

第1章 めっき工程の化学物質排出量等管理マニュアル

第1章 めっき工程の化学物質排出量等管理マニュアル

1. はじめに

めっき関連事業所においては、研磨・前処理・めっき・後処理の各工程において溶剤が取り扱われ、めっき液等に有機溶剤、無機化合物等多種の指定化学物質等を取り扱っている。これらの化学物質には、人体や環境に悪影響を及ぼすものもあるため、関連諸法令や条例等により、事業所における適正な管理が求められている。

本マニュアルは、「化学物質管理指針」（平成12年3月30日環・通告1）を概説した第1節第1章「化学物質排出量等管理マニュアルについて」の内、めっき工程に固有な第2項から第6項までについて記述し、事業者が事業所のめっき工程における指定化学物質等の適正な管理および使用の合理化を図るためのマニュアルを策定する際のガイドラインとすることを目的とする。

2. 管理計画の策定

管理・改善計画策定にあたっては、目標を明確にして組織的、継続的な取り組みが必要である。

適時実施効果の確認を行い、評価し次の段階へ進むこと（P・D・C・A サイクル）が重要となる。

管理計画策定段階においては、事例に示すチェックリスト等を使用し、現状把握の結果と照合して課題を明確にする。

2. 1 管理計画策定のためのチェックリストの例

① 管理体制について

No	項目	チェック結果
1	指定化学物質等の取り扱い責任者は指名されているか（職務・責任・権限）	
2	指定化学物質等の取扱いは指名されているか（職務・責任・権限）	
3	作業要領は工程ごとに作成されているか	
4	指定化学物質等の在庫管理は適正に行われているか（点検・記録）	
5	教育・訓練は実施されているか（実施結果・記録）	
6	指定化学物質等に関わる情報は整理されているか	
7	広報担当者は指名されているか（職務・権限・責任）	
8	対外窓口は明確になっているか	
9	対外窓口は公開されているか	

② 施設全般についての例

No	項 目	施設	チェック結果
1	床は不浸透性の材料になっているか	共通	
2	側溝の傾斜は十分取られているか	共通	
3	必要な個所に貯めます等を設置しているか	共通	
4	排水経路は排水処理に適したように区分されているか	共通	
5	必要な場所に換気装置が設置してあるか	貯蔵保管	
6	化学物質の性質に応じて分けられているか	貯蔵保管	
7	必要な場所に換気装置が設けてあるか	作業施設	

③ 処理・めっき設備に関するチェックリストの例

No	項 目	チェック結果
1	槽、配管等の材質は腐食に耐えられる材質か	
2	床にクラックはないか	
3	排気ダクト端に洗浄集塵装置は設置されているか	
4	排気ダクトの液溜りはないか	
5	浴液の回収装置は設置されているか	
6	緊急ピットの容量は、槽容量、工程内の浴液保有量に対し十分か	
7	凝集沈殿槽等の水処理装置は設置されているか	
8	オーバーフロー液・ドレン液の送液はパイプ配管となっているか	
9	配管は流れる化学物質別に色分け、表示等で識別されているか	
10	アルカリ系の配管は掃除できる構造になっているか	
11	床と槽底部の間隔は確保されているか	
12	めっき治具にクラックや接点部に剥離はないか	

③ 化学物質の取り扱いに関するチェックリストの例

No	項 目	チェック結果
1	汲み出し液の水きり時間は適当か	
2	各工程洗浄水を最小化する管理はなされているか	
3	回収しためっき成分は有効に利用されているか	
4	重金属を含む汚泥の資源化は実施されているか。	
5	MSDS は完備され、整理されているか	

2. 2 管理・改善目標の例

- ① 指定化学物質等の管理に関わる役割を定め責任を明確にする。
工場長等各級管理者の指定化学物質等の取り扱いに関する役割と権限ならびに責任の確認と明確化。
各技術スタッフの指定化学物質等の取り扱いに関する役割と権限ならびに責任の確認と明確化。
- ② **年度内に事業所内で取り扱う指定化学物質等の種類・量そのフローを明確にする。
- ③ **年度内に事業所内で取り扱う指定化学物質等の MSDS を完備し、以後毎年更新する。
- ④ **年度内に発生する廃棄物の発生量を初年度の**%に削減する。
- ⑤ **年度内に浴液等の指定化学物質等使用量を初年度の**%に削減する。

2. 3 管理・改善計画のイメージ

	初年度	2年次	3年次
管理計画	① 管理体制の確立 ② 教育・訓練体制の確立	① 管理体制の見直し ② 教育・訓練推進 結果と評価	① 次期計画の策定 ISO14000 取得へ ② 次期計画の策定
	① 設備点検体制の確立 ② 設備更新計画策定	① 設備点検の推進 ② 更新計画推進 ③ 結果の評価	① 次期計画の策定 点検・更新のシステム化
改善計画	① 化学物質使用量調査・削減計画の策定。 ② 廃棄物量の調査・削減計画の策定 ③ 汲み出し液削減計画策定 浸漬時間と液切り時間の調査 上記各目標の設定	① 削減計画遂行・評価 目標⇒*** ② 削減計画遂行・評価 目標⇒*** ③ 削減計画遂行・評価 目標⇒***	① 次期計画の策定 次期目標設定 ② 次期計画の策定 次期目標設定 ③ 次期計画の策定 次期目標設定

3. 指定化学物質等を取り扱う施設・場所

めっき工場の現場は、水を多量に使用し、加熱溶液が多くミスト、ガス等を多く発生する個所が多い。施設外への指定化学物質等の排出、移動を確実に管理し、作業環境を適切に維持するために、施設の材質、構造、レイアウト等それらの要因に対応した配慮が必要である。

3. 1 各施設共通事項

- ① ワーク・各種処理剤・電解液等の資材受入から製品の搬出まで移動経路が交差しないように配慮をすること。
- ② 床は滑りにくい材質として、浴剤等に含まれる指定化学物質等が浸透しない材質を選定すること。
十分に厚みを取りコンクリートをほどこしたアスファルト、耐酸紙、耐酸布等を中間膜として張りその上に耐酸レンガを敷き、目張りを耐酸セメントで行う等。
- ③ 必要な場合には、取り扱う化学物質の量及び作業に対応して、施設・場所の周囲に防液堤、側溝又は貯めます等を設置する等指定化学物質等の大量流出を防止すること。
- ④ 排水溝は、シアン化合物と酸が混合し有害ガスが発生しないよう、また排水処理がしやすいように経路を分けて設置すること。
- ⑤ 排水処理施設への送液は、異種排水の混合防止と地下浸透防止の為、排水溝による送液は避けて、配管による送液が望ましい。

経路を分ける基本

シアン系	・シアン系排水（水洗排水等濃度の薄いもの） ・シアン系濃厚廃液
クロム系	・クロム系排水 ・クロム系濃厚廃液
酸・アルカリ系	・酸・アルカリ系排水（シアン・クロム系以外の水洗排水） ・酸・アルカリ系濃厚廃液

共同排水処理センターへの配管経路の事例

シアン系、クロム系、特殊クロム系、メルト系、りん系、一般系の6経路に区分

3. 2 貯蔵及び保管

- ① 盗難防止用の鍵を掛ける設備を有すること。
鍵を掛けられないものについては、堅固な柵又はそれに順ずるものを周囲にめぐらし、盗難の防止に資する構造であること。
- ② 有機溶剤等を貯蔵・保管する場合は、必要に応じて全体換気装置・局所換気装置を設置すること。
 - ・ 一時保管場所等 局所排気装置
 - ・ 倉庫等 全体換気装置
- ③ 混合による危険を防止するために、化学物質の性質に応じて場所を分けて貯蔵・保管出来ること。
- ④ 液状の化学物質でドラム缶等の容器に貯蔵、保管する場合は、施設外への流出を防止する

ために、貯蔵する場所の周囲に溝を設け、貯めますを設置すること。

- ⑤ タンクに保管、貯蔵する場合は大量流出防止のため、容量に見合った防液堤を設けること。

3. 3 作業施設（前処理工程—めっき工程—後処理工程）

- ① ワーク並びに資材の搬入・槽間移動等がスムーズに行われる様に通路を確保すること。
- ② 作業に支障のないように作業エリアを確保すること。
- ③ 通路・作業場所・保全エリア・資材の一次置き場は個別に確保することが望ましい。
- ④ 有機溶剤使用及び粉塵発生場所等必要な個所には局所換気装置、吸排塵設備を設けること。
- ⑤ 作業槽等からの大量流出を防止するために最も大きい容量の槽に見合った容量の緊急ピットを設けること。

4. 管理対策の実施

代表的なめっき加工工程を下記に示す。化学物質の取り扱い、業界の実態から物理研磨と乾燥は本マニュアルでは触れていないが、少量発生する研磨廃棄物はその性質に合わせて適切に処理をする必要があるものもある。

各工程は、作業（処理目的）と処理の組み合わせで構成されており、各処理の後に水洗工程が入る。

めっき作業工程の概要



各作業間の水洗は省略

事業者による指定化学物質等の管理の活動において、国が定めた化学物質管理指針で言う

「管理対策の実施」と「化学物質の使用の合理化対策」とは密接に関連していることから、両者を厳密に区分して取り扱うことは煩雑さを増し、理解の促進の支障となるおそれがある。

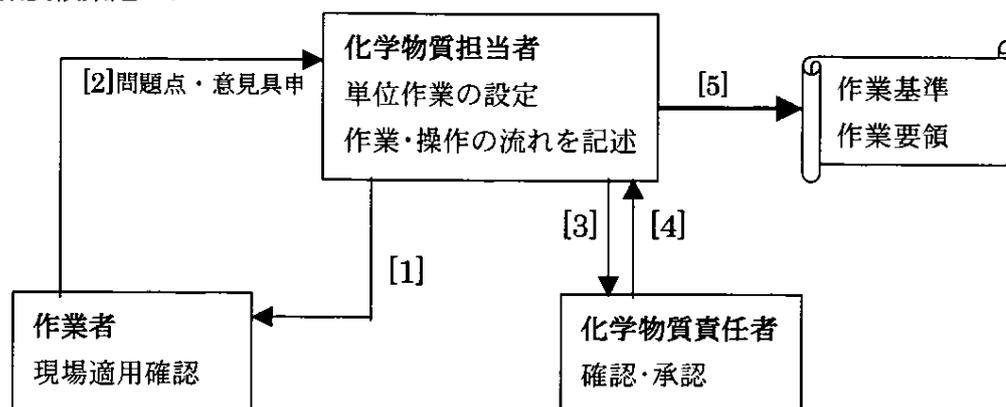
この観点から、本マニュアルでは、両者の内容を包括する形で、「管理対策の実施」として化学物質管理に必要となる事項を紹介する。

4. 1 作業要領の策定

指定化学物質等を適正に使用し、製品仕上りの品質を確保するために作業を標準化し作業要領として成文化して、関係者に理解させておくことが重要である。

管理計画を推進し、管理対策を実施してゆく過程においても作業が定められた要領に従い、浴液等が正確に処方され、工程が正しく操作されていることが前提となる。

作業要領策定のフロー



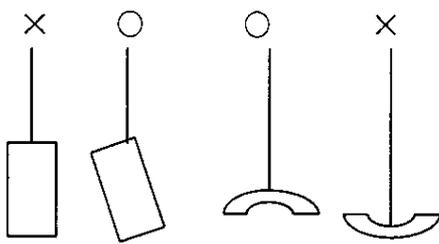
[] 流れの順番を示す。

- ① 作業要領を定めて、これを従業員に徹底させること。
 - ・ 教育
 - ・ 現場へ掲示 等
- ② 作業要領は適切に見直しを行うこと。
 - ・ 作業方法が変わった時
 - ・ 設備、原材料、資材等が変わった時 等
- ③ 策定のルール・方法が定められていること。
- ④ 指定化学物質等の取り扱い管理に関しポイント、急所が明確になっていること。

