

7. 下水処理場における重金属類等の除去に関する調査

下水処理研究室 室長 南山 瑞彦
研究官 山縣 弘樹

1. 背景及び目的

近年の環境中の化学物質の管理に係る制度の新設、改定により、下水道での対応が必要となる化学物質が多くなっている。

特に、平成 15 年度に新たに水生生物の保全の観点から生活環境項目として設定された亜鉛については、その環境基準の維持・達成を図るため、現在は、5mg/l である一律排水基準の強化を行うべきことが中央環境審議会水環境部会において示された。亜鉛については、都市部等において工場・事業場等からの人為的原因によると考えられる超過事例がみられる¹⁾ことから、これらの排水を受け入れている下水道においてもその実態を把握することは重要である。

そこで、亜鉛の下水処理場における挙動について実態把握を行うとともに、下水道における亜鉛の除去対策について検討を行った。

2. 研究内容

2.1 亜鉛の下水処理場における挙動実態の解明

(1) 方法

亜鉛の下水処理場における挙動を把握するために、標準活性汚泥法及びオキシデーションディッチ法を採用している下水処理場を全国から 6 箇所選定し、下記の要領で実態調査を行った。

- ① 実施期間：平成 17 年 12 月～18 年 2 月のうち 1 日間。
- ② 採水方法：流入水については 3 時間おきに 24 時間採水した試料を分析して日間変動水質を把握し、最初沈殿池流出水（最初沈殿池を設けている処理場のみ）と最終沈殿池流出水については 3 時間間隔の流量比例コンポジット試料を分析して日間平均水質を把握した。また返送汚泥・余剰汚泥等は 3 時間間隔で採取したものを等量混合した。
- ③ 亜鉛の対象試料：全量試料と溶解性試料（孔径 1 μ m のメンブレンフィルタでろ過したもの）
- ④ 分析方法：日本工業規格 K0102（工業排水試験方法）53 に定める方法のうち、ICP 発光分光分析法または ICP 質量分析法とした。全量試料の前処理については、下水試験方法（下巻第 2 章第 2 節 試料の前処理）に準じた。なお、新たに設定された全亜鉛の環境基準値が最小で 0.01mg/l（海域の特別域）であることから、今回の調査での定量下限値は、0.01mg/l 以下となるように精度管理を行った。

(2) 結果

調査対象箇所の流入水の濃度は、0.09～0.75mg/l（全量）、0.01～0.19mg/l（溶解性）の間に分布していた。亜鉛の下水処理場での挙動を把握するため、流量に濃度を乗じたフラックスについて、流入水を 1 として最終沈殿池流出水、汚泥への移行量を見た結果を表 1 に示す。なお、最終沈殿池流出水への移行量を「放流量」と記した。

亜鉛の流入量に対する放流量と汚泥への移行量の合計は 1 前後で、概ね物質収支がとれていた。D～F の処理場では、放流水への移行率が比較的大きかった（0.39～0.78）。これらの処理場では、流入水中の亜鉛に占める溶解性比率が 37～71%と他の処理場に比べ高かった。また、最終沈殿池流出水中の

亜鉛の溶解性比率は、流入水中の亜鉛の溶解性比率より高い傾向にあった。これらのことから、溶解性の亜鉛は、下水処理場で汚泥に移行せず、放流水として水域へ流出する傾向があることが示唆された。

