

[3] 鉛及びその化合物

1. 物質に関する基本的事項

(1) 分子式・分子量・構造式

1) 鉛

物質名：鉛
CAS 番号：7439-92-1
化審法官報公示整理番号：
化管法政令番号*：1-304（鉛）、1-305（鉛化合物）
RTECS 番号：OF7525000
元素記号：Pb
原子量：207.20
換算係数：1 ppm = 8.47 mg/m ³ (気体、25°C)

*注：化管法対象物質の見直し後の政令番号（平成 21 年 10 月 1 日施行）

主な鉛化合物は以下の通りである。

No.	物質名	CAS No.	化審法官報 公示整理番号	RTECS 番号	分子量	化学式
2)	酸化鉛	1317-36-8	1-527(酸化鉛)	OG1750000	223.20	PbO
3)	塩化鉛	7758-95-4	1-252(塩化鉛)	OF9450000	278.11	PbCl ₂
4)	硫化鉛	1314-87-0	1-566(硫化鉛)	OG4550000	239.27	PbS
5)	硝酸鉛	10099-74-8	1-488	OG2100000	331.21	Pb(NO ₃) ₂
6)	硫酸鉛	7446-14-2	1-531	OG4375000	303.26	PbSO ₄
7)	酢酸鉛	301-04-2	2-693(酢酸塩 (Pb,Cd,Hg,Mn,Fe,Rh ,Sr,Sn,Sb,Pd,Cr,Co,Ni, Ba,Rb,Ag,Zn,Cu))	AI5250000	325.29	Pb(CH ₃ COO) ₂

(2) 物理化学的性状

鉛及び主な鉛化合物の性状は以下の通りである。

No.	化学式	性状
1)	Pb	青みを帯びた白色又は銀灰色の光沢を持つ金属である ¹⁾ 。延性のある軟らかい灰色の固体である ²⁾ 。
2)	PbO	赤色正方晶(α型)、黄色斜方晶(β型)、単斜晶系晶がある ^{3)、4)} 。
3)	PbCl ₂	水から再結晶すると白色絹糸状の斜方晶系の結晶が得られる ⁴⁾ 。湿気を含む空气中で強い光に当てると光分解をして、灰黄ないし灰黒色に変色する ³⁾ 。
4)	PbS	黒色の金属光沢を持つ立方晶系晶である ³⁾ 。
5)	Pb(NO ₃) ₂	無色の等軸晶系または単斜晶系晶である ⁴⁾ 。
6)	PbSO ₄	白色の単斜晶系または斜方晶系の結晶である ³⁾ 。
7)	Pb(CH ₃ COO) ₂	白色の結晶またはフレーク(市販品はしばしば茶色ないし灰色の塊)で、甘味がある ²⁾ 。無水物は白色結晶、三水和物は無色結晶である ³⁾ 。

No.	化学式	融点	沸点	密度
1)	Pb	327.4°C ²⁾ 、 ⁴⁾ 、 ⁵⁾	1749°C ⁵⁾ 、1755°C ²⁾ 、 1750°C ⁴⁾	11.35 g/cm ³ (20°C) ⁵⁾
2)	PbO	888°C ⁵⁾ 、886°C ³⁾	1480°C ³⁾	9.53 g/cm ³ ⁵⁾ 9.35 g/cm ³ (α型) ³⁾ 9.63 g/cm ³ (β型) ³⁾
3)	PbCl ₂	501°C ⁵⁾ 、498°C ²⁾ 、 501°C ³⁾ 、 ⁴⁾	951°C ⁵⁾ 、950°C ²⁾ 、 ³⁾ 、 ⁴⁾	5.85 g/cm ³ ³⁾ 、 ⁵⁾
4)	PbS	1113°C ⁵⁾ 、1114°C ²⁾ 、 ³⁾ 、 1110°C ⁴⁾	1281°C(昇華) ²⁾	7.61 g/cm ³ ⁵⁾ 7.5 g/cm ³ ³⁾
5)	Pb(NO ₃) ₂	470°C ⁵⁾ 、470°C(分解) ²⁾ 、 ³⁾ 、 ⁴⁾		4.53 g/cm ³ ³⁾ 、 ⁵⁾
6)	PbSO ₄	1170°C ²⁾ 、 ³⁾ 、 ⁵⁾ 、1150～ 1200°C ⁴⁾		6.12～6.39 g/cm ³ ⁵⁾ 6.2 g/cm ³ ³⁾
7)	Pb(CH ₃ COO) ₂	280°C ⁵⁾ 、 75°Cで水を失い ²⁾ 、 ³⁾ 、 ⁴⁾ 、 200°Cで分解 ²⁾ 280°C(無水物) ⁴⁾ 280°C ⁴⁾	280°C以上で分解 ⁵⁾ 、 280°C(無水物) ²⁾	3.25 g/cm ³ (25°C) ⁵⁾ 3.251 g/cm ³ (25°C、無 水物) ³⁾ 2.55 g/cm ³ (20°C、三水 和物) ³⁾

No.	化学式	蒸気圧	log Kow	解離定数
1)	Pb	1.77mm Hg(=236Pa)(1000°C) ⁶⁾		
2)	PbO			
3)	PbCl ₂	1.74 × 10 ⁻³ mmHg (=0.232 Pa)(400°C) ⁴⁾		
4)	PbS	10 mmHg (=133Pa)(975°C) ⁶⁾		
5)	Pb(NO ₃) ₂			
6)	PbSO ₄			
7)	Pb(CH ₃ COO) ₂			

No.	化学式	水溶性(水溶解度)
1)	Pb	水に不溶 ²⁾
2)	PbO	水に微溶 ³⁾ 、水に不溶 ⁴⁾
3)	PbCl ₂	1.06 × 10 ⁴ mg/1000g(25°C) ⁵⁾
4)	PbS	水に不溶 ⁷⁾ 、124.4 mg/L(20°C) ⁵⁾
5)	Pb(NO ₃) ₂	6.0 × 10 ⁵ mg/1000g(25°C) ⁵⁾
6)	PbSO ₄	45.2 mg/L(25°C) ⁵⁾
7)	Pb(CH ₃ COO) ₂	5.52 × 10 ⁵ mg/1000g(25°C) ⁵⁾ 、5 × 10 ⁵ mg/1000 g (25°C、無水物) ³⁾

