



平成10年度ものづくり人材支援基盤整備事業
－技術・技能の客観化、マニュアル化等－

持
出
禁
止

電気めっき環境保全対策技術

平成11年 5 月

中小企業事業団

情 報 ・ 技 術 部

はじめに

中小企業事業団では、中小企業庁が進める国の重要施策である、中小企業のための数々の施策を実施しています。

さて、中小企業事業団では、平成10年度「ものづくり人材支援基盤整備事業」において、技術・技能の客観化、マニュアル化等を行うことが、技術・技能の継承を図る上で重要と考え、それらを必要とする業界を対象に、「平成10年度ものづくり人材支援基盤整備事業－技術・技能の客観化、マニュアル化等－電気めっき環境保全対策技術」を作成いたしました。

最近の中小製造業の現場では、熟練技術者・技能者の高齢化が目立ち、退職後の製造現場の能力の維持等が問題となってきています。

これは、熟練技術者・技能者、その個人の持つ技術・技能を後継者に伝承することにより、解決されうるものでありますが、その伝承、継承には訓練が伴い、適切な指導を行える指導者と時間が必要であります。

そこで、業界団体を通じて各中小企業者に本件を有効に活用頂き、技術・技能を継承すべき若年層等の人材の確保・育成の一助になれば幸いに存じます。

なお、本書の作成にあたり、ご協力を頂きました関係者各位に厚く御礼申し上げます。

平成11年5月

中小企業事業団
情報・技術部
部長 野元 浩

目 次

第一部 総 論

§ 1. はじめに	1
1-1 環境保護の国際化	1
1-2 海外の環境対策	2
1-3 飲料水質から環境基準へ	4
1-4 ISO14001（環境マネジメントシステム）について	7
1-5 PRTR（環境汚染物質排出・移動登録）について	9
1-5-1 PRTRの概要	9
1-5-2 諸外国におけるPRTRの主な実施例	10
1-5-3 日本におけるPRTR	13
§ 2. 環境規制値について	17
2-1 水質に係る環境基準等及び排水基準	17
2-2 土壌に係る環境基準	23
2-3 大気環境基準	23
2-4 悪臭防止法	25
2-5 指定海域に係る窒素・磷規制	26
2-6 産業廃棄物と特別管理産業廃棄物	27
2-7 産業廃棄物の海洋投機規制と越境禁止	30
2-8 全鍍連による自主管理計画	30
§ 3. 電気めっき排水処理技術	32
3-1 めっき工程の改善対策	32
3-1-1 排水処理を考えためっき薬品の選択	32
3-1-1-1 排水処理とめっき薬品	32
3-1-1-2 めっき薬品の不純物	32
3-1-1-3 外部からの持込みによる汚染	32
3-1-1-4 めっき薬品の選択と経済性	32
3-1-2 めっき薬品と排水有害成分	33
3-1-2-1 アルカリ性浸漬脱脂及び電解脱脂剤	33
3-1-2-2 溶剤脱脂	34
3-1-2-3 酸性脱脂剤	34
3-1-2-4 活性化剤	35
3-1-2-5 化学研磨液	35
3-1-2-6 電解研磨液	36
3-1-2-7 銅めっき液	36
3-1-2-8 ニッケルめっき液	37

3-1-2-9	クロムめっき液	38
3-1-2-10	亜鉛めっき液	38
3-1-2-11	錫めっき液	40
3-1-2-12	無電解めっき液	41
3-1-2-13	その他	42
3-1-3	めっき設備等の改善	45
3-1-3-1	めっき工場の設備配置の基本	45
3-1-3-2	めっき工場の床対策	45
3-1-3-3	排水経路と液漏れ対策	48
3-1-3-4	めっき槽の改善	50
3-1-3-5	めっき設備の設置上の留意点	50
3-1-3-6	めっき槽、前処理槽及び薬液槽の設置	50
3-1-3-7	配管	50
3-1-3-8	ろ過機の設置	51
3-1-3-9	水道給水配管	53
3-1-3-10	局所排気装置のフード、ダクト、除塵装置の設置	54
3-1-3-11	ボイラー及び蒸気配管	54
3-1-3-12	熱交換機の設置	55
3-1-3-13	バレル研磨機の手扱い	55
3-1-3-14	めっき治具の留意点	55
3-1-3-15	アノード及びアノードケースの使用上の注意点	55
3-1-3-16	くみ出し量の削減	56
3-1-3-17	めっき槽間の液だれ防止策	58
3-1-3-18	槽上移動時の混入防止策	58
3-1-3-19	排気設備の改善	59
3-1-4	水洗工程の改善	61
3-1-4-1	水洗槽の改善	61
3-1-4-2	効果的な洗浄	62
3-1-4-3	多段水洗の効果と注意事項	64
3-1-4-4	イオン交換樹脂による水洗水の循環利用	64
3-1-5	回収再利用とスラッジ削減対策	65
3-1-5-1	めっき液の回収再利用	65
3-1-5-2	金属の電解回収	68
3-1-5-3	山元への還元再資源化	68
3-1-5-4	スラッジの減量化、再資源化への指向	69
3-1-5-5	無電解ニッケルめっき廃液の精製及び無害化処理技術の動向	71
3-2	めっき排水の処理	73
3-2-1	排水の水質・水量管理	73
3-2-1-1	排水の分別	73
3-2-1-2	排水の水質管理	73
3-2-2	めっき排水処理の標準的なフローシート	74
3-2-3	シアン排水の処理	75

3-2-3-1	処理方法	75
3-2-3-2	フローシート	78
3-2-3-3	処理装置の仕様	78
3-2-3-4	管理上のポイント	79
3-2-3-5	鉄シアン錯体の処理	79
3-2-3-6	オゾン酸化	81
3-2-4	クロム系排水の処理	81
3-2-4-1	処理方法	81
3-2-4-2	フローシート	83
3-2-4-3	処理装置の仕様	83
3-2-4-4	管理上のポイント	83
3-2-5	重金属含有排水の処理	83
3-2-5-1	処理方法	84
3-2-5-2	フローシート	86
3-2-5-3	処理装置の仕様	87
3-2-5-4	管理上のポイント	88
3-2-5-5	全量ろ過	89
3-2-6	キレート含有排水の処理	92
3-2-6-1	凝集沈殿法	93
3-2-6-2	硫化物による処理	97
3-2-6-3	イオン交換法（キレート樹脂）	98
3-2-7	油分の処理	100
3-2-7-1	油分の処理法	101
3-2-8	COD、BOD成分の処理	101
3-2-8-1	化学酸化法	102
3-2-8-2	電解酸化法	103
3-2-8-3	活性炭吸着法	105
3-2-8-4	生物処理法	107
3-3	めっき排水処理設備の保守管理	110
3-3-1	処理設備の保守管理	110
3-3-1-1	保守管理の目的	110
3-3-1-2	保守管理の概要	110
3-3-2	機器の保守管理	112
3-3-2-1	めっき作業場の保守管理	112
3-3-2-2	土木施設の保守管理	116
3-3-2-3	機器装置の保守管理	117
3-3-2-4	計測器の保守管理	125
3-3-2-5	配管・配線の保守管理	132
3-3-3	機器の耐用期間	134
3-3-3-1	処理設備のメンテナンスと耐用期間	134
3-3-3-2	処理設備の実態調査と耐用年数の設定	134
3-3-4	運転状況の記録と評価	139

3-3-5	事故発生時の対応	144
3-3-5-1	非常時の応急措置	144
3-3-5-2	非常時の通報体制	145
3-3-6	流入、流出管理	148
3-3-6-1	排水の流入管理	148
3-3-6-2	排水の流出管理	148
3-4	排水処理上の一般的留意点	150
3-4-1	排水処理に対する負荷変動の影響	150
3-4-1-1	排水量の変化	150
3-4-1-2	排水の濃度変化	150
3-4-1-3	処理対象外成分混入	151
3-4-2	排水処理薬品について	151
3-4-2-1	処理薬品と使用濃度	151
3-4-2-2	処理薬品の経時変化	152
3-4-3	休日対策	153
3-5	参 考（排水処理施設の設置に関する法規等）	159
3-5-1	水質汚濁防止法に基づく特定施設及び排水処理施設の設置と届出	159
3-5-1-1	届出の概要	159
3-5-1-2	届出に必要な書類	161
3-5-2	下水道法に基づく特定施設及び排水処理施設の設置と届出	163
3-5-3	産業廃棄物の保管と処理、処分	163
3-5-3-1	有害物質を含む産業廃棄物	164

第2部 新たな規制への対応技術

§ 1. 鉛の処理	1
1-1 発生源	1
1-2 処理方法	1
§ 2. セレンの処理	4
2-1 発生源	4
2-2 処理方法	4
§ 3. 要監視項目処理対策	6
3-1 ほう素の処理	6
3-2 ふっ素の処理	6
3-3 ニッケルの処理	7
3-4 窒素の処理（硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素）	8
3-5 モリブデンの処理	8
3-6 アンチモンの処理	8
§ 4. 燐の処理	9
4-1 凝集沈殿法	9
4-2 無電解ニッケルめっき排水中の燐の処理	10
4-3 無電解ニッケルめっき老化液中の燐の処理	11
§ 5. 窒素の処理	13
5-1 生物学的窒素除去法	13
§ 6. 塩素系有機溶剤及び水系脱脂剤の環境規制と代替脱脂技術	15
6-1 はじめに	15
6-2 めっき業界に関連した環境規制について	15
6-3 めっき業界にすすめられる前処理脱脂代替方法	20
6-4 水系脱脂法各論	23
6-5 脱脂ライン設備の改善	31
6-6 清浄度（脱脂効果）の評価	33
6-7 後処理洗浄乾燥	34
6-8 代替脱脂技術に伴う排水処理対策	35
6-9 塩素系有機溶剤の継続使用に伴う対策	43
6-9-1 環境汚染防止措置に関する技術上の指針	43
6-9-2 塩素系有機溶剤の排水及び排出ガスの処理について	45
6-9-3 塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物の処理について	51
6-9-4 まとめ	52

第一部

總

論

§ 1 はじめに

経済活性化のためには、産業活動の規制緩和が必要といわれるが、経済の閉塞状況を迎えた最大の原因は、無軌道な経済活動へのコントロールができなかったからではないか？規制緩和は結構ではあるが、モラルのある自主管理意識に裏付けされた緩和でなければ、再び途を誤ることになる。一方、環境保全については、地球的な規模の対応が必要な事態を迎え、さらに進んだ規制への見直しが必要になっているが、これ以上の精緻な環境対策を進めるのも、物を造る側の自主的な管理能力に頼るしかないと考えられている。

全鍍連は、平成8年5月改正、同9年4月施行の大気汚染防止法に対して、同時に、有害大気汚染物質の自主管理計画を策定し、実施した。対象物質の25%削減の期限は平成11年度末に切られているが、各単位組織の調査によれば、達成には厳しいものがあり、格段の努力が必要とされる。水質汚濁においても水道水源の汚染防止対策に始まる環境基準の見直しから、要監視項目とされる物質の健康項目への基準化が図られる段階にあり、自主的な管理活動を尊重しながらも、規制強化を図らざるを得ない状況が窺える。

昭和40年代に始まる電気めっき30年余の環境対策の中で、行政側の規制と助成の効果及び業界側の積極的な対応が相俟って、世界に先駆ける公害対策が遂行されたのではあるが、個々の業者のモラルと設備投資がなければ結果は得られなかったものであり、これからは「法で規制されるか？その前に行なうか？」企業の姿勢が問われる時代である。

地球的な環境意識の広がりや国際的な対応を觀ても、所詮はそれぞれが自決すべきことが約定され、例えば ISO 14000s の如く共通の土俵を設け、企業存続を賭けた競争原理に任せられたのである。この段階を迎えたのであれば、規制は単なるガイドライン（指針）に過ぎない。その成否を決するのは、それぞれのモラルだということになる。

総論賛成各論反対の身勝手な意見が多くなった中で、世界には、宗教・イデオロギー・教育その他諸々の倫理に支えられたモラルがあるだろう。考え方も手法も異なるが、他を間違いというわけには行かない。「貧すれば鈍す」という恐れもある。「環境保全はわが国」と自負する必要もなければ、高度の技術を誇る必要もない。顧みて、他国や地球の負担にならないよう、それぞれ矜持を保つことが大切ではないだろうか？

1-1 環境保護の国際化

1992年にリオデジャネイロで開催された地球サミット（国連環境開発会議）は国際社会の

環境に対する姿勢を大きく変えた。既に1972年、ストックホルムで合意された国連人間環境会議の宣言を発展させて「環境と開発に関するリオ宣言」を決議し、同時にこれを遂行する「アジェンダ21：持続可能な発展のための人類の行動計画」を採択し、現在、OECD（経済協力開発機構）が中心になって積極的な活動が展開されている。

大気中に排出される塩素系化学物質が指定物質としてその環境基準が定められたこと、水源水質における化学物質の監視とその環境基準の見直し、大気環境保全のための道路交通法上の改正、労働安全衛生のための化学物質の許容濃度の調査検討など、総ての面で、国際的情報を交換しながら、それぞれの当局が多くのエネルギーを費やして環境行政の改善に努めていることも国連加盟先進国の責務であろうと考えられ、今後の推移には、次のような国際条約などが深く関わることを心得る必要があると思われる。

- ① 人間環境宣言（1972.6 国連人間環境会議）⁽¹⁾
- ② 環境と開発に関するリオ宣言（1992.6 環境と開発に関する国連会議）⁽²⁾
- ③ 廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（1980.10）⁽¹⁾
- ④ 有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約（1993.12）⁽¹⁾
- ⑤ 回収作業が行なわれる廃棄物の国境を越える移動の規制に関する理事会決定（1992.3 OECD第778回理事会）⁽¹⁾
- ⑥ 気候変動に関する国際連合枠組条約（1994.6）⁽¹⁾
- ⑦ オゾン層保護のためのウィーン条約（1988.12）⁽¹⁾
- ⑧ オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書（1988.12）⁽¹⁾
- ⑨ アジェンダ21（持続可能な発展のための人類の行動計画；1992.6 国連環境開発会議）特に第19章「有害化学物質の環境上適正な管理」⁽³⁾

1-2 海外の環境対策

海外諸国のめっき業の環境保全対策については、平成6年に始まる全鍍連ならびに各単位組合組織、表面技術協会による幾つかの資料^{(4) (5) (6) (7)}などによって紹介されている。地球サミット以降の国連活動にも見られるように、環境汚染に対する危機感、欧米先進国の方がむしろ先鋭化していると思われ、アジアの発展途上国の大部分は、さらに厳しい規制を執り、環境対策の普及の面から見れば現状には疑問も残されるが、少なくとも日本が公害技術の先進国であるとは自負できない状況にある。一般的なめっき工場実態から、前テキスト以降に確認された海外環境対策の特徴は次のようである。

E U諸国は、河川の共用、陸続き、海域の制限、大気汚染被害、農耕・工業など産業発展形態の差異と混在、民族・国境の錯綜などによって排出への制約が最も厳しく、めっきに関わる廃棄は極度に制限され、徹底した分別と工程内リサイクルが要求され、大気・水質・土壌の汚染は許されない。ただし、小国の連合、連邦制などにより処理・処分についての地域格差が大きい。用水を地下水に依存しているところが大部分であり、特に飲料水質と地下水保全に係わる制約は極めて厳しい。リサイクルのための設備は、概ね、日本でも実用化されていた技術であるが、徹底した合理化と実用化が図られている。有害性が憂慮される金属や薬材も従来通り使用されているが、無害化処理が難しく、残留しやすく、蓄積性のある薬材は、毒性が少ないものでも使用が制限され、処理の際に2次汚染の恐れが残る方法も積極的に廃止されている。例えば、シアンは従来通り使用するが、塩素による分解を過酸化水素、オゾン、紫外線、過硫酸、加熱加水分解などの方法に改め、ハロゲンの全部、EDTA、ホルマリンを排除するなどが特筆される。

北米は、北に行く程、自然環境保護の意識が強く、近年の工業開発には環境保全態勢が必須の条件になる。7年に達する好況に支えられて、めっき工場はいずれも活況を呈し、特に都市近郊の大規模の工場に仕事集中している。排水処理は充分に行なわれ、混合スラッジは大規模のスラッジ処理業者に集積し、経費をかけて冶金的な方法で再資源化を図る方法が執られ、ニッケルなどを大量に使用する工場はまとめて山元に還元している。東南アジア諸国からも米国の混合スラッジの処理業を利用するものがあるが、米国内では平均千数百マイルを搬送し委託する。輸送経費節減のため、多くの大規模めっき工場は、転炉で焼成し粉末化して減量化を図っている。ただし、旧市内の小企業には排水処理が不完全なものが残っている。混合スラッジをまとめて大規模業者が処理し、再資源化を図っていることが工程内処理を進めるE Uとは大きく異なり、個々の業者に企業内のリサイクルを徹底する姿勢は見られない。

中国は、多くの国有企業で、それぞれに進んだ技術と知識・情報を有しながら、相互の研鑽や交換が乏しい上に、環境設備投資が遅れ、殆ど実用化されていない。金属材料の精錬に問題があり、薬材の純度などにも影響し、海外からの進出企業などは国内産を使用せず、輸入材に頼っている現状である。海外企業の独資による進出が活発化するとともに、厳しい規制に対応するこれらの工場の環境対策が、全体のレベルアップに寄与し、遠からず環境保全態勢が整うと思われるが、国が広く、それぞれの拠点都市が環境問題を管轄し、環境行政に統一性を欠き、一般には排水・排気の処理が不完全で、都市部周辺では既に公害問題が発生し、その対応を急がれている状況が窺える。ニッケルなど国内資源の乏しい金属については、代替技術が積極的に検討されているにも拘らず、一般的ナリサイクル・資源回収などは実用化されていない。

東南アジアにおける環境規制には定評があって、日本より遥かに厳しい排水基準が適用され、一般的には給水の水質より排水の方が項目によっては厳しい濃度が要求される例が少なくない。進出企業はこの規制を了解の上で、企業活動を認可されるのであって、ローカルの業者の排水処理の可否には関わらない。従って、数少ない日系企業の処理は完璧に近い努力が払われている。既得権を有する現地企業の処理は不十分ではあるが、比較的規模の大きい工場は相応の設備を持ち、実害のするような不備は認められない。シンガポールやマレーシアのように、厳しい取締が行なわれる状況とともに、特に憂慮されていた産業廃棄物の処理・処分についても、いずれの国も、国外での再資源化を含め、日本程度の経費を払えば処分先も確保される状況を迎えている。

海外諸国においては、欧米先進国を含め、中小企業の企業活動が日本国内のように明確に把握され、克明に規制対象とされている処はない。シンガポールのような都市国家は別にして、国営であった中国を含め、行政が画一的な統制を執ることは極めて難しいことを識っておく必要がある。このことが、企業の自主性（ボランタリー）を重要視することにつながる。要するにモラルに裏付けられた自主管理がなければ、産業の環境管理は不可能なのであり、それを企業の市場競争原理に任せた I S O 14000s の根本理念はここにあることを理解されたい。

1 - 3 飲料水質から環境基準へ

平成6年から「特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法（水道水源保全特別措置法）」が施行され、指定地域内に排出するトリハロメタンとその生成能（原因物質）が規制されている⁽¹⁾。この法は、平成4年12月に公布、同5年12月施行された「水道基準に関する省令」（厚生省令）に始まるが、原則としては省令は殆ど環境基準に等しいものである必要があり、平成6年から有害物質に係る環境基準及び排水基準の見直しが行なわれ、環境項目の改正と要監視25項目及びその指針値を示すことにつながったのである。

これらの規制数値の内容は国際的な情報交換に頼る傾向が強く、I A R C（国際癌研究機関）、A C G I H（米国政府産業衛生専門官会議）、I P C S（国際化学品安全計画）J E C F A（欧米食品添加物委員会）などの資料が現在の環境基準の参考になり、これらの中で、今後とも影響が大きいと見られるW H O（世界保健機関）のワーキンググループによる1997年4月の「飲料水の化学物質」についての調査報告⁽⁸⁾に、次のような指針値が示されており、水質基準の示唆になると見られ、めっきに関連するものを抄録する。

表1-3-1 飲料水中の化学物質の指針値(GDWQ:WHOによる飲料水質の指針値 第2版)抄録

項 目	指 針 値	備 考
アルミニウム	0.2 mg/L	アルツハイマー症候との関係はさらに精査が必要。 <u>浄水用に必要量は、指針値に配慮して添加。</u>
ほう素	0.3 mg/L	実際にほう素の量を下げるのは困難であるが、IPCS による基準を見直し中。
銅	2 mg/L	毒性は識られるが指針値以内なら問題は出てない。 <u>生物に必須の成分でもある。人間へ影響検討継続。</u>
ニッケル	0.02 mg/L	成長を妨げると見られ研究中、鼠による研究結果に より暫定指針値を決め、継続研究中。
硝酸性窒素	50 mg/L	硝酸性窒素が亜硝酸性窒素に還元し、赤血球に障害 を起す。特に乳幼児が過敏に反応する。亜硝酸暫定 CaまたはNa塩として毒性あり0.2 mg/Lが小児の 限界、暫定として遊離酸0.6 mg/L。食品添加物。
亜硝酸性窒素	3 mg/L	
EDTA	0.2 mg/L	

この他、ウラニウムや殺虫剤・殺菌剤などが挙げられている。

総ての河川・湖沼の淡水がそのまま飲料水の基準を満たすことは理想ではあるが、日本の場合は狭隘な国土に農・工・生活領域が錯綜し、かつ、地形上極めて多岐にわたる河川や湖沼を上下水に両用するなど、水利はさらなる混乱を呈し、健康項目のみとはいえ、総ての地域の環境基準を水道水質に等しくすることは、現状の社会環境を認めないことになりかねない。水道水をそのまま飲む国情に固執して、地下水・上水源以外の水質まで含めて飲料水に一致させることには無理があるのではなかろうか？

〈参考資料〉

- (1) 環境庁環境法令研究会 環境六法 平成10年版
- (2) 吉澤正 対訳 ISO 14001・14004 環境マネジメントシステム 日本規格協会
- (3) 化学品審議会安全対策部会「化学物質安全管理の推進の在り方 ～自己責任による自主管理～」平成8年2月
- (4) 全国鍍金工業組合連合会（有用金属の総合リサイクルに関する）調査研究報告書 平成7年3月
- (5) 表面技術協会「表面処理業界と環境保全」表面技術誌 Vol.45 No.9 1994.9
- (6) 東京都鍍金工業組合 ドイツめっき業視察団報告書 平成9年3月
- (7) 名鍍会（愛知県鍍金工業組合）「来るなら来い！新世紀」創立40周年記念誌 平成10年9月
- (8) WHO「Rolling Revision of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality」WHO/EOS /97.7
Distr.Limited English only

1-4 ISO14001（環境マネジメントシステム）について

地球環境保全の対策に向け、世界全体が協力して取組むという合意のもとに成立したISO14000sについて、1996年にISO14001（環境マネジメントシステム）他4つが正式に規格化された後、さらに追加される規格として「環境パフォーマンス評価に関する規格」、「ライフサイクルアセスメントに関する規格」及び「環境ラベリングに関する規格」など、現在、規格化成立に向けて検討が続けられている。

最近、めっき業界の中でもISO9001または9002、及びISO14001の取得を真剣に検討している企業が増えてきているように感じる。しかし、これらを取得するだけの目的で、体裁を整えなんとか取得したとしても、それ以降の改善活動など、継続させることにかなり苦労しているようである。特に経営者の意識改革とやる気が本来の目的に向けた体制作りとその継続に大きく影響することは間違いない。取得するしないに関わらず、めっきを本業とする場合、品質保証体制のマネジメント及び環境保全体制のマネジメントをしなければならない時代に入ったのである。

表面処理業にとって大きな影響を与える最近の環境規制強化動向は周知の通りである。各種の化学物質を相当量使用し、しかも大気系、水系、土壌に排出する恐れがある以上、それに対応するこれからの環境管理技術は、従来の排水濃度規制に対する排水処理技術、排水分析技術だけでなく、

- ① 使用する化学物質のインプット、アウトプットにおける実状を把握し、「重点取組物質」に対する大気系、水系、土壌への状態を把握管理する環境管理技術
 - ② 環境汚染物質の排出量・移動量など、アウトプットに対するリサイクルなどの環境改善、環境管理技術
 - ③ 大気系、水系、土壌における低濃度排出物でも長期暴露影響を考慮して、排出する化学物質の総量を低減させるような表面処理技術及び環境管理技術
- が必要になってくる。

ISO14001の取得は、環境負荷低減の実践活動における明確な職務分担と責任、権限を重要視し、その構築とルール化（文書化）に基づく環境方針の公開と自主的な改善活動の促進及び継続に他ならない。

その支援ツールとして「環境汚染物質排出・移動登録」P R T Rシステムを位置付けることが

できる。

【環境管理・監査とP R T R】

① 環境管理・監査の重要な要素

- (a) 化学物質の排出・移動量の点検・把握
- (b) 自主的削減目標の設定
- (c) 目標達成のための対策立案・実施

② 情報公開の重要な要素

- (a) 事業者自らによる工場からの排出・移動量が同業他社に比べてどのレベルかの比較把握と技術研鑽
- (b) 事業場が立地する地域社会においてどの化学物質の削減を優先させるかの点検・把握

③ 情報公開の問題

- (a) 地域社会における化学物質に対する知識不足と過剰反応の恐れと対策

◎米国型の「地域住民の知る権利法」という法規制での情報公開方法

◎欧州型の任意手段による化学物質の総合的リスク管理としての情報公開方法

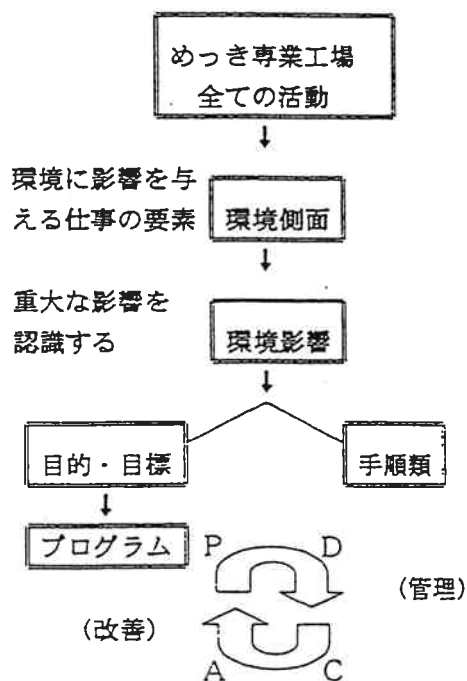
- (b) I S O 14001という環境方針の公開と利害関係者による実績評価

めっき業の場合の環境マネジメントシステムを考えると次のようになる。

めっき加工という生産活動をするにより、その仕事の中から環境に負荷を与え影響を及ぼす要素（環境側面という）を洗い出しその結果として現れる環境影響について認識すると共に、その中でも環境に重大な影響を及ぼしているあるいは及ぼす恐れのある環境側面について、改善を計画することが重要な取組みとなる。

つまり、環境マネジメントシステムを作るということは、簡単にいうと右図に示すようにP D C Aを繰り返し環境負荷低減を実行していく体制を企業内に作ることである。

これについての詳細は、平成9年度通産省主催ブロック別研修会テキスト「現代のめっき技術」を参考にしていきたい。



1-5 P R T R（環境汚染物質排出・移動登録）について

1-5-1 P R T Rの概要

P R T RとはPollutant Release and Transfer Register（環境汚染物質排出・移動登録）のことで、各種排出施設から排出または廃棄物として移動される環境汚染の可能性のある有害化学物質の種類と量を定期的に報告し、これを集めたデータ集である。

この制度が取り上げられた背景には、1984年12月にインドのボパールで起きた農薬プラントからのメチルイソシアネートガス漏出事故と住民への被害という大きな事件がある。この事件により、米国では1986年、E P C R A (Emergency Planning and Community Right-to-know Act)「緊急対応計画及び地域社会の知る権利法」が立法化され、その中にP R T Rの原型とも言われるT R I (Toxic Chemical Release Inventory)「有害化学物質放出目録」が導入された。これに伴い事業者は、スーパーファンド法修正及び再授權法(SARA)タイトルⅢに基づき指定されている約650種類の有害化学物質の大気系、水系または廃棄物としての排出量を毎年E P Aに報告する義務が課せられると共に、報告されたデータは事業所ごとに物質名と量を公表されることになったのである。

1992年、地球サミットにおいて採択された「アジェンダ21」に、化学物質リスクの削減活動の一つとして、放出登録があげられている。

これらの経緯を踏まえてO E C D（経済協力開発機構）は、1996年、加盟国の環境汚染物質排出・移動登録の実施に係る理事会勧告を出している。^{(1) (2)}

その要点は次のようなものである。

- (1) 加盟国は、O E C DのP R T Rの為の政府手引きマニュアル（ガイダンスマニュアル）に記された原則、情報を利用しつつP R T Rシステムを適切に構築、実施し、公衆に利用可能なものとするよう取り組むこと。
- (2) 加盟国は、P R T Rシステムを構築する場合、本勧告と一体である付属書に記された一連の原則を考慮すべきこと。

付属書に記された14項目の原則の主なものは、

- ① P R T Rシステムは、人の健康及び環境へのリスクの可能性を同定・評価する為に役立つデータを提供すべきである。
- ② P R T Rデータは、より環境保全型の技術導入の促進など、発生源における汚染防止の推

進に利用されるべきである。

- ③ P R T R システムは、可能な限り他の国の P R T R システムと比較、協力が可能で、同様の国際的データベースと可能な範囲で調和すべきである。
 - ④ P R T R システムを構築する全過程及びその実施、運営は透明かつ客観的であるべきこと。
 - ⑤ その他、合計 1 4 項目の原則が掲げられている。
- (3) 加盟国は、国境地域のデータに関係する近隣諸国と共有することに重点を置き、定期的な結果の交換を加盟国内及び非加盟国との間で検討すべきこと。

このような勧告に伴う各加盟国の取組み状況について、3年後の1999年2月までに、またその後の進捗を定期的に理事会に報告するよう指示している。

1-5-2 諸外国における P R T R の主な実施例

欧米諸国の中で主な国の P R T R 実施状況を表 1-5-1 にまとめた。

表 1-5-1 各国の P R T R 実施状況

国	制 度	実施根拠	対象物質	対象施設	届出されたデータベースの扱い
米国	T R I (有害化学物質放出目録)	緊急対処計画及び地域の知る権利法	約 6 5 0 種類	製造業 (従業員数及び化学物質の年間取得量で裾切り)	データベース化され原則公表 (工場ごとのデータを公表)
カナダ	N P R I (全国汚染物質目録)	産業界と政府との合意により実施 (カナダ環境保全法)	約 1 8 0 種類	製造業 (従業員数及び化学物質の年間取得量で裾切り)	データベース化され原則公表 (工場ごとのデータを公表)
英国	C R I (化学物質放出目録)	環境保全法	約 4 0 0 種類	製造業など (業種を列挙)	地域別の集計データをデータベース化して公表 (請求があれば工場ごとのデータも公表)
オランダ	I E I (個別排出目録制度) C E I (集計排出目録制度)	ボランティアで実施 (1998年より、報告義務付け)	約 9 0 0 種類 (集計対象は約 6 0 種類)	大規模製造業	集計データを公表 (請求があれば工場ごとのデータも公表)

米国：本格的な P R T R を最初に導入したのは米国である。

1 9 8 6 年に「スーパーファンド法修正及び再授權法」S A R A (Super fund Amen

-dment and Reauthorization Act)の一部(タイトルⅢ)として「緊急対応計画及び地域住民の知る権利」EPCRAが制定され、その中の第313条にTRI制度が規定されている。

(1) TRI制度の特徴

- ① 対象化学物質の大気系、水系、土壌系への排出に関するデータ、または処分、処理、リサイクルなどサイト外への移動に関するデータの報告を義務付けている。
- ② 対象となる個々の化学物質ごとに報告を義務付けている。
- ③ 個々の施設ごとに報告を義務付けている。

(2) 対象施設

報告義務が課せられるのは下記の全ての要件を満たす施設の所有者・管理者である。

- ① 10人以上の常勤従業員を雇用している施設あるいは当該報告年度の常勤従業員とパートタイマーの総労働時間が20,000時間以上となる施設。
- ② 標準産業分類(SIC)コード番号20(食品)から39(その他製造業)に該当する施設。
例えば、表面処理に係るものとして、33(金属)、34(加工金属)、35(機械)、36(電子電気機器)などがある。
- ③ 基準量以上の対象化学物質を製造、加工、あるいは使用する施設。

(3) 対象化学物質

TRIの対象となる化学物質は、「緊急対応計画及び地域住民の知る権利法」第313条対象有害化学物質一覧表として出されている。

1997年3月現在、約630+28化学物質が対象となっている。

(4) 基準量

対象化学物質が、下記の基準量以上で製造、加工あるいは使用されている場合には、報告義務が生じる。

- ① 製造される場合は、年間25,000ポンド(11,350kg)
- ② 加工される場合は、年間25,000ポンド(11,350kg)
- ③ 使用される場合は、年間10,000ポンド(4,540kg)

(5) 報告内容

フォームRという書式で、毎年次の内容を報告しなければならない。

- ① 直筆署名の報告(情報の正確性と完全性を保証する)
- ② 施設の所在地、施設の名称及び主な操業活動

- ③ 有害化学物質の特定（C A S 番号、分類名、一般名）
- ④ 前年度の施設内化学物質の最大保有量
- ⑤ 前年度の（大気、地表水、地下水、土壌）への排出量
- ⑥ 対象化学物質を含む廃棄物の処理、処分、リサイクルなど、サイト外への移動量
- ⑦ 前年度に行った対象化学物質の使用や排出の抑制対策に関する報告
- ⑧ サイト内で実施した対象化学物質を含有する廃棄物の処理、リサイクルなどの方法及び効率に関する報告

(6) 情報公開方法

E P A は、毎年提出された T R I データをデータベース化して一般公開すると共に、インターネットに T R I ホームページも開いている。

英国：P R T R 制度は、1990 年環境保護法の「総合的汚染管理制度」I P C (Integrated Pollution Control) に基づく情報として、「化学物質排出目録」C R I (Chemical Release Inventory) という形で導入されている。

施設が操業可能となる為には、I P C の対象となる特定工程ごとに環境庁職員である検査官の許可が必要とされる。

許可を得る為に検査官に提出された情報は、全て公的登録簿に登録され、一般閲覧が可能である。排出に関する情報をデータベース化したのが C R I である。

(1) C R I 制度の特徴

- ① T R I とは違って個別の工程に対する許可条件により対象化学物質が異なる。対象化学物質の選定は各検査官の裁量により決められる。
- ② 報告内容について特定の書式はなく、報告頻度と合わせて検査官が裁量によって決定する。

(2) 対象施設

C R I の対象施設は、I P C の対象となる特定工程を有する施設である。

- ① 燃料及び電力産業に係わる工程
- ② 金属産業に係わる工程
- ③ 鉱業に係わる工程
- ④ 化学産業に係わる工程
- ⑤ 廃棄物・リサイクル産業に係わる工程
- ⑥ その他の産業に係わる工程

(3) 対象化学物質

対象化学物質の決定は工程ごとに検査官の裁量により決められるが、1996年時点で、C R I に報告された報告書の中には420種類の化学物質及び135種類の放射線同位元素が含まれている。

(4) 報告内容

各工程ごとに検査官の裁量によって決定される。

(5) 情報公開方法

C R I によってデータベース化された情報は、全て公的登録簿に登録され、一般閲覧に供せられる。

1-5-3 日本におけるP R T R

日本では、欧米諸国に比べてP R T R制度導入が遅れている。O E C Dから出された前述の理事会勧告を受けて、P R T R導入のためのガイダンスマニュアルを基にパイロット事業を行い、(平成8年から平成10年4月まで) 導入実施に当たっての技術的課題の検証を行ってきた。⁽³⁾

その取組み状況をまとめて平成11年(1999年)2月までにO E C Dに報告しなければならないことになっている。

パイロット事業でのP R T Rシステムの概略図を図1-5-1に示す。

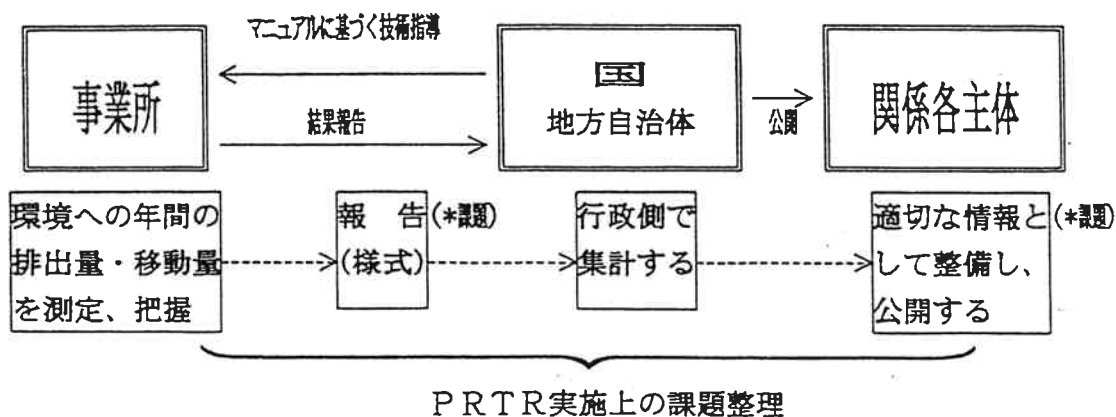


図1-5-1 P R T Rシステムの概略図

(1) 報告の対象となる化学物質

パイロット事業における報告の対象となる化学物質の種類は、大気、水質等での規制対象化学物質及び潜在的に有害な環境汚染物質などを含め、毒性及び環境経由での暴露影響を考慮して、191物質が現在取り上げられている。その中から表面処理でよく使われる物質のみ抜粋したリストを表1-5-2に示す。

毒性については、発がん性、変異原性、生殖毒性及び慢性毒性などの程度によりまた、環境経由の暴露影響については、国内での環境検出実績あるいは取扱い実績により選定されたものである。

表1-5-2に示す対象化学物質の中で、法規制等A、Bランクに分類されたものは、「重点取組物質」とされた物質で、特に年間取組量（取組とは、製造または受入）が、年間0.1トン以上、つまり月当たり約10kg以上の取扱量の物質について、可能な限り漏れなく報告する必要がある。表面処理関係のみ抜粋した表1-5-2からこれに該当する物質が約32物質とかなりの割合になっている。

さらにこれらを含む市販品のような混合物などの取扱いについては厄介で、対象化学物質含有量が1%を超えるものについて問題視し、当該化学物質の成分総量が年間で0.1トン以上になる場合に排出・移動報告の対象になる。

例えば、ある商品名で販売されている市販品を年間5トン使用している場合を考えると、報告対象化学物質を2%含んでいるものとするすると前述した決まりにより1%以上の含有量で対象化学物質が年間0.1トンの使用量になるため報告の対象となる。しかし、もし含有量1%以下で例えば0.5%の場合、年間使用量が20トン、つまり対象化学物質が0.1トンになっても報告する対象から除外されることになる。

商品名で販売されている化学製品中に含まれる対象化学物質の含有量が分からない場合は、メーカーで発行している「製品安全データシート」（MSDS）を取り寄せて成分中に対象化学物質が含有されているか確認する必要がある。

なお、対象化学物質を含む場合でも合金になって対象化学物質本来の毒性を示さなくなれば算定の対象にならなくなる。例えば、クロム合金の場合、対象化学物質にクロム化合物が含まれているが、合金としてのクロムは対象とはならないので、廃棄物となっても報告の対象にはならないことになる。

表 1-5-2 対象化学物質一覧表（表面処理関係）

法規制等、A、B ランク（100kg／年）以上 C、D ランク（10,000kg／年）以上

整理 番号	C A S No.	化学物質名	毒性 ランク	重点取組 物質	整理 番号	C A S No.	化学物質名	毒性 ランク	重点取組 物質
1	744066-6	亜鉛化合物	法規制	○	112	124-04-9	アジピン酸	C	○
6	75-07-0	アセトアルデヒド	法規制	○	117	NONE	アルミニウム化合物 (溶解性塩)	C	○
9	744036-0	アンチモン化合物	法規制	○	123	107-22-1	エチレングリコール	C	○
14	106-89-8	エピクロヒドリン	B	○	129	107-22-2	グリオキサル	C	○
16	764701-0	塩化水素	法規制	○	137	744048-4	コバルト化合物	C	
19	778250-5	塩素	法規制	○	156	NONE	タングステン化合物	C	
22	133020-7	キシレン類	法規制	○	173	67-63-0	イソプロピルアルコール	D	○
23	744022-4	銅化合物	B	○	184	78-93-3	メチルエチルケトン	C	○
25	744047-3	クロム化合物（六価以外）	法規制	○					
26	744047-3	クロム化合物（六価）	法規制	○					
33	67-66-3	クロロホルム	法規制	○					
37	NONE	シアン化合物	法規制	○					
50	75-09-2	ジクロロメタン	法規制	○					
60	144-62-7	シュウ酸	B	○					
62	778249-2	セレン化合物	法規制	○					
65	127-18-4	テトラクロロエチレン	法規制	○					
66	NONE	テルル化合物	B	○					
67	744050-8	銅化合物	法規制	○					
71	79-01-6	トリクロロエチレン	法規制	○					
78	108-88-3	トルエン	法規制	○					
79	743992-1	鉛化合物	法規制	○					
80	744002-0	ニッケル化合物	法規制	○					
84	744039-3	バリウム化合物	B	○					
85	NONE	ヒ素化合物	法規制	○					
86	302-01-2	ヒドラジン	B	○					
92	766439-7	フッ化水素	法規制	○					
94	NONE	フッ素化合物（無機）	法規制	○					
98	71-43-2	ベンゼン	法規制	○					
102	NONE	ほう素化合物	法規制	○					
103	50-00-0	ホルムアルデヒド	法規制	○					
105	743996-5	マンガン化合物	法規制	○					
108	743998-7	モリブデン化合物	法規制	○					

(2) 報告の対象となる事業所等

対象化学物質を排出する可能性のある一定規模以上の工場・事業場を対象とすることでリストが出されている⁽¹⁾。

例えば、化学物質を通常使用している業種で、

従業員30人以上の金属製品製造業（表面処理業を含む）、廃棄物処理業など。

従業員100人以上の非鉄金属製造業、精密機械器具製造業など各業種が含まれている。

(3) めっき業でのP R T Rによる化学物質管理活動の問題点とめっき技術改革の方向

前処理	めっき	後処理
(問題点)	(問題点)	(問題点)
リユース・リサイクルにくい	リユース・リサイクルの選択	リユース・リサイクルの選択
(対象化学物質)	(対象化学物質)	(対象化学物質)
○テトラクロロエチレン	○塩化水素	○クロム化合物(六価以外)
○トリクロロエチレン	○亜鉛化合物	○クロム化合物(六価)
○ジクロロメタン	○銅化合物	○セレン化合物
	○锡化合物	○モリブデン化合物
	○コバルト化合物	○イソプロピルアルコール
	○シアン化合物	
	○ホルムアルデヒド	

排出量がどのようになっているかチェックし排出量削減を研究開発し、それでも排出量が多い場合には何らかの代替物質、代替技術がないか研究開発を行なう。

以上パイロット事業における対象化学物質及びその算定方法並びに対象事業所等が提示されているが、今回の結果を踏まえて今後どのように取組んでいくか、図1-5-1に示した課題及び法規制の動向など、2000年を目途に検討が進められている。

<参考資料>

- (1)「環境汚染物質排出・移動登録」、環境庁化学物質対策研究会監修、化学工業日報社
- (2)「P R T R」とは何か、化学工業日報社
- (3)「P R T Rパイロット事業排出量推計マニュアル」、環境庁リスク対策研究会監修

§ 2 環境規制値について

平成 8 年大気汚染防止法が改正され、平成 9 年 4 月から施行された。業界においても自主的な管理体制を整える必要があって、全鍍連は同時に、関連物質に 3 年間の自主管理計画を建て実施している。平成 9 年 12 月にはさらに法改正が進み、ダイオキシンが指定物質に加えられ、各地で汚染の追求とその防止対策が展開されている。水質汚濁防止法では、平成 6 年から新たな基準が施行され、平成 9 年には地下水や土壌の汚染についてもその責任が明確に定められ、平成 6 年以来、指針値を決めて要監視項目とされた水質の汚濁物質が、地域によっては規制を上乗せされ、今後は、環境基準への変更も準備される状況にある。

これら一連の環境規制の強化は、国際的には 1992 年の地球サミットにおいて採択されたアジェンダ 21⁽¹⁾ の行動計画に沿うものであり、特にその第 19 章「有害化学物質の環境上適正な管理」の意図するところが大きく影響している。国内的には、昭和 48 年に制定された「化学物資の審査及び製造等の規制に関する法律」（化審法）が、国際的な整合性を図りながら、これらの化学物質の具体的な管理の規範になっており、行政側の環境規制の方向は、今後もこれらの示す方針に沿って展開されて行くものと察せられる。

この章では、全鍍連が平成 7 年度に編集した環境保全対策に係るテキストに引き続き、重要とされている環境規制の要項を中心に、関係法令⁽²⁾ 全鍍連⁽³⁾ や関連組織の資料^{(4) (5) (6)} などを参照して報告する。

2-1 水質に係る環境基準等及び排水基準

(1) 健康項目（表2-1-1参照）

人の健康の保護に関する環境基準（健康項目）は、有害物質として重金属など 8 項目の他に 15 項目が追加され、計 23 項目になった（平成 5 年 3 月改定、同 6 年 2 月施行）。鉛、砒素は基準値が厳しくなり、塩素系を主とする有機溶剤、農薬、セレンなどが追加された。一部の電気めっき業に適用された鉛の暫定排水基準も平成 9 年 1 月で終了した。

(2) 要監視項目（表2-1-3参照）

人の健康の保護に関連する物質ではあるが、公共用水域等における検出状況等からみて必要あれば環境基準へ移行するべく、指針値を設定して平成 5 年 3 月から（地方自治体、都市下水などの責任において）監視を要する 25 項目（要監視項目）があり、排出先、排水量（最大値 50 m³/日）に応じ、発生源対策が必要とされているものに、ほう素、ふっ素、ニッケル、モ

リブデン、アンチモン、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素がある。

(3) 生活環境項目（表2-1-2参照）

生活環境の保全に関する環境基準（生活環境項目）は、河川、湖沼、海域別に利用目的の適応性によって、pH、BOD、COD、DO、SS、大腸菌群数、n-ヘキサン抽出物の数値が告示されているが、全窒素及び全りんに係る環境基準については、従前から定められていた湖沼に次いで、平成5年8月、新たに海域についても告示された。

(4) 排水基準（表2-1-1参照）

環境基準の改定にともない、水質汚濁防止法（水濁法）による排水基準は、環境基準の健康項目に関しては従来の概ね10倍値をもって、平成6年2月から新たな排水基準が施行され、既設工場は6ヵ月後の平成6年8月から規制されている。

(5) 地下水の環境基準

水濁法により、平成元年から特定施設の水の地下浸透（特定地下浸透水）が禁止され、平成9年4月からはその浄化対策まで法制化されたが、環境庁は平成9年3月、地下水の汚濁に係る環境基準も、上記の健康項目に等しく23項目を告示された。

(6) 地下浸透水規制

水濁法とその施行規則により、地下水の浄化基準が定められ、平成9年4月から施行されている。原則としては健康項目の環境基準に等しいが、有機燐化合物（検出されないこと）が残っている。「地下水の水質の浄化に係る措置命令等」により有害物質を含む水の地下浸透があった場合、次のような水質浄化対策がとられる。

知事は、人の健康に被害が生じまたはその恐れがあると認めるときは、総理府令により被害防止の必要限度において、当該特定事業場の設置者に、相当の期限を定めて、地下水の浄化のための措置を命ずることができる。（法規制の始まった平成元年以前の地下浸透にも適用されること、地下浸透した時点の設置者で、平成8年6月5日以前に設置者でなくなった者以外の設置及びその継承者が命令の対象になることに注意。）

(7) 水源水質保全対策

平成6年5月から、「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」（厚生省）と「特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法」（環境庁）の2法が施行され、トリハロメタンを生成する原因（生成能）物質を含む排水を指定地域内に排出する水道水源特定事業所は「特定排水基準」を遵守する必要がある。

水源流域に関わりのある50m³/日以上めっき工場の排水に対する規制の動向が注目され、関係業者の調査と対策の検討が重要になっている。

表2-1-1 人の健康の保護に関する環境基準及び排水基準（健康項目）

項 目	環 境 基 準	排 水 基 準	備 考
カドミウム	0.01 mg/L以下	0.1 mg/L以下	環境基準から削除 旧排水基準 1 mg/L " 0.5 mg/L
全シアン	検出されないこと。	1 mg/L "	
有機燐化合物（パラチオンなど）	—	1 mg/L "	
鉛	0.01 mg/L以下	0.1 mg/L "	
六価クロム	0.05 mg/L "	0.5 mg/L "	
砒 素	0.01 mg/L "	0.1 mg/L "	
総 水 銀	0.0005 mg/L "	0.005 mg/L "	
アルキル水銀	検出されないこと。	検出されないこと	
P C B	検出されないこと。	0.003 mg/L "	
ジクロロメタン	0.02 mg/L以下	0.2 mg/L "	以下は平成6年2月から施行
四塩化炭素	0.002 mg/L "	0.02 mg/L "	
1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/L "	0.04 mg/L "	
1,1-ジクロロエチレン	0.02 mg/L "	0.2 mg/L "	
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L "	0.4 mg/L "	
1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/L "	3 mg/L "	
1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/L "	0.06 mg/L "	
トリクロロエチレン	0.03 mg/L "	0.3 mg/L "	
テトラクロロエチレン	0.01 mg/L "	0.1 mg/L "	
1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/L "	0.02 mg/L "	
チウラム	0.006 mg/L "	0.06 mg/L "	
シマジン	0.003 mg/L "	0.03 mg/L "	
チオベンカルブ	0.02 mg/L "	0.2 mg/L "	
ベンゼン	0.01 mg/L "	0.1 mg/L "	
セレン	0.01 mg/L "	0.1 mg/L "	

表2-1-2 生活環境の保全に関する環境基準（生活環境項目）及び関連物質の排水基準

項 目	環 境 基 準			排 水 基 準 (水濁法・総理府令)	備 考
	河 川	湖 沼	海 域		
pH	6.5~8.5 工業用6.0~8.5	6.5~8.5 工業用6.0~8.5	7.8~8.3 工業用7.0~8.3	5.8~8.6 海域 5.0~9.0	
BOD	1~10 mg/L>	— —	— —	160 (120) mg/L限度	利用目的適応性により異なる
COD	— —	1~8 mg/L>	2~8 mg/L>	160 (120) mg/L限度	() 内は日間平均
DO	7.5~2mg/L<	7.5~2mg/L<	7.5~2mg/L<	— —	利用目的適応性により異なる
SS	25~100 "	1~15 "	— —	200 (150) mg/L限度	利用目的適応性により異なる
大腸菌群数	50~5000MPN	50~1000MPN	1000MPN	日間平均 3000/c. c限	環境基準は/100mL>
n-ヘキサン抽出物	— —	— —	検出されないこと。	鉱物油 5 mg/L許容限度	動植物油 30mg/L限
全窒素	— —	0.1~0.6mg/L以下	0.2~1mg/L>	120 (60) mg/L限度	利用目的適応性により異なる
全磷	— —	0.005~0.1 mg/L以下	0.02~0.09 mg/L以下	16 (8) mg/L限度	利用目的適応性により異なる
フェノール類	— —	— —	— —	5 mg/L許容限度	
銅	— —	— —	— —	3 mg/L許容限度	
亜鉛	— —	— —	— —	5 mg/L許容限度	
溶解性鉄	— —	— —	— —	10 mg/L許容限度	
溶解性マンガン	— —	— —	— —	10 mg/L許容限度	
クロム	— —	— —	— —	2 mg/L許容限度	
弗素	— —	— —	— —	15 mg/L許容限度	

COD（化学的酸素要求量）は業種ごとに数次にわたる総量削減計画（総量規制）が行なわれていたが、平成8年9月からは、流入する閉鎖制水域により、電気めっき業は40~80mg/Lの範囲で、これに1日の排水量を乗じた総量kgで規制されている。

表2-1-3 要監視項目及び指針値

	項 目 名	指 針 値
1	クロロホルム (トリハロメタンの1種)	0.06 mg/L 以下
2	トランス-1, 2-ジクロロエチレン	0.04 " "
3	1, 2-ジクロロプロパン	0.06 " "
4	p-ジクロロベンゼン	0.3 " "
5	イソキサチオン	0.008 " "
6	ダイアジノン	0.005 " "
7	フェニトロチオン (MEP)	0.003 " "
8	イソプロチオラン	0.04 " "
9	オキシシン銅	0.04 " "
10	クロロタロニル (TPN)	0.04 " "
11	プロピザミド	0.008 " "
12	EPN	0.006 " "
13	ジクロルボス (DDVP)	0.01 " "
14	フェノブカルブ (BPMC)	0.02 " "
15	イソプロベンホス (IBP)	0.008 " "
16	クロルニトロフェン (CNP)	0.005 " "
17	トルエン	0.6 " "
18	キシレン	0.4 " "
19	フタル酸ジエチルヘキシル	0.06 " "
20	ほう素	0.2 " "
21	ふっ素	0.8 " "
22	ニッケル	0.01 " "
23	モリブデン	0.07 " "
24	アンチモン	0.002 " "
25	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	1.0 " "

表2-2-1 土壤の汚染に係る環境基準

項 目	環 境 上 の 条 件
カドミウム	検液 1 Lにつき0.01mg以下。農用地は米 1 kgに 1 mg未満。
全シアン	検液中に検出されないこと。
有 機 燐	検液中に検出されないこと。
鉛	検液 1 Lにつき0.01mg以下であること。
六価クロム	検液 1 Lにつき0.01mg以下であること。
砒 素	検液 1 Lに0.01mg以下。農用地(田)は土壌 1 kgに15mg未満。
総 水 銀	検液 1 Lにつき0.0005mg以下であること。
アルキル水銀	検液中に検出されないこと。
P C B	検液中に検出されないこと。
銅	農用地(田に限る)において、土壌 1 kgに125mg未満のこと。
ジクロロメタン	検液 1 Lにつき0.02mg以下であること。
四塩化炭素	検液 1 Lにつき0.002mg以下であること。
1,2-ジクロロエタン	検液 1 Lにつき0.004mg以下であること。
1,1-ジクロロエチレン	検液 1 Lにつき0.02mg以下であること。
シス-1,2-ジクロロエチレン	検液 1 Lにつき0.04mg以下であること。
1,1,1-トリクロロエタン	検液 1 Lにつき 1 mg以下であること。
1,1,2-トリクロロエタン	検液 1 Lにつき0.006mg以下であること。
トリクロロエチレン	検液 1 Lにつき0.03mg以下であること。
テトラクロロエチレン	検液 1 Lにつき0.01mg以下であること。
1,3-ジクロロプロペン	検液 1 Lにつき0.002mg以下であること。
チウラム	検液 1 Lにつき0.006mg以下であること。
シマジン	検液 1 Lにつき0.003mg以下であること。
チオベンカルブ	検液 1 Lにつき0.02mg以下であること。
ベンゼン	検液 1 Lにつき0.01mg以下であること。
セレン	検液 1 Lにつき0.01mg以下であること。

2-2 土壌に係る環境基準 (表2-2-1 参照)

水質汚濁に係る環境基準の改定に関連して、土壌の環境基準も平成6年4月、その検液の基準値が水質基準と同等に改められ、影響の態様等に応じて可及的速やかという表現ながら期間を定めて達成維持を告示され、土壌汚染は、前2-1(5)項 特定地下浸透水の規制とともにその対応を迫られている。埋立てる有害物質を含む産業廃棄物の判定基準にも大きく影響し、今後、土壌汚染の復旧を求められることもあり、特に注意が必要である。

2-3 大気環境基準 (塩素系有機溶剤関連の環境基準)(表2-3-1 参照)

(1) 有機溶剤の規制

大気汚染防止法は、ばい煙並びに粉じんの排出の規制を目的とする法律であり、ばい煙中の有害物質(カドミウムなど5項目)、特定粉じん(石綿)、自動車排出ガス(一酸化炭素など5項目)、指定ばい煙(硫黄・窒素酸化物)、特定物質(アンモニアなど28項目)を規制していたが、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンが広い範囲で検出され、発生源周辺に問題があるところから、平成2年3月から検討が進められ、まず大気環境指針として暫定値(トリクロロエチレン:年平均 $0.25\text{mg}/\text{m}^3=47\text{ppb}$ 、テトラクロロエチレン:年平均 $0.23\text{mg}/\text{m}^3=34\text{ppb}$)が決められ対策が急がれていた。

平成8年5月、大気汚染防止法が改正されて、附則に指定物質抑制基準の制度が設けられ、同施行令(政令)をもって新たにベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンを「指定物質」として定め、平成9年2月にそれぞれの環境基準と抑制基準を告示して、平成9年4月から新設の施設は厳しい抑制基準で、既設はややゆるい抑制基準で平成10年4月から適用され、早期の達成が求められている。

なお、法令に示される指定物質排出施設は、電気めっき関連では、ベンゼンを除き、トリクロロエチレン等(テトラクロロエチレンが含まれる)による空気に接する面積 3m^2 以上の洗浄設備とその蒸留精製回収装置(密閉式を除く)が対象とされている。

さらに、平成9年8月には環境庁告示をもって、ダイオキシン類(ポリ塩化ジベンゾフラン及びポリ塩化ジベンゾパラジオキシンの混合物)を指定物質に加え、その抑制基準を設け同年12月から適用し、平成10年12月1日から施行される。

表2-3-1 指定物質の環境基準と抑制基準（電気めっき関連）

指 定 物 質	指定物質排出施設	指定物質抑制基準		環 境 基 準
		既 設	新 設	
ベンゼン	省 略	省 略	省 略	1年平均値<0.003mg/m ³
トリクロロエチレン	洗浄施設	500mg/m ³	300mg/m ³	" <0.2 "
	蒸留精製回収施設	300mg/m ³	150mg/m ³	
テトラクロロエチレン	洗浄施設	500 "	300 "	" <0.2 "
	蒸留精製回収施設	300 "	150 "	

注：指定物質は施設から大気中に排出する煙突その他の開口部で測定する。

(2) その他の物質の規制

環境庁では、有害大気汚染物質に該当する恐れのある234物質をリストアップし、このうち6価クロムを含む22物質を優先取組の対象に挙げ、まず前記4物質を指定して抑制基準が定められた。また12物質が自主管理計画策定対象とされ、全鍍連では、使用の実情を参考に、塩素系有機溶剤では前項のトリクロロエチレンに加えて、ジクロロメタン（塩化メチレンまたはメチレンクロライド）及び硫酸ニッケルの内、特に無電解ニッケルめっきに用いられるものを対象とし、自主管理計画を策定した⁽³⁾。（2－8項後述）

(3) オゾン層破壊物質（ODS）の廃止動向

めっき工程に利用されていたフロン113に代表される特定フロン（CFC：クロロフルオロカーボン）、トリクロロエタンの廃止にともない、脱脂洗浄および洗浄乾燥の困難な加工の一部に、ODSに指定されない塩素系有機溶剤、即ち、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタンに戻されたものがあるが、めっき工程に使用する場合、いずれも厳しい排水規制に加え、大気汚染防止法による徹底した管理が必要とされ、環境保全と管理の経済性を考えた場合、早急な塩素系溶剤の拡散防止対策が必要である。

代替フロン（HCFC：ハイドロクロロフルオロカーボン）についても1996年から生産が凍結され、2004年

からは急速な削減、2030年までには全廃の規制があり、近年代替としての利用がみられる臭化メチルについても1995年から生産量が凍結され、2001年から削減、2010年までには全廃の規制である⁽¹⁾。

2-4 悪臭防止法（表2-4-1及び表2-4-2参照）

平成5年6月、悪臭防止法及びその施行令に、特定悪臭物質としてシンナーの原料物質及び焼付の際に発生するこれらのアルデヒド類の10物質が追加指定された。

規制基準には官能による6段階の臭気強度に対応する気中濃度が用いられ、許容範囲の下限を強度2.5、上限を3.5として定められている。基準は、地域により悪臭に対する順応のみられる場合も考慮し、下限から上限までの許容濃度が決められる。

表2-4-1 6段階臭気強度表示法

臭気強度	に お い の 程 度
0	無臭
1	やっと感知できるにおい（検知閾値濃度）
2	何のにおいかわかる弱いにおい（認知閾値濃度）
3	らくに感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

知事が住民の生活環境保全のために悪臭防止の必要があると認め、指定した地域（規制地域）で、特定悪臭物質ごとに規制基準を設けて排出（漏出を含む）を規制する。

規制基準は、次のように定められる。

- ① 当該事業場の敷地の境界線の地表における規制基準： 総理府令で定める範囲内において、大気中の濃度の許容限度として定める。
- ② 当該施設から大気中への排出口における規制基準： ①の許容限度を基礎に、悪臭防止法施行規則（総理府令）の「排出口における規制基準の設定方法」に従い算出する。
- ③ 当該悪臭物質が含まれる排水の敷地外における規制基準： 同じく総理府令の「排水水にお

おける規制基準の設定方法」によって算出する。

表2-4-2 悪臭物質別臭気強度別濃度 (悪臭強度に対応する気中濃度:単位ppm)

新規悪臭物質\ 臭気強度	2.5	3.0	3.5
トルエン	10	30	60
キシレン	1	2	5
酢酸エチル	3	7	20
メチルイソブチルケトン	1	3	6
イソブタノール	0.9	4	20
プロピオンアルデヒド	0.05	0.1	0.5
ノルマルブチルアルデヒド	0.009	0.03	0.08
イソブチルアルデヒド	0.02	0.07	0.2
ノルマルバレルアルデヒド	0.009	0.02	0.05
イソバレルアルデヒド	0.003	0.006	0.01

2-5 指定海域に係る窒素・磷規制

水質汚濁に係る環境基準には、新たに富栄養化の恐れのある海域及びこれに流入する公共用水域に全窒素・全磷の基準値が加えられ(前述 2-1(3)項、表2-1-2参照)、利用目的の適応性によって表2-5-1のように告示された。これに従って水濁法の排水基準は表2-1-2のように、全窒素 120 (日間平均 60) mg/L、全磷 16 (日間平均 8) mg/L に改められ、排水量 50 m³/日以上以上の事業場について定められた。電気めっき業には平成10年9月末まで5年間暫定基準(全窒素 420mg/L・全磷 140mg/L)による経過措置がとられていたが(湖沼の地域は平成7年一切の暫定期間が終了)、暫定期間の再延長は認められず、上記一律基準によって規制される。

公共水域へ50 m³/日以上を排水する事業場(大阪府、栃木県など30 m³/日以上を規制する地域があり要注意)では、脱窒・脱磷の対策を必要とし、閉鎖性水域(東京湾、伊勢湾、瀬戸内海など)に放流する下水道当局も負荷を検討中であり、今後注意を要する。

表2-5-1 生活環境の保全に関する環境基準（海域の窒素・リンについての抄録）

項目 類型	利用目的の適応性	基準値		該当水域
		全窒素	全 磷	
I	自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く。）	0.2 mg/L以下	0.02 mg/L以下	該当水域類型の指定は、水質汚濁防止法施行令に従い環境庁長官または知事が行なう。
Ⅱ	水産1種 水浴及びⅢ以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く。）	0.3 mg/L以下	0.03 mg/L以下	
Ⅲ	水産2種及びⅣの欄に掲げるもの（水産3種を除く。）	0.6 mg/L以下	0.05 mg/L以下	
Ⅳ	水産3種 工業用水 生物生息環境保全	1 mg/L以下	0.09 mg/L以下	

備考 1 基準値は、年間平均値とする。

2 類型の指定は海洋植物プランクトンの著しい増殖の恐れがある海域に行なう。

2-6 産業廃棄物と特別管理産業廃棄物

廃棄物の処分場の逼迫、不法投棄、環境汚染等の緊急事態を迎え、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（廃棄物処理法）同施行令などは、特に平成3年以降、毎年のように改正が重ねられ、事業者の排出責任の原則、国や地方自治体による適切な措置の計画、一般廃棄物と産業廃棄物の区別、特別管理産業廃棄物の規定と管理（委託管理等）の徹底、廃棄物による生活環境への支障が生じた場合の「支障の除去等の措置」など、次々と新しい規制が施行され、かつ、平成7年末で産業廃棄物の海洋投棄が禁止されたことが重なりさらなる法制化が図られている。

特に、次のような事項について心得ておく必要がある。

(1) 廃棄物の種類

廃棄物には、一般廃棄物と事業活動に伴って生じる「産業廃棄物」の別があり、それぞれの中に特別管理一般廃棄物と「特別管理産業廃棄物」がある（電気めっき工程に関わる廃棄物は特別管理産業廃棄物）。

(a) 産業廃棄物： 事業活動によって生じた廃棄物で、燃え殻、污泥、廃油、廃酸・廃アルカリ、廃プラスチック類、その他政令で定めるもののいう。

(b) 特別管理産業廃棄物： 爆発性、毒性、感染性その他の人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがある性状を有するものとして政令で定めるものをいう。

政令（廃棄物処理法施行令）により、廃油（厚生省令による燃えにくいもの）、廃酸・廃アルカリ（著しい腐食性を有するもの）、感染性産業廃棄物などの他に、含有化学物質により 4 6 に分類された省令で定める基準に適合する「特定有害産業廃棄物」がある。

(2) 産業廃棄物処理基準と産業廃棄物処理責任者

事業者が自ら産業廃棄物の運搬や処分を行なう場合には「産業廃棄物処理基準」（特別管理産業廃棄物の場合は「特別管理産業廃棄物処理基準」）に従う必要があり、運搬までは（業者に委託する場合でも）厚生省令で定める技術上の基準である「産業廃棄物保管基準」（特別管理産業廃棄物の場合「特別管理産業廃棄物保管基準」）に従う必要がある。

特別管理産業廃棄物を生ずる事業場を設置している事業者は、事業場ごとに厚生省令で定める資格を有する特別管理産業廃棄物管理責任者（自らこの責任者となる場合を除く）を置かなければならない。

特別管理産業廃棄物の運搬や処分を業者に委託する場合には、政令で定める基準「事業者の特別管理産業廃棄物の運搬又は処分等の委託の基準」に従い、運搬・処分それぞれの資格を持った業者に委託しなければならない。

