

電気めっき業における 亜鉛の排水濃度低減のための 対策事例集

（令和5年度版）

令和6年3月

環境省 水・大気環境局

環境管理課 環境汚染対策室

はじめに

水生生物の保全の観点から、公共用水域の水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の項目として、平成15年11月5日に全亜鉛の基準値が設定されました。また、この環境基準の維持・達成を図るため、平成18年12月11日に水質汚濁防止法に基づく排水基準の項目である亜鉛含有量（以下「亜鉛」）の許容限度が5 mg/Lから2 mg/Lに強化されました。

この際、一般排水基準を直ちに達成することが困難であると認められる業種に対して暫定排水基準が設定されており、現在は電気めっき業のみに暫定排水基準（4 mg/L、適用期限：令和6年12月10日）が適用されています。

環境省では、暫定排水基準の見直しに向けて亜鉛の排水実態調査や個別事業場のフォローアップ調査を行っております。この度、これらのフォローアップ調査結果等をもとに、「電気めっき業における亜鉛の排水濃度低減のための対策事例集」を作成いたしました。

本事例集では、亜鉛の排水濃度低減対策を紹介しており、セルフチェックシートにより現在の対策状況を把握することができる構成となっています。本事例集が亜鉛の排水濃度低減の一助となれば幸いです。

目次

1. 亜鉛濃度低減対策のセルフチェックシート
2. 亜鉛の排水処理に関する基本情報
 - (1) 電気めっき業における亜鉛の発生源について
 - (2) 亜鉛の排水処理の基本フローについて
 - (3) 亜鉛の排水処理が困難である理由について
 - (4) 亜鉛の排水濃度低減の考え方
3. 排水の亜鉛濃度低減のための対策事例
 - (1) 汲出し量の低減
 - (2) 濃厚廃液の処理
 - (3) キレート剤の低減
 - (4) 凝集沈殿処理の条件見直し
 - (5) 沈降・ろ過工程の見直し
4. おわりに

参考文献

1. 亜鉛濃度低減対策のセルフチェックシート

表1は後述の対策について自事業場で実施状況を把握するためのセルフチェックシートとなります。対策の実施状況を整理するためにご活用ください。

表1 亜鉛濃度低減対策のセルフチェックシート

チェック項目		参照 ページ
排水中の亜鉛の形態がSS態なのか溶存態なのかを把握している。	実施・未実施・不明	7
めっき用治具を次工程への汲出量の少ないものに変更している。	実施・未実施・不明	8
次工程への汲出量が少なくなるように、めっきの液切り時間を見直している。	実施・未実施・不明	8
汲出量が少なくなるように、めっき時の製品の向きを変更したり、ダミー品の形状を見直したりしている。	実施・未実施・不明	8
亜鉛やキレート剤を多く含む濃厚廃液(めっき液や脱脂剤等)を排水に流出させないよう、産廃処理している。	実施・未実施・不明	10
亜鉛やキレート剤を多く含む濃厚廃液を排水処理する場合、濃厚廃液の排出量を平準化している。	実施・未実施・不明	11
亜鉛やキレート剤を多く含む濃厚廃液が排水に流出しないよう、回収槽を設置している。	実施・未実施・不明	10
めっき工程で用いる薬剤(めっき液や脱脂剤等)に含まれるキレート剤の濃度を低いものに変更している。	実施・未実施・不明	12
めっき工程で用いる薬剤に含まれるキレート剤を処理しやすい薬剤に変更している。	実施・未実施・不明	12
キレート剤の置換処理をしている。	実施・未実施・不明	13
キレート剤の分解処理をしている。	実施・未実施・不明	14
凝集沈殿時のpHを自事業場に合わせて最適化している。	実施・未実施・不明	15
凝集助剤や凝集剤を排水の特性に合わせて亜鉛の処理に適した薬剤に見直している。	実施・未実施・不明	16

沈降時間を確保できるよう沈降工程を見直している。	実施・未実施・不明	17
フロックやSS態亜鉛の流出を防ぐようにろ過工程を見直している。	実施・未実施・不明	18

後述の2. (4) ②亜鉛の排水濃度低減の対策の考え方とおり、これらの対策の試算（コストや濃度低減効果）を行い、実際の効果を確認することで効果的な対策であるか見極めることが重要です。

2. 亜鉛の基本情報

(1) 電気めっき業における亜鉛の発生源について

図1は亜鉛めっきの一般的な工程フローを示します。亜鉛はめっき液に含まれている他にも、前処理やクロム化成工程で部材から亜鉛が溶出し、亜鉛の発生源になります。従って亜鉛を含む排水は亜鉛めっきの一連の工程で発生することになります。また、更新が必要な薬剤については亜鉛を多く含む廃液（以下「濃厚廃液」という。）になるため排水処理を行う場合は注意が必要になります。さらに後述するキレート剤を含む薬剤は亜鉛の排水処理を阻害する原因となります。

