

## 水生生物と亜鉛濃度等の関係（試行的解析）

## 1 調査目的

水生生物の保全に係る水質環境基準として設定した全亜鉛について、フィールドにおける水生生物への影響を把握することを目的とし、全亜鉛が高濃度で検出されている水域を中心に水生生物の生息状況等を調査した。

なお、現地調査は、全亜鉛と同様な重金属類（カドミウム、鉛、銅、ニッケル）、要監視項目（フェノール類）、LAS(直鎖アルキルベンゼンスルホン酸)、ノニルフェノールが高濃度で検出されている水域についても行った。

## 2 調査内容

## (1) 調査項目

ア 水質：全亜鉛、pH、溶存酸素量等

イ 生物：動植物プランクトン、付着藻類、底生生物（水生昆虫）魚類等

## (2) 調査方法

ア 水質

公定法に定める方法

イ 生物

・動植物プランクトン

小型プランクトンネット(種類：定量用、口径：20cm、側長 50cm、網地：NXX17)を10分間設置し採集

・付着藻類

石等に付着している藻類を歯ブラシで剥ぎ取り採集

・水生昆虫

コードラート法(50cm×50cm)により採集し、また、石等に固着している水生昆虫を剥ぎ取り採集

・魚類

たも網や四手網を用いて採集し、また、びんどうを一晩設置して採集、目視観察

## (3) 調査河川

調査は15河川53地点で行った。表1に調査を実施した河川と選定理由を示した。

表1 調査河川とその選定理由

河川	都道府県	地点数	選定理由
鉛川	宮城県	4	全亜鉛、鉛、カドミウムの高濃度検出が確認された河川
海味川	山形県	4	全亜鉛の高濃度検出が確認された河川

河川	都道府県	地点数	選定理由
渡良瀬川	栃木県	5	全亜鉛、銅の高濃度検出が確認された河川
石田川	群馬県	3	全亜鉛の高濃度検出が確認された河川
柳瀬川	群馬県	4	全亜鉛の高濃度検出が確認された河川
板取川	岐阜県	2	バックグランド
奥嶽川	大分県	4	全亜鉛の高濃度検出が確認された河川
花貫川	茨城県	3	銅の高濃度検出が確認された河川
宮田川	茨城県	3	銅の高濃度検出が確認された河川
鴨川	埼玉県	4	LAS, ノニルフェノールの高濃度検出が確認された河川
滝沢川	山梨県	3	ニッケルの高濃度検出が確認された河川
梅田川	愛知県	5	フェノール類の高濃度検出が確認された河川
柳生川	愛知県	3	フェノール類の高濃度検出が確認された河川
黒川	福岡県	3	フェノール類の高濃度検出が確認された河川
浦川	熊本県	3	フェノール類の高濃度検出が確認された河川

### 3 調査結果

#### (1) 解析にあたっての留意事項

亜鉛の水生生物に対する毒性は、硬度等により異なる場合が考えられること（別添資料1参照）から、野外の水生生物への影響を解析する上では、これを考慮して解析する必要がある。

水生生物群集は、水域の有機汚濁や富栄養化によっても影響を受けていることを考慮して解析する必要がある。

#### (2) 解析対象

ここでは、調査対象とした全地点についての解析を行ったほか、上記留意事項を受け、我が国の平均的な硬度を示し、有機汚濁が少ないと考えられる地点（18地点）を抽出して解析を行った。

#### (3) 調査地点における水質と生物

各調査地点における水質と生物の種類数を表2に示した。なお、ここでは亜鉛の水生生物への影響をみるため、その場に生息し、長期間にわたって水質の影響を受けている「付着藻類」と「底生生物」について整理した。なお、表には解析の対象とした18地点も併記している。

表2 水質と生物種類数

都道府県	河川名	地点名	対象18地点	全硬度 (mg/L)	生物化学的酸素要求量 (BOD) (mg/L)	全亜鉛 (µg/L)	生物種類数		
							付着藻類	底生生物	
								カゲロウ類・カワゲラ類・トビケラ類	
宮城県	鉛川	St.1		63	<0.5	2,600	9	5	2
宮城県	鉛川	St.2		600	0.5	910	15	8	3

