

2-5-1 亜鉛違反の特殊な事例について

西部第一下水道事務所 お客様サービス課
高島 弘明

1 はじめに

水質規制担当の業務は、下水道機能を安定的に確保するとともに、良好な水環境を創出するため、事業場や工場からの排水が、法令に定められている下水排除基準を満たしているかを確認し、必要に応じて事業場等に対して、行政指導や行政処分を行っている。

下水排除基準の違反等を発見した場合、いち早く事業場等の排水が適正になるよう改善する必要があり、そのためには迅速な原因究明と的確な指導が重要である。しかし、事業場によってその業種や処理施設の構造、処理方法は大きく異なっており、原因の究明は難航する場合がある。

西部第一下水道事務所は、令和4年度より、新たに水質規制担当が置かれた北部下水道事務所との間で所管区域が再編され、現在は新宿、中野、杉並、北、板橋、練馬の6区を所管している。

当事務所管内では、特に、亜鉛の違反等において、原因の究明に苦慮した事例がいくつかあり、その原因は事業場ごとに全く異なっていた。そこで、水質規制業務の参考となるよう、代表的な事例も含め、当事務所が対応した亜鉛違反の特殊な事例について報告する。

2 亜鉛について

下水排除基準における亜鉛は、水質汚濁防止法の排水基準を適用することとした昭和46年から基準値5mg/Lが設定された。その後、平成18年より2mg/Lへと基準値が強化された。強化への移行期間として、多くの業種に猶予期間や暫定基準が適用されてきたが、徐々に暫定基準の適用終了や暫定基準値の改正が行われており、現在、電気めっき業のみ4mg/Lが設定されている。

(表1)

表1 下水排除基準の亜鉛に関する暫定基準の変遷

	mg/L以下			
	最初の暫定 (5年間)	第1次暫定延長 (計10年間の延長)	第2次暫定延長 (計15年間の延長)	第3次暫定延長 (計3年間の延長)
	H18.12.11～	H23.12.11～	H28.12.11～	R3.12.11～R6.12.10
金属鉱業	5			
無機顔料製造業	5	本則基準に移行		
無機化学工業製品製造業※1	5	本則基準に移行		
表面処理鋼材製造業	5	本則基準に移行		
非鉄金属第一次製錬・精製業	5	本則基準に移行		
非鉄金属第二次製錬・精製業	5	本則基準に移行		
建設用・建築用金属製品製造業※2	5	本則基準に移行		
溶融めっき業	5	本則基準に移行		
電気めっき業	5			4
下水道業※3	5			本則基準に移行

※1 ソーダ工業、無機顔料製造業、圧縮ガス・液化ガス製造業及び塩製造業を除く

※2 表面処理を行うものに限る

※3 上記排水基準適用業種に属する特定事業場から排出される水を受け入れているものであって、排出される水を受け入れるものであって、一定の条件に該当するものに限る

国内における亜鉛の需要を表2に示す。国内での亜鉛の需要はめっきに関するものが多いが、その需要量は年々減少傾向にある。その一方で、その他の需要が多くなってきていることに注目したい。檜原らによると、入浴剤や台所用合成洗剤、ハンドクリームや日焼け止めなど、多くの製品に含まれていることが報告されている¹⁾。当事務所においても、亜鉛の違反等がみられた業

種はめっき業が比較的多いが、後述のとおり使用している製品に亜鉛が含まれていることを認識していなかった事例や、事業場では亜鉛を含む薬品や製品を使用していない事例もある。下水排除基準が強化されている状況及び亜鉛を含む製品の幅広さから、思いもよらない原因で亜鉛違反がみられる可能性があり、原因調査時には留意する必要があると考えられる。

表 2 亜鉛の国内需要の推移

単位:純分千 t

	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年
亜鉛メッキ鋼板	200.3	199.7	188.0	173.5	166.1	166.9	160.1
その他めっき	59.9	65.9	63.2	55.7	62.5	62.1	63.1
伸銅品	56.1	58.4	53.6	59.2	58.7	57.8	51.0
無機薬品	37.3	39.7	40.3	38.5	50.8	50.1	50.6
ダイカスト	43.9	40.1	41.4	44.6	49.4	49.3	43.5
板	1.5	1.7	2.1	2.2	2.4	2.9	2.3
その他	14.6	14.7	13.7	14.0	36.2	36.3	33.3

