

短報

大牟田市内河川における懸濁物質中の亜鉛について

鳥羽峰樹・田中義人・白川ゆかり*・熊谷博史・松尾宏

公共用水域水質常時監視調査で、大牟田市内の一部試料から全亜鉛が特異的な高濃度で検出されたため原因説明調査を実施した。その調査の中で河川底質を用いて作成した模擬試料中の懸濁物質の亜鉛含有量は、干潮時刻前後に採取した河川水試料中の懸濁物質の亜鉛含有量と同レベルであった。河川水採取日が晴天であったため、風雨などによる高濃度粒子状物質の流入が無く懸濁物質の大部分が底質の巻き上げによるものと推定された。本調査で実施したように簡単な手法を用いて河川底質から作成した模擬試料を分析することにより、平常時の河川水中の懸濁物質の亜鉛含有量が推定でき、SS濃度から懸濁態亜鉛濃度が計算できた。

[キーワード：亜鉛、懸濁物質、河川、底質]

1 はじめに

平成18年5月10日の大牟田市内河川調査において、全亜鉛が環境基準点9地点のうち3地点で環境基準値(0.03mg/L)を超過した。そのうち、大牟田川の五月橋については、定常的に全亜鉛が検出され、その原因説明について調査を続けているところであるが、諏訪川の三池鉄道河口鉄橋及び堂面川の新堂面橋については、通常は0.01mg/L以下である。しかし、当日の調査に限り、それぞれ0.12mg/L及び0.07mg/Lで特異的に高濃度であったことから、その原因説明のため、諏訪川及び大牟田川で調査を行った。この調査の中で河川水中の懸濁物質に含まれる亜鉛について若干の知見を得たので報告する。

2 調査方法

2・1 基準値超過時の概要

平成18年5月10日の調査結果は表1に示すとおり特に新堂面橋及び三池鉄道河口鉄橋の懸濁物質(SS)濃度が他地点に比べて非常に高く、SSに含まれる亜鉛によって全亜鉛濃度が高くなったと考えられる¹⁾。SSが増加した原因としては、次のことが推察できる。平成18年5月10日は中潮で干潮時刻は13時23分、干潮時の三池港の潮位は103cmであり²⁾、新堂面橋、五月橋及び三池鉄道河口鉄橋の採水が12時43分から13時22分にかけて行われたため、潮位の変化による底質の攪乱や水位低下による採水時の底質の巻き上げが起こったと考えられる。また、気象庁の気象統計情報によると当

日大牟田の日降水量が57mmで、図1に採水時間前後の10分ごとの降水量を示したように³⁾、12時30分から13時30分にかけて強雨が記録されており、急な増水による底質攪乱や道路粉塵等のフラッシュアウトの影響も考えられる。

表1 平成18年5月10日の大牟田市内河川調査結果

河川名	測定地点名	時分	SS (mg/L)	全亜鉛 (mg/L)
諏訪川	馬場町取水堰	10:50	7	< 0.01
堂面川	御幸渡橋	11:10	48	< 0.01
白銀川	三池電力所横井堰	11:33	8	< 0.01
隈川	塚崎橋	11:48	24	< 0.01
隈川	二池干拓内橋	12:12	16	< 0.01
白銀川	新川橋	12:31	4	< 0.01
堂面川	新堂面橋	12:43	228	0.07
大牟田川	五月橋	13:02	53	0.15
諏訪川	三池鉄道河口鉄橋	13:22	138	0.12

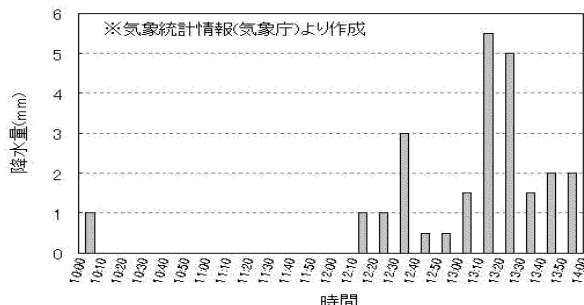


図1 平成18年5月10日の降水量経時変化

福岡県保健環境研究所 (〒818-0135 太宰府市大字向佐野39)