(3) 産業廃棄物処理施設と技術責任者

政令で定める規模の「産業廃棄物処理施設」を設置する者は知事の許可を要し、技術管理者（自らこの責任者となる場合を除く）を置かなければならない。次のような規模が定められている。○ 10 m³/日を超える処理能力の污泥の脱水施設 ○ 10 m³/日を超える処理能力の污泥の乾燥施設 ○ 50 m³/日を超える廃酸又は廃アルカリの中和施設 ○ 污泥、廃酸・廃アルカリに含まれるシアン化合物の分解施設

(4) 特別管理産業廃棄物管理票（マニフェスト）

特別管理産業廃棄物の運搬・処分を業者に委託する場合は、その種類、数量、相手先など厚

生省令で定める事項を記載した特別管理産業廃棄物管理票を交付する必要がある。

平成2年6月から、マニフェスト（積荷目録）システムは導入されているが、平成9年改正法令として、このシステムを特別管理産業廃棄物のみでなく産業廃棄物の全てに拡大し、全体の収支を「電子情報処理組織の使用」によって厚生大臣が指定する「情報処理センター」に集中管理することが法制化され、平成10年12月1日から施行される。

情報処理センターに登録した事業所は産業廃棄物管理票（管理票）の交付は必要ない。

(5) 特別管理産業廃棄物の埋立て処分に係る判定基準

廃棄物処理法施行令によって特別管理産業廃棄物の処分の表示された場所に、特別管理産業廃棄物を埋立てる場合は、「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」の「特別管理産業廃棄物の埋立て処分に係る判定基準」（表2-6-1）に従う必要がある。

表2-6-1 特別管理産業廃棄物の埋立て処分に係る判定基準（水濁法 65 66 関連施設）

番号	項 目	判 定 基 準
2	カドミウム又はその化合物	検液1 Lにつきカドミウム 0.3 mg 以下
3	鉛又はその化合物	検液1 Lにつき鉛 0.3 mg 以下
5	6 価クロム化合物	検液1 Lにつき6 価クロム 1.5 mg 以下
6	砒素又はその化合物	検液1 Lにつき砒素 0.3 mg 以下
7	シアン化合物	検液1 Lにつきシアン 1 mg 以下
9	トリクロロエチレン	検液1 Lにつきトリクロロエチレン 0.3 mg 以下
10	テトラクロロエチレン	検液1 Lにつきテトラクロロエチレン 0.1 mg 以下
11	ジクロロメタン	検液1 Lにつきジクロロメタン 0.2 mg 以下
12	四塩化炭素	検液1 Lにつき四塩化炭素 0.02 mg 以下
13	1,2-ジクロロエタン	検液1 Lにつき 1,2-ジクロロエタン 0.04 mg 以下
14	1,1-ジクロロエチレン	検液1 Lにつき 1,1-ジクロロエチレン 0.2 mg 以下
15	シス-1,2-ジクロロエチレン	検液1 Lにつき シス-1,2-ジクロロエチレン 0.4 mg 以下
16	1,1,1-トリクロロエタン	検液1 Lにつき 1,1,1-トリクロロエタン 3 mg 以下
23	セレン又はその化合物	検液1 Lにつきセレン 0.3 mg 以下

表2-6-1には、電気めっき工程に関する水濁法の65酸又はアルカリによる表面処理、66電気めっきの施設以外の施設の汚泥に法定される水銀、有機燐などの項目は省略した。

2-7 産業廃棄物の海洋投棄規制と越境禁止

ロンドン条約⁽²⁾⁽⁷⁾（廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約：1972年採択、日本は1980年批准）が1994年2月に発効し、殆どの産業廃棄物の海洋投棄が1995年末に禁止されている。この条約の産業廃棄物は「製造作業又は加工作業によって生ずる廃棄物」を言い、しゅんせつ物、下水汚泥、魚類残さ、船舶等の構築物、天然の汚染されていない有機物等とともに、「汚染されていない不活性な地質学的物質で化学的構成物質が海洋環境に放出される恐れのないもの」が除かれている（付属書Ⅰ）。除害物質の投棄も特別許可を要し、更に重金属の含有量等についての規定があるが（付属書Ⅱ）、詳細の国内規制が検討中である。

関連する国際条約として、バーゼル条約⁽²⁾⁽⁸⁾（有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約：1989年締結 1994年発効）があり、日本も1993年9月加入、同年12月発効し、「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」によって、広範囲に有害廃棄物の越境または輸出入が規制されている。

2-8 全鍍連による自主管理計画（有害大気汚染物質）

前2-3項に関し、電気めっき業界（全国鍍金工業組合連合会）では、関係当局と協議の上表2-8-1及び付記のように自主管理計画を策定し実施している⁽³⁾。

表2-8-1 有害大気汚染物質の自主管理計画（平成9年4月1日～同12年3月31日）

対 象 物 質	自主管理目標 （排出口濃度） （指定物質排出施設 は表2-3-1に従う）	排出抑制自主管理目標				備 考
		平成7年排出量・調査		平成11年排出量目標		
		使用量	排出量	削減率	排出目標	
①トリクロロエチレン	500mg/m ³ 指定物質抑制 （槽液面積3㎡以上の施設）	1530t	1420t	25%	1070t	局所排気装置排出
②ジクロロメタン （塩化メチレン）		664t	625t	25%	470t	〃
③硫酸ニッケル （無電解めっき）	0.1mg/m ³	373t	0.1t以下	—	0.1t以下	数値はニッケル換算

〔付記〕

(1) 表2-8-1の対象3物質の使用実態につき、年度毎に次の項目の調査を行う。

- | | |
|-----------------|------------|
| ① 年間使用量 | ② 槽の開口部の面積 |
| ③ 局所排気装置の能力 | ④ 年間排出風量 |
| ⑤ 除外装置、回収装置の有・無 | ⑥ 排出口の濃度 |
| ⑦ 排出量 | |

(2) 対象物質使用事業所の排出口濃度測定結果から年度毎の集計、削減評価を行う。

(3) 次のような排出抑制対策を実施する。

1) トリクロロエチレン及びジクロロメタン

- ① 水系洗浄法への転換及び代替物質の使用
- ② 密閉型洗浄装置及び回収除害装置の技術情報の収集と広報
- ③ 代替洗浄技術の情報収集と広報
- ④ 小企業向け密閉型洗浄装置（回収除害装置付）の技術開発の検討

2) 硫酸ニッケル

- ① 無電解ニッケルめっきの代替化合物の技術情報の収集と広報
- ② 無電解ニッケルめっきの局所排気装置及びスクラバー等の技術情報の収集と広報

(4) 自主管理計画の周知徹底及び見直し

(5) 年度毎に、次の事項を通商産業省基礎産業局非鉄金属課へ報告する。

- ① 使用実態 ② 排出量及び排出口濃度の実態 ③ 計画の実施状況及びその評価

参考資料

- (1) 1997年国連環境開発特別総会：アジェンダ21実施計画（'97）1997年12月
- (2) 環境庁環境法令研究会編：環境六法 平成10年版
- (3) 全国鍍金工業組合連合会：有害大気汚染物質の自主管理計画 平成9年1月31日
- (4) 全国鍍金工業組合連合会：現代のめっき技術 平成9年11月
- (5) 大阪府鍍金工業組合：環境保全対策指針〔PartⅡ〕 平成9年度版 平成10年5月
- (6) 日本表面処理機材工業会：要監視項目対応の検討 平成10年5月
- (7) 廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）：1980年10月批准、改正平成2年、平成6年
- (8) 有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約：1993年12月

§ 3 電気めっき排水処理技術

3-1 めっき工程の改善対策

3-1-1 排水処理を考えためっき薬品の選択

3-1-1-1 排水処理とめっき薬品

めっき用薬品は、その性能が一番重要視されることは当然である。しかし、その排水処理の難易、液の老化速度、補充量の多少、更新の必要性の有無、液の活性炭処理の必要性の有無、頻度等排水処理にかかわる多くのことを勘案して選択しなければならない。これらのことが全てコストに大きく関与するだけでなく、排水処理上非常に困難をもたらし、思わぬトラブルの原因になる。

3-1-1-2 めっき薬品の不純物

化学薬品にはそれぞれの主成分の外に、俗に不純物と呼ばれる微量の成分が含まれるのが常である。一般にめっき用薬品と言われるものはJISの特級相当品以上の純度の高いものが多い。

しかし、薬品は電解によって酸化されること、空気によって酸化されること、還元剤の自己酸化など、使用することによって変化するものが多いので、組成の変化を把握しておかなければならない。

例えば①ピロりん酸→りん酸、②スルファミン酸→硫酸、③次亜りん酸→亜りん酸、りん酸

3-1-1-3 外部からの持込みによる汚染

めっき工程の各槽への持込みは、ほとんど前工程からの水洗不十分によることはよく知られている。この外にめっき素材の付着物、素材からの溶出、排気ダクトからの逆流混合、飛散混入、槽、配管、付属機器からの溶出混入など数多くある。

特に治具コーティングの破損部にしみ込んだものの持込みや、クロムめっきのついた治具を剥離せずに陽極電解を行い、クロムが溶解して混入するトラブルは多い。これらはめっき不良につながるばかりではなく、クロム系排水の系路外にクロムが混入する危険性がある。

3-1-1-4 めっき薬品の選択と経済性

3-1-1-1項でも触れたが、めっき薬品の選択はコストと、排水処理の難易度などに大きくかわってくる。

もちろんコストはトータルのものとして扱われるべきもので、消耗量、単位時間当たりの生産性、設備の設置面積、費用、労務コスト等常に自社工場の部署ごとの諸経費を細分化したデータを集積しておくことが大切である。要するに、薬品は見掛けだけで比較することで終わってはならない。

3-1-2 めっき薬品と排水有害成分

3-1-2-1 アルカリ性浸漬脱脂及び電解脱脂剤

市販のアルカリ性脱脂剤は、一般にアルカリ塩類に数種の界面活性剤と、時にキレート剤が配合されている。特に低温脱脂剤には、界面活性剤やキレート剤が高温用に比べ増量されている場合が多いので注意を要する。なお、前述のように治具からクロムの持込、電解脱脂（+）又はPRでクロムの溶出がある。これらクロムのめっきに対する悪影響はキレート剤によって相当抑圧されるので、多量に（時には数 100mg/l に達する）蓄積されることがある。その上、液更新時に洗浄不十分であると、槽壁、熱交換蛇管などに付着した沈殿物（クロムなどの重金属が多量に含まれている）が新規に建浴した液に再溶解してめっきトラブルを起こすことも多い。

表3-1-1 アルカリ性脱脂剤の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
か性ソーダ、炭酸ソーダ……(pH)	・発泡性活性剤でスラッジが沈降し難いときがある。
けい酸ソーダ類………(pH)	・油分がエマルジョン化しCOD値を高くする。
りん酸ソーダ類………(P)	・キレート剤により金属の除去が困難になる。
界面活性剤………(COD)	・更新時は往々にしてCOD値が高くなっているので 要注意
各種キレート剤………(COD)	・電解脱脂にキレート剤が加えられることが多いが、 活性剤は少なめである。

表3-1-2 アルカリ脱脂剤の使用に伴うCODの変化

脱脂剤の 種 類	建 浴 時		使 用 後		使用期間 月
	濃 度	COD	濃 度	COD	
	g/l	mg/l	g/l	mg/l	
浸漬脱脂	30	1,453	分析せず	3,454	10
浸漬脱脂	50	269	52	5,550	0.5
浸漬脱脂	100	2,140	150	10,000	12
(一)電解 脱脂	50	461	分析せず	908	4
(一)電解 脱脂	50	4,005	47	3,600	3
(PR)電解 脱脂	50(ml/l) +NaOH50g/l	13,000	71(ml/l)	11,142	36

3-1-2-2 溶剤脱脂

3-1-2-1の水系脱脂で効果がない場合は、トリクロロエチレン、テトラクロロエタン、ジクロロメタン、炭化水素系、アルコールなどの有機溶剤（以下トリクロロエチレン等とする。）が用いられる。これらの溶剤も、その取扱については他の薬品同様に充分注意されなければならない。

その設備や保管方法などについても留意するのはもちろんのこと、小分け作業等についても、受皿等を用いて飛散、流失等させないように注意しなければならない。また、装置を用いない拭取り脱脂作業の場合は、被洗浄物等に付着などして次工程の水洗槽に持ち込まれないようにし、この時使用したウエス等は廃棄物として適切に処理するようにする。さらに、水分離機により分離された水には高濃度のトリクロロエチレン等が含有されているので、排水処理した後に排出するか、又は廃棄物として処理しなければならない。なお、トリクロロエチレン等は水よりも比重が大きいので、水中では底に沈み発見しにくいので注意する。

フィルター等の交換にはトリクロロエチレン等を十分に除去した後に行い、取り出したフィルター等は、廃棄物として適切に処理しなければならない。

作業終了後には溶剤槽あるいは装置に蓋等をして揮散を防止するようにしなければならない。

なお、塩素系有機溶剤はオゾン層破壊の問題から他の方法にかえた方がよい。

3-1-2-3 酸性脱脂剤

酸性脱脂剤は脱脂、除錆、除スマットが同時に行えることと、アルカリ脱脂剤では難しいものが除去できることから多く用いられている。

表3-1-3 酸性脱脂剤の有害成分と注意点

主な有害成分	注意すべき事項
硫酸、塩酸……………(pH)	・ 除錆より脱脂に主目的を置いたものの方が活性剤が多く、COD値が高い。
界面活性剤……………(COD)	・ 素材の溶解で金属イオン濃度が高くなり、酸の効力も低下する。COD値も一般に使用経過により高くなる。 ・ アルカリ脱脂と同様に活性剤によって金属スラッジの沈降を阻害することがある。

3-1-2-4 活性化剤

一般的には、硫酸又は塩酸が単独で使用されるので排水処理上問題になることは少ない。しかし、快削鋼とか特殊合金、又は活性化状態を極力長く保たせたい時には特殊な酸、混酸などが使用される（例えば、Mo、Mn、Cr等が添加された鉄鋼、Pb、Sn、Ni、Beなどが添加された銅合金）。

表3-1-4 活性化剤の有害成分と注意点

主な有害成分	注意すべき事項
硫酸、塩酸……………(pH)	○ F イオンは除去法が難しいので注意、更新濃厚廃液はバッチ処理が望ましい。 ○ 時に酸化剤を混合する使用法もある。
ふっ酸、けいふっ酸塩など…… (F)	
有機酸、界面活性剤…………… (COD)	

3-1-2-5 化学研磨液

化学研磨液は素地金属の種類によって使用される薬品も異なるので、その数は多い。しかし、実際使用されているものはそう多くはない。表3-1-5には代表的と思われるものを記載した。

化学研磨液は素地金属の溶解により金属濃度が相当高くなるので、更新液のみならず、水洗排水の処理にも十分な注意が必要である。また、酸化剤（一般にはHNO₃またはH₂O₂など）が含まれているので、その面での特別な注意が必要である。特に、過酸化水素は一時にO₂ガスを発生して金属水酸化物の浮上を起こすこともある。

表3-1-5 化学研磨液の有害成分と注意点

素地金属の種類	主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
鉄 鋼	①しゅう酸、過酸化水素……………(COD, O ₂) ②酸性ふっ化アンモニウム 過酸化水素……(F, N, O ₂)	・ H₂O₂の分解でO₂ガスによりスラッジを浮上させる。CODが高い。 ・ F イオンは石灰でふっ化カルシウムとして除去
銅、銅合金	①硫酸、過酸化水素……(pH, O ₂) ②硝酸、硫酸……………(pH, N) ③クロム酸、硫酸……………(Cr, PH)	・ H₂O₂は上記と同様 ・ Cu濃度が高くなるので注意 ・ 素材がプラスチックの場合に前処理に使われる。
アルミニウム	りん酸、硝酸……………(P, N, pH)	・ Pが非常に高いので注意

3-1-2-6 電解研磨液

最近、電解研磨はステンレス以外では極くまれにしか使用されていない。ステンレスの電解研磨液は、粘度がある程度高いことが研磨効果を与える。したがって液の持ち出しが多くなるので、その対策工夫が必要である。また、金属濃度も相当高くなるし、当然クロムも素材から溶出して高い濃度となっているので、対応が必要である。濃厚な更新廃液は、水洗水の排水処理時に少量ずつ混合処理することは可能である。しかし、一般排水の中和沈殿法ではりんが除去できない。りんの規制のある地域ではその対策が必要である。

3-1-2-7 銅めっき液

(1) シアン化銅めっき液

シアン化銅めっき液には自己洗浄能力があること、ほとんどの金属と直接めっきが可能で、かつ、密着力が良いこと、スローイングパワーが良いことなど、他のめっき液にない特徴があり、広く利用されている。シアンを含むことから、取扱い、排水処理には細心の注意を払わなければならない。特に槽中に鉄材を使用した機器を用いると、鉄が少量ずつ溶解されるし、また、前処理工程の水洗不足で鉄イオンを持込むと鉄シアン錯体を作り、分解が難しくなるから注意しなければならない。

表3-1-6 シアン化銅めっき液の有害成分と注意点

主な有害成分	注 意 す べ き 事 項
銅……………(Cu) シアン……………(CN)	・ Fe、Niなどのシアン錯塩はアルカリ塩素法では分解が難しいので槽への混入、排水経路の区分に注意 ・ CODは通常原液で300mg/l～500mg/l

(2) 硫酸銅めっき液

1960年代より添加剤が大幅に改良されたものが開発され、高レベリング性、鏡面光沢、電流効率が高いことなどから多方面での利用が高まると共に最近均一析出性の良いめっきが得られるようになりプリント基板のめっきとしても利用されている。特に無公害めっきとしての期待は大きい。しかし、鉄鋼、亜鉛ダイカストなど大抵の金属への直接めっきでは密着性が悪いことから、シアン化銅ストライク、ニッケルストライクなどの前めっきが必要である。また、硫酸銅めっき上の直接光沢ニッケルめっきの密着不良が出るときもある。この対策に過硫酸アンモニウムでの活性化処理が有効であるが、この排水は重金属の除去を難しくするので注意が必要である。なお、

COD値はめっき原液で500mg/l以下である。

(3) ピロりん酸銅めっき液

1960年代の初めに開発された頃は、ノーシアン銅めっき液として、また、光沢銅めっき液として装飾用が主であった。その後、日本ではプリント基板の発展に伴い、そのレベリング性と物性の良いことからその方面へ急速な普及がなされていたが、最近では硫酸銅めっきに代ってきている。

開発当初から銅イオンの除去が難しいことは指摘されていたが、最近ではりんを大量に含むこと、ピロりん酸が酸化されりん酸になることから、液の寿命が短いなどの排水処理上の問題点がある。

表3-1-7 ピロりん酸銅めっき液の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
銅……………(Cu)	・ Cu^{2+} はそのままでは沈降は難しい、 $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ 、 PO_4^{3-} を Ca^{2+} で除去した後にpH処理を
ピロりん酸、りん酸… (P)	
アンモニウム…………… (N)	
	・ $\text{P}_2\text{O}_7^{4-} \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$ への酸化は局部加熱、陽極電流密度、添加剤、アンモニア水の不足で早くなる。

3-1-2-8 ニッケルめっき液

(1) ワットタイプニッケルめっき液

現在、ニッケルめっき液はワットタイプのめっき液に各種添加物を加えたものが多く使用されている。

CODは原液中で2,000mg/l以下がほとんどである。ただ、前にも述べたように、シアン系排水にニッケルが混入すると分解困難なニッケルシアン錯塩になるので、十分注意しなければならない。また、このニッケルめっき液は全量更新することはほとんど無いので、COD値が異常に高くなる。この時めっきも硬くなっていることが多く、良いめっきとは言えない。過マンガン酸塩と活性炭による除去が有効である。

(2) スルファミン酸ニッケルめっき液

高電流密度で使用できること、物性が優れていること、厚付けがし易いことなどの特徴から電鍍などに多く用いられている。スルファミン酸 HSO_3NH_2 を大量に含むが、電鍍など長時間めっきであることから、汲み出しは総量としては多くはならない。しかし、スルファミン酸はpHが低く、高温状態及び陽極で酸化されて硫酸になり、液の寿命が短くなる。全量更新時は大量のニッケル、窒素を含む。

3-1-2-9 クロムめっき液

クロムめっき液は無水クロム酸を主成分とした六価クロム浴と、硫酸（又は塩化）クロムを主成分とした三価クロム浴があるが、色調、もろさ、厚付の難易などの面からまだ三価クロムの普及率は極めて低い。最近は無水クロム酸濃厚廃液の引取り、イオン交換樹脂に吸着させたものの引取り再生などをメーカーが実施して公害対策の成果を上げてきている。

表3-1-8 クロムめっき液の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
クロム……………(Cr ⁶⁺ , Cr ³⁺) (Pb)	・ Cr⁶⁺→Cr³⁺ への還元剤の過剰は、水酸化クロムの成分に悪影響を与えるので注意 ・ クロムめっき液に添加されるふっ化物は、通常の排水に影響を与える程の濃度ではないが、排気などに含まれると植物などに影響を与えることもあり要注意 ・ 陽極よりのスラッジはクロム酸鉛(六価クロム鉛の化合物)となっているので、陽極の洗浄は要注意 ・ 銅、亜鉛などを溶かし易いめっき液で、それらは不純物として悪影響を与えるので、液を更新する必要が生じる。

3-1-2-10 亜鉛めっき液

亜鉛めっきは鉄を自己犠牲的に防食する上に、耐食性の良いクロメート皮膜を生成させ易いことから多方面で利用される。亜鉛めっき液は①シアン浴、②ジンケート浴、③塩化亜鉛浴がそれぞれの特徴、利点を活かして使用されている。もちろん②、③はノーシアン化光沢亜鉛めっきとして開発されたのであるが、近年の公害規制の項目拡大の中で、公害対策で万全の液とは言難くなってきた。ジンケート浴は一般にCOD値が高く（平均シアン浴=350mg/l、ノーシアン浴=1,390mg/l）、酸性亜鉛はアンモニウム塩が多いため大量の窒素を含有している。最近ではアンモニウムの代わりにカリウムを用いたノーアンモニウム浴も開発されてきた。

(1) シアン化亜鉛めっき液

シアン化浴はめっき液自体に洗浄力があること、均一電着性、密着力、物性など優れた点が多く、使用分野は広い。公害対策上、現在は中、低濃度シアン浴が普及している。

表3-1-9 シアン化亜鉛めっき液の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
シアン…………… (CN)	・酸洗い槽に溶け込んだ鉄を水洗不良で持込むと鉄シアン錯塩となる。また、酸洗排水との混合は絶対に避けるべきである。 ・低シアン浴には光沢剤が多くなり、COD値を高め、窒素の量も多くなる傾向にある。 ・自己洗浄力に依存し過ぎるとCODを高める。
亜鉛…………… (Zn)	
か性ソーダ…………… (pH)	
添加剤…………… (COD)	

(2) ジンケート亜鉛めっき液

ジンケート浴は1960年中頃より普及し始め、最近ではシアン浴に劣らぬ物性を有するものも得られるようになった。排水処理上は亜鉛以外問題となる物質もなく、公害対策上は有利なめっき浴である。しかし、浴中の金属不純物には割合鋭敏である。シアン化浴に比べCOD値は一般に高めである。

(3) 塩化亜鉛めっき液

塩化亜鉛めっきには、塩化アンモニウム浴、塩化カリ浴などがあり、一般的には塩化アンモニウム浴が一番多く使用されている。1960年中頃よりノーシアン浴として公害対策上と、鑄鉄には直接めっきできることから徐々に広まってきた。しかし、窒素の規制により今後はカリ浴が注目されてくる可能性もある。

塩化亜鉛めっき浴は全般的に電流効率が良い反面、均一電着性に劣ることから、その改善策として亜鉛金属の低濃度化が進んでいる。このことは必然的に排水対策の上からも改善されたことになる。

表3-1-10 塩化亜鉛めっき液の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
亜鉛…………… (Zn)	・アンモニウム錯塩は希釈しpH調整することだけでは、亜鉛が水酸化物になり難い。 ・アンモニウム浴では標準浴で窒素が51,000mg/lと高い。 ・CODは標準で2,000mg/l
塩化アンモニウム…………… (N)	
添加剤…………… (COD)	

(4) クロメート処理液

亜鉛めっきの後でクロメート処理をすることにより、光沢を与え外観を良くしたり、耐食性を

飛躍的に向上させることができる。たまに、アルミニウム、銅、銅合金などの変色防止や耐食性向上のためにも使用される。

近年、亜鉛めっきのクロメート処理液は、クロム酸濃度が10g/l以下の低濃度浴が使用されている（一般に光沢クロメート処理の方がクロム濃度は低い）。表3-1-11にクロメート液の組成の数例を示す。

表3-1-11 クロメート液の組成

液 種		A	B	C	D	E	F
成 分							
CrO ₃	(g/l)	3	1	10	5	10	1
H ₂ SO ₄	(ml/l)	0.25	0.2	5	2	5	
HNO ₃	(ml/l)	2	0.2	2~20	2	30~40	17.5
NH ₄ F	(g/l)				2	1~2	
HF	(ml/l)						2
NBF ₄	(g/l)			20			
(COOH) ₂	(g/l)				20		
NaH ₂ PO ₂	(g/l)						0.2

クロメート液は作業量の増加に従い、pHが上昇し、Zn²⁺、Cr³⁺が増加し、それに伴い外観、耐食性を維持するためにクロム酸、各種の酸の濃度を高めていく管理法がとられる。廃棄処分する時のZn濃度は液種により異なるが、数g/lから数10g/l前後に達している。また、黒色クロメートの中にはAg、グリーンクロメートのなかにはCuなどの重金属が有機物と組合せ配合されているものもある。ユニクロム液には青色染料が青味を出すために加えられることもある。いずれにしろ排水処理については、薬品メーカーと十分相談の上対応した方が良い。

3-1-2-11 錫めっき液

錫は融点が低く（231.9℃）展延性が良いこと、大気中で安定なこと、有機酸に侵され難いこと、はんだ付けが良いことなど利点が多く、多方面で使われているめっきである。特に、近年は電子部品、機械部品などの市場が拡大している。

浴としてはアルカリ浴、硫酸浴、ほうふつ化浴、中性浴と数が多い。それぞれの特徴、欠点、

排水処理の方法などを熟知した上で選択するべきである。

アルカリ浴以外は有機添加剤を割合多く加えるので、COD値は高くなる。錫は公害防止上の規制対象金属ではないため、めっき後の水洗水は、一般の酸・アルカリ排水と混合処理させることが多いが、浴によっては、錯化剤、発泡性有機物など排水処理上阻害要因となる物質も含まれているので、よく調査の上対応しなければならない。また、錫めっきの後処理としてりん酸ソーダ類が使用される。

3-1-2-12 無電解めっき液

プラスチック上へのめっきが急速に発展した1965年頃から、無電解めっきも実用化が進んだ。その後精密機械分野で均一析出皮膜、硬度、耐磨耗性、耐薬品、耐食性など利点が多く、自動車、OA機器、光学機械などへの無電解ニッケルめっきの需要が拡大した。また、無電解銅はプリント基板の製造には欠かせないめっき法となっている。

いずれのめっき法も、金属イオンの錯化剤や安定剤として有機物質が添加されているので、排水処理上はCOD値が高いばかりでなく、金属の分離が困難な場合が多いので、その配慮が必要である。また、余剰の錯化剤は、他の排水中の金属イオンをも封鎖することが多いので、分別処理はもちろんのこと、処理後の水その他排水との混合場所にも十分注意すべきである。

(1) 無電解銅めっき液

無電解銅めっきはプラスチックの装飾めっき用としてはロッセル塩浴、プリント基板用としてはEDTA浴が多く用いられている。良好なめっきを得るために錯化剤は不可欠である。還元剤としてはホルマリンがよく使用されている。

使用される銅濃度は2～3g/lと低いが、希釈やpH調整だけでは銅の除去はできない。更新廃液の処理は加熱分解などのバッチ処理方法が適している。COD値は原液で10,000mg/lを越えるので、水洗水の排水処理にも注意しなければならない。また、当然他の金属イオンを含む排水との混合は、極力避けた方がよい。

(2) 無電解ニッケルめっき液

無電解ニッケルめっきは前述の特性の外に、大量生産が行えること、素地金属の変化への対応が容易であること、より安定した安価な方法の開発とあいまって発展している。

なお、最近は無電解銅めっきに代ってプラスチックへ導電性を付与するために用いられている。

無電解ニッケルめっき液は、有機物質を多量に含有し、還元剤も量が多いので、COD値はめっき液の中でも最高値を示す。還元剤として次亜りん酸ソーダが使用されているNi-P合金めっきと呼ばれるものが大半を占め、このめっき液のCOD値は建浴時で10,000～30,000mg/lにも達している。

3-1-2-13 その他

めっき液は、これまでに記したものの以外にも数多くあるが、この項では割合多く使用され、かつ、排水処理上注意すべきことが多いめっき液を取り上げる。

(1) 合金めっき液

合金めっきは二種以上の金属を同時に析出させて、その析出させた金属の比率によって色調、物性等のバラエティーに富んだものが得られることにより用途は広い。

二種以上の金属を同時に析出されること及び広い電流密度範囲で析出比率を一定に保つために、異なった金属の電析電位を近づけるための種々の成分が添加されている。したがって、液組成は複雑化する傾向にあり、その排水処理には十分な注意を払わなければならない。

a) 銅-亜鉛合金めっき液

一般に真鍮めっきと呼ばれ、金めっきのイミテーションとして多く使用される。また、スチールタイヤ用ワイヤへのめっきにも用いられている。液組成としてはシアンを錯化剤として用い、時にアンモニアも添加される。

表3-1-12 銅-亜鉛合金めっき（シアン化浴）の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
銅、亜鉛…………… (Cu, zn) シアン…………… (CN) アンモニウム…… (N)	・他のシアン化浴と同様Fe、Niの混入を避ける。

b) 錫-鉛合金めっき液

錫が数パーセントから90%以上までの広い範囲でのめっきが実用化され、はんだ付け性、軸受特性、防食等その合金比率による特性を生かした利用が行われている。基本成分としてほうふっ化水素酸を用いたふっ化浴が多く使用されているが、電子部品に対しては、排水処理が難しいこと、又排水基準が厳しいことなどの理由で、アルカノールスルホン酸浴が最近用いられるようになった。

表3-1-13 錫-鉛合金めっき液の有害成分と注意点

主 な 有 害 成 分	注 意 す べ き 事 項
鉛…………… (Pb) ほうふっ酸…………… (F) 有機添加物…………… (COD)	・鉛の沈殿物は一般に微細なものが多いので、ろ過に十分注意が必要

c) その他の合金めっき液

合金めっきは非常に多く、三元合金でも二十種以上研究発表されている。しかし、三元合金で工業化されているものは、錫－銅－亜鉛、錫－ニッケル－銅など数少ない。二元合金は割合多く工業化されており、鉄鋼の耐食目的としての亜鉛－鉄、亜鉛－錫、亜鉛－ニッケル、カラー化目的（クロム色代替も含め）としてニッケル－錫、銅－錫、錫－コバルトなどであり、特殊なものとしてニッケル－鉄がある。

いずれにしても浴の組成は次の四つに分類することができる。

- ①シアンを錯化剤として使ったもの（たまにチオシアンが使われる。）
- ②ほうふっ化物を使ったもの（有機物が併用される。）
- ③ピロりん酸カリ、又はピロりん酸カリと有機物が併用されたもの
- ④有機錯化剤を主体としたもの

したがって、それぞれの有害重金属を除去するために予備処理が必要な場合が多い。重金属を除去した後も、含有成分を対象とした処理を行うのはもちろんのことである。

(2) バレル研磨用薬剤

バレル研磨法は湿式の回転研磨、振動バレルが主体であり、メディアと石鹼、活性剤、錯化剤などが用いられており、排水処理には相当の注意をしなければならない。できれば、一般めっき系排水との混合は避けた方がよい。

光沢仕上げを目的とした研磨法として、スピンドフィニッシュ、ジャイロフィニッシングが見直されてきている。しかし、いずれも被処理物の取付け、取外しに手数を要することが今後の研究課題であろう。表 3-1-14 に湿式バレル研磨に用いられる成分を記す。

(3) めっき剥離剤

めっき剥離法には電解法と化学法があるが、剥離すべき金属と素地金属との組合わせで剥離剤の組成も変化し、その種類は非常に多い。電解法と化学法を比較すれば、

電解法：剥離速度のコントロールができる。素地金属のエッチング防止が難しい。電流分布を考慮する必要がある。素地金属が不動態化することが多い。

化学法：装置が簡単、管理が容易、形状に左右され難い。剥離速度が一定し難い。更新頻度が高くランニングコストが高い。

となっており、両方共に基本成分は、酸化剤、酸化促進剤、素地金属溶解防止剤、溶出金属のマスクング又は沈殿防止剤の四種の作用効果を有するもので構成されている。いずれにしても、排水処理には細心の注意が必要である。表 3-1-15 に剥離剤に用いられる薬品組成を示す。

表3-1-14 湿式バレル研磨の薬剤成分

素地金属	主 な 成 分	
鉄	下 地 研 磨	I アルミナ、アラシダム、りん酸ソーダ類、炭酸ソーダ、活性剤
		II りん酸ソーダ類、炭酸ソーダ、グルコン酸ソーダ、石鹼、錯化剤
	仕上げ研磨	I りん酸ソーダ類、炭酸ソーダ、活性剤
		II 炭酸ソーダ、硫酸ソーダ、石鹼
亜鉛、アルミニウム、真鍮など	仕上げ研磨	りん酸ソーダ類、石鹼（時に錯化剤）

表3-1-15 めっき剥離剤の組成例

剥離金属	素地金属	組 成
Ni, Co, Cu, Cd	Fe, SUS	芳香族ニトロ化合物 60g/l シアン化ソーダ 120~180g/l (か性ソーダ 0~25mg/l)
Ni, Co, Cu,	Fe, SUS, Cu, Brass	芳香族ニトロ化合物 40mg/l ※ エチレンジアミン 70g/l 硫黄化合物 適量
Ni, Cu	SUS, Al	濃硝酸 500~1000ml/l
Ni	Fe, SUS, Cu, Brass, Al, Zn	硫 酸 50~60vol%、(電解) ※ 水 40~50vol%
Ni, Co, Cu	Cu, Brass	硫 酸 50~100g/l 芳香族ニトロ化合物 100g/l 硫黄化合物 4g/l
Ni	Zn	硫 酸 40w% (電解) ※ りん酸 20w% クロム酸 5w% (残り水)
Cu	Fe, SUS	か性ソーダ 100g/l 硫 酸 150g/l
Cu, Ag, Au	Fe, SUS, Ni	シアン化ソーダ 90~150g/l か性ソーダ 15g/l
Cu, Brass	Fe, SUS	過酸化アンモニウム 100g/l
Cu, Brass, Zn, Sn	Fe, SUS	ピロりん酸銅 360g/l (電解) ※ ピロりん酸カリ 90g/l
Cr, Zn	Fe, Ni, Cu	塩 酸 5~20w%
Cr, Pb, Sn	Fe, Ni, SUS	か性ソーダ 100~150g/l (電解)
Pb, Sn	Fe, Cu, Brass	ほうふっ酸 125ml/l 過酸化水素 60ml/l
Ni, Cu, Cr, Brass, Cd, Sn	SUS, Fe	硝酸化合物 50~100g/l 可溶性アミン 30~100g/l カルボン酸 10~50g/l ハロゲン化アルカリ 5~20g/l

(注) SUS (ステンレス鋼)、Brass (黄銅) ※はPAT

3-1-3 めっき設備等の改善

過去のめっき公害発生事故のほとんどが、めっきの設備の破損や設備機器の取扱い不良又は作業者の不注意によるものといえる。

一般に、有害物質の排出源は水洗水であるかのように思われているが、公害事故になり易い発生源を考えると、次の点が挙げられる。

- (1) 品物に付着してくみ出された液が床面にこぼれ落ちる場合
- (2) 設備の日常保安全管理が不十分のため、破損してめっき液や処理液が漏出する場合
- (3) ろ過機や処理槽を洗浄する場合
- (4) 老化しためっき液や前後処理液を捨てる場合
- (5) 臨時的に前処理や剥離作業を行った後始末が不十分な場合
- (6) 排気設備からのミストの飛散や外部からの雨水の吹き込みによる場合
- (7) 貯蔵中の薬剤が容器の破損により漏出する場合

したがって、これらの事故原因に対処するため、先ず工場内の整備が大切であり、さらには排水処理を効率的に行うためのめっき工程の改善が必要となる。

3-1-3-1 めっき工場の設備配置（レイアウト）の基本

めっき作業の効率を良くし、しかも排水処理装置の負荷を減らし、合理的な排水処理を行うには、発生源であるめっき設備等の適正な条件によるレイアウトが大変重要である。

適正なレイアウトは、能率の上がる作業、品質の安定、合理的排水処理の三条件が満たされることが必要である。自社の仕事の内容を充分把握して工場敷地内に必要な工程を組み、それが生産効率と系統別排水の区分けの条件を満たし、常時排水処理が適正に行わなければならない。特に運搬機構を利用していない手作業の工場では、めっき作業に伴う人間の移動と、工程ごとに生じるめっき治具からめっき液のたれやこぼれ液が、床面で確実に分別されるレイアウトをしなければならない。

3-1-3-2 めっき工場の床対策

水濁法に基づく地下浸透規制も強化され、主に塩素系溶剤ではあるが新たに13物質が追加された。工場の床面は、水、薬品（酸・アルカリ・溶剤等）、衝撃に耐え得る不浸透性防食性構造にする。

一般的な工法にはエポキシアクリレート樹脂とガラス繊維によるFRP工法（図3-1-1）とエポキシ樹脂とけい砂の組み合わせによるモルタル工法（図3-1-2）である。

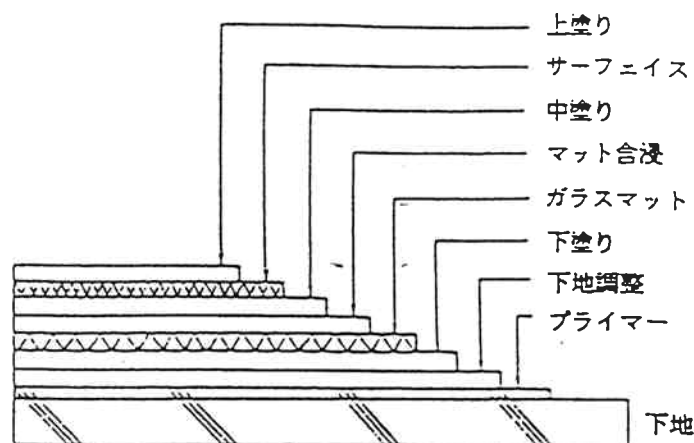


図3-1-1 エポキシアクリレート樹脂FRP工法による断面図

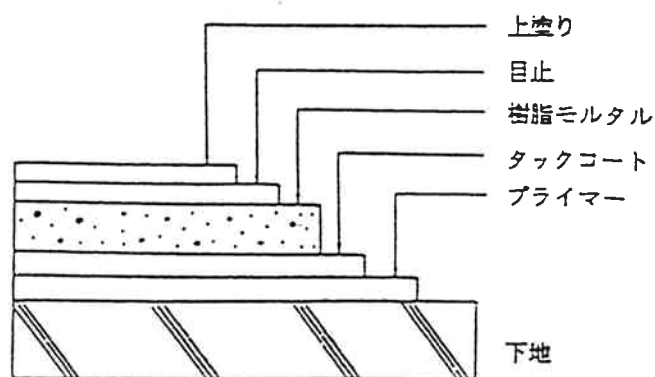


図3-1-2 エポキシ樹脂モルタル工法による断面図

施工上の留意点を次に列記する。

1. 基礎のコンクリートは十分強度に耐えられる厚みに、必要により鉄筋・アングル等で補強する。
2. 工場床面は、工場内水路に向かって $1/80 \sim 1/100$ の勾配をとり液溜まりのないフラット構造にする（図3-1-3）。
3. めっき槽、前処理槽等が破損してもその全量が系統別に貯留できるプールを整備する（図3-1-4）。
4. 工場の内壁は床面から約100mm高さまで設け、工場外部への漏洩を防止する（図3-1-3）。
5. 段階的工事あるいは補修工事の場合は、継ぎ目からの漏洩を十分に気をつけること。

6. 既設工場の改修工事は地下の埋設パイプ等の遮断・撤去を完全にし地下での水脈を作らない。
7. 有機溶剤を使用する箇所は、コーティング剤の化学的性質（耐薬品性）を十分に検討する。
特に塩素系有機溶剤にはフラン樹脂が適している（図3-1-5）。
8. 地下漏洩を監視する必要がある、工場敷地の要所・要所に監視柵（孔）2～3 m深さの採水孔を設け汚染度を定期的監視する。

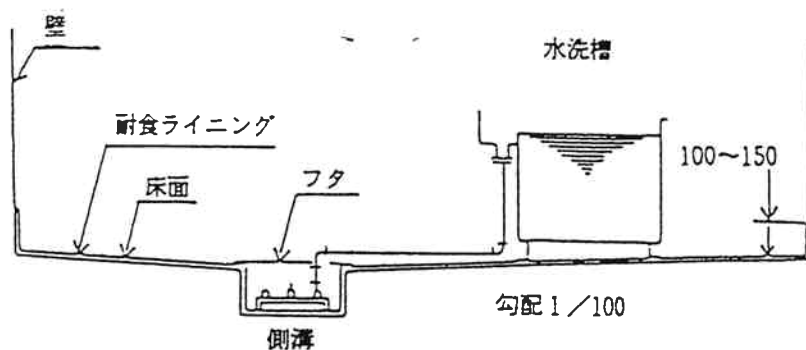


図3-1-3 工場床の構造

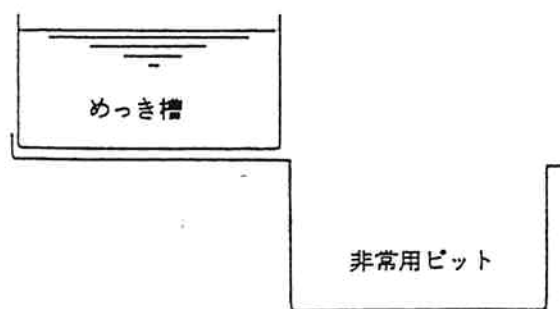


図3-1-4 非常用ピット

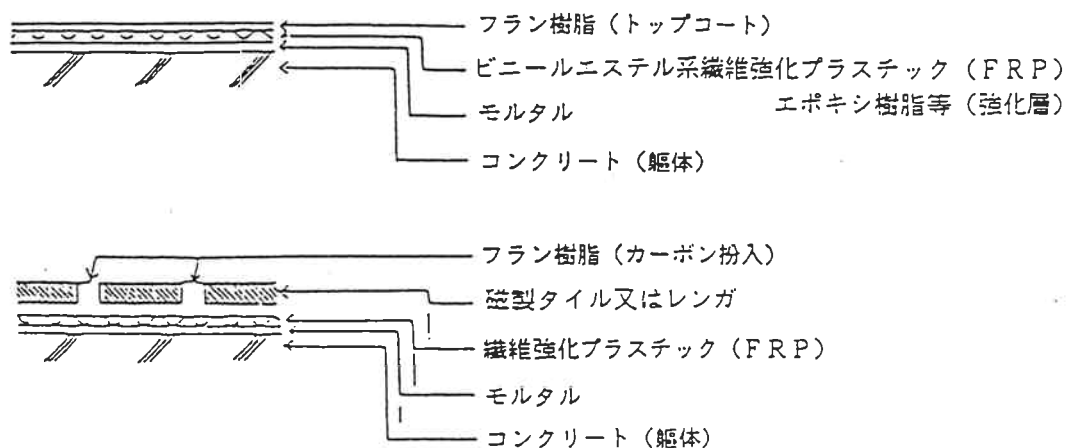


図3-1-5 フラン樹脂コーティング

3-1-3-3 排水経路と液漏れ対策

効率的に排水処理を行うためには、排水の流入管理が重要である。処理装置へ導入する排水を系統別に分別し経路が完全でなければならない。パイプ配管等の漏洩事故のない安全構造にする。生産設備や付帯設備からのパイプ、バルブ類は点検、メンテナンスが簡単にできる露出構造にして点検管理を励行し液漏れ対策を講じる。また給水は特に注意し直接水洗槽に接続する場合は、逆流防止（サイフォン現象防止）のための空気孔を設けること。または間接の貯水槽を設置することがベターである（図3-1-16）。

防液堤、側溝、溜ます等の設置

1. 床面は、漏出液などが速やかに流れるよう $1/50 \sim 1/100$ の勾配をもつ構造とする（図3-1-6）。
2. 防液堤は、継ぎ目を作らない一体構造にして、隣の液が混合しない高さの堤を設ける（図3-1-7）。
3. 溜めますや分離槽及び長時間液が滞留しそうな床面は、防水モルタルや耐溶剤性樹脂モルタル等でコーティングし浸透防止処置を施す。
4. 側溝は、（図3-1-3、図3-1-8）のような構造にし排水パイプの設置スペースにする。溝は排水がスムーズに流入できるようにする。
5. 溜めますは、不測の事故防止対策として必要な予備槽とし常時、空の状態にしておく。
6. ろ過機の洗浄場所を設ける（図3-1-9）。

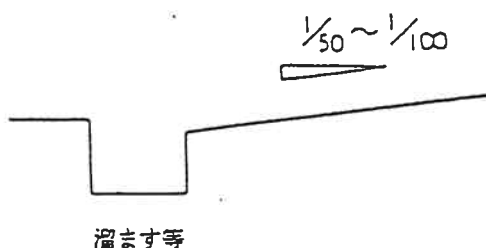


図3-1-6 溜めます等の例

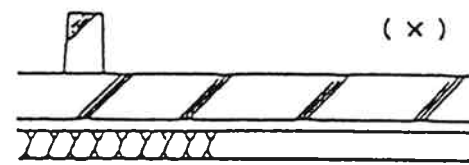
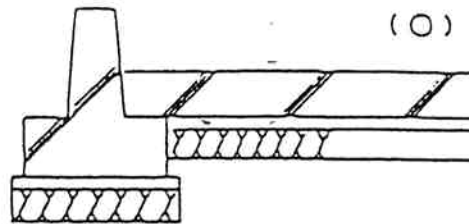
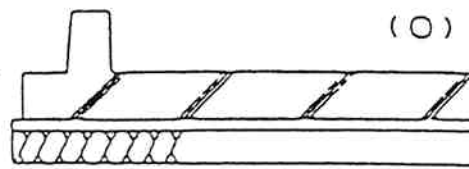


図3-1-7 防液堤の例

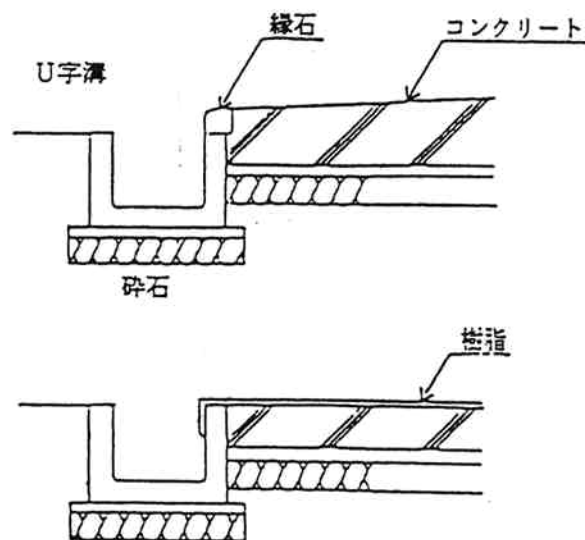


図3-1-8 側溝の例



図3-1-9 洗浄場所の防壁例

3-1-3-4 めっき槽の改善

主たる生産設備であるめっき槽やそれに付帯する設備は、堅牢な材質を選定し環境保全面や不測の事故防止対策を更に留意したものが求められる。材質には腐食性のもの、衝撃に弱いもの、薬品に犯されやすいもの、熱に弱いものなどがあり、めっき液の性質・作業条件等を考慮し安全性を見込んだ構造にすることは言うまでもない。

1. オーバーフロー液やドレン液はパイプ配管による搬送のこと。
2. ライニングは二重・三重構造のケースがあり、溶接を完全にする。
3. 日常の点検・確認がしやすい、見易い構造にしレイアウトも考慮する。

3-1-3-5 めっき設備の設置上の留意点

めっきはいろいろな設備を最適条件で設置し、その目的用途に合った機能を付与するものであり、その機器類の適正な設置と点検は排水処理に大いに関与する。作業前後の日常点検及び清掃は、機器類の能力保持に欠かすことができない要素であり、専門家による定期点検も、これを必ず実行しなければならない。こうした設置及び点検上の基本的条件を守って、はじめてめっき作業と排水処理が合理的に行われる。

3-1-3-6 めっき槽、前処理槽及び薬液槽の設置

- (1) 腐食の激しい液槽は、少なくとも10年位は使用できる材質のものを選定し、液漏れした時の事を考え、二重構造にするなど、液もれを容易に補修できる条件で使用する。
- (2) めっき工場では湿度が高い状況のなかで使用するので、外部からの腐食を考えて、塗装、ライニング等を充分検討する。
- (3) 槽の床面からの液漏れ確認と腐食防止のため、槽はできる限り床面と槽底部との間隔を設け、底面を乾燥状態に保つこと（図3-1-10）。

3-1-3-7 配管

- (1) めっき工場には色々な配管があるが、内部を流れる液体の種類によって配管の色や印でもって判別できる構造とする。
- (2) コンクリートや土中への直接埋め込み配管はしない。コンクリートの場合、その間隔が短い時は太めの管を埋込み、その内側に配管をする。土中の場合には側溝を設け、その内側に配管を行い、蓋をする（図3-1-10）。
- (3) アルカリ系の排水配管は、永年使用すると管内に沈着物が生成するので、最大通水量の約3倍容量の管を設置し、掃除ができる構造とする。
- (4) 配管の勾配は1/100以上とし、空気溜りのない構造とするか、空気抜きを設ける。

(5) 配管内部に液体がある状態でも、配管にたわみのないようにきびない止め金具で確実に固定する。

(6) 配管のレイアウトは、曲部をできるだけ少なく合理的に行う。

(7) 配管内の液体の温度及び性質により材質の選定を確実に行う。

3-1-3-8 ろ過機の設置

(1) ろ過機の据付位置は、めっき液面を基準として図3-1-13のように本体を上部に、ポンプは液面と同一又は少々下にあるように設置し、作業効率を良くし、不慮の事故によるめっき槽からのサイフォン現象による漏洩を防止する。

(2) ろ過機の設置場所が(1)のように適切でない場合は、図3-1-14のように吸引側にはブレークバルブを取り付け、作業開始時には閉じ、終了時には開く。作業終了後、夜間にパイプの破損等によって起こるめっき液の逆流漏洩については、サイフォンカットによって完全防止する。また、吐出口については、液面より多少上に細い孔を開けておくとよい。

(3) ゴムホースと締め金具によるろ過機の使用は、従来から濃厚液の流出による事故の典型的な例があり、作業効率も悪い。したがって、パイプ配管を標準とすること。配管は耐食、耐熱性材料を用い、確実な固定配管とする。急激な曲がり避け、空気、ガス等が滞留しないよう1/100～1/50勾配を付ける。

(4) ろ過機の吸込みと吐出位置を適切に設定し、吐出したろ過液がそのまますぐに吸い込まれるという短絡関係にならないためにも、パイプ配管を標準仕様とすべきである。図3-1-15に参考例を示す。

(5) ろ過機はポンプ、付属配管、蓋等から液漏れを一切生じない機種を選定する。ろ過機から漏洩する液体は濃厚廃液となるから、特に注意を要する。

(6) 設置場所は十分な床対策が必要で、流出防止せき、系統分離、耐食ライニング施工等の配慮がいる。

(7) ろ布の洗浄は必ず排水系統別に指定された所で行う。

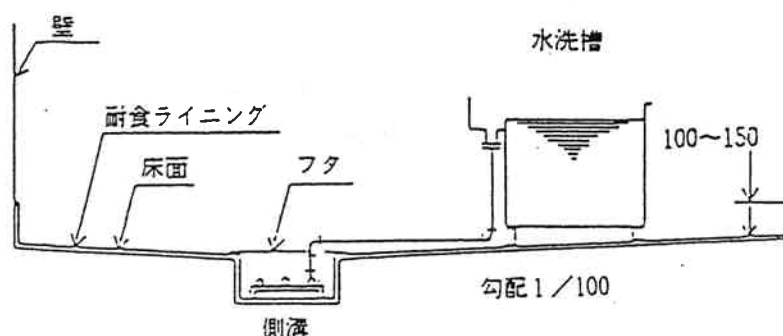


図3-1-10 工場床の構造

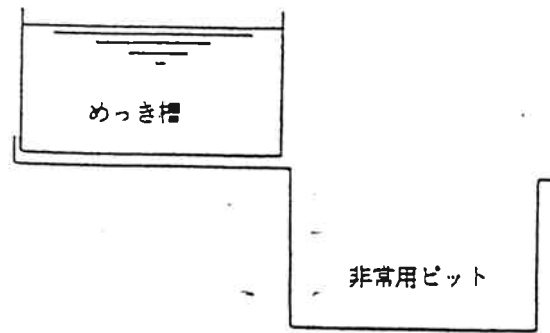


図3-1-11 非常用ピット

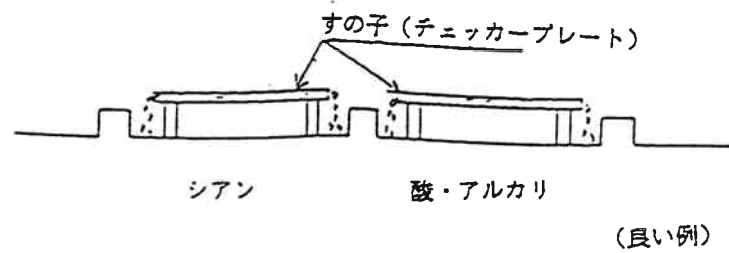
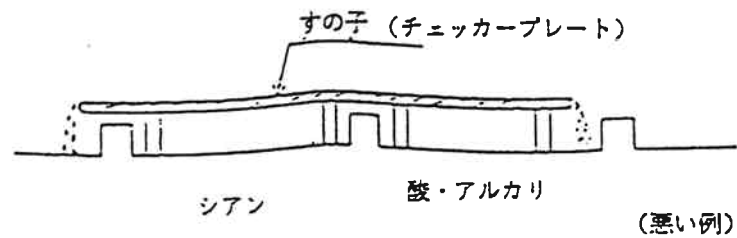


図3-1-12 すの子配置及びせき

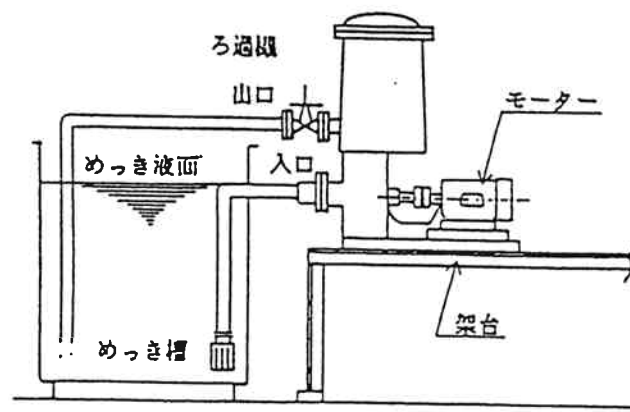


図3-1-13 ろ過機の据付位置

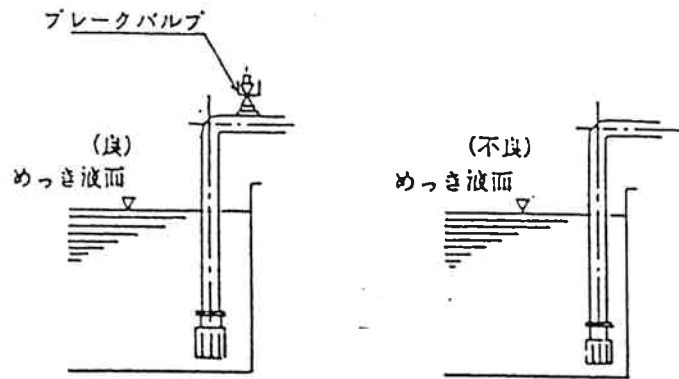


図3-1-14 めっき液吸引側ろ過配管のブレイクバルブ

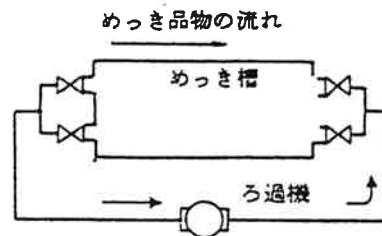


図3-1-15 ろ過機の吸込みと吐出の関係

3-1-3-9 水道給水配管

水洗水中に直接水道配管をつけて作業をすると、時としてサイフォン現象により水洗水が上水道へ逆流することがあるため、空気孔又は縁切り配管をするか、あるいは貯水槽を設けて工場使用水と上水道との間をはっきり断絶する。水道給水配管例を図3-1-16に示す。

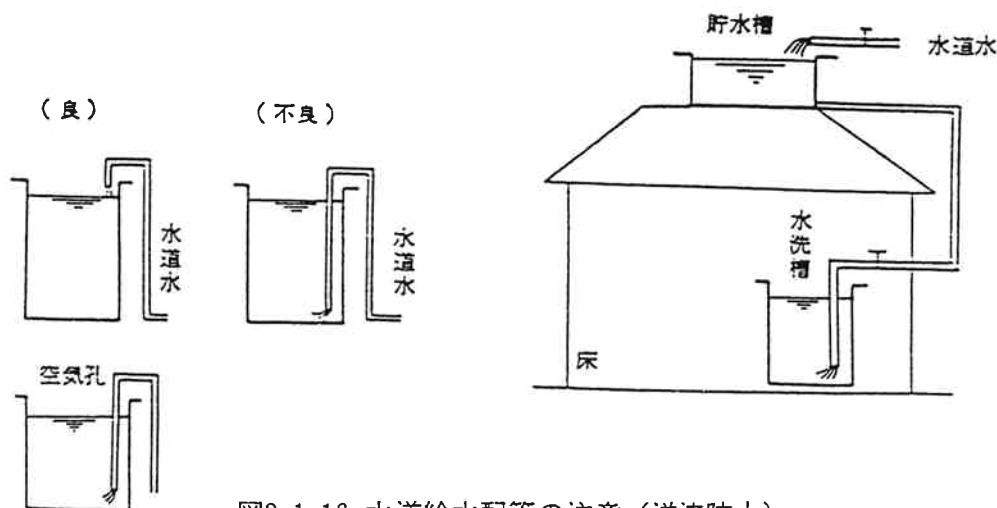


図3-1-16 水道給水配管の注意（逆流防止）

3-1-3-10 局所排気装置のフード、ダクト、除塵装置の設置

- (1) 局所排気装置の基礎計算には、専門家により良好な作業環境と大気中に有害物を放出しない条件を適正に設定する。排気装置から高濃度のガスやミストが排出すると、屋根や屋上を汚染し、雨水が排水処理装置を経由せず、そのまま放出されるから注意する。
- (2) 側面型フードはめっき槽とフードが密着し、透き間から濃厚液が染み込み、床に垂れこぼれない構造とする。天蓋型フードでは、吸い込み口からの垂れこぼれは、めっき槽へ全量確実に戻す構造とする。
- (3) フード、ダクトを硬質塩化ビニール板で作成する場合は、内外二重溶接構造にし、クロム酸等の浸透性の強い場合は、樹脂コーティングするか、FRP樹脂構造とする。
- (4) フード、ダクト及び除塵装置等のフランジ継手からの濃厚液の漏れを防止するため、適切な材質のパッキングを選定し、そのボルト締めは、使用時間の経過と共に適切に行う。液漏れに対して、樋や屋根を付けたりする屋上屋を重ねる安易な手段を選ばず、元を止める努力をすること。これらの垂れこぼれの濃厚液が排水系統別に区分された床面に落ち、他系統の排水区分に入ると、排水処理に支障を来す。
- (5) 除塵装置は乾式と湿式があるが、特に濃厚液でクロム酸等を回収する装置では、塩化ビニール板の溶接はフード、ダクトと同様に二重にし、樹脂コーティングするか、FRP構造とする。
- (6) ファンは耐食性ファンを選定し、ファンケーシング、点検口等のパッキング及びシール部分からの液漏れに注意し、点検を怠らないこと。
- (7) 除塵装置及びファンの据付けは、これらのものが破損して中から液体が漏れてもよいよう、その液量をためおく構造の耐食性ピットの上に設置し、漏れ出た液は濃厚廃液貯槽に流入するように配管する。
- (8) フード、ダクトの据付けには排水配管と同様、液だまりのできないよう、ダクトの取付方法、フードの構造、勾配等充分考慮して行う。最も低い位置に必ずドレン孔を設け、濃厚廃液貯槽又はめっき槽へ導入する配管を行う。

3-1-3-11 ボイラー及び蒸気配管

- (1) ボイラーのドレン水の処理は、特定施設の届出を必要としない小型のものでは、無処理のまま放流されているが、めっき工場ではpHの高いドレン水を処理せず放流すると、サンプリング時のタイミングにより放流水のpHが高くなるので、排水処理をすることが望ましい。
- (2) 生蒸気を直接アルカリ脱脂や湯洗槽に吹き込み、加温する場合、ボイラ停止時にバルブを閉め忘れると、配管内が減圧となり、薬液が逆流する恐れがあるため、配管には逆止弁やドレン孔

等を取り付ける必要がある。

3-1-3-12 熱交換器の設置

- (1) 熱交換器の使用は、投げ込み式よりも槽外循環式の方が望ましい。
- (2) 蒸気ドレンはそれのみの貯槽を設け、熱交換器破損のさいの始末が確実に出来るようにする。
- (3) 冷却水は、破損の事実が確認できる方法にして使用する。

3-1-3-13 バレル研磨機の手扱い

湿式バレル研磨の処理液の排水処理には注意を要する。この液は時として処理装置の正常稼働を誤らす原因となるので、液こぼれ対策及び濃厚廃液についての取扱い方法を確立すること。

3-1-3-14 めっき治具の留意点

- (1) めっき治具は、品物の接点以外はコーティングして使用しているが、何回も繰り返し使用しているうちに劣化し、表面にクラックが入ったり、品物との接点部が剝離してくる。このような状態で使用していると、前工程の液体が染込み等によって次工程に混入し、めっき不良の原因となるばかりでなく、例えば、シアン系排水が酸系排水に混入し、時として鉄シアン錯塩を生成したり、アルカリ脂脱液中に六価のクロムが混入したりして、せっかくの分別手段に誤りを起こし、排水処理に多大な影響を与えることになる。

(2) 陽極電解脱脂時の留意点

鉄鋼上のニッケル、クロムめっき工程で、品物を陽極にして電解脱脂をするか、PR電解脱脂を行うとき、クロムめっきされた治具からアルカリ浴中での陽極処理により、クロムが溶解し、脱脂液中に六価のクロムとして蓄積されることがある。これを防ぐ方法として、治具の剝離ラインを別に設置し、めっきが終了したら必ず治具はクロムめっきを剝離する。

電解脱脂に六価クロムが存在しているか、発生する可能性がある場合は、その水洗水及び更新廃液はクロム系排水に導入されるべきであるが、その時、電解脱脂液中にあるキレート剤、界面活性剤等が還元電位を持っているため、クロムの排水処理は通常のORP値の設定では六価クロムが完全に還元されない場合があるので、注意を要する。

3-1-3-15 アノード及びアノードケースの使用上の注意点

電解脱脂、銅ストライク、亜鉛めっき等のシアン浴では、時として金属成分が標準濃度より大となることがあるが、その場合、陽極に鉄板を使用して金属成分の増加を止める手段や鉄製のアノードケースの使用は、長時間の稼働で鉄が溶解し、鉄シアン錯塩として浴中に蓄積される。この場合、アルカリ塩素法処理では鉄シアン錯塩は完全に分解されない。したがって、吊るすめっき金属アノードの量（表面積）を減らすか、チタンケース等を使用すること。

3-1-3-16 くみ出し量の削減

品物に付着などでくみ出されるめっき液や前後処理液は、有用成分の損失であり、排水処理負担を増すことになる。したがって、くみ出し量の削減には十分注意を払う必要がある。

(1) ひっかけ治具の改善

めっきの仕上がりに注意する中で、めっき治具も図3-1-17のように水平部をなくし、品物の表面に付着しているめっき液のくみ出し量が少なくなるように、また液切れのよいひっかけにする。図3-1-18と表3-1-16に、くみ出し量が形状やひっかけ方、そして引上げ速度によりどう変化するかを示した。

(2) めっき槽上での停止

できる限りくみ出し量を少なくするため、自動設備では、めっき槽上で一次停止を行い、手作業では、めっき槽上にひっかけ治具を吊り下げておく棒などを設けるとよい。さらに、ひっかけ方式のめっきでは、多少上下振動させると効果が上がる。

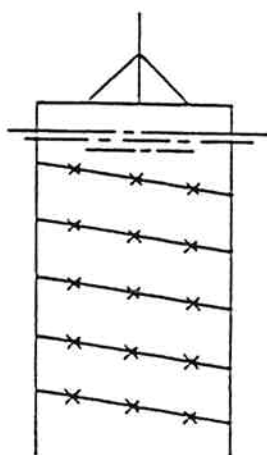


図3-1-17 めっき治具の例

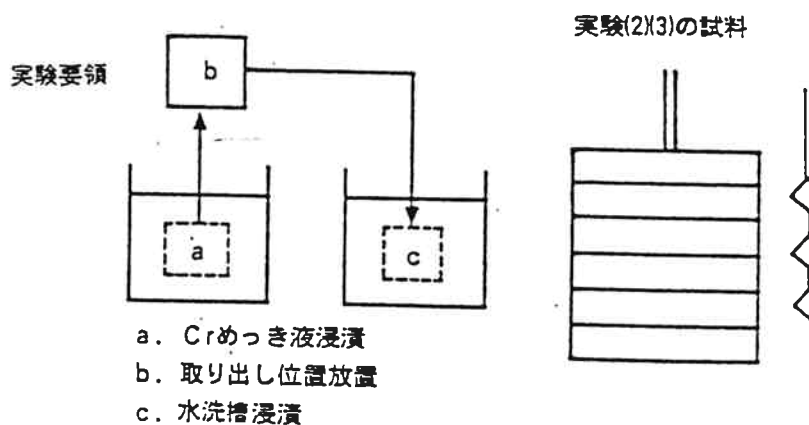


図3-1-18 めっき液くみ出し量の実験

バレルめっきでは、バレルを少し傾斜して停止させたり、回転させると効果が上がる。

表3-1-16 めっき液くみ出し量の実験結果

実験の種類	移動時間(秒)	無水クロム酸 重量(g/l)	クロムめっき液 体積(ml/dm ²)
(1)平板水平吊り	2(0)	0.3	1.2
	5(3)	0.135	0.54
	10(8)	0.105	0.42
	20(18)	0.06	0.24
(2)凹凸板水平吊り	2(0)	1.5	6.0
	5(3)	1.43	5.7
	10(8)	1.34	5.3
	20(18)	1.26	5.0
(3)凹凸板斜め吊り	2(0)	0.77	3.1
	5(3)	0.41	1.65
	10(8)	0.28	1.12