(3) 環境運命に関する基礎的事項

本項は、ATSDR (2007)⁶⁾を中心にとりまとめた。

①大気

鉛粒子は、鉱山や精錬所から鉛元素や PbSO_4 、 $\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4$ 、 PbS の硫黄化合物として排出される。大気中の鉛は、主に PbSO_4 、 PbCO_3 で存在するが、土壌に沈着する。分散する間の化学組成の変化は、完全には明らかではない。

②水域

鉛は、天然水中に存在する主な陰イオンにより難水溶性の化合物を形成する傾向にある。表層水中の溶存態鉛は、pH および水中に溶解している塩に依存する。pH5.4 を超える場合の最大水溶解度は、硬水では $30 \mu\text{g/L}$ 、軟水では $500 \mu\text{g/L}$ である。環境中の鉛は、2価が安定である。

鉛の化学種は、淡水と海水で異なる。pH7.5 未満の淡水では、部分的に Pb^{2+} で存在するが、アルカリ条件下では不溶性の PbCO_3 と形成した溶解性の炭酸塩の錯体として存在する可能性がある。海水中では、主に塩化鉛、炭酸鉛の錯体が形成される。水中における鉛の化学種は、他の配位子に依存する。鉛は、フミン酸や他の有機物と強い錯体を形成することが知られている。

淡水および河口における粒子状物質への鉛の吸着は、鉛が表層水から除去される重要なプロセスである。

③陸域

土壌中における鉛の化学種は、土壌の特性に依存する。路上粉じんでは、 PbSO_4 、 Pb 、 Pb_3O_4 、 $\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4$ 、 $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ が主な化学種である。 PbSO_4 、 PbCO_3 、 PbS 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 PbCrO_4 、 PbClBr など人為発生源から土壌へ排出された鉛は、土壌に吸着し、化学的に、または生物により変換される。土壌中の鉛の溶解性は pH に依存し、pH8 ではわずかに溶けるが、pH5 に近づくとつれさらに溶けるようになる。

(4) 製造輸入量及び用途

① 生産量・輸入量等

鉛及びその化合物の「化学物質の製造・輸入量に関する実態調査」における製造（出荷）及び輸入量を表 1.1～表 1.3 に示す^{8), 9), 10)}。

表 1.1 平成 13 年度における製造（出荷）及び輸入量

物質名称	製造（出荷）及び輸入量
鉛	100,000～1,000,000t/年未満
酸化鉛	10,000～100,000t/年未満

注：官報公示整理番号ごとに集計された値

表 1.2 平成 16 年度における製造（出荷）及び輸入量

物質名称	製造（出荷）及び輸入量
鉛	100,000～1,000,000t/年未満
酸化鉛	10,000～100,000t/年未満

表 1.3 平成 19 年度における製造（出荷）及び輸入量

物質名称	製造（出荷）及び輸入量
酸化鉛	1,000～10,000t/年未満

注：官報公示整理番号ごとに集計された値

化学物質排出把握管理促進法（化管法）における製造・輸入量区分は鉛、鉛化合物ともに 100t 以上とされている¹⁾。

② 用途

鉛の主な用途は、バッテリー（蓄電池）であり、はんだの原料にも用いられている¹⁾。また、猟銃の弾丸や釣りの錘にも一部用いられている¹⁾。

一酸化鉛の主な用途は、屈折率を高めるためのガラスへの添加、蛍光灯やテレビのブラウン管、塩化ビニル樹脂の安定剤の原料である¹⁾。

二酸化鉛の主な用途は、バッテリーの電極部分、サッシ用パテや建築用シーリング剤に利用されているプラスチック製造の際の硬化剤である¹⁾。

硝酸鉛の主な用途は、マッチや爆薬の原料である¹⁾。

(5) 環境施策上の位置付け

鉛は環境基準（水質、土壌）が設定されている。鉛及びその化合物は水道水質基準が設定されている。

鉛及びその化合物は化学物質排出把握管理促進法（化管法）第一種指定化学物質（政令番号：304(鉛)、305(鉛化合物)) に指定されている。

2. ばく露評価

生態リスクの初期評価のため、水生生物の生存・生育を確保する観点から、実測データをもとに基本的には水生生物の生息が可能な環境を保持すべき公共用水域における化学物質のばく露を評価することとし、データの信頼性を確認した上で安全側に立った評価の観点から原則として最大濃度により評価を行っている。

(1) 環境中への排出量

本物質は化管法の第一種指定化学物質である。同法に基づき公表された、平成19年度の届出排出量¹⁾、届出外排出量対象業種・非対象業種・家庭・移動体^{2),3)}から集計した排出量等を表2.1に示す。なお、届出外排出量家庭・移動体の推計はなされていなかった。

表 2.1 化管法に基づく排出量及び移動量（PRTR データ）の集計結果（平成19年度）

	届出						届出外（国による推計）				総排出量（kg/年）		
	排出量（kg/年）						排出量（kg/年）				届出排出量	届出外排出量	合計
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	対象業種	非対象業種	家庭	移動体			
全排出・移動量	31,959	14,834	58	6,492,353	144	7,428,205	21,387	80,330	-	-	6,539,205	101,717	6,640,922

業種等別排出量(割合)