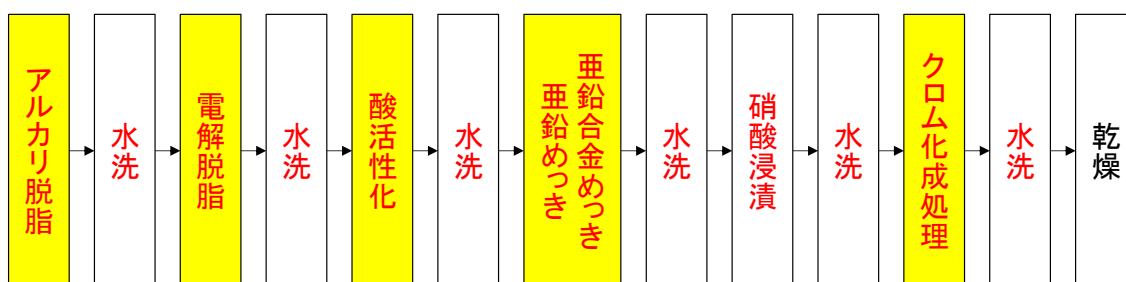
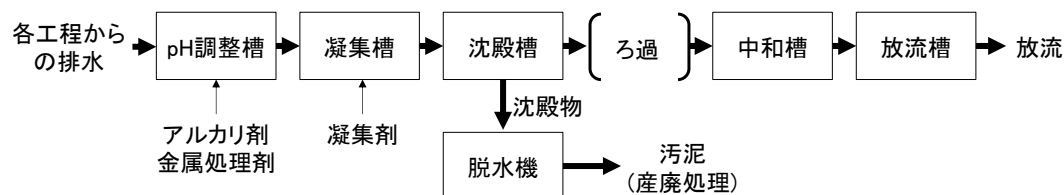


図1 亜鉛めっきの一般的な工程フローと亜鉛、キレート剤の発生源⁷⁾

※赤文字は亜鉛の発生源、黄色背景はキレート剤を含む工程を示しています。

(2) 亜鉛の排水処理の基本フローについて

図2は亜鉛の排水処理の基本フローを示します。通常、各工程から発生した排水をpH調整槽に集約させ、pHをアルカリ性に調整します。その際、金属処理剤（凝集助剤）を加えることでその後の排水処理が上手くいくことがあります。その後不溶化した亜鉛に凝集剤を加えてフロック（凝集物）化しますが、後述（(3)①）のとおり、亜鉛を不溶化させるpH範囲（至適pH域）が狭いため適切なpH管理が必要となります。その後フロックは沈殿槽で沈降し、水分を除去したスラッジ（汚泥）として産業廃棄物として処分することになります。一方、沈殿槽の上澄み液は最終pH調整槽にて中和した後、排出することになりますが、中和前にろ過を行うと沈降しきらなかったフロックの除去が出来ますので亜鉛やSSの低減に有効です。



※沈殿槽の代わりに膜ろ過を使用する場合があります。

図2 亜鉛の排水処理の基本フロー⁷⁾

（３）亜鉛の排水処理が困難である理由について

亜鉛は他の金属類よりも排水処理が難しい物質と言われています。排水処理を困難にする理由については下記の①～③が挙げられます。

①亜鉛処理の至適pH域が狭い

亜鉛は通常、水中で亜鉛イオンとして存在しており、酸やアルカリに溶解しやすい状態で存在しています。凝集沈殿を行うためには、一般的に亜鉛を難水溶性の水酸化物（水酸化亜鉛）とする必要があります。しかし、水酸化亜鉛として存在させるための至適pH域はpH9.0～9.5程度と狭く、それ以上にpHが上がると再溶解してしまいます。従って、亜鉛を適切に凝集沈殿させるためには細やかなpH調整が必要になります。

②キレート物質が亜鉛の沈殿を阻害する

電気めっきでは、様々な工程で金属イオンと錯体を形成するキレート剤（詳しくは3.（3）参照）が使用されています。亜鉛が錯体を形成すると通常、フロックとなるpH域でも、亜鉛のフロック化が抑制され、フロック化が不十分のまま、あるいは溶存態の亜鉛として排出されることになります。

③電気めっき業では様々な物質を排水処理する必要がある

電気めっき業においては亜鉛だけではなく、シアン、六価クロム、ほう素、ふっ素といった様々な物質が共存するケースが多く、これらを同時に適切に処理する必要があります。従って、亜鉛だけに着目して排水処理工程を最適化するのではなく、他の物質の排水処理も考慮する必要があります。

(4) 亜鉛の排水濃度低減の考え方

①亜鉛の排水濃度を低減させるためには

亜鉛は2.(3)で示したとおり、通常の排水処理だけでは濃度低減が困難な場合があります。図3上図は亜鉛の濃度低減対策を分類したものです。対策は、『排水処理工程の見直しによる亜鉛処理の効率化』だけではなく、各工程から排出される亜鉛やキレート剤の負荷をどれだけ低減させるかといった『排水処理工程に流入する亜鉛濃度の低減対策』も必要になります。

図3下図は排水処理フローのどの工程で対策が行えるかを示したものです。排水への負荷量が過大であればその後の排水処理工程で条件を適切にしても、処理がしにくくなる可能性がありますので、まずは発生する排水を処理しやすいようにコントロールすることが重要です。その上で、凝集沈殿や沈降、ろ過といった工程を最適化することが効果的であると考えられます。