移動時間中()内は空中放置時間 液温は室温

クロムめっき液組成 CrO₃ 250g/l

H₂SO₄ 2.5g/l

(3) 生回収槽の付加

ひっかけめっきでは、図3-1-19のようにめっき槽の次に空の生回収槽を設け、仕上りに影響しない時間範囲で放置して付着しているめっき液が落ち切るようにする。この場合、多少上下振動させると更に効果が上がる。

なお、生回収槽で回収されためっき液は、ほとんどめっき液と同成分であるので、ろ過機を通してめっき槽に戻すことも可能である。生回収液を廃棄する場合は、濃厚老廃液として廃液処理しなければならないが、廃液処理に先だち金属分の回収を考えるとよい。

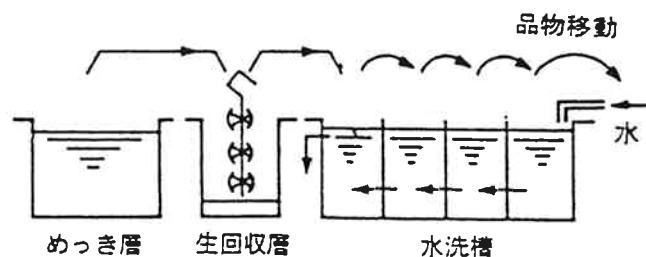


図3-1-19 ひっかけめっき方式の生回収槽

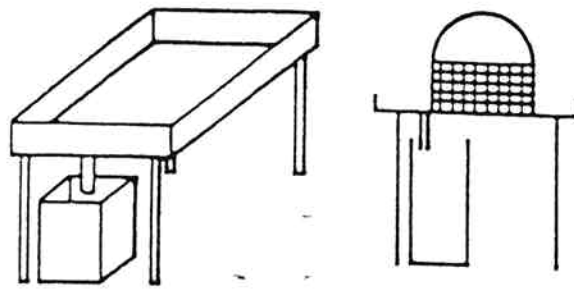


図3-1-20 生回収作業台の例

図3-1-20は、亜鉛めっき後にかごでクロメート処理を行う場合などに用いる生回収の作業台の一例である。

バレルめっきでは、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時間範囲で傾斜して保持するか、低速で回転させる。

手動、半自動設備では、シュートの先に樋をつけたり、品物受皿をおいて生回収を行う。

3-1-3-17 めっき槽間の液だれ防止策

めっき槽や前後処理槽間をひっかけ治具にかけた品物やバレルを移動する場合には、大なり小なりめっき液などの濃厚液が落ちて、ややもすると槽の間に漏れて他の排水経路に混入することがある。この混入を防止するには、図3-1-21のような液漏れ防止カバーを槽間に装着する。

3-1-3-18 槽上移動時の混入防止策

ひっかけ方式のめっき、バレルめっきを問わず、めっき槽や生回収槽で液垂れを完全になくすることは不可能で、めっき槽や前後処理槽間を移動する場合に、他の槽に液が垂れると、めっきの仕上がりに悪影響を及ぼし、明け換え周期を早めることになる。

この混入を防止するには、図3-1-22のように移送機の下端に液垂れ受けを設け、移送機を移動する時は、品物の鉛直下にもってくるようにするのも一案である。

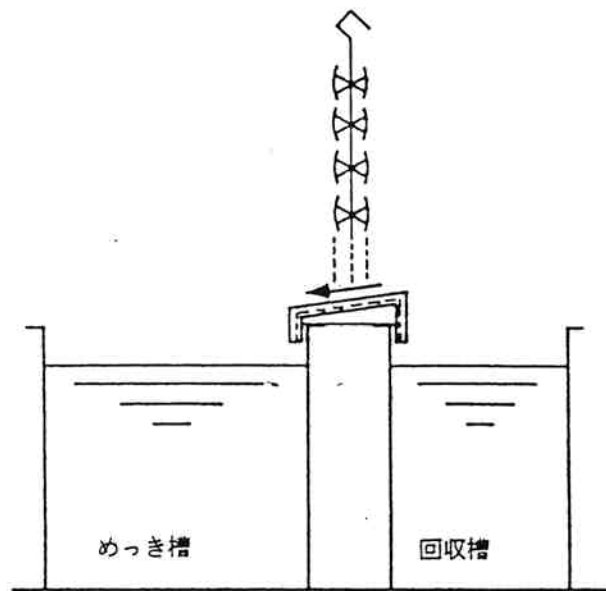


図3-1-21 槽間液もれ防止カバー

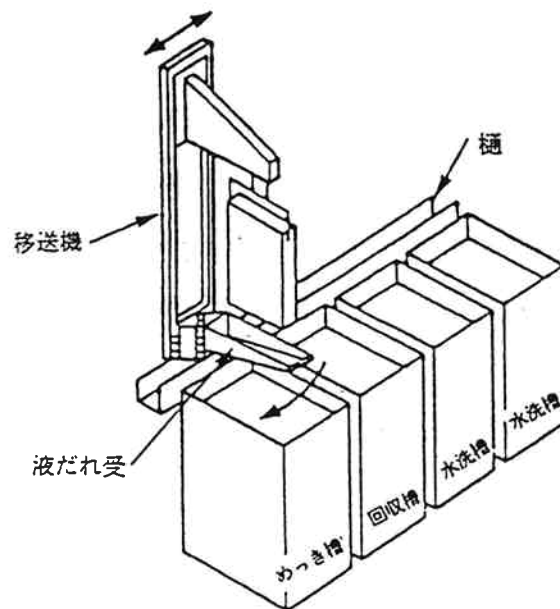


図3-1-22 槽上移動時の混入防止例

3-1-3-19 排気設備の改善

クロム酸やシアン化物などを用いるめっき槽や前後処理槽からは、有害なガス及びミストが発生するので、労働衛生面や設備機器などを守るためにも排気設備を設置するが、有効に局所排気を行い、さらに公害発生を起こさないためには、フードの形状、ダクトの配管、洗浄装置などの構造や保守管理に注意しなければならない。

(1) 排気フード

めっき槽や前後処理槽で発生するガス及びミストを直接吸引する吸込口である。

フードの形状は、槽の形状、保守及び作業性などを考慮して決定する。図3-1-23に点検口、ドレン口を設けた排気フードを示す。

(2) 排気ダクト

排気ダクトは、排気フードと排風機を連結する重要な管路である。ダクトの施工が不具合であると圧力損失を増大させるばかりでなく、振動により継ぎ目が緩み、思わぬ液漏れを生ずるので注意を要する。図3-1-24に排

気ダクトの施工例を示す。なお、複数の排気フードをダクトにより集合する場合は、排水を系統的に分別したと同様に、同一系統のダクトを必要に応じてダンパーを介して集合するようにする。

(3) 排気洗浄装置

排出したガス及びミストは、なんらかの方法で有害物質を除かないと大気中に飛散し、屋根などを汚染することになり、雨水で洗い流され、流出する事故となる。図3-1-25は、排気洗浄装置の例で、排風機で導かれたガス及びミストを含む空気は、洗浄装置内部で上方から散布する水又は中和液のシャワーと向流し、ミストキャッチャーを通して大気に放出される。

洗浄装置の洗浄液の濃度が使用中に高まるので、定期的に排出して濃厚老廃液として処理する。

洗浄水を用いない乾式のものもあるが、これも定期的な水洗を要する。なお、水洗に際しては、特に洗い水の飛散に注意して濃厚老廃液として処理する。

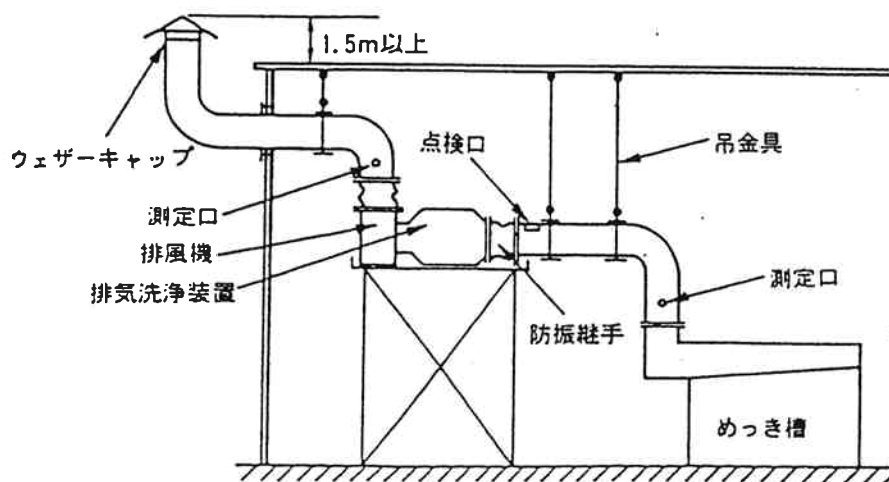


図3-1-24 排気ダクトの施工例

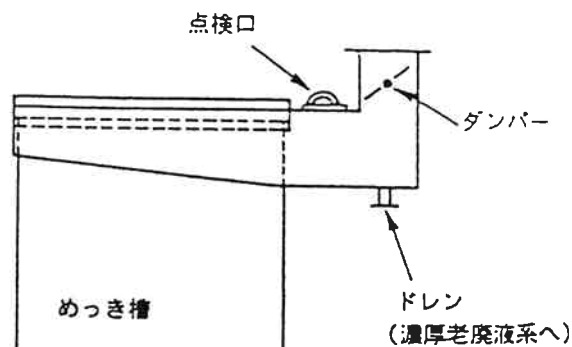


図3-1-23 排気フードの例

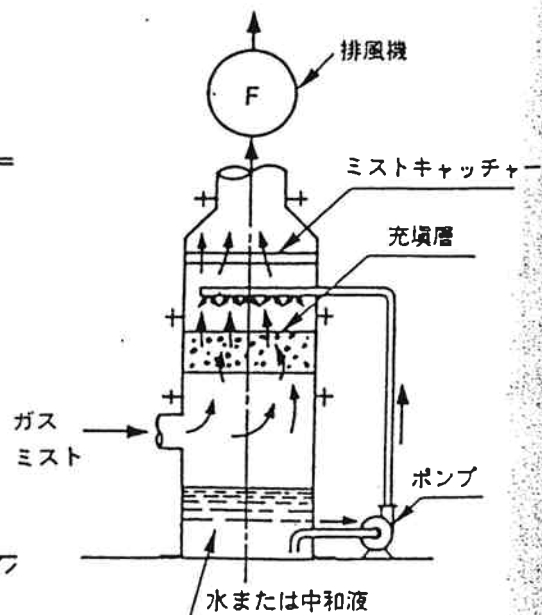


図3-1-25 排気洗浄装置

3-1-4 水洗工程の改善

水洗工程は、品物の表面に付着している前工程の処理液を効率よく洗い落とし、次工程への持ち込みを防ぎ、液の劣化や品質に影響を及ぼさぬようにすることである。排水処理は、実質上この水洗水の処理である。したがって、めっきの仕上がりを考慮した上で、水洗水量を減らすことが、排水処理設備の小形化と処理経費の軽減につながるので、おろそかにすることはできない。

3-1-4-1 水洗槽の改善

水洗槽の大きさは、品物の最大のものが収容でき、やや余裕があればよいが、深さについてはパイプ類が入ることと、品物の投入時に液面が上昇するので余裕を持たせるとともに、給排水は水の流れを考慮した構造にする必要がある。

(1) 給排水口の位置

補給水が表層部を流れて排出されるために、図3-1-26のよう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、有効に品物を洗浄するようにする。なお、この場合逆流を防止するためじゃ口と水面の距離を50mm程度とるようにする。

(2) バレル用水洗槽の形状

バレルの投入時は液面が大幅に上昇するので、通常の液面から槽上面までの距離にも余裕を持たせるとともに、排水口も十分大きくとるようにする。

さらに、槽底を図3-1-27のような形状にすると、水洗水の入れ替りが早くなるなどの効果がある。

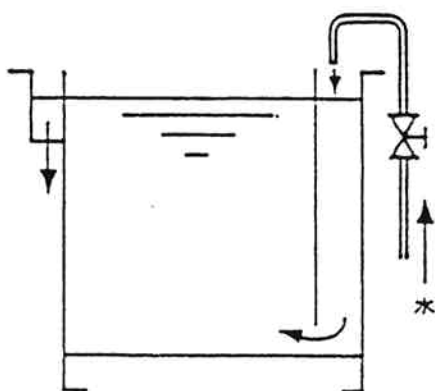


図3-1-26 水洗槽の給排水口位置

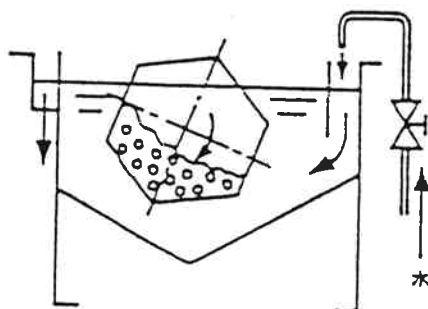


図3-1-27 バレル用水洗槽

3-1-4-2 効果的な洗浄

給水による水洗だけでは十分な洗浄効果が出ない場合がある。このような場合は、次に示す方法を併用する。

(1) スプレー洗浄

水洗槽又は回収槽上にスプレーを付けて、品物の上昇時にかかるようにする。この場合、スプレー水の飛散を防止するためノズルの向きは、水平から30° 下向きとし、また、通電バーを洗浄すればミストなどの付着による接触不良、溶解などの問題も軽減できるので、工程によっては実行するとよい。

図3-1-28は、槽下部に循環スプレーを、上部にスプレーを設け、スプレーの水量だけ排出させるもので、水量が比較的少なく済み、スプレー洗浄液は回収することを検討する。

(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が、使用する空気に油分や塵埃が混入していると仕上りに影響するので、注意を要する。図3-1-29は、空気攪拌の例を示す。

(3) 超音波洗浄

空洞現象と衝撃波の繰り返しにより、品物と治具の接触部や品物の凹部に入り込んでいる液を洗い出す特有の効果があるが、周波数がきわめて高いため、直進性が強く陰になる部分は洗浄効果が低下する傾向がある。振動子の配置には注意を要する。

(4) 温水洗浄

加温による液の膨張と粘性の低下により洗い出しをしようとするもので、槽底に設置したコイルに蒸気を送り込むか、ヒーターを投入して行うが、洗浄効果の向上、温度の平均化のため攪拌をくわえるとよい。なお、ボイラのドレン口を直接槽内に入れることは、逆流などの危険があるので避けるべきである。

(5) 揺動

バレルめっきの場合では、バレル内部の液（水）の交換を促進するために、槽から出し入れしたり、或いは回転させる。

また、通常の場合でも揺動による水洗は効果があり実施例も多い。

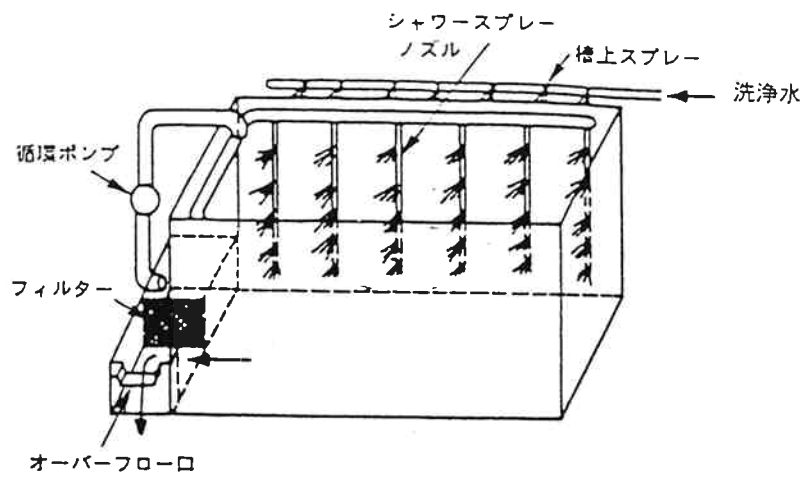


図3-1-28 スプレー洗浄の例

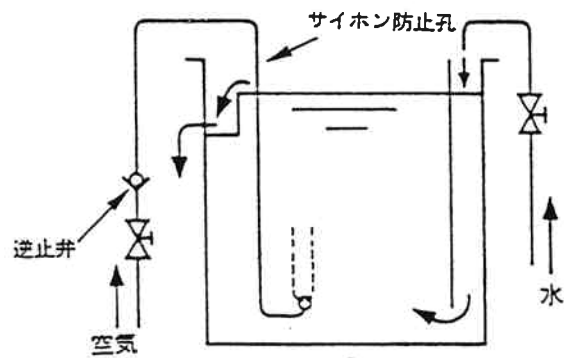


図3-1-29 空気攪拌の例

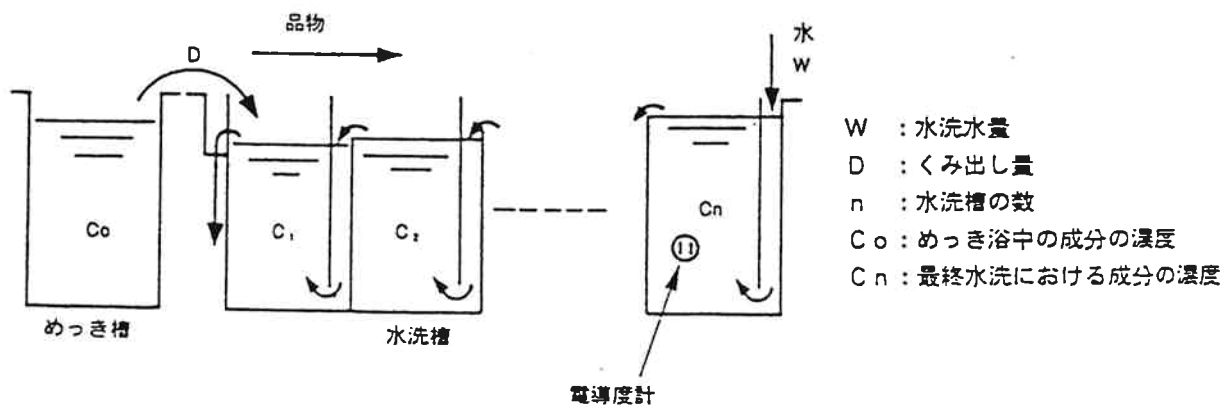


図3-1-30 多段向流水洗槽

3-1-4-3 多段水洗の効果と注意事項

水洗水の汚染許容限度を同じとした場合、水洗段数が多いほど水洗水量が少なくてすむことは言うまでもない。

多段水洗方式には大別して、並列水洗、多段向流水洗、バッチ式多段向流水洗がある。

並列水洗は、各槽に独立して給水させるため水量は多く、多段水洗による節水率は小さい。

多段向流水洗は、最終槽に給水して順次前の槽に送り、第一槽から排出する水洗方法で、並列水洗に比較して節水率が大きく、めっき工場における水洗工程の基本となっている。図3-1-30は、多段向流水洗槽で水洗水量は、 $W = D \sqrt{C_0/C_n}$ で表わされる。

バッチ式多段向流水洗は、n個の槽を用い、一たん全部の槽に給水したらじゃ口を止めて、一切給水を行わず、作業の進行につれて水洗水濃度が上がるのに注意し、定期あるいは不定期に第一槽内の水を抜き、つぎつぎと前槽に送り込み、最終槽に給水するものである。

この方式は、多段向流方式よりも使用水量の軽減は可能になるが、水洗水の明け換え、移し換えにポンプが必要になる。

いずれにせよ、多段水洗の場合、めっきの仕上がりに影響を与えることも考えられるので、最終槽に電導度計を入れて汚染許容限度の管理を行う。

3-1-4-4 イオン交換樹脂による水洗水の循環利用

イオン交換樹脂は、被処理水のイオン濃度が低いほど再生周期が長くできるので、図3-1-31のように、多段向流水洗槽の次にイオン交換装置を組み込んだ循環水洗槽を設け、水洗水として循環再利用するとよい。このようにすれば、循環水洗槽へ持ち込まれるイオン量を少なくできるので、再生周期が長くなる上、循環水洗水量も大きくできる利点がある。

しかしながら、イオン交換樹脂は交換容量に限りがあるので、電導度計を循環水洗槽又はイオン交換装置出口に取り付け、電導度が設定値より上昇したときに再生を行う。

自社で再生する場合は、再生廃液を系統別に濃厚廃液槽へ送り処理を行うか、産業廃棄物処理業者に処分を委託する。

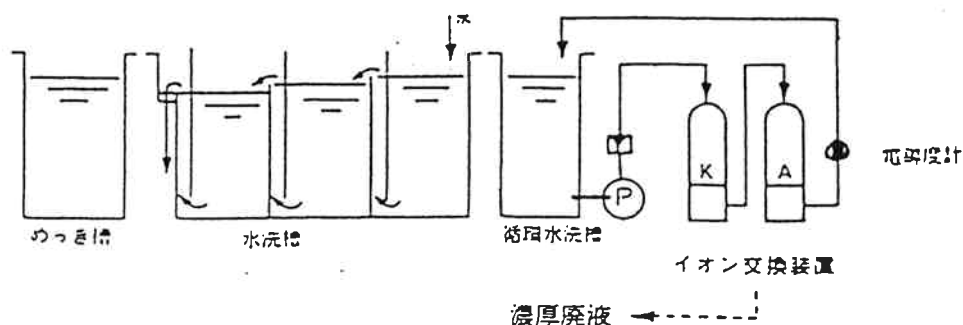


図3-1-31 イオン交換装置による循環水洗

3-1-5 回収再利用とスラッジ削減対策

1996年1月より、いわゆるロンドン条約に基づいて産業廃棄物の海洋投棄禁止項目が強化されることになり、従来は投棄が認められていた一部の重金属含有スラッジについても規制されることになった。

従って、該当するスラッジや廃液はすべて内陸で処分することになり、その経費も相当高くなるものと予測される。

改めて廃液の精製リサイクル技術、金属スラッジの再資源化技術などを見直す時期ではなかろうか。

3-1-5-1 めっき液の回収再利用

品物に付着して汲出されるめっき液は、めっき液と同成分なので、元のめっき槽へ戻すことができれば、排水処理の負担を軽減できる点からも有効である。そのため、3-1-3-16の項でひっかけ治具の改善、めっき槽上での停止や生回収槽の付加でくみ出し量の削減を図り、3-1-4-1～3-1-4-4の項でより少量の水洗水で効果を上げることを述べた。

ここでは、さらに積極的にくみ出されためっき液をめっき槽へ戻す方法について示す。しかし、回収再利用する場合は、めっき液中の不純物の増加、あるいは添加物の分解という点には特に注意しなければならない。

(1) 大気蒸発濃縮法

めっき槽で発生するガスやミストを排風機で排出する場合、排気洗浄装置で除去するのが一般的であるが、図3-1-32は、大気蒸発濃縮装置を用いたクロムめっき工程の処理例で、装置内の充てん層で排気と濃縮しようとする液を接触させて濃縮するとともに、フィルター効果でミストを除去する方法である。

この場合、不純物の陽イオン（主に重金属）も濃縮されるので、この不純物陽イオンを除去する不純物電解除去装置が付加されている。

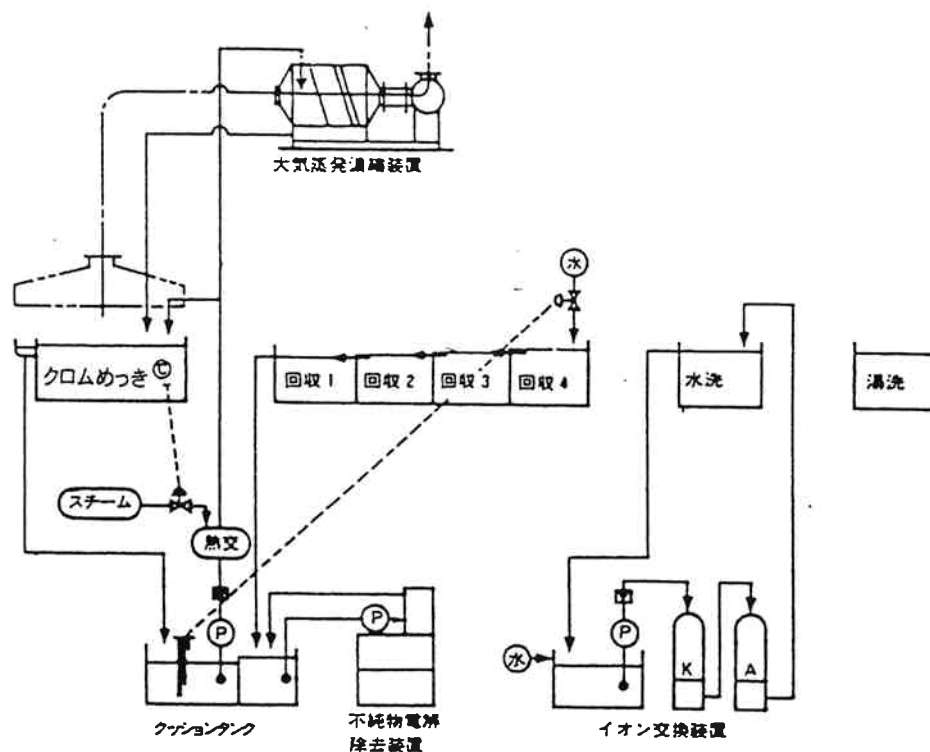


図3-1-32 クロムめっき工程の大気蒸発濃縮例

(2) 減圧蒸発濃縮法

蒸発温度が減圧により低下することを利用して濃縮する方法である。図3-1-33は、クロムめっき工程の減圧蒸発濃縮例で、濃縮する前に不純物陽イオン（主に重金属）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など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。

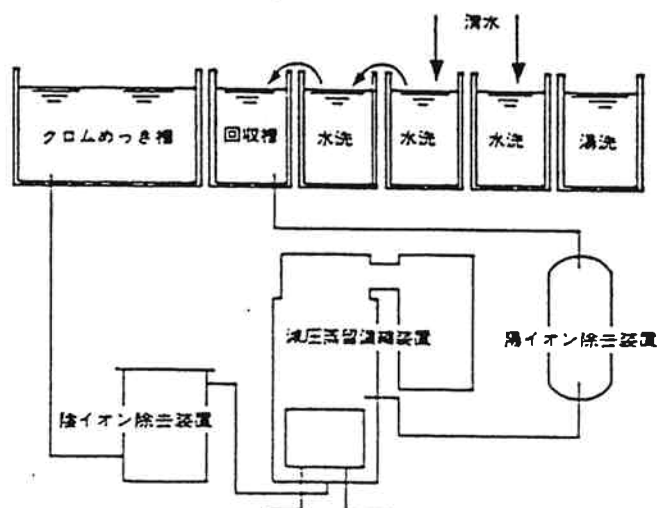


図3-1-33 クロムめっき工程の減圧蒸発濃縮例

(3) 逆浸透法

逆浸透法の原理は、図3-1-34のように半透膜をはさんで水と溶液がある場合、水は溶液を薄めるような方向で半透膜を通して溶液の中に入る。その圧力差を浸透圧というが、この浸透圧以上の圧力を逆に加えると、溶液中の水は半透膜を透して水の側に移動する。これを逆浸透という。半透膜にはセルローズなどが使われる。

現状では、濃度の比較的高い液から一度にイオン交換水のような脱塩水を回収することは難しいが、一方では低濃度溶液を濃縮回収し、他方薄い溶液にできる利点がある。逆浸透法は連続操作で手間がかからない上、低濃度から比較的高い濃度まで利用でき、かつ、濃縮、脱塩がポンプ用動力だけの低エネルギーでよいから、めっき液の濃縮や脱塩に適している。しかし、使用にあたっては、pH、SS、温度などに制約があるので、注意が必要である。図3-1-35に、ニッケルめっき工程の逆浸透による回収システムを示す。

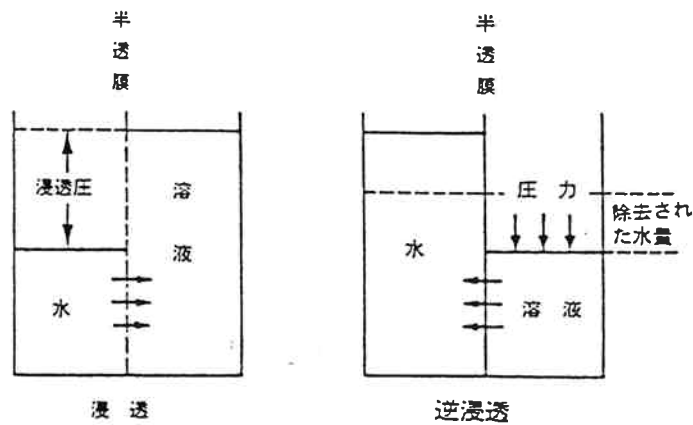


図3-1-34 逆浸透原理図

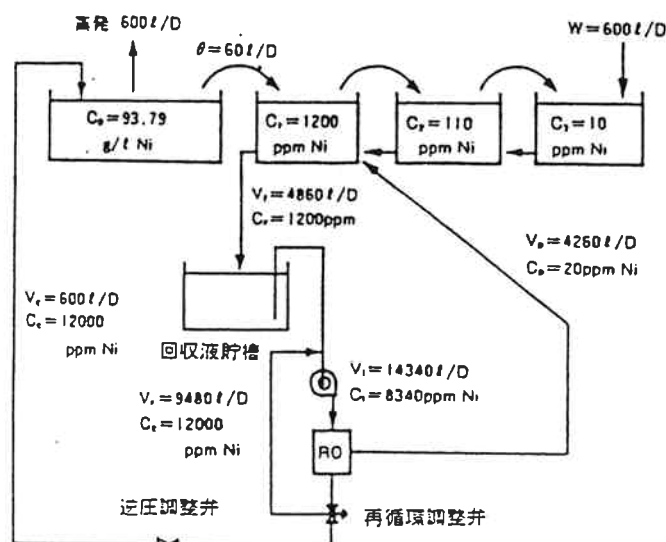


図3-1-35 ニッケルめっき工程の逆浸透による回収システム例

3-1-5-2 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解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液中の金属回収などに用いられるが、シアン含有廃液のシアンの酸化分解や無電解めっき廃液のCOD処理にも摘要される。

通常陽極にはグラフナイト、二酸化鉛など不溶性陽極を用いて、電着金属は陰極からはがして回収する。図3-1-36は、循環式電解回収装置で、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。

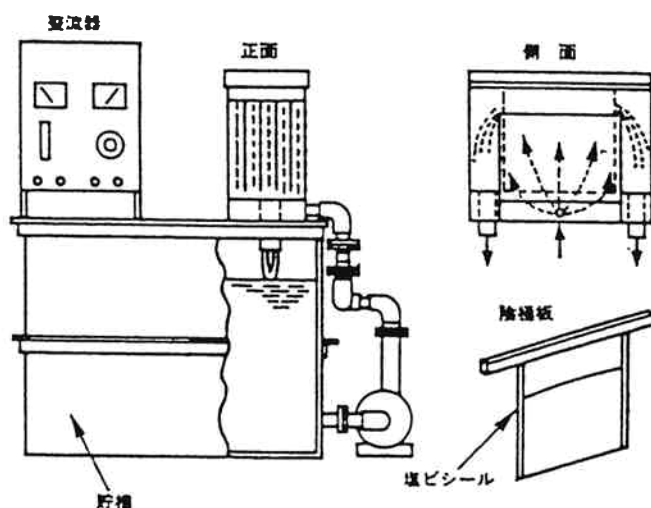


図3-1-36 循環式電解回収装置

3-1-5-3 山元への還元再資源化

ニッケル系、銅系、亜鉛系、金銀系の分別スラッジを対象とする方式と、混合スラッジを対象とする方式がある。

分別スラッジ方式では、金銀系には特に制約はないが、他の系統のスラッジには、金属含有量はもちろん、細部にわたる受入基準が設けられている。受入基準は、めっき工場の現状と比較して極めて厳しいものとなっている。表3-1-17に、受入基準の一例を示す。この方式を生かすには、排水の分別処理をより徹底し、売却できる品位のスラッジとするように心掛ける必要がある。

混合スラッジ方式では、りん含有量を除いては受入基準に厳しい点がほとんどなく、含水率を80%以下に抑えることさえ留意すれば、ほとんどのめっきスラッジは受入基準内に納まるはずである。

重金属スラッジの資源化回収は、ごく一部の山元還元を除いてすすんでいない。その主な理由は、めっき事業所は小規模で、一事業所当たりの発生量が少なく、大都市付近に広域分散してい

る一方、山元還元する精錬所は遠隔地にあるため、収集と輸送コストに問題があるからである。

排水処理も、めっき種類毎に分別処理している事業所はきわめて少なく、混合金属の形をとり、種類と数量のバラツキの多い異種金属混合体となっている。そのため、大量生産規模の山元精錬所の生産方式に全くなじまないからである。

表3-1-17 スラッジ受入基準例

(単位%)

	N i	C u	Z n	F e	P b	S n	S	P	F	T - C r	Cr ⁶⁺
ニッケルスラッジ	10 以上	0.2	0.1	5	0.04	0.1	1.0	0.1	0.01	0.2	1.5 mg/l
銅 ス ラ ッ ジ	1	15 以上	5	5	0.1	0.1	2.0	—	0.01	0.2	1.5
亜鉛スラッジ	1	1	30 以上	free	free	0.05	—	—	0.01	0.2	1.5

注1. 数値はドライベース

注2. free…いくらでもよい

注3. 六価クロムは環告13号による溶出試験

注4. 含水率50%以下で、発塵しない程度に乾燥されたもの。ただし、少量で、やむを得ない理由により乾燥できない場合は、輸送中に二次公害を起こさない程度(65%以下)に脱水されたもの。

3-1-5-4 スラッジの減量化、再資源化への指向

全鍍連の調査結果によれば、スラッジ発生量の95%は混合スラッジであり、そのうち90%前後のスラッジは埋立処分されている。

めっきスラッジの再利用、再資源化については20年以前より提言され、それなりの技術についても提案されてきたが、基本的に混合スラッジの状態では再資源化の可能性は極めて薄い。

図3-1-37に示すように、スラッジ量の減量化は発生源におけるリサイクルが基本である。しかし、浴液や加工工程によってはリサイクル化できないケースもあり、その場合は工程外で処分することになる。

この場合、工程単位又は同種めっき毎に処理すれば(分別処理)、再資源化が可能になる。

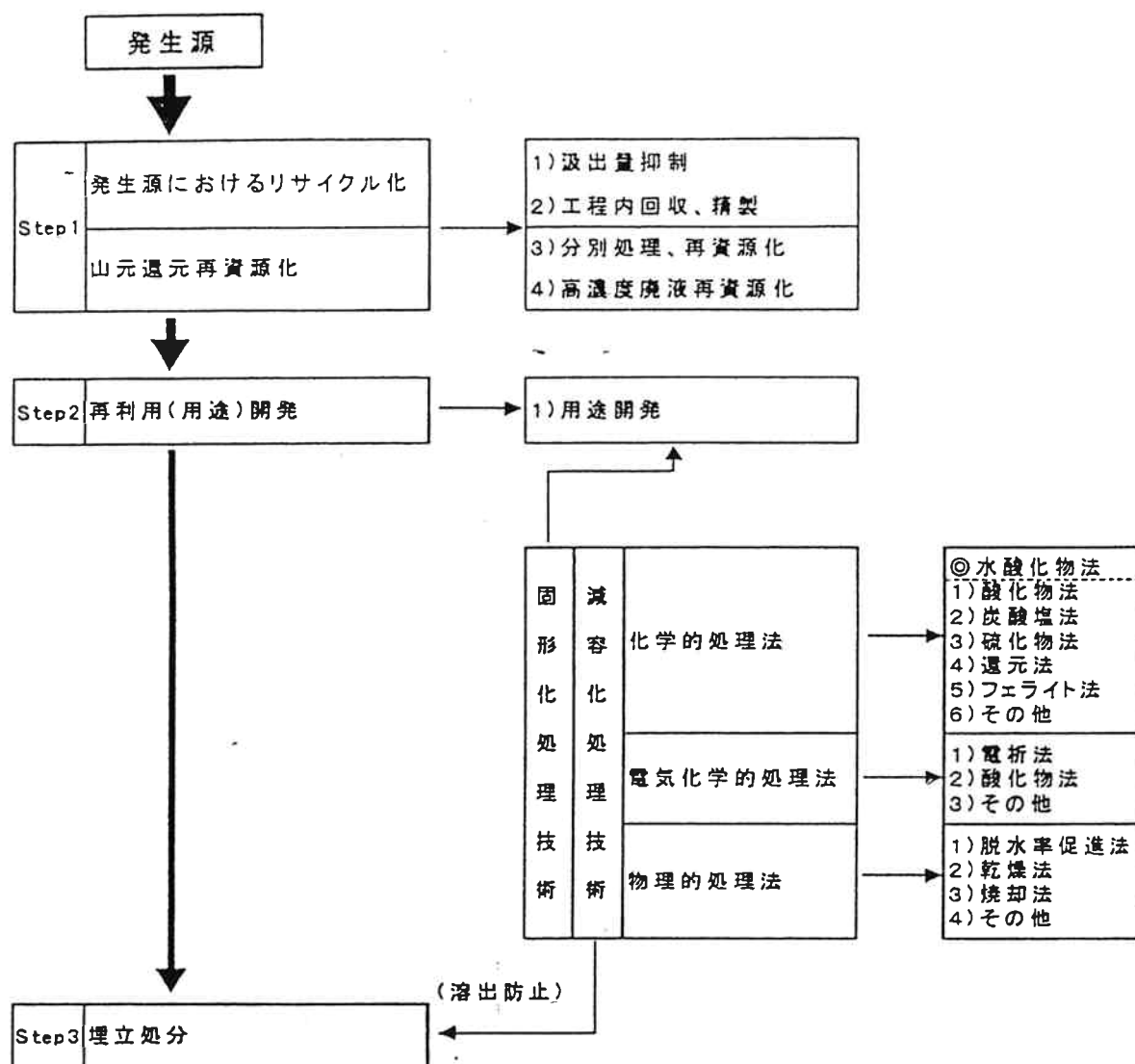


図3-1-37 電気めっき・金属資源の再利用技術と減容化技術類別

例えば、回収槽（又は第1水洗槽）の液を1日1～2回（汲出量によって決める）、回収式で処理すれば、液量は500～1000L／日であり、この操作により60～70%の金属が分別可能になる。

次に、混合スラッジの利用、用途を確立する必要がある。フェライト化とその利用、レンガ、瓦材としての利用など開発報告されているが、早急な工業化が期待されている。

混合スラッジは、最終的には埋立処理されることになるが、現在の処理法では殆どが水酸化物を生成し、70%前後に脱水した後処分している。この場合、金属含有量は15～20%であり、いかにも不合理である。

銅、ニッケル、亜鉛などの混合スラッジでは、水酸化物に比べ酸化物、硫化物は沈降性、脱水性が良く、スラッジ容量で1/2～1/3に減少するとの報告もあるが、現状では生成コストが高く採用されていない。

3-1-5-5 無電解ニッケルめっき廃液の精製及び無害化处理技術の動向

全鍍連と関連する業界では、平成6年度より実施されている構造改善事業の一環として、無電解ニッケルめっき廃液の無害化处理技術の確立について開発が進められている。また、研究機関や設備メーカーなどでもニッケル、りん酸塩の回収や透析膜を利用した精製リサイクル化に関する技術が発表されており、一部ではすでに商品化されている。

無害化处理法としては、ニッケル、りん、有機酸を含むCODが処理対象であり、それぞれ工場の立地条件によって、処理が行われている。

産廃業者への委託処分を除いて、工場内で無害化处理する方法としては、

- (1) 洗浄排水に少量づつ滴下し、凝集沈殿処理する。
- (2) 電解法によりニッケル、CODを90%以上処理した後、洗浄排水に希釈して処理する。
- (3) 回分式で酸化剤を加え処理する。

などであるが、今後ニッケルが規制されることになれば改めて処理法についても見直しする必要が生じる。

〈参考資料〉

- (1) 通産省基礎産業局：電気めっき排水処理指導書（CODの実態とその処理技術）（昭和55年）
- (2) 東京都立工業技術センター：めっき排水中の重金属処理対策（昭和56年）
- (3) 全国鍍金工業組合連合会：窒素・リンの規制と排水処理対策（昭和59年）
- (4) 日本表面処理（めっき）機材工業協会：めっき工場廃水のりん・窒素処理（昭和56年）
- (5) 東京鍍金材料協同組合、全国鍍金材料組合連合会：めっき技術ガイドブック（昭和58年）
- (6) 松永正久編：バレル仕上法：誠文堂新光社（昭和34年）
- (7) めっき技術便覧委員会編：めっき技術便覧：日刊工業新聞社（昭和46年）
- (8) METAL FINISHING Gide Book & Directory: METALS AND PLASTICS PUBLICATIONS. INC(1986)
- (9) 東亜合成化学工業(株)：テクニカル インフォメーション他（昭和60年）
- (10) 愛知県鍍金工業組合環境保全対策委員会：工場の地下浸透防止（昭和53年）
- (11) 通産省鉱山石炭局：電気めっき排水処理指導基準（昭和46年）
- (12) 日本鍍金協会：新やさしいめっき読本（昭和54年）
- (13) 東京都立工業技術センター：産業公害防止の技術（昭和53年）
- (14) 日実第1095923号
- (15) 日本プレーティング協会：現場技術者のための実用めっき(Ⅱ)（昭和57年）
- (16) 神奈川県メッキ工業組合編：メッキ工場リサイクル化の実際：槇書店（1976）
- (17) 中村経営研究所：めっき工業におけるクロードシステムの理論と応用（昭和52年）
- (18) めっき排水処理工業会(現(社)日本表面処理機材工業会)：クロード化へのアプローチ（昭和50年）
- (19) 表面技術総覧－めっき・陽極酸化編－：広信社（昭和58年）
- (20) 全国鍍金工業組合連合会編：平成4年度非鉄系金属素材技術基盤整備対策調査報告書（平成5年）
- (21) 群馬県工業試験場研究報告：めっきスラッジの有効利用に関する研究（平成8年）
- (22) 名古屋市工業研究所他共同研究：工場排水からの重金属回収に関する研究（平成8年）

3-2 めっき排水の処理

3-2-1 排水の水質・水量管理

めっき排水処理は、処理対象となる有害成分の種類が多く、有害成分によって処理方法が全く異なる。特にシアンと六価クロムの処理については、シアンは酸化分解処理であり、六価クロムは還元処理する方式であり、全く正反対の化学反応で処理するため、広く行われている連続式排水処理方式では、シアン系排水中に六価クロムを含む排水が混入したり、逆に六価クロム系排水中にシアン排水が混入したりすると、混入した六価クロム又はシアンは全く処理できずに排出されてしまう。また、酸、アルカリ系排水中にシアンや六価クロムが混入した場合も、シアンや六価クロムは処理できず、放流水に残留して検出される。このように排水処理設備が完備し、正しい運転管理が行われていても排水の分別が悪いと結果として処理が不全となってしまう。実際に排水処理上のトラブル原因では、流入水の分別が完全でないために発生している事例が多い。

また、めっき排水には、水量的に大部分を占める濃度が薄い水洗排水と、水量は少ないが間欠的に排出される濃度の濃い浴の更新廃液及び回収槽の更新液がある。連続式排水処理設備は、排水の平均水量及び平均濃度を基準として設計、設備化している。それ故、濃度の濃い廃液を一時的に流入させると、処理能力を越えて処理不完全なまま排出されてしまう。

排水処理を確実にを行うには、排水系列の分別及び排水濃度の平均化を図るような流入管理を確実に行うことが必要である。

3-2-1-1 排水の分別

めっき排水は、処理する有害成分の種類によって正しく分別して排水処理設備に導入する。

基本的には次のように分別して排出する。

シアン系 ①シアン系排水（水洗排水等濃度の薄い排水）

②シアン系濃厚廃液

クロム系 ①クロム系排水

②クロム系濃厚廃液

酸・アルカリ系 ①酸、アルカリ系排水（シアン、クロム系以外の水洗排水）

②酸、アルカリ系濃厚廃液

その他、ほうふっ酸系廃液やりん・窒素系廃液、キレート系廃液などそれぞれの成分に応じた処理を行うことが効果的な場合には、それぞれ個別に分別して処理する。

3-2-1-2 排水の水質管理

めっき工程から排水処理装置への導入（流入）管理上の要点を述べる。

- (1) 各作業槽（水洗槽、めっき槽）からの排水は、各排水系列ごとに配管で排水貯槽に導入する。排水溝による導入は、他系列の排水が混入や地下浸透の危険があるので避ける。
- (2) 床は排水の分別系列ごとに仕切り、互いに混合しない構造とする。特にろ過機の解体、清掃など非定常作業時に漏れた排水が、他系統の排水に混入して事故が発生する事例があるので、非定常作業の排水の分別に対し、床構造、作業者の注意、教育を十分に行う。
- (3) 自動機のひっかけ治具等に付着しためっき液が、他系統のめっき浴や水洗水を汚染して分別を悪くさせる事例もあり、洗浄の方法に十分な注意を行う。
- (4) 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、できるだけ長時間かけ少量ずつ排水貯槽に送る機構を設けて処理する。

3-2-2 めっき排水処理の標準的なフローシート

めっき排水には、シアン、六価クロムその他重金属類が含まれており、シアンの分解（酸化処理）、六価のクロムの還元、重金属類の除去、pHの調整、管理が排水処理上の基本条件となっている。

連続式排水処理の標準フローシートを図3-2-1に示す。また、回分式排水処理のフローシートを図3-2-2に示す。回分式排水処理にはシアン系とクロム系を別々に回分処理し、pH調整槽以降を連続式処理と同じにする処理方法も行われている。

これらのフローシートに従って処理を行えば、CODの一部、りん、ふっ素（ほうふっ化物を除く）等も同時に除去することができる。

図3-2-2の回分式排水処理フローシートに従って処理する場合は、処理の順序を、①シアン系（アルカリ）排水を酸化処理した後、②クロム酸に酸系排水を加え、六価クロムの還元処理を行い、③凝集処理を行う、とするよう運転上の注意が必要である。

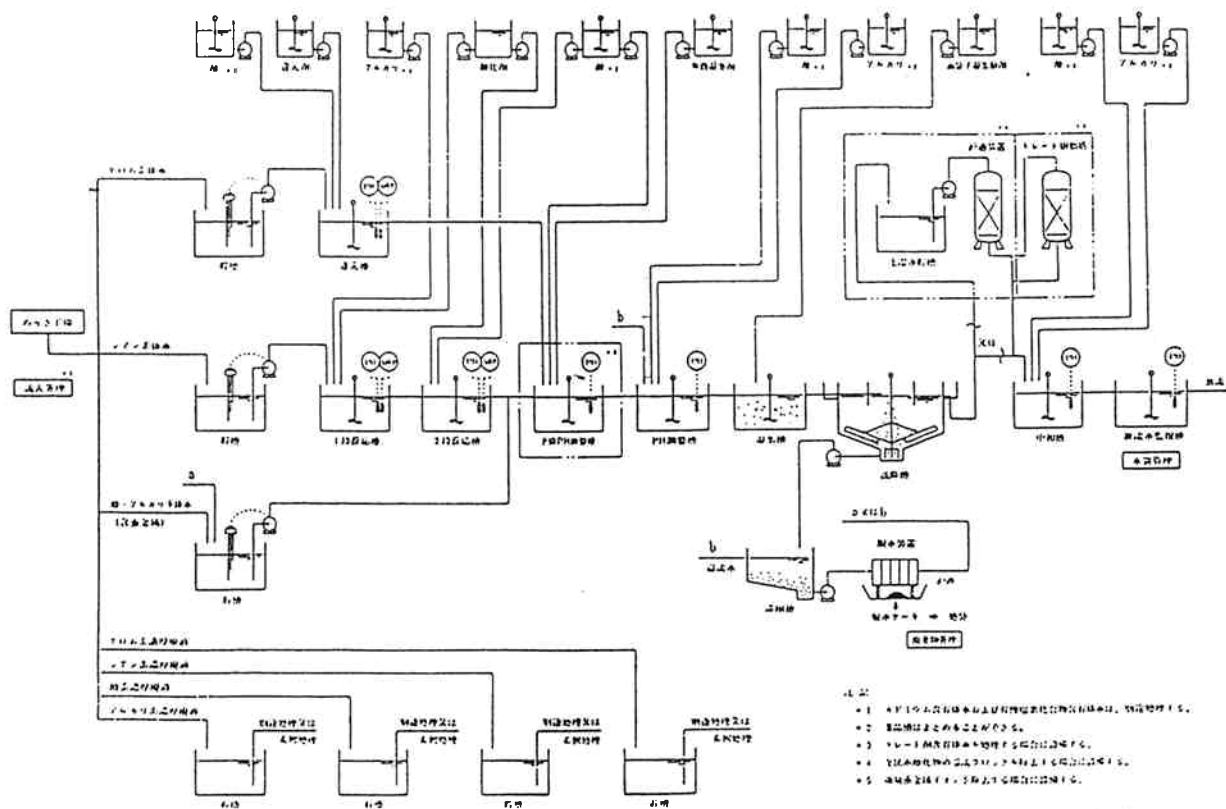


図3-2-1 標準フローシート

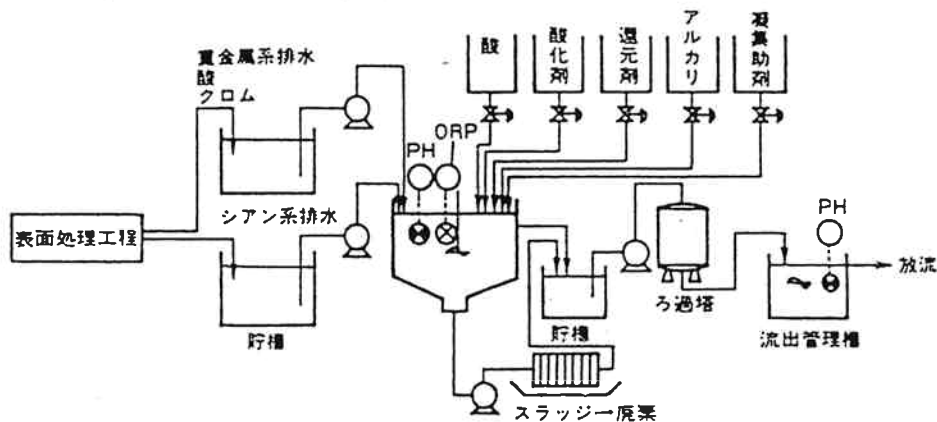


図3-2-2 回分処理法フローシート

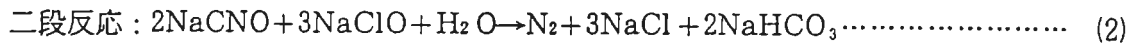
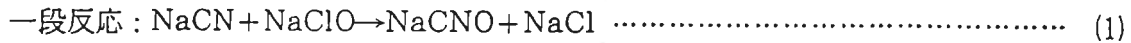
3-2-3 シアン排水の処理

シアン系排水は、アルカリ塩素法に基づいて、シアンはシアン酸を経て炭酸ガスと窒素ガスに分解し処理する。シアン排水系中の金属は水酸化物として沈降分離し、上澄水は処理水として放流し、沈降スラッジは脱水処理後、委託処分する。

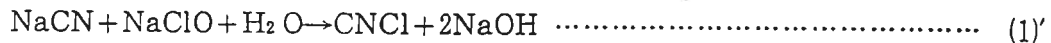
3-2-3-1 処理方法

シアン系排水の処理は、アルカリ性で次亜塩素酸ソーダNaClOを用いてシアンを酸化分解するアルカリ塩素法が最も安全で確実な方法として広く行われている。

次亜塩素酸ソーダによるシアンの分解は、次のようにシアニオンCN⁻をシアン酸CNO⁻に分解する一段反応と、シアン酸を更に無害な窒素ガスN₂と炭酸ガスCO₂に分解する二段反応の二段階の反応操作で行う。



一段反応でシアンCN⁻は次亜塩素酸ソーダNaClOによって直ちにシアン酸CNO⁻になるのではなく、シアニオンに次亜塩素酸ソーダを加え反応させると、まず次の反応によって塩化シアンCNCIが生成する。



この塩化シアンは揮発性で、毒性はシアンガスの1/3位で危険な物質である。しかし、塩化シアンはアルカリ性で容易に加水分解してシアン酸になる。



(1)'' 式の反応は中性では遅いが、アルカリが強くなるときわめて早く反応が進行する。それ故に塩化シアンを系外に発生させずにシアン酸とするために、pHを10.5以上に保つ必要がある(図3-2-3)。

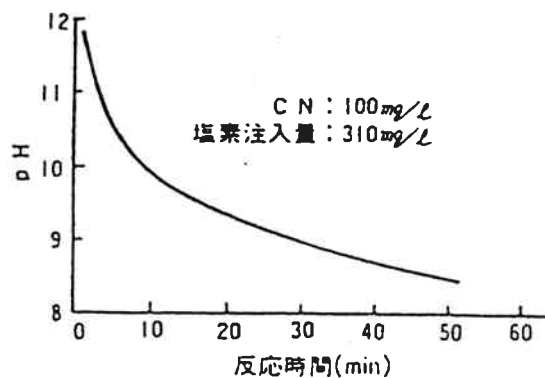


図3-2-3 pHと一段反応速度

二段反応は一段反応と異なり、pHは7.0~8.0の方が反応が早く進み、短時間(10分以内)で完了するが、pH9では60分を要し、pH10.5では60分でも反応は25%程度しか進行しない(図3-2-4)。

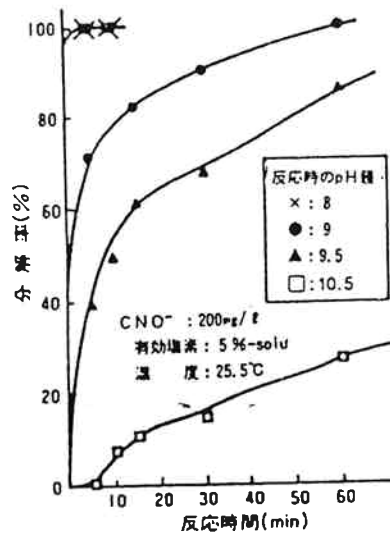


図3-2-4 CNO⁻の完全分解に対するpHの影響

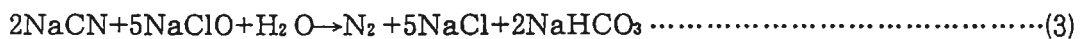
このように、シアンの完全分解を行うには、反応を二段に分け、異なるpH条件で反応させる必要がある。

反応条件は次の通り

一段反応 pH10.5以上 酸化電位 300mV以上

二段反応 pH7.5~8.0 酸化電位 600mV

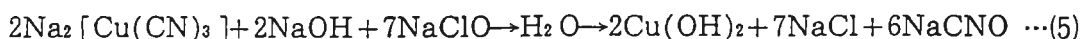
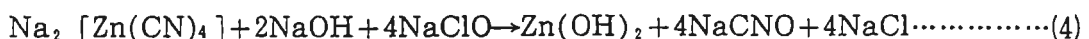
一段反応と二段反応をまとめたアルカリ塩素法によるシアンの酸化反応は、次のようになる。



(3)から、シアンCN 1gを完全酸化するのに必要な次亜塩素酸ソーダNaClOの理論量は7.16であるが、NaClOは有効塩素量10-12%で供給されるので、CN 1gの分解に要するNaClO (12%有効塩素)は理論量として60g必要とする。実際には過剰のNaClOが必要である。

(1) 亜鉛、カドミウム、銅のシアン錯体の処理

亜鉛、カドミウム、銅のシアン錯体は、次亜塩素酸ソーダによって容易に分解される。



銅のシアン錯体はCu⁻がCu²⁺に酸化するので、余分の次亜鉛塩素酸ソーダを必要とする。

(2) ニッケルのシアン錯体の処理

ニッケルのシアン錯体は次亜塩素酸ソーダによって分解できるものの、その反応速度はきわめて遅い。そのため連続処理装置に混入すると、シアンの分解が不完全になるので、シアン排水中にニッケルが混入しないよう流入管理に注意する。

ニッケルシアン錯体のシアンの処理は、次亜塩素酸ソーダを徐々に添加し、長時間(24時間以

上) 攪拌して一段反応を行い、続いて二段反応を行って分解する。図3-2-5はニッケルシアン錯体を含む排水を次亜塩素酸ソーダで処理したときのシアン濃度と反応時間の関係を示したものである。

ニッケルシアン錯塩のシアン処理の場合も Ni^{2+} が Ni^{3+} に酸化されるので、余分の次亜塩素酸ソーダを消費する。

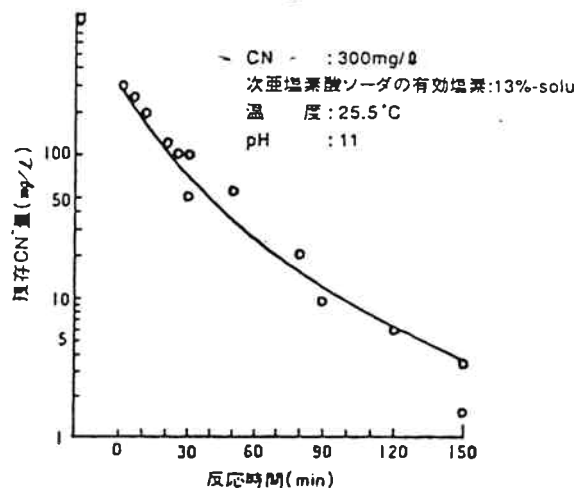


図3-2-5 $\text{Na}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ の NaClO による酸化分解

3-2-3-2 フローシート

シアンの酸化処理のフローシートは図3-2-1の標準フローシートを参照されたい。

3-2-3-3 処理装置の仕様

(1) 貯槽

シアン系排水の貯槽には上限点と下限点の液面制御を行い、上限警報装置を設備し、ポンプで一段反応槽に送液する機構とする。槽の容積は処理排水量の1時間分以上の実容積を有し、さらに、めっき槽の破損、ポンプ、バルブ、ろ過機等の操作手違いや破損事故による流出に対する安全策として、ポンプの上限点と貯槽上部の間に事故流出液を収容できる容積空間を設ける。

(2) 一段反応槽

容積は処理排水量の10分間分以上とし、流入排水のシアン濃度は 200mg/l 以下にする。シアン濃度が高い場合は、容積を大きくして滞留時間を長くする。pH計、ORP計の値に応じてアルカリ及び酸化剤を注入する自動制御装置を有する。また、反応を確実にするため攪拌機を設備する。攪拌機の動力は、 10m^3 までの反応槽では 0.2KW/m^3 以上とする。

(3) 二段反応槽

処理槽の容積は処理排水量の30分間分以上とし、酸化反応を確実にを行うために槽内に攪拌機を

つける。さらにpH計、ORP計の値に応じて酸及び酸化剤を注入する自動制御装置を設置する。

(4) アルカリ塩素法後のpH調整槽以降については、3-2-5 重金属含有排水の処理の項を参照されたい。

(5) 処理薬品

① アルカリ：一段反応には苛性ソーダ、消石灰などを使用する。

② 酸化剤：主として次亜塩素酸塩を使用する。

③ 酸：二段反応には硫酸、塩酸などを使用する。

3-2-3-4 管理上のポイント

(1) 日常点検は、pH計、ORP計の作動、ポンプの送水量、攪拌状況をチェックし、各機器の整備を確実にし、記録を付けること。

(2) 定期点検は、整備ポイントを定め確実にし、記録し、保管すること。

(3) 排水分別を確実にすること。

(4) 定期的にシアン分析を行い、記録を保存する。

(5) 処理水中にシアンが残留する場合には、鉄シアン錯体が原因である場合が多い。原因を追及して自社に適した鉄シアン対策を行う。

(6) シアン浴用のろ過機の解体、ろ布とろ材の交換および洗浄時の排水はシアン系排水として確実に分別できるよう作業場の床の整備を行うこと。ろ布、ろ材の洗浄、保管に十分な配慮を行うこと。

(7) 濃厚シアンは濃厚液貯槽に貯留し、共同処理場（東京鍍金公害防止協同組合城南処理センターなど）で処理する。自社で処理する場合は、3-2-8-2 項の電解法等で大部分のシアンを分解するか、可能な限り少量ずつ長時間かけてポンプでシアン貯槽へ送液し、シアンを処理する。

3-2-3-5 鉄シアン錯体の処理

鉄イオンには二価 Fe^{2+} と三価 Fe^{3+} があり、いずれもシアンと強固な鉄シアン錯体を作る。

二価鉄 フェロシアン錯体： $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$

三価鉄 フェリシアン錯体： $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$

これら鉄シアン錯体は、アルカリ塩素法ではほとんどが分解しない。めっき排水処理でのシアン処理が不完全になる事例の原因を探ると、鉄シアン錯体によるシアン検出例が多い。それはシアン化亜鉛めっきなどのめっきの素材が鉄であり、めっき槽内に落ちた素材の鉄が溶出して鉄シアン錯体が形成され、すくい出されてめっき排水中に入ることが原因になっていると推定される。

それ故、めっき排水の場合、鉄シアン錯体は通常、主なシアン源として存在するのではなく、シアン系排水中に微量の鉄シアンとして存在しており、これがアルカリ塩素法による処理では分解されずに処理水に残存する例が多い。

この鉄シアン錯体の除去は、亜鉛、銅鉄等の金属イオンと反応させて、不溶性化合物を作り、沈殿分離する方法で処理する。

(1) 亜鉛白法

フェロシアン $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ に亜鉛イオンを加えると、次の反応によりフェロシアン化亜鉛が生成する。これは弱酸性から弱アルカリ性において不溶性である（図3-2-6）。

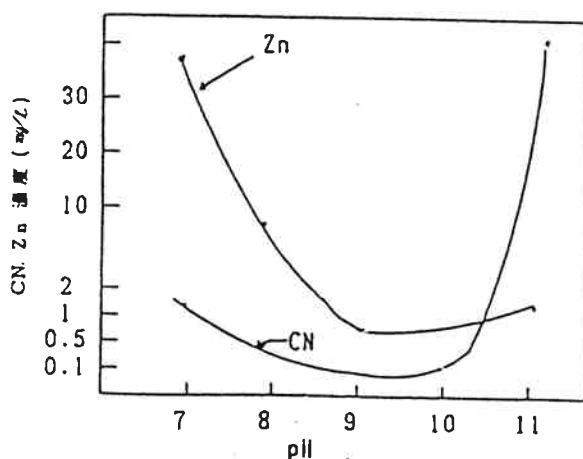
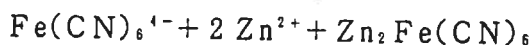


図3-2-6 亜鉛白法による鉄シアン錯体の除去
凝集処理pHと残留シアン、残留亜鉛の関係



フェロシアン錯体は亜鉛のほか、銅、ニッケル、鉄等の金属イオンとも不溶性化合物を生成する。

フェリシアン $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ はフェロシアン $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ のようには不溶性化合物を作らない。そのためフェリシアン錯体はフェロシアン錯体に還元したのち、不溶性化合物として処理する。還元剤としては亜硫酸ソーダ、重亜硫酸ソーダが使用される。これらの還元剤はフェリシアン単独の溶液での使用では反応が遅いが、液中に亜鉛、銅が存在すると触媒作用により還元反応が速やかに進行する。

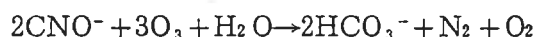
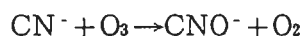
めっき排水のシアン系排水は通常、亜鉛、銅イオンが含有されているので、金属イオンは添加しなくてもよい場合が多い。シアンの二段反応処理水中の過剰塩素とフェリシアンを還元するため、pH 5～7に保ち、ORPが約200mV指示するまで還元剤（亜硫酸ソーダ、重亜硫酸ソーダ）を添加し、20分以上攪拌後、pH 9～10の範囲で凝集沈殿処理を行うと、金属水酸化物とともに鉄シアン錯体を1 mg/L以下に処理できる。ただし、凝集時のpHが10以上になると鉄シアン錯体が再溶解しシアン濃度が上昇するので、凝集沈殿処理のpH管理は厳密に行う。

また、シアンの二段反応処理水をクロム還元処理水と合流して凝集処理しても鉄シアン錯体は除去される。この場合、合流によってクロムが再酸化しないよう還元剤が多少過剰にあることが条件になる。

3-2-3-6 オゾン酸化

シアン系排水の処理法としてこれまで述べた方法の他に、オゾン酸化による方法があるが、この処理方法は、酸化剤に塩素を用いないため、排水中に有機物が存在してもトリハロメタンの生成がなく、COD成分も除去も行われる。

シアンを含む排水のpHを9.5以上に保ち、オゾン (O_3) を吹き込みシアンイオン (CN^-) をシアン酸イオン (CNO^-) をへて窒素 (N_2) と炭酸水素イオン (HCO_3^-) に分解する方法である。



この反応はpHが11~12の場合に最も酸化効率が良いが、pH9.5以上であればオゾン添加量は多くなるが完全に分解される。特に、銅又はマンガンイオンが微量含まれると、触媒効果を示し分解反応を促進する。また、銅、亜鉛及びニッケル錯体の処理は可能であるが、鉄、金、銀の錯体に対しては適用できないと言われている。

3-2-4 クロム系排水の処理

クロム系排水の排出源は、主にクロムめっき、クロメート浴の洗浄排水、めっき更新液、クロム酸を使用したエッチング液からの排水である。

クロム系排水の処理は、還元剤を用いて六価クロムを三価クロムに還元した後、水酸化クロムとして沈降分離し、上澄水は処理水として流出管理を経て放流し、スラッジは脱水処理してから廃棄処理する。

3-2-4-1 処理方法

クロム酸を含有するクロム系排水及び濃厚廃液の還元処理は、還元剤として重亜硫酸ソーダ $NaHSO_3$ を用いる方法が最も安全で確実な方法として広く採用されている。