業種	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	届出外排出量	届出外割合
非鉄金属製造業	15,053 (47.1%)	5,465 (36.8%)	0	6,492,012 (100.0%)	33 (22.9%)	1,098,206 (14.8%)	5,266 (24.6%)	
金属製品製造業	14,965 (46.8%)	49 (0.3%)	7 (11.7%)	0	20 (13.5%)	218,702 (2.9%)	878 (4.1%)	
下水道業	0	6,913 (46.6%)	0	0	0	1 (0.00002%)	8,089 (37.8%)	
窯業・土石製品製造業	510 (1.6%)	13 (0.09%)	0	0	17 (11.6%)	521,550 (7.0%)	3,007 (14.1%)	
電気機械器具製造業	476 (1.5%)	169 (1.1%)	0	320 (0.005%)	55 (37.8%)	645,645 (8.7%)	1,395 (6.5%)	
鉄鋼業	592 (1.9%)	1,500 (10.1%)	48 (82.8%)	0	0	4,227,514 (56.9%)		
一般機械器具製造業	42 (0.1%)	3 (0.02%)	3 (5.0%)	0	2 (1.2%)	73,405 (1.0%)	783 (3.7%)	
輸送用機械器具製造業	107 (0.3%)	58 (0.4%)	0	0	0.5 (0.3%)	191,535 (2.6%)	236 (1.1%)	
その他の製造業	0	4 (0.03%)	0	0	0	5,947 (0.08%)	356 (1.7%)	
化学工業	101 (0.3%)	101 (0.7%)	0	0	17 (11.7%)	246,230 (3.3%)	0	
特別管理産業廃棄物処分量	0	200 (1.3%)	0	0	0	11,064 (0.1%)		
産業廃棄物処分量	3 (0.008%)	190 (1.3%)	0	0.2 (0.00003%)	0.2 (0.1%)	6,300 (0.08%)		
プラスチック製品製造業	42 (0.1%)	3 (0.02%)	0	0	0.8 (0.6%)	51,803 (0.7%)	114 (0.5%)	
精密機械器具製造業	1 (0.003%)	0.8 (0.005%)	0	0	0	12,984 (0.2%)	125 (0.6%)	
一般廃棄物処理業（ごみ処分量に限る。）	0	111 (0.7%)	0.2 (0.3%)	0.5 (0.00008%)	0.1 (0.07%)	43,730 (0.6%)		
金属鉱業	1 (0.003%)	54 (0.4%)	0	21 (0.0003%)	0	0		
船舶製造・修理業、船用機関製造業	38 (0.1%)	0	0	0	0	6,724 (0.09%)		
自動車整備業	15 (0.05%)	0	0	0	0	0		
医療用機械器具・医療用品製造業	8 (0.02%)	0	0	0	0	1,850 (0.02%)		
鉄道業							7 (0.03%)	
商品検査業							5 (0.02%)	
石油製品・石炭製品製造業	3 (0.009%)	0	0	0	0.1 (0.07%)	10,028 (0.1%)		
ガス業	3 (0.009%)	0	0	0	0	0		
高等教育機関							1 (0.005%)	
ゴム製品製造業	0	0	0.1 (0.2%)	0	0	9,939 (0.1%)		

総排出量の構成比(%)		
届出	届出外	
98%	2%	

	届出						届出外 (国による推計)				総排出量 (kg/年)		
	排出量 (kg/年)				移動量 (kg/年)		排出量 (kg/年)				届出排出量	届出外排出量	合計
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	対象業種	非対象業種	家庭	移動体			
全排出・移動量	31,959	14,834	58	6,492,353	144	7,428,205	21,387	80,330	-	-	6,539,205	101,717	6,640,922
業種等別排出量(割合)											総排出量の構成比(%)		
電気計測器製造業	0.1 (0.0003%)	0	0	0	0	0					届出	届出外	
繊維工業	0	0	0	0	0	0					98%	2%	
武器製造業	0	0	0	0	0	0							
電子応用装置製造業	0	0	0	0	0	0							
木材・木製品製造業	0	0	0	0	0	0							
出版・印刷・同関連産業	0	0	0	0	0	0							
殺虫剤	0	0	0	0	0	0							
パルプ・紙・紙加工品製造業	0	0	0	0	0	0							
鉄道車両・同部分品製造業	0	0	0	0	0	0							
低含有率物質											1,125 (5.3%)		
塗料												80,330 (100%)	

本物質の平成 19 年度における環境中への総排出量は、約 6,600t となり、そのうち届出排出量は約 6,500t で全体の 98%であった。届出排出量のうち約 6,500t が埋立へ、32t が大気へ、15t が公共用水域へ排出されるとしており、埋立への排出量が多い。この他に下水道への移動量が 0.14t、廃棄物への移動量が約 7,400t であった。届出排出量の排出源は、埋立への排出が多い業種は非鉄金属製造業（100%）であり、大気への排出が多い業種は非鉄金属製造業（47%）、金属製品製造業（47%）であった。また、公共用水域への排出が多い業種は下水道業（47%）、非鉄金属製造業（37%）、鉄鋼業（10%）であった。しかし、下水道業の排出量は定量下限値をもとに排出量を算出している場合があるため、過剰評価している場合があることに留意する必要がある。

届出外排出量（対象業種）のうち、1.1t は石炭火力発電所にて石炭（低含有率物質）の燃焼に伴う排出として推計されている³⁾。

表 2.1 に示したように PRTR データでは、届出排出量は媒体別に報告されているが、届出外排出量の推定は媒体別には行われていないため、届出外排出量対象業種の媒体別配分は届出排出量の割合をもとに、届出外排出量非対象業種・家庭の媒体別配分は「平成 19 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法等の詳細」³⁾をもとに行った。届出排出量と届出外排出量を媒体別に合計したものを表 2.2 に示す。

表 2.2 環境中への推定排出量

媒体	推定排出量(kg)
大気	49,178
水域	18,987
土壌	80,403

(2) 媒体別分配割合の予測

鉛の化学形態は環境中で様々に変化するため、媒体別分配割合の予測を行うことは適切ではない。したがって、鉛の媒体別分配割合の予測は行わなかった。

(3) 各媒体中の存在量の概要

鉛の環境中等の濃度について情報の整理を行った。媒体ごとにデータの信頼性が確認された調査例のうち、より広範囲の地域で調査が実施されたものを抽出した結果を表 2.3 に示す。