作業要領の例：前処理工程溶剤脱脂

工場課

前処理溶剤脱脂洗浄作業要領				
作業の概要		作成：〇〇年〇〇月〇〇日	承認	
作業名：予備洗浄作業 **槽でトリクロロエチレンを用い ワークに付着した汚れを 除去する作業 作業人数 2人		改定：〇〇年〇〇月〇〇日		
		使用溶剤 トリクロロエチレン		
		保護具	有機ガス用防毒マスク、保護手袋	
			不浸透性の保護衣	
		資格・免許	有機溶剤作業主任者	
	作業手順	急所	急所の理由	
作 業 準 備	1. 局所排気装置を 点検稼動する。	(1) 吸引状況を確認	①作業者の呼吸位置での確認 ②設備作業前点検表	
	2. 溶剤を補給する	(1) タンクよりの配管 若しくは溶剤用自動ボ ンプでドラム缶より張 り込む。補給はパイプ 先端部を液中に入れ行	①補給中の漏洩飛散を防止すること。 × バケツ	
	3. ドラム缶は終了後 直ちに密閉する。	先端部を液中に入れ行	配管 手動ポンプ ヒーター	
	4. 洗浄槽を点検す る。	(1) 作業前点検を行うと ともに作業中も随時点 検する。		
	5. 冷却水を通水す る。	(1) 設定：**℃確認 (2) サイトグラスで通水 確認	①冷却水を通水することにより、溶剤蒸気を凝結 させて発散を防止する。	
	6. 溶剤液量調整、 確認	(1) 液量が規定レベルに 達しているか確認。	(洗浄槽基準) 液層レベル：基準線±*レベル 液層温度：**℃～**℃	
	7. 加熱ヒーターON	(1) 温度の確認		
	8. ワーク引っ掛け	(1) 目視	①傷、損傷は無いか。	
	9. 治具の確認 準備作業終了			

	作業手順	急所	急所の理由
洗 浄 作 業	1. ワークを引っ掛 治具にセットす る。	(1) 溶剤のくみ出し量を 極力少なくするよう 工夫する。 (2) 作業中洗浄槽内に 落下しないよう、确实 にセットする。	①ワークに傾斜をつけるようにセットする。 ②液溜りが出来ないようにセットする 
	2. 搬送装置にセット し、洗浄作業開始	(1) 作業中監視事項 ・液温 ・pH ・水、異物の混入 ・溶剤還流状況 (2) 浸漬時間は仕上がり の状況を見て、設定範囲 内で調整する。	(基準) 液温：**℃±**℃ pH： **±** ①トリクロロエチレンは約120℃で分解が始まる。 ②トリクロロエチレンは水の混入により分解し、素材を腐食 する。 ③トリクロロエチレンは分解するとPH値が低下する。 (浸漬時間) **分±**分 (液切り時間) **秒 以上 (水洗槽浸漬時間) **秒
	3. 洗浄槽からワーク を取り出す。	(1) 槽上で液切りをし 次工程へ	(液切り時間) **秒 以上 (水洗槽浸漬時間) **秒
作 業 終 了 後	1. 加熱ヒーターOFF 2. 冷却水停止 3. 仕上がりワーク の確認 4. 浴槽状況の確認 5. 設備の終業点検 6. 発生した廃棄物 を記録	(1) 数量、歩留まり (1) 分析、pH (1) 浴槽回り、局所排 気装置、搬送機等 (1) 類別に区分して 廃棄物置き場へ	①不良品と監視データの関連記録 ①設備点検表 (廃棄物の区分) A：有価売却廃棄物 B 焼却廃棄物 C：処理委託廃棄物
作業場の異常時の報告先			
1. 設定条件、作業に関して	技術スタッフ	〇〇〇〇課	
2. 機械、設備に関して	保全担当	〇〇〇〇課	
3. 仕上がり品質に関して	品質管理担当	〇〇〇〇課	
緊急事態は緊急時対応マニュアルによる。			

4. 2 点検要領の策定

貯蔵場所、建屋、各工程の設備等がその目的とする機能を発揮できる状態にあるかを常に確認する必要がある。また、指定化学物質等が適正に取り扱われているかを確認する意味においても点検は重要な役割を果たす。

各施設について点検要領を策定し、点検すべき箇所、点検項目・頻度等を明確にし点検要領を策定すること。

4. 3 点検

4. 3. 1 各施設共通施

- ① 建屋の床、壁等に損傷が無いこと。
- ② 防液堤、側溝又は貯めます等の破損、損傷が無いこと。
- ③ 排水溝及びその他の施設に破損、損傷の無いこと。

4. 3. 2 貯蔵及び保管

(1) 容器・タンク：(本体、防液堤、液面計、バルブ、配管、ポンプ)

- ① ひび割れ、腐食、損傷の有無の確認。
- ② ポンプ、計器類等付属機器作動の確認。漏洩検知器等自動検知器等の作動の確認。
- ③ 漏洩、流出の有無の確認。
- ④ 防液堤の雨水はその都度排水すること。

(2) 容器：(ドラム缶、18L 缶等)

- ① 蒸散を防止するため密栓しておくこと。
- ② 漏れ、あふれ、飛散の有無の確認。
- ③ 地下への浸透を予知するため床、側溝のひび割れ、損傷の確認。

(3) 倉庫

- ① 天井、外壁、内壁等のひび割れ、腐食、損傷等状態を定期的に点検すること。
- ② 化学物質類ごとに必要な区分けをして保管されていること。

4. 3. 3 めっき各工程の点検⇒4. 5 指定化学物質等の管理

前処理、めっき、後処理の各工程の点検については、「4. 5. 1 浴管理」の項で記述する。

点検表の例

職責確認

工場資材課

点検担当

点 検 項 目		方法	判定基準	結果	緊急措置実施日時	処置日
容器・タンク	漏出有無	目視	漏出無し			
	損傷腐食	目視	損傷腐食無し			
ポンプ・計器類	損傷腐食	目視	損傷腐食無し			
防液堤	排水要否	目視	空であること			
容器（ドラム缶・18L 缶等）	漏出有無	目視	漏出無し			
	損傷腐食	目視	損傷腐食無し			
	密栓状況	目視	密栓している			
倉庫：床壁天井	損傷腐食	目視	損傷腐食無し			
倉庫 貯蔵区分	種別区分	目視	所定位置保管			
整理・整頓の状況	物の放置	目視	所定位置保管			
2. 実施した緊急措置 月 日実施 3. 恒久対策 月 日 実施・実施予定						

職責確認

年 月 日

工場

担当

点検事項	貯蔵保管	タンク	作業施設	排水経路	排水経路
漏洩の有無					
通路等の障害					
床等のひび割れ					
防液堤等の損傷					
側溝等の異常					
その他の異常					
1. 異常の内容			2. 実施した緊急措置 月 日実施		
3. 恒久対策 月 日 実施・実施予定					
本点検は作業開始前と終了後に行う					

4. 4 原材料の購入

排出量、移動量を正確に把握し適切な管理をするため、購入原材料の指定化学物質等の含有量、物理化学的性質、人体や環境への有害性、危険性情報などを MSDS 等から正確に確認する必要がある。現在使用中の原材料のみでなく、市場の同種の原材料についても情報収集・蓄積を行い、より安全な環境負荷の低い原材料の購入を積極的に行うことが望まれる。

- ① 受入・払出量は受け入れ払い出しの都度確認・記録し、在庫量を把握しておくこと。
- ② 化学物質の在庫量は、購入先の所在地、運搬方法、操業状況を勘案し極力最小にしておくこと。

※ MSDSの入手

指定化学物質は全てMSDS作成義務がある。購入原材料については原材料メーカーより入手可能である。但し、逐次改定が行われるのが普通なので定期的に取り寄せ最新のものを参考にする必要がある。

また、業界等で取り扱っている化学物質につきホーム・ページ等で公開している業界もある。

原材料等受払管理表の例

〇〇月

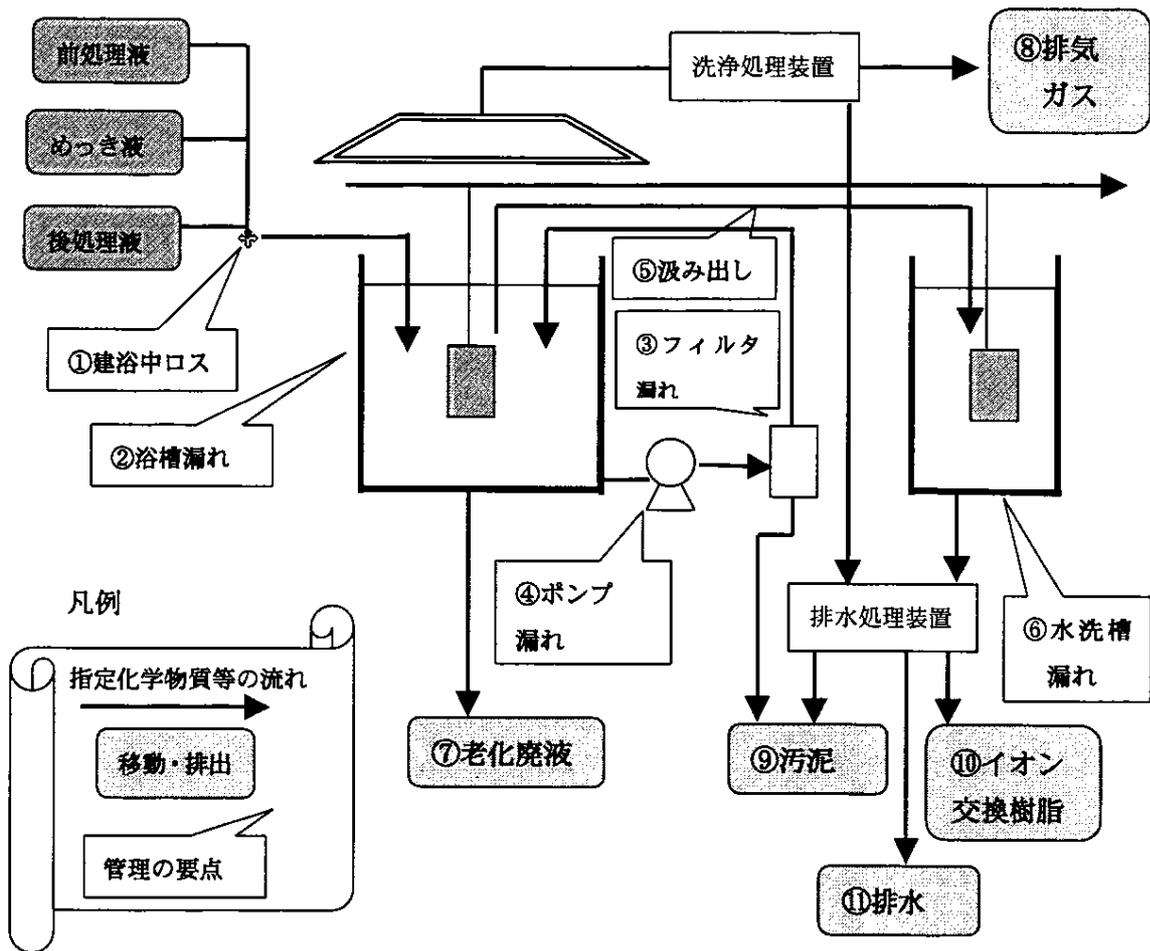
化学物質名		1	2	3	4日～29日	30	31	合計
処理工程	溶剤 A	受			省略			
		払						
	在庫量							
	溶剤 A	受						
		払						
	在庫量							
	添加剤 A	受						
払								
在庫量								

4. 5 指定化学物質等の管理

4. 5. 1 浴管理

めっき各工程（前処理・めっき・後処理）は、各作業と処理の組み合わせであるが、指定化学物質等の管理に関しては、浴槽と水洗槽の組み合わせとなる。

めっき各工程の指定化学物質等のフロー図と管理の要点



不良品発生や工程異常による指定化学物質等の排出・使用量の増加を防止するため、作業要領に従い正しく作業を行うこと。電流量、浸漬時間、浴液温度、水洗水量等定められた作業基準を正しく設定すること。

① 建浴中のロスの防止

- ・ タンクより配管，ポンプにより建浴する場合は、事前に配管継ぎ目、ポンプのシール等を確認し、漏れを防止すること。建浴槽を使用する場合は槽回りの漏れ確認も行う

こと。

- ・ 容器より直接浴槽に建浴する場合は、ハンドポンプ等を使用し浴槽外への飛散を防止すること。
- ・ 使用する指定化学物質等の使用量を確認・記録すること。

② 浴槽よりの漏れの防止

- ・ 作業前に浴槽回りを点検・確認し漏れ、飛散等を防止すること。

③ フィルターよりの漏れの防止

- ・ 作業前にフィルター回りを点検・確認し詰まり、漏れ等を防止すること。
- ・ フィルター交換時は、十分に液切りをして液は浴槽に戻すこと。
- ・ 交換したろ布、ろ過助剤等の指定化学物質等の含有量を確認すること。
- ・ 交換したろ布、ろ過助剤等は、漏れ、飛散の無い状態で保管し、所定の廃棄物処理業者に処理を依頼する。
- ・ 交換したろ布、ろ過助剤等の成分、性状、取り扱いの留意点等を廃棄物処理業者に提供すること。