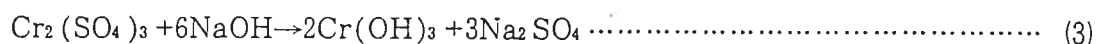
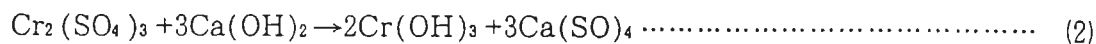
重亜硫酸ソーダによる反応は次のとおりである。



この六価クロム Cr^{6+} の三価クロム Cr^{3+} への還元反応は、酸性が強いほど早く進行する。還元された三価クロムは、pHを8.5~10に調整することによって溶解度の極めて小さい水酸化クロム

として分離することができる。

アルカリとして $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び NaOH を使用した場合の処理反応は、次のとおりである。



(2)(3)式とも $\text{Cr}(\text{OH})_3$ の沈殿を作ることには変わらないが、(3)式のか性ソーダを用いて中和する方は沈殿が微細になり易く、さらにpHが11以上になると、沈殿が再溶解するので注意を要する。反応条件としては、通常還元反応ではpH 3以下で還元電位250mV以下で行う。水酸化クロムの沈殿ではpH 8.5～10で反応させる。

クロム1部を還元するのに必要な重亜硫酸ソーダの理論量は1.5部であるが、実際にはこれより若干過剰の重亜硫酸ソーダ NaHSO_3 を必要とする。しかし、あまり還元剤が入ると水酸化クロムの生成に悪い影響を与え、理論量の2倍以上の重亜硫酸ソーダが入ると、水酸化クロムの沈殿がほとんど生成しないことがある(図3-2-7)。これを防止するには、硫酸アルミニウム等のアルミニウム塩の添加が効果がある。

クロム酸還元後、シアン系酸化処理後の排水と合流するときはシアン系酸化処理排水中の過剰塩素によって三価クロムが再酸化され六価クロムを検出することがあるので、合流後も還元剤が残るような管理方法をとることが必要である。

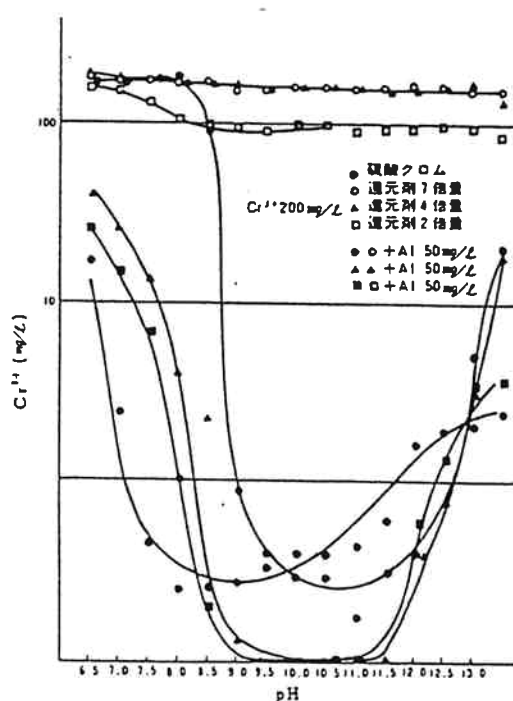


図3-2-7 還元剤過剰が水酸化クロム生成に与える影響

3-2-4-2 フローシート

クロム酸の還元処理フローシートは図 3-2-1 を参照。

3-2-4-3 処理装置の仕様

(1) 貯槽

クロム系排水の貯槽は上限点と下限点の液面制御を行い、上限点に警報装置を設置し、排水ポンプで還元槽へ送液するものとする。槽容積は排水量の 1 時間分以上を貯留できるものとするなどの予防安全対策を完全に実施する。濃厚廃液は濃厚液貯槽に貯える。貯槽の容積は 1 回分の廃液更新量以上の容積をもつものとする。濃厚廃液は少量ずつ還元槽へ送液して処理する。

(2) 還元槽

槽の容積は排水量の 10 時間分以上の大きさとする。槽には酸及び還元剤の注入できる装置を持ち、還元反応を充分にするため攪拌機を付ける。さらに pH 計、ORP 計を設置し、還元反応を自動制御する機器を設置する。

(3) 処理薬品

排水中のクロム酸濃度などに合わせて処理薬品濃度を設定する。

酸：還元反応および pH 調整には硫酸、塩酸などを使用する。

アルカリ：pH 調整には苛性ソーダ、消石灰又は水酸化マグネシウムなどを使用する。

還元剤：主として重亜硫酸ソーダ、亜硫酸ソーダなどの亜硫酸塩を使用する。

3-2-4-4 管理上のポイント

(1) クロム含有排水がシアン、酸アルカリ等他の系列排水に混らないよう流入管理に充分注意する。クロム酸が他の系列排水に混入すると処理できずにそのまま排出される。

(2) クロム還元処理水をシアン処理水と混合して重金属を処理する場合、シアン処理水の過剰塩素によりクロムが再酸化する場合がある。クロム系の還元剤添加量を多めにし、残留塩素によって三価クロムが六価クロムに酸化されないよう注意する。

3-2-5 重金属含有排水の処理

ほとんどのめっき排水中には重金属が含有されている。重金属イオンは通常、pH 調整により金属水酸化物を生成させて凝集沈殿により固液分離し、上澄水又はろ過水を pH 調整 (pH 5.8~8.6) してから放流する。しかし、めっき液には各種の錯化剤が使用されており、錯化剤の種類、排水中に混入する錯化剤の濃度によっては、金属水酸化物による凝集処理法では規制値を満足できない場合が生じる。その場合、錯化剤 (キレート剤) に対する対策を講じる必要がある。

3-2-5-1 処理方法

重金属類を含むめっき排水は、アルカリ、又は酸を用いてpH調整し、不溶性の金属水酸化物を生成させ、凝集剤を加えてフロックを大きくして沈降させ固液分離を確実にを行い、排水から金属を除去する方法が最も一般的な方法である。金属水酸化物として除去するためのpH領域は、金属の種類、使用するアルカリ薬品の種類によって異なる。図3-2-8に金属水酸化物の溶存金属イオン濃度とpHの関係を示す。

主な金属水酸化物生成の反応は次のとおりである。

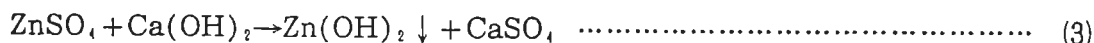
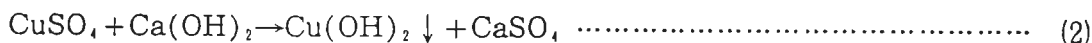
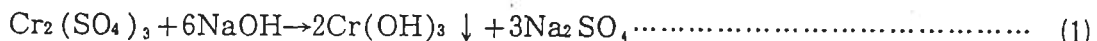


図3-2-8にも示されているが、金属のうち、亜鉛、クロム、アルミはpHが高くなると錯イオンを作り水酸化物の沈殿が再溶解するので注意を要する。金属イオン濃度が1 mg/ℓ以上に再溶解するpHは、亜鉛11以上、クロム11.5以上である。

単種類の金属水酸化物の沈殿生成のpHは図3-2-8に示す領域であるが、複数の金属イオンが共存する場合、最適沈殿pH範囲が変わることがあり、一般にその範囲が広がる。排水の最適pH処理は通常8～10の範囲で存在するが、実際には各工場の排水について処理実験を行い、処理pH範囲を確認しておくことが必要である。

pH調節用のアルカリ剤として苛性ソーダや消石灰又は水酸化マグネシウムが用いられる。アルカリ剤の種類によって金属水酸化物の生成pH範囲や生成フロックの凝集沈降性が異なるので、排水中の金属の種類に応じて選定する（図3-2-9）。

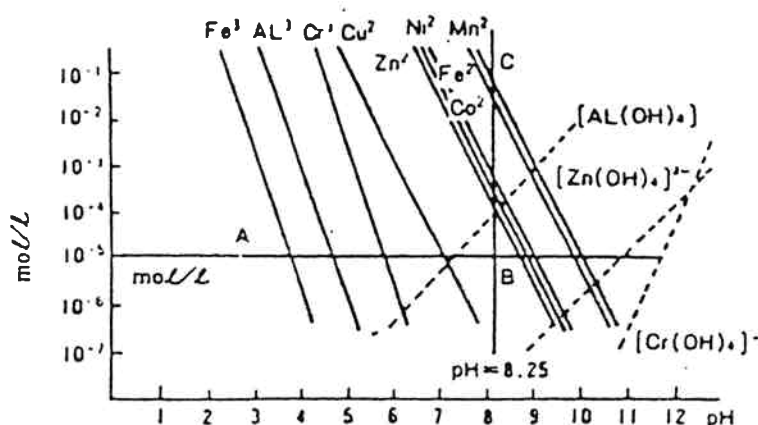


図3-2-8 金属イオンの溶解度とpHの関係

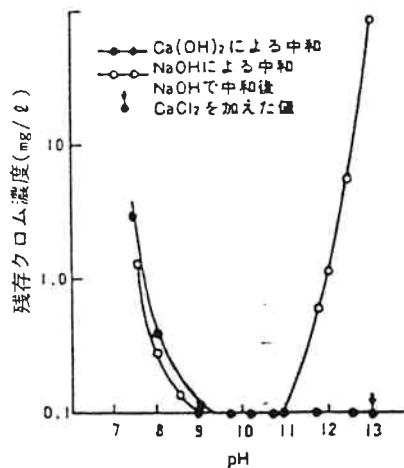


図3-2-9 中和剤による残留クロム濃度の相違

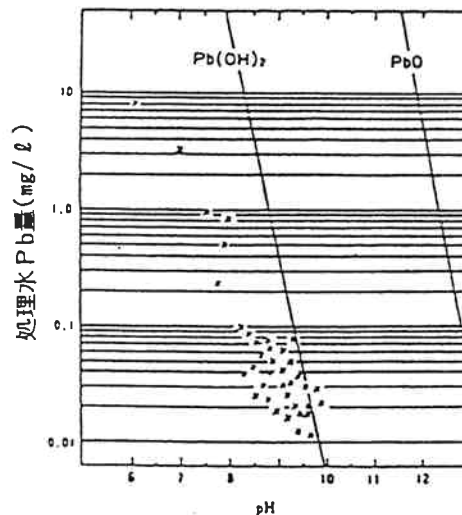


図3-2-10 実際値における水酸化物凝集沈殿法によるPb除去

排水中のカドミウムや鉛などの有害重金属の凝集沈殿処理では、排水中に鉄や亜鉛のような共存重金属の含有濃度の高低によって、その処理効果は異なる。他の重金属の含有濃度が高いほど、その水酸化物のフロックと共に凝集沈殿しやすくなる。図3-2-10は他の重金属が含まれる鉛含有排水を中和処理した際のpHと、処理水中の残留鉛濃度との関係を表したものである。×で示された実測値は、実線の理論値以下まで処理されていることを示す。

凝集助剤は、水酸化物の沈殿を粗大フロックとし、沈降速度を大きくするために用いる。通常用いられる有機高分子系凝集助剤には、陰イオン系及び非イオン系があるが、アルカリ側では陰イオン系又は非イオン系が多く用いられる（けい酸塩を多く含む排水では、カチオン系の方がフロック形成は良い）。凝集助剤を添加して生成した粗大フロックは破壊され易い。そのため、凝集槽から沈降分離槽への導入は、粗大フロックが破壊しないよう次の様な設備上の注意が必要である。

- ① 凝集槽から沈降分離槽への導入水路はできるだけ短くする。

- ② 配管で導入する場合は配管径を太くし、流速を遅くする（30cm/sec以下）。
- ③ 凝集槽からポンプで沈降分離槽へ移送することは絶対に避ける。
- ④ 凝集槽を沈降分離槽より上に配置して落差を生じさせると、生成したフロックが破壊されるので凝集槽液面は沈降分離槽液面と同じ液面になるよう配置する。

(1) 沈降分離したスラッジ（金属水酸化物）の処理

沈降分離槽で沈殿分離した金属水酸化物は適時排出し、脱水処理を行い、スラッジとして処分する。

沈降分離槽から排出する金属水酸化物のスラリーは、水分が多く、含水率99.5～99%になる。このスラリーを濃縮槽に入れて沈降濃縮し、水分を98.5～97%にして脱水機で脱水するか、あるいはそのまま脱水機で脱水し、生成したケーキ（スラッジ）を別途処分する。

金属水酸化物は粘性があるため、ろ過性が悪く、含水率の高いのが一般的である。しかし、排水中にカルシウムや硫酸、炭酸、りん酸が多いと脱水性が向上し、含水率が低くなる効果が得られる。これはろ過性のよい硫酸カルシウムや炭酸カルシウム、りん酸カルシウムがろ過性の悪い金属水酸化物に混合してろ過助剤の働きをするからである。

a) スラッジの生成量と脱水機的能力の算出

通常、めっき排水中の金属濃度は100～200mg/lである。仮に金属濃度200mg/lの排水を100m³/日処理したとすると、沈降分離槽で生成する99%水分を有するスラリーの生成量は3～5m³発生する。スラッジ濃縮槽で水分を97%程度に濃縮すると、濃縮スラリーは1～2m³になる。脱水機の選定は、このスラリー量が工場の稼働時間内に充分処理できる能力の機種を選ばねばならない。例えば、スラリー濃縮槽で濃縮したスラリーの発生量が2m³/日で、脱水機稼働時間5時間/日とすれば、時間当たり平均400ℓのろ過能力をもつ脱水機が要求される。ケーキの発生量は、水分80%とすれば約300kg/日、70%であれば約200kg/日生成する。

3-2-5-2 フローシート

重金属含有排水の連続処理フローシート図3-2-11に示す。

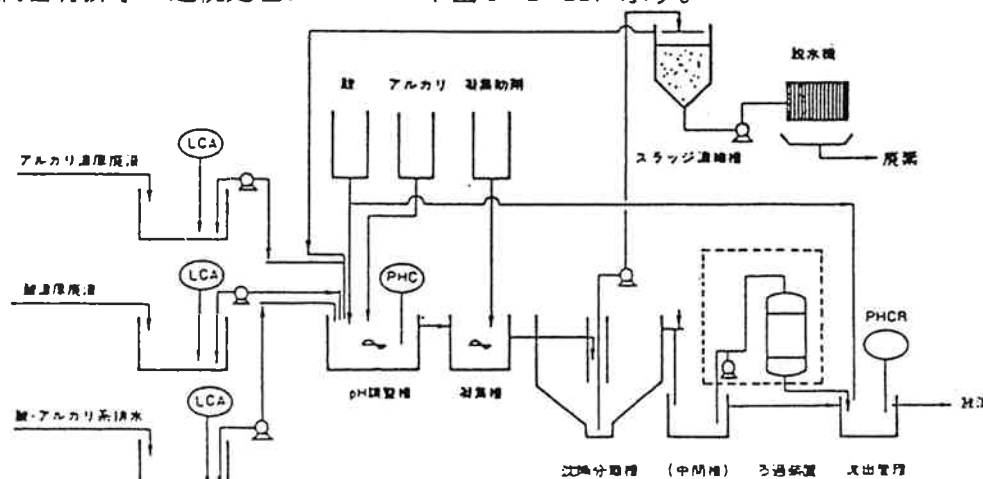


図3-2-11 重金属含有排水処理フローシート

なお、重金属の資源化の観点からは、ニッケルと亜鉛の水酸化物は分離が困難であるため、分離分別することが望ましい。銅と亜鉛については混合していても分離が可能である。

3-2-5-3 処理装置の仕様

(1) 貯槽

(2) pH調整槽

排水量の10分間分以上の容積をもち、酸及びアルカリの注入装置と中和反応を確実にするために槽内に攪拌機を設置する。さらにpH計により中和反応を自動制御できる機器を設置する。

アルカリ剤に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用する場合は、排水量の30分間分以上の容積を有するものとする。また、この場合のpH電極は自動洗浄型が望ましい。

(3) 凝集槽

排水量の20分間分以上の容積とし、緩速攪拌部容量あたりの所要電力は 0.1 kW/m^2 程度とする。凝集助剤の添加設備を設置し、フロックの粗大化を促進できる構造とする。沈降分離槽に近接して設置し、沈降分離槽と同一液面になるよう配置する。凝集槽で生成したフロックは壊れ易いので、沈降分離槽への導入にはポンプ送液をしてはならない。また、落差をつける導入（図3-2-12）も行ってはならない。

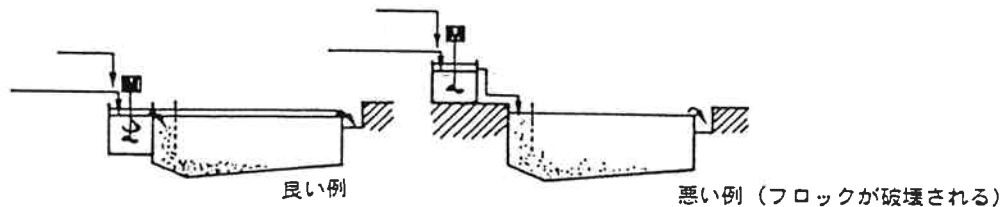


図3-2-12 凝集層の配置例

(4) 沈降分離層

排水量の3時間分以上の容積とし、排水が一様に流入・流出するような集水トラフを設ける。また、汚でいが引き抜ける様な機構を設ける。沈降分離槽の深さは汚でいを一定量確保できるように $1.5 \sim 2 \text{ m}$ 以上の有効水深をもつものとする。また、必要に応じて集でい機構を設置する。沈降分離槽の能力は、水面積負荷により定まり、深さには無関係である。沈降分離槽の固液分離効果を高めるため、水の流れを整流する機構及び水面積負荷を増大させる傾斜板を沈降分離槽に設置すると有効である。

(5) ろ過装置

沈降分離槽からの上澄水に含まれる金属水酸化物を、更に精密に除去する必要がある場合は、

ろ過機を設置する。ろ過機にはフィルタープレスやプレコートフィルター、加圧式砂ろ過などがあり、砂ろ過では逆洗浄できるものとする。なお、逆洗周期は1回1回以下とし、逆洗水はいったん逆洗水貯槽に受けた後、少量ずつpH調整槽に送液処理する。pH調整槽のアルカリ剤として消石灰を使用すると、ろ材に硫酸カルシウムや炭酸カルシウムが析出してブロックを作り、ろ過障害を起こし易い。

対策として次の点に留意する。

- ① アルカリ剤をか性ソーダに変えるか、消石灰とか性ソーダとの混合使用に変更する。
- ② 夜間、休日等ろ過機の運転休止時は逆洗し、その後カルシウム分が少ない水（水道水）で置換し、析出を防止する。
- ③ ろ過砂は1回／年程度で全量交換を考慮した方がよい。

(6) スラッジ濃縮槽

スラッジの濃縮工程には連続式と回分式があるが、いずれの場合も分離水を集水するための集水トラフ及び濃縮したスラッジの排出機構をもつものとし、必要に応じて集でい機構を設置する。なお、濃縮は沈降スラッジ濃度を3倍以上に濃縮できる構造のものとする。

(7) 脱水機

脱水機はフィルタープレス、真空脱水機など種々の機種があり、脱水特性は形式によって異なるが、脱水後のケーキ含水率が80%以下で、ろ過能力に余裕があり、作業性のよい省力型機種を選定する。

(8) 流出管理槽（中和槽）

排水量の10分間分以上の容積とし、酸及びアルカリの注入できる装置を付け、中和反応を確実にを行うために槽内に攪拌機を持ち、さらに中和反応自動制御設備を設ける。

3-2-5-4 管理上のポイント

- (1) 一定の水量、濃度で排水処理装置が運転できるよう流入管理に注意する。特に貯槽からpH調整槽への送液を、できるだけ定量で連続送液するようにポンプ流量を管理する。
- (2) 濃厚廃液は一度に排水処理装置に流さない。濃度変化が大きくなって処理効果が悪くなる。
- (3) 過酸化水素含有廃液（エッチング廃液等）は直接混入させない。スラッジが沈降分離槽で浮上し、処理効果が悪くなる。あらかじめ過酸化水素などを分解した後、少量ずつ混入処理する。
- (4) 沈降分離槽でのスラッジの沈降が悪い場合は、凝集槽での凝集状態をチェックする。

凝集状態が良好であれば沈降分離槽への導入経路でフロックが破壊されている。凝集槽の配置、導入水路、沈降分離槽の構造等に原因があるのでチェックする。

凝集状態が悪ければ凝集助材の種類、添加量等が不適切であると思われるのでテストして適切な条件を確認する。

(5) 処理水中に溶存金属が残留する場合は、キレート剤含有排水の混入がないか調べ、キレート剤含有排水は分別可能ならば分別して別途処理する。特にキレート剤廃液や回収液が周期的に排出する場合は、凝集状態が悪化することが多い。

3-2-5-5 全量ろ過

1日のめっき排水量が少ない場合、凝集沈殿処理で固液分離せずに、全量ろ過で処理する方法がある。

この方法の特徴は次のとおりである。

- ① 全量ろ過するので処理水は清澄になり、懸濁物は少ない。
- ② 沈降槽容積を多少軽減でき、濃縮槽等の設備が不要になり、全体として設備面積が小さくなる。

一方、短所は次のとおりである。

- ① 全量ろ過するためにろ過機的能力を大きくしなければならない。
- ② 排水の負荷変動に弱い。
- ③ ろ過機能力不足、故障が直接排水処理能力や生産に影響を与える。

全量ろ過方式では、排水設備の簡略化ができる反面、ろ過機の故障、能力低下が直接、生産工程にまで影響を及ぼすおそれがあるので、全量ろ過方式を採用する際も沈降分離槽の併用により、金属水酸化物の全量ろ過による負荷をできるだけ軽減しながら処理できるように計画検討を行い、ろ過能力に余裕をもたせて設備する必要がある。

(1) 排水仕様の確認

全量ろ過方式を採用する場合、ろ過機の選定に先立ち、流入する排水の仕様を確実にしておく必要がある。排水の仕様として

- ① 排水量：1日分の排水処理量、1時間当たり平均ろ過量
- ② 排水の金属濃度：平均濃度及び最大濃度
- ③ 中和剤の種類：か性ソーダ、消石灰など
- ④ 一日の実質運転（ろ過）時間

①～④から1日に処理する排水量が決まる。実際の装置仕様は1.3倍以上の安全率を掛けることが望ましい。排水の仕様が決めれば、それに適用するろ過機を選定することができる。ただし、ろ過機能力はカタログ値だけで信用するのは危険である。それぞれの排水のスラリー性質、ろ

過方法などによって大きく変わる。ろ過能力に影響を及ぼす条件を次に示す。

(2) ろ過能力に影響する要因

① ろ過面積

ろ過機の能力はろ過面積に比例する。面積が2倍になるとろ過処理量も2倍になる。

② ろ布の種類

ろ布は織り方（平織、アヤ織）、糸の太さ、材質などでろ過の速度は変わる。一般にろ布は通気度によって目の細かさを示し、通気度の小さな布はろ過精度は高いが、ろ過速度は小さくなる。

③ ろ布の使用時間

同一のろ布でも使用時間の経過とともに目詰まりを起こし、ろ過速度は小さくなる。

④ プレコートろ過の場合

けいそう土などのプレコート材質の種類、粒度分布によってろ過速度、精度が変わる。

⑤ 重金属水酸化物を生成するアルカリ剤

消石灰、か性ソーダなどを用いるが、通常消石灰で中和した方がろ過し易い沈殿ができる。

⑥ ろ過面上での沈殿物の厚さ

ろ過面上での沈殿物の厚さと速度は反比例する。

⑦ ろ過圧力

ろ過圧力はろ過機内の抵抗であり、沈殿物の厚さに比例する。同じ条件の下では、圧力とろ過速度は比例する。

⑧ ろ過の運転時間

フィルタープレスのようなスラッジが蓄積するタイプのろ過機では、ろ過速度は一定ではなく、ろ過開始直後は急激にろ過速度は低下し、その後低下傾向はにぶるものの徐々に低下していく。ろ過装置にもよるが、ろ過開始時は送水圧は弱めにし、徐々に送水圧を高めると処理水量を増加させることができる。

図3-2-13は、フィルタープレスのろ過面積3 m²で水酸化第二鉄をろ過したデータでけいそう土でプレコートしている。ろ過流量はろ過開始直後は5.6 m³/hであったが、4時間後に1.1 m³/hに低下した。

以上①～⑧の要因が作用し合ってろ過能力を決めるのであって、これは計算で求められるものではない。できるだけ実排水を使って実験を行い、さらに時間的要因（ろ布の目詰まり等）を考慮した安全率を掛けてろ過機を選定することが必要である。

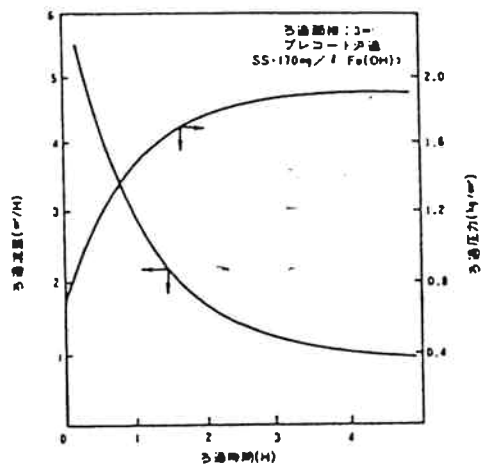


図3-2-13 ろ過時間とろ過流量と圧力の関係

(3) ろ過機の種類

- ① 連続式プレコートフィルター：プレコート面を少量づつ削り、新しいろ過面でろ過する真空ろ過機で、安定したろ過速度が得られる（図3-2-14）。
- ② フィルタープレス：設置面積当たりのろ過面積が大きくとれる。ろ過速度の時間変動が大きい。スラッジの脱水率が良い。自動排出型が望ましい（図3-2-15）。

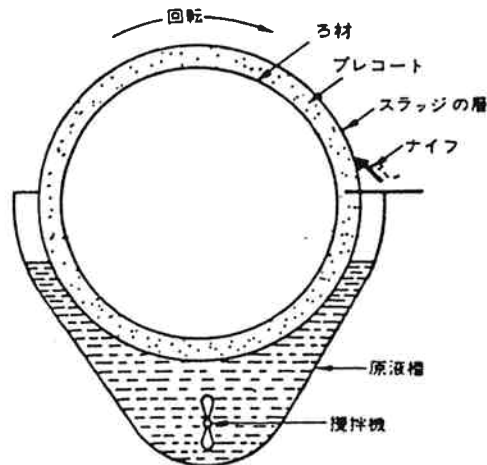


図3-2-14 回転ドラム型プレコートフィルター

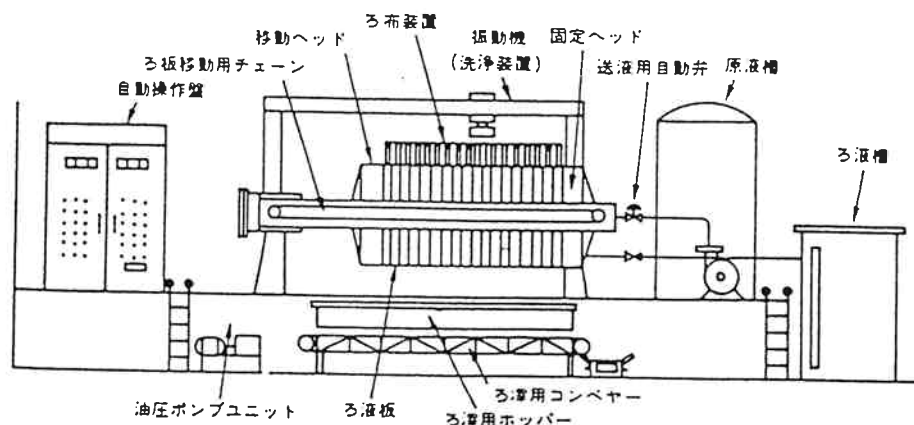


図3-2-15 自動加圧脱水機の系統図

(4) 管理上のポイント

- ① ろ過能力に余裕のあるろ過機を設備する。
- ② ろ過は全量ろ過の場合でも凝集処理してスラッジを沈降させ、上澄液から先にろ過し、最後に沈澱物（スラリー）をろ過するような機構とする。
- ③ ろ過が容易な沈澱物を作る。一般に重金属水酸化物が生成させるアルカリ剤として、か性ソーダが単独使用したものより、消石灰を用いた方が、ろ過性は良い。しかし、消石灰単独使用ではpH調整が難しかったり、スラッジ量が増えるのでか性ソーダと消石灰を併用して、スラッジ量及びろ過性が良い条件を見つけるとよい。
- ④ ろ布は定期的に洗浄し、目詰まりを防ぐ。

3-2-6 キレート含有排水の処理

めっき排水中の重金属類は通常pHを一度酸性にした後、中和剤を用いてpHを調整して重金属を不溶性の水酸化物として生成され、沈降分離して除去している。しかし、めっき薬品には種々のキレート剤が使用されている。キレート剤の混入により重金属を水酸化物として沈降分離しても、処理水中にキレート化した重金属が残り、規制値を越える金属イオンを検出することがしばしば見受けられる。

キレート剤を含有する主なめっき薬品としては、脱脂液、アンモニア含有めっき液、無電解めっき液、シアン液、ピロリン酸液などがある。（表3-2-1）。

キレート剤を含む排水の処理法として、無機凝集剤添加による凝集沈澱法、キレート剤を酸化分解する方法（シアン排水の処理、電解酸化法等）、硫化ナトリウムや有機硫化物を添加して不溶性の金属硫化物を生成して分解する方法、及びキレート樹脂法等がある。

表3-2-1 キレート剤を含む処理液

処 理 液	使 用 キ レ ー ト 剤	有害金属キレート
酸 洗 浄 液 (脱錆用、活性化用)	くえん酸、グルコン酸、しゅう酸、酒石酸、 ヒドロキシ酸、ぎ酸、EDTAなど	主として鉄、銅、 亜鉛
アルカリ洗浄液	グルコン酸ナトリウム、ヒドロキシ酢酸塩、 アミン類、EDTA、NTAその他有機酸塩など	同 上
電気めっき液	アミン類、ロッセル塩、EDTA、その他有機 酸塩など	重金属全般
無電解めっき液 (銅、ニッケル用)	くえん酸、こはく酸塩、ロッセル塩など	主として銅、 ニッケル、鉄
めっき剥離液	アミン類、カルボン酸類、EDTAなど	重金属全般
電 解 研 磨 液 (銅、ステンレス用)	しゅう酸などの有機酸類	主として銅、鉄
化 学 研 磨 液 (銅、ステンレス用)	酢酸、しゅう酸、酒石酸などの有機酸類	同 上

出典：金属表面技術協会編“金属表面技術便覧”(1968)

3-2-6-1 凝集沈澱法

(1) グルコン酸、くえん酸、酒石酸、EDTAは、めっき薬品として比較的多く使用されているキレート剤である。これらのキレート剤が排水中に含まれていると、重金属イオンは錯イオンを形成して、金属水酸化物として沈澱除去することが困難になる。

キレート剤を含む銅排水の処理についての水酸化ナトリウムによる試験結果を図3-2-16～22に示したが、キレートを含まない銅排水では、pH8以上で銅濃度は1mg/l以下(図3-2-16)となるのに対し、キレート剤が含まれると処理性が悪化している。その度合いは、キレート濃度が高いほど著しい。

処理の困難性はキレート剤の種類、濃度等により異なるが、排水を一度pH3以下の酸性にした後の鉄塩、アルミニウム塩、カルシウム塩等の金属イオンを凝集剤として添加して凝集処理すると錯化した金属イオンを除去することが可能になる場合がある。

表3-2-2に、硫酸銅を溶解した液に各種キレート剤を濃度を変え添加し、さらに、それぞれの溶液に無機凝集剤として、塩化鉄(Ⅲ)及び硫酸アルミを量を変えて添加し、凝集沈澱処理した結果を示す。

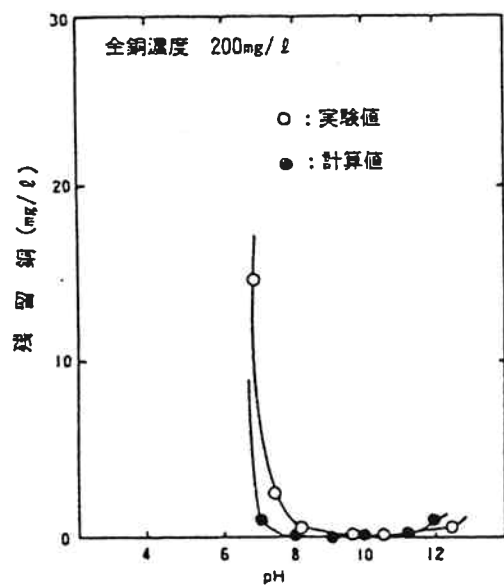


図3-2-16 キレート剤を含まない場合

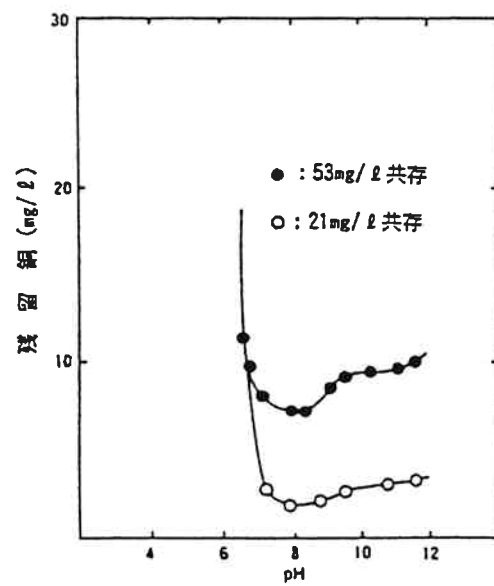


図3-2-17 EDTAニナトリウムの影響

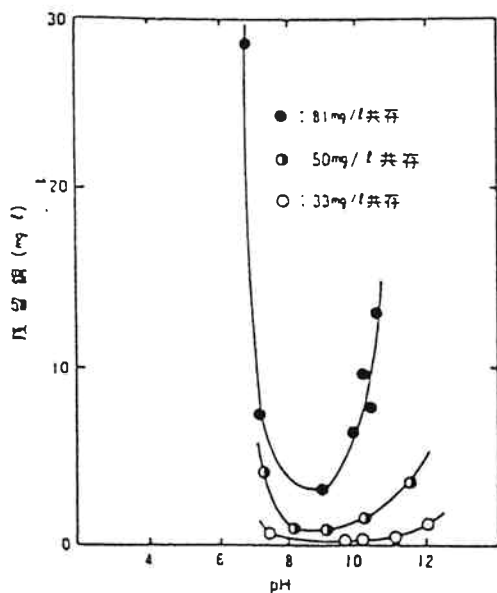


図3-2-18 くえん酸ナトリウムの影響

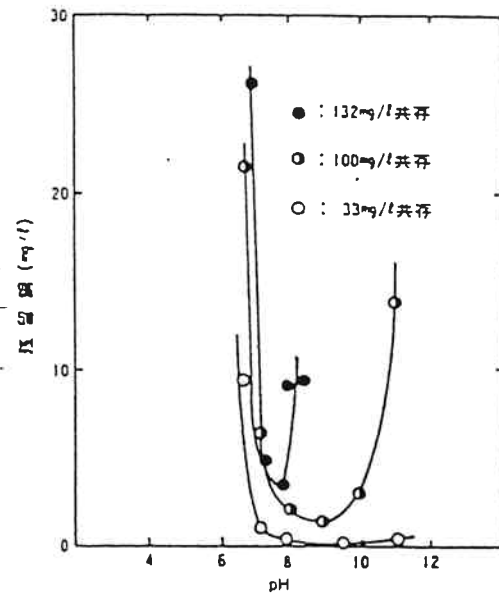


図3-2-19 酒石酸カリウムナトリウムの影響

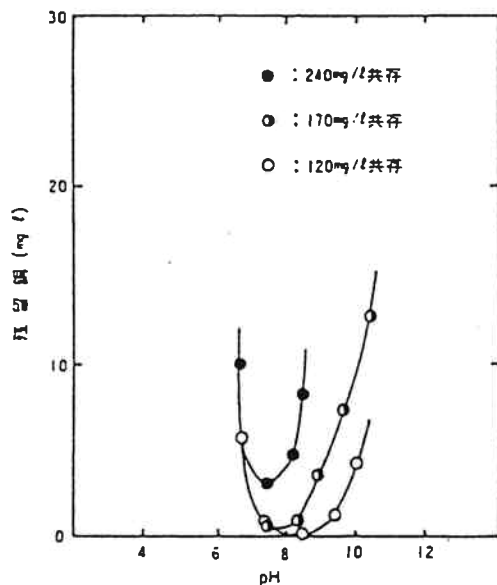


図3-2-20 グルコン酸ナトリウムの影響

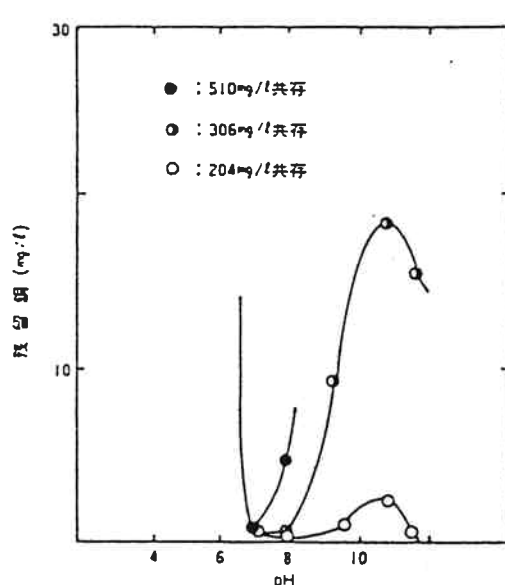


図3-2-21 リン酸三ナトリウムの影響

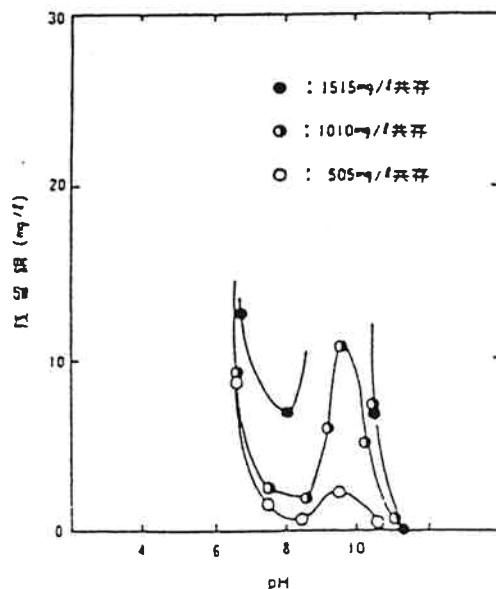


図3-2-22 塩化アンモニウムの影響

表3-2-2 無機凝集剤による銅キレート の凝集処理

キ レ ー ト 剤	添 加 量 mmol/l (mg/l)	残留金属	無 機 凝 集 添 加 量 F e C l ₃ (mg/l)								
			0	10	20	30	40	50	60	70	100
グ ル コ ン 酸	0.1 (19.6)	C u	6.3	2.6	0.38	0.12					
		F e		3.9	0.36	0.10					
	0.5 (98)	C u	31				2.26	1.32	0.56	0.42	
		F e					1.82	0.95	0.39	0.18	
	1.0 (196)	C u	62				4.25		1.08	0.45	
		F e					6.5		1.35	0.46	
く え ん 酸	0.2 (42)	C u※	62					(3.90)	(0.70)	0.37	
		C u	12.4		10.8	9.5	7.0	0.83	0.55	0.30	
	0.2 (30)	F e			17.6	20.2	20.0	1.62	1.18	0.90	
		C u	12.4	2.6	0.52	0.17					
酒 石 酸	0.2 (54)	F e		2.4	0.30	0.10					
		C u	12.4	4.2	1.8	1.5	1.32		1.28		0.92
	E D T A ・ 2 N a	F e			9.2	9.8	10.2		10.2		10.2
		C u※	12.4		(12.4)		(12.4)		(12.4)		(12.4)

※ 無機凝集剤としてAl³⁺を添加下値 処理pH8.5~9.5 中和剤Ca(OH)₂

無機凝集剤を添加しない場合は、添加した錯化剤の濃度に比例して銅イオンが処理されずに残留する。無機凝集剤を添加した処理液は、添加量に反比例して処理液中の残留銅イオン濃度も減少し処理される。

このように、排水中に錯化剤が存在するために重金属が水酸化物としての凝集処理が不完全になる場合は、過剰の無機凝集剤を添加することにより、沈澱除去が可能になる。ただし、EDTAの場合、鉄塩を添加し銅を1 mg/1以下に下げても逆に、鉄がEDTA錯体として残留することがあるので注意を要する。

(2) ピロりん酸銅錯体は酸で一度pH 3以下に調整した後、塩化カルシウムや消石灰等を添加してpHを9以上に調整することで、銅を1 mg/1以下に処理することができる。

(3) アンモニウム塩を含有する排水では、金属イオンはアンモニウムイオンによって金属アンミン錯体を形成するが、アンモニウムイオンの濃度が薄くなれば金属水酸化物として処理できる。例えば、銅アンミン錯体 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ の場合、アンモニア濃度が100mg/1以下であれば水酸化銅として銅濃度を1 mg/1以下に処理することができる。排水中のアンモニア濃度が高い場合は、ストリッピング法でアンモニアを100mg/1以下とするか、キレート樹脂法あるいは硫化処理によって処理する。図3-2-23にpHとアンモニア濃度と残留銅との関係を示す。

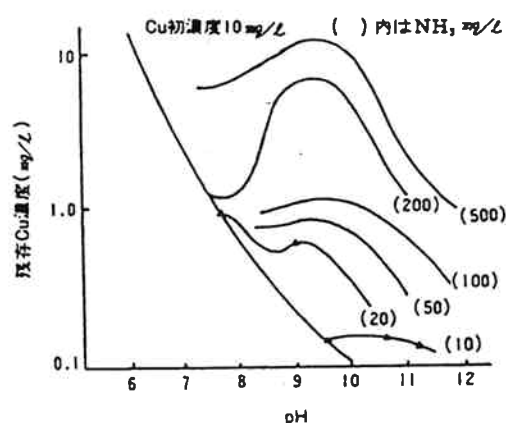


図3-2-23 pH・NH₃濃度変化による残存Cu濃度

3-2-6-2 硫化物による処理

重金属の硫化物は、溶解度積が他の化合物に比べ小さく、沈澱の形態として一番安定である。それ故に、キレート剤が入った排水に硫化ナトリウムを添加すれば、金属硫化物として不溶化することができる。しかし、酸性溶液では硫化水素ガスが発生する危険性もあり、金属硫化物はコロイドを作り易く、固液分離が困難になるなど作業性が悪いので、一般に使用することは望ましくない。この欠点を除いた処理薬品が重金属処理剤として各種販売されている。

この重金属処理剤は有機高分子硫化物や液状キレート樹脂であり、これらを添加すると凝集性は良くなる。

市販の重金属処理剤を用いてキレート金属を処理する場合、使用上の点を注意する。

- (1) 市販の重金属処理剤は高価であるので、金属水酸化物として除去できる金属分は凝集処理で除去し、処理できない残留金属分の処理に本薬剤を使用するようにする。
- (2) 使用法は金属水酸化物を除去したる液に添加処理する。金属水酸化物が共存すると、処理剤の使用量が増加し、十分な処理ができないことがある。
- (3) 重金属処理剤の使用量は、それぞれの薬剤の取扱い説明書に従って添加する。過剰添加はCODを上昇させるので避ける。添加量はORP計で管理できる。
- (4) 重金属処理剤は金属錯体の金属分を不溶化するだけで、処理水中にキレート剤が残っている。そのため、金属イオンや水酸化物と接触させると、再び金属錯体を形成するので、処理水は他の金属含有排水と合流させないようにする。

3-2-6-3 イオン交換法（キレート樹脂）

キレート樹脂は、幾つかの金属イオンを含む混合溶液から、特定の金属イオンを選択捕集したり分離する機能性高分子として発展してきたイオン交換樹脂である。構造は三次元網目構造を持つ高分子母体に、金属イオンとキレート結合する官能基を有する構造を持ち、高分子母体にはポリスチレンが最も多く、他にフェノール樹脂、エポキシ樹脂等が用いられている。官能基には表3-2-3に示すように多くの種類が用いられている。

キレート樹脂は用途別にみると、一般重金属用（再生可能）と水銀吸着用（非再生型）に分けられる。

めっき処理排水へのキレート樹脂の適用には、めっき排水の中和凝集沈澱処理後に残留する重金属を処理する場合や金属イオン濃度があまり濃くない排水から直接金属イオンを吸着除去し、金属イオンを濃縮、回収する場合に用いられる。

(1) めっき排水の中和凝集沈澱処理後に残留する重金属イオンの処理

めっき排水中には、錯化剤が混入したり、また、pHによる沈澱領域の異なる幾種類もの金属イオンが含有されているため、1回の凝集処理で全ての金属イオンを規制値内に収めることが困難な場合が多い。凝集処理水に残留する少量の金属イオンを選択的に除去するのにキレート樹脂が適用される。

一般金属用キレート樹脂は、ナトリウムイオンやカルシウムイオンが多い水の中から金属イオンを選択的に吸着する特性を持っており、その選択的吸着順位は、金属イオンが錯体を形成して

いない場合の一例として次のような順位を示す。

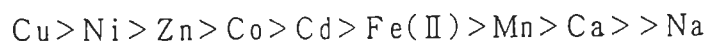


表3-2-3 キレート樹脂の官能基による分類

キレート樹脂の型	官 能 基
カルボン酸型	$-\text{COOH}$
ポリアミン型	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}-$
アミノカルボン型	$-\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$
ヒドロキサム型、オキシム型	$-\text{CONHOH}$
β -ジケトン型	$-\text{COCH}_2-\text{COCH}_3$
りん酸型	$-\text{PO}(\text{OH})_2$
ジチオカルバミン酸型	$>\text{N}-\text{CSSH}$
ジチオ酸型	$-\text{CSSH}$
チオール型	$-\text{SH}$
チオ尿素型	$-\text{NC}(\text{NH}_2)\text{S}$

金属イオンがくえん酸、酒石酸などの有機酸で錯体化された場合、吸着序列が変わることがある。

(2) 一般重金属用キレート樹脂（イミノジ酢酸型）を用いた処理例

処理例①

処理する溶液：10%塩化ナトリウム溶液（ $\text{Na}^+=40,000\text{mg/l}$ ）中に5種類の金属イオンが各10mg/l溶解している溶液を、時間当たり充填樹脂の10倍量の通水速度（ $\text{SV}=10$ ）で処理し、各金属が1mg/lリークするまでの処理量（樹脂単位量当たりの通液量BV）は次の通り。

カドミウム	約	900	BV
鉛	〃	1300	〃
亜鉛	〃	1400	〃
ニッケル	〃	2100	〃
銅	〃	4000	〃

処理例②

処理する溶液：2%塩化カルシウム溶液（ $\text{Ca}=7,000\text{mg/l}$ ）中に4種の金属イオンが各20mg/l溶解している溶液をキレート樹脂（Ca型）で処理し、各金属が1mg/lリークするまでの処理量（BV）は次の通り。

カドミウム	約	450	BV
ニッケル	"	500	"
亜鉛	"	470	"
銅	"	1900	"

処理例で示されるように、排水中に Na^+ や Ca^{2+} が多量に含まれる液から微量存在する金属イオンを除去するのに適している。

処理する金属イオンが錯体となっている場合は、その錯体との結合がキレート樹脂のキレート結合より弱い場合にはキレート樹脂に吸着されるが、キレート樹脂より強い場合（例えばEDTA-Me等）は、キレート樹脂で処理しても除去できない。

キレート樹脂を用いた重金属処理フローシート例を図3-2-24に示す。

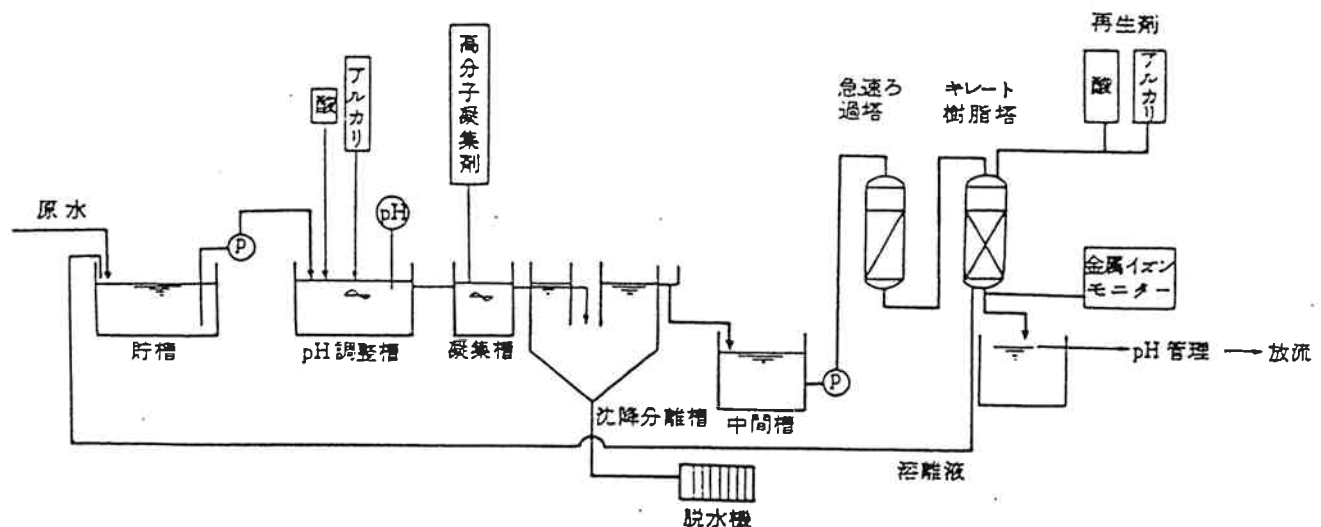


図3-2-24 キレート樹脂による重金属処理フローシート例

3-2-7 油分の処理

油分はめっき素材に付着してめっき工程に持ち込まれる。脱脂工程で除去された油分は、脱脂廃液、脱脂水洗排水中に含まれ排出される。

水質汚濁防止法による油分の排出基準は、鉱油類として5 mg/l以下に規制されている。油分の規制はヘキサン抽出物質で行われ、ヘキサンによって抽出され、 $80 \pm 5^\circ\text{C}$ 、30分間の乾燥で揮散しない炭化水素や動植物油脂、グリースなどの不揮発性油分を対象としているが、炭化水素誘導体、脂肪酸類、界面活性剤なども抽出検出される。それ故、めっき排水の油分は脱脂液に持ち込まれた油以外に脱脂液に成分として加えられた界面活性剤もヘキサン抽出物質として検出される。

3-2-7-1 油分の処理法

(1) 吸着法

脱脂浴で洗浄された油分は、脱脂液中に蓄積されて脱脂浴を劣化させる。脱脂液に持ち込まれた油のうち、エマルジョン化しない油分は分離して浮上している。この浮上油分は、ポリプロピレンやポリスチレン製の油吸着材によく吸着されるので、容易に除去することができる。脱脂液をろ過及び油吸着材で油分の吸着除去処理することで、脱脂液の寿命は大幅に長くすることができる。また、排水への油分の負荷も軽減される。

(2) 凝集処理法

排水に混入した油分は、乳化油を含め無機凝集剤（鉄塩やアルミニウム塩）による凝集処理で除去される。めっき排水では、排水中の重金属イオンが無機凝集剤になるので、排水中に金属分が多く含まれていれば特に無機凝集剤を添加しなくても除去される。

a) 処理例

研磨油、界面活性剤を含有するガラス研磨排水に硫酸アルミニウムを添加した凝集処理と処理水を活性炭処理した実験例を表3-2-4に示す。

アルミニウム塩添加量 5 mg/1以上でヘキサン値はほぼ一定値を示し、約 5 mg/1残留している。処理水は油膜も見られず透明であるが、発砲性がある。活性炭処理によって発砲性は消失し、ヘキサン値は0.5mg/1以下となり、CODは68%除去された。

表3-2-4 ガラス研磨排水の油分除去、A1凝集処理+活性炭処理例

(mg/1)						
	原 水	Al ₂ (SO ₄) ₃ 添加凝集処理				Al 10mg/1 + 活 性 炭
アルミ添加量		2	5	10	20	
ヘキサン抽出値	15	9.5	6	4.4	4.4	<0.5 7.5(除去率68%)
COD	38	29	25	24	24	

3-2-8 COD、BOD成分の処理

めっき薬品には多種の有機化合物が使用され、無機の還元性薬品も使用されている。これらは高いCOD値、BOD値を持っている。排水への負荷が大きいのは、浴の更新頻度が多い脱脂液や化学めっき液によるものが多い。COD、BOD成分の一部は重金属処理を行う際の凝集処理

によっても除去される。しかしながら、除去率は排水中に含まれるCOD、BOD成分によって異なり、5～50%と幅が大きく、確実に除去するためにも他の処理方法との併用が必要となる。

3-2-8-1 化学酸化法

酸化剤を用いてCOD成分を化学的に酸化分解する方法である。シアン酸の次亜塩素酸ナトリウムによる分解も化学酸化法を用いるものである。酸化剤としては、塩素、次亜塩素酸ナトリウム、過酸化水素、その他エッチングに使用されている過硫酸アンモニウム、過硫酸ナトリウム等がある。特に過酸安エッチング廃液など酸化剤含有廃液が発生し利用できる場合は、酸化剤コストが掛からないので有利な方法といえる。化学酸化法は加熱して温度を上げることにより、CODの分解効率を上げることができる。

処理例① 無電解銅めっき排水の次亜塩素酸ソーダによる酸化処理

無電解銅めっき液(COD 16,000mg/l)を水で16倍に希釈して試料原水(COD 1,000mg/l)とした。この試料に次亜塩素酸ソーダを添加し、pH10に調整後70℃に加温して反応時間60分の処理を行ってCODを分析した。その後か性ソーダ溶液でpHを9に調整、沈澱物をろ過してろ液中の銅を分析した(試料1,000ml) 結果を図3-2-25に示す。

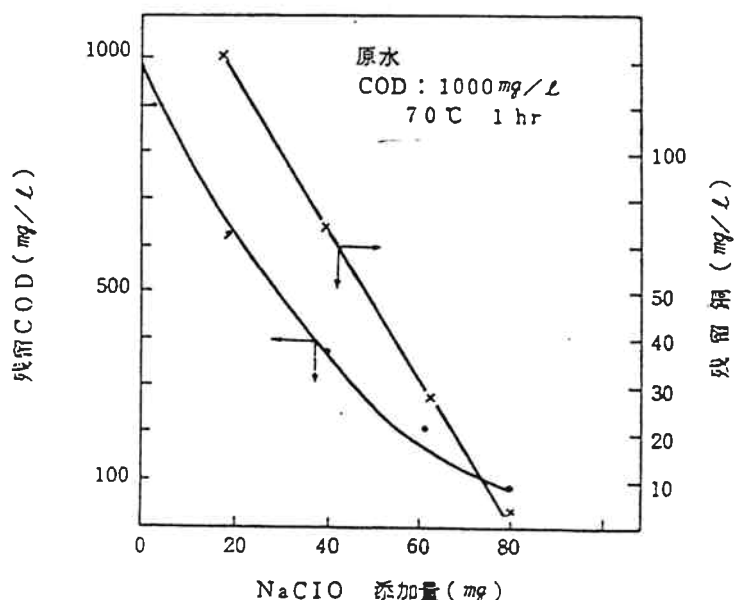


図3-2-25 無電解銅めっき液の次亜塩素酸ソーダによるCODの除去、および酸化処理水の凝集処理における銅の除去

次亜塩素酸ソーダ添加と加熱処理によって無電解銅めっき液のCODは処理される。また、CODの分解に伴って銅も水酸化銅として沈降除去が可能となった。

処理例② 無電解銅めっき排水の過硫酸アンモニウム (APS) による酸化処理

無電解銅めっき排水 (COD 1,000mg/l) 1 l に過硫酸アンモニウム15 g を添加し、反応温度

及び処理時間によるCODの除去効果を調べた。各時間ごとに試料を採取し、余剰のAPSを硫酸第一鉄溶液（N/10）を添加して分解後、残留する鉄（II）をN/40過マンガン酸カリウム溶液で微紅色を示すまで添加して鉄（III）とした後、CODを分析した。結果を図3-2-26に示す。

○無電解銅めっき液のCODは、APS添加後、すぐに50%程度分解する。その後のCODは温度及び処理時間に依存する。50℃では反応の進行は遅く、65℃では45分の反応時間でCODの98%が分解した。

○過硫酸アンモニウムエッチング廃液が発生する工場であれば、CODの分解に酸化剤として利用できる酸化剤費用の節約になる。ただし、処理水にはアンモニウム塩が多量に存在し、凝集処理での銅の除去は不完全になる恐れがあるので、その対策が必要となる。

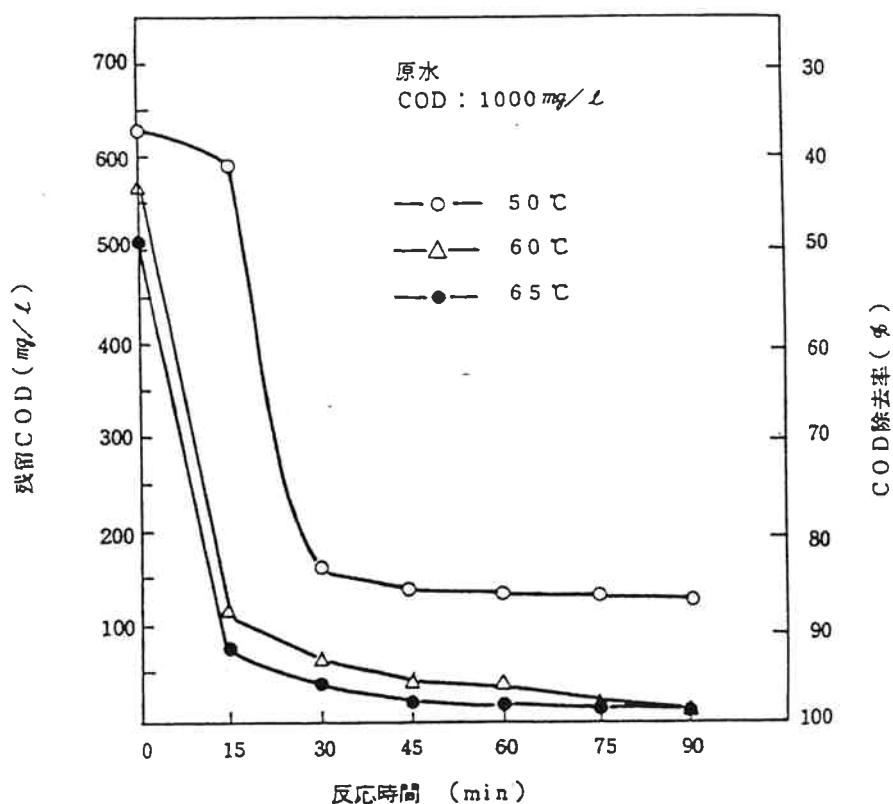


図3-2-26 無電解銅めっき液の過硫酸アンモニウムによるCODの酸化処理 温度と処理時間の関係

3-2-8-2 電解酸化法

電解酸化法は濃厚なシアン廃液やCOD廃液の分解に採用される。

電解法の特長は、次の点が上げられる

- ① 電力による酸化反応であり、酸化剤を使用しない。

- ② 濃厚液の分解に適している。高濃度では分解効率がよく、ランニングコストが安い。
- ③ 金属の回収、除去が同時に行える。
- ④ 汚でいの生成量が少ない。
- ⑤ 運転操作が容易である。

短所としては、次の点が上げられる。

- ① 処理時間がかかる。
- ② 完全除去が困難であり、低濃度処理は効率が低下し経済的でない。
- ③ 設備費が高い。

電解法による酸化は陽極における界面反応であり、濃度が低くなると効率が低下する。経済性から見て、高濃度少量廃液(2,000mg/l以上)が対象となり、処理限界濃度は300~500mg/l程度である。それ以下に処理するには、他の処理法によって行うのがよい。

電解酸化法に使用する電極(陽極)は、酸化力が強く、耐久性があり、価格が安いことが望まれる。一般にチタンに過酸化鉛を被覆した電極や黒鉛電極が使用される。

(1) 装置

シアン廃液の電解酸化装置(例)を図3-2-27に示す。

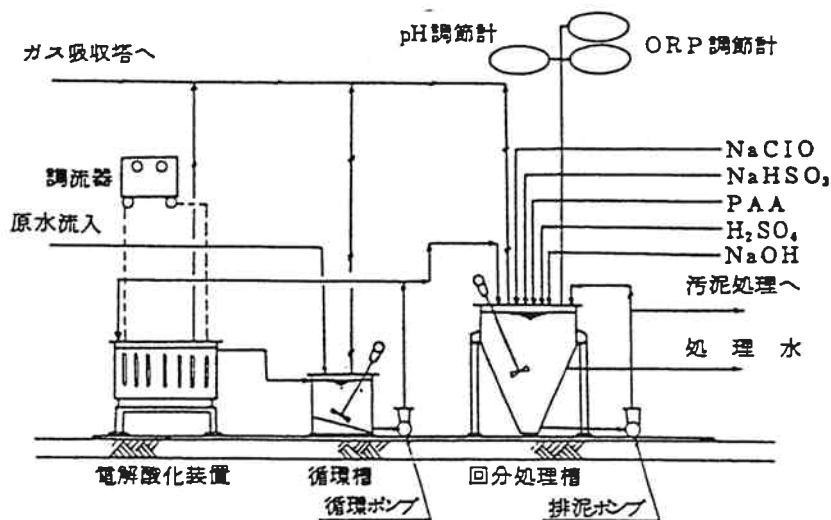


図3-2-27 シアン廃液電解酸化処理フローシート

(2) 処理例

シアン化銅排水の処理例を図3-2-28に示す。無電解銅めっき排水のCOD処理例を図3-2-29に示す。その他脱脂液、無電解ニッケル廃液等のCOD処理例を表3-2-5に示す。

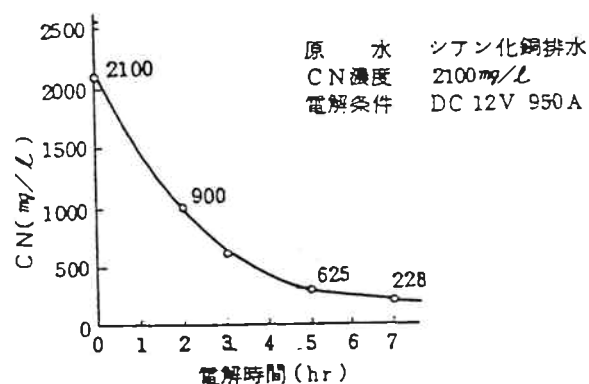


図3-2-28 シアン化銅排水のシアン電解酸化の例

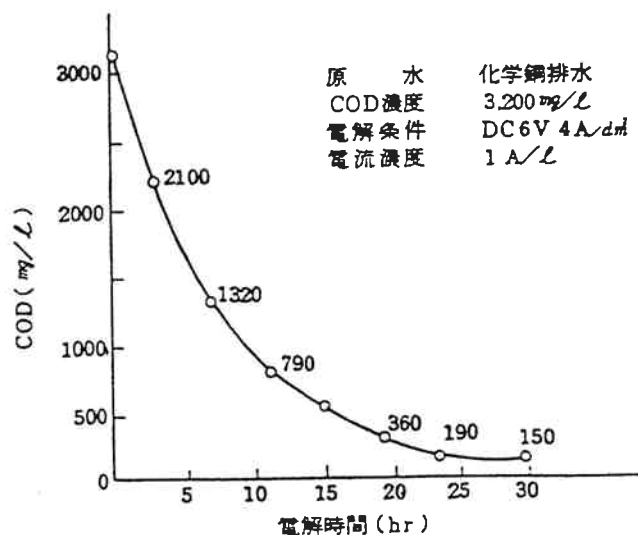


図3-2-29 無電解銅めっき排水のCOD電解酸化

表3-2-5 めっき廃液の電解酸化

	COD (mg/l)	処理後COD (mg/l)	電気量 (Ah/l)
脱 脂 液 (A社)	11,000	330	—
〃 (B社)	21,000	210	—
〃 (C社)	13,000	100	180
無電解銅めっき廃液	31,000	310	—
無電解ニッケル〃 (A社)	45,000	1,300	300
〃 〃 (B社)	40,000	230	270

3-2-8-3 活性炭吸着法

活性炭は多数の微細孔が互いに連絡した構造を持つ炭素物質で、原料となる材質面から、木材系（やし殻、おがくず）や石油系、石炭系等の種類があり、また、形状面から、粉末活性炭、粒

状活性炭があり、それぞれ特徴を持った多くの製品が市販されている。

活性炭は有機物質を選択的に吸着する性質があり、水中の有機物質（COD、BOD、色素）の吸着除去に広く使用されている。

一方、吸着法の常として活性炭の吸着能力に限界があり、ある量の有機物を吸着して飽和すれば吸着能力を失う。吸着能力は活性炭の種類、形状、有機物質の種類、濃度、通水速度等いろいろな条件によって異なり、また、幅もあるため一概に規定できないが、COD換算で約5～50gCOD/kgACといわれている。

飽和した粒状活性炭の再処理は可能であるが、再生装置が高価なこともあり、大規模な活性炭吸着装置に設置されている以外は、一般的に再生設備を保有しているところは少ない。特にめっき排水処理用の活性炭吸着装置規模では、再生設備は設置せず、飽和した活性炭を外部業者に委託して再生するか、廃棄して新しい活性炭を使用する。また、活性炭は価格がkg当たり300～500円と安くはないため、COD、BODの除去を全て活性炭吸着法で処理することは、処理コストが増大するので好ましくない。したがって、前処理でCODをできるだけ除き、最終の仕上げ処理として活性炭吸着法を適用することが望ましい。

表3-2-6は排水のCODを20mg/l以下に処理するための活性炭コストを比較した例である。凝集処理水（COD45mg/l）を活性炭吸着法によってCOD20mg/l以下にするには、排水1㎡当たり0.55kgの活性炭が必要であるが、凝集処理水を更に生物処理してCODを23mg/lまで下げ、最終の仕上げ処理に活性炭吸着処理を行って20mg/l以下とするには、活性炭消費量は排水1㎡当たり0.14kgとなり、活性炭処理コストは1/4に減少することを示している。

