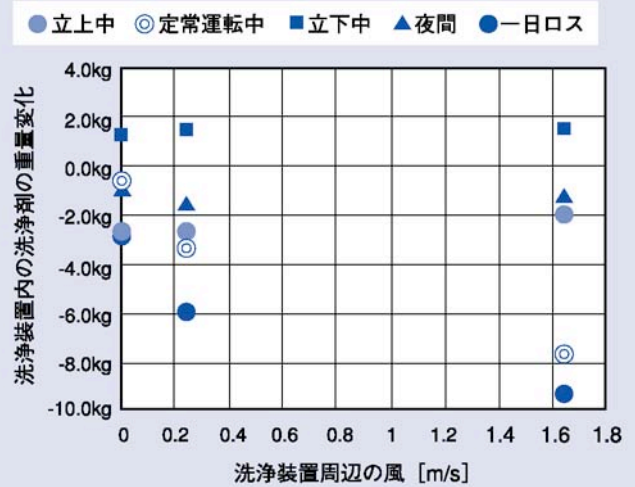


洗浄装置の設置現場の窓を含む周辺の様子

【試験条件】

装置内液相 総重量変化	洗浄装置周辺の風速 [m/s]	0	0.25	1.65
	立上中 [kg]	-2.57	-2.69	-2.07
	定常運転中 [kg]	-0.62	-3.337	-7.748
	立下中 [kg]	1.27	1.46	1.63
	夜間 [kg]	-0.773	-1.437	-1.093
	一日ロス [kg]	-2.69	-6.00	-9.28

定常運転中のロスを主に解析している。



## 冷却効果の適正化の実機実験

(現場写真)

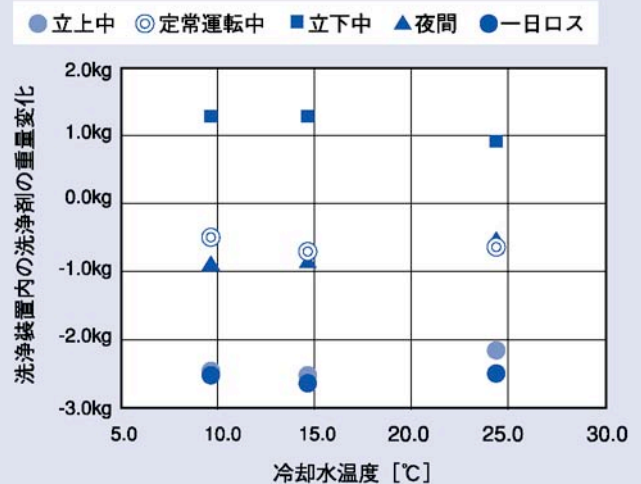


チラー(冷水装置)の外観

【試験条件】

装置内液相 総重量変化	冷却水温度 [°C]	24.4	14.6	9.7
	立上中 [kg]	-2.17	-2.57	-2.49
	定常運転中 [kg]	-0.68	-0.62	-0.45
	立下中 [kg]	0.899	1.27	1.27
	夜間 [kg]	-0.570	-0.773	-0.870
	一日ロス [kg]	-2.52	-2.69	-2.54

定常運転中のロスを主に解析している。



## フリーボード比の確保の実機実験

(現場写真)