都道府県	河川名	地点名	対象18地点	全硬度 (mg/L)	生物化学的酸素要求量 (BOD) (mg/L)	全亜鉛 (µg/L)	生物種類数		
							付着藻類	底生生物	
								カゲロウ類・ カワゲラ類・ トビケラ類	
宮城県	鉛川	St.4		450	0.5	400	29	28	13
宮城県	鉛川(二迫川)	St.3		43	0.8	54	22	35	18
山形県	海味川	St.1		64	1	4,900	5	11	3
山形県	海味川	St.2		45	1.4	1,300	14	9	4
山形県	海味川	St.3		43	1.4	700	12	13	4
山形県	海味川(八木沢川)	St.4		22	1.6	430	17	33	18
茨城県	花貫川	St.1		330	1.5	3	15	8	2
茨城県	花貫川	St.2		25	1	5	44	10	1
茨城県	花貫川	St.3		26	1	5	26	31	17
茨城県	宮田川	St.1		340	1.2	83	19	14	3
茨城県	宮田川	St.2		360	4.4	140	19	10	2
茨城県	宮田川	St.3		110	2.8	240	7	15	3
栃木県	渡良瀬川	St.1		23	<0.5	5	33	29	22
栃木県	渡良瀬川	St.2		26	0.5	13	19	5	2
栃木県	渡良瀬川	St.4		25	0.5	7	30	28	21
栃木県	渡良瀬川(出川)	St.3		49	<0.5	230	7	2	2
栃木県	渡良瀬川(神子内川)	St.5		13	0.5	3	17	36	25
群馬県	石田川	St.1		190	1.9	9	23	16	4
群馬県	石田川	St.2		180	2	8	11	10	3
群馬県	石田川	St.3		170	1.3	11	15	8	3
群馬県	柳瀬川	St.1		130	0.8	12	19	22	12
群馬県	柳瀬川	St.2		120	1.1	11	21	36	17
群馬県	柳瀬川	St.3		120	1.2	240	23	30	16
群馬県	柳瀬川(碓井川)	St.4		90	1.8	62	20	23	11
埼玉県	鴨川	St.1		100	9.2	29	32	4	0
埼玉県	鴨川	St.2		93	9.4	30	16	3	0
埼玉県	鴨川	St.3		87	11	87	18	3	0
埼玉県	鴨川	St.4		86	13	16	11	7	0
山梨県	滝沢川	St.1		71	1.4	5	10	5	2
山梨県	滝沢川	St.2		64	0.8	4	23	17	8
山梨県	滝沢川	St.3		61	1.2	6	18	21	10
岐阜県	板取川	St.1		23	<0.5	1	22	33	24
岐阜県	板取川	St.2		23	0.5	1	15	43	32
愛知県	梅田川	St.1		110	1.5	23	32	17	2
愛知県	梅田川	St.2		90	1.3	34	25	16	6
愛知県	梅田川	St.3		74	1.9	43	23	10	3
愛知県	梅田川	St.4		92	3.2	79	24	4	3
愛知県	梅田川	St.5		93	1.4	84	30	15	3
愛知県	柳生川	St.1		66	1.5	180	45	15	4
愛知県	柳生川	St.2		70	1.4	32	47	14	1
愛知県	柳生川	St.3		190	1.5	77	河口域のため採集できず		
福岡県	黒川	St.2		53	1.9	3	36	18	5
福岡県	黒川	St.3		59	1.7	2	31	17	4
福岡県	黒川(岩瀬川)	St.1		60	2.4	3	33	26	7
熊本県	浦川	St.1		150	2.9	42	28	11	0
熊本県	浦川	St.2		160	2.8	29	23	19	2
熊本県	浦川	St.3		210	2.8	32	30	6	0
大分県	奥嶽川	St.1		19	0.7	13	27	33	20
大分県	奥嶽川	St.2		17	0.6	18	19	40	24
大分県	奥嶽川(支流)	St.3		53	0.5	450	6	3	2
大分県	奥嶽川(支流)	St.4		18	0.6	10	5	14	11

(4) 亜鉛と水生生物の関係

1) 付着藻類

本調査で出現した付着藻類は、珪藻類 105 種類、緑藻類 27 種類、藍藻 18 種類、その他 6 種類の計 156 種類であった。

全地点

図 1(a)は調査全地点の付着藻類の種類数と亜鉛濃度の関係を示した図である。また、図 1(b)は、環境基準値 (30 $\mu\text{g/L}$ ) 未満及び以上の地点間での種類数の相違をボックスプロット (別添資料 2 参照) により描画したものである。