活性炭吸着装置はめっき排水の通常規模（50～100㎡/日）では装置の簡易さから、粒状活性炭を充填した塔（固定床）を1塔あるいは2塔直列に接続、通水して吸着する方式が用いられている。通水速度は線速度（LV）で5～10m/hで処理し、飽和した活性炭は新炭あるいは再生炭と交換する。処理フローシートは図3-2-30に示す。

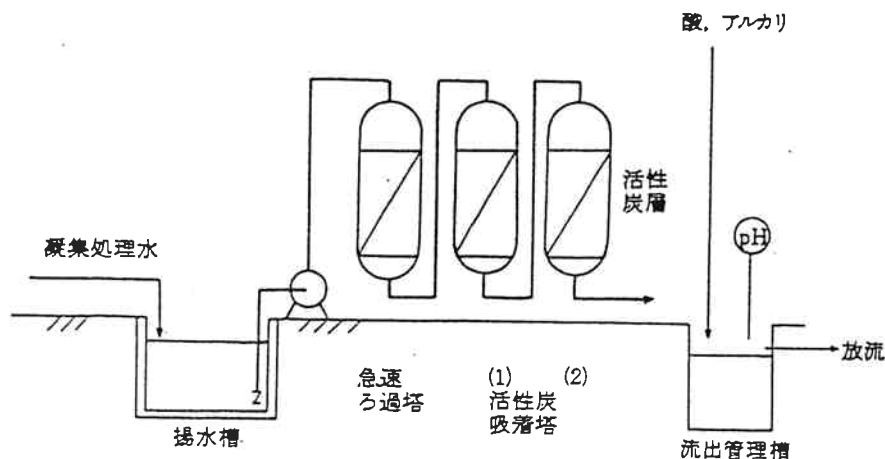


図3-2-30 活性炭吸着装置フローシート

表3-2-6 処理水質と活性炭消費量

破 過 率	凝集処理水 $C_o = 45\text{mg/l}$		生物処理水 $C_o = 23\text{mg/l}$	
(C/C_o)	処理水 COD (mg/l)	活性炭量 (kg/m^3)	処理水 COD (mg/l)	活性炭量 (kg/m^3)
0.9	—	—	20.7	0.09
0.8	—	—	18.4	0.14
0.7	31.5	0.22	16.1	0.16
0.6	27	0.36	13.8	0.18
0.5	22.5	0.43	11.5	0.28
0.4	18.4	0.55	9.2	0.53

3-2-8-4 生物処理法

(1) 処理法の概要

生物処理法は微生物の働きによってBOD、CODを分解除去するもので、処理は水中の微生物の生活に必要な空気を曝気するだけであり、処理費用は極めて安い方法である。しかしながら、めっき排水のBOD、COD処理に適用している例は少ない。それは、めっき排水中の重金属類が微生物の繁殖、活動を阻害する要因となることと、生物処理設備にかなりの面積を要することが原因である。そのため、めっき排水のBOD、CODを生物処理法で処理するケースとしては、比較的大規模工場で、生活排水と合流して一括処理する場合にみられる。生物処理法はBODの除去率は大きいですが、CODは微生物では分解しにくいものがあり、除去率はBODに比べると低い。そのため、高度なCOD除去が必要な場合、活性炭吸着法による後段の処理を併用することになる。

生物処理法には、活性汚泥法、固定床法、回転円板法、散水ろ床法等多くの処理方式がある。

(2) 処理フローシート

生物処理を行うめっき排水は、凝集沈殿処理を行って重金属類を除去した処理水を用いる。調整槽で水量や濃度負荷の均一化を行った後、曝気槽で生物処理を行う。処理方式には、曝気槽、回転円板槽、プラスチックろ材を充填した接触型曝気槽等がある。生物処理した液は沈降分離槽でフロックと処理水とに分離し、処理水は後処理（滅菌）を行った後、放流する。沈降分離槽で分離した微生物フロックは、一部を曝気槽に返送再利用し、他は余剰汚泥として処分する。（図3-2-31）。

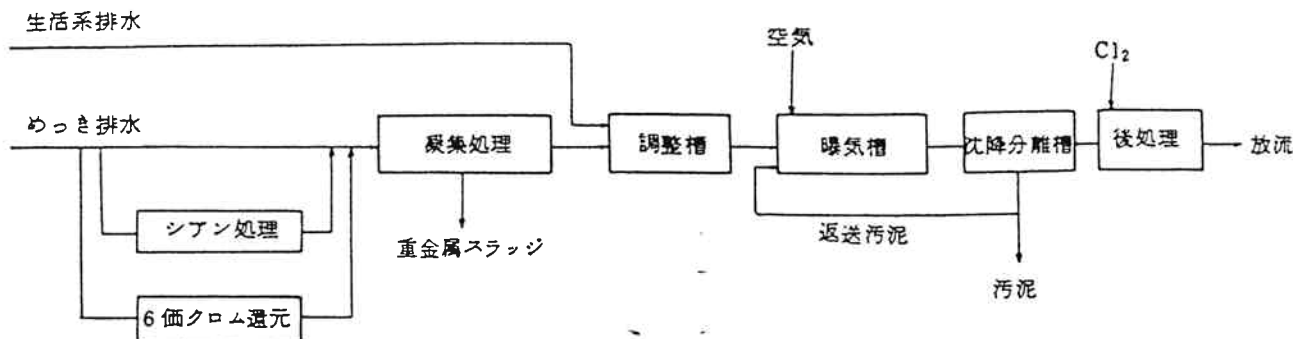


図3-2-31 めっき排水の生物処理（活性汚泥法）フローシート

(3) 処理例

処理対象排水はめっき・表面処理工場用団地の排水で、シアン系、ニッケル系、酸、アルカリ排水をそれぞれ処理し、最後の総合排水を凝集沈殿した処理水である。

生物処理前の原水の日間の濃度変動幅はCODで30～60mg/l、BODは20～50mg/lであった。

設備の運転開始からほぼ10日で微生物の馴致増殖が完了し、安定処理状態になった。馴致以後のCODは平均23mg/lで、除去率は40～60%であった。BODは10mg/l以下で、除去率は80～85%を示した。結果を図3-2-32に示す。

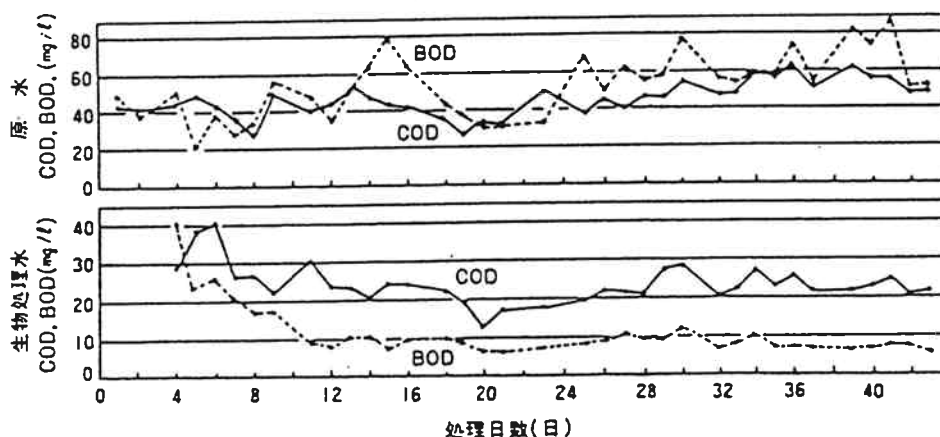


図3-2-32 めっき排水の生物処理によるCOD、BOD処理

〈参考資料〉

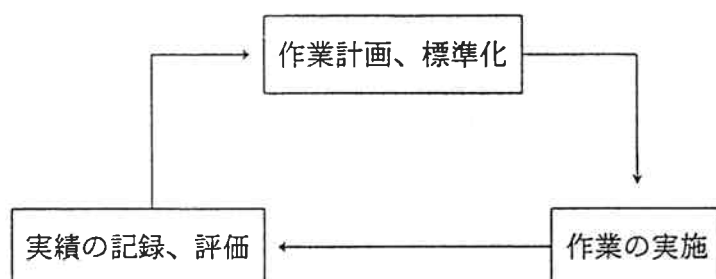
- (1) めっき排水処理施設の標準仕様：めっき排水処理工業会〔現(社)日本表面処理機材工業会〕
(昭和49年)
- (2) 今井雄一編：メッキ排水処理技術 槇書店(昭和49年)
- (3) めっき技術ガイドブック：東京鍍金材料協同組合、全国鍍金材料組合連合会(昭和58年)
- (4) 矢沢、江口元徳：湿式製錬と排水処理 共立出版(1975)
- (5) 小坂幸夫：実務表面技術：vol 32(7)354 (1985)
- (6) 桜井義雄他：水処理技術 vol 27(8)563 (1986)
- (7) イオン交換樹脂：技術資料 501-3 バイエル社
- (8) 堀内朝夫 山元一郎：実務表面技術 vol 31(2)50 (1984)
- (9) 金刺博康：P P M vol 13 No9 57p (1982)
- (10) 安富秀篤 松野俊則：特公 昭454-1804
- (11) 微工研ニュースNo57：微生物工業技術研究所(1983)
- (12) 技術資料：富士化水工業㈱(1986)
- (13) クロロカーボン衛生協会適正使用技術開発委員会編：トリクロロエチレン等適正利用マニュアルの解説：クロロカーボン衛生協会(1986)
- (14) 竹田一郎：検知管による水中の微量テトラクロロエチレンの簡易測定法：分析化学vol 34
203～205 (1985)

3-3 めっき排水処理設備の保守管理

3-3-1 処理設備の保守管理

3-3-1-1 保守管理の目的

一般に、「管理」とは①作業等の計画、標準化を行い、②その作業計画あるいは作業標準によって実施し、③作業経過あるいは作業結果の記録と成果の検討、評価をすることにより合理的な作業の標準化、システムの変更等に反映させることの繰り返しをいう。



これを排水処理設備の運転管理に当てはめてみると、まず作業の標準化としては、①処理方式及び処理水質の設定 ②運転操作手順 ③処理薬品の調整 ④排水のサンプリング及び分析 ⑤作業実績の記録、報告 ⑥メンテナンス方法、周期及び故障対策 ⑦スラッジ処分 ⑧処理薬品の購入、保管 ⑨その他である。

これらの項目について標準化あるいは取決めをして、それに沿って実施することが重要である。特に運転担当者、管理者が複数の場合、個人が操作や方法を変更することにより、トラブルや人身事故の原因になり易い。

作業を標準化することによって得られた結果は、直ちに排水処理における①処理水質の向上、安定化 ②処理コストの低減 ③機器寿命の延長 ④作業の安定性などに反映させることが大切である。

3-3-1-2 保守管理の概要

排水処理装置は、化学的処理（酸化、還元、中和など）と物理的処理（沈降分離処理、ろ過、脱水など）を行う機器から構成されており、これらの機器が定められた能力範囲内で稼働されなければ水質は保証されない。すなわち、反応槽や機器類の設備仕様に合った条件で使用することであり、このため(株)日本表面処理機材工業会では「容積基準一覧」として標準化を行っている。

排水処理は一般の生産工程と違い、絶対に不良を出してはならない使命があり、排水濃度に変化があっても処理水質（処理基準）は同じ値に保持しなければならないため、生産工程にはない

運転管理が要求される。

(1) 装置の保守点検（日常点検及び定期点検）

日常点検：装置の運転状況を比較的簡単にチェックできる項目の検査作業（例えば、装置の注油、薬品の補充、電極の清掃等）

定期点検：年に数度行われる点検で、比較的点検に時間を要するものや、頻繁に行う必要がない作業を対象として、連休日や冬期、夏期の休暇等を利用して行う点検項目（例えば配管の清掃、土木槽の漏れの点検、ライニングの補修等表 3-3-1 を参照）。

(2) 清掃作業

排水処理装置は直接生産工程とはつながらないものとしてとかく軽視されがちである。排水処理がきちんと行われているか否かは、装置の手入れ、清掃が行われているかどうかを見ればすぐ分かると言われている。その意味でも、整理、清掃も重要な維持管理作業である。

(3) 補修作業

装置の故障又は点検結果により、装置に異常が認められたら直ちに補修作業を適切に行うことによって、はじめて排水処理施設としての機能を果たすことができる。また、装置の故障を未然に防止し、寿命を長く保つことができる。

表3-3-1 メンテナンス周期の目安（日常点検を除く）

メンテナンス周期	装 置 名	メ ン テ ナ ンス 項 目
1 年	装 置 全 体	固定を完全にする（必要な場合）、腐食・損傷部の修理と塗装の実施
	原水受槽、処理槽 基礎床面、沈降分離槽	漏れ、亀裂、浸食部は補修する
	薬 液 貯 槽	漏れ、腐食部は補修する
3 ～ 6 月	自 動 制 御 操 作 盤	端子部、絶縁性、盤の腐食
	p H 計、O R P 計	回路点検、計器ボックスの腐食部塗装
	p H、O R P 電 極 ポ ン プ	劣化を調べ交換（必要な場合）、メカニカルシール又はグランドパッキング補修交換、グリース注入
	電 動 機	絶縁性
	脱 水 機	機械部品点検・オーバーホール（必要な場合）
	ブ ロ ヱ ー	吐出量不足の場合オーバーホール
	急 速 ろ 過 機	本体、配管系点検補修によるろ材補給交換
	イ オ ン 交 換 塔	本体、配管系点検、樹脂交換能力測定
1 月	配 管 系	破損、液漏れ
	脱 水 機	ろ布交換
	攪 拌 機、ブ ロ ヱ ー	グリース・オイル補充など
1 週	脱 水 機	ろ布洗浄、注油
	p H、O R P 電 極	飽和塩化カリウム溶液交換、校正
	ポ ン プ	フート弁清掃

3-3-2 機器の保守管理

排水の発生源であるめっき作業の保守管理、及び排水処理設備の機器の保守管理と併わせて全体の管理手法について説明する。

3-3-2-1 めっき作業場の保守管理

(1) 作業場の床面施工法と補修

めっき工程に使用されている各種処理液は、いずれも強酸、強アルカリ又は強い腐食性を有する薬液で、これらの液が浴槽や機器から漏れたりすると、他の機器、装置や床面の腐食の原因となる。しかし、全く一滴もこぼさないようにすることは大変困難なため、その対策をまず講じておくことが現実的である。そのために、一般的には耐薬品性のあるエポキシ系樹脂FRP工法などで床面仕上げを施すが、これも一度施工したからといって安心することはできないので、その補修などの保守が必要となる。これらの留意点について列挙する。

- a) めっき装置や機器は基礎や架台を設けて直接床面に設置しない。これはこぼれた薬液などにより他の機器の腐食を防止することもあるが、万一床面に施した耐薬品性の樹脂などのコーティングやライニングに剝離、ひび割れ、傷などが発見された場合に補修が簡単にできるからである。
- b) 耐薬品性の樹脂により床面を保護する場合、その樹脂の選定には、耐薬品性の適応性のあるものを選ぶことが当然であるが、同時に大事なことは、施工が簡単で、かつ、短時間に硬化するものを選ぶことである。補修のために長時間必要となると作業への影響もでてくるからである。
- c) 補修する場合には表面の樹脂のみでなく、下地になっているコンクリートの状態も充分に検査し実施すること。表面補修のみであると、早期に再補修が必要となる場合が多い。
- d) 剝離やひび割れなどが発見されたら、なるべく早く補修を行うこと。補修が遅れると思われぬ事故や大工事となることが多い。
- e) 床面は定期的に検査をする。毎日点検することは困難であるが、表面には異常がみられなくても腐食されていることもあり、定期的（たとえば6ヶ月に1回）に木ハンマーなどで軽くたたいて検査する必要がある。
- f) 各機器の固定にはアンカーボルトがよく使用されるが、このアンカーボルト周辺からコンクリートの腐食が進行する場合がみかけられる。その対策としては、アンカーボルトの床面から出ている部分にも樹脂コーティングを施したり、ケミカルアンカーを使用したりして腐食の防止を図る必要がある。
- g) 樹脂コーティングを施した床面の上で作業をして、表面を傷つける恐れがある時にはビニールシートなどで保護すること。

次に、区分された排水の貯槽までの導入方法について、補修を含めた基本的な注意事項を示す。

- a) 各作業槽のオーバーフローやドレン配管は、各廃液ごとに直接貯槽へ導入すること。

- b) 床こぼれ排水は系統ごとに分離、区分できる様に作業場の配置を考慮すること。
- c) 排水路や配管は作業の通路の邪魔にならないように、配管は配管用溝に入れると良い。
- d) 系統ごとに配管には色別のラベルを貼るか、塗装しておくで配管の変更、追加工事、補修する時などに便利である。
- e) 自然流下により排水を流す場合には、配管途中に空気溜りができないようにしておき、必要に応じて配管途中に空気抜き口をつけておくこと。
- f) 長い配管には途中フレキシブルチューブや伸縮継手などを利用して、地震や衝撃などで破損しないようにしておくこと。
- g) 長い配管や配管内部に滞積物が沈着することが予測される場合は、配管のフラッシングや交換がしやすいようにフランジやユニオン又はワンタッチ接続具を配管途中に設けておくこと。
- h) 配管機材は一般に硬質塩化ビニール配管が多いが、廃液の特性（種類、温度など）や流量に応じて配管方法を選定すること。
- i) 配管の口径は必要口径より若干大きめのものを用いることが良い。
- j) 常時排水とあけ換（更新）廃液を一本の配管でバブル切換にて排出するところがあるが、これは事故の原因になるので避けること。
- k) めっき工程の改善や変更をする場合には、必ず排水の区分、配管径路を見直し、必要に応じ修正する。
- l) 配管を補修した時は、液漏れなどが無いことを検査すること。
- m) 硬質塩化ビニール配管などのスリーブ接続箇所は、原則として溶接して使用する（はめこみ程度では緩んだり、外れたりすることが多い）。

(2) 排水区分方法と排水路、配管方法と補修

めっき排水処理の基礎は、流入管理にあるといっても過言ではない。その意味では、排水の発生源における排水の区分けを厳密にしておかなければ、排水処理装置がいかに高度なもので、保守管理が充分であっても、処理は不完全なものになる。

排水の区分方法は、その排水の処理方法、処理水質などによって決定されるので、基本的には排水の性状（pH、濃度、含有物、温度など）ごとに分離、区分けすることが良策となる。表3-3-2に排水を区分せず混合して排出した場合の不具合事項を2、3の例として示す。

表3-3-2 混合排水の不具合例

例	混合された排水の種類	不 具 合 事 項
1	アルカリ系と酸系の排水の場合	a)水酸化物などSSの発生、配管の閉塞 b)発熱による配管の劣化
2	シアン系とクロム系の排水の場合	a)処理が困難、水質の悪化、ランニングコストの増大 b)その他例1と同じ
3	希薄排水と濃厚廃液の混合	例2のa)に同じ
4	キレート剤含有排水とその他の排水の混合	例2のa)に同じ
5	シアン系と酸系排水の混合	a)例2のa)と同じ（鉄、ニッケル錯塩の生成） b)有害ガス（シアンガス）の発生
6	はんだ系やふっ素系排水と他の排水の混合	例2のa)と同じ

(3) 貯槽の構造と管理、補修

排水は排水溝や配管を通して貯槽へ導入される。ここでは排水貯槽の構造と管理について説明する。

図3-3-1に原水貯槽の例を示す。各貯槽の特徴と管理、補修について表3-3-3に示す。

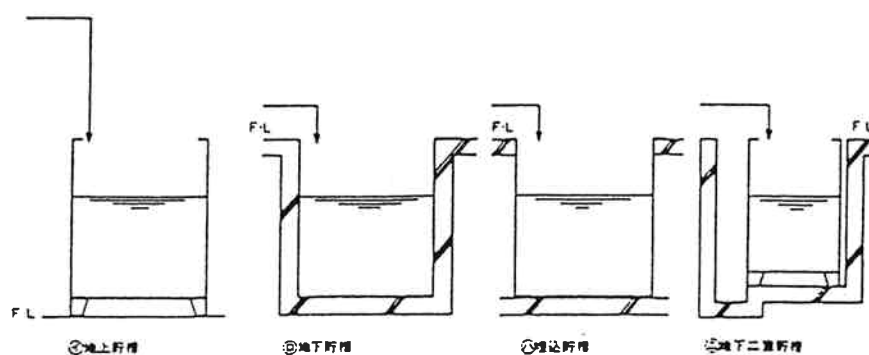


図3-3-1 原水貯槽の例

表3-3-3 各貯槽の管理と補修

貯 槽	特 徴	管 理	補 修
地 上 貯 槽	排水発生源が2階などのときに有効。材質は鋼板にライニングかFRP又はポリエチレン槽。	日常管理は外面検査。定期的（例6ヶ月に1回）に状態を検査する。	腐食状態に合わせて行うか新しい貯槽と交換する。
地 下 貯 槽	構造簡単。ほとんどの場合鉄筋コンクリートに耐酸や耐アルカリのライニングを施す。	定期的な内部検査を実施する。	早期補修に留意する。状態によっては内側に独立した槽を入れるかPVC張りで補修する。
埋 込 貯 槽	構造、施工簡単。材質は鋼板にライニングかFRPの槽を埋込む。	上に同じ	上に同じ
地下二重貯槽	安全性が高く、管理補修が簡単。鉄筋コンクリート槽に独立した槽を入れる。内側のタンクは鋼板にライニングかFRP又はポリエチレン槽を使用する。	最も管理しやすく検査も簡単であるが、定期的検査を実施する。	腐食状態に合わせて行うか新しい貯槽と交換する。

3-3-2-2 土木施設の保守管理

(1) 基 礎

各建屋や機器の基礎は、鉄筋コンクリート又は鉄骨構造物で施工され、建築物や機器の重量、振動に耐えるように設計、施工されており、建築物の強度、機器の性能を確保している。そのため常に損傷、腐食に留意し、薬液、腐食性ガスによる浸食、腐食の恐れのある基礎は、ライニングやコーティングを施す。定期的な点検を実施し、必要に応じて再ライニングやコーティングを施す事は当然であるが、配管の破損、機器からの漏れなどがあったときには、随時点検を行い、補修を行うことが大切である。

(2) 床 面

床面については、3-3-2-1 (1)の項を参照のこと。

(3) 土木槽

土木槽（鉄筋コンクリート貯槽）については3-3-2-1(3)の項を参照すること。

(4) 建 屋

一般的に、排水処理設備は屋外設置される場合が多い。しかし、騒音対策を含め、排水処理設備は建屋内に設置した方が、屋外設置する場合に比較して4～5年耐久年数が長いとされている。雨や風、直射日光から保護されるためであるが、建屋を設ければいつまでも問題はないということではない。次に、建屋を設けた場合の注意事項と、保守管理について説明する。

- a) 鉄骨部は定期的に検査を行い、腐食等の異常が発見されたならば早期に補修すること。
- b) 建屋内で発生する恐れのあるガスの種類、量にあわせて排気、換気設備を設け、有害ガス濃度の低減と機器、建屋の損傷の防止に注意する（特に処理薬品の過剰注入によるガス発生に注意する）。
- c) 特に有害、有毒ガスの発生量の多いところには局所排気設備を設ける。
- d) 機器の保守、補修に必要な照明を確保するように採光、照明に注意をはらうこと。

3-3-2-3 機器装置の保守管理

(1) 薬品槽

薬品槽は各種排水を処理することに必要な処理薬品を溶解、ストックすることを目的に設置するが、薬品には、アルカリ、酸、酸化剤、還元剤などの危険物が多くあり、取扱いには十分な注意を要する。また、薬品の溶解を行う場合には、薬品の飛散、発熱等に注意を払い、危険防止に努める事が重要である。

a) 薬品槽の日常管理

薬品槽は薬液のストック量が減少した分を補給、溶解する。薬品の補給方法は、槽上部に設けられた補給口より行う場合と、薬品ストック槽よりポンプ又は弁により補給する方法がある。いずれの場合にも一度に多くの量を補給すると、本槽自身に不具合が発生する危険があり、少量ずつ補給する事が必要である。

b) 主要薬品の凍結点及び薬品の溶解方法

薬品の溶解とストックで、特に冬期に注意すべき薬品の凍結点を図3-3-2に、溶解方法を表3-3-4に示す。

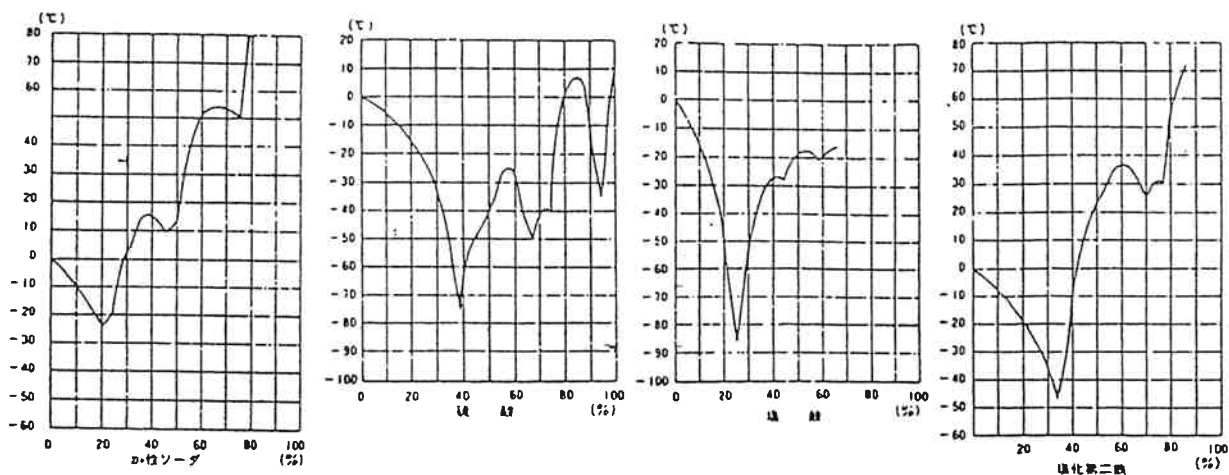


図3-3-2 主要薬品凍結曲線

表3-3-4 薬品槽の材質と溶解方法

薬 品 名	使 用 材 質	溶 解 方 法
硫酸 塩 か性ソーダ (液 体) 重亜硫酸ソーダ (液 体)	SS材内面PVCライニング 強化プラスチック (FRP) 製 ポリエチレン (PE) 製 その他	○薬品槽上部補給口より補給 補給液量の70%程度水を張った後、攪拌機を廻しながら、手押しポンプ等で少量ずつ補給。補給後、規定の量まで水を張った後、攪拌機を止める。 ○ポンプ及び弁により補給 補給液量の70%程度水を張った後、攪拌機を廻しながら、手押しポンプ、弁を作動させ、少量ずつ補給。補給後、規定の量まで水を張った後、攪拌機を止める。
か性ソーダ (フレーク) 重亜硫酸ソーダ (粉 末) 塩化カルシウム (粉 状) 消 石 灰 (粉 状)	SS材内面PVCライニング 強化プラスチック (FRP) 製 ポリエチレン (PE) 製 その他	補給液量の80%程度水を張った後、攪拌機を廻しながら、薬品投入口より少量ずつ補給。補給後、規定の量まで水を張った後、攪拌機を止める。 ただし、消石灰の場合は、攪拌機を作動した状態で使用する。
高分子凝集剤	SS材内面PVCライニング SS材内面エポキシ張り 強化プラスチック (FRP) 製 ポリエチレン (PE) 製	補給液量の60%程度水を張った後、攪拌機を廻しながら、薬品投入口より極少量ずつ均一に投入して完全に溶解する。 規定量の投入が終わった後、10分程度攪拌を行い、その後徐々に水を規定水位まで張り、均一に溶解したことを確認した後に攪拌機を止める。

c) 薬品槽の保守管理

外観検査：腐食、漏れ、割れ、ふくれ、塗装の状態をチェックし、異常部は早急に補修を行う。

特にフランジ部分は、薬液によりパッキンが収縮し、液漏れを起こしやすいため、日常の保守には充分注意する。

精密検査：長期の休日等を利用、内面ライニングの剝離状態、割れ等を器具を用い検査する。

(2) 反応槽

反応槽は流入排水の中和、酸化、還元、pH調整など化学的処理を行うための反応槽であり、一般的には、反応を促進させるための攪拌設備が付帯されている。

a) 反応槽の日常管理

反応槽内では各反応に使用される薬品と原液が混合される際の反応熱や希釈熱によって、槽の変形、ライニングの割れ、膨張等の恐れがあるため、高濃度廃液流入には特に注意をする必要がある。

b) 反応槽の保守管理

外観検査：腐食、漏れ、割れ、ふくれ、塗装の状態をチェックし、異常部は早急に補修を行う。

また、攪拌機等のチェックを併せて行い、攪拌シャフトのブレなど（本体破損の危険がある）を確認する。

精密検査：長期の休日などを利用し、槽内ライニング割れ、液張りテストなどの検査を行う。

(3) 沈降分離槽

排水中の汚濁物質を不溶解性の懸濁固定物質とし、固液分離する装置である。沈降分離槽は大別すると、普通沈殿法と凝集沈殿法があるが、めっき排水ではほとんどが凝集沈殿法を採用している。

a) 沈降分離槽の日常管理

凝集沈殿法では、清澄液の度合が変化することが多い。その原因としては、次の事項が考えられる。

- ①原水水質の変化
- ②凝集剤の注入過不足
- ③スラリー滞積による沈殿物の舞い上り
- ④吸い上げポンプからのエア巻き込み

日常管理においては、凝集状態の良し悪しが清澄度合を決定するため、原水の水質、凝集剤の注入量、凝集状態を常時把握する事が重要である。

b) 沈降分離槽の保守管理

外観検査：集泥装置の集泥状態

スラッジの排泥量及び濃度

槽内外面の腐食状態

精密検査：長期休日を利用し、沈降分離槽内部液とスラッジを全量排出した後、集泥装置の腐食状態、内面塗装の剥離、さびを確認し、異常部は早急に修理する。

(4) 砂ろ過装置

沈降分離槽で除去できない微細フロック（懸濁物質）を砂ろ過に通すことにより、分離、除去するための装置である。

砂ろ過装置は大別すると、加圧方式と重力方式に分類することができる。加圧方式では、逆洗圧力を任意に変えることが可能であるが、重力方式では、固定されている場合が多い。また、逆洗も空気混合方式、機械攪拌方式、表面洗浄方式などがある。

a) 砂ろ過装置の日常管理

加圧方式、重力方式とも逆洗周期を事前に把握し、一定周期以外に逆洗が必要になった場合は、次の事項を確認し、不良個所の修正を行う。また、装置に異常が認められない場合は、砂ろ材が固化し目詰り状態になっていることがあり、砂ろ材の取り替えが必要となる。

①凝集沈殿槽よりのキャリーオーバー

②高分子凝集剤の添加濃度と注入量

③逆洗水の汚れ具合

④砂ろ過への送水量

b) 砂ろ過装置の保守管理

①確認項目 逆洗周期……設定値の半分以上の時間で逆洗が起こる場合は、ろ材の目詰り状態を確認する。

②送水量……設定値以内で運転する。送水量オーバーの場合は損失水頭が上がり、逆洗周期が早くなる。

③ろ液の汚れ……ろ液が汚れている場合は、ろ材が逆洗で流出して減少していることがある。

④逆洗水の汚れ……逆洗しても逆洗水が余り汚れていない場合は、ろ材内部に亀裂が発生していることが多い。

⑤外観検査：内外面の腐食状態

内外面の塗装状態

⑥精密検査：逆洗初期圧損の確認（ろ材の目詰りに関連する）

配管及びバルブなどの詰まり

ろ材内部のマットボールや固化状態の確認

(5) 脱水処理装置

沈降分離後のスラリー（スラッジ）を機械的に脱水する装置であり、加圧脱水機、真空脱水機、遠心脱水機などがある。また、システムによっては高分子凝集剤、けいそう土などを使用し、ろ液の清澄化を図るタイプの脱水機を使用することがある。

- a) 脱水機のスラリー生成量は、排水中に含有する金属などの量により異なるが、沈降分離槽より排出するスラリー濃度は5～10g/l程度であり、脱水機種によりそのまま脱水する場合と更に濃縮工程を行い脱水する場合がある。

脱水機能力を充分発揮させるには、スラリー濃度、含水率、ろ過精度などその脱水機の特長を充分確認し、使用することが必要である。

b) 脱水機の保守管理

脱水機の能力を充分発揮させるには、次の事項について日常管理を行い、一定周期ごとにろ材、ろ布の洗浄を行うことが必要である。

- ①運転圧力又は真空度
- ②各機器が正常に作動しているか
- ③異常音の発生が無いか
- ④脱水ケーキ含水率が通常と変化ないか
- ⑤ろ材（ろ布）の目詰まり状態

(6) ポンプ

ポンプは汎用ポンプと特殊ポンプに区分される。排水処理に使用されるポンプは、腐食排水、各種の薬液及びスラリーなどを輸送するので、耐酸または耐アルカリ性のステンレス製あるいは合成樹脂製の汎用ポンプ又は特殊ポンプが広く使用されている。

排水処理に使用される主なポンプの分類を表3-3-5及び3-3-6に挙げる。

a) ポンプの日常管理

ポンプは使用方法、材質の選択を誤ったり、固形異物を吸い込むと、腐食、摩耗が促進され、能力低下を起こす原因となるため、適正使用に留意する。

また、ポンプの日常管理としては、揚水量、圧力の点検、グランドシール、メカニカルシールの漏れなどの確認を行う。

表3-3-5 ポンプの構造別分類

ポンプの分類	種類
渦巻ポンプ (遠心ポンプ)	回転羽根車の遠心力を利用して、揚液するポンプでボリュートポンプが一般に用いられる。
往復ポンプ	ピストン作動で液送するもので、ピストンポンプ、プランジャーポンプ、ダイヤフラムポンプなどがあり、定量注入用に適する。(液量調整可能)
特殊ポンプ	ギヤーポンプ、スクリーポンプ、ルーツポンプなどがあり、粘調液用(油、凝集剤)やスラリー排泥用に使用される。

表3-3-6 ポンプの用途別分類と使用材質

用途別	主に使用されるポンプ	主に使用される材質
薬液注入用	マグネットポンプ ダイヤフラムポンプ	SUS 304, 316 合成樹脂、合成ゴム
酸系排水用	耐酸渦巻ポンプ (主として自吸式)	SUS 304, 316 硬質塩化ビニル
アルカリ系排水用	耐アルカリ渦巻ポンプ (主として自吸式)	鋳鉄 硬質塩化ビニル
スラリー用	ルーツポンプ	鋳鉄
一般排水用	汎用渦巻ポンプ	鋳鉄

b) ポンプの保守管理

ポンプの故障は、選定間違い以外は単純な原因によることが多い。異常に気付いた時点で適正な判断にもとづく迅速な故障対策が実施されないと、ポンプ本体及びモーターの焼付けを起こすことがある。

表3-3-7の故障原因と対策例を参考に点検修理を行うことにより、おおむね正常に戻る。

代表的なプロペラ攪拌機とロータリーブローの構造図を図3-3-3と図3-3-4に示す。

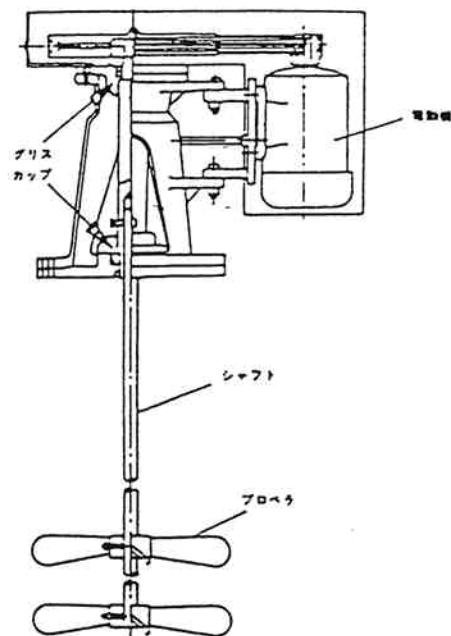


図3-3-3 プロペラ攪拌機構成図

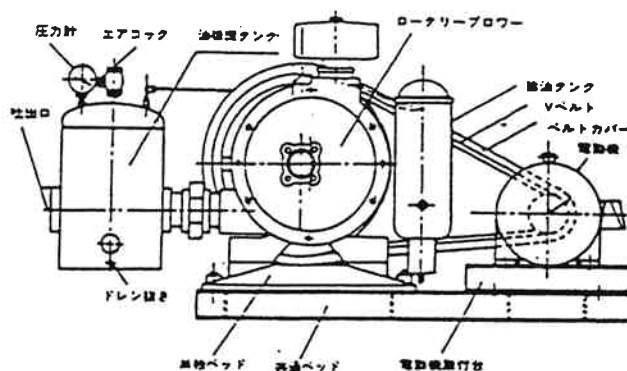


図3-3-4 ロータリーブロー構成図

a) 攪拌機の日常管理

プロペラ攪拌機の場合は、シャフトの曲がり、本体の固定、ベアリング部の異常音、攪拌状態等の確認を行い、一定期間ごとに給油及びベルトの張り調整を行う。空気攪拌（ブロー）の場合は、吐出量、吐出圧、温度等の確認を行う。また、ロータリーブローの場合は、吐出量を極端に閉めるとモーター負荷が大きくなり、オーバーロードになるため、バイパスなどにて調整を行う。給油は早めに行う。

表3-3-7 故障原因と対策の一例（自動制御系）

故障の原因	原 因	対 策
モーターが 起動しない	①モーターの故障	点検、修理
	②サーマルリレーの復帰レバーの押し忘れ	サーマルリレーの復帰レバーを押す
	③結線不良（断線を含む）	結線図と照合し復旧。自動運転では液面リレー圧力スイッチの点検
	④ヒューズ切れ（オートブレーカ切れを含む）	ヒューズ交換（ブレーカの復帰）
	⑤ポンプ焼付か異物をかむ	分解し分解を除去する
モーターは 回るが汲上 げない	①吸引側の空気吸込	配管部、接合フランジ部、シール部の点検・修理 呼水を入れる。渦巻ポンプではフートバルブ、配管の漏れを点検
	②呼水がない。 呼水をしても漏れる。	
	③吸引側配管の詰まり。ポンプ内の異物	フランジからはずし清掃
	④吐出弁の閉塞	弁を開く
	⑤逆回転	結線直し
	⑥羽根車の摩耗欠損	修理又は交換
揚程・吐出 量の不足	①吐出管漏れ	修 理
	②バイパス弁の閉め忘れ又は開き過ぎ	閉じるか調整
	③羽根車の摩耗	羽根車交換
	④回転数の低下	入力電圧を点検する
軸受の発熱	①直結アンバランス	直結を修正する
	②長時間のオーバーロード運転又は全閉運転	全閉運転を止めるかバイパスをとる
	③グランドパッキンの締めすぎ	適度に締め直す

(7) 攪拌機及びブロワー

攪拌にはプロペラ攪拌機が一般的に使用されるが、目的によってはブロワー（空気攪拌）を用いる場合がある。攪拌は槽内における薬品の溶解や反応を効果的に行うためのものと、スラリーなどの混合を目的に行うものがあるが、その目的を考え適正能力の機器を選定することが必要である。

b) 攪拌機の保守管理

プロペラ攪拌機の場合は、薬品の溶解、反応の促進等腐食液体及びガスに接しているため、本体の腐食、モーターの絶縁不良等の故障を起こしやすいため、定期的に行う。

- ①シャフト、プロペラの腐食及び変形
- ②絶縁抵抗の測定
- ③ベアリングの取り替え及び給油
- ④ベルトの張り調整

ブロー攪拌の場合は、攪拌状態が上下攪拌であり、反応促進（特にpH、ORP計等で薬品量を制御）のための攪拌には不向きである。

ブロー攪拌では直接機械本体が液に接しないため、機械本体の保守管理を定期的に行う。

- ①ブロー本体の給油
- ②ガス吸引による本体、モーターの腐食状態
- ③本体の発熱
- ④エアークリナーの清掃及び取り替え
- ⑤配管内部の詰まり

(8) その他

排水処理設備では種々多様の機器を使用する。各機器の能力を充分出すためには、メーカーの取扱説明書を良く理解し、異常が発生した場合、敏速に対応することが肝要である。

3-3-2-4 計測器の保守管理

(1) 操作盤

排水処理装置の機能を正常に維持するためには、操作盤への依存度が高い。設備内容によって異なるが、操作盤は送水用ポンプ、反応促進用及び薬液溶解用攪拌機、ポンプ制御用液面計、計測器などの組み合わせにより自動制御を行っている。したがって、自動制御回路を組み込んだ操作盤の保守管理は、他の項目と同様重要になる。最近はリレーシーケンスからシーケンサ、マイコンあるいはコンピューターなどを使用した操作盤が多く見られる。こうした操作盤は、ソフト面が簡素化された反面、初心者にとっては、なかなか理解が困難になりつつあることも現実である。そうした高度の技術を使用した操作盤については、設備担当者が充分電気知識を持っているか、あるいは納入メーカーの援助により、発生したトラブルに対応している場合が多い。

ここでは、ポンプ、攪拌機の機器を作動させるスイッチ、マグネット類の日常排水処理装置を稼働させるのに必要な保守管理について記載する。多くの操作トラブルについては、装置納入後

後相当年数が経った操作盤の場合に起こりやすく、また、トラブルも突発的に発生することが多い。トラブルの処置については、部品交換を必要とすることが多く、この場合部品の規格そのものが変わり、入手できないこともある。したがって、排水処理装置納入時に、あらかじめ必要な盤内部品を購入しておくのが良い。

一般的に多く発生する盤内トラブルとその原因及び処置について表3-3-8に示す。

表3-3-8 操作盤内トラブルの原因と処置の例

故障箇所	故障状況	故障原因	処置
操 作 盤	(1)電源が入らない	イ) 電源スイッチの故障 ロ) ヒューズが飛んでいる ハ) 電源リレー（マグネットスイッチの故障） ニ) 結線外れ、接触不良、断線	イ) 新品と交換 ロ) 新品と交換 ハ) 新品と交換又は部品的部品交換（コイルの焼損の場合コイルのみ） ニ) 結線及び締め付け
	(2)自動・手動の切り換えがきかない	イ) 切換えスイッチの故障 ロ) 切換りレーの故障 ハ) 接触不良又は結線外れ ニ) リレーの接点の焼損又は故障	イ) 新品と交換（コマンドスイッチ） ロ) 新品と交換 ハ) 結線・締め付け ニ) リレー新品交換
	(3)手動でスイッチONにてリレーは作動するがモーターが回らない	イ) モーターの焼損 ロ) 単相運転 ハ) マグネットスイッチ接点接触不良、損傷	イ) 新品と交換 ロ) 正常結線、マグネットスイッチ交換 ハ) 新品と交換
	(4)手動でスイッチONにてマグネットスイッチが作動しない	イ) マグネットスイッチのコイルの故障（テスターにて確認） ロ) スwitchの故障 ハ) 接触不良又は結線外れ ニ) 結線間違い ホ) サマルリレーが復帰しない	イ) 新品と交換 ロ) 新品と交換 ハ) 結線及び締め付け ニ) 結線修正 ホ) 手動復帰させる。しない場合新品と交換（原因調査要す）
	(5)押釦ON時のみマグネットスイッチが作動する	イ) マグネットスイッチの保持回路の接触不良又は結線外れ ロ) 押釦スイッチの故障 ハ) 結線間違い、断線	イ) 接触不良の場合、新品と交換 結線はずれは締め付けを行う ロ) 新品と交換 ハ) 結線修正
	(6)押釦スイッチOFFにしてもマグネットスイッチが切れない	イ) 押釦スイッチの故障 ロ) 結線間違い	イ) 新品と交換 ロ) 結線修正

故障箇所	故障状況	故障原因	処置
操作盤	(7)自動でマグネットスイッチが作動しない	イ) マグネットコイルの損傷 ロ) 発信源の故障 (pH計・ORP計・フロートなしスイッチ・タイマーなど) ハ) 発信源とマグネットスイッチの中間にあるリレーコイルの故障 ニ) 発信源とマグネットスイッチの中間にあるリレーの接触不良又は損傷 ホ) 配線間違い ヘ) 配線の外れ、接触不良	イ) 新品と交換 ロ) 発信源の修理 ハ) リレーの新品交換 ニ) リレーの新品交換 ホ) 配線修正 ヘ) 配線のつなぎ、締め付け
	(8)自動でマグネットスイッチが切れない	イ) 発信源の故障 ロ) その他(7)のハ)～ヘ)の項参照	イ) 発信源の修理 ロ) (7)ハ)～ヘ)の項参照
ブザー	(1)鳴らない	イ) 本体の故障 ロ) 配線、接触不良 ハ) 発信源の故障によるもの (液面制御器・計器等) ニ) ダイオード不良 (ランプのみ点灯) ホ) ブザー用リレー不良	イ) 新品と交換 ロ) 配線修正 ハ) 発信源の修理 ニ) ダイオード交換 ホ) リレー交換
	(2)ブザーリセット押釦を押しても鳴り止まない	イ) ブザーリセット用リレー不良 ロ) ブザーリセットスイッチ不良 ハ) ブザーリセット回路配線接触不良	イ) リレー交換 ロ) スイッチ交換 ハ) 配線修正

(2) pH計、ORP計

水質を計測し、必要な薬品を注入する信号を出し、電磁弁やポンプを作動させる計測器として、pH計とORP計が多く使用されている。

この計測器の機能が日常正しく管理され、安定した状態に維持しておくことが排水処理装置の運転にあたって重要な項目の一である。

pH計、ORP計は次の三つの部分より構成される (図3-3-5)。

①指示計又は記録計 —— 受信部

②専用ケーブル (コネクターボックスを含む) —— 中継部

③電極 (電極ホルダー含む) —— 発信部

メンテナンスは、この三つのグループに分けて考え、欠陥が生じた場合は、三つのどのグループに起因するかを迅速正確にとらえて、直ちに復旧することが必要である。

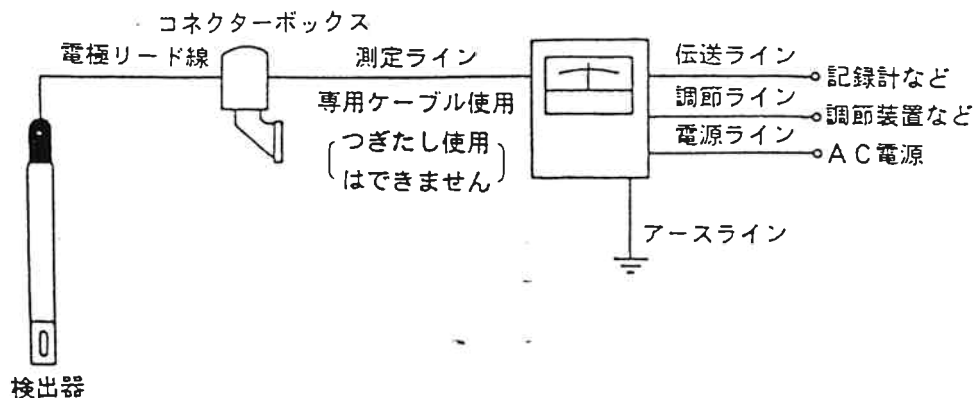


図3-3-5 計測器構成図

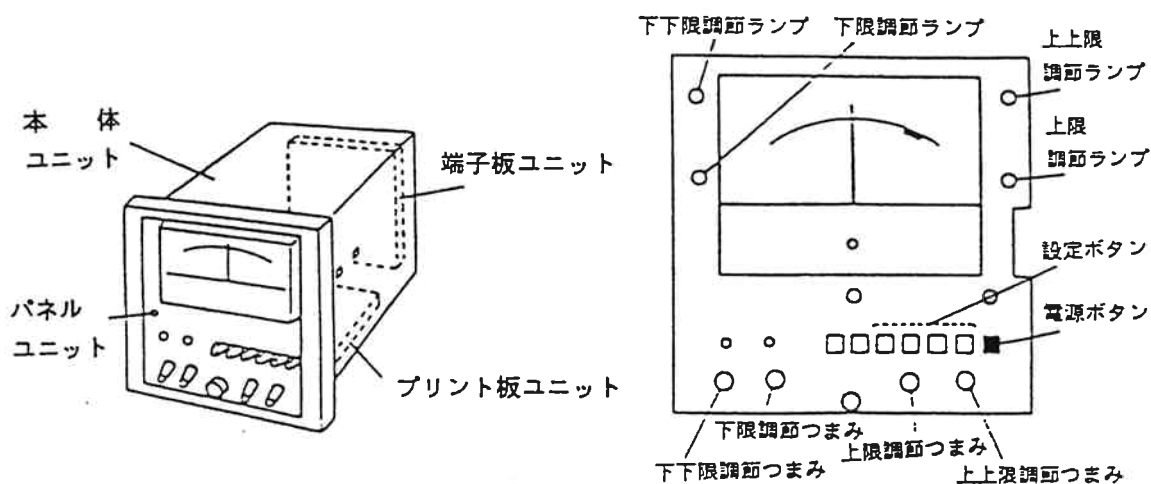


図3-3-6 本体の構成

図3-3-7 表示盤

a) pH計、ORP計の受信部

受信部は、電極からの電位の変化を受信し、これを機械的、電気的に指示する機能を有する。精密計器であるので、有害ガス、湿気、振動、高温及び強電回路から保護されるように設置場所も充分配慮する。

メンテナンスについては、計器の設定値が正常な位置にあるかをチェックし、pH値、ORP値が適正に指示されているかを計器メーカーの取扱説明書に従って定期的に標準液による調整を行う必要がある。

b) pH計、ORP計の中継部

接続ケーブルは、高絶縁に保たないと指示不良になる。定期的に絶縁抵抗の測定及び点検を行い常に高絶縁に保たれるよう管理する。専用ケーブルは、心線間絶縁抵抗 $105\text{M}\Omega/100\text{m}$ 以上である。

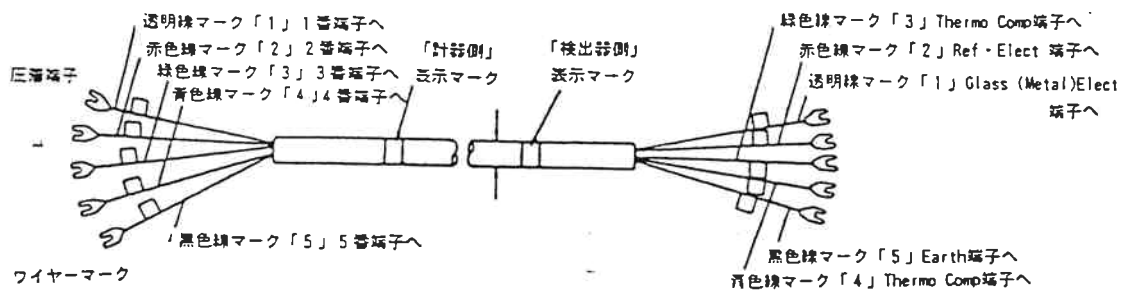


図3-3-8 pH専用ケーブル

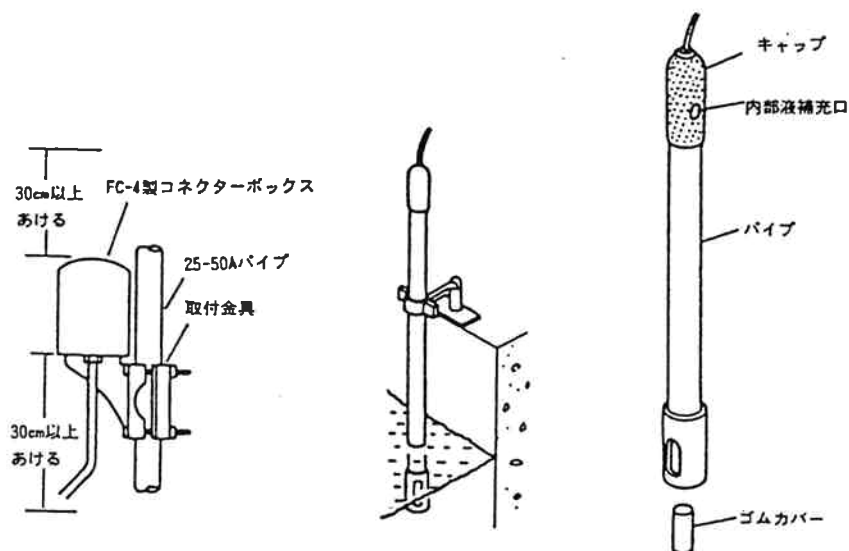


図3-3-9 各種検出部



図3-3-10 内部液の補充

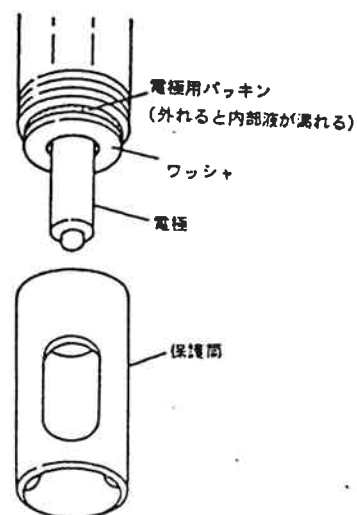


図3-3-11 電極の洗浄

c) pH計、ORP計の発信部

pH計、ORP計の発信部は、電極、同ホルダー、コネクターボックスより構成され、専用ケーブルによって液の変動電位を刻々受信部に伝達する。

排水処理自動制御の生命部分であるから、電極の日常の清掃、手入れ、標準液による調整、破損あるいは劣化の速やかな発見と交換の実施が必要となってくる。

電極は、汚れや油の付着によって正しい値を示さなくなり、応答も悪くなるので、少なくとも週1回は電極部を洗浄し、標準液を用いて校正する。

洗浄は、汚れの少ないときには脱脂綿に清水を付けてふく。油分が付着しているときは、せっけん水や洗剤を脱脂綿に付けてふきとり水で洗う。さらに沈殿物などが固着しているときには、塩酸（15倍希釈）中に漬けるか脱脂綿で軽くこする。

洗浄の際、電極先端部のガラス膜を破損せぬように注意する。

電極の寿命は、ほぼ1年である。電極は、被検液と電氣的に接続する液絡部があり、そこから塩化カリウム溶液が流出しているので、週に1回程度は飽和塩化カリウム溶液を補充する。この場合塩化カリウムの結晶が電極内部に常に残った状態とする。内部液が汚れた場合、全部入れ替えなければならない。

表3-3-9 pH計・ORP計の故障原因と処置の例

故障箇所	故障状況	故障原因	処置
pH・ORP計	(1)指示が動かない	イ) 電源が来ていない ロ) ヒューズの不良	イ) 端子にAC 100Vがかかっているかをテスターで確認 ロ) 交換
	(2)指示不良	イ) 切換スイッチ“チェック”へ	イ) チェック正常ならば検出部点検 ロ) チェック不良ならばメーカー連絡

故障箇所	故障状況	故障原因	処置
検出部 (電極)	(1)指示が動かない(チェック正常)	イ) ガラス電極の破損 (クラック、ピンホール)	イ) 交換
	(2)指針が振り切れる	イ) コネクターボックス及び端子板の結線不良 ロ) 比較電極の不良 ・クラック ・K C I 不足 ・電極内に気泡 ・電極リード線の断線 ハ) コネクターボックス端子板の絶縁不良 ニ) 電極が被検液に浸っていない ホ) ガラス電極リード線の断線、端子不良	イ) 点検 ロ) 点検 ・交換 ・補充 ・気泡を抜く ・交換 ハ) 絶縁抵抗測定 アルコール等で洗浄→乾燥 ニ) 電極を液に充分浸す ホ) 交換
	(3)指示不安定	イ) 接続端子の接触不良 ロ) 比較電極液絡部の汚れ ハ) 高絶縁回路の絶縁低下 ・ガラス電極のキャップ、リード線端子 ・コネクターボックス端子板 ・専用ケーブル ニ) 被検液に気泡が多い ホ) 被検液に漏洩電流があるとき ヘ) ガラス電極リード線又は専用ケーブルが振動、動く場合	イ) 締付 ロ) 洗浄 ハ) 点検 ・アルコール等で洗浄→乾燥又は交換 ・アルコール等で洗浄→乾燥又は交換 ・アルコール等で洗浄→乾燥又は交換 ニ) 気泡を除く ホ) 原因を除く、又は液回路を断つ ヘ) 固定及び要因をとり除く
	(4)指示が安定するまでに時間がかかる	イ) 高絶縁回路の絶縁低下 ロ) ガラス電極の汚れ ハ) 被検液の温度が低くなった時 (5℃以下) ニ) 高温用電極を常温で使用	イ) アルコール等で洗浄→乾燥 ロ) 洗浄 ハ) 液温測定 液温昇温又は低温用電極に交換 ニ) 常温用電極に交換
	(5)調整不可	イ) ガラス又は比較電極の特性劣化 ロ) ガラス電極の破損(クラック、ピンホール) ハ) 比較電極に被検液侵入 ニ) 高絶縁回路の絶縁低下 ホ) 標準液 pH が変化 ヘ) 高温用電極を低温で調整するとき	イ) 交換 ロ) 交換 ハ) 内部液の入替 ニ) アルコール等で洗浄→乾燥 ホ) 新しい標準液でチェック ヘ) 標準液の温度を高くする

(3) その他の計測器

排水処置装置に組み込まれる特別の計測器としては、

- BOD計
- COD計
- 油分計
- シアン濃度計
- 六価クロム濃度計
- その他

これら計測機器は専門的知識を要する精密計器であり、これをマスターしなければ自動制御機器に依存したことにはならずかえって危険である。現在の計測機器は、取扱いやすく作られているので、各装置メーカーの取扱説明書のメンテナンスによって行う。

3-3-2-5 配管・配線の保守管理

(1) 凍結防止対策

排水処置装置に使用される主要薬品の凍結点に注意する(3-3-2-3項図3-3-2参照)。その他比較的凍結の心配な薬品として高分子凝集剤(0℃)が挙げられるが、希釈用上水も凍結し易いので留意する。凍結防止対策としては、①液溜まりが少ない配管工事を行う。②配管・ポンプ中の水及び薬液をバルブ(弁)及びコックで抜く。③薬液に応じて適切な保温工事を行う。(例:グラスウール保温筒、鉄線、アスファルトフェルト、鉄線、亜鉛鉄板) ④テープヒーターの使用(15w/m温調付) ⑤赤外線ランプの照射 ⑥寒冷地では基本的に屋内設置した上、①～⑤の対策を行う必要がある。なお、寒冷地以外でも簡単な屋根及び壁は凍結防止対策に大きな効果が得られる。

(2) 振動・収縮対策

排水処理装置の配管及び配線配管は、電動機等の振動や温度差等の収縮により5～10年経過すると部分的にもろくなり破損する。

対策としては、初期工事において適切な材料を選択し、適切な配管サポートをとること。直管距離が長い場合には、緩衝を設ける(E Pジョイント・ホースなど)。さらに大きな電動機をもつ機器は防振台の上に設置すると良い。

主要な配管材料である塩化ビニール管については、経年により硬化しもろくなるので、一部の配管設備の交換を行わなければならない。

(3) 正常な薬注配管方法

薬注配管は、薬品濃度及び流量に適する材質、口径を使用しなければならない。多くは、塩化ビニール管が使用され、極くまれに内面ライニング管が使用される。

また、薬注配管は、それぞれの薬注制御により応答が早い配管方法を行う必要がある。薬液の注入量が比較的少ない場合、過剰注入にならないよう注意を要する（定量ダイヤフロムポンプの採用）。液漏れなどが発生した場合には、一部の配管設備の交換が必要になることがある。

(4) 配線材質と配線方法

電気配線は、自動制御操作盤と負荷設備及び各種検出部との連結を成すもので、絶縁、接地、結線などを正しく保守する必要がある。管理を充分に行わないと漏電などの事故となり、装置の停止のみでなく感電や計測機構への悪影響が発生する。

- ①絶縁は設置当初50～100M Ω （規定は0.2M Ω 以上）電線管の腐食・破損及び電線自体の損傷の点検。結線部のテーピングが充分であることの確認。
- ②接地、規定100 Ω 以下、腐食による電線管及び電線の損傷・露出に注意・点検し、アースを完全に取り、露出部分は速やかに修理する。
- ③中継端子、モーター端子等の結線の点検を行い、外れや緩みがあれば結線を確実にする。
- ④配線図の保管・整備を行う。

以下の要点を表3-3-10にまとめた。

表3-3-10 電気配線設備の要点

配線の種類	200V(400V)回路 100V回路 制御回路	各種電動機など 電燈、自動弁、電動機など フロートレススイッチ、pH、ORP検出など
接続導体	ビニール絶縁線、IV、HIV、CV、CVVなど	
保護管の種類	金属電線管、ビニール電線管、ダクト、ブリッカーチューブなど	
敷設方法	露出、埋設、架設	
法的規定	電気設備技術基準（通産省制定） 内線規定（電力会社制定）	

3-3-3 機器の耐用期間

3-3-3-1 処理設備のメンテナンスと耐用期間

一般に排水処理設備の耐用年数は、メンテナンスに対する姿勢が大きく影響するのはもちろんのこと、設備設置の環境（屋内で換気が良いか否か、又は屋外か）によって相当の差異を生じる。

めっき排水処理装置の多くは、腐食雰囲気の中の工場の一隅に設置されており、その環境は良好とは言いがたい。めっき工場の多くが立地条件の厳しい市街地にある現状では、十分なメンテナンスエリアを確保して装置機器を配置する余裕はないとはいえ、作業者の日常点検や部品交換作業には大変な苦勞が伴う事は言うまでもない。

特に老朽化したポンプ本体や消耗部品の交換に際しては、ポンプ前後の配管内に残っている薬品や排水を採り出すためのドレンを設置するだけの高さの余裕がない場合がほとんどで、ポンプを外すと同時にバケツなどで薬液を受けるような離れ技を必要とし、その飛沫が、当該ポンプはもちろんのこと、周囲の機器を外側から腐食してしまっていることが多い。その上、めっき排水処理装置自体からも少量ではあるが腐食ガス（塩素ガス、亜硫酸ガス）が発生し、設備環境はさらに悪化することになる。このような環境下では、めっき排水処理装置の耐用期間が一段と短くなるのは避けがたく、日常点検の密度を高め、交換可能な機器や部品は常に早めに交換し、交換不可能な機器には腐食性塗料など年1回以上塗布することが効果的である。

3-3-3-2 処理設備の実態調査と耐用年数の設定

処理設備の稼働状況実態調査は、日本表面処理（めっき）機材工業協会（現社）日本表面処理機材工業会）の環境部会全社の協力によって実施された。3-3-3-1でも述べているように、機器の寿命は日常のメンテナンスによって大きく左右されており、接液面の腐食や摩耗と、外部腐食すなわち処理によって生ずる亜硫酸ガスと塩素ガス、あるいは廃液との接触などの原因により、機器の外部から腐食、破損して耐用期間を短くしている例も少なくなかった。

(1) 調査方法

耐用期間の集計は会員会社全社の実績などを持ち寄り実施された。

- a) 各会員会社が客先へ納入した設備から機器備品の交換頻度を調査して、その集計から公約数的に設定した。
- b) 各会員会社がそれぞれ納入した設備の稼働状況（機器備品の損傷状況を含む）を調査し、耐用期間を設定した。
- c) 調査対象としては次の通り

①計測、計装機器…pH計、ORP計、操作盤など ②ポンプ類…用途別、構造別、材質別

③攪拌機類…攪拌機、プロアー ④脱水機、ろ過機…各種 ⑤イオン交換機 ⑥弁類…自動手動別、構造別 ⑦配管系、流量計 ⑧槽類

(2) 調査結果 (表 3-3-11 参照)

a) 計測、計装類

調査対象としては pH、ORP 計、操作盤であるが、まず計測機類ではセンサー（電極）が通常 0.5～1 年の耐用期間であり、むしろ消耗品として扱うべきであろう。計測器本体は 3 年以上使用されている例が多く、プリント基板回路の交換によって 5 年程度は使用できるものと判断した。また、操作盤については、これが装置全体の心臓部でもあり、設備場所も配慮されているので、マグネットスイッチなどの部品交換を定期的（1～5 年）に行えば相当年数使用可能である。

b) ポンプ類

排水処理装置に使用されているポンプは、構造、材質ともに多品種にわたり、すべてを表示できないので、代表的なものにまとめた。全般的にみて、シールパッキン、ベアリングなどの消耗品を交換することによって 3～5 年の耐用が可能であるが、マグネットポンプのように空運転や固形吸入物による損傷に弱い機種では、それらの理由によって交換頻度を短くしている。

c) 攪拌機類

攪拌機類はメンテナンス不備による極度な損耗はなく、ベアリング、ベルトなどの定期的交換（異常音、目視による心振れによって交換）によって 3～5 年使用可能である。

d) 脱水機、ろ過機類

装置メーカーによって機種、仕様ともに大幅に異なり、同列に並べることが難しいが、大まかにみて構造別に整理し、表示した。また、充填物としてのろ材、活性炭などは消耗品として扱う必要がある。

e) 槽 類

処理槽については、近年工法や材質が向上し耐用期間も延びているが、特に鋼板製のタンクでは外部腐食による損傷が目立っており、日常のメンテナンスによって耐用期間が極端に左右される。

f) その他

その他の備品については金額的にも安価であり、消耗備品として扱うべきとも考えられるが、一応の目安として記載した。

表3-3-11 装置の耐用期間

(※消耗品又は補修を必要とする部品)