(独) エネルギー・金属鉱物資源機構「鉱物資源マテリアルフロー2020」より作成

3 亜鉛違反等の事例について

3.1 事業場 A の事例 (一般的な工場排水)

3.1.1 基本情報

業種：めっき業

水質規制対象項目：シアン、重金属類（六価クロム、亜鉛含む）等

製造工程：代表的な作業工程を図 1 に示す。廃水は、シアンを含むシアン系と六価クロムをはじめとする重金属を含む酸アルカリ系がある。

処理方法：アルカリ塩素法（シアン）、薬品還元法（六価クロム）、凝集沈殿法（重金属類）

廃水の処理フローを図 2 に示す。シアン系廃水は、シアンの処理方法として一般的である、2 段階の塩素処理を行うアルカリ塩素法で処理を行っている。また、酸アルカリ系の廃水とクロム系の廃水は、六価クロムを還元処理した後、凝集沈殿処理している。

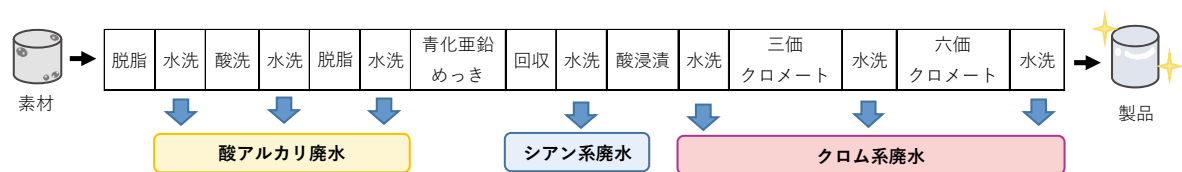


図 1 事業場 A の代表的な作業工程

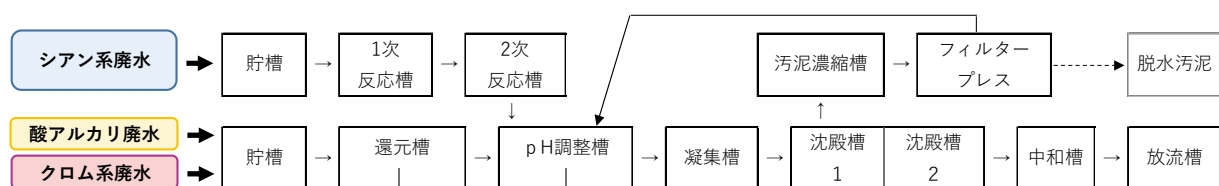


図 2 事業場 A の廃水処理フロー

3.1.2 違反状況

事業場 A は、当事務所が再三指導を行ってきたにも関わらず亜鉛の違反を繰り返している事業場である。亜鉛めっきの作業を行っているため、処理施設への亜鉛の流入は主にめっき作業から出るものであり、廃水の処理に問題があるため、基準違反を引き起こしている。

3.1.3 違反原因

放流水の亜鉛超過の主な原因は、汚泥の流出によるものである。事業場 A の処理施設は、原水槽の容量が小さく原水水質の変動が大きいいため、処理が不安定であり、また、凝集剤の薬品槽も小さいため、薬品切れが頻発していた。さらに、フィルタープレスが能力不足であり、汚泥が沈殿槽に堆積しやすく、凝集させたフロックが放流槽まで流れ込み下水へ放流されてしまうなど、施設的な課題が多い事業場であった。そのため、当事務所は、原水槽の容量増加による原水水質の平準化や、薬品槽の増強による薬品切れの解消、フィルタープレスの能力増強による汚泥の適切な引抜きなど、適正な排水処理を行うよう指導してきた。これらの指導の効果もあり、亜鉛濃度は、以前の下水排除基準（暫定基準）の 17 倍（H30 年度）から 3 倍（R4 年度（12 月時点））へ、低くなってきているが、下水排除基準（暫定基準）の安定的な遵守には至っていない。