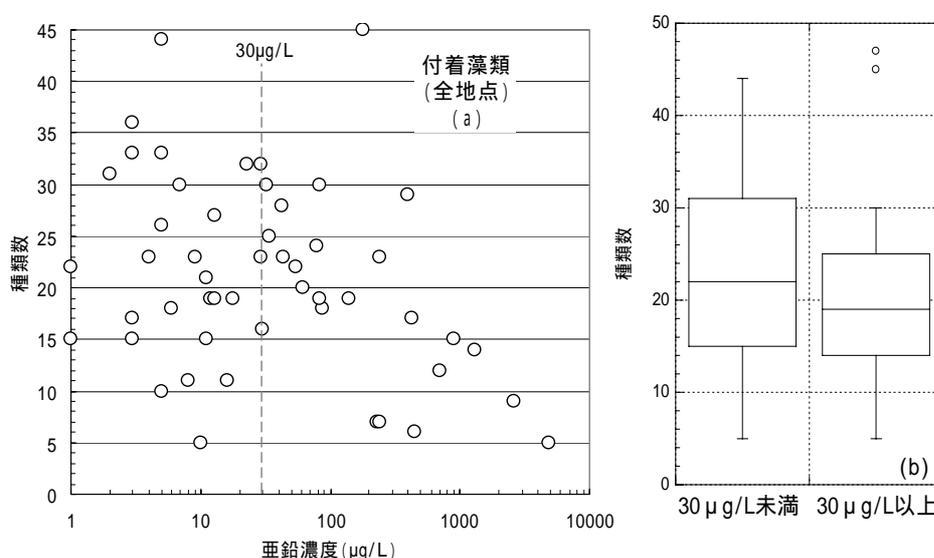


図 1 全地点での付着藻類種類数と亜鉛濃度との関係

付着藻類の種類数は全地点で見ると、亜鉛濃度の増加に伴って減少する傾向にあるが、亜鉛濃度が 30 $\mu\text{g/L}$  の上下の地点における付着藻類種類数のボックスプロットではその差は明確ではなく、平均値の差の検定 (t 検定: ウェルチの検定) においても有意な差が認められなかった (表 3)。

表 3 亜鉛 30 $\mu\text{g/L}$  の上下における付着藻類種類数の差の検定 (全地点)

	30 $\mu\text{g/L}$ 未 満 (X1)	30 $\mu\text{g/L}$ 以 上 (X2)	差 (X1 - X2)
件数	27	25	2
平均	22.59259	20.4	2.1925926
標準偏差	9.183008	10.78966	-1.606648
統計量	0.786087		
自由度	47		
0.5% 点	2.684556		
2.5% 点	2.01174		
P 値	0.435762		
判定	有意水準5%で有意でない		

我が国の平均的な硬度を示し、有機汚濁が少ないと考えられる 18 地点

付着藻類の種類数と亜鉛濃度の関係を図 2(a)に、環境基準値 (30 $\mu\text{g/L}$ ) 未満及び以上の地点間での種類数のボックスプロットを図 2(b)にそれぞれ示した。種類数は亜鉛濃度の増加に伴って減少する傾向にあり、30 $\mu\text{g/L}$  未満の地点と 30 $\mu\text{g/L}$  以上の地点では中央値で 10 種類の差がみられた。亜鉛濃度が 30 $\mu\text{g/L}$  の上下の地点における付着藻類種類数の平均値の差の検定 (t 検定: ウェルチの検定) の結果、5%の有意水準で両者には有意な差が見られた (表 4)。

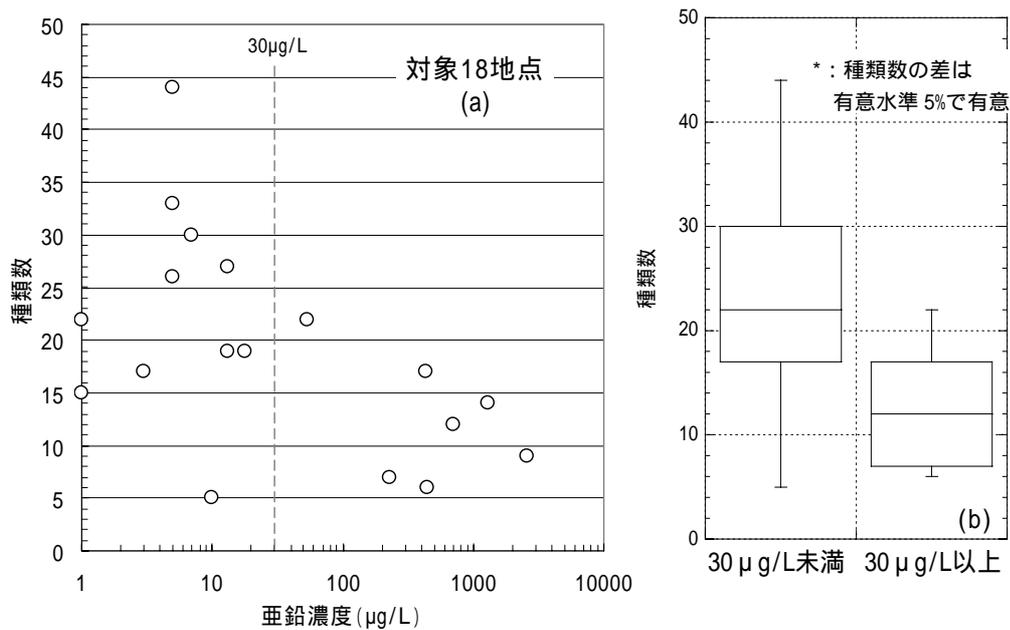


図2 対象 18 地点における付着藻類の種類数と亜鉛濃度との関係

表 4 亜鉛 30 $\mu\text{g/L}$  の上下における付着藻類種類数の差の検定 (対象 18 地点)

	30 $\mu\text{g/L}$ 未 満 (X1)	30 $\mu\text{g/L}$ 以 上 (X2)	差 (X1 - X2)
件 数	11	7	4
平 均	23.36364	12.42857	10.935065
標準偏差	10.34672	5.740416	4.6063002
統 計 量	2.877677		
自 由 度	16		
0.5% 点	2.920782		
2.5% 点	2.119905		
P 値	0.010936		
判定	有意水準 5%で有意		