	品 名	耐用期間	備 考 ※
計測・計装類	pH、ORP計 電 極 操 作 盤	5 年 0.3 ~ 1 年 5 ~ 7 年	本体：5 年 (但しプリント基板交換 2 年) 中継器0.3 ~ シールドケーブル：0.3 ~ 1 年 最終放流管理に使用する場合、本体は 3 年ごと、電極部は 1 年毎に検定を受ける。 制御機器部品の交換が必要 (注) 各社仕様に準ずる
ポンプ類	鋳鉄製自吸式ポンプ ステンレス製自吸式ポンプ マグネットポンプ ケミカルポンプ 鋳鉄製水中ポンプ ステンレス製水中ポンプ 定量注入ポンプ スラリーポンプ	3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 3 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年	軸受ベアリング：1 ~ 2 年 グランドパッキン：0.3 ~ 0.5 年 メカニカルシール：1 年 カップリング：1 年 鋳鉄製に準ずる 材質：ポリプロピレン 材質：塩化ビニール メカニカルシール：1 年 インペラー：2 ~ 3 年 シールパッキン：1 ~ 2 年 鋳鉄製に準ずる ダイヤフラム：1.5 ~ 2 年 鋳鉄製に準ずる
攪拌機類	可 搬 型 堅 型 ブ ロ ア ー	3 ~ 5 年 3 ~ 5 年 3 ~ 5 年	軸受ベアリング：2 年 ベルト：2 年 プロペラ：3 年 可搬型に準ずる 軸受ベアリング：2 年 ベアリング：1 年 ベルト：1 年
脱水機	加 圧 脱 水 機 (フィルタープレス) 真 空 脱 水 機	5 ~ 7 年 5 ~ 7 年	ろ板：5 ~ 10 年 ろ布：1 ~ 2 年 ポンプ：1.5 ~ 3 年 ろ布：0.5 年 ポンプ：5 年
ろ過機類	急 速 ろ 過 機 活 性 炭 ろ 過 機 ろ 過 機	5 ~ 7 年 5 ~ 7 年 5 ~ 7 年	ろ材：随時 活性炭：随時 カートリッジ：随時
イオン交換	イ オ ン 交 換 器	5 ~ 7 年	イオン交換樹脂：随時

	品 名	耐用期間	備 考 ※
弁 類	電 磁 弁 空 気 作 動 弁 電 気 作 動 弁 手 動 弁	1～2年 3～5年 3～5年 1～3年	コイル：2年 ダイヤフラム：1～2年 材質：塩化ビニール、鋳鉄、ステンレス、 鉑金
配 管 計	塩 化 ビ ニ ー ル 網 管	3～5年 3～5年	(注) 水に使用
流 量 計	瞬 時 積 算	3～5年 3～5年	
レ ベ ル 計	フ ロ ー ト レ ス 式 フ ロ ー ト 式	5～6年 5～6年	リレーユニット：5～6年 電極棒（水用）：5年 電極棒（薬品用）：1～2年
槽 類	網 板 型 塩 化 ビ ニ ー ル 製 F R P 製 ポ リ プ ロ ピ レ ン 製 ポ リ エ チ レ ン 製 コ ン ク リ ー ト 槽	5～7年 2～5年 5～7年 5～7年 5～7年 10年	適正使用運転の場合 ライニング無し（水用） タールエポキシコーティング ゴムライニング 塩化ビニールライニング FRPライニング 耐酸ライニングを1～3年ごとに更新

(3) 減価償却資産の償却費の計算及びその償却の方法

法定耐用年数の算定の基礎となった機械及び装置の細目と個別年数を表3-3-12、表3-3-13に示す。

表3-3-12 機械及び装置の耐用年数

減価償却における法定耐用年数算定の基礎となる耐用年数 < 金属製品製造業 >

番号	設 備 の 種 類		耐 用 年 数	償 却 率			
				定 額 法		定 率 法	
				年 率	半年率	年 率	半年率
244	その他のめっき又はアルマイト加工設備 (通常の使用時間 8 時間)		7	.142	.071	.280	.152
	(前処理設備)	溶解亜鉛槽 6	薬品計量槽 6	塗装機 11			
	熱処理炉 10	めっき槽 6	洗浄装置 6	染色機 8			
	酸洗槽 6	発電機 12	電解槽 6	乾燥機 9			
	水洗槽 8	整流器 12	整流器 12	検査機 12			
	フラックス槽 6	抵抗機 7	抵抗機 7	その他			
	コイル巻戻機 12	コイル巻取機 12	冷却設備 7	(その他)			
	せん断機 12	せん断機 12	その他	クレーン 15			
	溶接機 8	溶接機 8	(仕上設備)	圧縮機 10			
	バフレース 10	加熱装置 10	巻取機 12	給排水ポンプ 10			
	ガラ研磨機 6	その他	きょう正機 12	ボイラー 15			
	その他	(アルマイト 加工設備)	選別機 13	変圧器 15			
	(めっき設備)	ロール機 13	マーキング機 13	配電盤 15			
	めっき炉 8	きょう正機 8	水洗機 8	その他			

(注)1 減価償却資産の耐用年数等に関する省令別表第二機械及び装置の耐用年数表番号244

めっき又はアルマイト加工設備 7年

(注)2 耐用年数の以上の表示は標準使用条件において法定の7年以上を示したものである。

(注)3 価格10万円以下の機器については法定税法上消耗品として扱う。

表3-3-13 污水处理用減価償却資産の耐用年数表

種 類		耐用年数
構 築 物	槽、塔、水路、貯水池その他のもの	年
	鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造又は	
	石造のもの	30
	れんが造のもの	20
	コンクリート造、金属造又は土造のもの	15
機械及び装置	木造又は合成樹脂造のもの	10
		7

3-3-4 運転状況の記録と評価

排水処理設備の運転状況を記録し、評価することによって、より合理的な内容にせねばならない。表3-3-14～表3-3-16は現在愛知県において使用している様式を多少修正したものである。

要点は、ただ記録や保管に止めず、処理水質や処理コストにおいても改善が可能かどうか常に検討しそれを次の処理システムや標準化に反映させることにある。

表3-3-14 排水処理装置運転管理チェックシートー1

(愛知県錬金工業組合)

項目	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合計	
運転開始時刻																																		
運転終了時刻																																		
分析管理項目	メーター	シ	一																															
		ア	次																															
	ン																																	
			二																															
	ク																																	
			還																															
	ロ		元																															
	ム		中																															
			和																															
	ク																																	
	最終還元																																	
pH																																		
排水																																		
シ																																		
ア																																		
六価																																		
クロム																																		
全ク																																		
銅																																		
亜鉛																																		

表3-3-14 排水処理装置運転管理チェックシート-2

(愛知県鍍金工業組合)

項目		日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合計
処 理	使用水量	水	道																																
		排水	メーター読み 排水量																																
理	使用電力	100 V (Kw)																																	
		200 V (Kw)																																	
経 費	薬品費 kg/日	シアン酸化物 ()																																	
		クロム還元剤 ()																																	
		酸 ()																																	
		アルカリ ()																																	
費 目	kg/日	凝 集 剤 ()																																	
項 目	スラッジ発生量	kg																																	
		袋 数																																	
	スラッジ処分量	kg																																	
		袋 数																																	
処 分	残 量																																		
	業 者 名																																		
備 考																																			
管理責任者サイン																																			

表3-3-15 毒物劇物（受、払）記録表

（愛知県錬金工業組合）

平成	年	月	(愛知県鍍金工業組合)																																	
項 目	品 名	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合 計		
毒 物 受 入 量																																				
毒 物 払 出 量																																				
劇 物 受 入 量																																				
劇 物 払 出 量																																				

表3-3-16

(愛知県鍍金工業組合)

項目		日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合 計
pH	電極の清掃点検																																	
ORP	電極の清掃点検																																	
	揚水ポンプ揚水量点検																																	
	薬品ポンプ正常作動																																	
攪拌機																																		
脱水機																																		

3-3-5 事故発生時の対応

有害物質を使用することの多い電気めっき業においては、安全確保に関する管理体制及びマニュアル等の整備を図り、事故を未然に防止するための対策を実施していくことが必要であるが、それとともに、不幸にも事故が発生してしまった時に、即座にそれらに対応できる非常時の応急措置、命令・指示等の徹底方法、及び関係機関への通報などの緊急体制を整備しておくことが必要である。

3-3-5-1 非常時の応急措置

非常時の応急措置については、流出した薬剤等の種類に応じて、事業所外への流出防止方法、安全な個所への除去移送方法、及び適切な処理方法等について緊急作業マニュアルを作成し、関係部署にはその抜粋程度でも掲示しておくこととよい。さらに、非常用備品として、水中ポンプ、一時貯留用の容器（ドラム缶、プラスチック製プール等）等を備えておくことも重要である。

このような緊急体制に基づいて事故時の訓練を行って、事業所における事故防止と公害防止の認識を高めることが大切である。

非常時の応急措置の一例を、めっき槽の事故及び排水処理施設の事故とに分けて、表3-3-17、表3-3-18に示す。

表3-3-17 非常時の応急措置（めっき槽関係）

設 備	異 常 内 容	処 理 及 び 対 策
めっき装置	1. めっき槽より水洗槽等への流入	1. 即刻めっき作業を停止し、ポンプ類も停止し公害担当者に連絡する。 2. 排水処理装置も停止する。 3. めっき液が混入した水洗槽、排水ピット、排水貯留槽等の液は公害担当者の指示に従って回収処分する。
	2. めっき槽の穴あき液の流出	1. 即刻めっき作業を停止し、ポンプ類も停止し、直ちにめっき液は水中ポンプで予備貯留槽や濃厚廃液槽等に移す。 2. 公害担当者に連絡し、排水処理装置も停止する。 3. 流出しためっき液が、排水ピットや排水貯留槽に流入した時は、公害担当者の指示に従って回収処分する。 4. 床面等に流出しためっき液の処置 ①極力めっき液は回収する。 ②床面を洗い、シアン系排水貯留槽に流入させ、水中ポンプで濃厚廃液槽に貯留し処分する。

設 備	異 常 内 容	処 理 及 び 対 策
-	3. めっき液ポンプ配管等よりの流出	1. 即刻めっき作業を停止し、ポンプ類も停止する。 2. 流出しためっき液は、上記2に準じて回収処分する。
めっき液ろ過装置	1. ろ過機、配管バルブ、ポンプよりめっき液が流出	1. 直ちにろ過器ポンプを停止し、バルブを閉止する。めっき作業も停止する。 2. 流出しためっき液は上記2に準じて回収処分する。
	2. めっき液の排出バルブ、配管からの流出	1. 直ちにポンプを停止しバルブを閉止する。 2. 流出しためっき液は上記2に準じて回収処分する。
	3. ろ過機のろ過筒運搬中に通路に液をこぼした	1. 直ちにウエスや砂等で拡散防止をはかる。 2. 公害担当者に連絡し、処置の指示をうける。

3-3-5-2 非常時の通報体制

事故時における、応急措置と通報については、水質汚濁防止法に事故時の応急措置及び知事への通報の義務付けがあるほか、「毒物及び劇物取締法」、「消防法」、「特定工場の公害防止組織の整備法」、また、「下水道法」及び都道府県の下水道条例など、毒劇物等を含む薬液や廃液等の流出事故が生じた場合、直ちにその旨を保健所等関連機関に届出るとともに、保険衛生上の危害を防止するために必要な応急の措置をとるよう義務付けられている。

図3-3-12に、各法律により規定された通報体制を示す。なお、法律により通報先関係機関が若干異なることに注意が必要である。

事故時の応急措置の流れはおおむね次のようになる。

- ・ 異常事態の発見者は速やかに現場責任者に緊急通報する。
- ・ これを受けた現場責任者は状況の確認の上、作業者に応急措置を指示し、公害防止管理者に通報する。
- ・ 公害防止管理者は、応急措置の確認と、事業所外への悪影響に対する防止措置の実施を指示し、公害防止統括者（事業者）に通報し、応急措置の確認と状況報告を行う。
- ・ 公害防止統括者は、直ちに関係機関へ通報する。

連絡通報は、非常時に乱れやすく、指示も複数の者から出ると現場での判断を迷わせ、応急措

置が遅れる原因になる。従って、日頃から、各作業場ごとに、事故時の連絡通報者、応急措置の判断責任者（公害防止管理者、又は毒劇物取扱責任者等）等を明確にし、その氏名や、関係機関の緊急通報先電話番号等を提示しておくことが必要である。

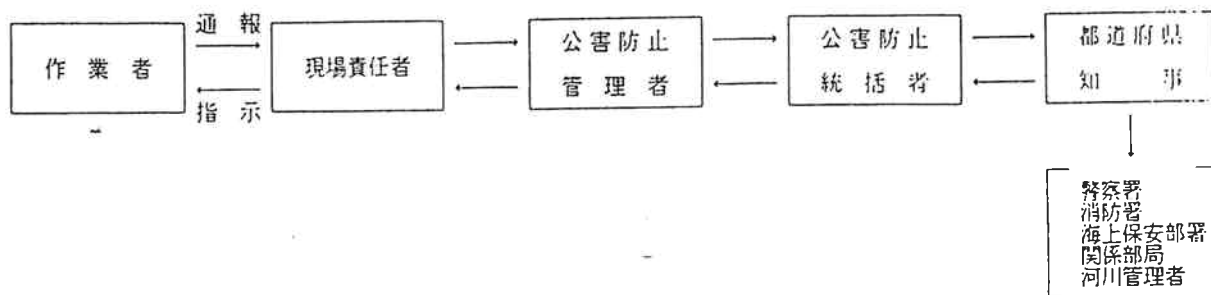
なお、最近では、排水処理異常を自動的に検知して、管理者に電話通報するとともに、排水を自動回収できるシステムを組み込んだセキュリティシステム、「排水監視電話通報システム」が開発されており、既に一部のめっき事業所で使用されている。

これは夜間又は休日の排水管理、事故の未然防止において非常に有効な手段である。排水監視電話通報システムの基本システムを図3-3-13に示しておく。

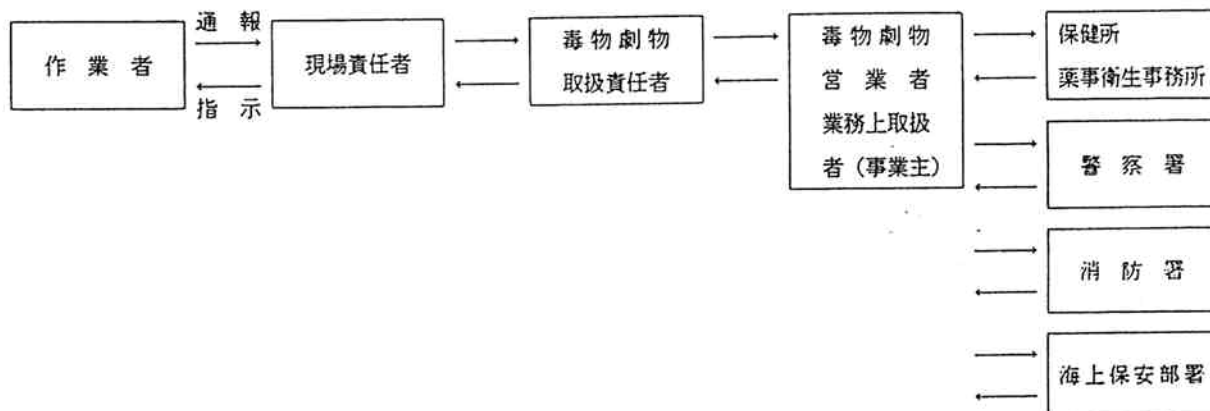
表3-3-18 非常時の応急措置（排水処理設備関係）

設 備 名	異 常 内 容	処 理 及 び 対 策
硫酸 苛性ソーダ 凝集助剤 高分子凝集剤 還元剤 次亜塩素酸	薬品不足 レベル計制御不良	薬品補給、レベル計点検、取替え " " " " 薬品補給又はクロム揚水ポンプ停止 ストック槽のレベル確認 (空の場合は至急担当者に連絡する。)
シアン 処理 クロム 処理 混合・pH調整 一次二次中和 放流pH	薬品注入ポンプ空汲み 薬品注入ポンプ不良 排水pH変動等	ポンプ点検、調整 薬品量の点検 (薬品不足以外は担当者に連絡) ポンプ取替え 排水調査調整
クロム貯槽 ポンプピット ろ過 ピット	排水量の増加 ポンプサーマル作動 ポンプ流動不足 ポンプ故障 レベル計制御不良	排水量チェック、調整 モーターチェック、調整 流量チェック、調整 レベル計点検、取替え ポンプの故障の場合、担当者に連絡
サーマル	過負荷運転 モーター損傷 等	原因調査、サーマル復帰（またもとにもどる場合、担当者に連絡）

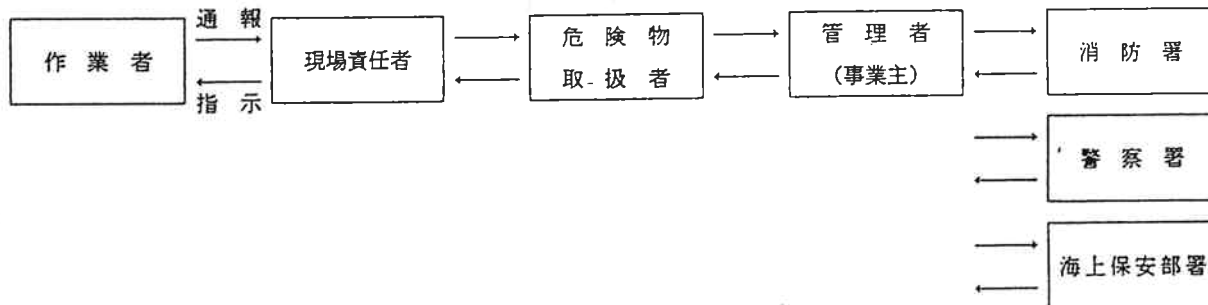
① 水質汚濁防止法による通報、指示連絡の流れ



② 毒物及び劇物取締法による通報、指示の連絡の流れ



③ 消防法による通報、指示連絡の流れ



④ 下水道条例による通報、指示連絡の流れ

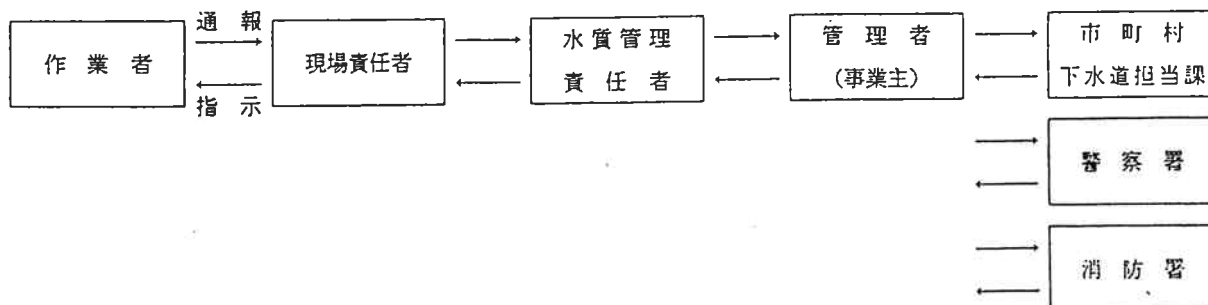


図3-3-12 法律別非常時の通報、指示連絡の流れ

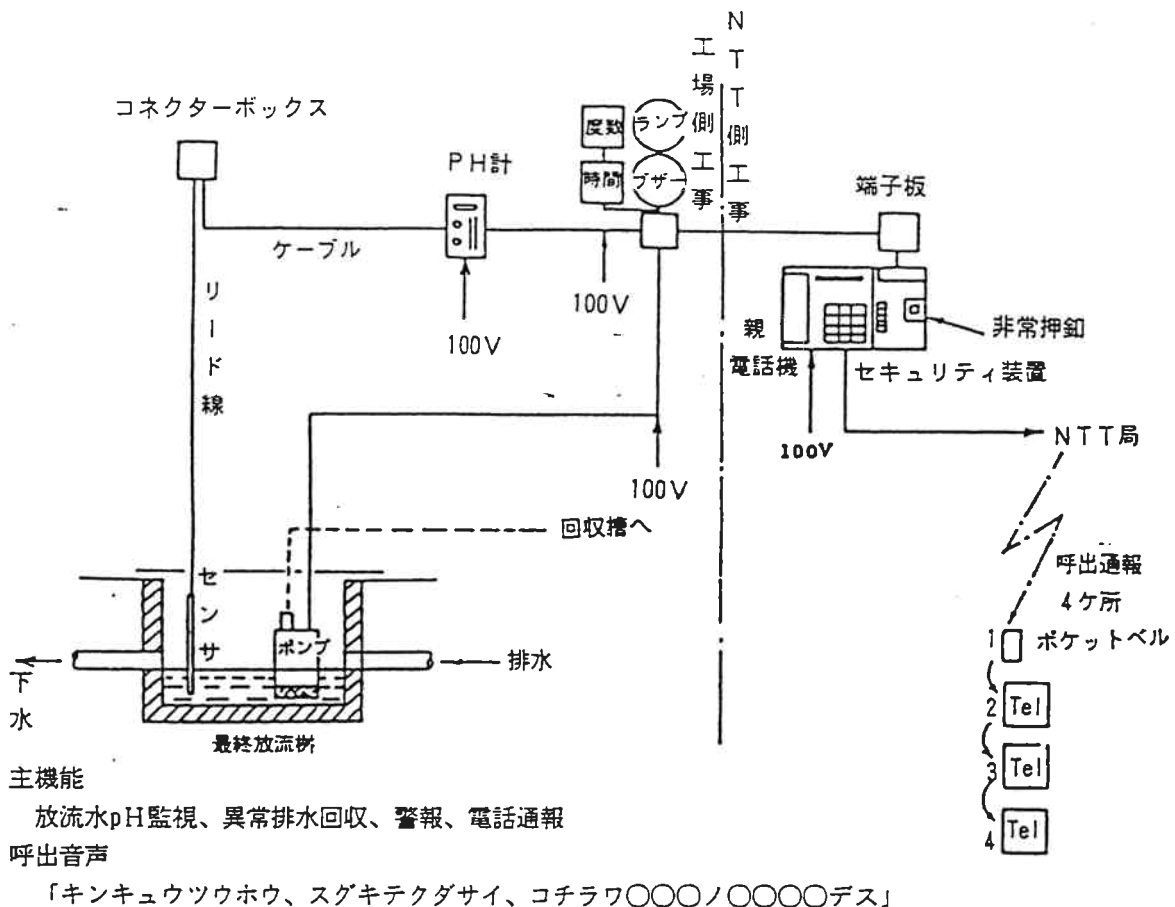


図3-3-13 排水監視電話通報システム
(電気めっき排水処理の管理と実際)

3-3-6 流入、流出管理

3-3-6-1 排水の流入管理

放流水中にシアンが検出されるような場合、その原因としては、本来混入してはならない酸系にシアンが流入していたことがしばしば見られる。流入管理で最も大事な事は、系を明確に区分し、他系との混入が起こらない配慮をすることである。系の区分は単にシアン系と六価クロム系とを区別するだけでなく、処理方法を考える上で行うべきであろう。使用薬品が複雑になればそれだけ系列が多くなることはやむを得ない。その他、水洗水量、更新溶液、濃度等も管理し排出マニュアルを作成することは、処理の安定化のみならず処理のコスト低減対策にもなる。

また、土木水槽は止水が難しく、初期の段階の水張りテストで止水を確認していても、長期の使用には不安が残るので、適時漏水の確認を行うべきであろう。望ましくは土木槽内に専用のタンクを設置するのが良い。

3-3-6-2 排水の流出管理

処理水の定期分析もさることながら、反応槽のpH、ORPの電位、導伝率、放流量等は記

録計で記録し、日付を添付しておくことが大切である。また、簡単な分析は日常業務の一つとして、その記録を取ることも、問題が起こった時の対策を迅速、確実に行う手助けとなる。

〈参考資料〉

- (1) めっき排水処理設備の標準仕様：めっき排水処理工業会〔現(社)日本表面処理機材工業会〕
(昭和49年)
- (2) めっき排水処理装置のメンテナンス標準：同上（昭和47年）
- (3) めっき排水処理の耐用年数について：日本表面処理（めっき）機材工業協会環境部会（昭和59年）

3-4 排水処理上の一般的留意点

めっき排水処理計画時には予期し得なかったような状況に遭遇する場合も往々にして経験するところである。こうしたとき、もしも適切な対応措置が講じられれば、所定の設備性能が確保されることも多いし、さらに、ちょっとした配慮から設備の経済的、効率的な運転も可能となる。

3-4-1 排水処理に対する負荷変動の影響

3-4-1-1 排水量の変化

24時間の連続操業の場合には、排水量は比較的一定であるが、8時間操業の場合は、排水は日中に集中しやすい。それは、操業開始時の朝方は作業量が少なく、漸次増加していくが、夕方には再び減少するためである。また、浴液の更新、静置回収槽の液更新、作業終了時の槽洗浄排水の排出などにより、排水量は変化する。近年、排水量を減少させるため、作業量に合わせて水洗水量を制御している工場が増加しているが、こうした工場では水量変化の割合はかえって大きくなる。

水量の増加が排水処理設備におよぼす影響に次のものがある。

- (1) 沈降分離槽（又は浮上分離槽）の水面積負荷を増大し、固液分離の効率を低下させる。
- (2) 連続的処理における反応槽での滞留時間が短くなるため、シアン分解、クロム還元、pH調節などの工程で処理不良となりやすい。
- (3) 貯槽からの汲上げポンプの能力を越えると、貯槽水位が高まり、ついには排水が貯槽から溢流する。

そこで安定した処理を持続して行くためには、適切な容量をもつ貯槽を設けて、水量を均一化することが肝要である。なお、水量を均一化することにより、処理すべき単位時間当たりの水量が低減化できれば、それ以降の排水処理設備は小さくてすむことになる。

3-4-1-2 排水の濃度変化

濃度が変化する場合は、主として次の要因が考えられる。

- (1) 水洗水量が一定で、作業量が変化する場合
- (2) 静置水洗槽やめっき浴を更新した場合

静置水洗槽の場合は作業量に適合した水洗を行い、必要以上に無駄な水を使用しないようにする。めっき浴の更新の場合には、濃厚液を一度に水洗排水に混合することを避け、少量ずつ水洗排水に混合して、濃度変化を極力少なくすることが肝要である。

排水処理設備の許容限度以上に濃度が高くなると、色々な問題が生じる。例えば、凝集剤添加の方法は通常、排水汲上げポンプの稼働に合わせて一定量添加する方法が採用されているため、排水中の懸濁物濃度が変化すると、凝集状態が変化して期待する清澄性が得られなくなる。

シアン酸化処理、クロム還元処理、pH調整処理のように計器制御により薬剤を添加する方法では、ある範囲内での濃度変化は充分対応が可能であるが、極端な濃度変化は制御上からも望ましくない。場合によっては、薬品添加が追従できず処理不良をきたすこともある。

3-4-1-3 処理対象外成分混入

排水処理設備は排水中の特定成分を除去あるいは分解するものであるから、対象成分が変われば当然のことながら、処理方法、設備も変わってくる。また、対象成分は変わらなくても、共存する成分が変化すれば、処理機能に大きく影響する場合がある。

シアン系排水といっても、銅、亜鉛、カドミウムのシアン化合物はアルカリ塩素法で処理できるが、これにニッケルはく離系や鉄系排水が入ってくると処理が困難となる。また、鉄素地被めっき物が浴中に落下し、シアン浴中に鉄が溶出したりすると、アルカリ塩素法による処理は困難となり、別の処理方法を取り入れる必要がある。

脱脂剤をキレート含有脱脂剤に変更したため、排水処理設備の重金属処理機能が著しく悪化したり、処理水中のCOD値が高くなった例もある。

製造ラインでの工程変化とか、使用薬剤の変更に当たっては、排水処理設備への影響評価が不可欠である。設備メーカー、薬品メーカーの意見を聴取してみることも必要である。

3-4-2 排水処理薬品について

めっき排水処理ではいろいろな化学薬品を使用するが、その使用時濃度は使用薬品の特性や対象排水中の対象成分濃度、使用目的などによって最適の濃度範囲が定まってくる。

3-4-2-1 処理薬品と使用濃度

処理薬品は使用目的別に分類すると、pH制御用の硫酸、塩酸などの酸類、か性ソーダ、消石灰などのアルカリ類、酸化、還元用の次亜塩素酸ソーダ、メタ重亜硫酸ソーダなどの酸化還元剤、凝集用の硫酸アルミニウム、高分子凝集剤などに大別できる。

pH制御、酸化還元制御は通常、pH計、ORP計による計器制御を行うので、使用薬品濃度は小さいほど制御がしやすい。一方、使用濃度が小さいと、薬品槽の容量も供給ポンプなどの付属品も大きくなり経済的でない。このため、酸アルカリ類の使用濃度は通常5～10%である。

次亜塩素酸ソーダは一般に有効塩素10～12%の水溶液で市販されており、希釈して使用する場

合、希釈水中に含まれる金属類によって有効塩素分の分解が促進されることもあるので注意が必要である。

メタ重亜硫酸ソーダの使用濃度は、酸アルカリと同様 5～10% である。硫酸アルミニウム、塩化第二鉄などの無機凝集剤も 5～10% で使用するが、ポリ塩化アルミニウムは市販濃度（A1203 として約 10%）のままだがよい。

高分子凝集剤は白色粉末又はペースト状で販売されているので、通常 0.1～0.2% に希釈して使用する。特に溶解に際しては、溶解槽に水を入れ、攪拌しながら少量ずつ添加して行くことが肝要である。

金属水酸化物の凝集促進剤として高分子凝集剤が用いられるが、シアン分解のために加えられた次亜塩素酸塩や、六価クロム還元用に用いた亜硫酸塩、その他共存する酸化剤、還元剤は、その残留濃度が高いと、高分子凝集効果を著しく妨害する。また、シアン含有排水中にアンモニアが混在したため、次亜塩素酸塩が消費され、シアン分解が阻害された例がある。

3-4-2-2 処理薬品の経時変化

酸・アルカリ剤などに比較して、次亜塩素酸ソーダ、メタ重亜硫酸ソーダ、高分子凝集剤は、薬品としての効果が経時的に劣化して行くので注意する必要がある。

(1) 次亜塩素酸ソーダ

常温では比較的不安定で、日光、特に紫外線により分解が促進されるので、長期保存せず、冷暗所に保存するのが良い。図 3-4-1～3-4-2 に、日光を遮断した条件下で温度による有効塩素の経時変化を示した。

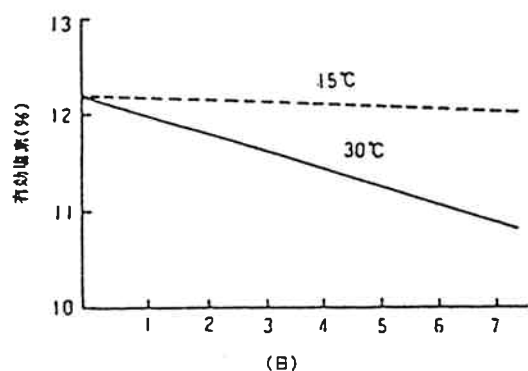


図3-4-1 液温15℃・30℃における有効塩素の経時変化
(有効塩素12%、しゃ光)

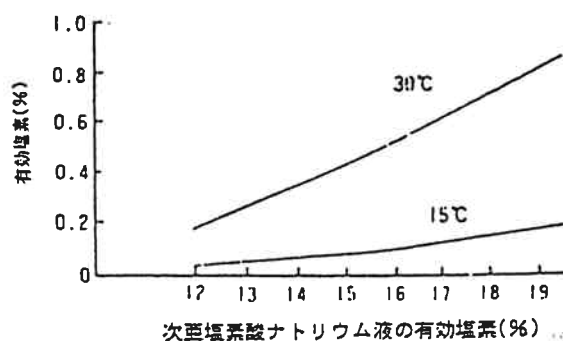


図3-4-2 液温15℃・30℃における次亜塩素酸ナトリウム液の濃度別1日あたりの有効塩素の低下 (しゃ光)

3-4-3 休日対策

他の工業先進国と、日本、特に国内のめっき業を比較した際に、最も大きい差は危機管理であり、緊急対策であろうかと思われる。その要因に次のような点が挙げられる。

- ① 作業員・技術者の能力が高く、意思の疎通がとれ、応変の処置が可能であったこと。
- ② 通信・交通が発達し、かつ比較的近距离の外部機関の利用が容易であったこと。
- ③ 機材業者が高度に発達し、機材が潤沢で、かつ市販品の調達が容易であったこと。
- ④ 早くから装置産業化され、構造が比較的単純で、特異性を持った設備が少ないこと。
- ⑤ 企業の内外を問わず、信頼関係が発達し、事後処理で事故処置ができたこと。
- ⑥ オーナー企業が多く、危機対策が即決し易かったこと。
- ⑦ 上下、左右中小企業組織が希有の発達を遂げ、機能していたこと。
- ⑧ 昼夜連続操業が比較的少なかったこと。

国内には、その他にも多くの利点が挙げられるが、以上の要点の殆どは海外では求めることのできない条件であった。特に技術面における蓄積の大きさは他に類を見なかった。条件の殆どが潰え去ろうとしている。これを救うことができないとすれば、少なくとも、海外並みの危機対策を整えておかなければ、企業の存続は危ういことになる。休日対策もその一端に過ぎない。

幸いに電子情報処理システムの発展がある。インターネットの利用も大いに結構であるが、その余力があれば、自社内の設備に各種のセンサーを駆使して、機器の情報の予知能力と、遠隔操作の機能を整備して置き、何処にいても設備が管理できるようにして置くことは難しくない。危機管理のトレーニングの場として、徐々にその対応を整えることも、これから人々の技術開発の助けになるだろう。

法に従えば、1年間に働けるのはたかだか260日であり、しかも、8時間とすれば、2080時間しかない。私達は8760時間の内、76%は休んでいることを考えれば、その間の対策は疎かにはできない。最高の対策は、人は交替で休んでも、設備は連続稼働することである。欧米において、装置産業は昼夜連続稼働するのが常識であって、日本のように定時間だけ設備を働かせるなどあり得ないことである。

今後、環境保全のために特に重要になってくる、窒素・磷・BOD対策に必至と見られる生物化学処理など、休止することは致命的な事故を呼ぶことになる。東南アジアに進出した企業のいずれもが、排水処理設備だけは休日といえども、緩速運転を続けている。寒冷地における施設の休止が事故につながる例も少なくない。

(1) 短期停止と長期停止

排水排気処理装置の停止が短期の場合（週休など）は、一般に比較的問題は少ないが、長期に停止（期末休暇など1週間程度）する際は、装置によってはかなりやっかいな手立てを必要とすることがある。特に冬期の停止による凍結は、苛性ソーダなどの薬剤溶液、配管中の滞留水など重大な問題になることがあり、ドレンバルブの開閉や、運転再開時の再点検など大切な操作が必要になる。

1) 処理装置等の短期停止の留意点

未反応物質が流出しないように、スイッチOFFの順序をあらかじめ決定しておき停止する。薬品供給ポンプ、攪拌機等を先に停止し、揚水ポンプを後から停止したような場合は、未反応物質が流出する恐れがある。あるいはその時に各種計器指示値が正常であっても、時間経過とともに拡散が起こり、pH、ORP等の指示値が逸脱し、無人の排水処理管理室に警報ブザーが鳴り続けるような事態になる。

一般的には、揚水ポンプの停止を行い、各種計器の指示が設定値内にある事を確認後、薬品供給ポンプ、攪拌機を停止させることが大切である。一方、故障でない限り稼働させておかなければならないものとしては、沈降分離槽（クラリファイヤー）、汚泥濃縮槽（シックナー）、石灰乳槽等停止する事によって閉塞が予測されるものが挙げられる。また、自動弁用のコンプレッサー、凍結の恐れのある苛性ソーダ槽のヒーター、防凍用リボンヒーター電源等は、常時入力側にしておく必要がある。計器類の電源は、前述したように、警報ブザーが鳴り続ける事を避けるためにも切っておく事が望ましい。

以上のような点に留意して、設備の確認操作などの例を示すと、図3-4-3のようになる。

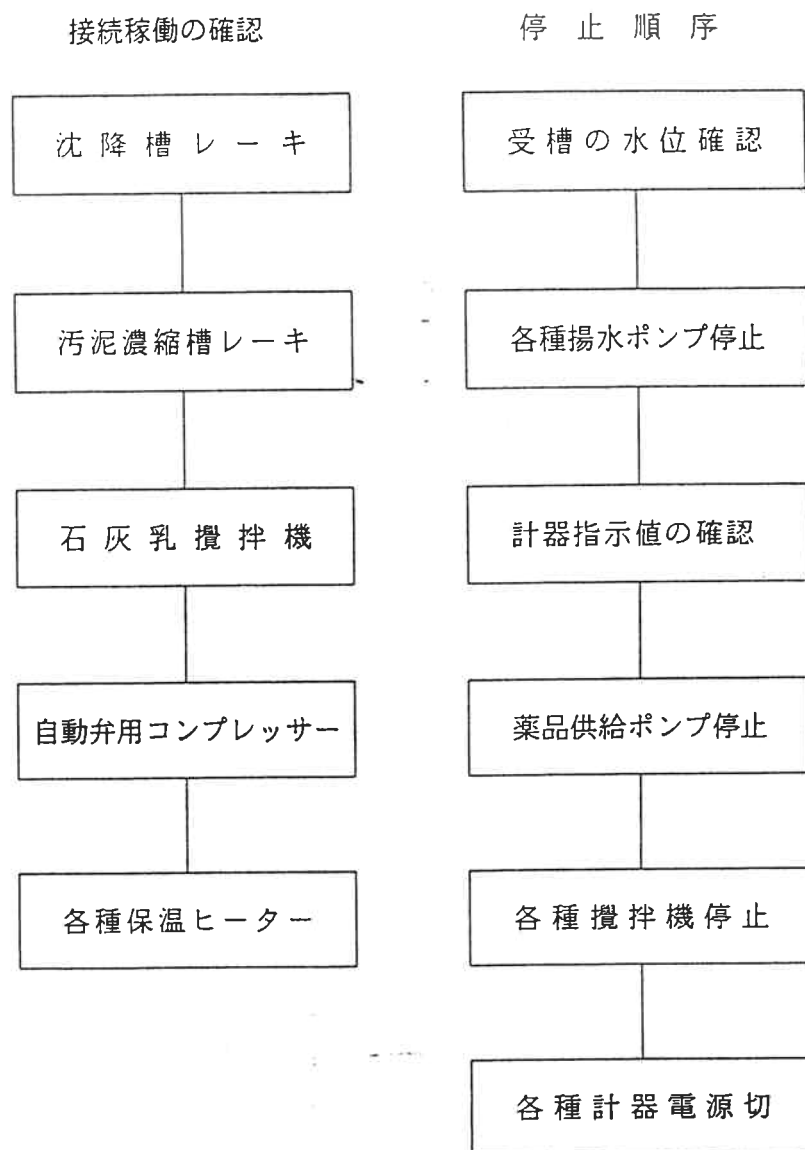


図3-4-3 設備確認操作の例

2) 処理装置等の長期停止の留意点

長期停止で問題となるのは、バクテリアの異常発生による性能劣化、閉塞等によることが多く、例として活性炭塔、砂ろ過塔、イオン交換塔、逆浸透膜装置、電気透析装置が挙げられる。したがって、休日期間が3日以上になる場合、特に気温がバクテリア発生に適した6～9月では、留意が必要である。一般的な対処方法は次の通りである。

① 活性炭塔、砂ろ過塔

最も手軽な殺菌剤である次亜塩素酸ソーダは、表面活性のある活性炭、砂によって分解され、殺菌効果が持続しない。また、活性炭は次亜塩素酸濃度に比例して微粉抹化する等の問

題がある。その他の殺菌剤も一長一短があり、一般的には異常発生した後、充分なる逆洗で回復されているが、pH11程度のアルカリ水溶液を封入しておくことは効果がある。この場合、再使用時の水洗は充分に行う必要がある。

② イオン交換塔

一週間程度の停止であれば、使用前に一度再生操作を行えば殺菌されるが、再生に先立ち十分な逆洗が必要である。さらに長い停止を行う場合は、食塩NaClで完全にCl型にした後、10%食塩+0.5%か性ソーダ液中に浸漬させておく。

③ 逆浸透膜装置

逆浸透膜は、バクテリアによる汚染を最も著しく受ける。特にセルロース膜は短期間にバクテリアで分解され、脱塩能力が喪失する。また、複合膜でも膜面にバクテリアのゲル層が形成されると、透過水量が著しく低下する。このため、3日以上停止時にはバクテリア対策が必要となる。1~2%のホルマリン浸漬が最も望ましいが、0.5%の重亜硫酸ソーダで代用する場合もある。なお、限外ろ過膜も複合膜と同様の現象が起こるため、殺菌剤の封入が必要であるが、多くの場合次亜塩素酸ソーダに対して耐性があるため、20~50mg/lとなるよう次亜塩素酸ソーダを封入する。

④ 電気透析装置

バクテリアによるゲル層が形成された場合は、装置を分解し一枚一枚洗浄しなければならないため、殺菌対策が必要である。1%塩酸、0.5%ホルマリン、0.5%重亜硫酸ソーダ等が用いられる。再使用時にはこれらの殺菌剤を充分洗浄後使用する。イオン交換樹脂と同様、酸化性の殺菌剤は使用できない。

⑤ その他

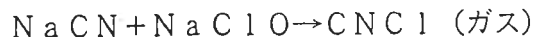
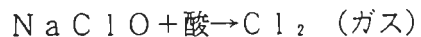
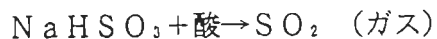
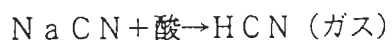
高分子凝集剤は比較的短期に劣化し、その性能を発揮しなくなる。特に攪拌機を回したまま長期に放置すると、高分子凝集剤特有の粘性がなくなり、効力も著しく低下する。長期の停止が予想される場合は、少量ずつ浴建し、休暇前には使い切るようにすることが望ましい。

(2) 処理装置等の清掃排水の処理と留意点

装置内で比較的頻繁に清掃する個所は、薬品槽周囲、揚水ポンプ周囲、石灰乳槽周囲、污泥処理装置等が挙げられる。原則的に、清掃時の水は同じ系の層に戻すことによって処理することが望ましい。揚水ポンプ周囲、石灰乳槽周囲、污泥処理装置周囲等は容易に同じ系の槽に戻すことが可能な場合が多い。ただし、薬品槽周囲の場合は地上槽が多いこと、異物が混入する恐れが多いことなどにより、どの槽に戻すか検討した方が良い。以上の注意によって、未処理のシアン、

六価クロムが流出することを防ぐことができる。

排水処理場内には混入してはならない薬品、排水がある。



(pHが低いか、NaClOが不足した場合)

これらのガスはいずれも有害である。上記の理由から、薬品槽は各々防液堤を設置するとともに、清掃用水が、安全な槽に流下するようなドレン配管をしておくことが望ましい。

(3) 終業点検

休日対策で最も重要なのが休日前の終業点検であることはいうまでもない。設備によりかなり異なるが、一般的には、例として次のような点に手順よく注意し機器の点検操作を行なう必要があり、設備従って、マニュアル化して置くことも大切になる。

- ① 連続循環の必要な薬剤や処理槽の運転情况及び異常箇所の点検・整備
- ② 受槽、貯槽など排水受入れ余裕の点検・整備
- ③ 汲出しポンプなどの非常用装置、受槽などの機能点検
- ④ 配管、ポンプなどドレンの必要な設備機器の点検・整備
- ⑤ 非常警報装置の機能点検・整備
- ⑥ めっき工場の漏水・溢水・給水バルブなどの保守点検
- ⑦ 火気点検・処置
- ⑧ センサー類の点検・保管
- ⑨ 保安電力系統の点検・整備
- ⑩ 不要電源・必要電源の開閉確認
- ⑪ 施錠・戸締まり点検・処置

(4) 処理装置の運転再開時の留意点

運転再開時の操作は停止順序の逆から行えばよいが、稼働後揚水ポンプの揚水確認あるいはポンプ冷却水の確認等を行う。特に休日明けの場合、揚水ポンプの呼び水落ちにより揚水しないようなことが時々見受けられる。また、塩ビポンプでは冷却水の必要なものもあり、冷却水が自動的に供給されるようなシステムになっていても、冷却水が供給されない場合、極めて短期にポンプが焼き付けを起こすことから、確認が必要である。冬期ドレン抜きで凍結防止を行っている個

所のバルブ確認と同時に、自動弁用の圧搾空気が除湿されていないために、圧搾空気配管内で凍結し、自動弁が誤動作する場合がありますので注意が必要であろう。根本的には除湿した圧搾空気を使用することが望ましい。

また、上記の確認以外にpH電極、ORP電極等の洗浄を行ってから運転に入ることも、とかく問題が起こりやすい休日明けの運転を上手に立ち上げるための一法である。

3-5 参考（排水処理施設の設置に関する法規等）

3-5-1 水質汚濁防止法に基づく特定施設及び排水処理施設の設置と届出

水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）では、河川、湖沼、海域等の公共用水域の水質の汚濁を防止するために、工場又は事業場から公共用水域に水を排出する物が同法施行令別表第1に掲げる特定施設を設置しようとするとき、その特定施設を変更しようとするときなど一定の事由が発生したときは、同法で定められた事項を都道府県知事（政令市にあっては市長）に届け出ることを義務付けられている。

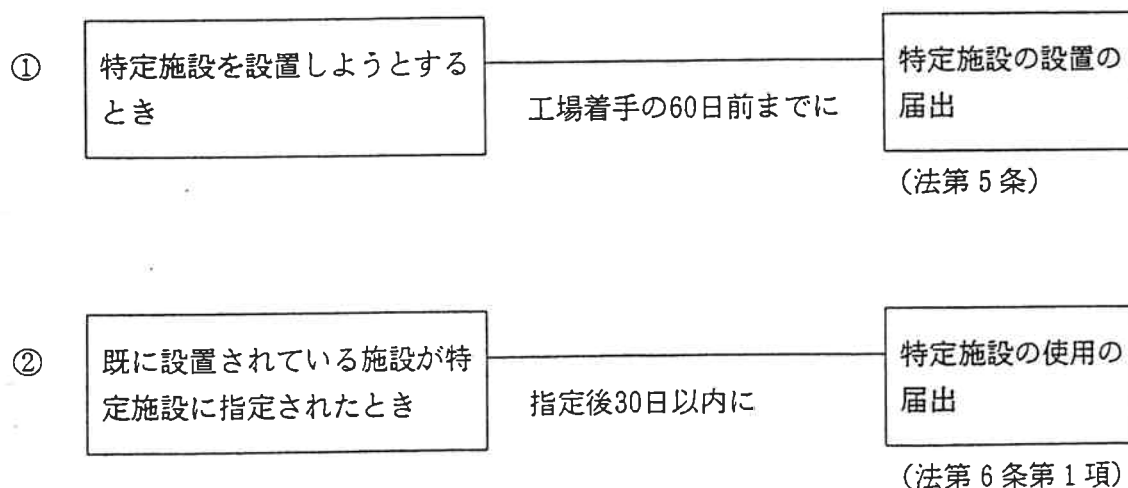
3-5-1-1 届出の概要

水質汚濁防止法では、①特定施設を設置しようとするとき、②既に設置されている施設が後から特定施設に指定されたとき、①又は②により届出した特定施設の③届出事項を変更しようとするとき、④届出事項に変更があったとき、⑤使用を廃止したとき、又は⑥特定施設を譲り受け又は借り受けたときには、所定の届出を行わなければならない。

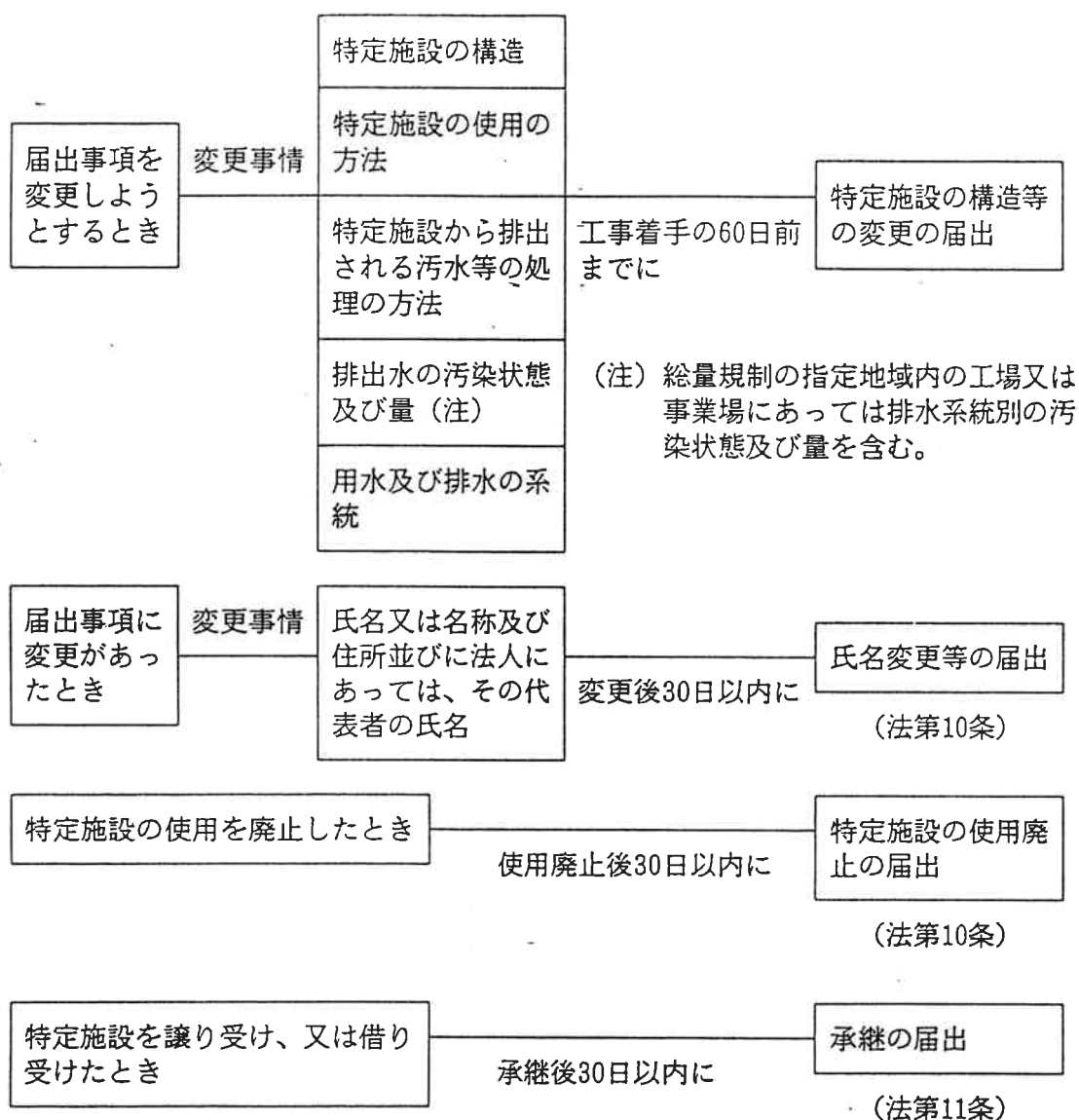
また、特定地域内事業場（総量規制の指定地域内の特定事業所で1日当たりの平均的な排出水の量が50㎡以上のもの）の設置者は、汚濁負荷量の測定手法を届け出なければならない。

これら届出に係る概要は、次のとおり。

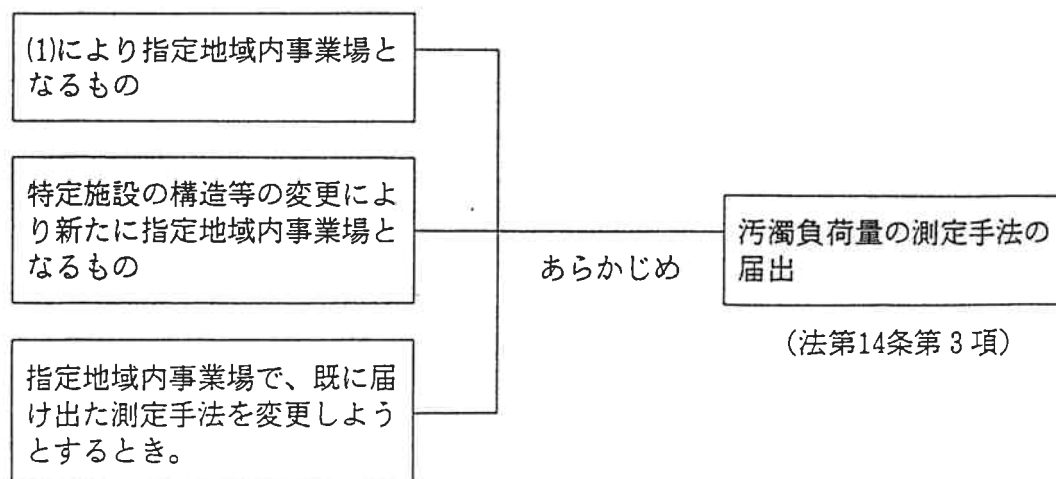
(1) 新しく届け出る場合



(2) (1)により届出をした特定施設の変更等の場合



(3) 指定地域内事業場に該当する場合



3-5-1-2 届出に必要な書類

水質汚濁防止に基づく届出に必要な書類を表3-5-1のとおりで、提出部数は正本とその写し各1部が必要である。

特定施設の構造変更にあつては、表3-5-1中4～19のうち変更しようとする事項について、変更前と変更後の内容を対照して記入する。

表3-5-1 水質汚濁防止法に基づく届出に必要な書類

番号	届出の種類 該当条項 必要書類等	特定施設 設置	特定施設 使用	特定施設 構造 変更 等	氏名 変更	特定施設 使用 廃止	承 継
		第5条	第6条 第1項	第7条	第10条	第10条	第11条 第3項
1	特定施設設置届出書	◎					
2	特定施設使用届出書		◎				
3	特定施設の構造等変更届出書			◎			
4	特定施設の種類	◎	◎	○			
5	特定施設の構造						
6	特定施設の使用の方法	◎	◎	○			
7	特定施設から排出される汚水等の 処理の方法	◎	◎	○			

(注) ◎は必須書類、○は必要に応じて添付する書類

番 号	届出の種類 該当条項 必要書類等	特 定 施 設	特 定 施 設 の 使 用	特の変 定構更 施造 設等	氏 等 名 変 更	特の止 定使 施用 設廃	承 継
		第 5 条	第 6 条 第 1 項	第 7 条	第10条	第10条	第11条 第 3 項
8	排出水の汚染状態及び量	◎	◎	○			
9	用水及び排水の系統						
10	排出水の排水系統別の汚染状態及び量	○	○	○			
11	工場・事業所の概要	◎	◎	○			
12	工場付近の略図						
13	特定施設の構造図	◎	◎	○			
14	工場全体の配置図 (1)特定施設の設置場所 (2)特定施設に関連する主要機械 又は主要装置の設置場所 (3)污水处理施設の設置場所 (4)排水口の位置	◎	◎	○		○	○
15	特定施設を含む操業の系統図 (フローシート)	◎	◎	○			
16	污水处理施設の構造図	◎	◎	○			
17	污水处理の系統図(フローシート)	◎	◎	○			
18	汚水等の導水系統図	◎	◎	○			
19	用水及び排水系統図	◎	◎	○			
20	氏名変更等届出書				◎		
21	特定施設使用廃止届出書					◎	
22	承継届出書						◎

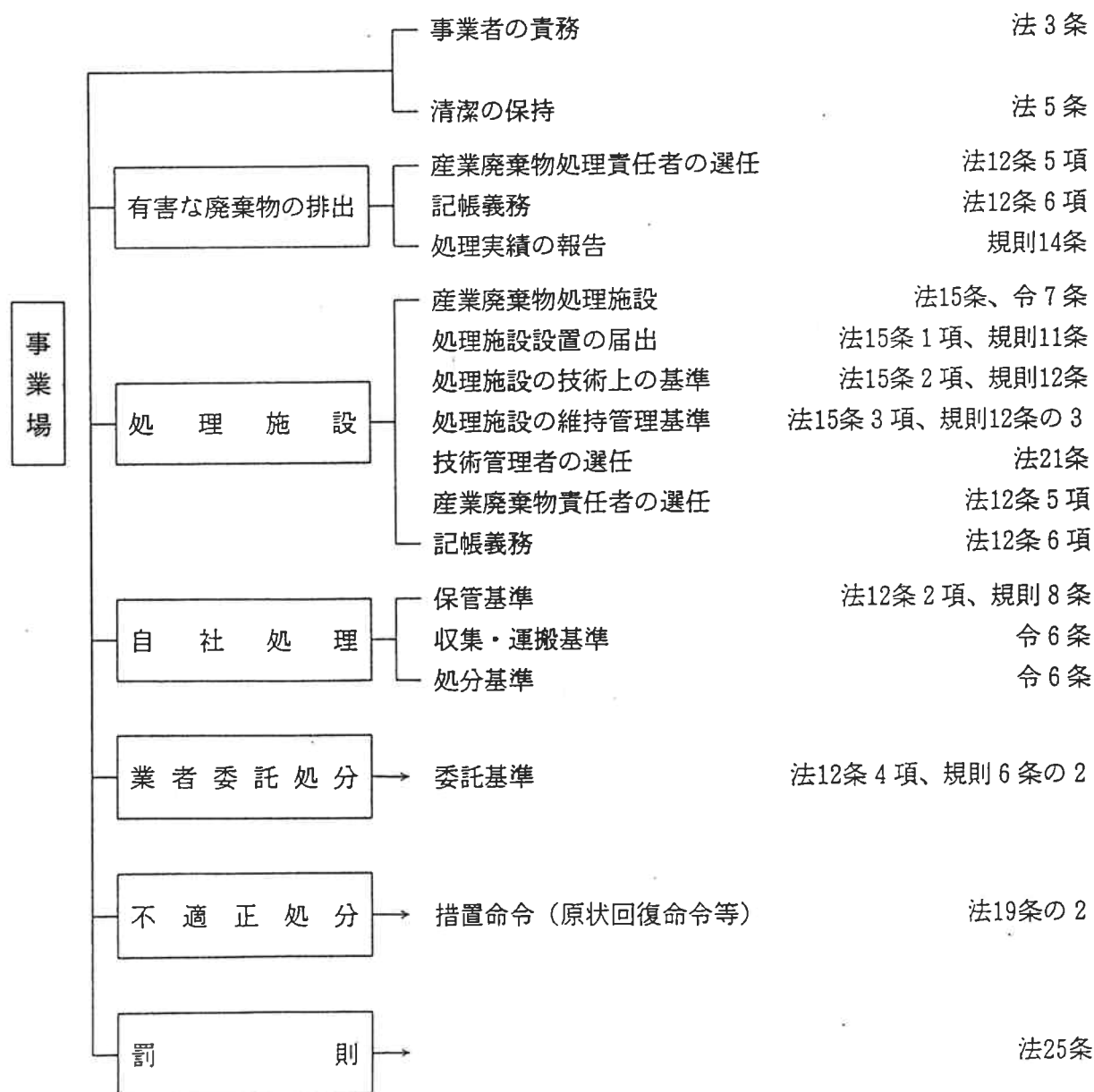
(注) ◎は必須書類、○は必要に応じて添付する書類

3-5-2 下水道法に基づく特定施設及び排水処理施設の設置と届出

下水道地域に排水を排出する工場においては、下水道法で定める法令に沿って届出を行うことが義務付けられている。ただし、内容においては、ほぼ水質汚濁防止法と同様であるので、省略する。

3-5-3 産業廃棄物の保管と処理、処分

めっき工場から排出されるスラッジなどの処理、処分については、産業廃棄物の処理及び清掃に関する法律に規定があり、スラッジなどの保管基準、保管量の記帳、運搬委託や処分委託する場合の基準、処分実績の報告義務、産業廃棄物処理責任者の選任などが義務付けられている。事業場の関連事項をまとめると次のとおりである。



3-5-3-1 有害物質を含む産業廃棄物

(1) 有害産業廃棄物

有害産業廃棄物とは、溶出試験（環境庁告示13号による）を行った後、溶出した有害物質の数値が下表に掲げる数値を超えるものをいう。

表3-5-2 有害産業廃棄物の判定基準
(単位：mg/l)

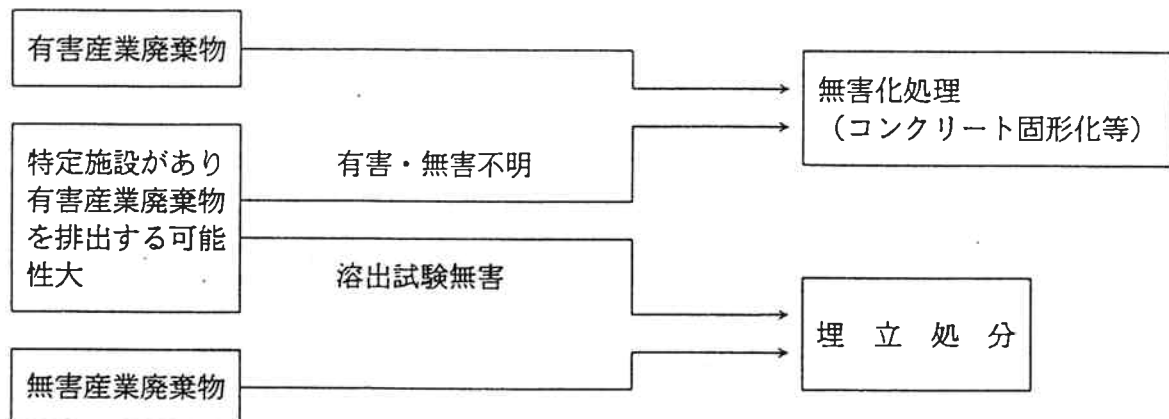
項 目	処分方法	埋 立 処 分
アルキル水銀化合物		検出されないこと
総水銀		0.005以下
カドミウム		0.3以下
鉛		0.3以下
有機りん化合物		1以下
六価クロム		1.5以下
ひ 素		0.3以下
シアン		1以下
P C B		0.003以下
トリクロロエチレン		0.3以下
テトラクロロエチレン		0.1以下
ジクロロメタン		0.2以下
四塩化炭素		0.02以下
1・2－ジクロロエタン		0.04以下
1・1－ジクロロエチレン		0.2以下
シス－1・2－ジクロロエチレン		0.4以下
1・1・1－トリクロロエタン		3以下
1・1・2－トリクロロエタン		0.06以下
1・3－ジクロロプロペン		0.02以下
チウラム		0.06以下
シマジン		0.03以下
チオベンカルブ		0.2以下
ベンゼン		0.1以下
セレン又はその化合物		0.3以下

(2) 有害産業廃棄物排出事業者の責務

- 産業廃棄物処理責任者を選任し報告すること（法12条5項、規則14条3項）
- 産業廃棄物処理に関する帳簿を記載し、それを保存すること（法12条6項）（表3-5-3を参照）。
- 産業廃棄物処理に関する報告をすること（規則14条4項）

(3) 有害産業廃棄物の処理

有害産業廃棄物の処理は次の方法等で処理する。



(4) 無害産業廃棄物の埋立処分

無害産業廃棄物のスラッジは含水率85%以下にし埋立処分する。

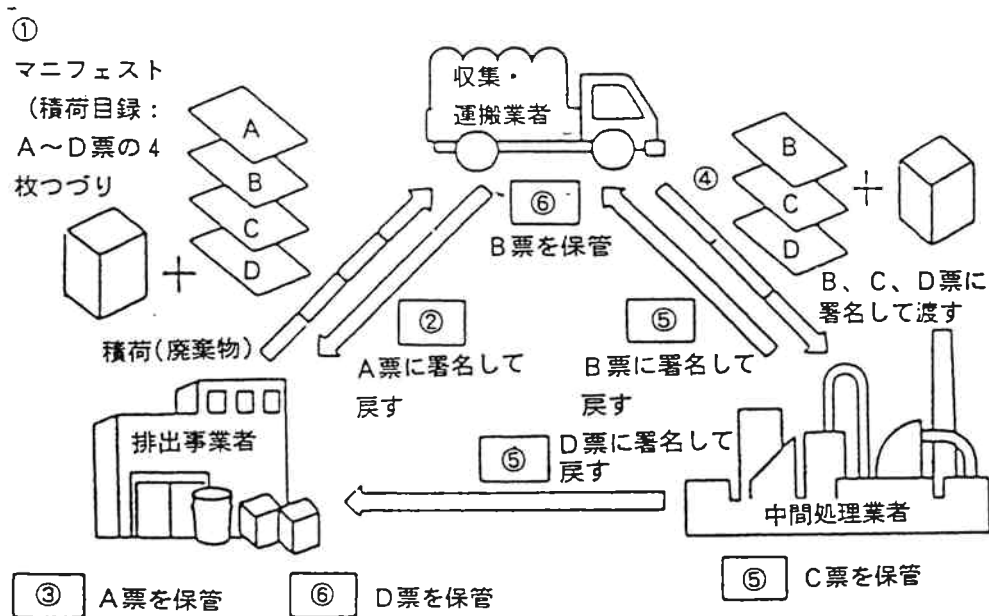
(5) 産業廃棄物の適正処理の確保（マニフェストシステム）

産業廃棄物等の最終処分場の不足から、廃棄物の広域活動が増加しているが、この広域移動が心ない業者による不法投棄や不適切な処理状態での放置等の問題も生じている。産業廃棄物の適正な処理を確保するために、マニフェストシステムが導入された。マニフェストシステムは、産業廃棄物の最終的な受入先と、適正な処理が行われたことを確認するしくみで、平成2年6月から実施され、有害物質を含む産業廃棄物の場合に義務化されてきた。

その後、平成9年6月に法改正され、産業廃棄物全般に適用されることになり、平成10年12月から施行されることになった。

また、従来のマニフェストシステムは、産業廃棄物の排出事業者が、マニフェスト（積荷目録）に産業廃棄物の名称、数量、性状等を記入して、産業廃棄物と共に収集運搬業者に交付する（A票を保管）。収集業者は、産業廃棄物と共に処分業者にマニフェストを交付する（B票保管）。産業廃棄物処分業者は、産業廃棄物の種類、性状に応じた処分を行い、マニフェストのC票を保管し、D票を排出業者に送付する。排出業者はマニフェストのA票とD票を照合し、産業廃棄物の処理が指示通り行われたことを確認し、2年間保管する（図3-5-1にマニフェストシス

テムの流れを示す) ことになっているが、改正されたシステムでは電話回線とパソコンを利用した「電子マニフェスト制度」を選択してもよいことになっている(図3-5-2)



- ① 排出事業者は4部複写のマニフェストに必要事項を記入し、署名した後、廃棄物とともに4枚とも収集・運搬業者に渡す。
- ② 収集・運搬業者は、マニフェストに署名し、4枚のうち1枚(A票)を排出事業者に渡す。
- ③ 排出事業者は収集・運搬業者から戻ってきたA票を保管する。
- ④ 収集・運搬業者はマニフェストの残り3枚(B、C、D票)を廃棄物とともに処分業者に渡す。
- ⑤ 中間処理業者はマニフェストに署名し、収集・運搬業者、排出事業者それぞれ1枚ずつ戻し、残り1枚(C票)は自らが保管する。
- ⑥ 排出事業者および収集・運搬業者は、処分業者から戻ってきたマニフェストD、B票をそれぞれ保管する。