*福岡県田川保健福祉環境事務所 (〒825-8577 田川市大字伊田松原通り3292-2)

2・2 底質調査

降雨時増水、潮位変化による底質攪乱及び採水時の底質巻き上げの影響を評価するために大牟田川の住吉橋、諏訪川の片平橋及び諏訪橋において底質を採取した。試料の採取は平成20年8月8日及び平成21年1月27日に行った。試料の調製は、底質調査方法の湿試料の調製方法に準じて行い、含水率及び亜鉛含有量を分析した。

2・3 水質調査

潮位の変化による底質の攪乱、または、水位低下による底質の巻き上げによる影響を検討するために、当日の条件に近い平成21年1月27日(大潮、干潮時間16時5分、干潮時の三池港の潮位90cm)に諏訪川の三池鉄道河口鉄橋の採水地点(諏訪橋)及び大牟田川の五月橋下流の住吉橋において、干潮時間2時間前から3時間後まで、1時間毎にバケツで表層水を採取した。これらの試料を実験室に持ち帰り、全亜鉛濃度(T-Zn)、溶存態亜鉛濃度(D-Zn)及びSSを分析し、T-ZnとD-Znの差から懸濁態亜鉛濃度(P-Zn)、SSとP-ZnからSS中の亜鉛含有量(SS中Zn)を算出した。計算式は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{P-Zn(mg/L)} &= \text{T-Zn(mg/L)} - \text{D-Zn(mg/L)} \\ \text{SS中Zn}(\mu\text{g/g-SS}) &= \text{P-Zn(mg/L)} / \text{SS(mg/L)} \times 1000000 \end{aligned}$$

2・4 懸濁模擬試料

底質がSSの原因となった場合の懸濁試料のP-Znを推定するために、次の実験を行った。図2に示すように底質試料約1gを1Lのポリ容器に採り精製水700mLを加えて約1時間振とうする。室温で一定時間静置した後に上澄み500mLを採取して懸濁模擬試料とした。振とう後の静置時間を0、10、60分と変化させてT-Zn、D-Zn及びSSを分析し、P-Zn及びSS中Znを算出した。

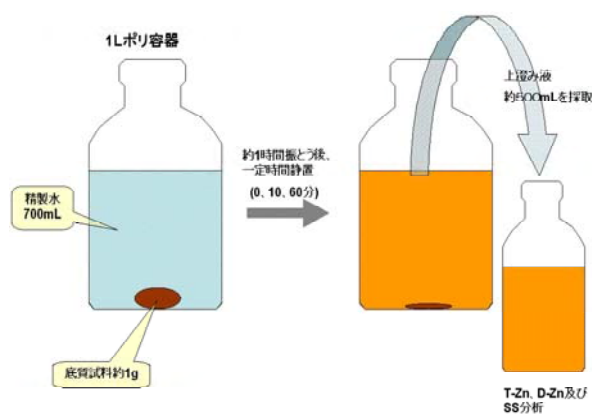


図2 懸濁模擬試料の作成方法

3 結果及び考察

3・1 底質調査

亜鉛含有量を表2に示す。諏訪川の諏訪橋中央底質は62 $\mu\text{g/g-dry}$ で他に比較して低かった。諏訪橋右岸底質及び片平橋中央底質は273 $\mu\text{g/g-dry}$ 及び172 $\mu\text{g/g-dry}$ であった。また、大牟田川の住吉橋右岸底質は1120 $\mu\text{g/g-dry}$ であった。既存の研究で微量有害化学物質は粒子径の小さなSS分に付着して流出する割合が高いと報告されており⁴⁾、諏訪橋中央底質の亜鉛含有量が比較的低いのは、砂質であるため粒子径が大きいとためと考えられる。