表 2.3 各媒体中の存在状況

媒体	幾何 平均値	算術 平均値	最小値	最大値	検出 下限値	検出率	調査地域	測定年度	文献	
公共用水域・淡水 ^{a)}	μg/L	<10	<10	<1	35	1~10	357/3610	全国	2007	4)
		<10	<10	<1	190	1~10	418/3647	全国	2006	5)
		<10	<10	<1	30	1~10	451/3641	全国	2005	6)
		<10	<10	<1	24	1~10	422/3715	全国	2004	7)
		<10	<10	<1	24	1~10	427/3679	全国	2003	8)
公共用水域・海水 ^{b)}	μg/L	<10	<10	<1	5	1~10	13/950	全国	2007	4)
		<10	<10	<1	9	1~10	37/962	全国	2006	5)
		<10	<10	<1	9	1~10	43/951	全国	2005	6)
		<10	<10	<1	12	1~10	34/988	全国	2004	7)
		<10	<10	<1	5	1~10	33/982	全国	2003	8)
底質(公共用水域・淡水)	μg/g									
底質(公共用水域・海水)	μg/g									
魚類(公共用水域・淡水)	μg/g									
魚類(公共用水域・海水)	μg/g									
貝類(公共用水域・淡水)	μg/g									
貝類(公共用水域・海水)	μg/g									

注：a) 公共用水域・淡水において、過去には最大値として44 μg/L(2000)が検出されている⁹⁾

b) 公共用水域・海水において、過去には最大値として38 μg/L(2002)が検出されている¹⁰⁾

(4) 水生生物に対するばく露の推定（水質に係る予測環境中濃度：PEC）

鉛の水生生物に対するばく露の推定の観点から、水質中濃度を表 2.4 のように整理した。

水質について安全側の評価値として予測環境中濃度（PEC）を人為由来の可能性が高いデータから設定すると、公共用水域の淡水域では 190 μg/L、同海域では 9 μg/L となった。

表 2.4 公共用水域濃度

水域	平均	最大値
淡水	10 μg/L 未満 (2007)	190 μg/L(2006)
海水	10 μg/L 未満 (2007)	9 μg/L(2006)

注：淡水は、河川河口域を含む

3. 生態リスクの初期評価

水生生物の生態リスクに関する初期評価を行った。鉛は、一般環境中で主に存在する 2 価の毒性値を収集した。

(1) 水生生物に対する毒性値の概要

本物質の水生生物に対する毒性値に関する知見を収集し、生物群（藻類、甲殻類、魚類及びその他）ごとに整理すると表 3.1 のとおりとなった。

表 3.1 水生生物に対する毒性値の概要

分類	急性	慢性	毒性値 [µg Pb/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間[日]	試験 の 信 頼 性	採用 の 可 能 性	文献No.	対象物質
藻類	○		4.4	海水	<i>Skeletonema costatum</i>	珪藻類	EC ₅₀ GRO(RATE)	11	C	C	1)-58891	Pb(NO ₃) ₂
		○	9.1	海水 塩分30	<i>Champia parvula</i>	ワツナギソウ (四分胞子体)	NOEC GRO	11	B	B	1)-10178	Pb(NO ₃) ₂
	○		19.5	海水	<i>Skeletonema costatum</i>	珪藻類	EC ₅₀ GRO(FCC)	3	B	B	1)-13180	PbCl ₂
		○	38	不明	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	緑藻類	NOEC GRO	1	B	C	1)- 100031	PbCl ₂
	○		40	海水	<i>Ditylum brightwellii</i>	珪藻類	EC ₅₀ GRO	5	D	C	1)-6405	PbCl ₂
		○	60	不明	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	緑藻類	NOEC GRO(RATE)	4	A	A	1)-48134	PbCl ₂
	○		62.8	海水	<i>Minutocellus polymorphus</i>	珪藻類	EC ₅₀ GRO	2	B	B	1)-13180	PbCl ₂
	○		140	不明	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	緑藻類	EC ₅₀ GRO	1	B	C	1)- 100031	PbCl ₂
	○		207	海水	<i>Asterionella japonica</i>	珪藻類	EC ₅₀ GRO(RATE)	3	B	B	1)-14681	Pb(NO ₃) ₂
		○	250	海水	<i>Gonyaulax polyedra</i>	渦鞭毛藻類	NOEC GRO	4	B	B	1)-20347	Pb(NO ₃) ₂
	○		250	不明	<i>Scenedesmus acutiformis</i>	緑藻類	EC ₅₀ GRO(FCC)	6~8	B	B	1)-9501	化合物 不明*1
甲殻類		○	17	海水 塩分30	<i>Americamysis bahia</i>	アミ科	NOEC REP	44	B	B	1)-11331	Pb(NO ₃) ₂
	○		18	15	<i>Hyalella azteca</i>	ヨコエビ科	LC ₅₀ MOR	4 (pH6.0)	B	C	1)-19974	Pb(NO ₃) ₂
	○		26.4 *2	20~30	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	ニセネコゼミ ジンコ	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-17591	Pb(NO ₃) ₂
		○	36	100	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	ニセネコゼミ ジンコ	NOEC REP	7	A	A	4)- 2009082	Pb(NO ₃) ₂
		○	51	20	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	ニセネコゼミ ジンコ	NOEC REP	7	A	A	1)-45106	化合物不明
	○		60	不明	<i>Daphnia similis</i>	タイリクミジ ンコ	LC ₅₀ MOR	4	C	C	1)-3945	Pb (CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O
	○		<90	280~300	<i>Hyalella azteca</i>	ヨコエビ科	LC ₅₀ MOR	4	B	C	1)-7289	PbCl ₂
		○	110*3	169	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	ニセネコゼミ ジンコ	MATC REP	7	A	B	1)-17743	Pb(NO ₃) ₂

