

原著

各種事業所における亜鉛排出負荷量の評価

白川ゆかり・田中義人・鳥羽峰樹・熊谷博史・松尾宏

全亜鉛が水生生物保全環境基準項目に設定され、特定事業所における排水基準が2mg/Lに引き下げられた。水系における全亜鉛濃度の予測・推計を行う上で、事業所の全亜鉛の排水状況の把握が求められることから、各種事業所における使用水、原水及び処理水について全亜鉛の排水状況の調査を行った。その結果、原水、処理水において特定施設番号65の酸・アルカリ表面処理施設の全亜鉛濃度が他の施設と比較して高いことが分かった。また、各事業所において、日排水量と亜鉛の日排出負荷量に有意な相関が認められ、相関式の利用によって、日排水量から亜鉛の日排出負荷量が概ね推測できることが分かった。

[キーワード：全亜鉛、溶存態亜鉛、事業所排水、排出負荷量]

1 はじめに

2003年、水質汚濁に係る環境基準の生活環境項目に水生生物保全の観点から新たに全亜鉛が設定され、2006年度より水質汚濁防止法に基づく特定施設を設置する事業所（以下特定事業所）の排水基準が従来の5mg/Lから2mg/Lに引き下げられた。福岡県内の河川、海域、ダム湖の全亜鉛濃度は一部の河川を除いて概ね環境基準値を満足しているが、やや濃度の高い水域も見られる。公共用水域の類型指定、改変を伴う開発行為など環境影響評価において、亜鉛濃度の予測手法の確立が求められている。

亜鉛の排出源は多岐にわたっており¹⁾、路面排水²⁾の他に、産業系排水¹⁾、生活系排水³⁾、下水道排水⁴⁾などがある。産業系排水の負荷量の推計方法として、PRTR法の届出数値を利用する方法⁵⁾と水質汚濁防止法関連の実測値を利用する方法がある。ここでは後者の方法を対象とした。その際に、事業所の全亜鉛の排水状況を把握することが求められるが、県内の届出事業所は平成20年3月31日時点で6,184⁶⁾であり、全ての事業所について実測値からの亜鉛排出負荷量算出は困難である。

そこで、簡便に亜鉛排出負荷量を算出するため、排水量からの亜鉛排出負荷量の算出方法を検討したので報告する。

2 調査方法

調査方法として、2007年10月-2008年3月に政令市、特例市を除く福岡県内の25種37特定事業所に対して使用水42検体、排水処理前の排水（以下原水とする）40検体、排水処理後の排水（以下処理水とする）39検体の計121検体を採水した。複数の使用水がある場合や処理工程が分かれている場合などには、可能な限り聞き取り調査を

行った上で試料を採取した。事業所の区分には、届出事業台帳に記載された水質汚濁防止法施行令別表第一に掲げる特定施設番号（以下特定施設番号）を利用した。採取した試料について、pH、全亜鉛（T-Zn）、溶存態亜鉛（D-Zn）、懸濁物質（SS）をそれぞれJIS K 0102に準じて測定を行った⁷⁾。

亜鉛の前処理としてT-Znは、試料10mLに内部標準液（イットリウム）と検水の量に対して2%となるように硝酸を加え、沸騰水浴中で1時間分解が完全に行われるまで硝酸を加え分解を行った。また、D-Znは0.45 μ mのメンブランフィルターを通過させた後、T-Znと同様に前処理を行った。前処理終了後、ICP発光分光分析装置（Varian社、VISTA Pro-AX）で亜鉛濃度測定を行った。

3 結果および考察

3・1 使用水、原水及び処理水中の亜鉛濃度

今回測定した特定事業所の内訳を表1に示す。特定施設番号73下水道終末処理施設の日平均排水量は10,090m³、特定施設番号21-3合板製造業の日平均排水量は0.61m³と排水量にばらつきが認められる。また使用水42検体のうちT-Zn0.45mg/Lの亜鉛が含まれている水を使用している施設があった（図1）。

原水40検体についてT-Zn、D-Zn及びSS濃度を特定施設ごとに平均した値を図2に示す。T-Znの最高値は、特定施設番号65の酸・アルカリ表面処理施設の10.2mg/Lで、その他の施設は排水基準の2mg/L以下であった。特定施設番号65のD-Znは0.32mg/LとT-Znに対して低いことから懸濁態亜鉛の寄与が大きいことが分かる。