図3-5-1 マニフェストシステムのしくみ

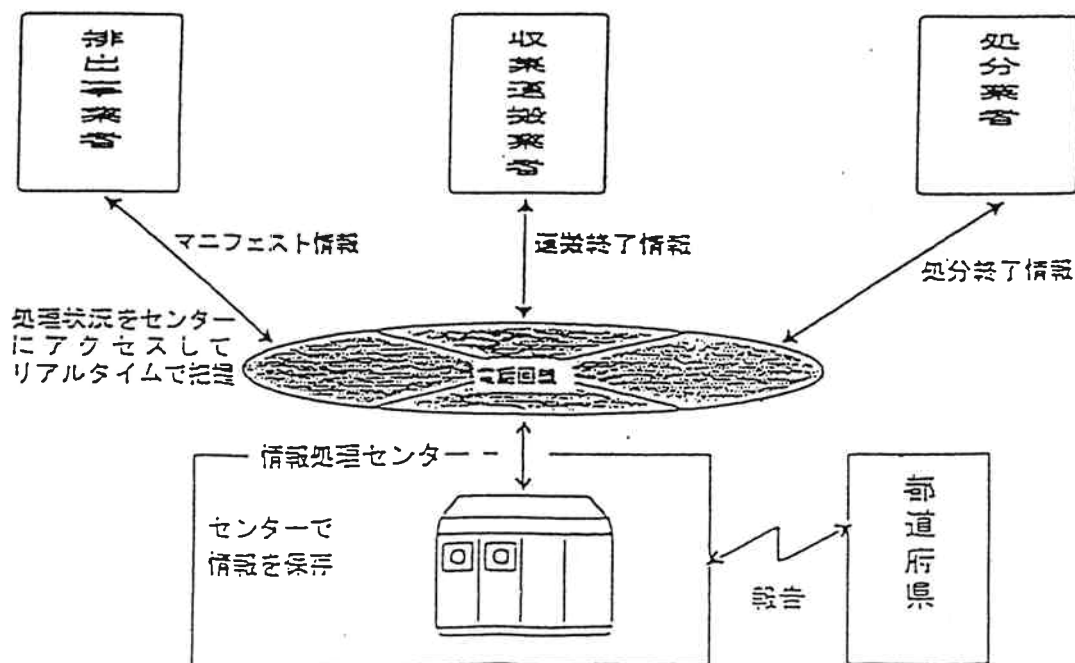


図3-5-2 改正されたシステム(電子マニフェスト制度)

表3-5-3

年度(平成) 年 月 日～平成 年 月 日)

对象废弃物名

[illegible]

(愛知県鍍金工業組合)

〈参考資料〉

愛知県環境部編：水質汚濁防止法に基づく届出の手引：愛知県環境部

第 二 部

新たな規制への対応技術

§ 1 鉛の処理

1 - 1 発生源

鉛は鉛めっき及びはんだめっきから排出される水洗水中に多くの含まれている。また、表1-1-1に示すように、めっきをする素材中に鉛が多く含まれるものもあり、素材を前処理する脱脂及び酸洗いの水洗水中にも鉛が含まれる場合がある。

表1-1-1 鉛を含むめっき素材

1. 非鉄金属材料¹⁾

名 称	合金番号	鉛含有量 (%)
黄銅	C2600	0.05 以下
	C2801	0.10 以下
楽器弁用黄銅	C6711	0.10～1.0
铸造用黄銅	C3771	1.0～2.5
洋白	C7351	0.10 以下
快削黄銅	C3560	2.0～3.0
	C3605	3.5～4.5
快削りん青銅	C5441	3.5～4.5
快削洋白	C7941	0.8～1.8
アルミニウム・合金	2011	0.20～0.6
黄銅鑄物	2、3 種	0.5～3.0
青銅鑄物	1 種	3.0～7.0
鉛青銅鑄物	5 種	16.0～22.0
アルミニウム合金鑄物	AC4B	0.20 以下
亜鉛合金ダイカスト	ZDC1	0.005 以下
ホワイトメタル	4 種 6～10 種	13.0～15.0 残部

2. 鉄鋼材料²⁾

名 称	合金番号	鉛含有量 (%)
マルテンサイト系 ステンレス	SUS410F2	0.05～0.30
	SUS420F2	
硫黄及び硫黄複合快速鋼	SUM 22L,23L,24L,31L	0.10～0.35

1 - 2 処理方法

(1) 中和凝集沈澱－ろ過法⁽³⁾

中和凝集沈澱法で従来の排水規制値1.0mg/L以下に処理することは比較的容易であったが、新しい規制値の0.1mg/L以下にするには、鉛の水酸化物生成のpH範囲は、図1-2-1に示すようにpH10前後と狭く、生成した水酸化鉛の粒子が細かく、固液分離が不十分なため、処理水中に水酸化鉛が残留することが多く、中和凝集沈澱だけでは規制値以下に処理することがなかなか困難である。

しかし、排水中に他の共存重金属イオンがあれば、水酸化物生成の最適pH範囲が広くなり、固液分離も容易になるので効果的に処理ができる。有機物が多く含まれ、凝集沈殿がしにくいとされているはんだめっきのアルカノールスルホン酸浴も、図1-2-2に示すように、重金属イオンの共存物が多ければ処理ができる。なお、めっき排水中には多くの重金属イオン類が含まれるため、pHを8.5~10.5と広くとることも可能である。ただし、凝集沈殿法による固液分離では微量の水酸化鉛は除去しにくく、ろ過装置の設置が必要である。

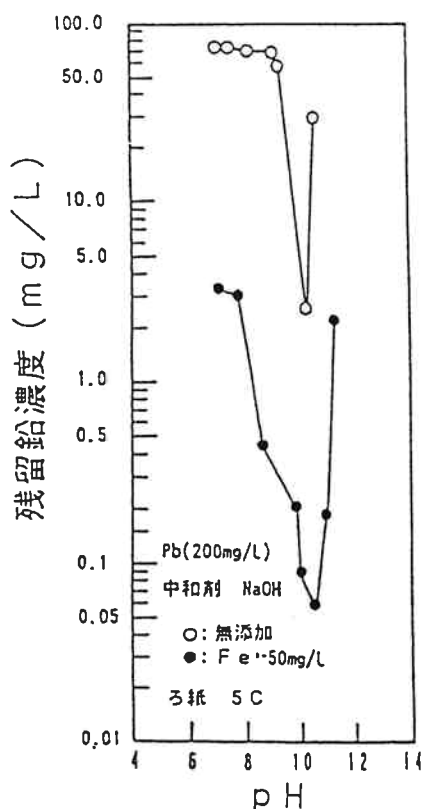


図1-2-1 pHと残留鉛濃度との関係

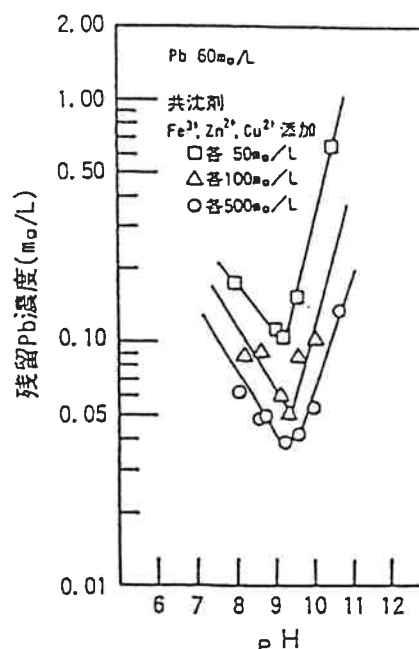


図1-2-2 アルカノールスルホン酸はんだめっき廃液のpHと残留鉛濃度との関係

(2) 凝集沈殿-キレート樹脂法

あらかじめ鉛を含む重金属排水を凝集沈殿法で処理し、処理水に含まれる微量の鉛をキレート樹脂で処理する方法である。ここで用いられるキレート樹脂はイミノ二酢酸型である。イミノ二酢酸型は鉛だけを選択的に吸着するのではなく複数の重金属を吸着する。したがって、他の重金属類も少なく押さえた状態で鉛を吸着させないと、鉛の漏出が早くなる。また、排水中の金属錯体がキレート樹脂より強い安定性を示す場合（例、EDTA-金属）は、キレート樹脂で処理しても除去できない。

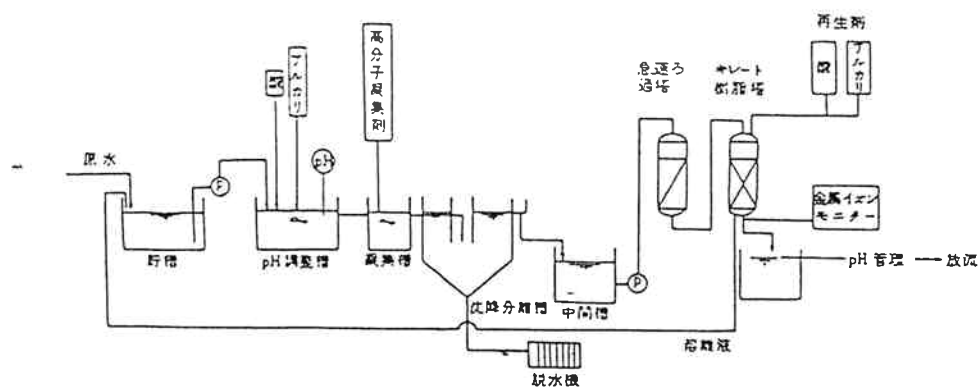


図1-2-3 キレート樹脂を用いた重金属処理フローシート例⁽⁴⁾

＜参考文献＞

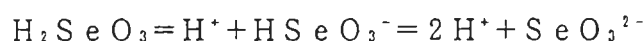
- (1) 日本規格協会「J I Sハンドブック非鉄」(1996)
- (2) 日本規格協会「J I Sハンドブック鉄鋼」(1996)
- (3) 東邦彦：表面技術環境部会研究会誌「めっき排水処理の改善例」p11, 1, 1(1997)

§ 2 セレンの処理⁽¹⁾

2-1 発生源

セレンは砒素と同様に有毒であり、排水規制値0.1mg/Lで新たに規制項目に加えられた。セレンは、銀めっきの光沢剤や無電解ニッケルめっき液に少量（約0.01%）含まれ、銅の黒染め溶液に二酸化セレン（ SeO_2 ）として約2%含まれたものがある。

二酸化セレン（ SeO_2 ）は水に溶解すると、次のような反応で亜セレン酸（ H_2SeO_3 ）が生成する⁽²⁾。



また、図2-1-1に示すように、pH範囲によって亜セレン酸、亜セレン酸水素イオン、亜セレン酸イオン、の存在比が異なる。

2-2 処理方法

(1) 共沈法

排水中のセレンは、図2-2-1に示すように、水酸化ナトリウムでの中和だけでは処理できないが、共沈剤として塩化鉄（Ⅲ）や硫酸銅を使用すると処理ができる。

特に、pH 6付近で塩化鉄（Ⅲ）を用いると処理効果は大きい。塩化鉄（Ⅲ）の添加量が多ければ最適pH範囲も広がる傾向にある。一方、硫酸銅を用いた場合のpHは、7～7.5付近がよいが処理効果は塩化鉄（Ⅲ）より劣る。排水中のセレンの濃度が高ければ共沈剤の必要添加量も多くなり、処理効果も低くなる。

(2) 還元法

セレン含有排水に銅イオンを少量添加し、pH 8以下で還元剤として水素化ほう素ナトリウム（ NaBH_4 ）をセレン1に対し水素化ほう素ナトリウム35倍のモル比で添加し、約30分程度攪拌した後ろ過すると、セレンを不溶性セレンとして除去することができる。

排水中のセレン濃度が高くても還元剤の添加量の比率は、表2-2-1に示すように一定で、効果的に処理ができる。

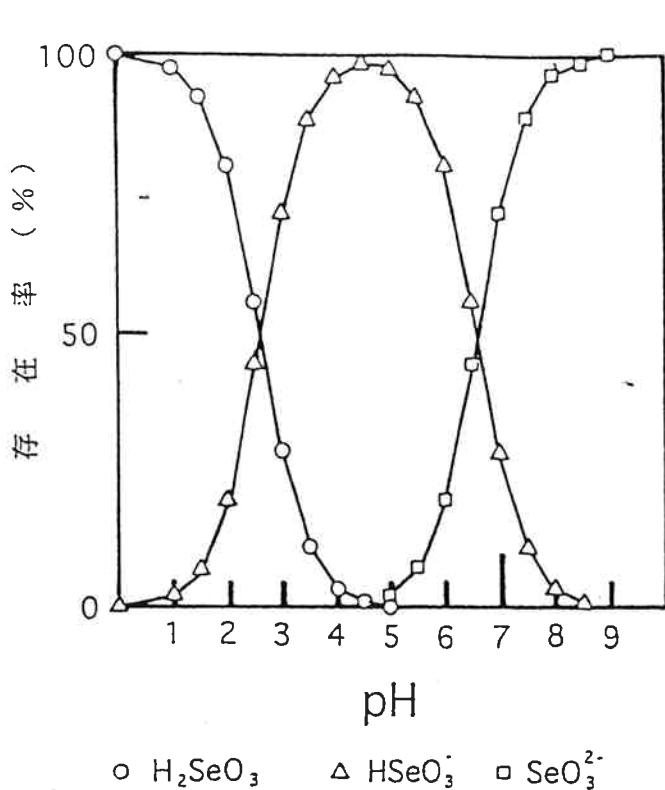


図2-1-1 pH範囲と亜セリ酸、亜セリ酸水素イオン、
セリ酸イオンの存在比

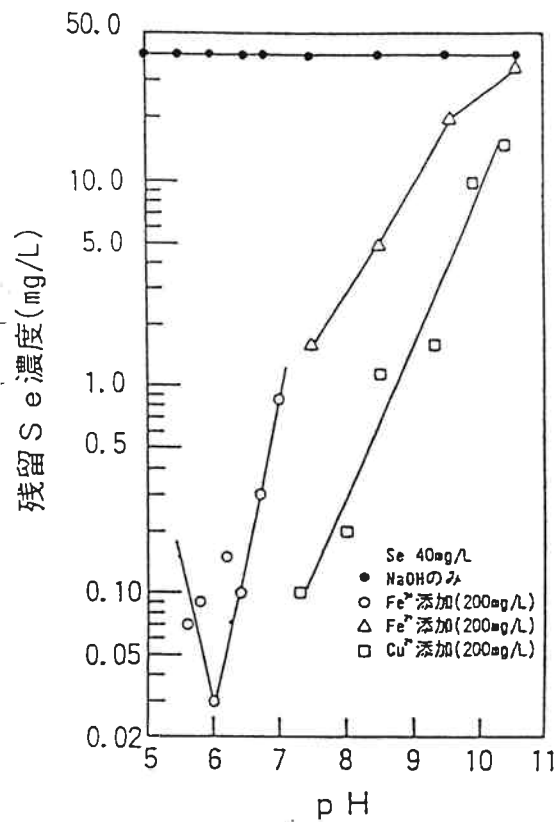


図2-2-1 共沈剤を添加した場合のpH
と残留セリ濃度との関係

表2-2-1 セレンと水素化ほう素ナトリウムのモル比

Se(mmol/L)	NaBH ₄ (mmol/L)	モル比(NaBH ₄ /Se)	残留Se濃度(mg/L)
0.5	17.7	35	0.05
1.3	44.2	34	0.08
2.5	88.4	35	0.04

例えば、セレンの濃度が1900mg/L、銅イオンが920mg/Lの黒染め老化液でも、pH8以下で還元剤を添加するだけで処理が可能である。この処理法はスラッジの発生量が少ない利点があるが、還元剤に要監視項目のほう素が含まれ、一部の地域では規制されているため、使用に当たっては注意が必要である。

なお、現在、水素化ほう素ナトリウム (NaBH_4) は12%溶液で1キログラム当たり1200円ぐらいで市販されている。

〈参考文献〉

- (1) 東邦彦：表面技術環境部会研究会誌「めっき排水処理の改善例」p11, 1, 1(1997)
- (2) 高木誠司：「定性分析化学(中巻)」南江堂(1976)
- (3) 通商産業省基礎産業局：「電気めっき排水処理指導書」85(1989)

§ 3 要監視項目処理対策

要監視項目は、環境基準の人の健康の保護に関連する物質であるが、公共水域等における検出状況からみて、直ちに環境基準とせず指針値として監視していく項目（25項目）である。しかし、最近汚染が進んできたため環境基準に格上げが検討されている。そこで、めっきに関連した項目の処理方法について述べる。

3-1 ほう素の処理

ほう素はニッケルめっき液に含まれている。ほう素は植物にとって必ず（須）微量元素の一つであるが、適量（1～2mgB/L）を超えると、発育障害等の原因となるとされている。すでにほう素について排出規制している自治体（滋賀県、大阪府、京都府）もある。

（1）キレート樹脂によるほう素の処理法⁽¹⁾

あらかじめ重金属を凝集沈殿法で処理し、処理水に含まれるほう素をキレート樹脂で処理する方法である。ここで用いられるキレート樹脂はグルカミン形でほう酸イオン（ BO_3^{3-} ）を特異的に吸着する性質がある。共存イオンの影響は少なく特にアルカリ性での吸着が有効である。また、硫酸、塩酸で再生が可能な耐薬品性の樹脂である。なお、高い除去率を前提とするならば水酸化ナトリウム溶液で処理して水酸化物イオン（ OH^- ）形にしてから吸着に用いた方がよい。

この処理で発生する溶離液の再利用・処分に今後の課題がある。

3-2 ふっ素の処理⁽²⁾

ふっ素は、めっきの前処理に用いられているふっ化水素酸やはんだめっき液に含まれるほうふっ酸がある。

（1）カルシウム塩によるふっ素（ふっ化水素酸）の処理

ふっ化水素酸（HF）を含む排水に水酸化カルシウムや塩化カルシウムを加えて難溶性のふっ化カルシウム（ CaF_2 ）として沈殿分離する方法である。ふっ化カルシウムの生成はpH 4～12で特に差はない。したがって、重金属類が共存する場合、重金属類の水酸化物の生成が最適なpHに合わせて処理することができる。ふっ素として15～20mgF/L程度まで処理が可

能であるが、これ以下に処理する場合、コロイド状生成物が存在するため、単純には処理効果をあげることができにくい。従って更に凝集剤として鉄塩、アルミニウム塩等を加えるなどして再凝集する工夫が必要である。

(2) アルミニウム塩及びカルシウム塩によるほうふっ化物の処理

ほうふっ酸 (HBF_4) のふっ素は、ふっ化水素酸と異なり単にカルシウム塩を添加しても処理はできない。ほうふっ酸は安定な錯体であるが、水中では少しずつ加水分解してふっ化水素酸とほう酸に解離する。この反応を早めるために触媒としてアルミニウム塩を添加して常温で約24時間程度、あるいは70～90℃の加温状態で1～2時間反応させてふっ化アルミニウムイオン (AlF_6^{3-}) を生成する。これにカルシウム塩を添加してふっ化カルシウムとして沈殿除去する。なお、処理水にはほう素が含まれるため処理が必要である。

この処理方法は排水量の多い場合には好ましくない。

3-3 ニッケルの処理

ニッケルはニッケルめっき、無電解ニッケルめっき液中に多く含まれている。すでにニッケルの排出規制を行っている自治体（京都府、静岡県、和歌山県、神奈川県）もある。

(1) 凝集沈殿法

ニッケルは、他の錯形成剤がない場合には pH10以上で水酸化ニッケルとして沈殿除去すれば、 0.1mgNi/L 以下に処理することが可能である。しかし、めっき排水中には EDTA や有機酸など錯形成剤が存在する場合が多いので、沈殿除去することが困難なことが多い。また、両性金属の銅、亜鉛、クロムなどとの共存下でニッケルを高アルカリ側で処理する場合には、これら両性金属の再溶解が生じるので注意が必要である。

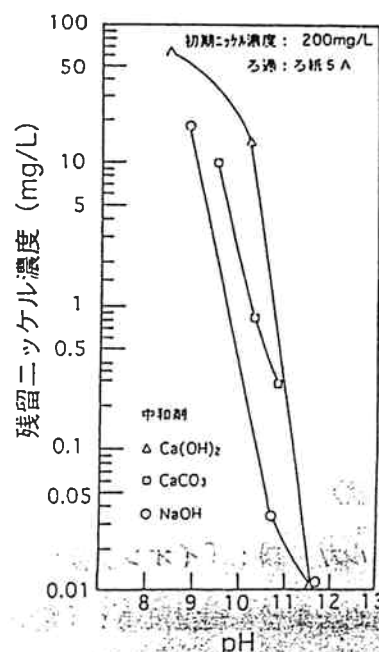


図3-3-1 中和剤別の水酸化ニッケル生成pH範囲

3-4 窒素の処理（硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素）

窒素化合物は酸洗浄液、非シアン亜鉛めっき液、クロメート処理の前処理液などに含まれている。

（1）生物学的窒素除去法

排水中の有機体窒素やアンモニア体窒素などを好気状態で硝化細菌によって亜硝酸や硝酸に酸化し、さらに、嫌気状態で脱窒細菌によって窒素に還元し、大気中に分離除去する。

3-5 モリブデンの処理

モリブデンはステンレス鋼、クロムモリブデン鋼などめっき素材に含まれている。したがって、めっき前処理工程の脱脂、酸洗浄などの水洗水に含まれる場合がある。

（1）共沈法

モリブデンを含む排水のpHを3.5～4.5に保ち、これに共沈剤として塩化鉄（Ⅲ）を添加して水酸化鉄を生成させて固液分離して処理する。処理水中のモリブデン濃度は0.3mg/L以下になる。

3-6 アンチモンの処理

アンチモンはアンチモン地金に含まれているため、めっき前処理工程の脱脂、酸洗浄などの水洗水に含まれる場合がある。

（1）凝集沈殿法

アンチモンを含む排水のpHを6.0～7.0に保ち、塩化酸化アンチモン（ $SbClO$ ）の沈殿物を生成させる。この塩化酸化アンチモンの沈殿物は微細で沈降しにくいいため、凝集剤として塩化鉄（Ⅲ）を添加して固液分離して処理する。

〈参考文献〉

- （1）オルガノ（株）：「イオン交換樹脂その技術と応用、実用編」422～426（1997）
- （2）通商産業省基礎産業局：「電気めっき排水処理指導書」93～95（1989）

§ 4 磷の処理

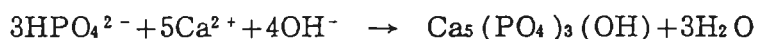
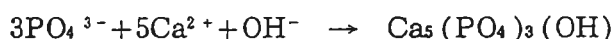
脱脂液、化学研磨液、ピロリン酸めっき液、無電解めっき液などに使用されているりん酸塩を処理する方法として化学的処理法（凝集沈殿法、晶析法、吸着法）、生物学的処理法（嫌気・好気法）がある。化学的処理法の凝集沈殿法が一般的に行われている方法である。

4-1 凝集沈殿法

これは排水にカルシウム塩、アルミニウム塩、鉄塩を添加してりん酸イオン(PO_4^{3-})を難溶性のりん化合物として沈殿除去する方法である。

(1) カルシウム塩による方法

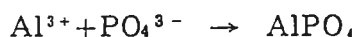
水酸化物イオンの存在下でカルシウムイオンと反応させ、難溶性のカルシウムヒドロキシアパタイトに代表されるりん酸カルシウムを形成して沈殿させる。



この反応はpHが高い程りん酸イオンの除去率は高く、pH10.5以上でりん酸イオンとして0.5mg/l以下となる。

(2) アルミニウム塩による方法

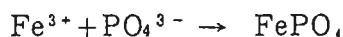
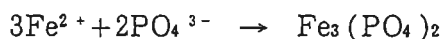
排水のpHを5～6に保ち、硫酸アルミニウム、アルミン酸ナトリウムなどを添加するとカルシウム塩の場合と同じように不溶性な物質として沈殿除去できる。



りん除去に必要なアルミニウム量は、 $\text{Al/P} = 27/31 = 0.87$ になるがアルミニウムの一部が水酸化物イオンと反応して水酸化物を生成するため、りん1モルに対して2～4倍のモル比のアルミニウムが必要である。

(3) 鉄塩による方法

沈殿剤として鉄(Ⅱ)塩、鉄(Ⅲ)塩が用いられる。



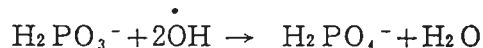
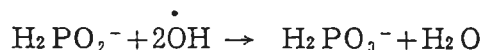
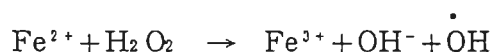
この反応は添加する鉄(Ⅱ)塩、鉄(Ⅲ)塩によってりん酸イオンを処理する最適pHが異なり、鉄(Ⅱ)塩はpH8前後、鉄(Ⅲ)塩はpH4～5である。この場合もりん1モルに対して2～4倍のモル比の添加が必要である。

4-2 無電解ニッケルめっき排水中の燐の処理

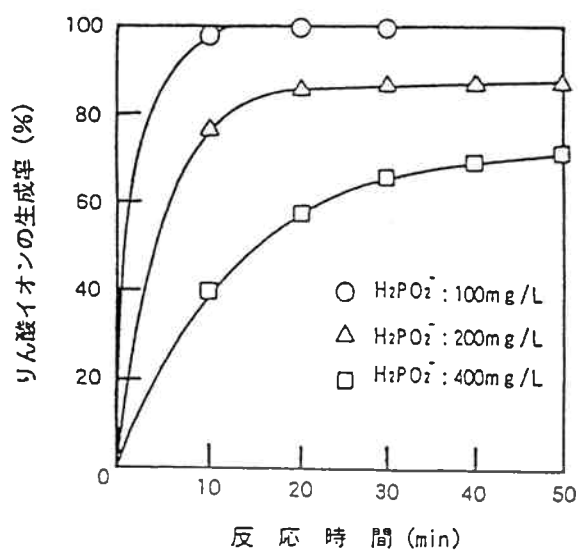
無電解ニッケルめっき液には、還元剤として次亜りん酸ナトリウムが使用され、排水中に次亜りん酸イオンや酸化された亜りん酸イオンが排出される。亜りん酸イオンはpH 5以上でカルシウム塩の添加によって凝集沈殿処理が可能であるが、次亜りん酸イオンは凝集沈殿処理ができないため酸化処理が必要である。酸化処理法としてフェントン法がある。

(1) フェントン法

過酸化水素と硫酸鉄(Ⅱ)を反応させて生成するヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)を酸化剤として次亜りん酸イオンを酸化分解する。

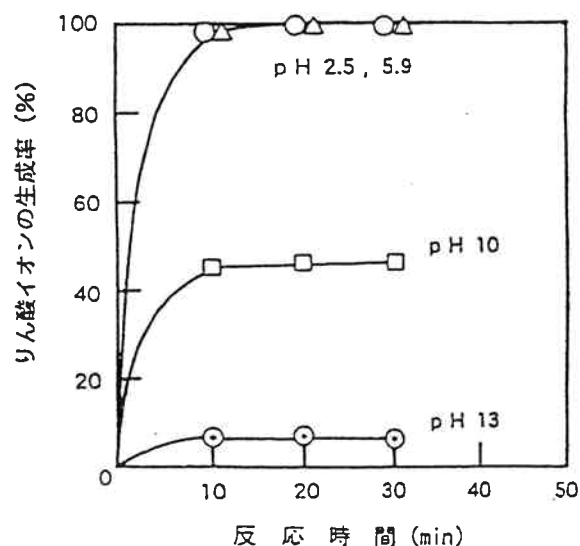


例えば、図4-2-1、図4-2-2に示すように次亜りん酸イオン濃度100mg/lを含む排水をpH 3前後に調節し、過酸化水素を4.5mg/l、硫酸鉄(Ⅱ)を Fe^{2+} として1.0g/lとなるように加えると反応時間10分程度の反応でりん酸イオンに酸化することができる。また、同時にぎ酸や乳酸など有機酸の一部も酸化できる。しかし、過酸化水素、硫酸鉄(Ⅱ)など薬品の添加量が多く、次亜りん酸イオンの濃度が高くなれば、過酸化水素と硫酸鉄(Ⅱ)の添加量もさらに増加させる必要がある。濃度の高い次亜りん酸イオンの酸化処理には薬剤費が高くなる。



Fe^{2+} : 1.0 g/L H_2O_2 : 4.5 g/L pH 2.5

図4-2-1 次亜りん酸イオン濃度と
りん酸イオンの生成率



Fe^{2+} : 1.0 g/L H_2O_2 : 4.5 g/L H_2PO_2^- : 100 mg/L

図4-2-2 pHとりん酸イオンの生成率

4-3 無電解ニッケルめっき老化液中の燐の処理

無電解めっきは、金属イオンと還元剤によって化学的に金属を生成させるため、めっき液の寿命は短く多量の使用済みの濃厚な老化液が発生する。特に、無電解ニッケルめっき老化液には、還元剤としての次亜りん酸ナトリウム、酸化によって生成した亜りん酸ナトリウムなど多量のりん化合物が含まれている。還元剤として用いられている次亜りん酸イオンはそのままでは処理できないため酸化処理が必要である。酸化処理法として自己分解法、電解法、光触媒法などがある。これらの方法でりん酸イオンに酸化処理した後、凝集沈殿法などでりん化合物を処理する。

(1) 自己分解法

老化液の液温を90℃以上に加熱し、これに鉄分やニッケル粉などを添加し、老化液中に含まれているニッケルイオンを還元し、次亜りん酸イオンを亜りん酸イオンに酸化する方法である。

約60分の反応時間で亜りん酸イオンが生成し、これにpH 5以上でカルシウム塩を添加すれば、亜りん酸カルシウム又は亜りん酸マグネシウムとして凝集沈殿法で除去できる。また、アルカリ性でカルシウム塩を用いて凝集沈殿を行えばりん化合物のほか、くえん酸、酒石酸などの有機酸及び重金属の除去も可能である。さらに、老化液中に多く含まれる有機酸は、老化液を10℃以下にすると結晶が析出するので、それを除去すれば処理が可能である。

(2) 電解法

不溶性の陽極を用いた電解槽に直流を通電し陽極での酸化力を利用して次亜りん酸イオンをりん酸イオンに酸化する方法である。陽極材には過酸化鉛-チタン電極を用い、陰極材に銅板にニッケルめっきした電極が用いられている。陽極で還元剤の次亜りん酸イオンをりん酸イオンに酸化し、同時に有機酸も酸化分解してCOD成分を処理する。一方、陰極ではニッケルが析出し重金属を処理する方法である。

この方法は電解時間が長く、また、COD濃度が5 g/l以上の高い濃度のものに有効であり、COD濃度が500mg/l以下になると処理効果が悪い。

(3) 光触媒法

光をエネルギーとする二酸化チタン光触媒の表面での水及び溶存酸素との反応によって生成した活性酸素を酸化剤として、老化液中の次亜りん酸イオンをりん酸イオンに酸化し、同時に有機酸など有機物も二酸化炭素と水に分解する方法である。

老化液のpHを1～3に保ち、白金を担持したアナターゼ形二酸化チタン粉末を光触媒として共存させ、酸素または空気を老化液に吹き込みながら高圧水銀灯を照射することによって次亜

ん酸イオンがりん酸イオンに酸化される。

この方法の長所は処理薬品を使用しないことと、光触媒を回収して再利用できることにある。
また、同時に有機酸も処理でき、処理水を低温にして硫酸ナトリウムを除去し、水酸化ナトリウムなどでpHを11程度に上げて含有するニッケルイオンを水酸化ニッケルとして除去すると、りん酸イオンをりん酸水素ナトリウムとして回収することも可能である。

§ 5 窒素の処理

窒素化合物は脱脂液、酸洗浄、非シアン亜鉛めっき液、無電解めっき液、はく離液などに使用されている。排水中の窒素は有機体窒素 (Org-N)、アンモニア体窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、硝酸体窒素 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$)、硝酸体窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) の4形態に分類される。窒素処理としては生物学的窒素除去法と物理化学的窒素除去法 (アンモニアストリッピング法、不連続点塩素処理、浸透法など) がある。物理化学的窒素除去法は処理対象が限定されており、アンモニアストリッピング法は、処理対象がアンモニア体窒素のみで処理後のアンモニアを大気に放散するため環境上の問題がある。また、不連続点塩素処理も処理対象がアンモニア体窒素で酸化剤の塩素の添加量が多く、条件によっては毒性を有するクロロミンの発生が見られるなど課題がある。

したがって、窒素の総合的な処理としては生物学的窒素除去法が一般に広く用いられている。この生物学的窒素除去法をめっき排水に適用する場合、あらかじめ生物処理に影響を及ぼす重金属類を除去した後、pHを中性に保ち処理する必要がある。

5-1 生物学的窒素除去法

排水中の有機体窒素やアンモニア体窒素などを好気状態で硝化細菌によって亜硝酸や硝酸に酸化する硝化工程と、この硝酸を嫌気状態で脱窒細菌によって還元し窒素として処理する脱窒工程の二つの工程からなっている除去法である。

(1) 硝化脱窒法

硝化-脱窒処理からなる方法で、脱窒工程で還元反応用の水素補給としてメタノールが用いられている。また、有機物の除去、硝化及び脱窒を行うための反応槽、沈殿槽の組み合わせによって、単相方式、2相方式、3相方式の3方式に分類される。

① 単相方式：単一槽で有機物の酸化、硝化、脱窒を時間差によって行う方式である。

この方式の適正な反応時間は、水温の変化、流入負荷量の変動によって変化するので、最適時間配分の制御が必要である。しかし、最適時間配分の制御でむずかしい面がある。

② 2相方式：有機物の酸化と硝化を同一槽で行い、脱窒を別の槽で処理を行う方式である。

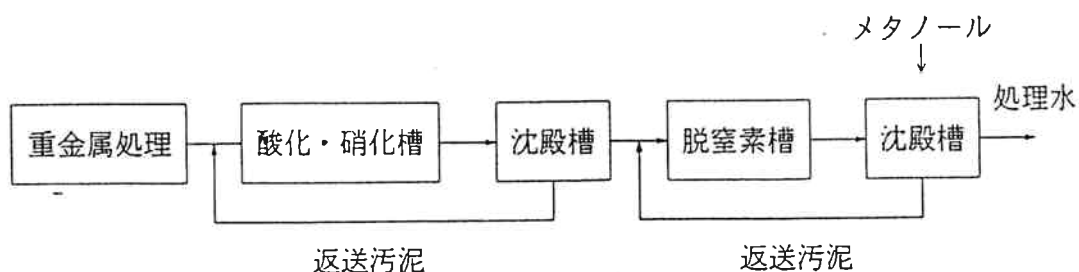


図5-1-1 2相式窒素除去法の工程

③ 3相方式：有機物の酸化、硝化、脱窒素をすべて別の槽で処理する方法である。

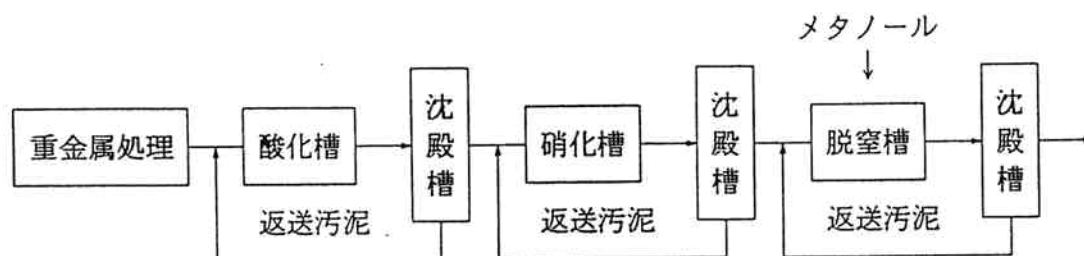


図5-1-2 3相式窒素除去法の工程

(2) 循環式硝化脱窒法

図5-1-3に示すように硝化槽の処理水の一部を脱窒槽に返送し、流入水中の有機物を水素補給物として利用し脱窒する。メタノールを使用しないので経済的であり、処理水中にメタノールが残留しない。また、脱窒を効率よく進めるには処理水の返送率（ $BOD/N=3$ 以上）を高める必要があるが、あまり返送率を高くすると脱窒槽内の嫌気状態を維持できなくなるおそれが生じる。さらに、硝化された混合液の全部が脱窒されるのでみなく、一部は処理水として流出する。

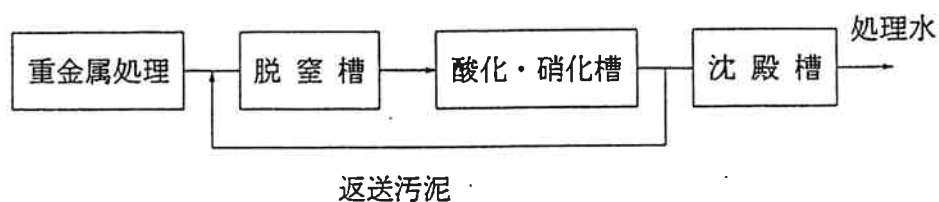


図5-1-3 循環式硝化窒法の工程

§ 6 塩素系有機溶剤及び水系脱脂剤の環境規制と代替脱脂技術

6-1 はじめに

洗浄分野において幅広く使用されていた1, 1, 1-トリクロロエタン及び特定フロン(CFC-113)は、オゾン層破壊物質として1995年末で生産が全廃となった。代替洗浄剤・代替技術の導入が必要となり、水系、炭化水素系、フッ素系(HCFC等)及び塩素系を含む不燃性有機溶剤などの代替洗浄剤への移行が進められた。

代替洗浄剤・代替技術には多種多様のものが存在するが、めっき業界においては、1, 1, 1-トリクロロエタンの代替洗浄剤としては問題の少ないものから水系のアルカリ脱脂に比重をおいて転換している。アルカリ脱脂は、溶剤系が全盛になる以前は、めっき業界では一般的に採用されていた脱脂法であった。また、めっき業界では公害防止のために確立した排水処理設備を既に設置しており、アルカリ脱脂の欠点といわれる排水処理問題にも対応できるため、この方法への転換は比較的容易に受け入れられると思われ、通常、めっき加工品のうち80～90%はアルカリ脱脂に転換が可能といわれている。

また、問題のあるものについては、一時的にトリクロロエチレン、テトラクロロエチレンに戻すか、又はジクロロメタン(塩化メチレン)を採用しているが、これらの塩素系有機溶剤は水質、地下水及び大気等の環境汚染と人の健康に対する影響を防止するための規制が一段と厳しくなり、関係法令を遵守して適正な管理のもとで使用すべきである。塩素系有機溶剤への代替は当面の問題を先送りした感がないでもなく、早急に他の代替脱脂剤への移行が望まれる。

現在、アルカリ脱脂で問題のあるものに対しては、一部非塩素系有機溶剤、その他を工夫したエマルジョン系(準水系)の脱脂剤を用いる洗浄法の検討が進み、洗浄後の乾燥にはCFC-113を用いる乾燥に代わって純水洗浄-熱風乾燥法が用いられている。

6-2 めっき業界に関連した環境規制について

(1) 塩素系有機溶剤の法的規制の経過及び関係法令

トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンによる地下水汚染問題は、米国に端を発し、わが国においても1981年に顕在化した。その後、化学物質の審査及び製造等に関する法律(化審法)、水質汚濁防止法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律、大気汚染防止法、環境基本法(環

境基準)等の関係法令の一部改正により環境への排出等に関して規制が非常に厳しくなった。また、ジクロロメタン(塩化メチレン)もこれらの関係法令(化審法を除く)によりトリクロロエチレンと同様に厳しく規制されることになった。

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンの法的規制の経過を表6-2-1に、また適用される関係法令を表6-2-2に示す。

塩素系有機溶剤の使用に当たっては、関係法令により人の健康に対する影響と環境汚染の防止措置が定められているから、その特性を十分に理解し、環境汚染に対して万全の対策を講じて適正な管理のもとで使用しなければならない。

表6-2-1 塩素系有機溶剤の法的規制等に関する経過

年・月	主 な 内 容
昭49(1974)	米国のニューオリンズ市において水道水中からトリクロロエチレン等検出
昭56(1981)	八王子市・川崎市・府中市等の水道水源用井戸水からトリクロロエチレン等検出
昭57(1982)～ 昭58(1983)	環境庁 全国主要15都市(東京都を除く)の地下水調査、複数の都市においてトリクロロエチレン等検出
昭58(1983)～	全国各地においてトリクロロエチレン等検出
昭59(1984)	厚生省 水道水中のトリクロロエチレン等の暫定水質基準 設定
昭61(1986).5 昭62(1987).5 平元(1989).4 平元(1989).7 平元(1989).7 平元(1989).7	化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)関係 化審法及び関係法令の一部改正 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 「指定化学物質」に指定 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 「第2種特定化学物質」に指定 環境の汚染を防止するための措置等に関する容器、包装等に表示すべき事項 告示 「トリクロロエチレン又はクリーニング営業者以外の事業者に係るテトラクロロエチレンの環境汚染防止措置に関する技術上の指針」 告示 「クリーニング営業者に係るテトラクロロエチレンの環境汚染防止措置に関する技術上の指針」 告示
平5(1993).3 平5(1993).3 平9(1997).3 平5(1993).12 平9(1997).2	環境基本法関係 環境基本法 制定 水質汚濁に係る環境基準(人の健康の保護に関する環境基準) 設定 水質汚濁に係る環境基準(地下水の水質の汚濁に係る環境基準) 設定 土壌の汚染に係る環境基準 設定 大気汚染に係る環境基準 設定
平元(1989).3 平元(1989).4 平元(1989).6 平5(1993).12 平5(1993).12 平5(1993).12 平8(1996).6	水質汚濁防止法関係 水質汚濁防止法及び関係法令の一部改正 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 「有害物質」に指定 公共用水域への排水基準(許容限度) 設定 地下浸透禁止 塩化メチレン 「有害物質」に指定 公共用水域への排水基準(許容限度) 設定 地下浸透禁止 水質汚濁防止法及び関係法令の一部改正 地下水の水質の浄化に係る措置命令等に関する規定の追加 浄化基準 設定

平元(1989).4	下水道法関係 下水道法及び関係法令の一部改正 公共下水道又は流域下水道に排除される下水の水質基準 設定
平元(1989).4 平6(1994).9	廃棄物の処理及び清掃に関する法律関係 廃棄物の処理及び清掃に関する法律及び関係法令の一部改正 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 「有害物質」に指定 塩化メチレン 「有害物質」に指定
平4(1992).12	水道法関係 水質基準に関する省令 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 水質基準 設定 塩化メチレン 水質基準 設定
平8(1996).5 平9(1997).1 平9(1997).2 平8(1996).10	大気汚染防止法関係 大気汚染防止法及び関係法令の一部改正 有害大気汚染物質対策の推進の章の追加 トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン 「指定物質」に指定 指定物質排出施設・指定物質排出基準 設定 通商産業省 「事業者による有害大気汚染物質の自主管理推進のための指針」 通達 (対象物質: トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン・塩化メチレン等)
平7(1995).9 平9(1997).12	労働安全衛生法関係 「テトラクロロエチレン(別名パークロロエチレン)による健康障害を予防するための指針」 告示 塩化メチレン 「変異原性が認められた化学物質による健康障害を防止するための指針」 通達
平9(1997).4～ 平12(2000).3 平9(1997).11 平9(1997).11 ～平10(1998).2	全国鍍金工業組合連合会関係 「有害大気汚染物質の自主管理計画」実施 「めっき加工における脱塩素系有機溶剤の手引き」発行 (編集: 電気めっき業構造改善事業関連事業者) 通産省電気めっきブロック別研修会「脱塩素系有機溶剤」講演 (仙台、福岡、東京、高松名古屋、大阪)
平6(1994)～ 平6(1994)～ 平9(1997).1 平9(1997).1 平9(1997).7 平9(1997).9 平9(1997).11 平10(1998).1	中小企業事業団関係 中小企業化学物質安全対策情報提供・指導事業 全国主要都市においてセミナー開催(中小企業地域情報センターと共催) 「化学物質安全対策講習会テキスト」 編集・発行 「化学物質安全対策配布用マニュアル」 編集・発行 「化学物質安全対策講習会用追加資料テキスト」 編集・発行 「検知管法による簡易分析マニュアルー排出口ガス濃度分析を中心としてー」 「塩素系有機溶剤を用いた洗浄設備・装置に関する技術データ集」 編集・発行 「金属洗浄における塩素系有機溶剤の自主管理計画達成マニュアルー大気汚染防止法の一部改正に基づいて

表6-2-2 塩素系有機溶剤に適用される主な関係法令等

関 係 法 令 等	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	塩化メチレン (ジクロロメタン)
労働安全衛生法 ・有機溶剤作業主任者の選任・名称等を表示すべき有害物・作業環境測定・健康診断等 ・有機溶剤中毒予防規則 ・作業環境評価基準(管理濃度) ・トリクロロエチレンによる健康障害を防止するための指針 ・変異原性が認められた化学物質による健康障害を防止するための指針	該 当 第1種有機溶剤 50ppm — —	該 当 第2種有機溶剤 50ppm 適 用 —	該 当 第2種有機溶剤 100ppm — 適 用
作業環境測定法 ・作業環境測定士による測定・評価・改善措置の実施	該 当	該 当	該 当
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 ・官報告示整理番号 ・規制区分 ・環境汚染防止のための措置に関する容器、包装等の表示 ・トリクロロエチレン又は「クリーン」営業者以外の事業者に係るトリクロロエチレンの環境汚染防止措置に関する技術上の指針	(2)-105 第2種特定化学物質 該 当 適 用	(2)-114 第2種特定化学物質 該 当 適 用	(2)-36 — — —
環境基本法 ・水質汚濁に係る環境基準 * 人の健康の保護に関する環境基準(年間平均値) * 地下水の水質汚濁に係る環境基準(年間平均値) ・土壌の汚染に係る環境基準 ・大気の大気汚染に係る環境基準(1年平均値)	0.03mg/リットル以下 0.03mg/リットル以下 0.03mg/検液リットル以下 0.2mg/m ³ 以下	0.01mg/リットル以下 0.01mg/リットル以下 0.01mg/検液リットル以下 0.2mg/m ³ 以下	0.02mg/リットル以下 0.02mg/リットル以下 0.02mg/検液リットル以下 —
水道法 ・水道水質基準	0.03mg/リットル以下	0.01mg/リットル以下	0.02mg/リットル以下
水質汚濁防止法 ・排水基準(許容限度) ・有害物質を含む地下浸透水の地下への浸透 有害物質が検出されるとする濃度 ・特定施設(洗浄・蒸留)の設置及び変更の届出 ・事故時の応急措置 ・地下水の水質の浄化のための措置命令 * 浄化基準	0.3mg/リットル以下 禁 止 0.002mg/リットル 該 当 適 用 適 用 0.03mg/リットル	0.1mg/リットル以下 禁 止 0.0005mg/リットル 該 当 適 用 適 用 0.01mg/リットル	0.2mg/リットル以下 禁 止 0.002mg/リットル — 適 用 適 用 0.02mg/リットル
下水道法 ・下水の排除の制限に係る水質の基準	0.3mg/リットル以下	0.1mg/リットル以下	0.2mg/リットル以下
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律 ・公害防止管理者及び代理者の選任	該 当	該 当	—
大気汚染防止法 ・指定物質 ・指定物質排出施設・指定物質抑制基準* (めっき業関係) * 蒸留施設(密閉式のものを除く) * 洗浄施設(空気に接する面の面積 3m ² 以上のもの)	該 当 既設 300mg/m ³ 新設 150mg/m ³ 既設 500mg/m ³ 新設 300mg/m ³	該 当 既設 300mg/m ³ 新設 150mg/m ³ 既設 500mg/m ³ 新設 300mg/m ³	— — —
事業者による有害大気汚染物質の自主管理の促進について(1996.10.4 8立局第529号・8基局第763号 通商産業省立地環境局長・基礎産業局長通達) ・事業者による有害大気汚染物質の自主管理促進のための指針 * 対象物質	該 当	該 当	該 当
廃棄物の処理及び清掃に関する法律 ・特別管理産業廃棄物 ・特別管理産業廃棄物管理責任者の設置 ・運搬又は処理・処分の外部委託 ・特別管理産業廃棄物管理票(マニフェスト)の交付	該 当 該 当 特別管理産業廃棄物 処理業者 該 当	該 当 該 当 特別管理産業廃棄物 処理業者 該 当	該 当 該 当 特別管理産業廃棄物 処理業者 該 当

(注)* 指定物質排出抑制基準：指定物質排出施設の排出口(指定物質を指定物質排出施設から大気中に排出するために設けられた煙突その他の施設の開口部)から大気中に排出される排出ガスに含まれる指定物質の許容限度
・既設：1997年4月1日において現に設置されている指定物質排出施設(設置の工事がされているものを含む)
・新設：1997年4月1日以降に設置される指定物質排出施設

(2) 水系脱脂剤に適用される関係法令

水系脱脂剤を使用した排水水には、通常、油分、界面活性剤等を含み、そのまま河川又は下水道に排出することはできない。水質汚濁防止法及び下水道法により定められた排水基準等（表6-2-3 参照）に適合するよう排水処理をした後に排出しなければならない。

表6-2-3 水質汚濁防止法排水基準及び下水道法排除基準

項 目	水質汚濁防止法 排水基準（許容限度） （mg/リットル）	下水道法 排除基準 （mg/リットル）
水質汚濁防止法施行令第2条で定める物質 （健康項目）注1		
カドミウム及びその化合物	0.1	0.1以下
シアン化合物	1	1以下
鉛及びその化合物	0.1	0.1以下
六価クロム化合物	0.5	0.5以下
砒素及びその化合物	0.1	0.1以下
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.005	0.005以下
アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されないこと
ポリクロリネイテッドビフェニル（PCB）	0.003	0.003以下
トリクロロエチレン	0.3	0.3以下
テトラクロロエチレン	0.1	0.1以下
ジクロロメタン（塩化メチレン）	0.2	0.2以下
四塩化炭素	0.02	0.02以下
1,2-ジクロロエタン	0.04	0.04以下
1,1-ジクロロエチレン	0.2	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4	0.4以下
1,1,1-トリクロロエタン	3	3以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.06	0.06以下
ベンゼン	0.1	0.1以下
セレン及びその化合物	0.1	0.1以下
水質汚濁防止法施行令第3条で定める物質 （生活環境項目）		
水素イオン濃度（pH）		条例による
海域以外の公共用水域への排出	pH 5.8～8.6	
海域への排出	pH 5.0～9.0	
生物化学的酸素要求量（BOD）	160（日間平均120）注2	条例による
化学的酸素要求量（COD）	160（日間平均120）注3	
浮遊物質（SS）	200（日間平均150）	条例による
ノルマルヘキサン抽出物質含有量		条例による
鉱油類含有量	5	
動植物油脂類含有量	30	
フェノール類含有量	5	5以下
銅含有量	3	3以下
亜鉛含有量	5	5以下
溶解性鉄含有量	10	10以下
溶解性マンガン含有量	10	10以下
クロム含有量	2	2以下
弗素含有量	15	15以下
大腸菌群数	日間平均3000個/cm ³	—
窒素含有量	120（日間平均60）注4	条例による
燐含有量	16（日間平均8）注5	条例による

注1 農薬は省略

注2 海域及び湖沼は適用除外

注3 海域及び湖沼にのみ適用

注4 特定海域及び特定湖沼にのみ適用

注5 特定海域及び特定湖沼にのみ適用

注6 日間平均排水量50m³未満の事業場は適用除外

注7 S47.4.1以前に設置しかつ日間平均排水量50m³未満の事業場は適用除外

6-3 めっき業にすすめられる前処理脱脂代替方法

(1) 代替脱脂方法の特徴

塩素系有機溶剤は、不燃性で被洗浄品の金属素材や形状に関係なく、すべての油脂等の汚れに対する脱脂効果が高い。しかしながら、6-2において述べたように関係法令による環境規制が厳しくなった。脱塩素系有機溶剤を図るための代替脱脂剤としては数多くの製品が市販されているが、塩素系有機溶剤と同等の特性、脱脂力を有するものは少ないが、各脱脂剤の特徴を生かして脱脂効果を上げて対応することは可能である。

めっき加工される品物（被鍍物）は、めっき前に機械加工され、各種の油性汚れが付着しており、また金属素材と形状も異なる。めっきの品質は、脱脂効果の良否によって左右されるから、被鍍物に留意して各めっき工場に適した脱脂方法を検討する必要がある。

めっき加工に利用できる代替脱脂方法としては、水系、準水系及び非水系（溶剤系）脱脂剤に大別される。代替脱脂剤の特徴と問題点を表6-3-1に示す。

表6-3-1 代替脱脂剤の特徴と問題点

脱 脂 剤		特 徴	問 題 点
水 系	アルカリ系	不燃性である。 脱脂剤は比較的安価である。	脱脂力が溶剤と比較して弱い。 排水処理設備が高価である。
	酸 系	酸によるエッチングと同時に油脂を除去できる。	強固な油脂には脱脂効果が不十分である。 アルカリ脱脂との組合せが必要である。
	中 性 系	脱脂力強化に利用される。	脱脂剤が比較的高価である。
準水系	エマルジョン	脱脂時の浸透力がある。 予備脱脂として利用されることが多い。	脱脂剤が比較的高価である。 排水処理設備が高価である。
非水系 (溶剤系)	炭化水素系	機械油の溶解力が強い。 乾燥が速い。	引火・爆発性がある。 消防法により規制される。

表6-3-4 各種水系脱脂剤又は洗浄法の概要

水系洗浄剤の種類	洗 浄 法 の 概 要
- アルカリ系	各種のアルカリ剤を主成分として、汚れの遊離脂肪酸や酸性成分を中和・けん化する最も一般的な洗浄剤である。
酸 系	酸と界面活性剤を主剤とし、金属表面の酸化物と油脂を同時に除去する。
エマルション系	予備脱脂法として迅速効果的な方法で、多量の汚れに対して次の工程への汚れを低減する。
電 解 法	アルカリ液中で電氣的に陰極及び陽極にとし脱脂する方法で、仕上げ脱脂として迅速効果的な方法である。

(5) めっき業にすすめられる洗浄方法の選定手順

めっき業にすすめられる脱脂法は次の通りである。

- (1) 単純アルカリ脱脂法
- (2) アルカリ脱脂強化法
- (3) 電解脱脂法
- (4) エマルション脱脂法
- (5) その他の有機溶剤による脱脂法 ((1)~(4)の脱脂法で脱脂が十分にできない場合)

さらに設備の合理化、排水処理設備の負荷軽減を考えると、図6-3-1のような手順で検討が必要である。

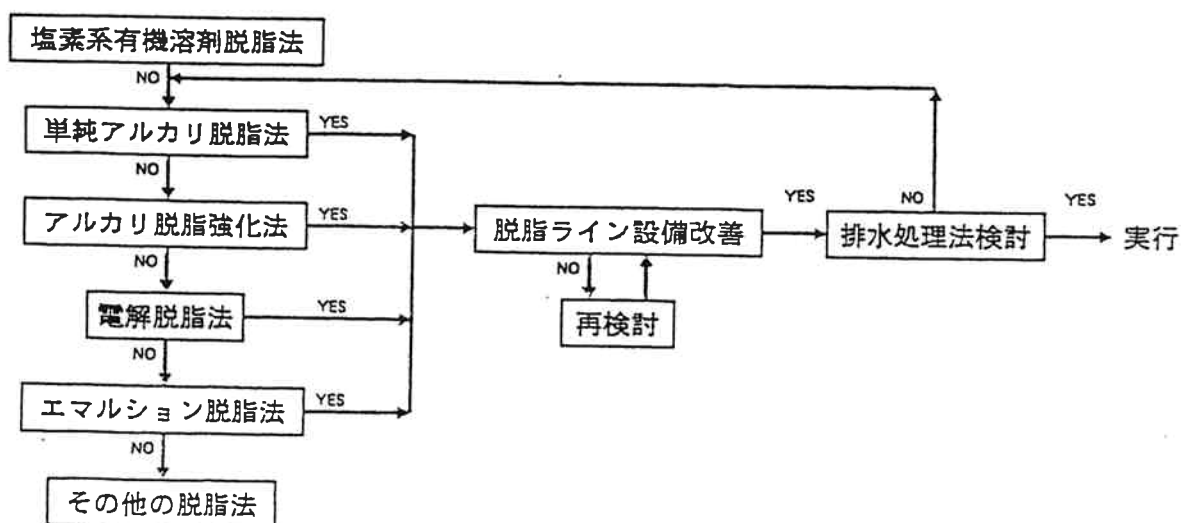


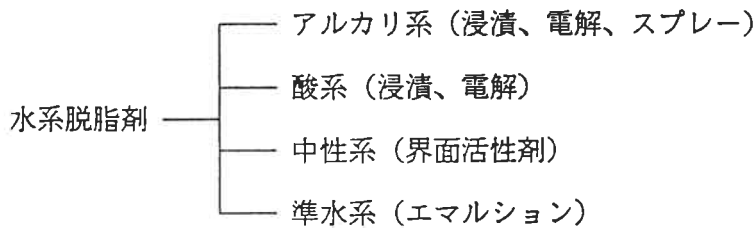
図6-3-1 塩素系有機溶剤代替方法の選定手順

環境汚染及び人の健康に対する影響等の問題を考慮すると、他に方法がない場合以外は、塩素系有機溶剤は積極的に採用しないで、他の洗浄技術を採用すべきである。めっき業では、まず水系脱脂法を優先して考えるべきで、この方法の欠点は排水処理設備が必要になるが、既に排水設備は設置されており、排水処理問題には比較的容易に対応できる。

(2) 水系脱脂剤の種類

水系脱脂剤は表6-3-2のように分類される。

表6-3-2 水系脱脂剤の分類



(3) 脱脂・洗浄工程の組立

めっきでは、脱脂・洗浄に要求される清浄度のレベルは極めて高い。従って、一般的に幾つかの洗浄方法が組み合わされてラインが構成されている。ただし、装置の設置面積、めっき浴種、加工品の汚染度の違いなどによって、その程度が異なってくる。そのためケース・バイ・ケースでラインが設計されていることが多く、その工程は多種類にわたるが、基本的には表6-3-3のような構成で組み立てられている。水系脱脂剤を選択すると、脱脂工程が多段化することは承知しておかねばならない。

表6-3-3 水系脱脂・洗浄工程

工 程	使用脱脂剤の種類・洗浄法
予 備 洗 浄 ↓	アルカリ浸漬洗浄、酸系、エマルジョン系
本 洗 浄 ↓	アルカリ浸漬洗浄
最終（仕上げ）洗浄	電解洗浄

(4) 各種水系脱脂法の概要

各種水系脱脂剤又は脱脂法の概要をまとめると表6-3-4のようになる。

6-4 水系脱脂法各論

(1) 単純アルカリ脱脂法

1) アルカリ脱脂剤の構成

アルカリ脱脂剤は、無機ビルダーといわれるアルカリ剤を主成分として、それに界面活性剤、キレート剤に代表される有機ビルダーが配合されている。アルカリ剤の特徴と問題点を表6-4-1に示す。

表6-4-1 アルカリ脱脂剤のアルカリ剤の特徴と問題点

アルカリ剤	特 徴	問 題 点
苛性ソーダ	天然油脂に対するけん化性が大きい。	濃厚になると石けんが塩折する。 アルカリ濃度が高いので、加工品の材質に注意する必要がある。
炭酸ソーダ	膠状油脂への浸透力が大きい。 硬水の軟化作用がある。	けん化作用は小さい。
オルト珪酸ソーダ	けん化性が大きい。	水洗不十分で酸洗すると珪酸被膜を形成する。
りん酸ソーダ	金属石けんの生成を防止する。 分散、乳化、解膠、懸濁。	非鉄・両性金属の洗浄に適する。 排水時の金属封鎖、りんに注意する必要がある。

2) 汚れの種類と脱脂の難易性

アルカリ脱脂剤は、アルカリ剤によって作用、効果が異なってくるので、油脂等の汚れの種類に適合するビルダーが選択されている。アルカリ脱脂法を採用する場合、最大の問題は排水処理が必要となることである。できれば、既設の排水処理設備がそのまま又は若干の改造程度で利用できることが望ましい。通常、アルカリ脱脂剤は表6-4-1のアルカリ剤が主成分となっており、単純成分であるため脱脂力に欠ける点もあるが、排水処理設備もほとんど手をかける必要がないメリットがある。一方、油の種類と脱脂の難易性の関係は表6-4-2の通りである。

表6-4-2

分 類	油 の 種 類	脱 脂 の 難 易 性
けん化油	動物性油、植物性油	単純アルカリ剤で容易に除去できる。
不けん化油	鉱物性油、グリース(炭化水素油)	アルカリ剤だけでは困難である。

油分がけん化油であれば、単純アルカリ剤で容易に脱脂でき、排水処理設備にもほとんど影響を与えないで処理できる。従って、前加工業者にけん化油を使用してもらうよう相談するのも一法である。

(2) アルカリ脱脂強化法

単純なアルカリ脱脂法で十分な効果が得られない場合には、脱脂力の性能を向上しなければならないが、このためには排水処理上の問題を提起するような薬品を添加しなければならないこともある。この場合でも、排水処理設備の改造が大幅にならないように考慮しながら薬品を選定する必要がある。また、薬品の添加だけでなく、物理的・機械的補助手段を併用することも検討する必要がある。アルカリ脱脂法の強化対策としては次の方法がある。

＜アルカリ脱脂法の強化策＞

- (1) 界面活性剤の選択
- (2) キレート剤の添加
- (3) 機械的脱脂法の採用

1) 界面活性剤の選択

(a) 界面活性剤の作用

界面活性剤とは、一般に分子内に疎水基（親油基）と親水基を有し、その水溶液が界面活性を示す薬剤と定義されている。その分子模型を図6-4-1に示す。

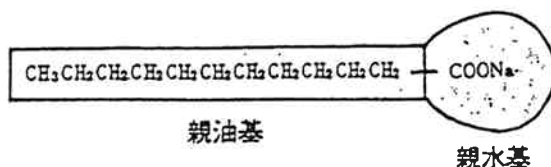


図6-4-1 界面活性剤の分子模型

親水基の部分は、水に対して親和性があるが、油脂類などには親和性がない。一方、疎水基（親油基）の部分はその逆である。脱脂剤に配合された界面活性剤は、疎水基（親油基）が金属表面の油汚れの中に浸透し、最終的に液中に乳化・分散させる作用がある。この界面活性剤の作用をモデル的に示すと図6-4-2のようになる。

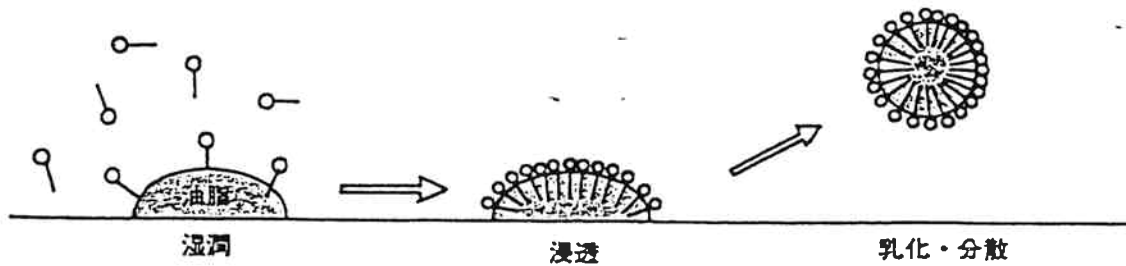


図6-4-2 界面活性剤作用のモデル

(b) 界面活性剤の種類

界面活性剤は、イオン性により表6-4-3のように分類される。

表6-4-3 界面活性剤の種類とその効能

界面活性剤の種類	効 能
アニオン(陽イオン)界面活性剤	水に溶けたときに親水基が(－)となるもので、脱脂剤に最も多く使用されており、洗浄性が良い。
カチオン(陰イオン)界面活性剤	水に溶けたときに親水基が(＋)を示す。脱脂用には使用されない。
両面界面活性剤	添加された浴のpHにより(＋)(－)のどちらにもなる。
ノニオン界面活性剤	水に溶けたときにイオン性を示さない。乳化性が大きい。

脱脂剤は、従来アニオン界面活性剤がよく使用されてきたが、最近ではノニオン界面活性剤の検討が進んで、よい結果が得られている。ただし、界面活性剤は多量に添加すればよいというものではなく、過剰に添加すると障害となることもあるし、排水処理設備で発泡し、沈降槽で汚泥の浮上などの問題が生ずる。

(c) アルカリ脱脂剤の配合例

めっき業では、各種金属を扱うが、薬品によって脱脂される素地金属が腐食されないような配合を用いている。素地金属別のアルカリ脱脂剤の配合例を表6-4-4に示す。

表6-4-4 素地金属別のアルカリ脱脂剤の配合例

素地金属	配 合 剤
鉄 ・ 鋼	① 苛性ソーダ(15)、炭酸ソーダ(15)、界面活性剤 (1～3) ② オルト珪酸ソーダ (30～50)、界面活性剤 (1～3)
銅 / 合金	① 苛性ソーダ(15)、磷酸三ソーダ(20)、界面活性剤 (1～3) ② オルト珪酸ソーダ (30～50)、界面活性剤 (1～3)
亜鉛 / 合金	① 重曹(45)、界面活性剤(1～3) ② 重曹(45)、炭酸ソーダ(15)、界面活性剤(1～3)
アルミニウム / 合金	① 重曹(15)、炭酸ソーダ又は磷酸三ソーダ(15)、界面活性剤(1～3) ② 磷酸三ソーダ(12.5)、メタ珪酸ソーダ(26)、界面活性剤(1～3)

2) キレート剤の添加

キレート剤は、硬水の軟化、防錆油等に対する洗浄性の向上、スマット防止、金属石けん生成の防止などに効果がある。ただし、キレート剤としては有機物が用いられるため、BOD及びCOD成分、また窒素成分を含有するものもあり、金属と錯体を形成するために排水処理上では問題がある。従って、キレート剤の効果を期待しなければならない場合でも、排水処理のことを考えてEDTAのような強力なキレート剤ではなく、キレート力はやや弱くても分解されやすいグルコン酸ソーダや天然に存在する有機酸(クエン酸、酒石酸、リンゴ酸等)を使用すべきである。

めっき液など及びキレート剤薬品のCOD値を表6-4-5に示す。

表6-4-5 めっき液など及びキレート剤薬品のCOD値の例

(単位 ppm)