分類	急性	慢性	毒性値 [μg Pb/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間[日]	試験 の 信頼 性	採用 の 可能 性	文献No.	対象物質
	○		132 ^{*5}	246~255	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2	D	C	1)-9180	PbO
	○		138 ^{*5}	246~255	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-9180	PbS
	○		168 ^{*5}	246~255	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-9180	PbCl ₂
	○		395 ^{*5}	246~255	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-9180	PbSO ₄
魚類	○		5	海水 塩分32~33	<i>Engraulis japonicus</i>	カタクチイワ シ属	LC ₅₀ MOR	4	C	C	1)-84105	Pb (CH ₃ COO) ₂
		○	8	29	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス (発眼卵)	NOEC GRO	62	A	A	1)-97672	PbCl ₂
			20	100	<i>Danio rerio</i>	ゼブラフィッ シュ (胚)	NOEC HAT	16	C	C	1)-3680	Pb (CH ₃ COO) ₂ ・3H ₂ O
		○	24	20	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス (発眼卵)	NOEC GRO/MOR	69	A	A	1)-97672	PbCl ₂
			30	100	<i>Danio rerio</i>	ゼブラフィッ シュ (胚)	NOEC MOR	13	C	C	1)-3680	Pb (CH ₃ COO) ₂ ・3H ₂ O
		○	48	33	<i>Salvelinus namaycush</i>	レイクトラウ ト (胚)	NOEC MOR	111-115 (~ふ化 後60)	B	B	1)-8439	Pb(NO ₃) ₂
		○	48	11	<i>Salmo salar</i>	タイセイヨウ サケ属 (発眼卵)	NOEC MOR	90	A	A	1)-10982	Pb(NO ₃) ₂
		○	58	44	<i>Salvelinus fontinalis</i>	カワマス (F ₀ 1年魚)	NOEC GRO (F ₂)	37ヶ月 (~ふ化 後12週)	B	B	1)-2102	Pb(NO ₃) ₂
		○	70	41	<i>Lepomis macrochirus</i>	ブルーギル (胚)	NOEC GRO/MOR	62 (~ふ化 後60)	B	B	1)-8439	Pb(NO ₃) ₂
		○	71	35	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス (胚)	NOEC MOR	95-97 (~ふ化 後60)	B	B	1)-8439	Pb(NO ₃) ₂
		○	75	36	<i>Ictalurus punctatus</i>	アメリカナマ ズ (胚)	NOEC GRO	66-68 (~ふ化 後60)	B	B	1)-8439	Pb(NO ₃) ₂
		○	76	135	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス (胚)	NOEC MOR	~ふ化 後210	A	A	1)-15566	化合物不明
		○	120	14	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4	A	A	1)-97672	PbCl ₂
		○	133	24	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4	A	A	1)-97672	PbCl ₂
	その他		○	12	139	<i>Lymnaea palustris</i>	モノアラガイ 科 (胚)	NOEC MOR	133 (ふ化 後120)	B	B	1)-8314
			40	195	<i>Gastrophryne carolinensis</i>	ジムグリガエ ル科 (胚)	LC ₅₀ MOR	~ふ化 後4	D	C	1)-5305	PbCl ₂
		○	42	245	<i>Tubifex tubifex</i>	イトミミズ科	LC ₅₀ MOR	4	C	C	1)-2918	Pb(NO ₃) ₂
		○	57	32	<i>Chironomus dilutus</i>	ユスリカ属 (1齢幼虫)	NOEC GRO	20	A	B	1)-97672	PbCl ₂
		○	60	不明	<i>Caenorhabditis elegans</i>	カンセンチュウ 科	LC ₅₀ MOR	4	B	C	1)-3437	Pb(NO ₃) ₂
		○	90	海水 塩分33	<i>Pinctada imbricata</i>	アコヤガイ属	NOEC GRO	60	C	C	1)- 100579	Pb(NO ₃) ₂

分類	急性	慢性	毒性値 [μg Pb/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間[日]	試験 の 信頼 性	採用 の 可能 性	文献No.	対象物質
			103	21	<i>Baetis tricaudatus</i>	コカゲロウ属 (幼虫)	NOEC MOLT	10	B	B	1)-97672	PbCl ₂
		○	115	32	<i>Chironomus dilutus</i>	ユスリカ属 (1齢幼虫)	NOEC EMRG	55	A	B	1)-97672	PbCl ₂
			258	47	<i>Tanytarsus dissimilis</i>	ヒゲユスリカ 属 (胚)	LC ₅₀ MOR	10	B	C	1)-5249	Pb(NO ₃) ₂
	○		307	海水 塩分33	<i>Paracentrotus lividus</i>	ヨーロッパム ラサキウニ (胚)	EC ₅₀ DVP	2	A	A	1)-50211	Pb (CH ₃ COO) ₂
	○		370	不明	<i>Dreissena polymorpha</i>	カワホトトギ スガイ	EC ₅₀ FIRT	2	B	B	1)-6741	Pb(NO ₃) ₂
	○		380~550	海水 塩分27	<i>Crassostrea gigas</i>	マガキ	EC ₅₀ GRO	2	A	A	1)-4092	Pb* ⁴
	○		476	海水 塩分34	<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキイガ イ (胚)	EC ₅₀ DVP	2	B	B	1)-15497	Pb(NO ₃) ₂
	○		664	14	<i>Baetis tricaudatus</i>	コカゲロウ属	LC ₅₀ MOR	4	B	B	1)-97672	PbCl ₂
	○		810	不明	<i>Caenorhabditis elegans</i>	カンセンチュウ 科	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-3437	Pb(NO ₃) ₂
	○		3,323	不明	<i>Chironomus dilutus</i>	ユスリカ属	LC ₅₀ MOR	4	B	B	1)-97672	PbCl ₂

毒性値 (太字) : PNEC 導出の際に参照した知見として本文で言及したもの

毒性値 (太字下線) : PNEC 導出の根拠として採用されたもの

試験の信頼性: 本初期評価における信頼性ランク

A: 試験は信頼できる、B: 試験は条件付きで信頼できる、C: 試験の信頼性は低い、D: 信頼性の判定不可

E: 信頼性は低くないと考えられるが、原著にあたって確認したものではない

採用の可能性: PNEC 導出への採用の可能性ランク

A: 毒性値は採用できる、B: 毒性値は条件付きで採用できる、C: 毒性値は採用できない

エンドポイント

EC₅₀ (Median Effective Concentration): 半数影響濃度、LC₅₀ (Median Lethal Concentration): 半数致死濃度、