3.1.4 指導の方向性

現状の処理上の問題は沈殿槽の汚泥の適切な処理ができていないためであり、当事務所からは、汚泥の引き抜きが必要であることを指導した。それを受けて事業場 A は沈殿槽及び放流槽の汚泥の回収・洗浄作業を実施した。その結果、清掃実施後しばらくは放流槽での汚泥の堆積はなく、亜鉛の基準違反も一時的になくなった。しかし、2 か月を過ぎた頃から放流槽での汚泥の堆積が見られ、再び基準を違反するようになった。そこで、汚泥の引き抜きポンプを適宜移動させ、沈殿槽内で汚泥の溜まっている箇所から優先的に引き抜き、沈殿槽への汚泥の堆積を防ぎ、放流槽へ越流しないよう指導した。事業場 A は、沈殿槽の汚泥の引抜き箇所に注意を払うとともに、新たに放流槽から pH 調整槽へのポンプを設置し、放流槽に入り込んだ汚泥を返送する対応を実施している。加えて、当事務所からは、前述の対策でも改善が困難であればフィルタープレスの更なる能力増強もしくは全量ろ過が必要になる、と指導している。

3.2 事業場 B の事例（工場の製造工程以外から）

3.2.1 基本情報

業種：めっき業

水質規制対象項目：シアン、重金属類（亜鉛含む）、トリクロロエチレン等

製造工程：代表的な作業工程を図 3 に示す。廃水はシアン系と重金属類を含む酸アルカリ系がある。

処理方法：アルカリ塩素法（シアン）、凝集沈殿法（重金属類）

廃水の処理フローを図 4 に示す。

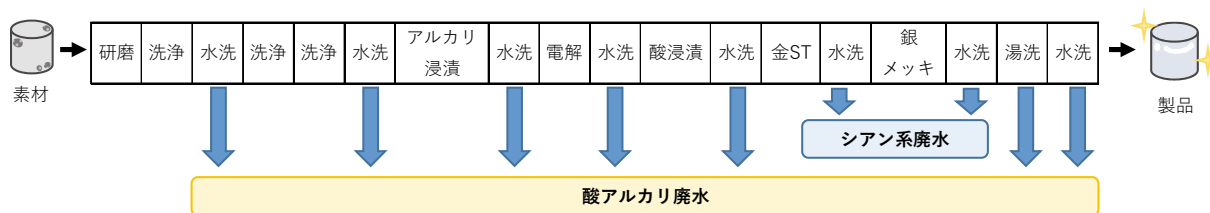


図 3 事業場 B の代表的な作業工程

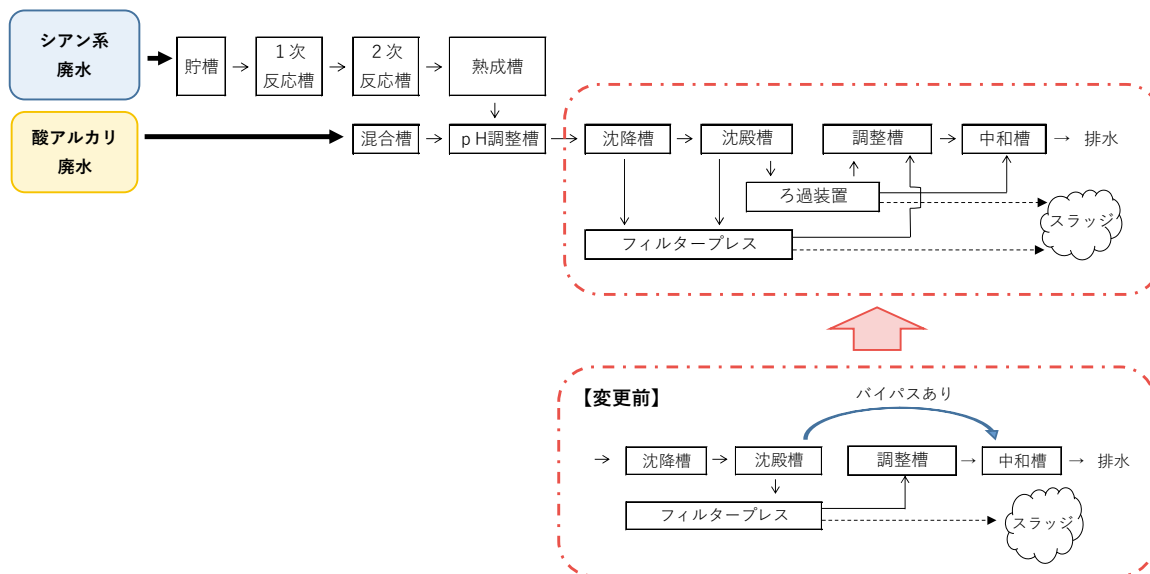


図 4 事業場 B の廃水処理フロー

3.2.2 違反状況

平成 29 年の立入検査で初めて亜鉛の違反を発見して以降、改善指導をしているが、違反を繰り返している事業場である。亜鉛めっきは行っておらず、また、事業場への聞き取りから、製造工程での使用薬品や場内配管にも亜鉛は使用していないとのことだった。しかし、原料に真鍮を使用するため、亜鉛の発生源は原料由来で、廃水の処理工程に問題があると考えた。

3.2.3 違反原因

違反発見時、届出上の処理方法では、凝集沈殿後に全量ろ過式フィルタープレスで処理するというものであった。しかし、実際は処理能力が不足していることから、水量が多くなった際に沈殿槽から中和槽へのバイパス管を経由して放流する構造であることが判った。そのため、バイパス管の撤去と、フィルタープレスの増強またはろ過装置の導入を指導した。その結果、事業場 B はバイパス管を撤去し、新たにろ過装置を設置、平成 30 年に図 4 に示す処理フローへと構造が変更され、その後、2 年ほど違反がない状況が続いた。