## 2) 底生生物

本調査で出現した底生生物は、節足動物のカゲロウ類 51 種類、カワゲラ類 15 種類、トビケラ類 35 種類、その他の節足動物 66 種類、環形動物 10 種類、軟体動物 7 種類、その他 3 種類の計 187 種類であった。

## 全地点

図 3(a), (c)は調査全地点での底生生物及びカゲロウ類・カワゲラ類・トビケラ類の種類数（以下、EPT 種類数をいう）と亜鉛濃度との関係を示した図である。また、図 3(b), (d)は、環境基準値（ $30\mu\text{g/L}$ ）未満及び以上の地点間の種類数の相違をボックスプロットにより描画したものである。

底生生物の種類数は全地点で見ると、亜鉛濃度増加に伴って減少する傾向にあり、ボックスプロットでも亜鉛濃度  $30\mu\text{g/L}$  以上の地点の種類数(中央値)は小さい。また、 $30\mu\text{g/L}$  未満及び以上の地点間での種類数の平均値の差の検定（t 検定：ウェルチの検定）を行った結果（表 5）、ボックスプロットで外れ値とされた地点を含めても有意水準 5%で有意と判定された。一方、EPT 種類数では、 $30\mu\text{g/L}$  以上の地点のほとんどが 5 種類未満と少なくなっており、 $30\mu\text{g/L}$  未満と以上の地点間の種類数の差は有意と判定された。

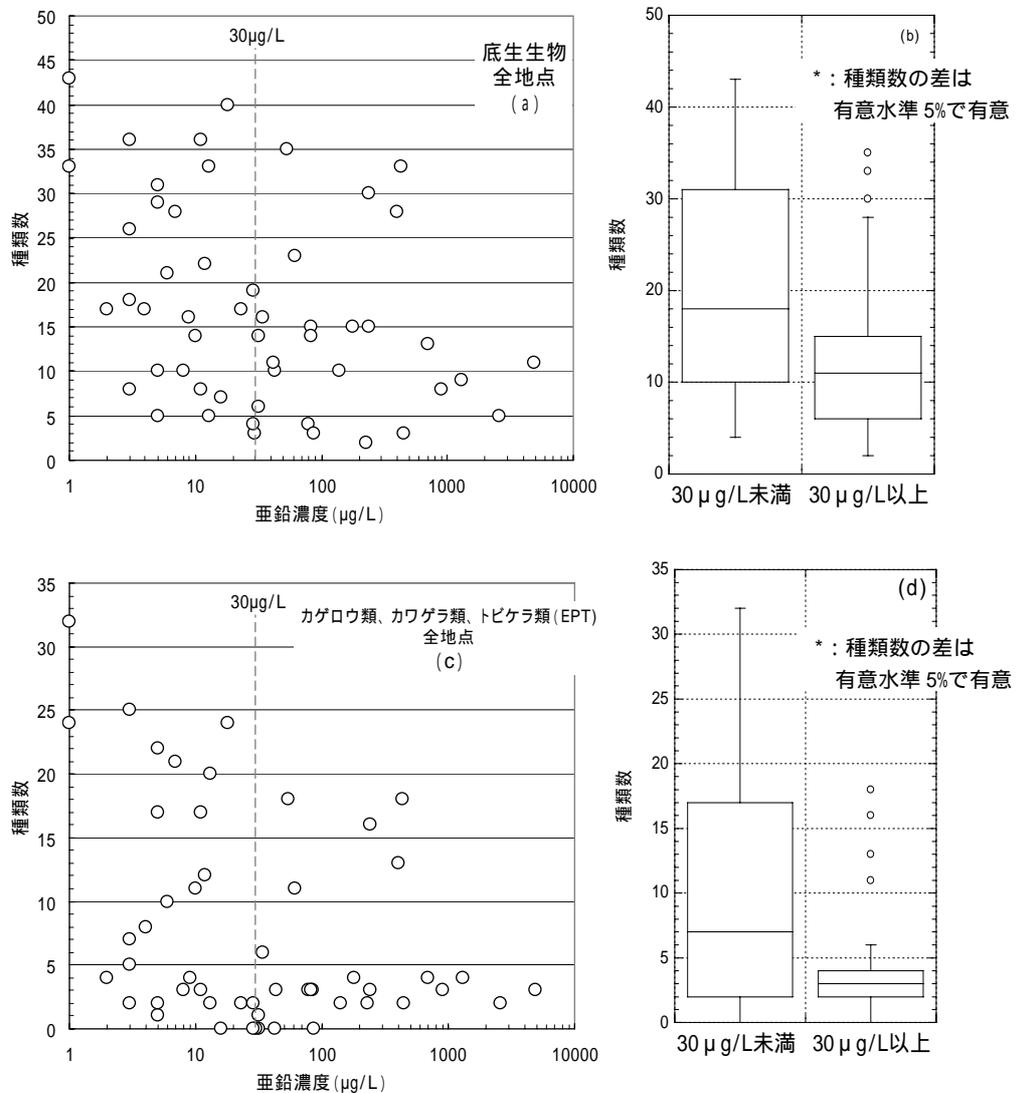


図 3 全地点での底生生物(a, b)及びEPT(c, d)種類数と亜鉛濃度との関係

表5 亜鉛 30µg/L の上下における底生生物種類数の差の検定 (全地点)