表2 底質の亜鉛含有量

試料	性状	含水率(%)	Zn($\mu\text{g/g-dry}$)
諏訪橋中央	砂質	25.0	62
諏訪橋右岸	泥質	58.0	273
片平橋中央	泥質	42.9	172
住吉橋右岸	泥質	48.5	1120

3・2 水質調査

干潮時刻(L.W.)からの時間と水質との関係を、表3及び表4に示す。

表3 諏訪橋における水質調査結果

干潮時刻との時間差	水深(cm)	EC($\mu\text{S/cm}$)	SS(mg/L)	T-Zn(mg/L)	D-Zn(mg/L)	P-Zn(mg/L)	SS中Zn($\mu\text{g/g-SS}$)
LW-2:00	52	28000	18	0.008	0.003	0.005	278
LW-1:00	54	23300	12	0.007	0.004	0.003	250
LW-0:00	54	19300	18	0.011	0.006	0.005	278
LW+1:00	55	14500	13	0.009	0.004	0.005	385
LW+2:00	55	10500	12	0.008	0.004	0.004	333
LW+3:00	145	34600	27	0.011	0.003	0.008	296

表4 住吉橋における水質調査結果

干潮時刻との時間差	水深(cm)	EC($\mu\text{S/cm}$)	SS(mg/L)	T-Zn(mg/L)	D-Zn(mg/L)	P-Zn(mg/L)	SS中Zn($\mu\text{g/g-SS}$)
LW-1:45	57	34000	33	0.026	0.014	0.012	364
LW-0:45	20	27800	2060	0.870	0.041	0.829	402
LW+0:15	15	17700	286	0.143	0.021	0.122	427
LW+1:15	48	12100	129	0.086	0.017	0.069	535
LW+2:15	140	29000	46	0.049	0.029	0.020	435
LW+3:15	227	36400	34	0.036	0.022	0.014	412

諏訪橋については干潮時刻の2時間前から2時間後にかけて、水深は52~55cmでほとんど変化しなかったが、ECは28000 $\mu\text{S/cm}$ から10500 $\mu\text{S/cm}$ まで減少した。干潮時刻の3時間後には、水深145cmでECが34600 $\mu\text{S/cm}$ で潮の影響を受けて水位が上がってきている状況が確認できた。SSについても干潮時刻の2時間

前から2時間後にかけては、12~18mg/L でほとんど変化無く、干潮時刻の3時間後には水位変化の影響を受け27mg/L に増加した。亜鉛濃度については、T-Zn は 0.007 ~ 0.011mg/L、D-Zn は 0.003 ~ 0.006mg/L であった。P-Zn は計算により 0.003 ~ 0.008mg/L であった。SS 中 Zn は表3に示すように 250 ~ 385 $\mu\text{g/g-SS}$ であった。この数値は諏訪川右岸底質の亜鉛含有量とほぼ同じレベルであり、水質試料中の SS の起源としては河川底質で説明できると考えられる。

一方、住吉橋については水深、EC とともに干潮時刻と対応した変化をしていた。SS については、水深が非常に浅く底質が攪乱された状況であり、干潮の45分前に 2060mg/L と非常に高い濃度であった。SS 中 Zn は 364 ~ 535 $\mu\text{g/g-SS}$ であり、住吉橋右岸底質の 1120 $\mu\text{g/g-dry}$ と比較して低い値であったが、採水場所が河川中央であり、兩岸付近は流速が遅く重金属類が蓄積しやすいこと⁵⁾を考慮するとばらつきの範囲内であると思われる。

3・3 懸濁模擬試料

静置時間ごとの懸濁物質量の変化を図3に示す。縦軸は添加した底質全量が懸濁物質となったときの SS 濃度を100%とした場合の静置時間ごとの SS 濃度の変化を示しており、諏訪橋右岸の底質では、静置時間0.5分のとき69.6%から徐々に沈降が進み60分後には38.8%となった。また、諏訪川中央の底質は砂質であるため、0.5分のとき5.6%、60分後に3.1%であった。