④ ポンプ漏れの防止

- ・ 作業前にフィルター回りを点検・確認し詰まり、漏れ等を防止すること。

⑤ 汲み出し液の最小化

- ・ 治具ならびに引っ掛けは液溜りが出来ないようにすること。
- ・ 液切り時間を十分に取り、完全に液切りをすること。

⑥ 水洗槽よりの漏れの防止

- ・ 作業前に水洗槽回りを点検・確認し漏れ、飛散等を防止すること。

⑦ 老化廃液の処理

- ・ 老化廃液は漏れ、飛散のない状態で保管し、所定の廃棄物業者に処理を依頼する。
- ・ 老化廃液中の指定化学物質等濃度を確認し（排出係数若しくは分析）、老化廃液発生量とともに記録すること。
- ・ 老化廃液の成分、性状、取り扱いの留意点等を廃棄物処理業者に提供すること。
- ・ タンク、容器等に一時保管し排水処理設備で処理し汚泥として処理することもある。

⑧ 排気

4. 5. 2 排水処理

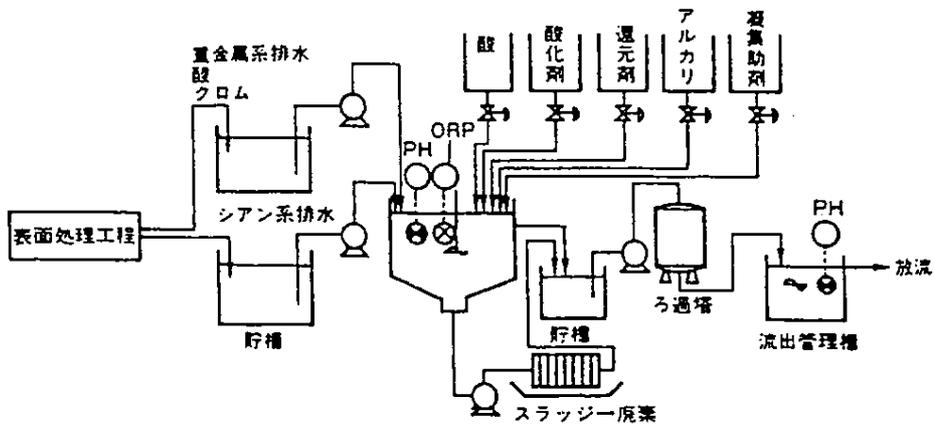
⑨ 汚泥の処理

- ・ 汚泥は漏れ、飛散のない状態で保管し、所定の廃棄物業者に処理を依頼する。
- ・ 汚泥中の指定化学物質等濃度を確認し（排出係数若しくは分析）、汚泥発生量とともに記録すること。
- ・ 老化廃液の成分、性状、取り扱いの留意点等を廃棄物処理業者に提供すること。

⑩ イオン交換樹脂

- ・ 交換したイオン交換樹脂の本数、若しくは重量を確認し、所定の業者に再生を依頼すること。

回分処理法標準フロー



- ・各作業槽（処理槽、水洗槽、めっき槽）からの排水は、各排水系列ごとに配管で貯槽に導入すること。排水溝による導入は、他系列の排水の混入や地下浸透の危険性があるので避けること。
- ・床は排水の分別区分ごとに仕切り、互いに混合しない構造とすること。
- ・引っ掛け治具に付着しためっき液が、他系列のめっき浴や水洗水を汚染して分別を悪くするために、十分に洗浄すること。
- ・濃厚廃液を排水処理設備で処理する場合、一旦濃厚液貯槽に受け、濃厚廃液の更新周期内で適正な時間をかけ少量ずつ排水処理設備に送る機構を設けて処理すること。

① めっき設備始業点検表の例

項 目		1	2	3		29	30	31
1. めっき槽液面	1号				省			
	2号							
	3号							
	4号							
	5号							
2. 循環槽液面								
3. めっき液温 52~53℃								
4. ろ過機運転								
5. ろ過機バルブ開閉								
6. 湯洗の汚れ								
7. 湯洗の温度 80℃以上								
8. 水道水のバルブ開閉								
9. スカフ・ドレンバルブの開閉					略			
10. 脱脂液面								
11. 脱脂温度 80℃以上								
12. 排気ファン運転								
13. 水洗水オガ-7ロ-								
点 検 者								
確 認 者								

② 溶剤洗浄日報の例

〇〇月〇〇日（〇曜）****係****担当

点 検 項 目		方法	作業前	作業後
作業場は整理・整頓されているか		目視		
1. 引っ掛け治具に傷はないか		目視		
2. 脱脂槽に漏れ等の損傷はないか		目視		
3. 冷却用蛇管に漏れ等の損傷は無いか		目視・通水		
4. フィルターのセットは正常か		目視		
5. ポンプの異常はないか		試運転		
6. 排気装置の異常はないか		試運転		
7. バルブ類作動に異常はないか		テスト		
8. 噴射ノズルに詰まり、液漏れはないか		目視		
脱 脂 洗 浄 作 業 日 報				
作業基準と管理範囲		作業記録		
浴レベル	基準： **	1. 受入ワーク数量	***個***㎡	
	範囲： **～**	2. 作業前浴レベル	***L	
溶剤温度	基準： **	3. 溶剤補液量	***L	
	範囲： **～**	4. 溶剤液温	℃	
冷却液温度	基準： **	5. 冷却液温度	℃	
	範囲： **～**	6. 仕上がりワーク数		
特記事項：				
フィルター交換：				
汚泥抜取：				
溶剤交換：				

③ めっき浴管理月報の例

〇〇月浴管理表

1. 成分組成と標準値		2. 作業条件				3. 注意事項		
主浴剤 A	***g/L	浴温		***℃				
		陰極電流密度		***A/dm ²				
主浴剤 B	***g/L	陽極電流密度		***A/dm ²				
		電源						
副浴剤 A	***ml/L	攪拌						
		陽極材料						
副浴剤 C	***g/L	陰極材料						
		ポーメ度		**ポーメ				
	日	1	2	3	4	5	6	7
pH								
ポーメ								
主浴剤 A 補充	kg							
主浴剤 B 補充	kg							
副浴剤 A 補充	L							
副浴剤 B 補充	kg							
使用電流量	AH							
備考		*日：浴組成分析		極板補充		ろ材交換		
		A : ***		*日：*kg		*日		
		B : ***		*日：*kg		**日		
		pH : **		*日：*kg				

④ 排水処理日報の例

項 目		日	1	2	30	31	月度合計
使用水量	水道				省略		
	排水	メ-タ-読み					
		排水量					
使用電力	100 V (Kw)						
	200 V (Kw)						
薬品補充量	シ-ン酸化剤						
	カ-ム還元剤						
	酸						
	アルカ-リ						
	凝集剤						
スラッジ	発生量						
	処分量						
	残量						

5. 改善・使用の合理化の事例

5. 1 工程改善等による排出量の抑制事例

5. 1. 1 めっき液の汲み出し低減対策

1) 引っ掛け治具の改善

- ① めっき液の汲み出し量を少なくするために水平部を極力少なくするようにセットする。
- ② 治具そのものの水平部を無くし、傾斜をつけておく。同じ表面積であれば、傾斜させたものは、水平な場合の半分以下の汲み出し量となる。やむをえない水平部には、平板よりも丸棒を用いる。
- ③ 液溜りができる部分には穴を開ける。
- ④ 治具は常に損傷のないようにしておく。コーティング等に亀裂が入っていると、其処にめっき液が染み込み、汲み出し量の増大をまねく。

2) めっき槽上での液切り

- ① めっき液の汲み出しはめっき槽上で液切り時間を設けることにより減少させることが出来る。生産効率の許す限り液切り時間を設定したい。
- ② 自動機でラックやバレルを持ち上げたとき、エアーシリンダー等で傾斜させる機能を持たせると効果的。
- ③ 落下防止対策を配慮して振動させることも効果的である。

メッキ組出し量の実験結果

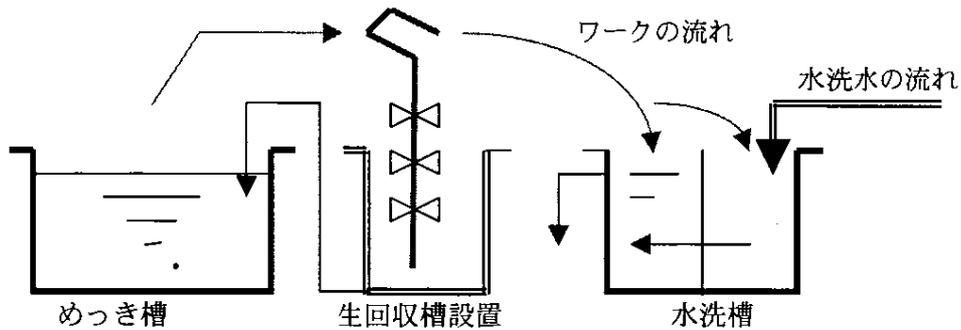
実験の種類	移動時間 (秒)	無水加酸重量 (g/l)	加めっき体積 (ml/dm ²)
1. 平板水平吊	2 (00)	0.300	1.20
	5 (03)	0.135	0.54
	10 (08)	0.105	0.42
	20 (18)	0.060	0.24
2. 凹凸板水平吊	2 (00)	1.50	6.0
	5 (03)	1.43	5.7
	10 (08)	1.34	5.3
	20 (18)	1.26	5.0
3. 凹凸板斜め吊	2 (00)	0.77	3.10
	5 (03)	0.41	1.65
	10 (08)	0.28	1.12