めっき液 (新液) など		キレート剤薬品(1g/l)		
		理論値	分析値	
アルカリ脱脂液①	2,500	ロッセル塩	304	230
アルカリ脱脂液②	3,800	グルコン酸ソーダ	770	480
電解脱脂液①	11,000	クエン酸	686	470
電解脱脂液②	24,000	EDTA・2Na	817	520
電解脱脂液 (キレートなし) ③	60	ホルマリン	396	190
硫酸銅めっき液	89	亜硫酸ソーダ	127	41
光沢ニッケル液	3,400	次亜りん酸ソーダ	302	320
無電解ニッケルめっき液	14,000	酢酸	1,070	74
無電解銅めっき液	24,000	ギ酸	348	49

3) 物理的・機械的脱脂法の採用

単に脱脂浴中に被洗浄品を浸漬するだけの場合、その作用効果は100%脱脂剤の性能により決まるが、物理的・機械的要素を加えると、相乗効果により洗浄性能は一層向上する。物理的・機械的要素とその効果を表6-4-6に示す。

表6-4-6 物理的・機械的要素とその効果

物理的・機械的要素	作 用
熱	他の洗浄要素の反応の促進 汚れの物性の変化
攪 拌	被洗浄品と新鮮な脱脂液との接触 洗浄面から汚れのはく離 はく離した汚れを脱脂液中に分散
摩 擦	摩擦することによる汚れのはく離
加圧噴射	噴射エネルギーによる汚れのはく離
超音波	通常、28～40kHzで汚れをはく離
バブリング	気体の膨張及び上昇による汚れの除去

代表的な物理的・機械的脱脂法について説明する。

① 加熱

分子活動を活発化して反応速度を向上する。通常40～60℃で脱脂し、油脂を軟化させアルカリや界面活性剤の作用を促進する。ただし、ノニオン界面活性剤が配合されていると曇点(液が濁ること)がある。

脱脂剤の濃度及び温度と脱脂率の関係を図6-4-3に示す。

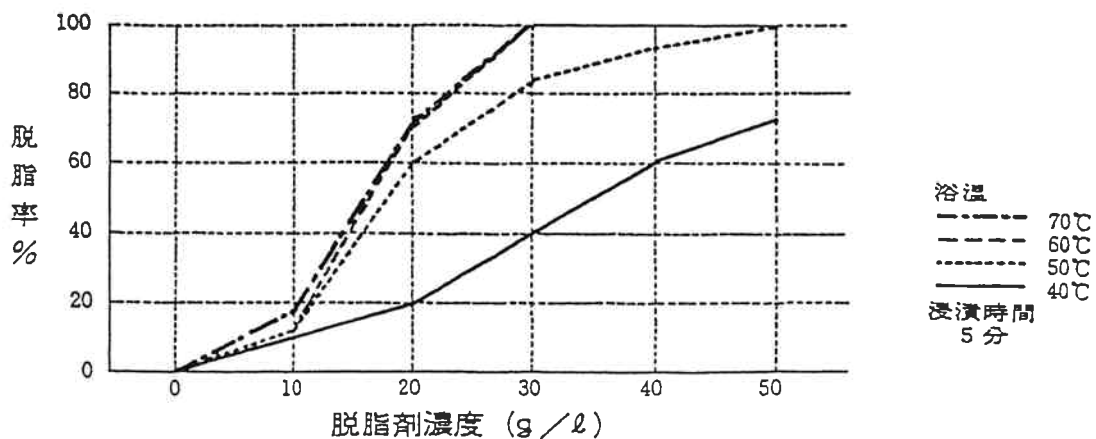


図6-4-3 脱脂剤の濃度及び温度と脱脂率の関係

② 攪拌

新鮮な脱脂剤を汚れの付着した金属表面に速やかに供給して、汚れをはがしとり、表面から汚れを速やかに除去する。

③ 超音波

洗浄槽内に超音波振動子を設置し、20～1,000kHzの超音波を照射し、そのキャビテーション効果により汚れを脱落させる。超音波の効率を低下させないために、次の注意が必要である。

- ・ 脱脂剤は、常時ろ過して音波の伝達を阻害する浮遊粒子を少なくすること。
- ・ 治具を検討して、被洗浄品の位置を工夫して、超音波が均一に照射されるようにすること。
- ・ 超音波の到達距離内に被洗浄品を置くこと。

④ 超振動

洗浄槽内に特殊バイブレーターと振動板を設置し、これに15～40kHzの超振動を与え、液の振動と乱流攪拌を同時に発生させる。界面活性剤を含有する脱脂剤でも激しく発泡することがない。

⑤ その他

被洗浄品を何らかの方法で揺動、又は液を流動させると、静置の場合に比して約3倍の洗浄効果を生じるといわれている。特に複雑な形状の被洗浄品は、この方法が有効である。

(3) 電解脱脂法

被洗浄品をアルカリ脱脂浴中に浸漬して陽極又は陰極として直流電解する方法である。この方法は、アルカリ剤とキレート剤による洗浄効果及び汚れと素材金属の境界部分から発生するガスにより汚れをはく離脱落させる効果を併せもつ。この場合、泡中に酸素及び水素ガスを取り込み、スパークにより爆発事故の発生の危険性があるため、原則として界面活性剤は配合しない。

電解洗浄は、迅速で、かつ脱脂効果が大きいため、最終洗浄工程で採用される場合が多いが、初段電解(予備洗浄)などにも多用されてよい方法である。この場合には、少量の低気泡性界面活性剤を添加し、アルカリ濃度は高い方がよい。

1) 直流電解法

陽極電解と陰極電解があり、その比較を表6-4-7に示す。陽極用脱脂剤は陰極用にも使用できるが、陰極用脱脂剤は大抵の場合兼用できない。酸洗後、水洗不十分で陽極電解すると赤さびが発生する。

表6-4-7 陽極電解と陰極電解の比較

	陽極電解	陰極電解
洗浄効果	酸化	還元
ガス発生量	酸素(1容)	水素(2容)
脱スマット性	良	劣
汚れ再析出	なし	あり
酸化被膜	あり	なし
管理範囲	狭い	広い

2) P R 電解

P R (Periodic Reversal)電解法は、洗浄に際して、陽極と陰極を数秒～数十秒間隔で交互に切り替える方法である。陰極での汚れの再付着防止のため電解終了時には陽極になるようにする。この方法は、シアン化ナトリウムやキレート剤を配合した処理剤を使用すると軽度のさびやスマットが除去できるので効果的である。特に前者の効果は大きいので、シアン・鉄錯塩の排水対策が完全な工場では検討に値すると思われる。

3) 高速電流反転法

この方法は、特殊電源を用いて1秒間に数十回の高速で極性を切り替えることにより、酸化と還元を繰り返す方法である。基本的には、陰極電解方式であるが、パルス的に陽極電解を挿入する形となる。直流法に比べて発生するガスの気泡が微細化されるため汚れのはく離効果が大きく、ミストの発生も少ないといわれている。

(4) エマルション脱脂法

エマルション脱脂法は、脱脂工程中、予備脱脂として迅速かつ効果的な方法である。金属表面に付着する多量の油性汚れを除去して次の工程のアルカリ脱脂又は電解脱脂を完全にする働きがあり、次のようなタイプがある。ただし、エマルション液がめっき液に混入するとめっき液が駄目になるので、前処理洗浄としてのみ使用すべきである。

1) 乳化性溶剤型エマルション

高沸点炭化水素系溶剤、例えばケロシンと界面活性剤を配合したものを脱脂剤として、漬浸後スプレーなどで強く水洗し、このときエマルションを形成する。最近では、シリコン系の溶剤が開発されている。また、ノニオン界面活性剤を主体とした弱アルカリ水系エマルション脱脂剤も市販され実績を上げている。乳化性溶剤型エマルション脱脂剤の使用例を図6-4-4に示す。

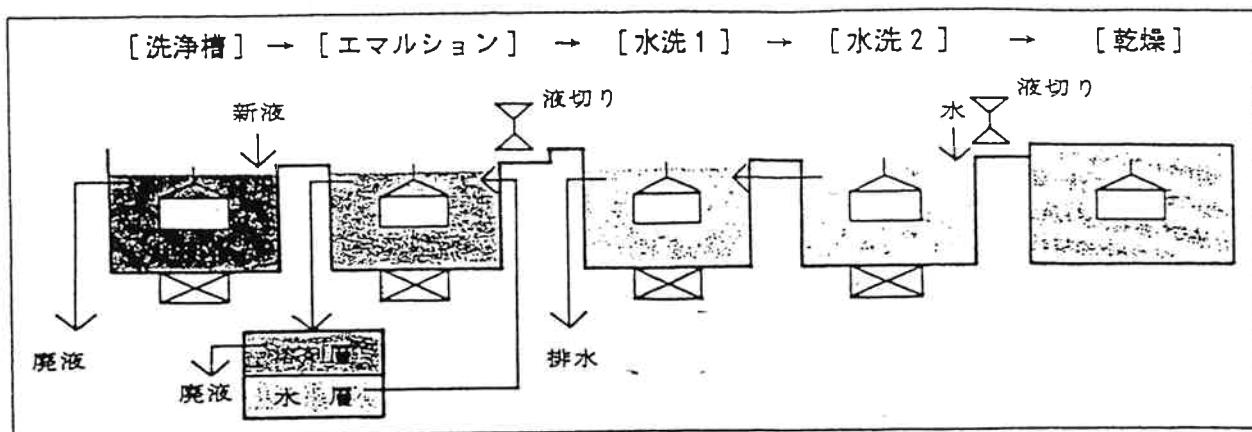


図6-4-4 乳化性溶剤型エマルジョン脱脂剤の使用例

2) 溶剤乳化型エマルジョン

ケロシンなどの溶剤中に界面活性剤を加えたものを原液として、これに適量の水を加えエマルジョンにして使用する。

洗浄機構としては、付着した油脂類は溶剤と界面活性剤で、水溶性の汚れは水で除去される。重質油や特に多量に付着している油脂に効果的で、液の寿命も長く、動植物油、無機性油を問わず使用できる。アルカリ剤などを添加しない場合、腐食性がないので、非鉄金属、両性金属用として使用できる。一般的には、溶剤乳化型の方が使い勝手がよいと思われる。ただし、完全洗浄は望めないで、予備洗浄として用いられる。浴の老化が進むと粘度が高くなるので、水洗がしにくくなる。また、安定なエマルジョンなので排水処理に注意する。溶剤乳化型エマルジョン脱脂剤の使用例を図6-4-5に示す。

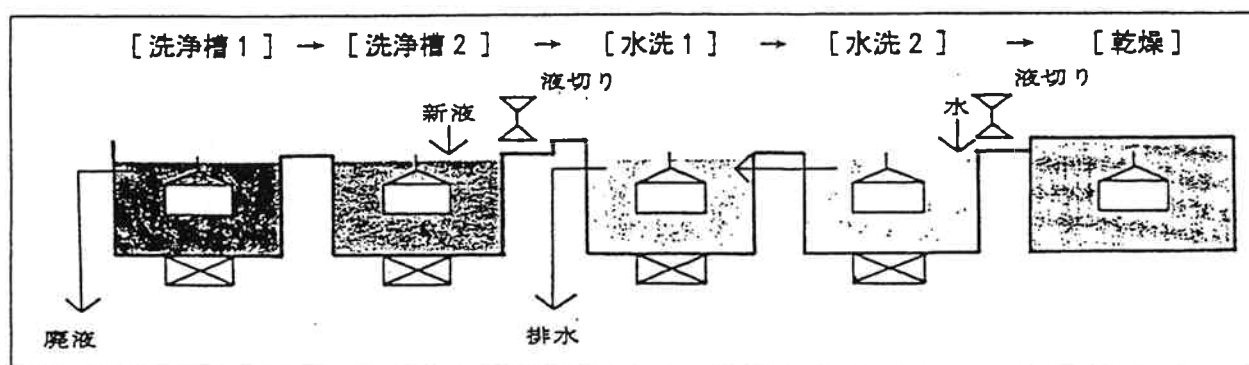


図6-4-5 溶剤乳化型エマルジョン脱脂剤の使用例

(5) その他の有機溶剤による脱脂法

水系脱脂剤で効果的な脱脂ができない場合には、表6-3-1に示す水系以外の脱脂剤を検討しなければならない。

1) 炭化水素系溶剤

消防法の少量危険物保管の制限範囲内で、比較的引火点の高い灯油、軽油、流動パラフィンなどが、専用に開発された洗浄剤を添加して使用されるケースが現れている。回収が難しく、廃油は燃料として処分される。機械工場以外に大規模な炭化水素系洗浄装置は例が見られない。

2) 天然油脂系溶剤

柑橘類から抽出したテレピン系溶剤は、価格の面が発展を阻害している。界面活性剤を添加した洗浄水を噴射洗浄する方法が提案されている。これを水系の脱脂剤に加えて、エマルションとして脱脂効果を強化する方法も採られている。BOD・CODの対策に慎重な検討が望まれる。

3) アルコール系溶剤

仕上げ乾燥用CFC-113の代替に、メタノール、イソプロピルアルコール（IPA）が用いられるが、十分な防爆対策を備えた装置内で使用する必要がある。

6-5 脱脂ライン設備の改善

脱脂法が決まったら、脱脂ラインの設備を見直して合理化することが重要である。既設の脱脂ラインをできるだけ活用し、塩素系有機溶剤を代替する水系脱脂設備は、少なくとも次の要点を基本として考えなければならない。

<脱脂ライン設備の改善>

- (1) 多段バッチ脱脂
- (2) オーバーフローとろ過循環
- (3) 油水分離
- (4) シャワーナイフとエアナイフ

(1) 多段バッチ脱脂

脱脂効果の向上と脱脂液の寿命の長命化、廃液処理の総てに多段バッチの採用を考えるべきである。

(2) オーバーフローとろ過循環

長時間使用すると脱脂液の表面に油脂とSS分が浮き、被洗浄品に再付着するようになっては逆効果である。この逆汚染を避けるために、また界面活性剤による泡の爆発対策のためにも、脱脂液のオーバーフロー循環が基本で、循環液は油水分離後ろ過する（図6-5-1参照）。

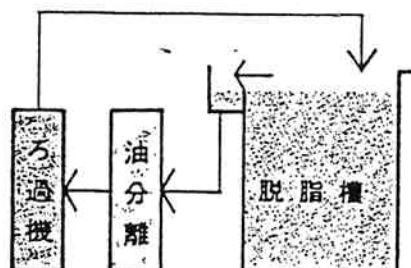


図6-5-1 脱脂液のオーバーフローと油水分離ろ過循環

(3) 油水分離

脱脂槽で除去した油分を槽から分離することによって、脱脂液の長命化、排水処理設備への負荷低減ができる。油水分離しやすい条件を表6-5-1に示す。

表6-5-1 油水分離の条件

油の種類	けん化、乳化しやすい油脂では不利である。マシン油など鉱物油系は分離して浮上しやすい。
状態	鉱物油系の乳化は、一般的に不安定なので静止状態にしておくと浮上しやすい。
温度	一般に高温での乳化は不安定で、特に曇点以上では分離しやすい。一方、アニオン系界面活性剤を主成分とするものは低温静置が良い。

限外ろ過（UF）膜を用いて混入油脂を系外に除去する脱脂浴再生管理システムを図6-5-2に示す。脱脂剤成分と除去油との関連がマッチングすると、極めて長時間使用でき、ノルマルヘキサン抽出物質、COD、BOD、りん、窒素除去などの排水問題を含めて解決できるが、多額の設備費を要するのが欠点である。

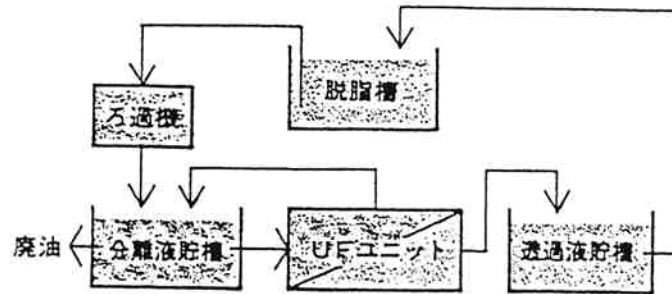


図6-5-2 限外ろ過による脱脂浴再生管理システムの例

(4) シャワーナイフとエアナイフ

排水処理設備への負荷を軽減し、水洗用の水量を削減するために、脱脂液から引き出したとき、脱脂槽上でシャワー、水洗後に水洗槽上でエアによる液切りが効果を発揮する。

6-6 清浄度（脱脂効果）の評価

脱脂洗浄法を検討する際、洗浄度合い（清浄度）の評価が必要である。簡単のように思えるが意外と難しいのが清浄度を評価する方法で、次のような種々な方法が提案されている。

- ・ 拭き取り試験
- ・ スプレーパターン
- ・ 蛍光染料
- ・ さび発生試験
- ・ 電気めっき
- ・ 重量測定
- ・ アイソトープ
- ・ 水濡れ試験（水はじき）
- ・ アトマイザー
- ・ 接触角測定
- ・ 銅置換
- ・ 赤インク
- ・ 紫外分光光度

清浄度の評価には目視などによる官能検査方法が比較的多く用いられる。この場合、同じ条件下で検査しても評価者によりその結果が異なってくることが多い。また、高度な機器を使用して結果を数値で得る方法もあるが、現場との間で噛み合わないこともあり問題がある。結果が数値そのままズバリ得られないのが難点であるが、水濡れ試験（水はじき法）が簡単で比較的信頼性がある。なお、水濡れ性を基本とした試験方法の場合は、アルカリ剤や界面活性剤の残留被膜により見掛上の濡れが生じて判断を誤ることがあるから、あらかじめ清浄な希塩酸で洗浄してから水洗後に清浄度を評価する必要がある。

6-7 後処理洗浄乾燥

後処理洗浄乾燥には、従来CFC-113が使われていたが、1,1,1-トリクロロエタンと同様に1995年末で生産が全廃された。

めっき後の洗浄は、水溶性の薬剤の除去であるから、純水で十分に洗浄して機械的に脱水し、清浄な熱風で乾燥するか、低温で機械的に脱水し減圧して乾燥できればそれが一番よい。それでも有機溶剤に頼らざるを得ない工場は、当面、環境対策に設備の改造を行なった上でジクロロメタンを使用するか、又は完全な防火対策をとった上でアルコール系溶剤を使用せざるを得ない。しかし、環境及び設備投資を考慮すると、純水洗浄に徹し、水切り乾燥の合理化に投資すべきと考える。

標準仕上げ水洗工程は次の通りである（図6-7-1 参照）。

1. 多段水洗とスプレー又はシャワー

3段又は4段水洗で槽上スプレーとする。

2. 水洗槽の攪拌又は超音波水洗

水洗槽はエア攪拌、望ましくは超音波装置を設置する。

3. 表面の活性化

めっき後に脱脂剤又は酸、アルカリ等の処理が有効な場合がある。

4. 表面の不活性化

水洗後、クロメート処理などの不活性化処理が必要な場合もある。

5. 水切り

熱水洗後、撥水性界面活性剤の利用、遠心脱水などにより水切りする。

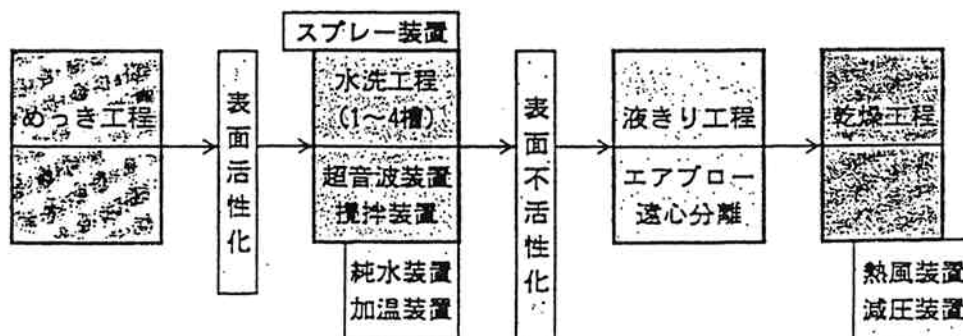


図6-7-1 標準仕上げ水洗フロー

6-8 代替脱脂技術に伴う排水処理対策

1, 1, 1-トリクロロエタンの代替としてアルカリ脱脂などの水系脱脂剤を採用した場合、排水処理を考慮しなければならない。この場合、既設の排水処理設備を利用し、大幅な設備変更又は新規設備の導入がないよう検討を必要とする。排水の成分、量、処理の難易性によっては、別途委託処理とか特別処理を行なう方が得策な場合もある。図6-8-1にめっき工場の標準排水処理フローと脱脂剤の変更に伴う設備の検討すべき箇所を示す。

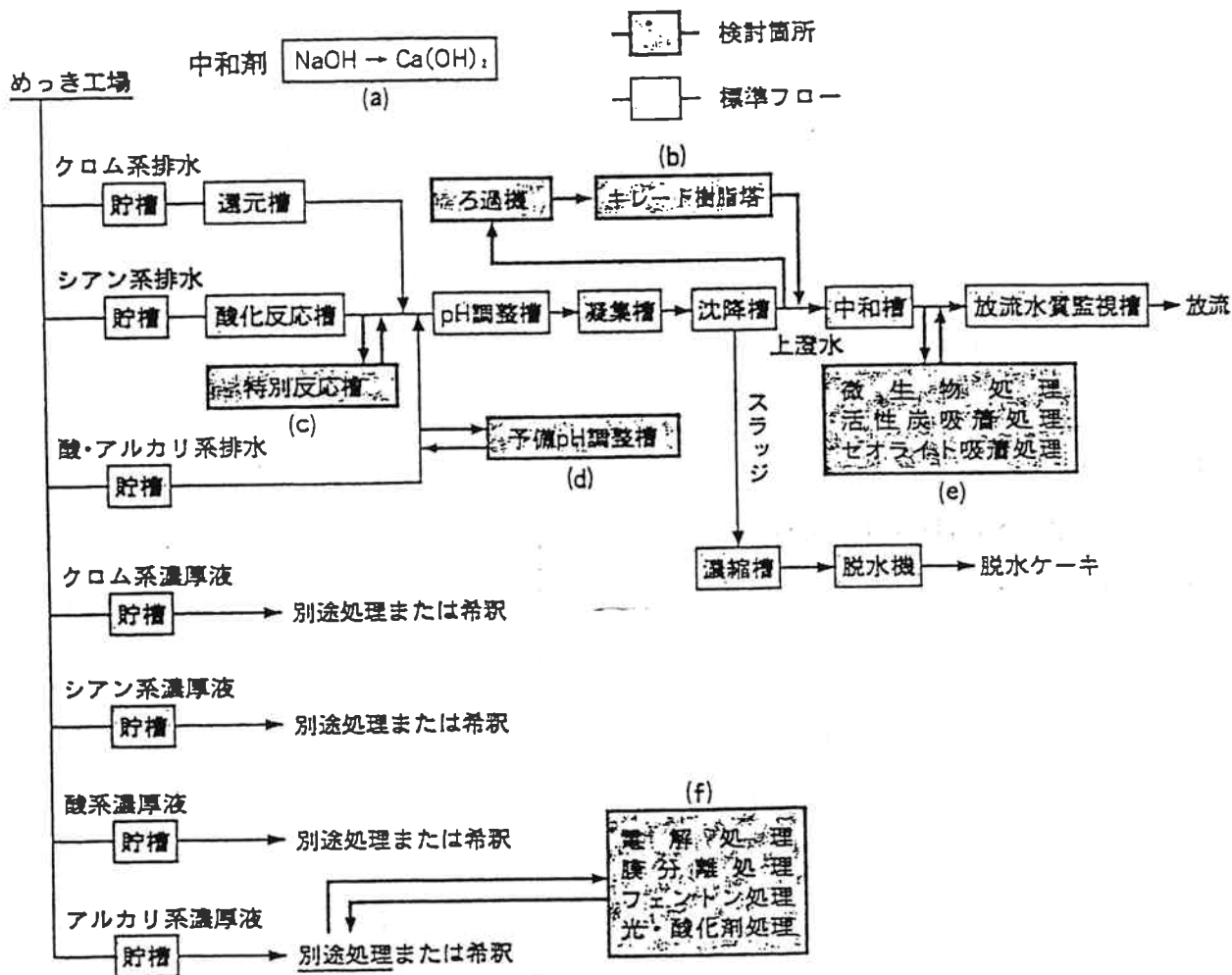


図6-8-1 めっき工場の標準排水処理フローと脱脂剤変更に伴う設備検討箇所

(1) 排水中の成分による排水処理の考え方

1) 油分（ノルマルヘキサン抽出物質）

通常、10 ppm以下の油分であれば、めっき工場の標準的排水処理設備の中和工程において、金属水酸化物の発生時に水酸化物に吸着されてスラッジとして除去される。しかし、油分が多くな

るとスラッジの脱水性が悪くなるので、量的に過剰にならないように注意しなければならない。

既設の排水処理設備にできるだけ負荷がかからないよう、既に述べたように工程内での油分の捕捉に格段の努力をすべきである。油分の分離装置として油水分離フィルターとか電気油水分離器などが実用化されている。

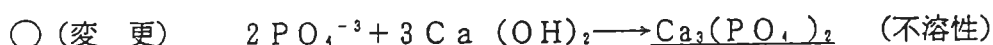
なお、排水処理設備に散逸した油分は、合成樹脂繊維製の油分吸着マット又は吸着帯の循環捕捉により回収することが一般的であり、また浮上油には石灰粉の散布などが有効である。

2) 生物化学的酸素要求量 (BOD) 及び化学的酸素要求量 (COD)

アルカリ脱脂剤、特にエマルジョン脱脂剤を用いる場合、BOD及びCOD成分が問題となる。BOD及びCODの成分は有機物がほとんどで、排水基準で規制されるBOD及びCODとしてだけでなく、多くは金属とキレートを形成して最終放流水中に金属が流出することになるので注意が必要である。めっきの標準的排水処理装置では、BOD及びCOD処理のための設備が設置されていないから、極力BOD及びCOD成分が少なくて脱脂効果の高い脱脂剤を使用すべきであるが、どうしても増加する場合には処理方法 (6-8(2)参照) を考えねばならない。

3) りん・窒素

アルカリ脱脂剤にはりんも重要成分として混入されているが、りんはめっき排水処理設備で容易に処理することができる。ただし、中和剤として苛性ソーダを使用している場合には、水酸化カルシウムに変更しなければならない (図6-8-1 の(a))。これは次の反応式に示すように、可溶性のりん酸ナトリウムから不溶性のりん酸カルシウムにするためである。



さらに含有するりに相当するカルシウムが入るよう、酸・アルカリ系排水貯槽後に(d)の予備pH調整槽を設け、酸を添加できるようにしておく (図6-8-2 参照)。

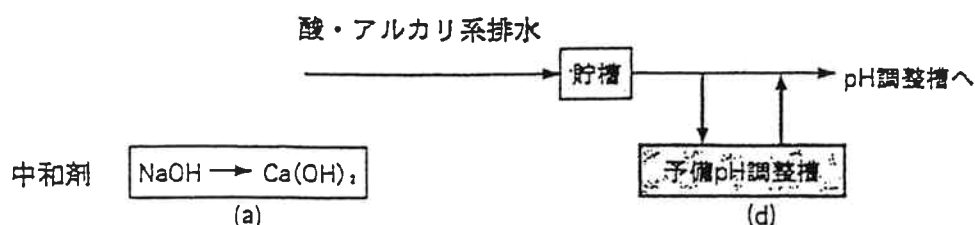


図6-8-2 酸・アルカリ系排水のpH調整

窒素は、有機性窒素、アンモニア、亜硝酸、硝酸が問題になる。標準的めっき排水処理設備には脱窒装置は設備されないので注意が必要である。アルカリ脱脂剤には、必ずしも絶対的に必要な成分ではないので、これらの成分が混入していない脱脂剤を選定すべきである。

4) 金属錯体

(a) 鉄シアン錯体

P R 電解脱脂浴にシアン化ソーダを用いた場合は、排水としての区分は当然ながらシアン系となる。脱脂液中に鉄シアンが発生する場合、COD及びBODが高くなる場合を考え、シアン分解後に(c)の特別反応槽を設けて対応する（鉄シアンには不溶性フェロシアン化金属となるよう、COD及びBODにはカルシウムが入るように改造する。)(図6-8-3 参照)。

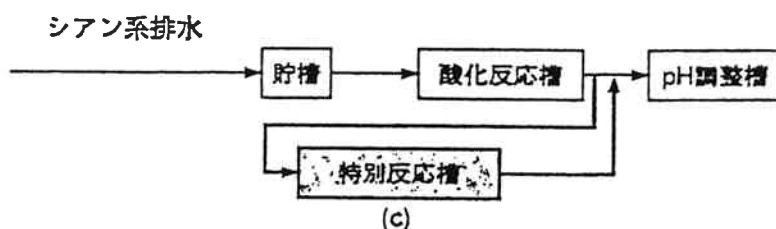


図6-8-3 シアン系排水の処理

(b) キレート金属

弱いキレート剤でも、その量が一定以上になれば錯体を形成して、中和しても金属水酸化物を生じない場合がある。対応策としては、沈降槽上澄水を対象にキレート樹脂塔(b)を設け、金属を選択的に除去する(図6-8-4 参照)。

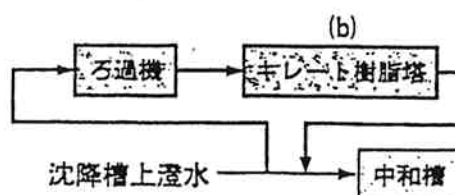


図6-8-4 キレート樹脂による金属の選択的除去

(2) 生物的化学酸素要求量（BOD）及び化学的酸素要求量（COD）の排水処理方法

1) 通常の化学処理

図6-8-1のめっき工場の標準的排水処理フローでも、BOD及びCODは重金属水酸化物への吸着や、石灰との反応による難溶性化により、BOD及びCOD値をかなり低下させることができる。例えば、200mg/lなら半減することが出来るが、50mg/l以下の場合には、なかなか簡単には下がらない。さらに低くする必要性のある場合には、標準的排水処理にさらに活性炭吸着、ゼオライト吸着、又は微生物分解などによって処理する。

なお、標準的排水処理設備で吸着、難溶性化による効果を上げるための注意点は次の通りである。

- ・ 排水は確実に分別する。
- ・ アルカリ塩素法の一段反応は、pHを確実に10以上にし、十分に時間をかける。
- ・ 還元反応は、確実にpH3以下で時間をかけ、還元剤の過剰注入を避ける。
- ・ 還元剤、亜酸化物を含む場合は、十分にばっ気をする。
- ・ キレート剤を固定する場合には、低いpHで鉄キレートとし、アルカリ側でカルシウムキレートとする。

2) 電解酸化処理

原液のBOD及びCOD値が 5,000ppm以上の場合には有効な場合もある。陽極は、過酸化鉛、カーボン（グラファイト）、フェライトなどがあるが、カーボンが無難である。陰極は、ステンレスか鉄板で電圧は4～8Vが推奨される。一昼夜くらい連続処理して、三桁以内の濃度になったら、効率が悪くなるので、通常の処理系に移す。

3) フェントン処理

過酸化水素と第一鉄塩の混合液はフェントン試薬と呼ばれ、強力な酸化剤として分解困難な有機物、すなわちBOD及びCODの酸化分解処理に用いられる。フェントン処理法の概念を図6-8-5に示す。

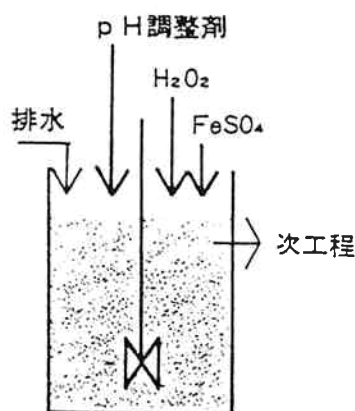


図6-8-5 フェントン処理法の概念

4) 活性炭吸着処理

有機物の濃度があまり高くないときに利用されるが、経費が高いため最終放流前の安全と緊急時の対策に備えて設置する。

一般に酸性側の吸着能力が大きいとされているが、吸着されやすいものとそうでないものがあるので、個々に実際の排水で十分な検討をした上で設置する。飽和した活性炭は、通常、業者委託して再生する。

5) 光・酸化剤処理

有機物は、紫外線を吸収すると結合部が励起され、同時に塩素、過酸化水素、オゾンなどの酸化剤が存在すると、その結合部が切断され、その結果BOD及びCODの処理が出来る。紫外線ランプの入った反応器に酸化剤と排水を入れて酸化分解する。ただし、コストが高くなるので処理の非常に困難な場合に用いられる。

6) 微生物処理

微生物処理は、ランニングコストは安い、広い設備の設置面積が必要で、めっき排水中には微生物が嫌う重金属が多いため、めっき排水処理設備としては従来から馴染みが薄かった。しかし、最近比較的規模の大きいめっき工場では、積極的に導入が図られている。

微生物処理法には、活性汚泥法、固定床法（接触ばっ気法）、回転円盤法、散水ろ床法などの方法があるが、めっき工場からの排水濃度は、BOD及びCOD成分が入ったとしても100ppm前後と低いため、接触ばっ気法が推奨される。通常の化学処理を施した後の処理水が対象となるが、いずれにしても微生物による処理であるから、次の点に注意する必要がある。

- ・ 排水中の重金属は、できるだけ沈降分離されていること。

- ・ 無機塩類は、1%以下であること。
- ・ ある程度の栄養分が存在すること。

接触ばっ気方式の概念を図6-8-6に、ばっ気方式に用いる接触材の形状を図6-8-7に示す。また、実際にめっき工場の最終排水を生物処理したときのCOD及びBODの変化を図6-8-8に示す。

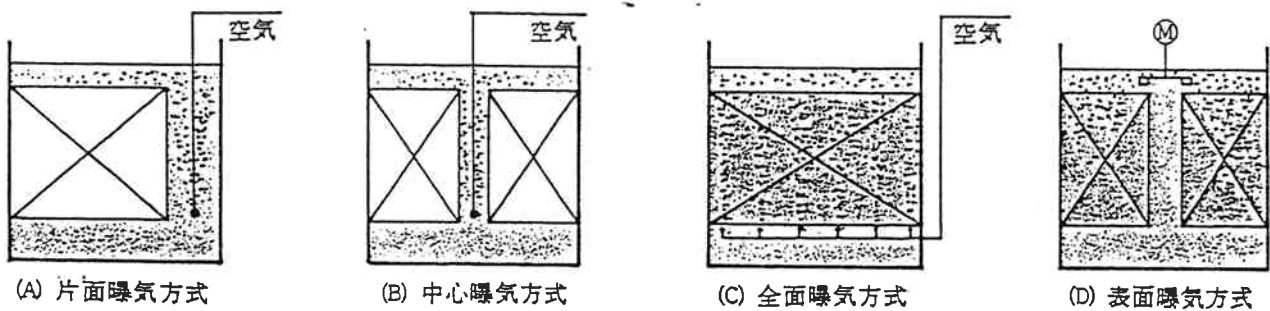


図6-8-6 接触ばっ気方式の概念

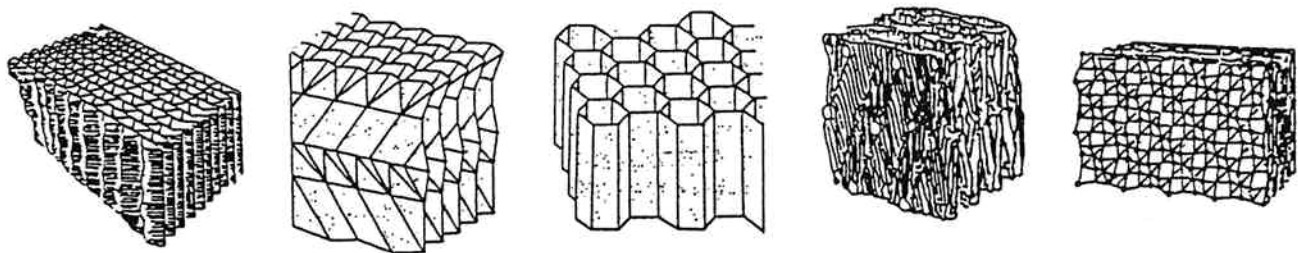


図6-8-7 接触材の形状

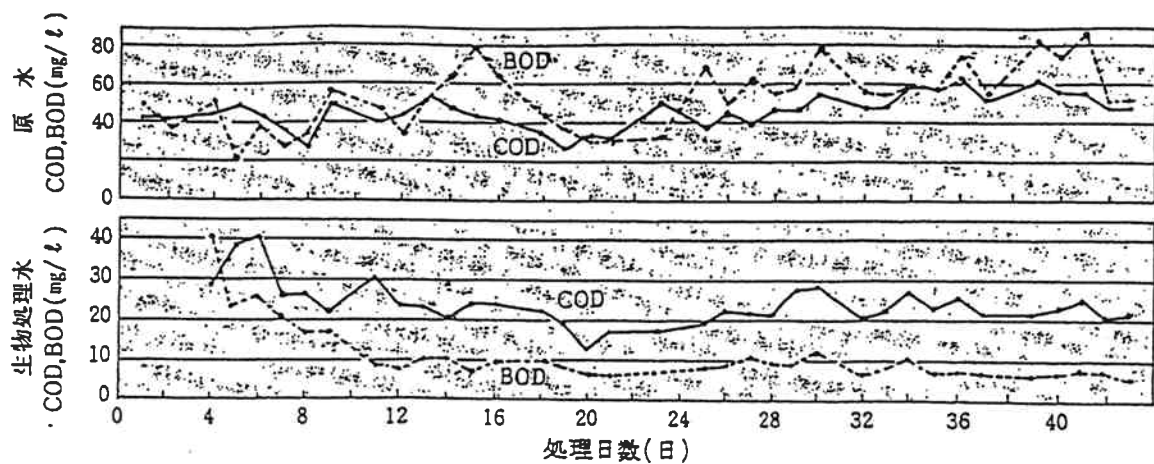


図6-8-8 めっき排水の生物処理によるCOD及びBODの変化

〈参考文献〉

- (1) 通商産業省基礎産業局化学品安全課・環境立地局環境指導課監修、クロロカーボン衛生協会編集、トリクロロエチレン又はテトラクロロエチレンの適正使用マニュアルー「トリクロロエチレン又はクリーニング営業者以外の事業者に係るテトラクロロエチレンの環境汚染防止措置に関する技術上の指針」への具体的対策ー〔改訂版〕、(財)通商産業調査会(1994)
- (2) クロロカーボン衛生協会編、クロロカーボン適正使用ハンドブック、クロロカーボン衛生協会(1996)
- (3) 間宮富士雄、表面清浄技術、槇書店(1993)
- (4) 工業洗浄技術ハンドブックーCFC-113・1, 1, 1-トリクロロエタン全廃対策ー、(株)リアライズ社(1994)
- (5) 最新洗浄技術総覧編集委員会編、最新洗浄技術総覧、(株)産業技術サービスセンター(1996)
- (6) オゾン層保護対策産業協議会編、オゾン層破壊物質使用削減マニュアル (第3版)、オゾン層保護対策産業協議会(1993)
- (7) オゾン層保護対策産業協議会編、1, 1, 1-トリクロロエタン代替技術集、オゾン層保護対策産業協議会(1994)
- (8) 中小企業事業団編、脱エタンのための現場用手引書、〔第1部 代替技術編(1994)、第5部 めっき加工編(1994)、第11部 環境安全管理編(1996)〕、中小企業事業団
- (9) 中小企業事業団編、脱エタン現場指導マニュアル、中小企業事業団(1995)
- (10) 中小企業事業団編、中小企業環境対応促進指導事業 特定フロン・エタンからの代替に関する技術データ集、中小企業事業団(1996)
- (11) 中小企業事業団編、中小企業環境対応促進指導事業 特定フロン・エタンからの代替に関する企業事例集、中小企業事業団(1996)
- (12) 中小企業事業団編、中小企業環境対応促進指導事業 特定フロン・エタンからの代替に関する指導事例集、中小企業事業団(1997)
- (13) 中小企業事業団編、中小企業環境対応促進指導事業 塩素系有機溶剤を用いた洗浄設備・装置に関する技術データ集、中小企業事業団(1997)
- (14) 中小企業事業団編、中小企業環境対応促進指導事業 金属洗浄における塩素系有機溶剤の自主管理達成マニュアルー大気汚染防止法の一部改正に基づいてー、中小企業事業団(1998)
- (15) 中小企業事業団編、化学物質安全対策情報提供・指導事業 化学物質安全対策配布用マニュアル(平成9年度版)〔第3部塩素系有機溶剤の適正使用・管理〕、中小企業事業団(1998)

98)

- (16) オゾン層破壊物質全廃対応技術の調査、産業基盤整備基金発行、（実施）オゾン層保護対策産業協議会(1997)
- (17) 洗浄工程における洗浄性能評価技術調査、産業基盤整備基金発行、（実施）日本産業洗浄協議会(1997)
- (18) 日本産業洗浄協議会洗浄剤部会編、工業用洗浄剤リスト、日本産業洗浄協議会(1997)
- (19) 日本産業洗浄協議会洗浄装置・周辺装置部会編、工業用洗浄装置・周辺装置ガイドブック、日本産業洗浄協議会(1997)
- (20) 電気めっき業種構造改善事業関連事業者編集、構造改善事業・人材養成テキストめっき加工における脱塩素系溶剤の手引き、全国鍍金工業組合連合会(1987)

6-9 塩素系有機溶剤の継続使用に伴う対策

前述した様に代替脱脂剤への移行が望ましいが、諸条件により塩素系有機溶剤を継続して使用せざるを得ない場合には十分な対策が必要である。

トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレン（トリクロロエチレン等）は、化審法の第2種特定化学物質に指定されており、洗浄分野における使用にあたっては、環境汚染を防止するために、「トリクロロエチレン又はクリーニング営業者以外の事業者に係るテトラクロロエチレンの環境汚染防止措置に関する技術上の指針」を遵守しなければならない。なお、ジクロロメタン（塩化メチレン）は、化審法による規制を受けないが、環境汚染を防止するためには、この技術上の指針に準じて取り扱う必要がある。

以下、環境汚染防止措置に関する技術上の指針、関係法令によって取扱事業者が環境汚染防止のために遵守すべき事項（排出ガス及び排水の処理並びに地下水の水質の浄化）、及び塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物の処理の概要について述べる。

6-9-1 環境汚染防止措置に関する技術上の指針

(1) 取り扱う施設・場所について

1) 共通事項

床面は、塩素系有機溶剤の地下浸透を適切に防止できるコンクリート等の材質とする。ひび割れ等が心配される場合には、塩素系有機溶剤に耐性をもつ合成樹脂による床面の被覆、容器等の下へのステンレス鋼の受け皿の設置等浸透防止措置をとる。

必要な場合には、防液堤、側溝又はためますを設置する等塩素系有機溶剤の流出を防止する措置をとる。また、塩素系有機溶剤と水を適切に分離する分離槽を設置する。

2) 貯蔵施設

ドラム缶等の容器で貯蔵する場合は、直射日光による温度上昇及び雨水による容器の腐食を防止する。貯蔵場所は、屋内の冷暗所とすることが望ましいが、やむを得ず屋外とする場合には、屋根をつける、容器にカバーをかける等の措置を講じる。

ジクロロメタンは、夏期に直射日光による温度上昇を防ぐため、断熱材を使用した貯蔵タンク、冷却設備を取り付けた貯蔵タンク、又は密閉貯蔵タンクを使用する等の措置を講ずる必要がある。

3) 作業施設・場所

原則として塩素系有機溶剤の蒸気の発散源を密閉できる構造とするか、又は局所排気装置を設置し、局所排気装置からの排出ガスは活性炭吸着等により塩素系有機溶剤をできる限り回収して再利用する。

洗浄装置のフリーボード比は、できる限り大きくする。通常、フリーボード比は、トリクロロエチレン等を用いる蒸気洗浄槽では0.5以上、常温浸せき洗浄槽では0.7以上、ジクロロメタンを用いる蒸気洗浄槽では1.0以上が望ましい。

(2) 点検管理について

貯蔵施設・場所及び貯蔵容器、作業施設並びに作業場所の点検管理要領を策定し、点検項目、頻度、基準等を定め、点検表により日常点検及び定期点検を行う。点検の結果、異常が認められた場合は、速やかに補修その他の措置を講ずる。

蒸気洗浄用塩素系有機溶剤は、通常の使用条件のもとで長期間安定性を維持できるよう安定化されているが、洗浄中に溶剤の安定性が徐々に低下することがある。従って、蒸気洗浄槽内の溶剤の安定性(pH、酸分又は酸受容度)及び汚染度(油分の含有量)(沸点又は比重)を定期的に測定し、管理基準に適合するように適切な管理のもとで使用する必要がある。

(3) 取扱作業について

移替え及び使用については、作業要領を策定し、作業中にはこれを遵守させる。

移替作業は、手動又は自動ポンプを使用して塩素系有機溶剤を飛散又は流出させないように行い、液面の高さに注意して、あふれることのないようにする。万一、誤って漏出させた場合に備え、移替作業にあたっては受け皿等を用意する。

洗浄作業時の注意事項としては、使用装置については、始業点検を行うとともに、作業中にも随時点検を行う。作業終了後は、使用装置をふたで密閉する等塩素系有機溶剤の蒸発を防止する。また、洗浄作業においては、特に次の点に留意する。

- ・ 蒸気洗浄装置の冷却水の入口温度、被洗浄物の搬送速度を適正に保つこと。
- ・ スプレー又はシャワー洗浄作業は、原則として洗浄装置の蒸気層内で行うこと。
- ・ 線及び板等の長尺ものを連続的に洗浄する装置においては、できるだけ密閉方式で作業を行うこと。
- ・ 洗浄後の被洗浄物には塩素系有機溶剤が残留しないようにすること。
- ・ 排出ガスは活性炭吸着等により塩素系有機溶剤をできる限り回収して再利用すること。
- ・ ジクロロメタンを用いる洗浄装置には、被洗浄物の表面の結露防止対策（被洗浄物に付着した溶剤の液切り、乾燥）を講じること。結露以外の原因によるしみ、斑点等は、溶剤

の汚れ、安定性の低下（劣化）及び微細な切削屑等の混入が原因である場合があるので、
溶剤の沸点、比重、pH等を適正に管理し、溶剤を清浄に保つこと。

(4) 使用済みの塩素系有機溶剤の再生利用及び回収再利用について

使用済みの塩素系有機溶剤を含む廃液等は、蒸留によりできる限り速やかに再生処理する。
廃液等は、分別してドラム缶等の密閉できる容器に入れて適切に貯蔵し、溶剤が漏出・飛散しないように注意して取り扱う。

蒸留装置は、本体、配管の継ぎ目等について始業点検を行う。作業中も随時点検を行う。
蒸留は、次のことに留意しつつ、できる限り効率よく行う。

蒸発した塩素系有機溶剤及び水と混合した塩素系有機溶剤は、その濃度及び量に応じて適切な構造及び処理能力を有する活性炭吸着装置、水分離器等によりできる限り回収し再利用する。
なお、次のことに留意する。

- ・ 活性炭吸着装置は、活性炭の吸着効果を適正に保持するために、活性炭が飽和状態になる前に、適切な間隔で再生を行うこと。

(5) 施設の構造等の改善措置について

排出ガス及び排水は、含まれる塩素系有機溶剤の濃度を把握し、異常が見出された場合には、塩素系有機溶剤を取り扱う施設の構造、施設の点検管理、取扱作業及び再生・回収作業について見直しを行い、その原因を究明し、必要に応じて改善する。

(6) 漏出処理について

次の内容を踏まえた漏出処理要領を策定し、応急措置、事故処理方法をあらかじめ作業者に周知しておく。漏出を認めたときは、漏出処理要領に従って塩素系有機溶剤の蒸気にさらされないように注意し、適切な呼吸用保護具を着用して処理する。

- ・ 発見者は、漏出を責任者に通報するとともに、通報を受けた責任者は、装置を停止させる等必要な応急措置を速やかに指示すること。
- ・ 漏出箇所からの漏れを止めるか、又はその施設内の内容物を他の容器に移し替えること。
- ・ 漏出物は、ポンプ等により回収を行い、また、ポンプ等により回収できなかったものについては、活性炭等による吸着、乾燥した砂等による吸収又はウエス、紙タオル等によるふき取りを行うこと。
- ・ 使用したウエス等は、特別管理産業廃棄物として適切に処理すること。

6-9-2 塩素系有機溶剤の排水及び排出ガスの処理について

(1) 排水の処理及び管理

1) 関係法令

排水の処理及び管理に当たっては、水質汚濁防止法、下水道法、特定工場における公害防止組織の整備に関する法律等の関係法令（表6-2-2 参照）、地方公共団体の条例・要綱の規定を遵守しなければならない。

2) 排水の処理

(a) 塩素系有機溶剤は、水に難溶であるが、水に対する溶解度（25℃においてトリクロロエチレン 0.134g/水100g、テトラクロロエチレン 0.015g/水100g、塩化メチレン 1.98g/水100g）は排水基準（表6-2-2 及び表6-2-3 参照）に比べてはるかに大きい。金属部品等の塩素系有機溶剤による蒸気洗浄においては、洗浄装置及び排ガスの活性炭吸着装置の水分離器からの排水は、飽和濃度に近い溶剤が含まれているから、これらの排水は、排水基準に適合するようにするため、適正な設備を設置して回収・除去の徹底を図る必要がある。

(b) 排水処理

処理装置は、排水量及び含まれる塩素系有機溶剤の濃度に応じて、次のことに留意して適切な構造と処理能力を有するものを設置する。

- ・ 排水処理装置としては、① 空気を吹き込むばっ気式（図6-9-1）、② 活性炭による吸着式（図6-9-2）及び③ ①と②組合せ式（ばっ気後の排水を更に活性炭吸着処理）が一般的であるが、これらは排水の実態に合わせて選定すること。

なお、①のばっ気式からの排出ガスは、活性炭吸着等による処理が必要である。

- ・ 排水処理は、他の汚染物質が混入しないよう、また汚染範囲が広がらないようにする観点からできる限り発生源近くで行うこと。

最近、排水中の塩素系有機溶剤を酸化分解法、還元処理法、微生物分解法（バイオレメディエーション）等により分解処理して二次的な問題が生じないようにする新しい処理技術の開発が進められている。これらの方法は、実験的規模で行われているものが多いが、維持管理が容易で、運転コストの低い実用的な技術の開発が望まれる。

①、②及び③の排水処理方式の比較を表6-9-1に示す。

表6-9-1 排水処理方式の比較

排水処理方式	① ばっ気式	② 活性炭吸着式	③①→②組合せ式 (ばっ気後の排水を更に活性炭吸着処理)
他物質の影響 ・ ごみ、懸濁物等 ・ 他の有機物質等の溶解物質 ・ 油 分	少ない。 少ない。	大きい(前ろ過が必要)。 大きい(活性炭は、他の有機物質も吸着し、塩素系有機溶剤の吸着能力が低下する可能性がある。)	
運転コスト ¹⁾	低い。	高い。 ²⁾	中間。 ²⁾
特 長	最も経済的な方式である。ただし、 <u>ばっ気からの排出ガスは活性炭吸着等による処理が必要である。</u>	低濃度で、排水量が多い場合に有効である。	最も確実な処理方式といえる。

(注) ¹⁾ これらは、一般的な比較で、排水の排出条件によっては変わることがある。

²⁾ 活性炭は、適切な間隔での取り替えが必要である。

ばっ気式及び活性炭吸着式排水処理装置の例を図6-9-1及び図6-9-2に示す。

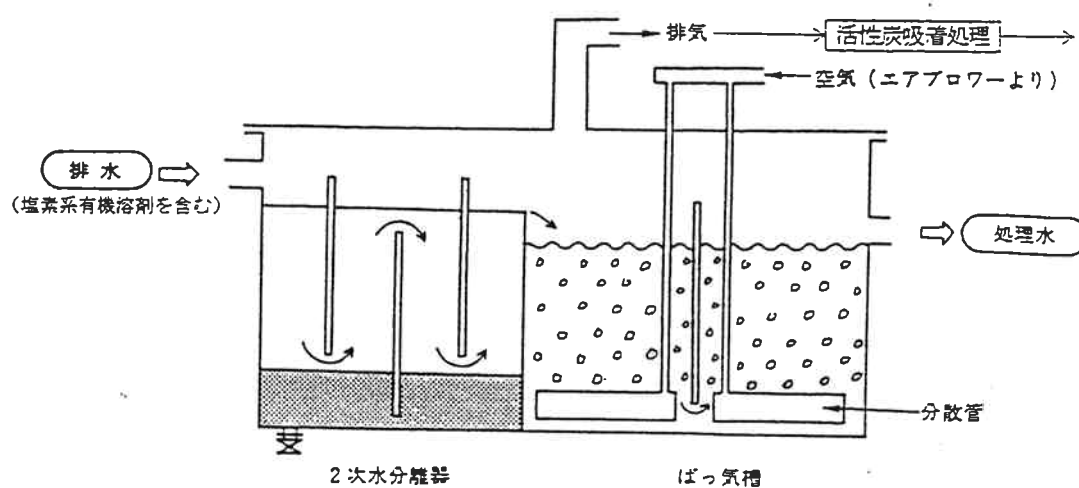


図6-9-1 ばっ気式排水処理装置の例

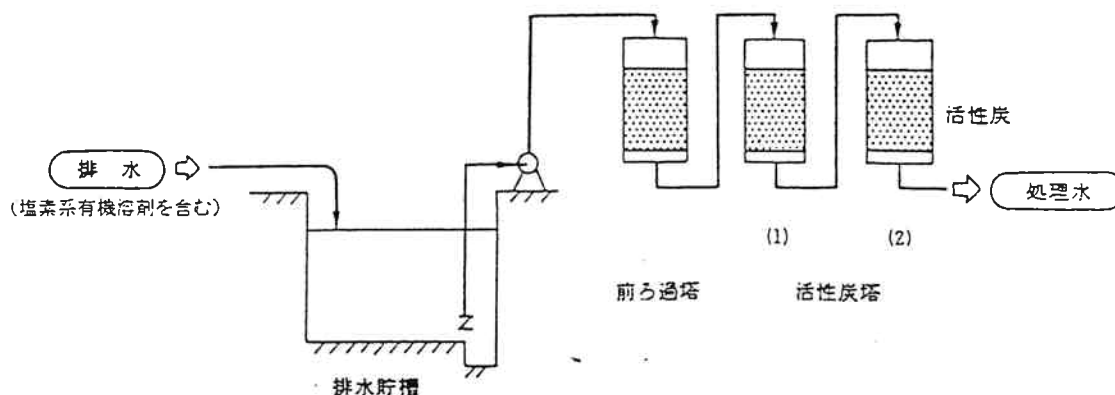


図6-9-2 活性炭吸着式排水処理装置の例

(c) 塩素系有機溶剤を含む排水を処理する場合、高濃度で、排水量が少ないほど、処理効果が大きく、処理装置及び運転の費用も少なく経済的である。従って、処理は、できるだけ排水の発生源に近いところで行うことが望ましい。

(d) 排水処理は、排水基準を遵守するとともに、排水中の塩素系有機溶剤が適切に除去されるよう、次のことに留意して行う。

- ・ ばっ気式処理装置は、排水量、ばっ気空気量、ばっ気時間等を適切に管理し、ばっ気不足を生じさせないようにする。なお、ばっ気式排水処理装置からの排出ガスは、塩素系有機溶剤を含むため、活性炭吸着等による処理が必要である(2) 参照)。
- ・ 排水中に過飽和の塩素系有機溶剤が含まれている場合には、排水処理効果が十分に得られないため、2次水分離器を設けることが望ましい。

(2) 排出ガスの処理及び管理について

1) 関係法令

平成8年(1996)5月には大気汚染防止法が一部改正され、有害大気汚染物質対策の推進の章が追加され、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンは指定物質として指定され、指定物質排出施設(洗浄施設、蒸留施設等)については排出抑制基準(表6-2-2 参照)が定められた。また、塩素系有機溶剤等13物質は、自主管理物質の対象にあげられ、通商産業省が1996年10月に定めた「事業者による有害大気汚染物質の自主管理の促進のための指針」に基づいて、事業者団体を中心に自主的に取組み、事業者団体ごとに自主管理計画を作成して実施し、その結果を報告することになった。

塩素系有機溶剤の取扱に当たっては、従来、作業環境改善を主な目標としてきたが、大気汚染防止法の一部改正により塩素系有機溶剤は有害大気汚染物質として規制されることになり、作業環境の改善に加えて、さらに大気環境への排出についても抑制対策をたてることが必要になった。

2) 排出ガスの処理

(a) 洗浄装置等からの排出ガスを極力抑制するための対応策としては、被洗浄物の搬入部・搬出部にフード又はチャンバーの設置、風量調節ダンパー、洗浄装置の蓋の設置、完全密閉型洗浄装置、フリーボード比の確保、冷却能力のアップ等によって排出ガス濃度及び排出量をかなり抑制でき、さらに、活性炭吸着処理、深冷又は圧縮深冷等による排出ガスの回収、処理設備の小型化が可能となる。

(b) 排出ガス処理

i) 活性炭吸着処理法： 塩素系有機溶剤を含む排出ガスは、活性炭吸着等により処理して、塩素系有機溶剤をできる限り回収して再利用する。排出ガスは、活性炭吸着等による処理によりトリクロロエチレン等の指定物質抑制基準(表6-2-2 参照)以下に下げることができる。

活性炭吸着装置には、① 粒状活性炭(固定床式)方式、② 繊維状活性炭(固定床式)方式及び③ ビーズ状活性炭(流動床式)方式がある。

- ・ 活性炭吸着装置は、活性炭が塩素系有機溶剤で飽和状態になる前に吸着を停止し、再生又は交換を行う。
- ・ 吸着を停止した活性炭に水蒸気を吹き込んで塩素系有機溶剤を脱着して回収する場合には、活性炭の乾燥、水分離器の詰まり及び水抜きに注意する。

活性炭吸着装置は、排出ガスを連続的に処理するために、通常2塔式として、吸着と脱着(再生)とを切り替えて交互に使用する(図6-9-3 参照)。

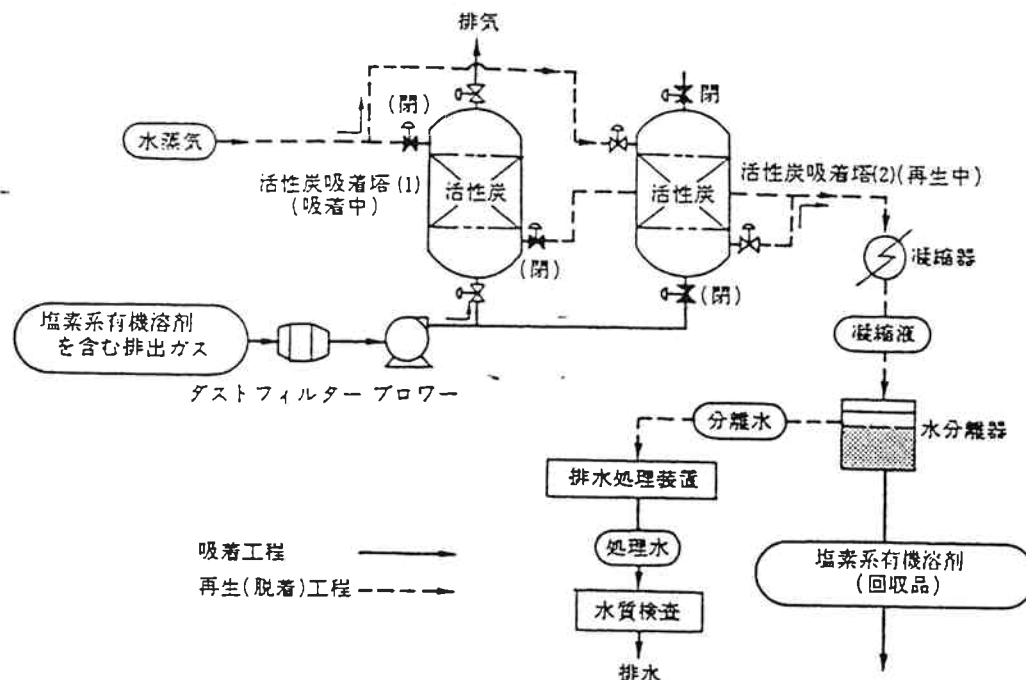


図6-9-3 塩素系有機溶剤排出ガスの活性炭吸着装置（2塔式）の例

活性炭吸着装置から水蒸気を吹き込んで塩素系有機溶剤を脱着して回収する場合、水分離器からの水は飽和濃度に近い溶剤を含んでいるので適切な排水処理を行う必要がある((1) 参照)。なお、活性炭吸着装置から加熱空気、ヒーター等を用いて塩素系有機溶剤を脱着して回収することもできる。

ii) 圧縮深冷法：排出ガスの吸引・加圧を兼ねるコンプレッサーと加圧ガスを凝縮する凝縮部及び回収した塩素系有機溶剤と水を分離する水分離器から構成されている。低濃度の未凝縮塩素系有機溶剤を含む排出ガスは、活性炭吸着等により溶剤を回収する。この方法は、排出ガスが比較的高濃度で、小容量の場合に適している。

(c) 処理後の排出ガス中に含まれる塩素系有機溶剤の濃度を適切に管理するため、必要かつ十分な間隔で実施する。

(d) 排ガス処理後の使用済み活性炭は、ポリ袋に入れて密封して、これをふた付き容器等に入れてふたをして廃棄物置場に保管し、特別管理産業廃棄物処理業者へ委託し、適正に処理する。

(e) 回収した塩素系有機溶剤は、水分、安定性(pH又は酸分等)等に留意して再利用する。

(3) 地下水の水質の浄化

平成8年(1996)6月に水質汚濁防止法が改正され、地下水の水質の浄化に係る措置命令等に関する規定が追加された。都道府県知事は、塩素系有機溶剤等を含む水の地下への浸透があっ

たことにより、人の健康に係る被害が生じるか、又は生じるおそれがあると認めるときは、その被害を防止するために必要な限度において、特定事業場の設置者等に対し、地下水の水質の浄化措置をとることを命じることができることになった。その限度は、物質ごとに定められた「基準（浄化基準）（表6-2-2 参照）を超えないこととする。

塩素系有機溶剤の土壌への浸透及び地下水汚染は、人の目に触れない地下で進行するが、地下の構造は汚染現場ごとに異なるため、汚染源や汚染の広がりを推定することは容易でない。従って、土壌・地下水浄化は、汚染状況を的確に把握し、適切な浄化計画を立てて実施しなければならない。

代表的な土壌・地下水浄化技術には、汚染土壌堀削法、地下水揚水法、土壌ガス吸引法、微生物分解法（バイオレメディエーション）等がある。

6-9-3 塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物の処理について

(1) 特別管理産業廃棄物の処理

塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物の処理（保管、収集、運搬、中間処理及び最終処分をいう。）は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律及び関係法令に基づいて適正に処理する。排出事業者は、特別管理産業廃棄物の処理に関する業務を適切に行わせるため、資格を有する特別管理産業廃棄物管理責任者を選任し、責任者に処理計画、特別管理産業廃棄物管理票（マニフェスト）の交付管理、帳簿の記載等管理全般にわたって責任をもってあたらせる。

(2) 特別管理産業廃棄物の保管

塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物（廃液、汚泥、使用済み処理材等）は、漏出・飛散しないように注意して取り扱う。廃液は、塩素系有機溶剤の種類ごとに分別・区分して他の廃液と混合しないで、ドラム缶等の密閉できる容器に保管し、なるべく速やかに処理する。

(3) 特別管理産業廃棄物の中間処理及び最終処分

塩素系溶剤を含む特別管理産業廃棄物は、焼却を行う等、環境汚染の原因にならない方法で処理・処分し、そのまま埋め立て、投棄等行ってはならない。焼却する場合には、できるだけ高温（約800℃以上）で焼却し、排出ガスはアルカリ溶液中で中和処理をする。

(4) 特別管理産業廃棄物の運搬又は処理・処分の外部委託

塩素系有機溶剤を含む特別管理産業廃棄物を外部に運搬又は処理・処分を委託する場合には、都道府県知事の許可を受けた特別管理産業廃棄物収集運搬業者又は処分業者と書面により委託契約を行う。特別管理産業廃棄物を処理業者に引き渡す際に、特別管理産業廃棄物の種類・数

量、収集運搬業者、処分業者、交付年月日等を記載した特別管理産業廃棄物管理票（マニフェスト）を交付し、適正に処理されたことを処理業者から返送される管理票の写しにより確認するものとする。

6-9-4 まとめ

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタン（塩化メチレン）による洗浄にあたっては、関係法令を遵守し、環境汚染対策を講じて適正な管理のもとで使用する必要がある。

（参考）

塩素系有機溶剤の適正使用・管理に関する相談・指導

中小企業事業団では、平成6年(1994)9月から中小企業の工場に化学物質安全対策指導員*を派遣して塩素系有機溶剤の適正使用・管理について助言、指導を行ってきている。

（注）＊ 化学物質安全対策指導員についての相談・指導申込先（問合わせ先）

中小企業事業団 情報・技術部 環境安全等対策室

105-8453 東京都港区虎ノ門3-5-1 虎ノ門37森ビル

電話 (03)5470-1517（ダイヤルイン） FAX (03)5470-1526

〈参考文献〉

- (1) クロロカーボン衛生協会編、クロロカーボン適正使用ハンドブック、クロロカーボン衛生協会(1996)
- (2) 中企事業事業団編、化学物質安全対策配布用マニュアル(中小事業化学物質安全対策情報提供事業・指導事業)、中小企業事業団 情報・技術部 (中小企業情報センター)(1997)
- (3) 中小企業事業団編、金属洗浄における塩素系有機溶剤の自主管理達成マニュアルー大気汚染防止法の一部改正に基づいてー (平成9年度)、中小企業事業団 情報・技術部 (1998)
- (4) 労働省安全衛生部化学物質調査課編、有機溶剤作業主任者の実務ー能力向上用教育用テキスト、中央労働災害防止協会(1992)

平成10年度 ものづくり人材支援基盤整備事業
－技術・技能の客観化、マニュアル化等－
「電気めっき環境保全対策技術」

発行 中小企業事業団 情報・技術部 技術支援課
〒105-8453

東京都港区虎ノ門3-5-1 虎ノ門37森ビル
TEL 03-5470-1589 FAX 03-5470-1526

無断転載を禁ずる

Copyright © 1999 中小企業事業団 .All right reserved.

※このマニュアルは、全国鍍金工業組合連合会の協力を得て中小企業事業団が作成いたしました。

※中小企業事業団は、平成11年7月1日付けで、繊維産業構造改善事業協会からの業務移管を行うとともに、中小企業信用保険公庫と統合し、中小企業総合事業団となります。