また、原水のpHとD-Zn/T-Znとの関係を図3に示す。中性付近では、D-Zn/T-Znの比にばらつきがあり溶存態亜

鉛の寄与が大きいものから小さいものまでさまざまであった。しかし酸性側では、D-Zn/T-Znの比が1に近く溶存態亜鉛の寄与が大きく、またアルカリ側では溶存態亜鉛がほとんど検出されず、溶存態亜鉛の寄与が小さいことが分かった。

表1 特定事業所内訳

特定施設番号	業種	事業所数	平均排水量 (m ³ /日)
1-2	畜産農業	1	1.12
2	畜産食料品製造業	2	62.79
3	水産食料品製造業	1	21.44
4	野菜等食料品製造業	2	90.57
5	みそ等製造業	1	12.69
10	飲料製造業	1	118.42
16	めん類製造業	1	26.03
17	豆腐等製造業	2	15.25
19	繊維製品製造業	1	75.22
21-3	合板製造業	1	0.61
23	紙製造業	2	909.54
23-2	印刷業	1	5.33
27	無機化学工業製品業	1	578.09
51-2	ゴム製品製造業	1	1235.75
54	セメント製造業	1	4.51
55	生コン製造業	2	83.76
61	鉄鋼業	1	53.81
63	金属製品製造業	2	584.74
65	酸又はアルカリ表面処理施設	2	63.17
66	電気めっき施設	1	110.39
66-2	旅館業	2	16.11
67	洗たく業	1	7.68
71	自動車両洗浄施設	2	15.07
72	し尿処理施設	3	258.52
73	下水道終末処理施設	2	10090.47
	合計	37	