移動時間空 () 内は空中放置時間

加めっき液組成 CrO₃ 250 g/l
 H₂SO₄ 2.5 g/l

3) 生回収槽の設置

めっき槽の次に空の生回収槽を設け、仕上がりに影響しない範囲内で放置し、若干の振動を加えめっき液が落ち切るようにする。



生回収槽に溜まった液は定期的めっき槽へと戻す。

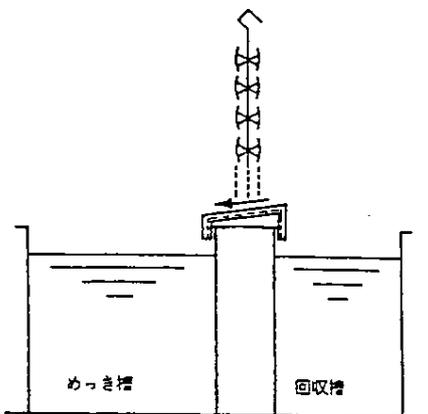
4) めっき槽上でのスプレー洗浄

めっき槽上で、ワーク上昇時にスプレーを行い、付着しているめっき液を洗い落とし、汲み出し量を減らす。

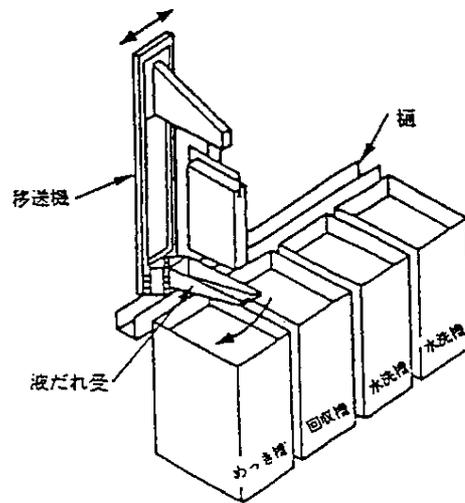
5) めっき槽間の液だれ防止

6) 槽上移動時の混入防止

槽間液もれ防止カバー



槽上移動時の混入防止例



5. 1. 2 水洗工程の改善

1) 水洗槽の改善

補給水が表層部を流れて排出されるために、槽底より給水して給水口より最も遠い位置に排水口を設ける。

2) 洗浄方法の改善

① スプレー洗浄

水洗槽又は回収槽上にスプレーをつけて、ワークの上昇時にかかるようにする。

② 空気攪拌

形状が複雑で凹凸が多い品物の洗浄に効果がある。

③ 超音波洗浄

ワークと冶具の接触部やワークの凹部に入り込んでいる液を洗い出すのに特有の効果がある。

④ 温水洗浄

加温による液の膨張と液の粘性の低下により洗い出しが良くなる。洗浄効果の向上、温度の平均化のために攪拌を加えると効果的である。

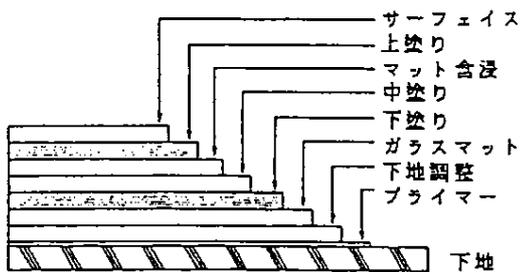
⑤ 多段水洗方式の採用

5. 1. 3 地下浸透防止対策

地下等への指定化学物質等の浸透を防止するために、床等は不浸透性の材料を用いた構造とする。

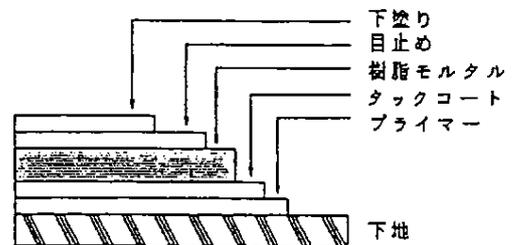
床の構造事例

エポキシアクリレート工法



エポキシアクリレート樹脂FRP工法による断面図

エポキシモルタル工法



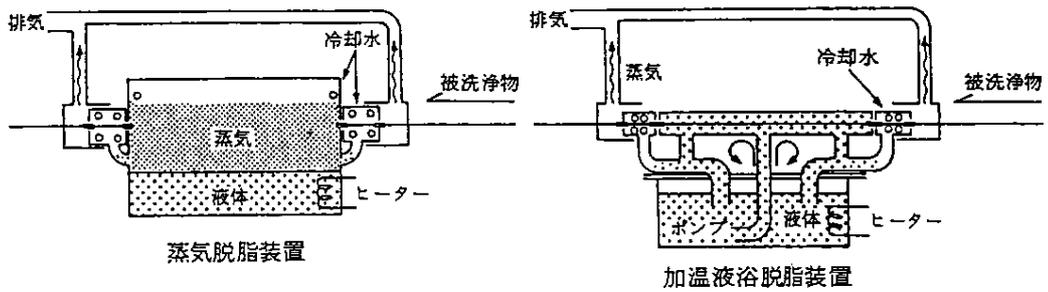
エポキシ樹脂モルタル工法による断面図

5. 1. 4 溶剤脱脂工程の密閉化

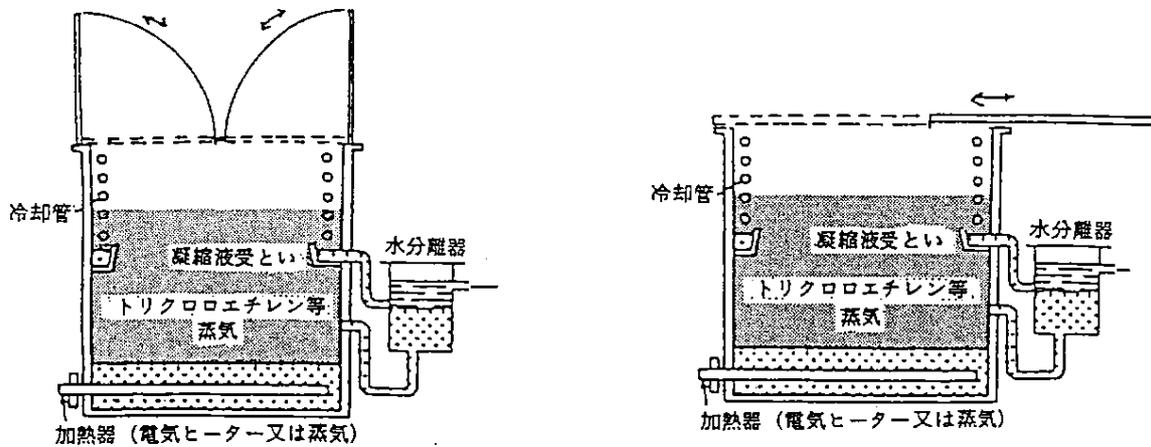
洗浄装置を密閉化することにより、溶剤の漏れが無くなり、排気量も少量でよく、従って有機溶剤の排気処理あるいは回収が効率よく行われる。特に線状や、板状の長尺物を連続的に洗浄する場合においては採用し易い。

一方、形状により採用しにくいものについては、半密閉式とし蓋の開閉操作と組み合わせることで効果を上げることが出来る。

密閉式洗浄槽



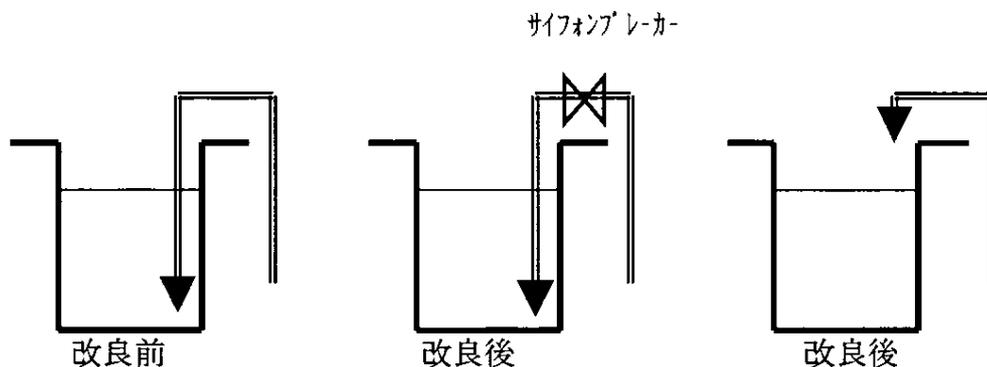
半密閉式洗浄槽



5. 1. 5 めっき設備、付属設備の事故防止対策

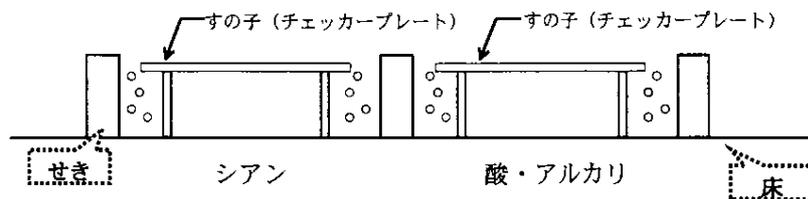
設備保全、点検等で指定化学物質等のめっき工程外への流出に万全を期するが、(管理の項参照) 万が一の流出に備え、対策を取っておくことが大量流出防止ならびに流出指定化学物質等の処理に有効である。

1) サイフンブレーカーの設置

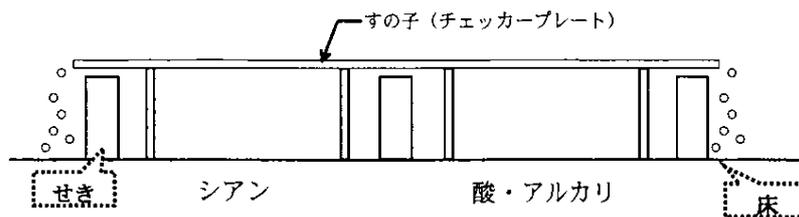


2) 漏液の混合防止

2) 漏液の混合防止 (良い例)



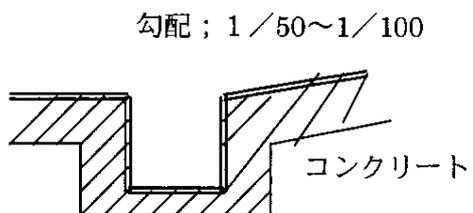
すの子配置及びせき (悪い例)



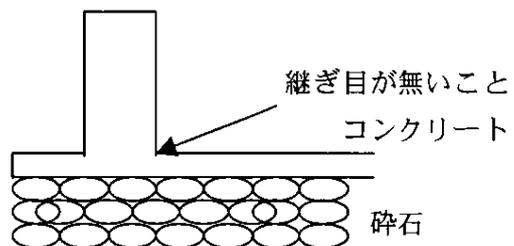
3) 防液堤・貯めますの設置

取り扱う化学物質の量及び作業に対応して、施設・場所の周囲に防液堤、側溝又は貯めます等を設置する等化学物質の流出を防止する。

貯めますの例



防液堤の例



	固定床式活性炭方式	流動床式活性炭方式	ローター式ハニカム方式	活性炭素繊維方式
処理方法	粒状活性炭塔2塔、一方を通ガス、一方を再生しながら使用 再生はスチーム	ビーズ状活性炭で連続的に吸着塔と脱着塔を循環させ、吸着塔で吸着した溶剤を脱着塔で再生させる。	微粉活性炭をハニカム状に固定したローターを回転させ、一部分で排ガスを吸着、一部分で加熱空気により再生、連続運転	フェルト状活性炭を充填した2塔の吸着塔を用い、一方を通ガスを再生しながら使用 再生はスチーム
長所	濃度変動に強い 装置コストが比較的安い 交換時の活性炭コストが比較的安い	回収溶剤中に水分の混入が少ない 排水が少ない 連続安定した運転が出来る	装置がコンパクト 設置費、ランニングコストが安い 大風量も処理可能	安定した処理性・実績を持っている 吸着部はコンパクト
短所	ブロッキング、閉鎖が起こりやすい 交換時汚れが出やすい	濃度変動にやや弱い	処理効率がやや悪い 単独では回収まで至らない	再生頻度が多く、切り替え時にやや処理性能が落ちる
用途	ガス濃度： 100～1,000ppm 実績がある	ガス濃度： 100～1,000ppm	大風量、低濃度ガス 他の装置との組み合わせになる	ガス濃度： 100～1,000ppm

5. 2. 3 めっき液の回収利用

大気蒸発濃縮法、減圧濃縮蒸発法、逆浸透法等の技術があるが、工程改善・設備改善、排風機の排気洗浄装置で除去回収されるのが一般的である。

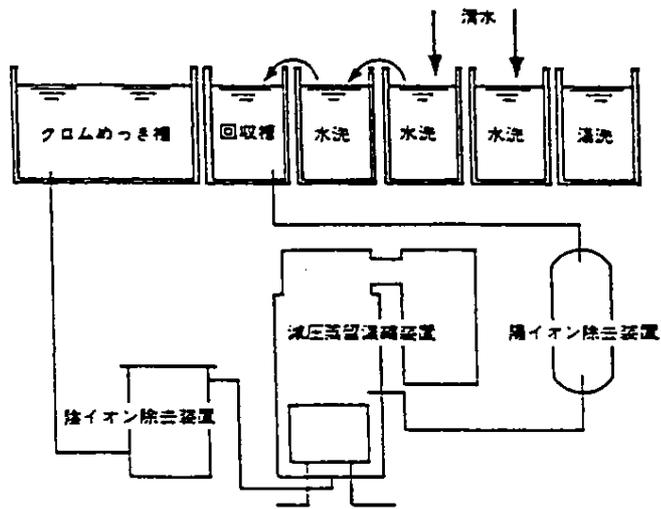
一例としてクロムめっき工程の減圧濃縮を示す。濃縮する前に主として重金属の不純物陽イオンを陽イオン交換樹脂で除去し、所定の濃度まで濃縮した後、不純物として混入する塩素イオン等の陰イオンを除去してクロムめっき槽へ戻す方法である。

5. 2. 4 金属の電解回収

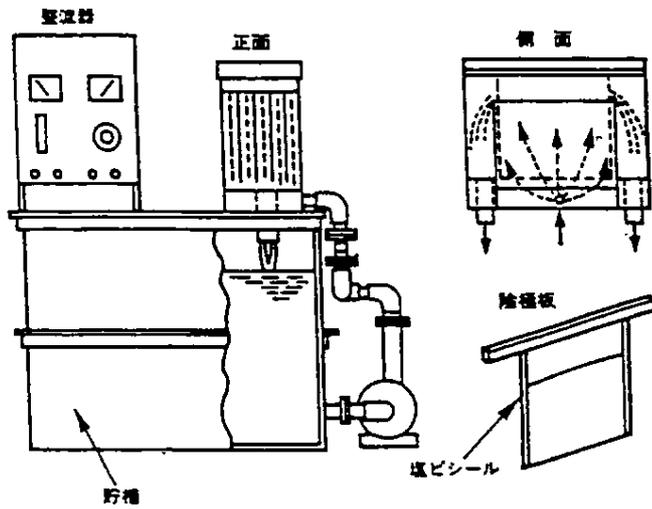
電解回収は、有価金属を含む電解液から直流電流によって陰極に電着させ、金属として回収するもので、一般には、常温型めっき浴の回収液やイオン交換再生中の金属回収等に用いられる。シアン含有廃液の酸化分解や電解めっき廃液のCOD処理にも適用される。

循環式電解回収装置を例で示す。電解槽は隔膜を用いず、単に陰極と陽極を交互に並べたもので、ポンプによって電解液を循環するようになっている。

クロムめっき工程の減圧蒸発濃縮例



循環式電解回収装置



参考資料 1

めっき工程に使われる代表的な処理液組成 (1)