MATC (Maximum Acceptable Toxicant Concentration): 最大許容濃度、

NOEC (No Observed Effect Concentration): 無影響濃度

影響内容

DVP (Development): 発生(胚の奇形割合)、EMRG (Adult Emergence): 羽化、FIRT (Filtration): ろ過量、

GRO (Growth): 生長(植物)、成長(動物)、HAT (Hatch): 孵化、MOLT (Molting): 脱皮、MOR (Mortality): 死亡、

REP (Reproduction): 繁殖、再生産

() 内: 毒性値の算出方法

FCC (Final Cell Concentration [or Counts]): 試験終了時の藻類細胞密度 (あるいは細胞数) より求める方法

RATE: 生長速度より求める方法 (速度法)

*1: 被験物質には硝酸塩、塩化物塩、硫酸塩のいずれかを使用

*2: 4回繰り返し試験の最小値

*3: 2試験の算術平均値を記載

*4: 分析用試薬 (AA 標準液)

*5: 溶存態金属濃度に基づく値

評価の結果、採用可能とされた知見のうち、生物群ごとに急性毒性値及び慢性毒性値のそれぞれについて最も小さい毒性値を予測無影響濃度(PNEC)導出のために採用した。その知見の概要は以下のとおりである。

1) 藻類

Walsh ら¹⁾⁻¹³¹⁸⁰は、米国 EPA の試験方法(EPA 600-8/87/043, 1987) に準拠し、珪藻類 *Skeletonema costatum* の生長阻害試験を実施した。試験には塩化鉛が用いられ、設定試験濃度区は対照区のほかに 5 濃度区以上であった。珪藻類の生長量は、試験終了時の細胞密度より求めた。72 時間半数影響濃度(EC₅₀)は、設定濃度に基づき 19.5µg Pb/L であった。

また、Steele と Thursby¹⁾⁻¹⁰¹⁷⁸はワツナギソウ *Champia parvula* の 11 日間毒性試験を実施した。試験は半止水式(7 日目換水)で行われ、硝酸鉛が使用された。設定試験濃度区は対照区及び 6 濃度区(公比約 1.7)であった。四分孢子体の生長(乾重量、または乾重量当たりの四分孢子嚢数)に関する 11 日間無影響濃度(NOEC)は、実測濃度に基づき 9.1µg Pb/L であった。

2) 甲殻類

Diamond ら¹⁾⁻¹⁷⁵⁹¹は、ニセネコゼミジンコ *Ceriodaphnia dubia* の急性毒性試験を実施した。試験は半止水式(24 時間換水)で行われ、硝酸塩が用いられた。設定試験濃度は対照区及び 5 濃度区以上であった。試験用水には再調整軟水(硬度 20~30mg/L、CaCO₃ 換算)が用いられた。実測濃度に基づく 48 時間半数致死濃度(LC₅₀)は 26.4µg Pb/L (4 回の試験における最小値)であった。

また、Lussier ら¹⁾⁻¹¹³³¹はアミ科 *Americamysis bahia* (= *Mysidopsis bahia*) のライフサイクル試験を実施した。試験は流水式(4 時間毎に 50%換水)で行われ、硝酸鉛が使用された。設定試験濃度区は対照区のほかに 4 濃度区であり、試験用水にはろ過天然海水(塩分 30)が使用された。被験物質の平均実測濃度は<2 (対照区)、17、37、80、156µg Pb/L であった。繁殖阻害(産仔数)に関する 44 日間無影響濃度(NOEC)は、実測濃度に基づき 17µg Pb/L であった。

3) 魚類

Mebane ら¹⁾⁻⁹⁷⁶⁷²は、一部改変した米国 ASTM の試験方法(E729-96, 1997) に準拠し、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* の急性毒性試験を実施した。試験は半止水式(48 時間で約 80%換水、曝気あり)で行われ、塩化鉛が用いられた。設定試験濃度区は対照区及び 6 濃度区であり、試験用水には硬度 7~22mg/L(CaCO₃ 換算)の LNF 水が使用された。96 時間半数致死濃度(LC₅₀)は、実測濃度(試験開始時と終了時の幾何平均)に基づき 120µg Pb/L であった。

また、Mebane ら¹⁾⁻⁹⁷⁶⁷²は米国 ASTM の試験方法(E1241-92, 1992)に準拠し、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* の発眼卵を用いて魚類初期生活段階毒性試験を実施した。試験は流水式(流速 50mL/分、5 倍容量/日)で行われ、試験には塩化鉛が使用された。設定試験濃度区は対照区及び 5 濃度区であり、試験用水には SFH 水(硬度 20~35mg/L、CaCO₃ 換算)が用いられた。被験物質の実測濃度は 0±<3、8.0±3.3、18±7.0、37±15、87±36、124±50µg Pb/L であり、毒性値の算出には実測濃度(時間加重算術平均)が用いられた。成長阻害(体長)に関する 62 日間無影響濃度(NOEC)は 8µg Pb/L であった。

4) その他

His ら¹⁾⁻⁵⁰²¹¹は、米国 ASTM の試験方法(E724-89, 1989) に準拠し、ヨーロッパムラサキウニ *Paracentrotus lividus* の胚を用いた急性毒性試験を実施した。試験は止水式で行われ、酢酸鉛が使用された。設定試験濃度は 0 (対照区)、10、25、50、100、150、300、600、1,200µg/L (公

比 1.5~2.5) であった。試験用水には塩分 33 のろ過天然海水が用いられた。発生阻害に関する 48 時間半数影響濃度(EC₅₀)は 307µg Pb/L であった。

また、Borgmann ら¹⁾⁻⁸³¹⁴はモノアラガイ科 *Lymnaea palustris* の胚を用いて、慢性毒性試験を実施した。試験は流水式(流速 20mL/分)で行われ、硝酸鉛が用いられた。設定試験濃度区は対照区及び 5 濃度区であり、試験用水には水道水(硬度 139mg/L、CaCO₃換算)が使用された。被験物質の実測濃度は 3.8±1.7 (対照区)、12±3、19±2、31±6、54±13、97±30 µg Pb/L であった。死亡に関する 133 日間(ふ化後 120 日まで)無影響濃度(NOEC)は、実測濃度に基づき 12µg Pb/L であった。