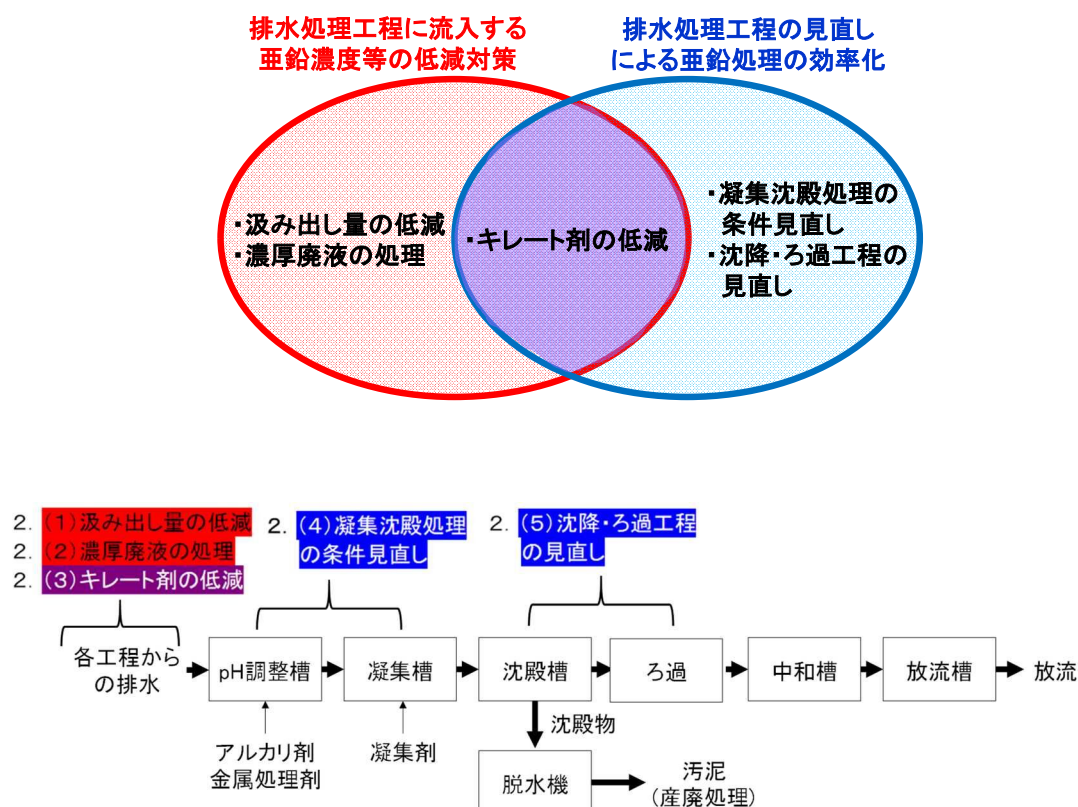


図3 亜鉛の濃度低減対策:対策の分類(上図)および
亜鉛の排水処理の基本フロー図における対策項目の箇所(下図)

②亜鉛の排水濃度低減の対策の考え方

排水処理の最適化のみを考慮した大幅な製造工程や排水処理工程の変更は、製品の品質に大きく影響する場合があります。一方で、使用薬品やめっき工程からの排水が亜鉛濃度に及ぼす影響は多大です。従って、亜鉛が高濃度となる要因を追究し、製品品質面、設備面、コスト面等において、実現可能なめっき工程の設計、排水処理設備の設計をすることが求められます。図4で示すとおり、対策を立案した際に効果やコストの試算を行い、その後対策の実施、効果の確認、対策を標準化させることが望ましいです。

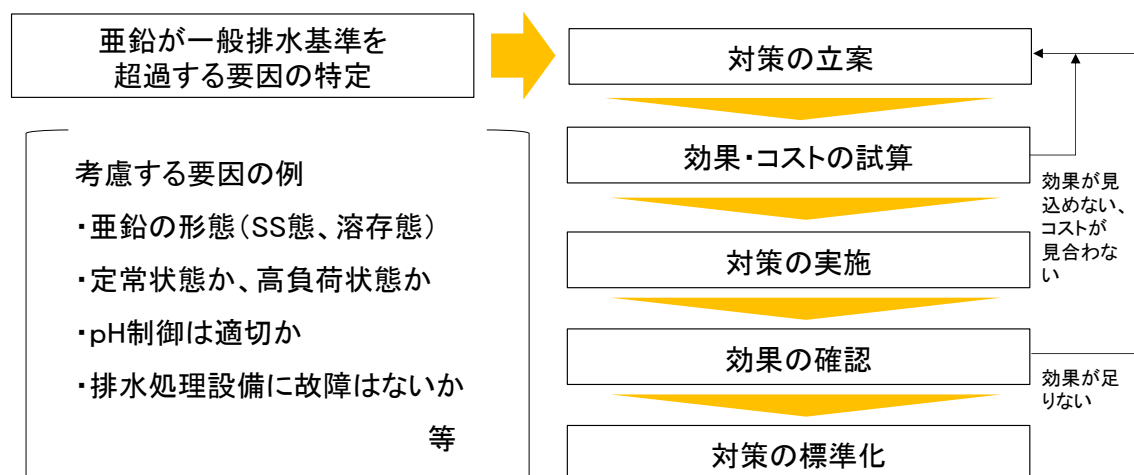


図4 対策の考え方のフロー図

③排水中の亜鉛の形態の把握⁵⁾

2.(3)②のとおり、亜鉛はキレート剤の影響により錯体を形成することがあります。亜鉛が一般排水基準を超過する際、排出されている亜鉛がどのような形態であるかを見極め、それぞれに適した対策を講じることが重要です。亜鉛の形態は、錯体やイオン状となって溶解している「溶存態」とフロックのまま流出している「SS態 (Suspended Solids : 浮遊物質)」に分類されます。以下に形態の確認方法 (図5) と対策について示します。