底生生物

カゲロウ類、カワゲラ類、トビケラ類(EPT)

	30µg/L未 満(X1)	30µg/L以 上(X2)	差(X1-X2)
件数	27	25	2
平均	20.48148	13.44	7.0414815
標準偏差	11.64663	9.570266	2.0763586
統計量	2.38901		
自由度	49		
0.5%点	2.679952		
2.5%点	2.009575		
P値	0.020789		
判定	有意水準5%で有意		

	30µg/L未 満(X1)	30µg/L以 上(X2)	差(X1-X2)
件数	27	25	2
平均	10.37037	4.96	5.4103704
標準偏差	9.556102	5.563872	3.9922306
統計量	2.517008		
自由度	42		
0.5%点	2.698066		
2.5%点	2.018082		
P値	0.01574		
判定	有意水準5%で有意		

我が国の平均的な硬度を示し、有機汚濁が少ないと考えられる 18 地点

底生生物の種類数及び EPT 種類数と亜鉛濃度との関係を図 4(a), (c)に示し、環境基準値 (30µg/L) 未満及び以上の地点における種類数のボックスプロットを図 4(b), (d) にそれぞれ示した。対象地点での種類数は亜鉛濃度の増加に伴って減少する傾向にあり、30µg/L 未満の地点と 30µg/L 以上の地点では中央値で 20 種類以上の差がみられた。しかし、統計的な差の検定では 30µg/L 以上の地点数が少ないためか、有意な差は認められなかった (表 6(a))。図 4(a)でも明らかのように、亜鉛濃度が 400µg/L 以上であるにもかかわらず多くの種類が観察された地点 (海味川地点 4) が存在するが、その要因は不明である。なお、海味川地点 4 を除いて平均値の差を検討した結果、有意水準 5%で有意な差がみられた (表 6(b))。

一方、EPT 種類数と亜鉛濃度との関係を見ると、底生生物と同様に、30µg/L 以上の地点で種類数が 5 種類未満と少なく、ボックスプロットによる中央値は両者で 15 種類以上の差がみられている。ただ、一部の地点では種類数が多くなっており、この中には前出の海味川地点 4 も含まれている。なお、亜鉛濃度が 30µg/L 未満及び以上の地点間での EPT 種類数の差は 5%の有意水準で有意であった (表 6(c))。