(2) 予測無影響濃度(PNEC)の設定

急性毒性及び慢性毒性のそれぞれについて、上記本文で示した毒性値に情報量に応じたアセスメント係数を適用し予測無影響濃度(PNEC)を求めた。

急性毒性値

藻類	<i>Skeletonema costatum</i>	生長阻害 ; 72 時間 EC ₅₀	19.5µg Pb/L
甲殻類	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	48 時間 LC ₅₀	26.4µg Pb/L
魚類	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 時間 LC ₅₀	120µg Pb/L
その他	<i>Paracentrotus lividus</i>	発生阻害 ; 48 時間 EC ₅₀	307µg Pb/L

アセスメント係数 : 100 [3 生物群(藻類、甲殻類、魚類)及びその他の生物について信頼できる知見が得られたため]

これらの毒性値のうち、その他の生物を除いた最も小さい値(藻類の 19.5µg Pb/L)をアセスメント係数 100 で除することにより、急性毒性値に基づく PNEC 値 0.2µg Pb/L が得られた。

慢性毒性値

藻類	<i>Champia parvula</i>	胞子体の生長阻害 ; 14 日間 NOEC	9.1µg Pb/L
甲殻類	<i>Americamysis bahia</i>	繁殖阻害 ; 44 日間 NOEC	17µg Pb/L
魚類	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	成長阻害 ; 62 日間 NOEC	8µg Pb/L
その他	<i>Lymnaea palustris</i>	死亡 ; 133 日間 NOEC	12µg Pb/L

アセスメント係数 : 10 [3 生物群(藻類、甲殻類、魚類)及びその他の生物について信頼できる知見が得られたため]

これらの毒性値のうち、その他の生物を除いた最も小さい値(魚類の 8µg Pb/L)をアセスメント係数 10 で除することにより、慢性毒性値に基づく PNEC 値 0.8µg Pb/L が得られた。

本物質の PNEC としては藻類の急性毒性値から得られた 0.2µg Pb/L を採用する。

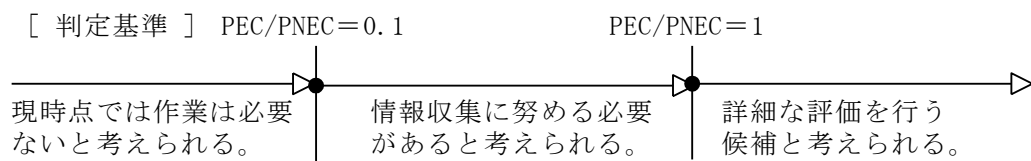
(3) 生態リスクの初期評価結果

表 3.2 生態リスクの初期評価結果

水質	平均濃度	最大濃度(PEC)	PNEC	PEC/ PNEC 比
公共用水域・淡水	10 μ g/L未満 (2007)	190 μ g/L (2006)	0.2 μ g Pb/L	950
公共用水域・海水	10 μ g/L未満 (2007)	9 μ g/L (2006)		45

注：1) 水質中濃度の () 内の数値は測定年度を示す

2) 公共用水域・淡水は、河川河口域を含む



本物質の公共用水域における濃度は、平均濃度で見ると淡水域、海水域とも 10 μ g/L 未満であった。安全側の評価値として設定された予測環境中濃度(PEC)は淡水域で 190 μ g/L、海水域では 9 μ g/L であった。

予測環境中濃度(PEC)と予測無影響濃度(PNEC)の比は淡水域で 950、海水域では 45 となるため、詳細な評価を行う候補と考えられる。

4. 引用文献等

(1) 物質に関する基本的事項

- 1) 環境省(2009)：化学物質ファクトシート－2008年度版－，
(<http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html>)
- 2) 越後谷悦郎ら(監訳)(1986)：実用化学辞典 朝倉書店.
- 3) 大木道則ら(1989)：化学大辞典 東京化学同人.
- 4) 化学大辞典編集委員(1963)：化学大辞典（縮刷版） 共立出版.
- 5) Sidney L. Phillips (1997): Properties of Inorganic Compounds: Version 2.0, Boca Raton, CRC Press. (CD-ROM).
- 6) ATSDR (2007) : TOXICOLOGICAL PROFILE FOR LEAD.
- 7) Lide, D.R. ed. (2006): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 86th Edition (CD-ROM Version 2006), Boca Raton, Taylor and Francis. (CD-ROM).
- 8) 経済産業省 (2003)：化学物質の製造・輸入量に関する実態調査(平成13年度実績)の確報値,
(http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/new_page/10/2.htm, 2005.10.現在)
- 9) 経済産業省 (2007)：化学物質の製造・輸入量に関する実態調査(平成16年度実績)の確報値
(http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/jittaihou/kakuhou18.html,
2007.4.6 現在)
- 10) 経済産業省(2009)：化学物質の製造・輸入量に関する実態調査(平成19年度実績)の確報値,
(http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/kakuhou19.html, 2009.12.28
現在).
- 11) 薬事・食品衛生審議会薬事分科会化学物質安全対策部会PRTR対象物質調査会、化学物質審議会管理部会、中央環境審議会環境保健部会PRTR対象物質等専門委員会合同会合(第4回)(2008)：参考資料1 現行化管法対象物質の有害性・暴露情報，
(<http://www.env.go.jp/council/05hoken/y056-04.html>, 2008.11.6 現在)

(2) ばく露評価

- 1) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2009)：平成19年度特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化学物質排出把握管理促進法)第11条に基づき開示する個別事業所データ.
- 2) 製品評価技術基盤機構：届出外排出量の推計値の対象化学物質別集計結果 算出事項(対象業種・非対象業種・家庭・移動体)別の集計 表3-1 全国，
(<http://www.prtr.nite.go.jp/prtr/csv/2007a/2007a3-1.csv>, 2009.3.11 現在).
- 3) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2009)：平成19年度PRTR届出外排出量の推計方法の詳細。
(<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegaiH19/syosai.html>, 2009.3.13 現在).
- 4) 環境省水・大気環境局水環境課(2008)：平成19年度公共用水域水質測定結果.
- 5) 環境省水・大気環境局水環境課(2007)：平成18年度公共用水域水質測定結果.
- 6) 環境省水・大気環境局水環境課(2006)：平成17年度公共用水域水質測定結果.