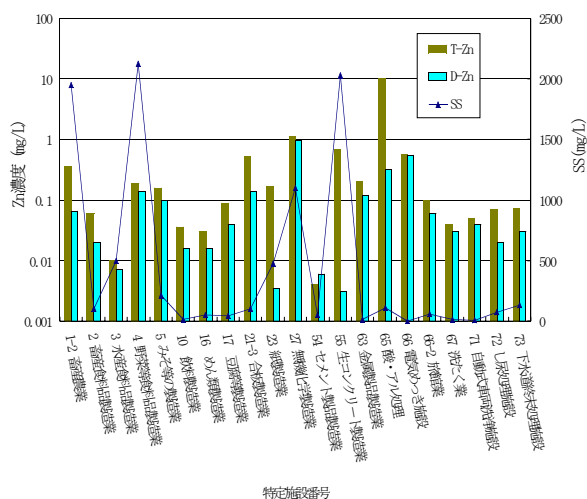


図2 原水におけるZnとSSの関係

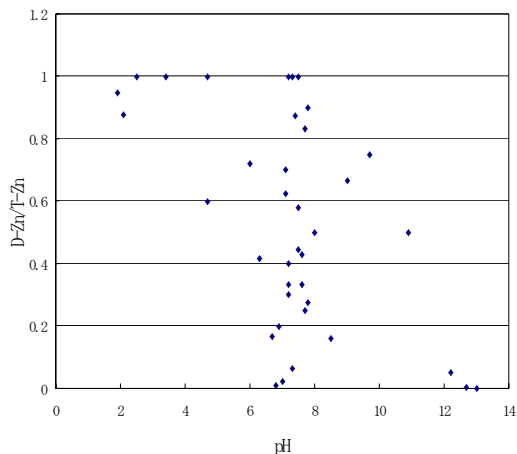


図3 原水におけるpHとD-Zn/T-Znの関係

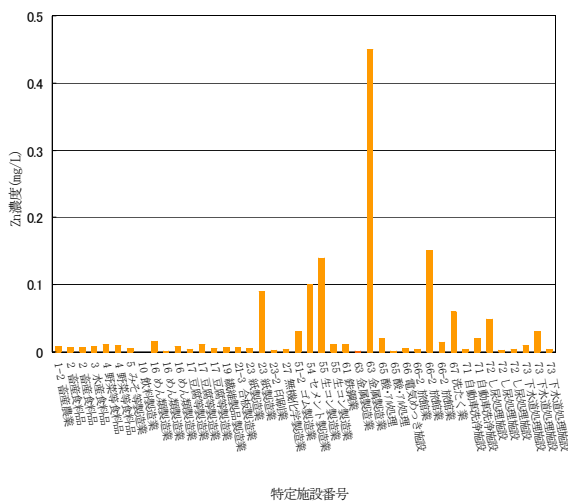


図1 使用水のT-Zn濃度

処理水39検体についてT-Zn、D-Zn及びSS濃度を特定施設ごとに平均した値を図4に示す。T-Znの最高値は、原水同様特定施設番号65の酸・アルカリ表面処理施設の0.32mg/Lで、次いで特定施設番号1-2の畜産農業、2の畜産食料品製造業、51-2のゴム製造業が高値だった。この4特定施設のT-Znが高値になる原因として、特定施設番号65の酸・アルカリ表面処理施設では錆止め処理にリン酸亜鉛を使用する場合や溶融亜鉛メッキの原材料として亜鉛を使用している事業所があり、特定施設番号1-2の畜産農業では、抗菌剤ないし抗生物質としての亜鉛バシトラシンがサプリメントとして亜鉛メチオニンや炭酸亜鉛が飼料に混入されている。特定施設番号2の畜産食料品製造業では、肉の色をきれいに見せるため、従来使用されていた亜硝酸に代えて亜鉛プロトポルフィリンが使用されており、それも亜鉛濃度が高い一因と思われる。

また、特定施設番号51-2のゴム製造業では、酸化亜鉛を加流促進助剤として大量に使用していることが亜鉛濃度が高い要因と考えられる。

特定施設番号2の畜産食料品製造業では、T-Zn濃度に対してD-Zn濃度が低くなっていた。これは、畜産食料品にはZnが多く含まれていることが知られており、D-Znが低く懸濁態亜鉛が大部分を占めていることから、畜産食料品製造業の亜鉛排出の原因は畜肉にあると思われる。よって、T-Zn濃度に対してD-Zn濃度が低くなっていると考えられる。

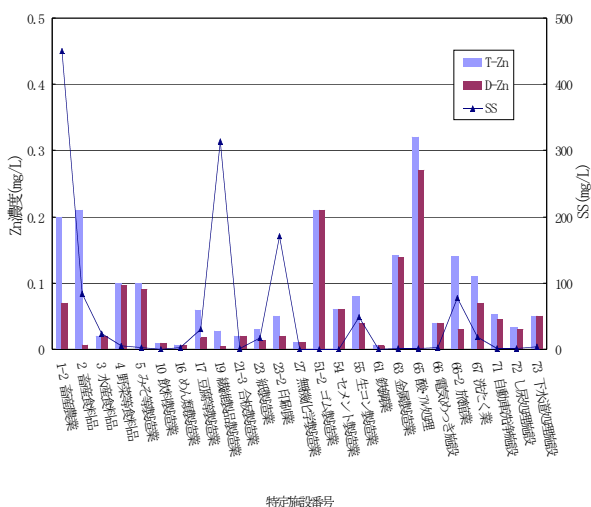


図4 処理水におけるZnとSSの関係

3・2 亜鉛の処理施設別除去率

日排水量が1日50m³以上の特定施設12種18事業所についてT-Znの排水処理施設別の除去率を図5に示す。T-Zn除去率は原水と処理水のT-Znの濃度差を原水のT-Zn濃度で除して求めた。T-Zn除去率が0%でもどのような排水処理を行っているか分かるように棒グラフに示した。その結果、排水処理を行っても原水と処理水のT-Zn濃度がほとんどかわらない施設があった（特定施設番号3, 4, 23, 54）。これらの施設は、原水のT-Zn濃度が低いため、除去率にばらつきがみられる生物処理による排水処理やその他亜鉛を除去する排水処理でなかったことによるものと考えられる。

また、原水および処理水ともにT-Znの値が高かった特定施設番号65の酸・アルカリ表面処理施設や通常亜鉛の使用量が多いとされる特定施設番号66の電気めっき施設では、凝集沈殿による処理が行われT-Zn除去率は概ね90%以上と高いのに対し、特定施設番号5のみそ等製造業、10の飲料製造業及び特定施設番号73の下水道処理施設など生物処理による排水処理を行っている施設では、T-Zn除去率にばらつきがみられ除去率が30%以下となる施設もあった。