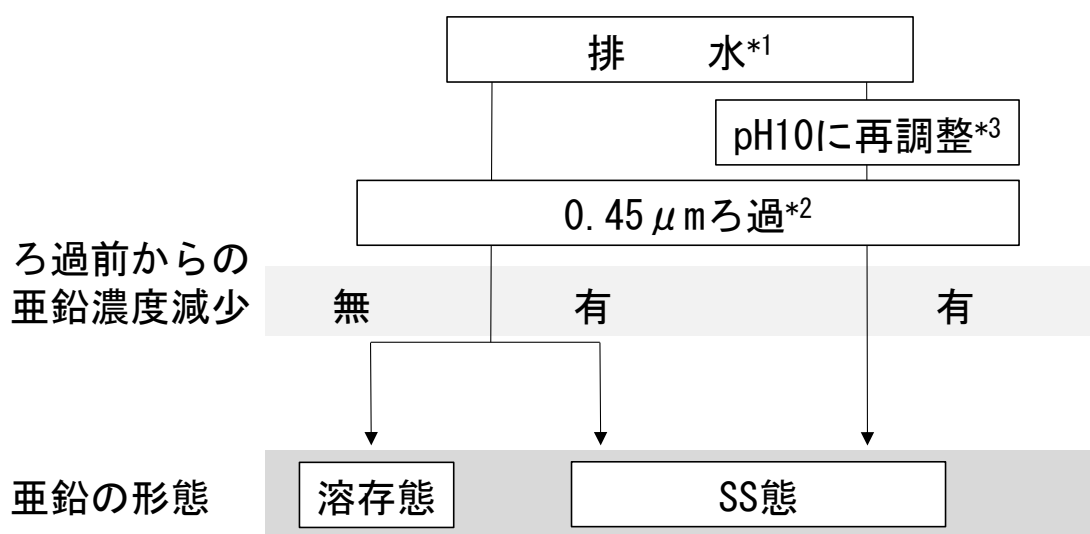


図5 排水中亜鉛の形態把握フロー

*1：最終pH調整（中和）後

*2：概ね孔径0.45 μm以下メンブレンフィルターでろ過を実施

*3：中和前の水が採水可能であれば、再調整せず形態の判断可能

- ・ 亜鉛の形態の確認方法：排水をメンブレンフィルター（概ね孔径0.45 μm以下）でろ過し、ろ過前後の亜鉛濃度を測定します。また、ろ過を行う前にpH10に調整してからろ過し、亜鉛濃度を測定します。ろ過前からの亜鉛濃度減少がほとんどなければ亜鉛は溶存態として存在し、濃度減少が1/2以上あればSS態としての割合が多いと言えます。pH10に調整後のろ液と濃度に差がある場合は、SS態の亜鉛が中和することにより再溶解していると考えられます。
- ・ 溶存態亜鉛の対策：溶存態では凝集沈殿やろ過が効果的ではないためキレート剤の低減を図った上で、凝集沈殿処理の最適化が必要です（参考ページ：8～16）
- ・ SS態亜鉛の対策：フロック化は出来ているので、亜鉛の負荷量の低減を図りつつ沈降やろ過含めた排水処理条件の見直しが必要です（参考ページ：8, 9, 13～16）

3. 亜鉛の排水濃度低減のための対策事例

2.(4)①のとおり、亜鉛の排水濃度を低減させるためには、『**排水処理工程に流入する亜鉛濃度の低減対策**』と『**排水処理工程の見直しによる亜鉛処理の効率化**』の2つに分類されます。次の(1)～(5)に環境省がこれまで実施した事業場の調査や文献などから得られた対策事例を紹介します⁵⁾。

(1) 汲出し量の低減

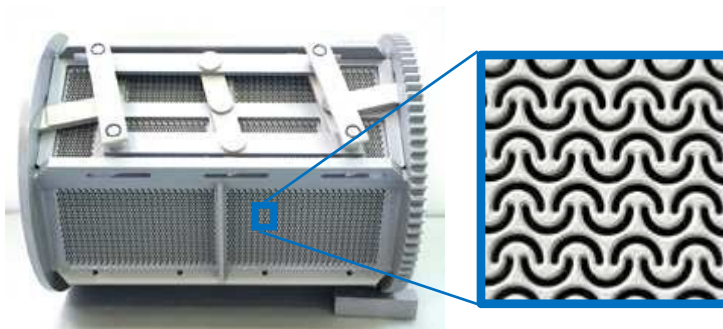
対策の分類: **排水処理工程に流入する亜鉛濃度等の低減対策**

Point

亜鉛やキレート剤を含む排水の負荷を減らすために、汲出し量を減らすことが重要です。

バレル式であれば、目穴をスリットにして、液切りが早く汲出し量の少ない形状に変更するなど、目穴の径を小さくすることが有効です(図6)。ただし、バレルを変更するためには、めっきを行う製品の品質や製造工程に影響のない形状を選ぶ必要があります。

例) C型スリットバレル



引用：株式会社ベイテックジャパン

(<http://www.bayteck.co.jp/products/pvc/index.html#a05>)

図6 汲出し量の少ないバレルの製品例

① めっきの液切り工程を見直す

液切りの際に静止時間を設定することで汲出し量が少なくなります。静止時間が長いほど汲出し量は低減しますが、数秒設定するだけでも効果が見込まれます。また、手動で液切りを行うことで、液切り量を目視で確認でき、汲出し量が少ない状態で次工程に進むことができます。ただし、製品の品質や製造時間を考慮した静止時間の設定が必要となります。

② 製品を汲出しが少ない形状や向きに変更する

ラック式のめっきでは製品に穴をあける等の加工を行うことで、液切れが良く、汲出し量が少なくなります。ラックに製品をつるす向きを工夫することで、汲出し量を低減できることがあります。いずれの対策も製品の品質上許容される場合に有効です。

バレル式において、ダミー品を入れる際には複雑な形状を避けるなど、形状にも配慮するとよいでしょう。

(2) 濃厚廃液の処理

対策の分類: 排水処理工程に流入する亜鉛濃度等の低減対策

Point

亜鉛やキレート剤を多く含む濃厚廃液がどの工程で発生するか（高負荷部分）を把握し、極力負荷を少なくすることで排水処理がしやすくなります。

① 回収槽を設置する^{4, 6)}

濃厚廃液を貯留するために回収槽を設置することにより、排水処理工程での排水負荷低減が見込まれます。特にフィルタプレス等のろ布には高濃度の亜鉛が存在するため、洗浄時は濃厚廃液が大量に流出しないよう、回収槽を設けることが望ましいです。回収槽の設置には一定のスペースが必要になります。