表—1 下水処理場における亜鉛の挙動調査結果

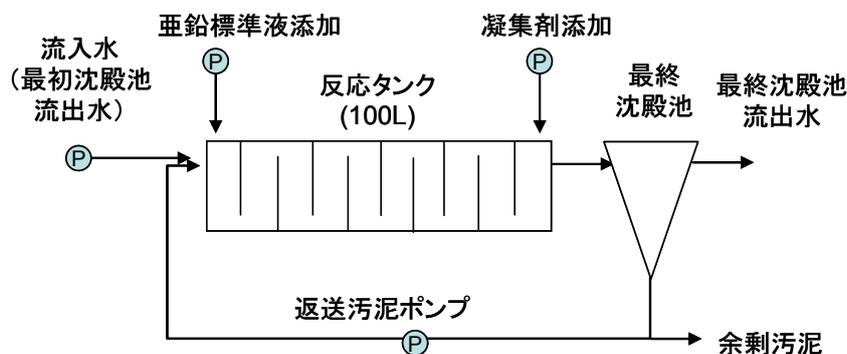
| 処理場 | 流入量 | | | 放流量 | | | 汚泥移行量② | | 物質収支 ①+② | 処理法 |
|-----|------|------|-------|------|------|-------|--------|-------|-------------|-------------|
| | 全量 | 溶解性 | 溶解性比率 | 全量① | 溶解性 | 溶解性比率 | 最初沈殿池 | 最終沈殿池 | | |
| A | 1.00 | 0.06 | 6% | 0.23 | 0.15 | 66% | — | 0.85 | 1.08 | OD法 |
| B | 1.00 | 0.03 | 3% | 0.08 | 0.05 | 65% | 0.39 | 0.47 | 0.94 | 標準法 |
| C | 1.00 | 0.13 | 13% | 0.33 | 0.13 | 40% | — | 0.54 | 0.87 | OD法 |
| D | 1.00 | 0.71 | 71% | 0.78 | 0.78 | 100% | — | — | 0.78 | OD法(汚泥引抜無し) |
| E | 1.00 | 0.57 | 57% | 0.44 | 0.38 | 86% | — | 0.55 | 0.99 | 標準法(初沈無し) |
| F | 1.00 | 0.37 | 37% | 0.39 | 0.35 | 91% | — | 1.41 | 1.80 | 標準法(初沈無し) |

(流入量の全量=1として標準化)

2.2 亜鉛の下水道における除去対策の検討

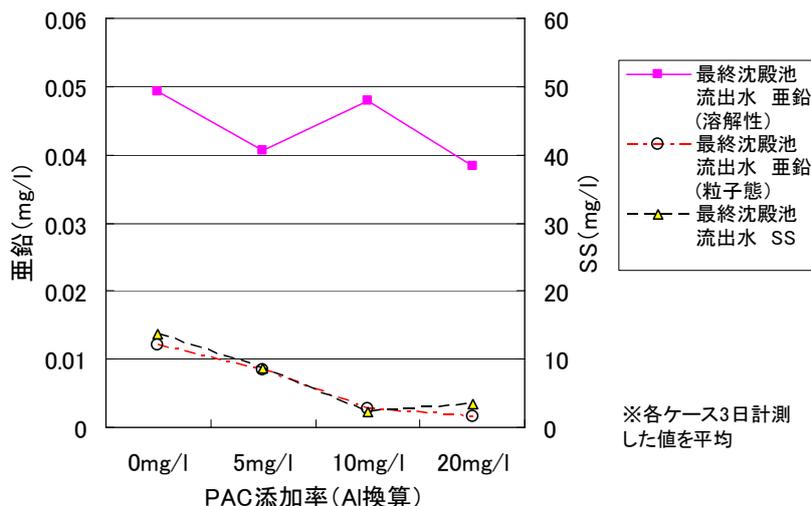
(1) 凝集剤添加による亜鉛除去性能の検討

下水処理場において放流水中の亜鉛濃度を減少させるためには、溶解性の亜鉛を凝集沈殿させて汚泥へ移行させる方法が考えられる。一般に、高濃度の亜鉛排水を処理する工場排水処理施設においては、pHを10程度に調整し溶解度を下げた後、凝集沈殿する手法が採用されている。しかし、工場排水に比べ低濃度で亜鉛が流入する下水処理場においてpH調整を行うことは現実的ではないと考えられた。そこで、下水処理場でりんの除去等に用いられる凝集剤であるPAC(ポリ塩化アルミニウム)を反応タンクに添加する凝集剤添加活性汚泥法による最終沈殿池流出水中の亜鉛の除去性能について、実下水(最初沈殿池流出水)を用いたパイロットプラント(容量100L)を用いて検討を行った。検討では、流入亜鉛濃度が0.1mg/l程度になるように亜鉛標準液を添加した。パイロットプラントの構造を図—1に示す。HRTは8.3時間、MLSSは2000mg/l程度、SRTは10日程度となるように運転を行った。