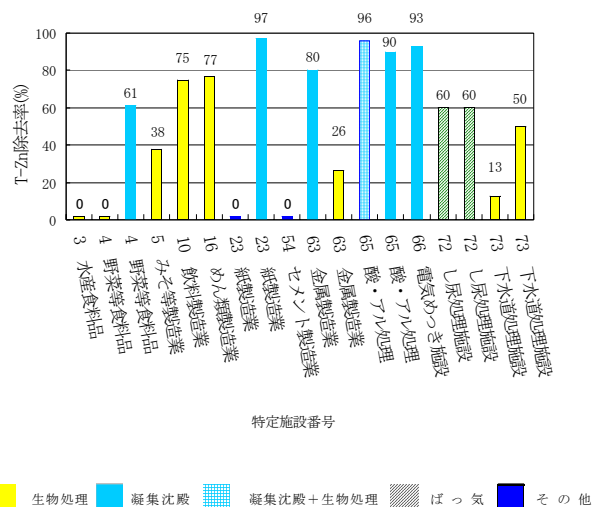


図5 T-Zn除去率

3・3 亜鉛の日排出負荷量

処理水のT-Zn及びD-Zn濃度及び日排水量から算出した特定施設ごとのZnの日排出負荷量を図6に示す。特定施設番号73の下水道終末処理施設のT-Zn排出負荷量が504g/dayと高値であった。これは処理水のT-Zn濃度は0.05mg/Lと低値であるものの日平均排水量が多いためである。次に高いのは、特定施設番号51-2のゴム製品製造業で259g/dayであった。また特定施設番号2の畜産食品製造業では、T-Znが13.18g/day、D-Znが0.4g/dayとT-ZnとD-Znとの間で差が認められた。Znはほとんどの業種でD-Znとして排出されるが、特定施設番号2の畜産食品製造業では懸濁態亜鉛の寄与が大きく、Znが多く含まれる原材料がSS分として排水に混入していることが考えられる。おそらく、特定施設番号1-2の畜産農業、17の豆腐等製造業、66-2の旅館業でも同様のことがいえるのではないかと考えられる。

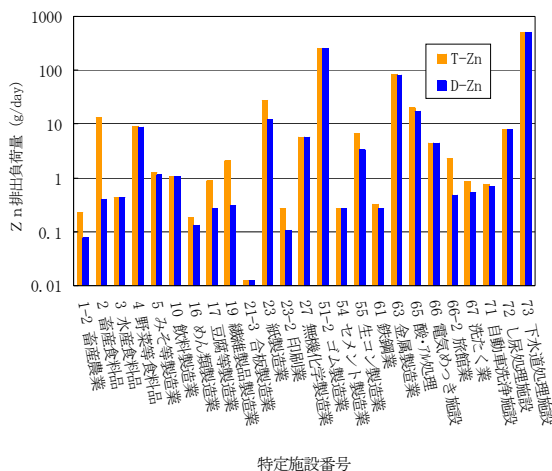


図6 各事業所のZnの日排出負荷量

日排水量とZn排出負荷量の関係をT-Zn、D-Znごとに図7、8に示す。表1でも示したように日排水量が最も多いのは、特定施設番号73の下水道終末処理施設である。次いで、51-2のゴム製品製造業、23の紙または紙加工品製造業、63の金属製品製造業、27の無機化学工業製品製造業の順に日排水量が多く、これらは亜鉛排出負荷量も大きい。各事業所において日排水量と亜鉛の日排出負荷量に相関が認められ、日排水量から亜鉛排出負荷量が推測できると考えられる。この結果は実測値を求める機会の少ない日排水量が50m³未満の事業所で利用できると考えられる。

各事業所及び各業種により、亜鉛排出濃度に大きな差がみられるが、排出濃度の高い業種は概して排水量が少なく、全体をみると排水量がZn排出負荷量を決定づけると考えられる。