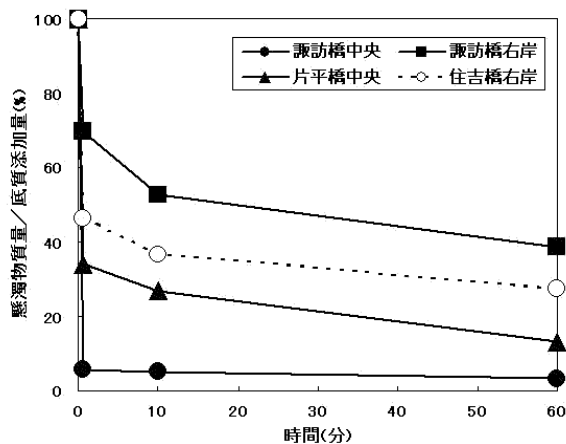


図3 添加した底質全量に対する懸濁物質量の割合

SS 中 Zn については、表5に示すように振とう後の静置時間が長いほど高い傾向が認められ、諏訪川では 244 ~ 355 $\mu\text{g/g-SS}$ で、静置時間が一定であればほぼ同じ値を示した。また、大牟田川の住吉橋でも 714 ~

856 $\mu\text{g/g-SS}$ であった。この実験結果から、底質に由来する懸濁物質は沈降速度の比較的遅い一部の粒子であり時間とともに徐々に沈降するが、巻き上げ直後から60分後経っても SS 中 Zn はほぼ同じレベルであることが分かった。

表5 懸濁模擬試料の分析結果

試料	振とう後静置時間(分)	SS (mg/L)	T-Zn (mg/L)	D-Zn (mg/L)	P-Zn (mg/L)	SS中Zn ($\mu\text{g/g-SS}$)
諏訪橋中央	0.5	108	0.030	<0.001	0.030	278
	10	97	0.029	<0.001	0.029	299
	60	62	0.022	<0.001	0.022	355
諏訪橋右岸	0.5	710	0.202	0.004	0.198	279
	10	630	0.195	0.005	0.190	302
	60	400	0.133	0.004	0.129	323
片平橋中央	0.5	550	0.146	0.003	0.143	260
	10	450	0.112	0.002	0.110	244
	60	225	0.075	0.002	0.073	324
住吉橋右岸	0.5	740	0.543	0.015	0.528	714
	10	600	0.493	0.013	0.480	800
	60	390	0.348	0.014	0.334	856

また、懸濁模擬試料の SS 中 Zn は河川水質試料のものと同レベルであり、諏訪川で採取した底質3検体の実験結果から同一河川の比較的近い場所で採取した底質であれば性状と亜鉛含有量はかなり異なっても実験によって得られる SS 中 Zn はほぼ同じであった。すなわち、底質が砂質か泥質かによって亜鉛含有量はかなり異なると思われるが、懸濁物質として水中に分散する粒子の亜鉛含有量は大きく変化しないと思われる。したがって、今回行ったような河川底質を用いた簡単な実験から晴天時の河川の SS 中 Zn が推定でき、SS 濃度から P-Zn を計算することができる。

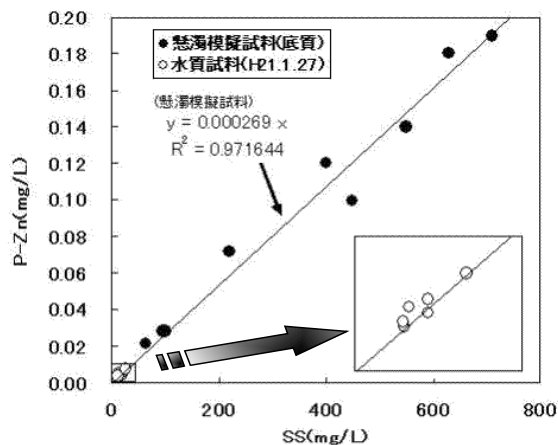


図4 諏訪川試料の SS と P-Zn との関係

諏訪川の懸濁模擬試料及び水質試料について、SS と P-Zn との関係を図4に示した。特異的に全亜鉛濃度が高かった平成18年5月10日の三池鉄道河口鉄橋の SS は138mg/L であり、図4の懸濁模擬試料の SS と P-Zn