図—1 パイロットプラントの構造

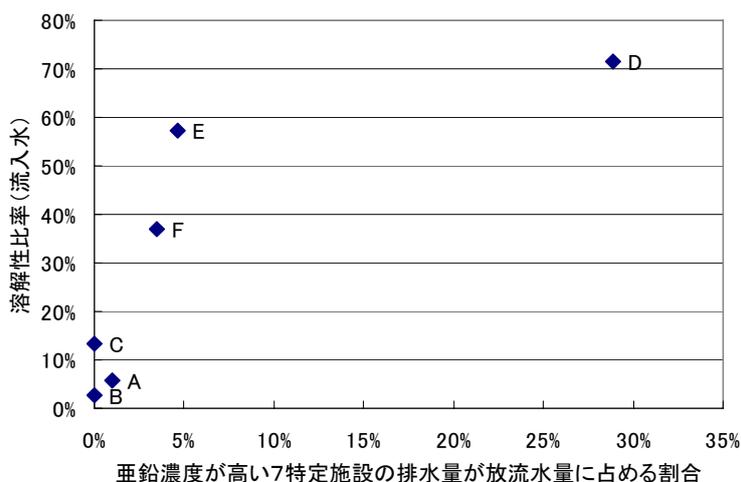
その結果、PAC添加率を5,10,20mg/l (Al換算)と増加させた場合、最終沈殿池流出水中のSSの減少にともない懸濁態(全量-溶解性)の亜鉛も減少するが、溶解性の亜鉛の除去効果の向上は見られなかった(図—2)。



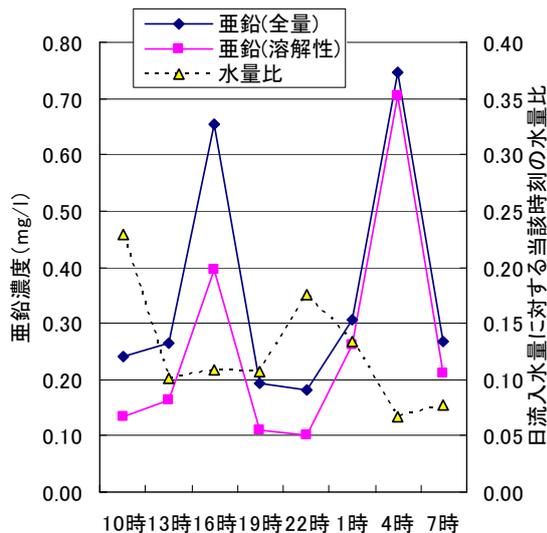
図—2 凝集剤（PAC）添加による最終沈殿池流出水中の亜鉛濃度の変化
（パイロットプラント実験の結果）