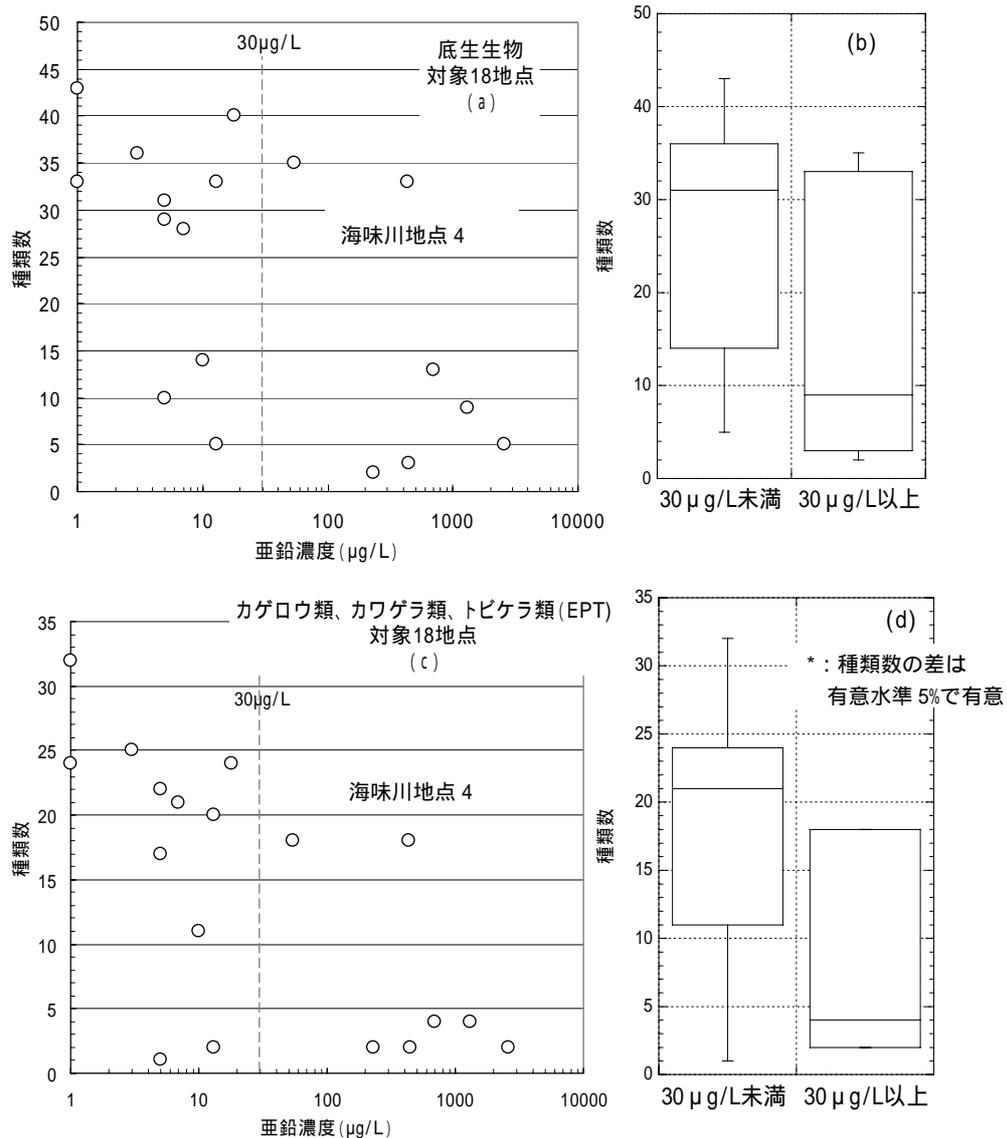


図4 対象18地点における底生生物(a,b)及びEPT(c,d)種類数と亜鉛濃度との関係

表6 亜鉛30µg/Lの上下における底生生物種類数の差の検定(対象18地点)

底生生物

(a)

	30µg/L未満(X1)	30µg/L以上(X2)	差(X1-X2)
件数	11	7	4
平均	27.45455	14.28571	13.168831
標準偏差	12.40454	13.98469	-1.580141
統計量	2.033758		
自由度	12		
0.5%点	3.05454		
2.5%点	2.178813		
P値	0.064699		
判定	有意水準5%で有意でない		

海味川地点4を除いた場合の検定結果

(b)

	30µg/L未満(X1)	30µg/L以上(X2)	差(X1-X2)
件数	11	6	5
平均	27.45455	11.16667	16.287879
標準偏差	12.40454	12.36797	0.0365752
統計量	2.59215		
自由度	10		
0.5%点	3.169273		
2.5%点	2.228139		
P値	0.026851		
判定	有意水準5%で有意		

表6 亜鉛 30 $\mu$ g/L の上下における底生生物種類数の差の検定 (対象 18 地点)

つづき

カゲロウ類、カワゲラ類、トビケラ類 (EPT) (c)

	30 $\mu$ g/L未 満 (X1)	30 $\mu$ g/L以 上 (X2)	差 (X1-X2)
件 数	11	7	4
平 均	18.09091	7.142857	10.948052
標準偏差	9.700047	7.470577	2.2294697
統計量	2.693062		
自由度	15		
0.5% 点	2.946713		
2.5% 点	2.13145		
P 値	0.016689		
判定	有意水準 5% で有意		

3) 魚類

本調査ではビンドウ、タモ網等を用いて魚類の採集を行っている。これまで採集された魚類はウグイ、ドジョウ、モツゴ等 23 種類 514 尾であった。

4) 亜鉛濃度と生物の種類

付着藻類

亜鉛濃度が 30 $\mu$ g/L 未満の地点でのみ観察された種類と 30 $\mu$ g/L 以上でのみ観察された種類を表 7(a)、(b)に示した。なお、表には種が特定された藻類のみ記載している。

表 7(a) 亜鉛濃度 (30 $\mu$ g/L) 未満でのみ観察された種類 (付着藻類)

綱	目	科	種名	地点数
珪藻	羽状	アクナンテス	<i>Achnanthes delicatula</i>	2
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Amphora pediculus</i>	6
珪藻	羽状	アクナンテス	<i>Cocconeis pediculus</i>	2
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Cymbella aspera</i>	2
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Cymbella gracilis</i>	4
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Cymbella sinuata</i>	4
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Cymbella turgidula v. nipponica</i>	6
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Diatoma vulgare</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Fragilaria capucina v. capitellata</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Fragilaria construens</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Fragilaria pinnata</i>	1
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	4
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Gomphonema angustum</i>	2
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Gomphonema helveticum</i>	2
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Hannaea arcus v. recta</i>	1
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Meridion circulare v. constrictum</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula cuspidata</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula lanceolata</i>	6
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula peregrina</i>	2
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula recens</i>	6
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula rhynchocephala</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula symmetrica</i>	2