② 濃厚廃液を産廃処理する^{4, 6)}

亜鉛を多く含むめっき液や、キレート剤を多く含む脱脂剤が含まれる洗浄液の更新時等は、排水処理施設への負荷が高くなります（図7）。これら濃厚廃液を産廃処理に出すことで排水処理施設に流れる排水負荷低減が期待できます。ただし、図7のとおり、濃厚廃液が発生する工程は多く、それらの産廃委託が多くなるとコストも増加しますので、負荷の大きい工程の廃液などを選別して産廃処理委託するなどを考える必要があります。

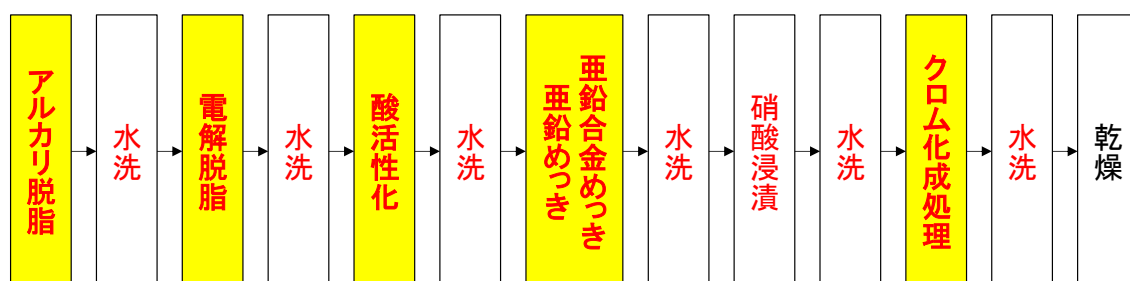


図7 濃厚廃液が発生する工程（電気めっきの基本フロー）⁷⁾

※赤文字は亜鉛の発生源、黄色背景はキレート剤を含む工程及び濃厚廃液が発生する工程を示しています。

③ 濃厚廃液の排出量を調整（平準化）する^{4, 6)}

工程液の更新時等に発生する濃厚廃液を排水処理施設で処理する際は、一度に処理せず、少量ずつ排水処理設備に送るようにすることで、排水処理施設の負荷量を平準化させることができます。事業場における導入例を図8に示します。この場合、貯槽を設置するスペースやコストが必要となります。また、濃厚廃液の排出量が多いと流入する亜鉛濃度の調整が難しくなります。

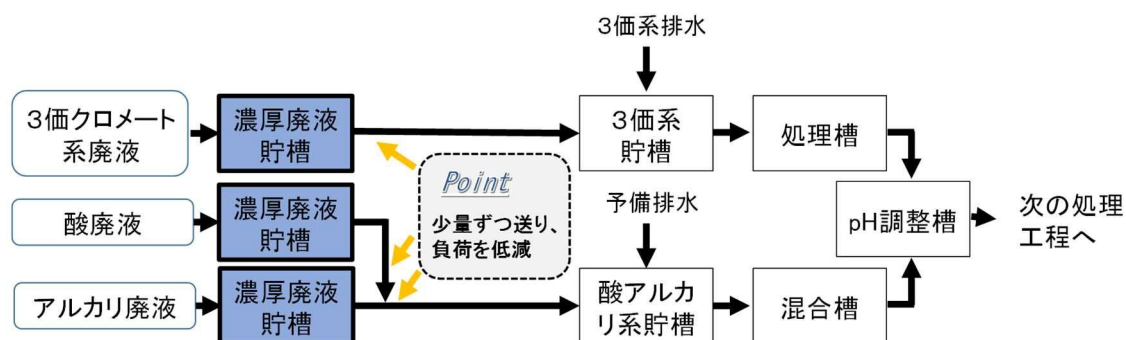


図8 電気めっき事業場における濃厚廃液の平準化の導入例

(3) キレート剤の低減

対策の分類: 排水処理工程に流入する亜鉛濃度等の低減対策および、排水処理工程の見直しによる亜鉛処理の効率化

Point

錯体を形成し、亜鉛の排水処理を妨害するキレート剤の濃度を下げることが、その後の排水処理を行う上でとても効果的な対策です。

・亜鉛めっきで使われるキレート剤について

キレート剤は表2に示すとおり様々な用途で使用されています。使用薬剤にどの種類のキレート剤が含まれているのか把握しておくことが重要です。

表2 めっき工程で利用される代表的なキレート剤²⁾

キレート剤	用途
EDTA	脱脂剤
有機酸(ピロリン酸、クエン酸等)	脱脂剤
トリエタノールアミン	電解脱脂剤
塩化アンモニウム	亜鉛めっき浴、光沢剤
アミン類	亜鉛・ニッケル合金めっき浴、クロメート処理液
シアン	亜鉛めっき浴

① キレート剤の使用量を変更する、または分解の容易な弱キレート剤に変更する。

めっき工程にキレート剤を含まないことが望ましいですが、難しい場合は分解しやすい弱キレート剤に置き換えることも有効です。特にEDTAは分解困難な強キレート剤で、排水処理時の阻害が大きくなります。弱キレート剤に置き換え可能になるとより、排水処理施設への負荷低減が期待できます。この対策を行うためには、めっきを行う製品の品質や製造工程に影響のない条件を検討する必要があります。