脱脂

【アルカリ脱脂】

水酸化ナトリウム	0~30 g/L
炭酸ナトリウム	10~50 g/L

炭酸水素ナトリウム	0~30 g/L
ケイ酸ナトリウム	10~50 g/L
リン酸ナトリウム	0~20 g/L
界面活性剤	0.1~2 g/L

【酸性脱脂】

硫酸または有	10~100 mL/L
界面活性剤	0.1~2 g/L

エッチング

【塩化第二鉄液 (銅)】

塩化第二鉄	37%以上
塩酸	1wt%以下

【塩化第二鋼液 (銅)】

塩化第二鋼二水塩	20 g/L
塩酸	150 g/L

【過硫酸液 (銅、ソフトエッチング)】

過硫酸ナトリウム	130~170 g/L
硫酸	5~10 mL/L

【硫酸・過酸化水素液 (鋼、ソフトエッチング)】

硫酸	130~170 mL/L
過酸化水素水	20~30 mL/L

【クロム酸 (樹脂、高クロム酸タイプ)】

無水クロム酸	400~450 g/L
硫酸	200~250 mL/L

【クロム酸 (樹脂・高硫酸タイプ)】

無水クロム酸	200~250 g/L
硫酸	400~450 mL/L

【過マンガン酸 (樹脂)】

過マンガン酸カリウム	50~70 g/L
水酸化ナトリウム	75~95 g/L

化学研磨

【キリンス (鋼、実録)】

硫酸	500~800 mL/L
硝酸	300~500 mL/L
塩酸	10~300 mL/L

【混酸 (アルミニウム)】

リン酸	400~800 mL/L
硝酸	20~200 mL/L
酢酸	0~200 mL/L
塩化銅	5~10 g/L

【混酸 (鉄鋼)】

塩酸	50~150 mL/L
硝酸	50~250 mL/L
硫酸	0~100 mL/L
リン酸	0~500 mL/L

【シュウ酸・過酸化水素 (鉄鋼)】

シュウ酸	20~30 g/L
過酸化水素	10~15 mL/L
硫酸	0.1~0.5 mL/L

【クロム酸・硫酸 (鉄鋼)】

無水クロム酸	400~60 g/L
硫酸	100~200 g/L

電気めっき

【亜鉛めっき シアン浴】

酸化亜鉛	10~30 g/L
シアン化ナトリウム	10~90 g/L
水酸化ナトリウム	60~80 g/L

【亜鉛めっき ジンケート浴】

水酸化ナトリウム	90~200 g/L
酸化亜鉛	5~25 g/L

【ニッケルめっき浴】

硫酸ニッケル六水和物	200~400 g/L
塩化ニッケル	30~90 g/L
ホウ酸	30~50 g/L

【クロムめっき浴】

無水クロム酸	200~300 g/L
硫酸	0.5~3 g/L
ケイフッ化ナトリウム	0~20 g/L

【硫酸銅めっき浴】

硫酸銅五水和物	180~240 g/L
硫酸	45~200 g/L
塩素イオン	20~80 mg/L

【シアン化鋼めっき浴】

シアン化銅	20~100 g/L
シアン化ナトリウム	30~120 g/L
水酸化ナトリウム	0~30 g/L
ロッシェル塩	10~70 g/L
チオシアン酸カリウム	0~70 g/L

めっき工程に使われる代表的な処理液組成（２）

【ピロリン酸銅めっき浴】

ピロリン酸銅	60~100	g/L
ピロリン酸カリウム	200~500	g/L
アンモニア	1~5	mL/L
硝酸カリウム	0~25	g/L

【金めっき浴 フラッシュ用】

シアン化金カリウム	1.5~2.0	g/L
シアン化カリウム	2~8	g/L
リン酸水素ニカリウム	10~20	g/L

【金めっき浴 中性浴】

シアン化金カリウム	8~25	g/L
リン酸水素ニカリウム	30~100	g/L
リン酸二水素カリウム	0~15	g/L
クエン酸	15~25	g/L

【銀めっき浴 装飾用】

シアン化銀	35~50	g/L
シアン化カリウム	65~95	g/L
炭酸カリウム	8~12	g/L
ロッシェル塩	6~10	g/L
酒石酸カリウム	5~20	g/L

【銀めっき浴 工業用】、

シアン化銀	35~60	g/L
シアン化カリウム	65~100	g/L
炭酸カリウム	5~15	g/L
セレン	0~0.1	mg/L

【硫酸スズめっき浴】

硫酸第一スズ	40~60	g/L
硫酸	100	g/L
ホウ酸	40~60	g/L
有機酸	30~100	g/L

【有機酸スズめっき浴】

スズ	15~50	g/L
メタン sulfon 酸	100	g/L

化成処理

【クロメート処理】

無水クロム酸	0~250	g/L
重クロム酸ナトリウム	5~150	g/L
硫酸	0~15	g/L
硝酸	1~30	g/L

無電解めっき

【無電解鋼めっき浴】

硫酸銅五水和物	10	g/L
37%ホルマリン	20	mL/L
EDTA・四ナトリウム	20~30	g/L
水酸化ナトリウム	10~15	g/L

【無電解ニッケルめっき浴】

硫酸ニッケル六水和物	20~30	g/L
次亜リン酸ナトリウム (水和物)	10~30	g/L
有機酸	20~40	g/L

【置換金めっき浴】

シアン化金カリウム	4~6	g/L
EDTA	40~60	g/L
クエン酸アンモニウム	20~40	g/L

【無電解金めっき シアン浴】

シアン化金カリウム	4~8	g/L
シアン化カリウム	1~2	g/L
水酸化ナトリウム	40~60	g/L
ジメチルアミンボラン	20~30	g/L

化学物質等安全データシート

発行日
製造会社名
会社・工場の所在地
担当部署

製造者情報

TEL : ** - *** - *** *
FAX : ## - ### - ### #
作成 : 平成 × × 年 × × 月 × × 日

製品名 商品名 (めっき液の例)

物質の特定	単一・混合物の区別	成分名	含有量 (%)	化学式	化審法	CAS No.
	混合物製品	ニッケル塩	34			
		錯化剤	2.0			
		イオン交換水	64			

(%は重量で示す)

CAS No.
 国連分類 : 該当しない
 国連番号 : 該当しない
 消防法 : 該当なし
 労働安全衛生法 : ニッケル及びその化合物
 毒物及び劇物取締法 : 該当なし
 P R T R 法 : 分類 2 3 2 物質名 ニッケルとして 含有量 7.4 w t %
 特定第一種指定化学物質

危険有害性の分類
 分類の名称 : 分類基準に該当しない
 危険性 : 不燃性であるが、水分が蒸発した原料の一部は、着火源があると燃焼する恐れがある。
 有害性 : 眼の粘膜に軽度の刺乾性及び腐食性がある。人によりアレルギー性疾患や紅疹、小胞性発疹を起こすことがある。誤って口に入れたり飲んではいけない

環境影響

応急処置
 眼に入った場合 : 刺激があり粘膜が侵されるので、直ちに水で 15 分以上洗い流し、速やかに医者の手当を受ける
 皮膚に付着した場合 : 刺激があり人により軽い炎症を起こすので、直ちに水または温水と石鹼水とで十分に洗浄する。痛みが残るようであれば、医者の手当を受ける。
 吸入した場合 : 新鮮な空気のある場所に移し、安静にさせる。
 飲み込んだ場合 : 水を飲ませた後吐き出させ、牛乳、卵白などを飲ませた後、速やかに医者の手当を受ける。

火災時の措置
 消火方法 : 容器は風上の安全な場所に移し、大量の散水にて消火する。
 消火剤 : 水、炭酸ガス、泡沫、粉末など

漏出時の措置
 乾燥砂、おが屑、ウェスなどに吸収させて、プラスチック容器に回収する
 大量の場合、ロープ等を張り立入禁止とする。河川や湖沼等への流出を防ぐため土砂等でフェンスを造り、保護具を着用し回収する。

取扱い及び保管上の注意
 取扱い : 保護具を着用し、換気の良い場所で取り扱う。強アルカリ性物質との混合は避ける。作業後はうがい、手洗いなど行う。
 保管 : 直射日光の当たらない、冷暗所に保管する。強アルカリ性物質等から離して保管する。

暴露防止措置 管理濃度：
 許容濃度：ニッケル塩 0.1 mg/m³ (Niとして、TWA) ACGIH勧告値
 設備対策：特に必要はないが、換気のよい作業所が望ましい。
 作業所の近くに、洗顔や身体洗浄設備を設けることが望ましい。
 保護具：保護眼鏡、保護マスク ゴム手袋、長靴、保護衣

物理/化学的性質	外観等	：深緑色透明液体	沸点	：℃
	比重	：1.245 (20℃)	揮発性	：無し
	蒸気圧	：Pa (℃)	初留点	：℃
	融点	：℃	溶解度	：水に溶解

危険性情報 (安定性 ・反応性)	引火点	：	発火点	：
	爆発範囲	：上 限	下 限	：
	可燃性	：不燃性であるが、水分が蒸発した原料の一部は、着火源があると燃焼する恐れがある		
	自然発火性	：なし		
	水との反応性	：なし		
	酸化性	：なし		
	自己反応性	：なし		
	爆発性	：なし		
粉じん性	：なし			
反応性安定性	：通常環境下では安定である。			
その他	：アルカリ性物質と混合すると、不溶性のニッケル水酸化物を形成する。			

有害性情報	皮膚腐食性	：軽微な腐食性があり、人によりアレルギー性疾患や紅疹、小胞性発疹を起こすことがある。		
	刺激性	：刺激性があり、皮膚に痒みを伴う		
	感作性	：		
	急性毒性	：ニッケル塩 RTECS=ラット 腹腔内 LD50 500 mg/kg		
	亜急性毒性	：		
	慢性毒性	：		
	がん原性	：		
	変異原性	：		
	生殖毒性	：		
	催奇形性	：		
その他	：			

環境影響情報	分解性	：
	蓄積性	：
	魚毒性	：
	その他	：

廃棄上の注意	水で20倍以上に希釈し、消石灰、苛性ソーダ、ソーダ灰等でpHを7～9に調整後、金属沈殿除去剤を添加し沈殿物をろ別する。ろ別後、pH調整を行い、CODを規制値以下にするため、多量の水で希釈するか、活性汚泥法にて処理し放流する。
--------	--

輸送上の注意	容器に液漏れがないか確かめ、落下、転倒して破損のないように荷積みする。 強アルカリ性物質、食品類、繊維などの混載は避ける。
--------	--

適用法令	労働安全衛生法（通知対象物） P R T R法 水質汚濁防止法
------	---------------------------------------

その他	※記載事項以外は、「知見なし」を示す ※引用文献等
-----	------------------------------

※ 記載事項は現時点で入手できた資料や情報に基づいて作成しておりますが、記載データや評価に関しては必ずしも充分でないのでご了承ください。
又、記載事項は通常の取扱いを対象としたものですが、特別な取扱をするときは十分に注意してください。

化学物質等安全データシート

製造者情報

会社名
住 所
担当部署
電 話

FAX

2004年 4月 1日

整理番号

製品番号 (化学名、商品名)

商品名 (クロメート剤の例)

物質の特定	単一製品・混合物の区別	:	混 合 物
化 学 名		:	亜鉛めっき用・有色クロメート剤
成分及び含有量		:	無水クロム酸 30%
化学式又は構通式		:	CrO ₃
CAS No		:	1333-82-0
官報公示整理番号		:	1-284 (化審法)
国 連 番 号		:	1760
国 連 分 類		:	クラス 8

危険有等性の分類	分類の名称	:	腐食性物質、急性毒性物質、その他の有等性物質
	危 険 性	:	引火性・爆発性はない。
	有 事 性	:	眼や皮膚などに付着して放置すると、激しい炎症を起す。多量に吸入すると、鼻、のど、気管支などが痛み、粘膜に対しては強い刺激を与える。

応急処置 ……いずれの場合も、MSDSを提示して、医師の診断を受ける。

眼に入った場合

- ・少量でも眼に入った場合は、直ちに目を開けたまま、最低15分間は清浄な流水で目を洗う。その際は、瞼を指でよく開いて、眼球及び瞼のすみずみまで、水がよく行き渡るように洗浄する。
- ・洗眼が遅れたり不十分だと障害を生ずる恐れがあるので、速やかに眼科医の手当を受ける。