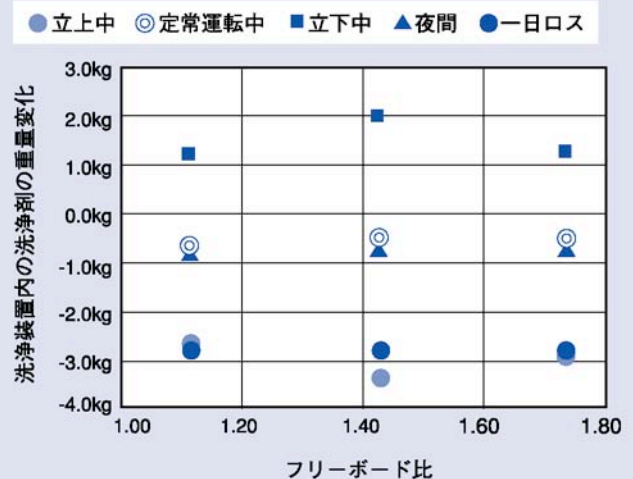


フリーボード比を上げるための冷却コイルのかさ上げ

【試験条件】

装置内液相 総重量変化	フリーボード比	1.13	14.3	1.73
	立上中 [kg]	-2.57	-3.42	-2.94
	定常運転中 [kg]	-0.62	-0.475	-0.506
	立下中 [kg]	1.27	1.89	1.34
	夜間 [kg]	-0.773	-0.726	-0.710
	一日ロス [kg]	-2.69	-2.73	-2.82

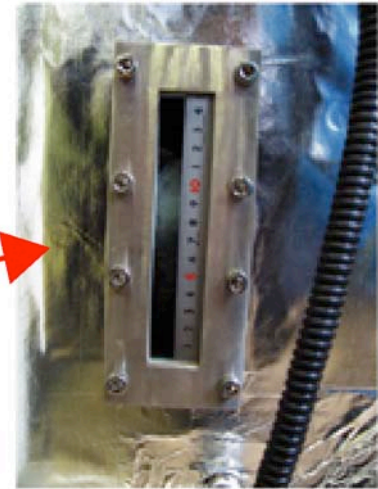
定常運転中のロスを主に解析している。







排出抑制効果を実験した定量測定洗浄装置



ペーパー槽の液面測定部

産業洗浄におけるVOC排出抑制対策の自主的取組み推進マニュアル作成検討委員会 関係者名簿

	氏名	所属	備考
委員長	平塚 豊	日本産業洗浄協議会	洗浄装置専門家 ※
WG委員長	安藤 英一	島田理化工業(株)	洗浄装置メーカー ※
委員	小田 重男	(株)トクヤマ	洗浄剤メーカー ※
委員	北村 裕夫	(株)ジャスト	洗浄装置周辺機器メーカー
委員	高橋 幹晴	タイセイクリンケミカル(株)	洗浄剤メーカー
委員	武田 光史	全国鍍金工業組合連合会	洗浄ユーザー団体
委員	津崎 真彰	旭硝子(株)	洗浄剤メーカー ※
委員	土井 潤一	大和化学工業(株)	回収装置メーカー ※
委員	長田 和己	日伸精機(株)	洗浄装置メーカー ※
委員	平尾 雅彦	東京大学大学院 化学システム工学専攻	教授(学識者) ※
委員	瀧野 哲郎	東京工業大学大学院 化学工学専攻	助教授(学識者) ※
委員	的場 弘二	(社)日本電機工業会	洗浄ユーザー団体
委員	森川 潤一	(株)モリカワ	回収装置メーカー
委員	山口 弘造	日本金属熱処理工業会	洗浄剤ユーザー団体
委員	山本 保夫	クロロカーボン衛生協会	洗浄剤メーカー団体
協力者	菊池 康紀	東京大学大学院 化学システム工学専攻	研究者(博士課程) ※
オブザーバー	野沢 倫	環境省 水・大気環境局 大気環境課 課長補佐	
オブザーバー	藤井 洋	環境省 水・大気環境局 大気環境課 係長	
事務局	小田切 力	日本産業洗浄協議会	産業洗浄業界団体
事務局	内田 志郎	日本産業洗浄協議会	産業洗浄業界団体
事務局	山田 晃	日本産業洗浄協議会	産業洗浄業界団体
事務局	三木 真一郎	(株)旭リサーチセンター	日本産業洗浄協議会会員
事務局	新井 喜博	(株)旭リサーチセンター	日本産業洗浄協議会会員

[敬称略、委員50音順、※はWG(実機実験ワーキンググループ)委員併任]

発行  
環境省  
日本産業洗浄協議会・(株)旭リサーチセンター

【このマニュアルに関するお問い合わせ先】

日本産業洗浄協議会

〒105-0014 東京都港区芝2-10-4(電巧社ビル5F)

TEL.03-3453-8165 FAX.03-3453-8167 URL:<http://www.jicc.org>



2007年3月