② キレート剤と錯体を形成している金属を置換する（置換法）

錯体を形成している亜鉛を別の無害な重金属に置換させ、キレート剤が外れた亜鉛を水酸化物沈殿法によって処理する方法が挙げられます。薬剤としては、カルシウム塩やマグネシウム塩などを用いる方法があります。鉄塩の併用で効果的な場合もあります。その際、pHを酸性にしてからこれらを添加すると効果的です。主に有機酸のキレート剤に有効な方法となります。事業場における導入例を図10に示します。この対策を行った場合、スケールが発生するなど排水処理工程に影響が出る可能性がありますので、事前の検討が必要となります。

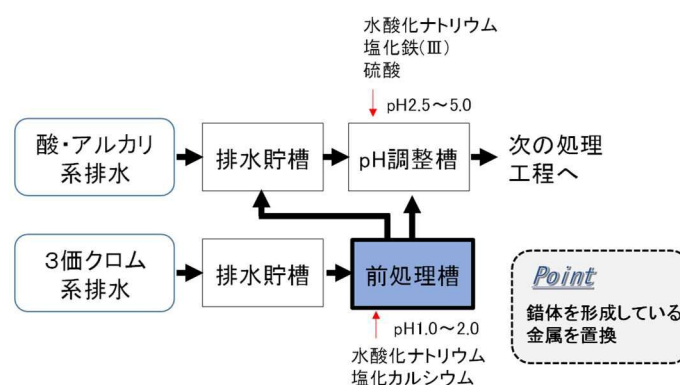


図10 電気めっき事業場におけるキレート置換法の導入例

実際の亜鉛濃度の低減効果の事例を表3に示します。

表3 キレート置換処理の実施による亜鉛の排水濃度の低減事例⁵⁾

	平成15年～平成19年春	平成19年秋	平成20年春	平成20年秋	平成21年春
亜鉛濃度(mg/L)	3.4～3.7	1.1	1.2	1.8	1.7

※塩化第二鉄と塩化カルシウムの投入量の変更と塩化マグネシウム投入の追加を実施

※他の対策とし凝集剤の再検討と設定pHの変更を実施

③ キレート剤を分解処理する

アンモニアの場合は、アンモニアストリッピングや次亜塩素酸による不連続点塩素処理法により分解できます。アンモニアストリッピング法と不連続点塩素処理法を組み合わせることで、薬剤コストを削減しつつ効率よくアンモニアを分解できます。アミンの種類によっては不連続点処理で分解できることがあります。事業場における導入例を図11に示します。また、前述のEDTAについては分解が難しいため、キレート凝集剤(ジエチルジチオカルバミン酸塩等)によりEDTAと強く結合している亜鉛を不溶の沈殿物として析出させることが有効です⁹⁾。不連続点処理であれば、シアンの排水処理設備を利用することが可能な場合がありますが、そうでない場合は新たに設備の増設が必要になります。また、アンモニアストリッピングについては設備の増設に加えて、臭気の対策が必要になります。

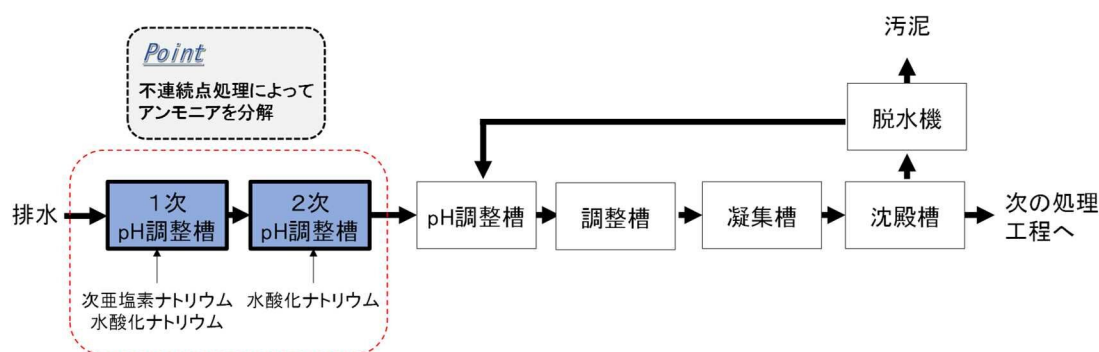


図11 電気めっき事業場における不連続点塩素処理法の導入例

実際の亜鉛濃度の低減効果の事例（アンモニアストリッピングと不連続点塩素処理の併用）を表4に示します。

表4 キレート剤の分解処理による亜鉛の排水濃度の低減事例⁵⁾

	対策前	平成19年秋	平成20年春	平成20年秋	平成21年春
亜鉛濃度(mg/L)	1～3	0.3～0.9	0.2～0.6	0.2～0.5	0.2～1.2

※アンモニアストリッピングの導入により50%のアンモニアを除去

※その後シアン分解処理（不連続点処理）を利用して残存アンモニアを除去

※その他の対策として砂ろ過装置の設置や凝集沈殿時のpHの最適化を実施

（４）凝集沈殿処理の条件見直し

対策の分類：排水処理工程の見直しによる亜鉛処理の効率化

Point

亜鉛を不溶化するための至適pHを把握し調整することや、凝集沈殿に用いる薬剤を見直すことが処理能力を向上させることに繋がります。

① 凝集沈殿時のpHを最適化する^{3, 7, 9)}

亜鉛を凝集化（不溶化）させる至適pHは一般的に9.0～9.5ですが、酸性下でもアルカリ性下でも溶解する両性金属であるため、一度凝集した亜鉛もpHが高すぎると再溶解してしまいます（図12）。一般的な至適pHの範囲でも、処理する排水の成分によってはうまくいかない場合があります、事業場ごとに最適なpHが異なります。

特に排水中に複数の金属が共存した場合、理論値よりも広いpHで沈殿が生じます（共沈効果や共通イオンの効果）。そのため、ビーカーテストを実施するなどして自事業場に合った最適なpHを設定するのが望ましいです。