の関係式より計算した P-Zn は0.037mg/L となる。しかし、実際の全亜鉛濃度は0.12mg/L であり、底質以外の何らかの汚染物質が流入したと推測できる。

松尾らの報告¹⁾で大牟田川中流域の七浦橋における降雨時の SS と P-Zn の関係は①式で表せた。①式の SS に138mg/L を代入すると、P-Zn は0.16mg/L となり、全亜鉛濃度の実測値に近似した。

$$[P-Zn]=0.00117 \times [SS] \cdot \cdot \cdot \textcircled{1}$$

平成18年5月10日の採水時には強雨が記録されており、その影響で道路粉塵などの高負荷物質が河川に流入した可能性もあるため、底質及び路上堆積物等を含む溶出モデルの検討が今後必要であると考えられた。

4 まとめ

諏訪川底質の亜鉛含有量は 62 ~ 273 μ g/g-dry、大牟田川の住吉橋右岸底質は 1120 μ g/g-dry で河川や性状などによる違いが見られた。これらの底質を使用して作成した懸濁模擬試料の SS 中 Zn は振とう後の静置時間0分~60分の場合、諏訪川底質3検体が 244 ~ 355 μ g/g-SS、大牟田川の住吉橋右岸底質が 714 ~ 856 μ g/g-SS であり、干潮時刻前後に採取した河川水試料の SS 中 Zn と同レベルであった。この理由は、河川水採取日が晴天で風雨などの影響をほとんど受けておらず、水位低下による底質攪乱の影響を主に受けて

(英文要旨)

Estimation of zinc as a suspended substance in the major rivers in Omuta city

Mineki TOBA, Yoshito TANAKA, Yukari SHIRAKAWA*, Hiroshi KUMAGAI and Hiroshi MATSUO

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

**Fukuoka Prefecture Tagawa health welfare environmental office,
Ita Matubaradori 3292-2, Tagawa, Fukuoka 825-8577, Japan*

Because zinc was detected in very high concentration during river monitoring in Omuta city on May 10, 2006, we carried out a further investigation. Most of the zinc concentration of the suspended substance of the river water was the same as the zinc concentration of the suspended substance which we made from the mud that we gathered in a river. If river water collection day occurred on a calm climatic condition, most of the suspended substance was found in the bottom mud. We estimated the concentration of suspended zinc in river water using a simple testing mud from the river bottom and then we were able to calculate suspended the concentration of zinc.

[Key words ; zinc, suspended substance, river, bottom mud]

いるためであると推定された。これらのことから、採水地点付近の河川底質から簡単な手法で作成した模擬試料を分析することにより、晴天時の河川水試料の SS 中 Zn が推定できる。

最後に、都市河川における感潮域亜鉛流出モデルの研究に対して研究助成を受けている財団法人鉄鋼環境基金に対して謝意を表す。

文献

- 1) 松尾宏他：都市河川における亜鉛の流出特性とその存在形態，福岡県保健環境研究所年報，35，98-101，2008.
- 2) (財)日本気象協会：2006年潮汐表，50，2006.
- 3) 気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)，気象統計情報，過去の気象データ検索，10分ごとの値.
- 4) 脇岡靖明，古米弘明：自動採水・測定装置を用いた分流式下水道排水区における長期連続雨天時都市ノンポイント負荷流出調査，水環境学会誌，26，4，237-242，2003.
- 5) 芦田賢一，駒井幸雄：底質分析をめぐる濃度変動 - 重金属を中心として - ，水環境学会誌，16，2，79-84，1993.