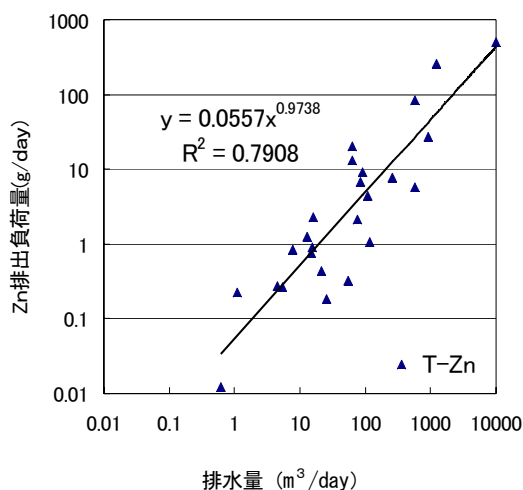


図7 T-Znにおける排水量とZn排出負荷量の関係

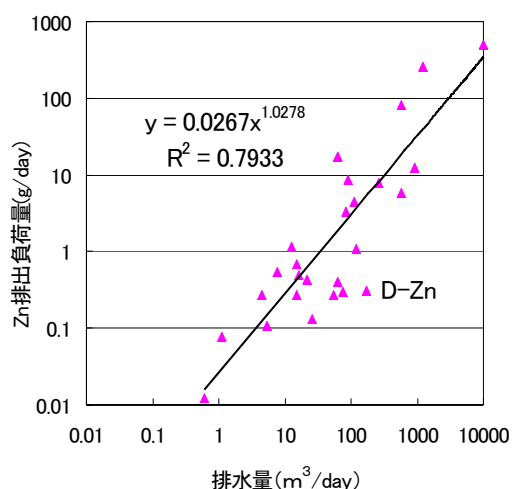


図8 D-Znにおける排水量とZn排出負荷量の関係

4. まとめ

事業所排水における亜鉛排出負荷量の評価を行った。原水、処理水ともにT-Zn濃度が高値であったのは特定施設番号65の酸・アルカリによる表面処理施設であった。日排出負荷量を算出してみると、特定施設番号73の下水道終末処理施設が大きいことがわかった。これは処理水の亜鉛濃度は0.05mg/Lと低値であるものの日平均排水量が多いためと考えられた。亜鉛排出負荷量は日排水量と有意な相関があり、各種事業所において日排水量より亜鉛排出負荷量が概ね推測できることが分かった。

謝辞

本調査の実施にあたり、福岡県環境部環境保全課水質係及び当該保健福祉環境事務所の環境課の職員の方々のご協力を頂いたことを深謝します。また、本調査結果をまとめるにあたり、(財)鉄鋼環境保全技術開発基金の助成を受けました。ここに記して謝意を表します。

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：水生生物の保全に係る排水規制等のあり方について（答申），平成18年4月。
- 2) 新矢将尚他：高速道路排水における汚濁負荷の流出の特性，用水と排水，44，3，207-213，2002。
- 3) 森忠洋他：家庭から下水に抽出される重金属の原単位，水質汚濁研究，10，7，415-422，1987。
- 4) 磯崎雄一他：下水処理工程水及び放流先河川における亜鉛、銅、ニッケルの形態分析，環境学会誌，19，5，445-452，2006。
- 5) 内藤航他：詳細リスク評価書：亜鉛，(独)産業技術総合研究所化学物質リスク管理センター，平成19年5月。
- 6) 福岡県：平成20年度版 環境白書，2008。
- 7) 工場排水排水試験法 JIS K 0102，2008。

Evaluation of the Runoff Load of Zinc in Various Industrial Wastewater
Yukari SHIRAKAWA, Yoshito TANAKA, Mineki TOBA,
Hiroshi KUMAGAI and Hiroshi MATSUO

Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan

Total zinc was set as an environmental quality standard for protecting aquatic life, and therefore, the national standard of total zinc for industrial wastewater was revised to 2mg/L or less. We investigated total and dissolved zinc for various industrial water such as tap water, wastewater and treatment water in order to control the environmental quality of zinc throughout the river system prefecturewide. As the result, total zinc load of wastewater from metal products manufacturing industry with acid or alkali treatment was higher than that of others. Moreover, there was a significant relationship between the daily volume of effluent and daily zinc load in various industrial wastewater. A regression equation facilitated the estimation of daily zinc load based on the daily volume of effluent even if we could not investigate the zinc concentration of effluent in an industry.

[Key word ; total zinc, dissolved zinc, industrial wastewater, effluent load]