排水処理施設ではpHは自動制御しつつ、極力pH設定範囲を狭くすると効果的です。また（３）のキレート剤の低減を合わせて行くと効果が期待できます。

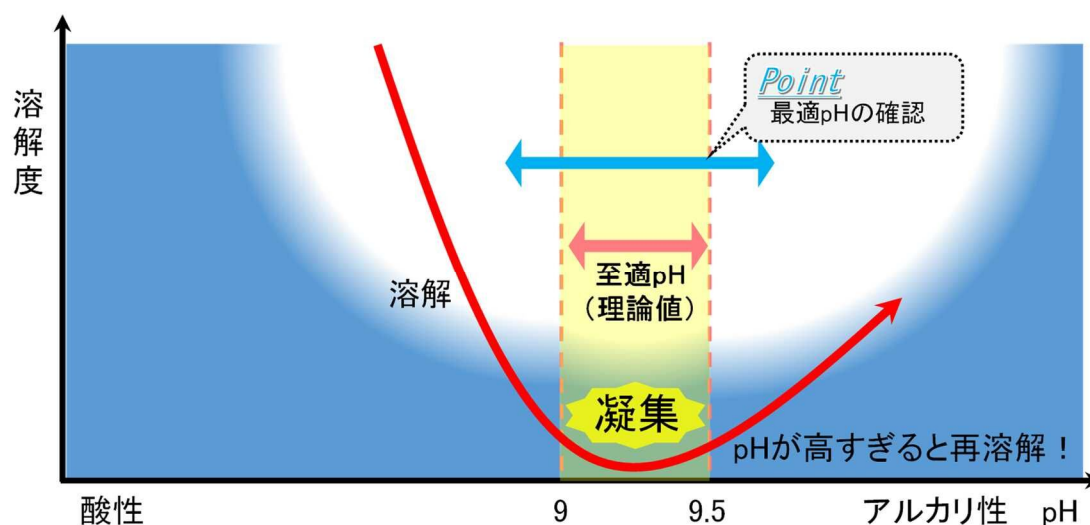


図12 亜鉛の溶解度とpHの関係^{1, 3, 9)}

実際の亜鉛濃度の低減効果の事例を表5に示します。

表5 凝集沈殿時のpHを最適化による亜鉛の排水濃度の低減事例⁵⁾

	平成15年～平成19年春	平成19年秋	平成20年春	平成20年秋	平成21年春
亜鉛濃度(mg/L)	1.6～3.9	1.0	1.1	0.8	0.9

※pHテストを行って上で凝集沈殿時のpHを11.5に設定

② 凝集助剤や凝集剤を見直す^{3, 7, 9)}

排水の特性に合わせて適切な凝集助剤と凝集剤を選択することが重要です。凝集剤には無機系凝集剤と有機系（高分子）凝集剤があります。無機系凝集剤には、ポリ塩化アルミニウムや硫酸アルミニウム、塩化第二鉄等があり、微粒子の電気的性質を打ち消すことで微粒子を凝集させ小さなフロック（凝集物）を作ります。その後、主に高分子凝集剤でフロックを橋掛けさせてフロックを大きくします。無機系凝集剤と高分子凝集剤を併用し利用すること、よりよい組み合わせを検討することで効果が期待できます。

また亜鉛はpH5～7で硫化ナトリウムを作用させると溶解度の低い硫化物を形成するため、沈降分離が可能です（硫化物法）。硫化物法は容易に亜鉛が硫化物を形成しpH中性領域で処理が可能など有害金属処理法として優れた面があります。しかし、フロックが微細化する、反応時に腐食性及び刺激臭のある硫化水素が発生することがあることから、実施する際は注意が必要です。

いずれも(4)①と同様にビーカーテストを実施し、効果の高い組み合わせや方法を探すことが必要です。

実際の亜鉛濃度の低減効果の事例を表6に示します。

表6 凝集助剤や凝集剤の見直しの実施による亜鉛の排水濃度の低減事例⁵⁾

	平成15年～平成19年春	平成19年秋	平成20年春	平成20年秋	平成21年春
亜鉛濃度(mg/L)	3.4～6.9	0.2～3.4	0.1～1.8	0.3～2.5	0.8～2.3

※高分子凝集剤や凝集助剤（無機凝集剤→塩化カルシウム）の変更を実施

※その他の対策として地下ピットからの排水の一定化やポンプ・配管の改善、設定pHの見直しを実施

（５）沈降・ろ過工程の見直し

対策の分類：排水処理工程の見直しによる垂鉛処理の効率化

Point

沈降やろ過工程の見直し・追加を行うことは、垂鉛濃度の低減に有効であり、特に垂鉛がSS態として流出している場合には効果的です。

① 沈降工程を見直す^{4, 6)}

めっき排水の処理において、沈降時間は概ね３時間程度必要だと言われています。沈降時間が短いと小さいフロック（凝集物）が次工程に流出してしまい、排水中の垂鉛濃度が高くなってしまう可能性があります。最もよい対策は沈殿槽の容積を増やすことですが、難しい場合は別の用途で使用している槽を沈殿槽代わりに使用するなどして十分な沈降時間を確保することが有効です。いずれも設置スペースを確保する必要があります。事業場における導入例を図13に示します。