皮膚に付着した場合

- ・直ちに多量の流水で十分に洗い続ける。この場合、アルカリ液を用いて中和しない
- ・衣服・靴などに部分的に付着した時は、これらを直ちに脱ぎ取る。但し、付着量が多い時は、衣服などを脱ぎ取る前に、まず、多量の水で洗い流す方が良い。
- ・皮膚を刺放して痒みや腐食が残ったり、発疹が起きた場合、出来るだけ早く医師の手当を受ける。

吸入した場合

- ・口の中が汚染されている時は、水で充分にうがいをする。
- ・ミストや蒸気を吸い込んで、気分が悪くなった場合は、新鮮な空気のある場所に移して身体を毛布などで暖めて安静にし、必要に応じて、医師の診断を受ける。

飲み込んだ場合

- ・誤って飲み込んだ場合は、水でよく口の中を洗浄し、できれば卵白を混ぜた牛乳を飲ませると良い。これは喉、食道、胃などの粘膜に保護膜を形成し、葉傷の浸透をやわらげるために必要である。
- ・意識があり、けいれんが無ければ、牛乳又は多量の水を飲ませて、出来るだけ早く医師を呼び、手当を受ける。

火災時の措置

- 消火方法・周辺が火災の場合は、火元への燃焼源を断ち、消火剤を使用して消火する。
- ・消火作業の際は、耐熱性着衣などの必要な保護具を着用し、火災発生場所の周辺には、関係者以外の立入りを禁止する。
 - ・火災の周辺にある容器は、すみやかに安全な場所に移動させる。移動が不可能な場合は、容器及び周囲に散水して冷却する。
 - ・製品自体は不燃性であり、助燃性もないが、火災時の熱により、樹脂容器などが破損・溶解する。これに消火用水を掛けると、有害な六価クロムを含む酸性液が漏出するので、還元・中和処理が必要である。

消火剤 ・一般火災では、消火剤として霧状の水を用いるが、泡・粉末・炭酸ガス消火剤も有効である。

漏出時の措置

- ・漏出した製品の回収・処分は、水質汚濁防止法の排出基準に従って処理する。
 - ・なるべく速く漏出原因をつきとめ、漏出源を止める作業をする。
 - ・漏出事故の場合、眼に入ったり、皮膚に付着しないように、保護眼鏡、ゴム手袋、幣性ガス用防毒マスク、ゴム長靴などの保護具を着用して作業する
 - ・漏出した場所の周囲は、ロープを張るなどして、関係者以外の立入りを禁止する。
 - ・少量の場合、布切れで良く拭き取るか、盛り土に吸着させて取り除く。残留物は、水で薄めてから、重亜硫酸ソーダなどの還元剤水溶液を散布して、六価クロムを還元処理し、中和してから洗い流す。
 - ・大量に洗出した場合は、土のうなどで拡散防止をしてから、ポンプなどを利用し、密閉出来る耐食性の空容器に出来るだけ回収する。回収不可能な残分は、周囲に漏出しない事や、安全な場所である事を確認した上で処理する。
 - ・まず、遠くから注水して適度に希釈してから、希硫酸を加えてpHを2～3にし、重亜硫酸ソーダなどの還元剤水溶液を散布し、六価クロムを還元処理する。更に、消石灰やかせいソーダなどのアルカリ類を加え、定められたpH範囲内に中和し、水質汚濁防止法の排出基準値内にしてから洗い流す。
 - ・この場合、濃厚排液が、河川、下水道、排水溝などに流れ込んで、環境に影響を与えないように注意する。
-

取扱い及び保管上の注意

- 取扱い ・取扱い中は、保護眼鏡、ゴム手袋、ゴム長靴などの保護具を着用し、皮膚に触れたり、眼に入らないようにする。取扱い後、手、顔などは十分に洗浄する。
- ・作業場付近は、緊急時に備え、十分な水を用意しておく。
 - ・樹脂容器などの蓋を取る場合、乱暴に取り扱くと、中身のクロム酸液が噴出するので、顔や手を容器の口の上に近づけない。
 - ・容器の取り出し口に出来た付着物は、ゴム手袋などの保護具を着用して、直ちに拭き取るか、洗浄しておく。
- 保管 ・容器は、直射日光を避けて冷暗所に保管し、換気の良い場所で、高温にならないよう保管する
- ・取扱い容器は、その都度密栓し、長期の保管は避ける。
 - ・特に、各種の金属、強アルカリ類及び還元性物質との接触、並びに同一場所での保管はしない
 - ・無理な積み重ねや長期保管で、容器が破損しないように、安全な場所に保管する。
 - ・強酸性の製品が漏出しても、地下に浸透しないように、床は耐酸材料で施工する。
 - ・保管場所には水道などを設備し、緊急の場合、容易に洗い流せるようにする。
 - ・使用済みの空容器は、一定の場所を定めて、他のものと区別して集積する
 - ・盗難又は紛失しないように、施錠場所に保管する。
-

暴露防止措置

管理濃度	: 0.05 mg/m ³ (Cr ⁶⁺)	
許容濃度	: 日本産業衛生学会 (1994)	[0.05 mg/m ³ (Cr ⁶⁺) 5 mg/m ³ (HNO ₂) 1 mg/m ³ (H ₂ SO ₄)
	ACGIH (TLV-TWA) (1993~4)	

設備対策 : クロム酸含有液は、クロム酸ミストの形成を避けるために、換気の良い場所で取扱う
取扱い場所の近くに、洗眼や身体を洗浄するための安全シャワー又は手洗い・洗眼
設備を設け、その位置を明確に表示する。

保護具 : 必要に応じて、保護眼鏡、ゴム手袋、ゴム長靴などを着用し、皮膚への接触を保護する。

物理/化学的性質

外観等	: 赤褐色透明液体	pH	: 1以下
比重	: 1.33~1.37 (25℃)	沸点	: 102℃
溶解度	: 水と容易に溶解する。	融点	: -3℃以下
臭気	: 刺激性の酸性臭がする。		
揮発性	: 成分中の水分が揮発する		
蒸気圧	: 測定データ無し		

危険性情報 (安定性・反応性)

- 引火点 : なし
 - 発火点 : なし
 - 爆発限界 : なし
 - 可燃性 : なし
 - 発火性 (自然発火性、水との反応性) : 水とは反応せず、溶解するだけである。
 - 酸化性 : 強い酸化性があり、還元性物質との揮発は避ける。
 - 自己反応性・爆発性 : なし
 - 粉塵爆発性 : 該当しない
 - 安定性 : 通常の実験条件では安定であるが、冷暗所に保管しておく。長く直射日光に当たったり、長期の保管はしない。
 - 反応性 : ・特に、各種の金属、強アルカリ類及び還元性物質との接触は避ける。
・加熱分解した時の生成物は、主にクロム酸化物である。
-

有害性情報 (人についての症例、疫学的情報を含む)

- 皮膚腐食性 : ・皮膚に付着後放置すると、強い腐食性により、激しい火傷を起こす。
・皮膚障害としては、クロム酸特有の皮膚炎、湿疹及びこれに続くクロム潰瘍がある。
傷口があれば潰瘍をつくりやすい。
 - 刺激性 (皮膚、眼) : 眼に触れると激しい刺激があり、結膜炎のほかに、措置を誤った場合は失明
することがある。
 - 感作性 ; 過敏症の場合、僅かな接触でも、感作性皮膚炎などを生じることがある。
 - 急性毒性 (50%致死量等を含む) :
 - ラット 経口 LD₅₀=80 mg/kg (Cr₀₃)
 - ラット 吸入 LD₅₀=49 ppm(4Hr) (HNO₃)
 - ラット 経口 LD₅₀=2,140 mg/kg (H₂SO₄)
 - 亜急性毒性 : 現在までのところ、混合物としての情報を有して無い。
 - 慢性毒性 : データ無し
 - がん原性 : データ無し
 - 変異原性 : 動物実験により突然変異原性を示すデータがある。 (Cr₀₃)
 - 生殖毒性 : データ無し
 - 催奇形性 : 動物実験により催奇形性を示すデータがある。 (Cr₀₃)
-

有害性情報（人についての症例、疫学的情報を含む）

その他（水と反応して有害なガスを発生する等を含む）：

水とは反応しない。溶解するだけで、有害なガスは発生しない。但し、分解や反応で発生するSO_xガスは、悪臭又は刺激性が強く有害である。

環境影響情報

分解性：現在までのところ、混合物としての情報を有してない。

蓄積性：データ無し

魚毒性：データ無し

その他：N含有：有り、P含有：有り

廃棄上の注意

- ・適度に希釈した排水に、希硫酸などの酸類を加えてpHを2～3にする。次に、重亜硫酸ソーダなどの還元剤水溶液を加えて、六価クロムを還元する。その後、消石灰、かせいソーダなどのアルカリ類を加え、水質汚濁防止法の排出基準に従って、中和・凝集処理をしてから排出する
- ・原液又は濃厚液の廃棄は、希釈してから還元・中和をするか、業者に引取りを委託する。
- ・業者の引取りは、都道府県知事の許可を受けた産業廃棄物処理業者、もしくは地方公共団体がその処理を行っている場合は、そこに委託して処分を受ける。
- ・廃棄作業は、必要な保護具を着用して行う。
- ・空容器の廃棄は、内容物を除去してから処分する。

輸送上の注意

- ・輸送の際は、容器に漏れない事を確かめる。
- ・落下や衝撃などによって、容器を痛めて内容物を飛散させないように、きちんと積み込み、荷崩れなどの防止を確実にを行う。
- ・特に、各種の金属、強アルカリ類及び還元性物質との混載は、なるべく避ける。
- ・容器の外部は、直射日光・雨水の絶縁が禦いようにする。

適用法令

消防法（危険物）	：非該当
毒物及び劇物取締法（劇物）	：無水クロム酸30%
労働安全衛生法（特化則）	：第二類物質、第三類物質
（有機則）	：非該当
（鉛則）	：非該当
（表示物質一法57条の1の関係）	：無水クロム酸
（通知物質一法57条の2第1項の関係）	：無水クロム酸30%
（"）	：硝酸1～10%
（"）	：硫酸1～10%
（危険物）	：非該当
危険物船舶運送及び貯蔵規則（危険物）	：腐食性物質
輸出貿易管理令（軍用化学製剤原料化学物質）	：非該当
輸出貿易管理令（麻薬原料化学物質）	：非該当
海洋汚染防止法（海洋汚染物常）	：非該当
PRTTR法（第一種指定化学物質）	：非該当
（特定第一種指定化学物質）（政令番号69）	：六価クロム化合物15.6%
（第二種指定化学物質）	：非該当

- ・このMSDSは、社団法人日本化学工業協会の作成指針に従って、最善をつくして作成していますが、製品の危険性、有害性、環境影響などの知見は、原材料の情報から推定したもので、情報の正確さ・安全性を保証するものではありません。
- ・すべての化学製品は、未知の有害性があり得るため、取扱いには細心の注意が必要です。
- ・安全な取扱方法の決定は、使用者各位の責任において、この情報を参考に決めて下さい。
- ・このMSDSは、新しい情報、試験などにより、予告なく改訂する事があります。

参考資料 3

めっき工程における PRTR 排出量・移動量算出方法の概要

1. PRTR 制度

PRTR 制度 (Pollutant Release and Transfer Register) は、「特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律」(平成 11 年 法律 86 号)に基づいて実施される化学物質管理制度である。

この制度は、人の健康や生態系に有害な恐れのある化学物質(第一種指定化学物質 358 種)について、事業所から環境(大気、水質、土壌)への排出量及び廃棄物に含まれて事業所外へ移動する量を、事業者自ら把握し国に届け出るとともに、国は届出データや推計に基づき、排出量・移動量を集計し公表するものである。

2. PRTR 制度の対象

2. 1 対象物質

PRTR 対象物質は、人の健康や生態系に有害な恐れのある化学物質であり、環境中に広く存在すると認められる化学物質 345 物質である。(第一種指定化学物質)

2. 2 対象事業者

対象事業者は、第一種指定化学物質を製造、使用、その他業として取り扱うことにより、対象物質を環境に排出すると見込まれる事業者で、以下の要件全てに該当する事業者となる。

- ① 常用雇用者数：21 人以上の事業者
- ② いずれかの第一種指定化学物質の年間取扱量が 1 t 以上(政令で指定されている発癌物質にあっては 0.5 t 以上)の事業所を有する事業者
- ③ 政令 3 条に示されている業種に属する事業を営んでいる事業者