綱	目	科	種名	地点数
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula veneta</i>	1
珪藻	羽状	ニッチア	<i>Nitzschia clausii</i>	2
珪藻	羽状	ニッチア	<i>Nitzschia dubia</i>	1
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Synedra ulna v. oxyrhynchus</i>	9
珪藻	中心	ビドウルフィア	<i>Hydrosera triquetra</i>	1
藍藻	カマエシフォン	カマエシフォン	<i>Chamaesiphon minutus</i>	1
藍藻	カマエシフォン	カマエシフォン	<i>Chamaesiphon sp.</i>	2
緑藻	クロロコックム	オオキスチス	<i>Monoraphidium dybowskii</i>	1
緑藻	クロロコックム	アミミドロ	<i>Pediastrum tetras</i>	1

表7(b) 亜鉛濃度(30 $\mu$ g/L)以上でのみ観察された種類(付着藻類)

綱	目	科	種名	地点数
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Cymbella silesiaca</i>	4
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Diatoma hiemale v. mesodon</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Fragilaria crotonensis</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Gomphonema acuminatum</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Gomphonema augur</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Gomphonema gracile</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Hannaea arcus</i>	3
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Meridion circulare v. constricta</i>	1
珪藻	羽状	ナビクラ	<i>Navicula radiosa</i>	1
珪藻	羽状	ニッチア	<i>Nitzschia actinastroides</i>	1
珪藻	羽状	ニッチア	<i>Nitzschia holsatica</i>	4
珪藻	羽状	ディアトマ	<i>Tabellaria fenestrata</i>	1
珪藻	中心	タラシオシラ	<i>Cyclotella comta</i>	2
珪藻	中心	タラシオシラ	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	5
藍藻	クロオコックス	クロオコックス	<i>Merismopedia minima</i>	1
藍藻	クロオコックス	クロオコックス	<i>Microcystis wesenbergii</i>	1
緑藻	クロロコックム	オオキスチス	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	1
緑藻	クロロコックム	オオキスチス	<i>Kirchneriella contorta</i>	1
緑藻	クロロコックム	アミミドロ	<i>Pediastrum duplex</i>	1
緑藻	クロロコックム	セネデスムス	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1
緑藻	クロロコックム	セネデスムス	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	2
緑藻	クロロコックム	セネデスムス	<i>Scenedesmus denticulatus v. linearis</i>	2

### 底生生物

カゲロウ類、カワゲラ類及びトビケラ類について、亜鉛濃度が30 $\mu$ g/L未満の地点でのみ観察された種類と30 $\mu$ g/L以上の地点でのみ観察された種類をそれぞれ表8(a), (b)に示した。藻類と同様に、表には種が特定できた底生生物のみ記載している。

表 8(a) 亜鉛濃度 (30 $\mu$ g/L) 未満でのみ観察された種類

- カゲロウ類、カワゲラ類、トビケラ類 -

綱	目	科	種名	地点数
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	コカゲロウ	<i>Baetis chocoratus</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	チラカゲロウ	<i>Isonychia japonica</i>	2
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	ヒラタカゲロウ	<i>Epeorus ikanonis</i>	2
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	ヒラタカゲロウ	<i>Epeorus aesculus</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	ヒラタカゲロウ	<i>Ecdyonurus tobiironis</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	ヒラタカゲロウ	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	ヒラタカゲロウ	<i>Rhithrogena tetrapunctigera</i>	3
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Drunella sacharinensis</i>	3
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Drunella trispina</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Cincticostella tshernovae</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Cincticostella okumai</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Drunella kohnoi</i>	2
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	モンカゲロウ	<i>Ephemera strigata</i>	2
昆虫	カワゲラ (セキ翅)	アミメカワゲラ	<i>Isoperla asakawae</i>	3
昆虫	トビケラ (毛翅)	シマトビケラ	<i>Hydropsyche setensis</i>	2
昆虫	トビケラ (毛翅)	ツメナガナガレトビケラ	<i>Apsilochorema sutshanum</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	ナガレトビケラ	<i>Rhyacophila transquilla</i>	2
昆虫	トビケラ (毛翅)	ナガレトビケラ	<i>Rhyacophila yamanakensis</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	ニンギョウトビケラ	<i>Goera japonica</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	ヒゲナガカワトビケラ	<i>Stenopsyche marmorata</i>	4