しかし、令和 2 年頃から、再び亜鉛が違反するようになった。しかも、公楯で高濃度の亜鉛（110mg/L）が検出された。そこで後日、原因調査のため各槽における亜鉛濃度を測定した結果を表 3 に示す。調整槽の亜鉛濃度が著しく高く、調整槽に汚泥の堆積及び中和槽壁面に汚泥の付着があり、その汚泥からの亜鉛の再溶解が原因と考えた。そこで、調整槽及び中和槽の汚泥回収及び清掃を指導し、各槽の清掃実施と公楯での基準以内を確認した。これで違反原因は解決したと思われたが、数か月後の定期立入検査で、再び亜鉛が違反した。

表 3 事業場 B の各処理工程における亜鉛濃度 (R3. 1. 8 採水)

採水箇所	混合槽	CN2次反応槽	FP*出口	ろ過機出口	調整槽	中和槽	放流桟	公楯
亜鉛濃度	0.5	0.2	0	0.3	39	0.4	0.3	0.9

単位：mg/L

※FP:フィルタープレス

原因調査のため、処理工程の各槽における亜鉛濃度を測定したところ、調整槽底部で高濃度の亜鉛（31mg/L (R3.5.6)）が検出された。表3に示すとおり、原水における亜鉛濃度は低く、フィルタープレスのろ液にも亜鉛がほとんど含まれていない。しかし、調整槽では亜鉛が高濃度で検出される状況であったため、調整槽に再び溜まった汚泥から、一時的に槽内のpHが変動することにより亜鉛が溶出していると考えた。そこで、調整槽の汚泥の清掃を指導し、事業場Bは定期的に調整槽の汚泥を混合槽へ返送する対応を行った。また、処理水pH変動の原因はpH調整槽にあると考え、pHセンサーにより挙動を調査したところ、亜鉛沈殿の最適pH域から中性側へ外れる時間帯が確認できた。そのため、pH調整槽のpHが設定値を外れないよう、設定値の見直しをするよう指導したが、亜鉛の違反は改善しなかった。このように、平成29年から80回にもわたり立入を行い様々な原因調査を行ったが、決定的な原因を見つけることができずにいた(表4)。そのような中、令和4年6月の原因調査時に、事業場の一角に消臭剤の容器があるのを発見した。成分表示に亜鉛の記載があったため、事業場に確認すると、消臭剤として事業場内のいたるところで使用していた。使用開始時期は不明だが、現在の水質管理責任者が着任した平成28年には既に使用していたとのことで、事業場側は亜鉛が含まれている認識はなかった。事業場の了承を得て消臭剤を採取し分析したところ、数万mg/Lの亜鉛が含まれていることが判ったため、消臭剤が原因であると判断した。