めっき工程を有する事業所は、その事業所が行っている事業により 製造業の中分類 金属製品製造業を中心に複数の業種のいずれかが該当する。

以下「電気めっき工業」におけるめっき工程の PRTR の排出量・移動量算出方法の概要について述べる。

2. 3 年間取扱量

年間使用量は届出の必要はないが、事業者が届出対象となるか否かを判定するために

必要であり、事業者が対象となった場合排出量・移動量算出の場合の基礎となる場合がある。

電気めっき工場における PRTR 対象化学物質の「年間取扱量」には、以下のものが該当する。

- ① PRTR 対象化学物質を含有する薬品の年間使用量
- ② PRTR 対象化学物質を含有する陽極の年間使用量
- ③ 購入時には PRTR 対象化学物質ではないが、めっき皮膜・スラッジ等に変化した時点で PRTR 対象になった薬品等の年間使用量（＝PRTR 対象化学物質の年間製造量）
- ④ 購入時には PRTR 対象化学物質ではないが、めっき浴中で溶解した時点で PRTR 対象となった陽極の年間使用量（＝PRTR 対象化学物質の年間製造量）

* 1. 金属化合物が対象化学物質に該当する場合は、金属元素に換算して量を計算する。金属化合物のほか第一種指定化学物質の内、政令で定められたものは指定された元素や基に換算して量を計算する。

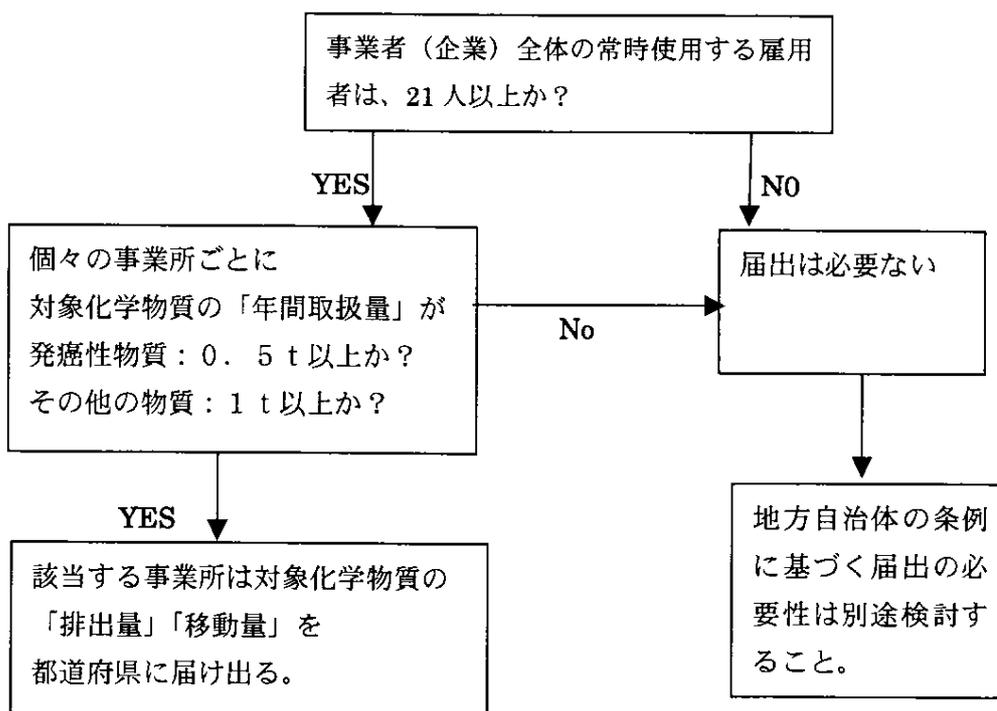
シアン化合物⇒CN に換算

フッ素化合物⇒F に換算

ホウ素化合物⇒B に換算

* 2. 金属元素等に換算後の量に基づいて、届出対象になるか否かを判定する。

届出対象事業者の判定フロー



対象化学物質（354 物質）のうち

電気めっき工程で取り扱われると考えられるもの

取り扱う事業所が相当数あると思われる物質

- 亜鉛の水溶性化合物（1）
- 銀及びその水溶性化合物（64）
- 銅及びその水溶性化合物（207）
- 6価クロム化合物（69）
- クロム及び3価クロム化合物（68）
- ニッケル化合物（232）
- ニッケル（231）
- 鉛及びその化合物（230）
- トリクロロエチレン（211）
- ジクロロメタン（別名塩化メチレン）（145）
- テトラクロロエチレン（200）
- 無機シアン化合物（錯塩及びシアン酸塩を除く）（108）
- ふっ化水素及びその水溶性塩（283）
- ほう素及びその化合物（304）

括弧内は政令番号
下線は特定第一種指定化学物

取り扱う事業所が比較的少ないと思われる物質

- 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩（24）
(アルキル基のC数が10~4までのもの及びその混合物に限る)
- アンチモン及びその化合物（25）
- カドミウム及びその化合物（60）
- キシレン（63）
- クロロエチレン（別名塩化ビニル）（77）
- コバルト及びその化合物（100）
- セレン及びその化合物（178）
- チオ尿素（181）
- トルエン（227）
- ヒドラジン（253）
- ベリリウム及びその化合物（294）
- ベンゼン（299）
- ホルムアルデヒド（310）
- マンガン及びその化合物（311）
- モリブデン及びその化合物（346）

3. 排出・移動量の算出

以下の算出は事業所ごとに行い、事業所の所在する都道府県に届け出る。

3. 1 「年間取扱量」の算出

① 取り扱う対象化学物質を含む薬品・陽極の年間取扱量を算出する。

$$\text{薬品・陽極の年間取扱量} = \text{年度初在庫量} + \text{年度中購入量} - \text{年度末購入量}$$

② 対象化学物質の「年間取扱量」を算出する。

$$\text{対象化学物質の「年間取扱量」} = \text{薬品・陽極の年間取扱量} \times \text{対象化学物質の含有率}$$

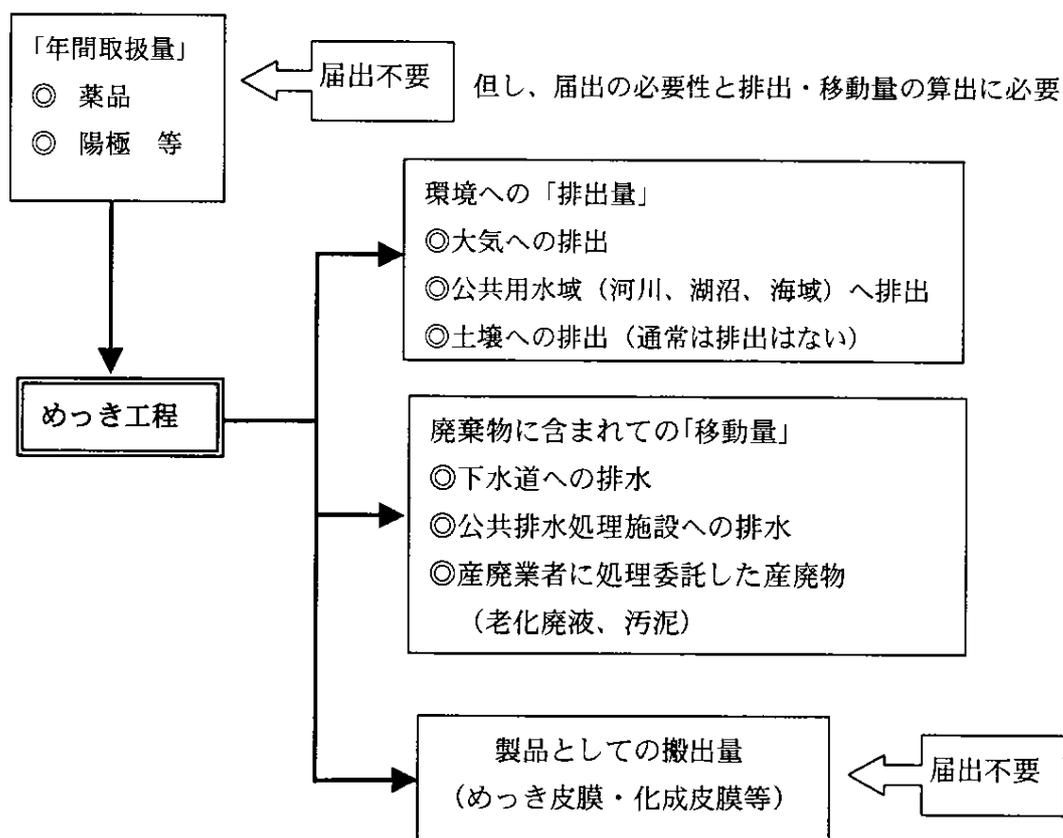
* 調合製剤でなく、金属等の化合物を単体で購入している場合は

$$\text{対象化学物質の「年間取扱量」} = \text{「金属等の化合物」} \times \text{「元素等への換算係数」}$$

* この「年間取扱量」を算出するには「第1章めっき工程の化学物質排出量等管理マニュアル」の「4. 4 原料の購入に示す原材料の受払管理簿」の記録が必要である。

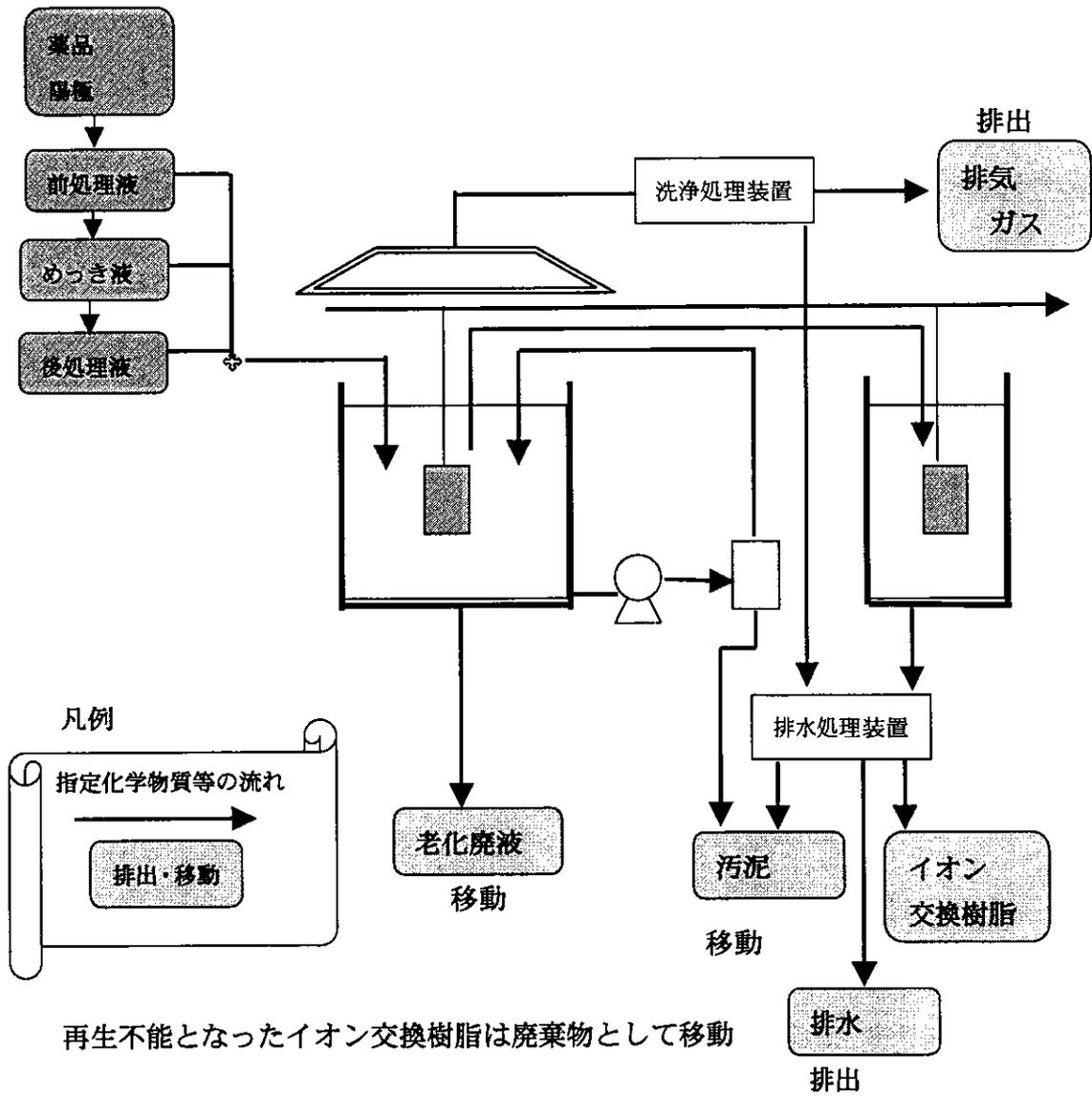
3. 2 めっき工程における排出・移動

めっき工程における「年間取扱量」「排出量」「移動量」の基本的な関係は次のとおり。



3. 3 めっき工程の基本フローと排出ポイント

めっき工程の基本フローと排出移動のポイントを下記に示す。



3. 4 算出方法に関する基本原則

PRTR 法施行規則では「排出量」「移動量」を算出する方法として次のものを示している。

① 物質収支を用いる方法

取扱量と、製品としての搬出量や廃棄物に含まれての移動量との差により算出する方法

② 実測値を用いる方法

排出・移動物に含まれる量や濃度の測定値に基づき算出する方法

③ 排出係数を用いる方法

取扱量と排出量との関係を示す数値（排出係数）との積により算出する方法

④ 物性値を用いる方法

物質の溶解度等の物理化学的性状に関する数値を用いて算出する方法

⑤ その他の確に算出できると認められる方法

3. 5 めっき工程における算出方法の例

1) 排出量

① 大気への排出量

年間排気量（注）×大気排出口濃度（実測平均値）
（注）排気量（立方メートル/分）×60（分/時間）×稼働時間

又は

年間取扱量×大気排出係数(注)
(注)年間取扱量のうち大気に排出される平均的割合

又は

「年間取扱量」－「製品としての搬出量」－「公共用水域への排出量」－「移動量」

② 公共用水域への排出量

年間排水量（注）×排水濃度（実測値平均）
（注）排水量（立方メートル/分）×年間稼働日数（日）

2) 移動量

① 下水道への移動

「公共用水域への排出」と同じ

② 当該事業所外への移動 (①以外)