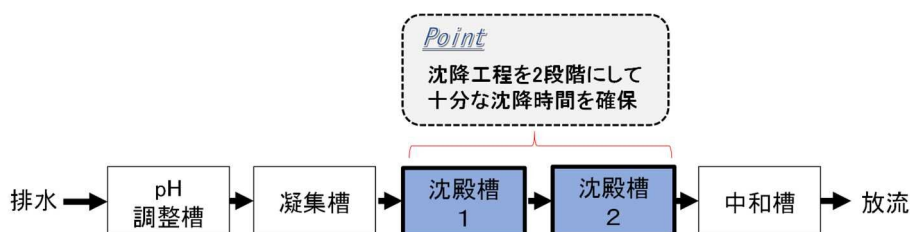


図13 電気めっき事業場における沈降時間を確保する工程の導入例

② ろ過工程を見直す^{4, 6)}

凝集沈殿では小さなフロック（凝集物）は必ず発生するので、キャリーオーバー分の捕集にろ過設備が必要です。凝集沈殿槽の後にろ過工程を設けることで、微細なフロックの流出やSS態の亜鉛の流出を防ぎ、排水中の亜鉛濃度を下げる効果が期待出来ます。ろ過工程には、砂ろ過や珪藻土等のろ過助剤をコーティングしたフィルタープレスなどを使用することが望ましいです。事業場における導入例を図14に示します。ただし、溶存態亜鉛の場合はろ過工程を素通りしてしまう恐れがありますので、亜鉛の形態を把握しておくなど事前の検討が必要になります。また、ろ過機の適切なメンテナンスを行わないと十分な効果は得られません。

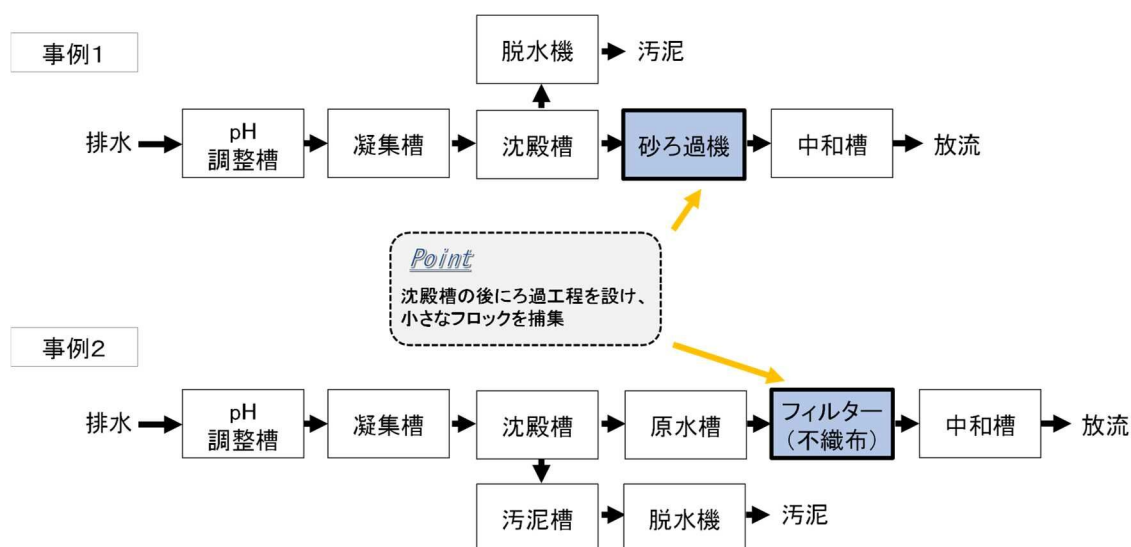


図14 電気めっき事業場におけるろ過工程の導入例

4. おわりに

亜鉛の排水濃度低減を行うためには、排水処理にどれだけ費用をかけるかのコスト面だけの問題だけではなく、製品の品質に関わる工程等の変更も必要になる場合があります、経営的な判断が必要になります。排水濃度低減に向けては、行動計画が立てやすくなるよう、目標とする排水中の亜鉛濃度や工程内の削減量等の数的目標を掲げるとよいでしょう。

また、亜鉛を低減するためには生産工程における対策が非常に重要になります。排水処理を行う担当者だけではなく、他の工程の担当者も排水処理（後工程）に関して意識を向上させ、全社的に取り組むことが望まれます。排水処理に関する教育の機会や排水処理の技術的な相談は所属する組合や自治体の環境部局で実施している場合がありますので、活用するとよいでしょう。

【参考文献】

- 1) 和田洋六 (2011) 亜鉛含有排水処理のポイント (第 1 回) 亜鉛規制の背景と亜鉛排水処理の留意点. 機材工, (117), 25-30.
- 2) 和田洋六 (2011) 亜鉛含有排水処理のポイント (第 2 回) 亜鉛排水の前処理とリサイクル. 機材工, (118), 23-29.
- 3) 和田洋六 (2011) 亜鉛含有排水処理のポイント (第 3 回) 亜鉛排水の前処理と凝集沈殿. 機材工, (119), 19-25.
- 4) 和田洋六 (2011) 亜鉛含有排水処理のポイント (第 4 回) 亜鉛排水の前処理と固液分離. 機材工, (120), 14-19.
- 5) 全国鍍金工業組合連合会 (2021) 全鍍連2021年11月 (No. 594)
- 6) 田熊保彦, 森久保諭, 榎本大佑, 小坂幸夫 (2021) 現場技術者のためのめっき排水の処理技術
- 7) 中央環境審議会水環境部会 水生生物保全排水規制等専門委員会 (第 3 回) 資料4 亜鉛の処理技術について
- 8) 森久保諭, 田熊保彦, 榎本大佑, 小坂幸夫 (2018) 亜鉛排水処理におけるめっき用薬品の影響と対策. 表面技術, 69(11), 527-532.
- 9) 和田洋六 (2017) 図解入門よくわかる最新水処理技術の基本と仕組み. 秀和システム.
- 10) 東京都産業技術研究センター TIRI News 2017 4月号、亜鉛の排水黄瀬強化に伴うめっき業への排水処理対策支援