（2）特定施設の排水量比率と溶解性亜鉛濃度の関係

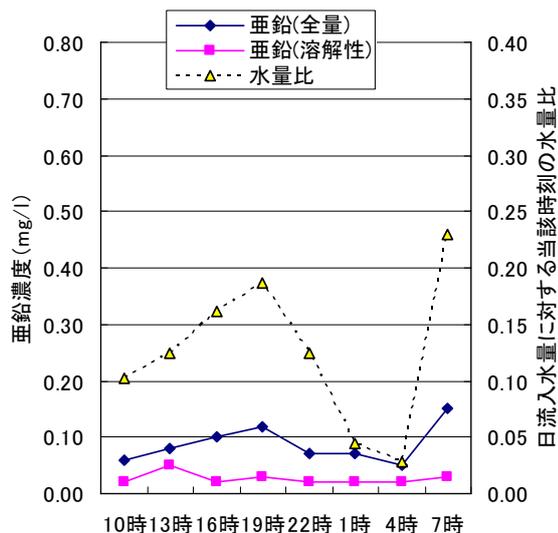
次に、溶解性の亜鉛について、下水処理場ではなく発生源での除去を行うことの効果を検討するため、(1)の実態調査の対象とした下水処理場について、排水中の亜鉛濃度が高い²⁾7種類の特定施設（以下、「亜鉛関連特定施設」という）の水量が、当該下水処理場の放流量に占める割合と、溶解性亜鉛の比率との関係を調べた（図—3）。なお、7種類の特定施設とは、環境省「平成16年度水質汚濁物質排出量総合調査」²⁾において、排水データの届出があった事業場数が10箇所以上、かつ排水中の亜鉛濃度の平均値が0.3mg/l以上、かつ最大値5mg/l以上となる代表特定施設（鉱業又は水洗炭業の用に供する施設[1-1]、無機顔料製造業の用に供する施設[26]、金属製品製造業又は機械器具製造業の用に供する施設[63-1]、酸又はアルカリによる表面処理施設[65]、電気めっき施設[66-1]、飲食店に設置される厨房施設[66-5]、洗濯業の用に供する洗浄施設[67]）とした。



図—3 下水処理場流入水中の亜鉛の溶解性比率と特定施設水量比の関係



図一四 亜鉛関連特定施設水量比 29%の下水処理場(D)における亜鉛の流入水日間変動水質



図一五 亜鉛関連特定施設水量比 0%の下水処理場(C)における亜鉛の流入水日間変動水質

図一三から、亜鉛関連特定施設の排水量の割合が高い下水処理場ほど、流入水中の亜鉛の溶解性比率が高い傾向にあることが明らかとなった。また、亜鉛関連特定施設水量比 29%の下水処理場(D)と、亜鉛関連特定施設水量比 0%の下水処理場(C)における亜鉛の流入水日間変動水質を図一四、五に示す。亜鉛関連特定施設水量比 0%であり、生活排水が主体である処理場Cでは、流入水中亜鉛濃度(全量)は、流入水量の時間変動に応じて、0.1mg/l程度から±0.05mg/l程度の幅で変動していたが、亜鉛濃度(溶解性)はほとんど変動が見られなかった(図一五)。一方、亜鉛関連特定施設水量比 29%の処理場Dでは、流入水量の少ない時間帯(16時、4時)に流入水中亜鉛濃度、特に溶解性亜鉛濃度が高くなっていった(図一四)。処理場Dの亜鉛関連特定施設は、処理場の流入直前にある1事業場のみであり、生活排水の流量が少なくなる16時、4時の時間帯には、工場排水の占める割合が相対的に高くなったため、この時間帯に溶解性亜鉛の濃度が高くなったと考えられた。

したがって、下水処理場からの亜鉛の放流量の削減のためには、これら亜鉛の排出濃度の高い特定施設からの排水の亜鉛、特に溶解性の亜鉛濃度を低減することが効果的である可能性が示唆された。

3. 結論

平成15年度に水生生物保全に係る環境基準に設定された亜鉛について、流入水中の濃度の比較的高い下水処理場において実態調査を実施した。その結果、流入水に含まれる亜鉛のうち多くが溶解性の亜鉛であり、溶解性亜鉛は通常の活性汚泥処理過程ではあまり汚泥へ移行せず放流水として水域へ流出する傾向があることが示唆された。放流水中の亜鉛濃度を減少させるためには、凝集剤(PAC)添加活性汚泥処理法では溶解性の亜鉛の除去はあまり期待できず、亜鉛濃度が高いとされる電気めっき施設等の特定施設の排水中の亜鉛、特に溶解性の亜鉛濃度を低減することが効果的である可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 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5回)、水生生物の保全に係る排水規制等の在り方について(案)
- 2) 環境省、平成16年度水質汚濁物質排出量総合調査