(共同廃水処理施設への移動)

「公共用水域への排出」と同じ

(老化廃液に含まれての移動)

年間老化廃液発生量×含有量 (実測値平均)

(汚泥に含まれての移動)

年間汚泥発生量×含有量 (実測値平均)

又は

年間取扱量×汚泥発生係数 (注)

(注) 年間取扱量のうち排水処理により汚泥となる平均割合

3. 6 主要な取扱対象物質ごとの考え方のモデル例

対象化学物質で取り扱う事業所が相当数あると思われる物質につき、物質ごとにその排出量・移動量算出の考え方のモデル例を以下に表 (その1) から表 (その3-3) までに示す。

電気めっき工程における主要「PRTR 対象化学物質」の
「取扱量」及び「排出・移動量」の考え方

(その1)

対象化学物質の届出区分 (番号は政令番号 下線は発着物質)	対象となる工 程	「取扱量」として算定すべきもの			排出量・移動量の算出方法				
		薬 品 (例)	<参考> 対象外の薬品例	陽極	排 出 量		移 動 量		
					大気	公共用水域	老化廃液	汚泥	下水道
亜鉛の水溶性化合物 (1)	亜鉛めっき 亜鉛合金め っき	「塩化亜鉛」(0.480) 「硫酸亜鉛」(0.227) (注) 亜鉛 (Zn) 量に換算 括弧内は換算係数。	「シアン化亜鉛」 「酸化亜鉛」	亜鉛陽極 (塩化亜鉛 浴、硫酸亜 鉛浴に限 る)	0 (なし)	年間排水量×排水濃度 [Zn] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有量 [Zn] (実測値平均)	0 (なし)	公共用水域 と同じ
銀及びその水溶性 化合物 (64)	銀めっき 銀合金めっき	「硝酸銀」(0.635) 「シアン化銀カリウム」(0.542) (注) 銀 (Ag) に換算 括弧内は換算係数	「塩化銀」 「シアン化銀」	銀陽極 (硫 酸銀浴に 限る)	0 (なし)	年間排水量×排水濃度 [Ag] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有量 [Ag] (実測値平均)	0 (なし)	公共用水域 と同じ
銅水溶性塩 (錯塩を除く) (207)	電気銅めっき 電気銅合金め っき 無電解銅め っき	「硫酸銅」(0.255) (注) 銅 (Cu) 量に換算 括弧内は換算係数。	「ピロリン酸銅」 「シアン化銅」 「ほうふっ化銅」	—	0 (なし)	年間排水量×排水濃度 [Cu] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有量 [Cu] (実測値平均)	0 (なし)	公共用水域 と同じ

(その2-1)

対象化学物質の 届出区分 (番号は政令番 下線は発癌物質)	対象となる工程	「取扱量」として算定すべきもの		排出量・移動量の算出方法				
		薬品	陽極	排出量		移動量		
				大気	公共用水域	老化廃液	汚泥	下水道
6価クロム化合物 (69)	(6価の) 装飾クロムめっき 硬質クロムめっき クロメート処理	「無水クロム酸」(0.520) 「重クロム酸トリウム」(0.349) (注)クロム(Cr)量に換算 括弧内は換算係数。	—	0(なし)	年間排水量×排水濃度 [6価Cr] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度[6価Cr] (実測値平均)	0(なし)	公共用水 域に同じ
クロム及び3価ク ロム 化合物(68)	(6価の) 装飾クロムめっき 硬質クロムめっき クロメート処理	「無水クロム酸」「重クロム酸トリウム」の うち、「スラッジ(3価クロム化合物)」「 めっき皮膜(クロム)」「クロメート皮膜(3 価クロム化合物が主体)」に変化した量 が「取扱量」 (算出方法は欄外の注①参照)	—	0(なし)	0(なし)	0(なし)	年間老化廃液発生量×含有量 [Cu](実測値平均)又は 「無水クロム酸」「重クロム酸トリウム」の 「年間取扱量」[Cr量]× 汚泥排出係数(0.3)	0(なし)
	(3価の) 装飾クロムめっき クロメート処理	「3価のクロム化合物」 (注)クロム(Cr)量に換算	—	0(なし)	年間排水量×排水濃度 [総Cr-6価Cr](実 測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度[Cr] (実測値平均)	年間老化廃液発生量×含有量 [Cr](実測値平均)又は [3価クロム化合物]「年間取扱量」 [Cr量]×汚泥排出係数(0.3)	公共用水 域に同じ
ニッケル化合物 (232)	電気ニッケル及び ニッケル合金めっき 無電解ニッケルめっき	「硫酸ニッケル」(0.223) 「塩化ニッケル」(0.247) 「スルファミン酸ニッケル」(0.182) (注)クロム(Cr)量に換算 括弧内は換算係数。	ニッ ケル 陽極		年間排水量×排水濃度 [Ni] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度[Ni] (実測値平均)	年間老化廃液発生量×含有量 [Ni](実測値平均) 又は 薬品・陽極の「年間取扱量」 [Ni量]×汚泥排出係数(0.3)	公共用水 域に同じ

(その2-2)

対象化学物質の 届出区分 (番号は政令番 下線は発癌物質)	対象となる工程	「取扱量」として算定すべきもの		排出量・移動量の算出方法				
		薬品	陽極	排出量		移動量		
				大気	公共用水域	老化廃液	汚泥	下水道
ニッケル (231)	電気ニッケルめっき ニッケル合金めっき 無電解ニッケルめっき	無電解ニッケルめっき液で使用する「硫酸ニッケル」「塩化ニッケル」「スルファミン酸ニッケル」の使用量 [Ni 量] ×皮膜析出係数 (0.7)	ニッケル 陽極	0 (なし)	0 (なし)	0 (なし)	0 (なし)	0 (なし)
鉛及びその化合物 (230)	鉛めっき 鉛合金めっき	「ほうふつ化鉛」(0.544) 「スルホン酸系鉛化合物」 (注) 鉛 (Pb) 量に換算 括弧内は換算係数。	鉛 鉛合金 陽極	0 (なし)	年間排水量×排水濃度 [Pb] (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度 [Pb] (実測値平均)	年間老化廃液発生量×含有量 [Pb] (実測値平均) 又は 薬品・陽極の「年間取扱量」 [Pb 量] ×汚泥排出係数 (0.3)	公共用水 域に同じ

注①「取扱量」=「無水クロム酸」「重クロム酸ナトリウム」の使用量 [Cr 量]×1.0

(理由) ほぼ全量が「スラッジ」「めっき皮膜」「クロメート皮膜」のいずれかに変化するため。

(その3-1)

対象化学物質の届出区分 (番号は政令番号 下線は発癌物質)	対象となる工程	「取扱量」として算定すべきもの			排出量・移動量の算出方法				
		薬品 (例)	<参考> 対象外の薬品	陽極	排出量		移動量		
					大気	公共用水域	老化廃液	汚泥	下水道
トリクロロエチレン (211)	脱脂・乾燥	「トリクロロエチレン」		—	「年間取扱量」 — 「排出量 (公共用水域)」 — 「移動量 (老化廃液)」 又は 「年間取扱量」×大気排出 係数 (0.838)	年間排水量× 排水濃度 (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度 (実測値平均)	0 (なし)	公共用水 域に同じ
ジクロロメタン (別名塩化メチレン) (145)	脱脂・乾燥	「ジクロロメタン」 「塩化メチレン」 「メチレンクロライ ド」		—	「年間取扱量」 — 「排出量 (公共用水域)」 — 「移動量 (老化廃液)」 又は 「年間取扱量」×大気排出 係数 (0.891)	年間排水量× 排水濃度 (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度 (実測値平均)	0 (なし)	公共用水 域に同じ
テトラクロロエチレン (200)	脱脂・乾燥	「テトラクロロエチレン」 「パークロロエチレン」		—	「年間取扱量」 — 「排出量 (公共用水域)」 — 「移動量 (老化廃液)」 又は 「年間取扱量」×大気排出 係数 (0.790)	年間排水量× 排水濃度 (実測値平均)	年間老化廃液発生量 ×含有濃度 (実測値平均)	0 (なし)	公共用水 域に同じ

(その3-2)

対象化学物質の届出区分 (番号は政令番号 下線は発癌物質)	対象となる工程	「取扱量」として算定すべきもの			排出量・移動量の算出方法				
		薬品 (例)	<参考> 対象外の薬品(例)	陽極	排出量		移動量		
					大気	公共用水域	老化廃液	汚泥	下水道
無機シアン化合物(錯塩及 びシアン酸塩を除く) (108)	各種めっき (シアン化浴)	「シアン化ナトリウム」(0.531) 「シアン化カリウム」(0.400) 「シアン化金」(0.117) 「シアン銀」(0.194) 「シアン亜鉛」(0.443) 「シアン化銅」(0.290) (注)シアン(CN)量に換算 括弧内は換算係数	シアン化ナトリウム金カリウム シアン化カリウム銀カリウム	—	0(なし)	0(なし)	年間老化廃液発生量× 含有濃度[CN] (実測値平均)	0(なし)	0(なし)
ふっ化水素及びその 水溶性塩(283)	前処理・後処理 各種めっき (ほうふっ化浴)	「ふっ化水素酸」(0.950) (注)フッ素(F)に換算。 括弧内は換算係数	「ほうふっ化水素酸」 「ほうふっ化銅」 「ほうふっ化すず」 「ほうふっ化鉛」	—	0(なし)	年間排水量× 排水濃度[F] (実測値平均)	年間老化廃液発生量× 含有濃度[F] (実測値平均)	0(なし)	公共用水 域に同じ
ほう素及びその化合物 (304)	前処理・後処理 ニッケルめっき 各種めっき (ほうふっ化浴)	「ほう酸」(0.175) 「ほうふっ化水素酸」 (0.123) 「ほうふっ化銅」(0.091) 「ほうふっ化すず」(0.074) 「ほうふっ化鉛」(0.057) (注)フッ素(F)に換算。 括弧内は換算係数			0(なし)	年間排水量× 排水濃度[B] (実測値平均)	年間老化廃液発生量× 含有濃度[B] (実測値平均)	0(なし)	公共用水 域に同じ

参考資料4 参考にした資料

1. 全国鍍金工業組合連合会・環境対策委員会 平成2年通産省主催
ブロック別研修会テキスト「めっき工場の環境整備」
2. 全国鍍金工業組合連合会・環境対策委員会 平成4年通産省主催
ブロック別研修会テキスト「有害物質による事故の防止と管理」
3. 中小企業事業団：業種別 PRTR 排出・移動量等算出マニュアル（化学工業以外）
4. 中小企業事業団：電気めっきの環境保全対策技術（平成11年5月）
5. 全国鍍金工業組合連合会：電気めっき業の PRTR 算出マニュアル（平成13年5月）
6. 経済産業省・環境省：PRTR 排出量等算出マニュアル（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）（平成16年1月）
7. 工学図書株式会社出版：めっき実用便覧（昭和53年3月）
8. めっき技術便覧編集委員会：めっき技術便覧（昭和58年7月）
9. 丸山清：めっき実務読本 日刊工業新聞社（昭和58年6月）
10. 表面技術協会：表面技術環境ハンドブック 2000年版