表4 事業場Bへの立入検査回数

	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度*
立入検査回数	10回	11回	7回	26回	17回	9回

※12月末時点

3.2.4 指導の方向性

事業場Bに対して、消臭剤に亜鉛が高濃度で含まれていることを伝え、使用を中止するよう指導した。事業場は該当の消臭剤の使用をすぐに中止し、代替の消臭剤に切り替えた。その後、改善確認にて亜鉛の基準値以内を確認して以降、亜鉛の違反はない。

3.3 事業場Cの事例（分析検体から）

3.3.1 基本情報

業種：検査業

水質規制対象項目：重金属類（六価クロム、亜鉛含む）等

作業工程：図5に示すとおり、食品の成分検査や浴場水の水質検査・細菌検査業務等を行っている。使用薬品には有害物質が含まれているものがあるが、廃液は全量回収している。

排水処理方法：廃液回収、中和処理（器具洗浄水）

廃液回収後の器具洗浄水等の処理フローは図6に示すとおり、酸、アルカリによる中和処理及び次亜塩素酸ナトリウム溶液による消毒を実施している。

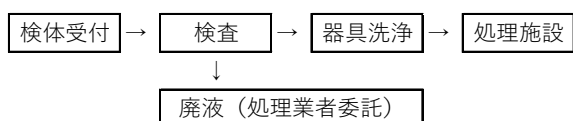


図5 事業場Cの作業工程

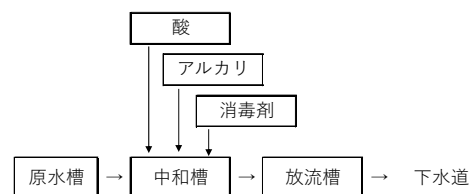


図6 事業場Cの廃水処理フロー

3.3.2 超過の状況

令和4年、平成25年以来の立入り検査を実施したところ、放流水で亜鉛が2.5mg/L（違反倍率1.2倍）と超過した。事業場Cはビルの一部フロアに入っており、他のフロア（事業場）の排水が混入することから、公樹での事業場排水の採水は困難であるため、事業場内処理施設の放流槽で採水を行っている。

3.3.3 超過原因

使用薬品についてリストを確認したが、亜鉛を含む試薬の使用はなかった。場内配管に亜鉛が使用されていないか確認したが、施設管理部署からその可能性はないとの回答を得た。事業場Bの例があったため、消臭剤など事業場側が亜鉛の含有を意識せずに使用している生活用品がないかを確認する必要があると考えた。そこで、特定施設である洗浄施設のある試験室を全て確認したが、室内に亜鉛を含む薬品や製品はなかった。

そこで、試料検体に含有されている可能性を考え、聞取りを行ったところ、分析検体は食品や浴場の水であり、分析後の試料は検査に使用したものは回収し、不使用の試料は流しに流しているとのことだった。また、浴場の水には、入浴剤が投入されている検体もあるとのことだった。

3.3.4 指導の方向性

原因の特定まではできなかったが、亜鉛は入浴剤を含む多くの製品に含まれているため、検体由来である可能性が高いと判断した。しかしながら試料の全量回収は廃液処分費が高額になることが推定されたため、現実的ではないと考えた。そのため、事業場Cが定期的に行っている放流水の自主分析項目に亜鉛を追加し、結果を活用するよう指導を行った。なお、その後の立入り検査で、放流槽において亜鉛の基準値内を確認している。

4 おわりに

今回、亜鉛の違反等の事例を3例報告したが、代表的なものから特殊なものまで、その原因は事業場ごとに大きく異なっていた。適切な改善指導のためには、迅速な原因究明が必要であり、そのためには各事業場等の製造工程及び処理工程や、その特徴への理解はもちろんのこと、思いもよらない原因であることもあり、いつもとは違う違和感にも気づく目が必要であると考え。そのためには、多くの事業場への立入り検査や改善指導をとおして、様々な業種での現場経験を積み重ねていくことが重要である。

参考文献

- 1) 檜原ほか 「生活排水中の生活用品由来の有害元素の分析」 用水と排水 Vol. 44 No. 11(2002)