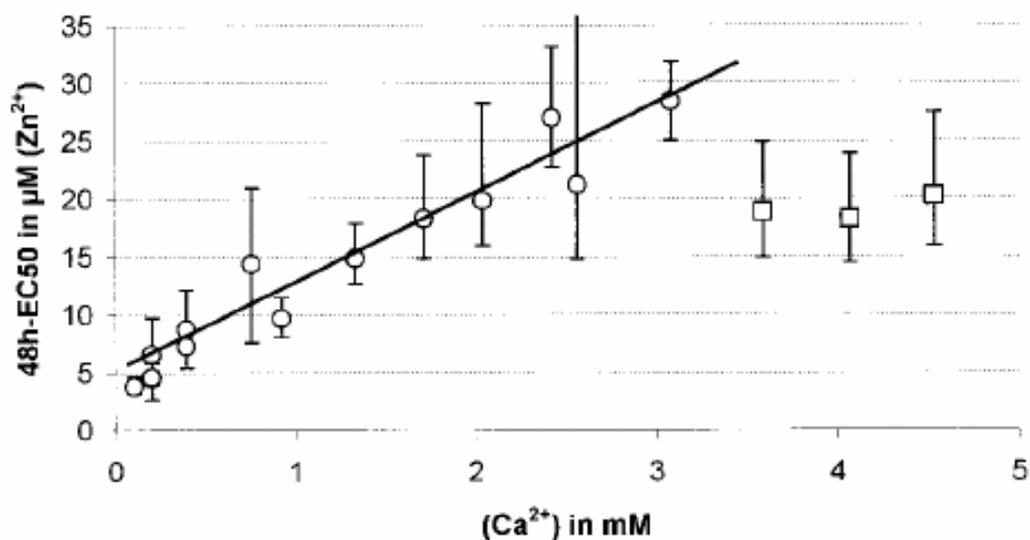
表 8(b) 亜鉛濃度 (30 $\mu$ g/L) 以上でのみ観察された種類

- カゲロウ類、カワゲラ類、トビケラ類 -

綱	目	科	種名	地点数
昆虫	アミメカゲロウ (脈翅)	ヘビトンボ	<i>Parachauliodes japonicus</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Drunella bifurcata</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Ephemerella setigera</i>	1
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	マダラカゲロウ	<i>Uracanthella rufa</i>	3
昆虫	カゲロウ (蜉蝣)	モンカゲロウ	<i>Ephemera japonica</i>	1
昆虫	カメムシ (半翅)	アメンボ	<i>Metrocoris histrio</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	イワトビケラ	<i>Dipseudopsis alba</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	イワトビケラ	<i>Polycentropodidae</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	カクツツトビケラ	<i>Neoseverinia crassicornis</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	シマトビケラ	<i>Hydropsyche gifuana</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	シマトビケラ	<i>Hydropsyche ancorapunctata</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	シマトビケラ	<i>Hydropsyche albicephala</i>	1
昆虫	トビケラ (毛翅)	ナガレトビケラ	<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>	1

## 別添資料 1 ) 硬度による亜鉛の毒性への影響

野外における重金属の水生生物への影響を考える上で考慮すべき事項としては、重金属類の毒性に関与する因子の存在が挙げられる。特に、硬度は金属毒性の緩衝剤として機能するといわれており、その理由として、金属イオンが炭酸塩とコンプレックスをつくること、また、カルシウム及びマグネシウムイオンの両方あるいは一方が金属と競合することが挙げられている<sup>1)</sup>より引用。亜鉛の水生生物への毒性に対する硬度の影響については、室内試験により検討がなされている。例えば、ミジンコについては、Dagobert et.al(2002)<sup>2)</sup>の報告がある。



付図1 亜鉛のミジンコへの半数影響濃度とカルシウムイオンの関係

( 図中 ○ : 検討に用いたデータ )

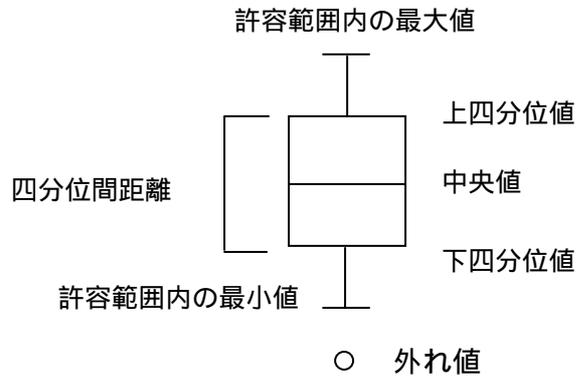
( Dagobert et.al,2002 )<sup>2)</sup>

### 引用文献

- 1) 若林明子(2003): 化学物質と生態毒性(改訂版) 丸善: pp.457.
- 2) Dagobert G. H, K. A.C. de Schampelaere, and Colin R. Janssen(2002): Predicting acute zinc toxicity for *Daphnia magna* as a function of key water chemistry characteristics: development and validation of a biotic ligand model, Environ. Toxicology and Chemistry, 21(6): 1309-1315.

## 別添資料2) ボックスプロット

各ボックスはデータの50%を囲み、変数の中央値を、ボックスの上下ラインは、変数母集団の±25%の限界、上下間のラインは、許容範囲内にある最小値と最大値を示したものである。また、この範囲外にある値は外れ値と呼ばれ、個々の点で表示している。



- ・ 中央値 - 最小値と最大値の中間に位置するデータの値。
- ・ 上四分位値 (UQ) - 中央値と最高値の中間に位置するデータの値。
- ・ 下四分位値 (LQ) - 中央値と最低値の中間に位置するデータの値。
- ・ 四分位間距離 (IQD) - 上4分位数と下4分位数(UQ - LQ)間の距離。
- ・ 外れ値 - その値が  $> UQ + 1.5 \times IQD$  であるか  $< LQ - 1.5 \times IQD$  のいずれかであるポイント。

出典) Synergy Software 製「KaleidaGraph ver.3.52」を基に作成