- 7) 環境省水・大気環境局水環境課(2005)：平成16年度公共用水域水質測定結果。
- 8) 環境省環境管理局水環境部(2004)：平成15年度公共用水域水質測定結果。
- 9) 環境省環境管理局水環境部(2001)：平成12年度公共用水域水質測定結果。
- 10) 環境省環境管理局水環境部(2003)：平成14年度公共用水域水質測定結果。

(3) 生態リスクの初期評価

1) U.S.EPA 「AQUIRE」

- 2102 : Holcombe, G.W., D.A. Benoit, E.N. Leonard, and J.M. McKim (1976): Long-Term Effects of Lead Exposure on Three Generations of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). J.Fish.Res.Board Can. 33(8):1731-1741.
- 2918 : Khangarot, B.S. (1991): Toxicity of Metals to a Freshwater Tubificid Worm, *Tubifex tubifex* (Muller). Bull.Environ.Contam.Toxicol. 46:906-912.
- 3437 : Williams, P.L., and D.B. Dusenbery (1990): Aquatic Toxicity Testing Using the Nematode, *Caenorhabditis elegans*. Environ.Toxicol.Chem. 9(10):1285-1290.
- 3680 : Dave, G., and R. Xiu (1991): Toxicity of Mercury, Copper, Nickel, Lead, and Cobalt to Embryos and Larvae of Zebrafish, *Brachydanio rerio*. Arch.Environ.Contam.Toxicol. 21:126-134.
- 3945 : Soundrapandian, S., and K. Venkataraman (1990): Effect of Heavy Metal Salts on the Life History of *Daphnia similis* Claus (Crustacea: Cladocera). Proc.Indian Acad.Sci.Anim.Sci. 99(5):411-418.
- 4092 : Chapman, P.M., and C. McPherson (1993): Comparative Zinc and Lead Toxicity Tests with Arctic Marine Invertebrates and Implications for Toxicant Discharges. In: E.G.Baddaloo, S.Ramamoorthy and J.W.Moore (Eds.), Proc.19th Annual Aquatic Toxicity Workshop, Oct.4-7, 1992, Edmondton, Alberta, Can.Tech.Rep.Fish.Aquat.Sci.No.1942:7-22// Polar Rec. 29 (168): 45-54.
- 5249 : Anderson, R.L., C.T. Walbridge, and J.T. Fiandt (1980): Survival and Growth of *Tanytarsus dissimilis* (Chironomidae) Exposed to Copper, Cadmium, Zinc, and Lead. Arch.Environ.Contam. Toxicol. 9(3):329-335.
- 5305 : Birge, W.J. (1978): Aquatic Toxicology of Trace Elements of Coal and Fly Ash. In: J.H.Thorp and J.W.Gibbons (Eds.), Dep.Energy Symp.Ser., Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems, Augusta, GA 48:219-240.
- 6405 : Canterford, G.S., and D.R. Canterford (1980): Toxicity of Heavy Metals to the Marine Diatom *Ditylum brightwellii* (West) Grunow: Correlation between Toxicity and Metal Speciation. J.Mar.Biol.Assoc.U.K. 60(1):227-242.
- 6741 : Bleeker, E.A.J., M.H.S. Kraak, and C. Davids (1992): Ecotoxicity of Lead to the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*, Pallas. Hydrobiol.Bull. 25(3):233-236.
- 7289 : Schubauer-Berigan, M.K., J.R. Dierkes, P.D. Monson, and G.T. Ankley (1993): pH-Dependent Toxicity of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn to *Ceriodaphnia dubia*, *Pimephales promelas*, *Hyalella azteca* and *Lumbriculus variegatus*. Environ.Toxicol.Chem. 12:1261-1266.

- 8314 : Borgmann, U., O. Kramar, and C. Loveridge (1978): Rates of Mortality, Growth, and Biomass Production of *Lymnaea palustris* During Chronic Exposures to Lead. J.Fish.Res.Board Can. 35(8):1109-1115.
- 8439 : Sauter, S., K.S. Buxton, K.J. Macek, and S.R. Petrocelli (1976): Effects of Exposure to Heavy Metals on Selected Freshwater Fish: Toxicity of Copper, Cadmium, Chromium and Lead to Eggs and Fry of Seven Fish Species. EPA-600/3-76-105, U.S.EPA, Duluth, MN :74 p.
- 9180 : Gale, N.L., B.G. Wixson, and M. Erten (1992): An Evaluation of the Acute Toxicity of Lead, Zinc, and Cadmium in Missouri Ozark Groundwater. Trace Subst.Environ.Health 25:169-183.
- 9501 : Stokes, P.M. (1981): Multiple Metal Tolerance in Copper Tolerant Green Algae. J.Plant Nutr.3(1-4):667-678.
- 10178 : Steele, R.L., and G.B. Thursby (1983): A Toxicity Test Using Life Stages of *Champia parvula* (Rhodophyta). In: W.E.Bishop, R.D.Cardwell, and B.B.Heidolph (Eds.), Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, 6th Symposium, ASTM STP 802, Philadelphia, PA :73-89.
- 10982 : Grande, M., and S. Andersen (1983): Lethal Effects of Hexavalent Chromium, Lead and Nickel on Young Stages of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Soft Water. Vatten 39(4):405-416.
- 11331 : Lussier, S.M., J.H. Gentile, and J. Walker (1985): Acute and Chronic Effects of Heavy Metals and Cyanide on *Mysidopsis bahia* (Crustacea: Mysidacea). Aquat.Toxicol. 7(1/2):25-35.
- 13180 : Walsh, G.E., L.L. McLaughlin, M.J. Yoder, P.H. Moody, E.M. Lores, J. Forester, and P.B. Wessinger-Duvall (1988): *Minutocellus polymorphus*: A New Marine Diatom for Use in Algal Toxicity Tests. Environ.Toxicol.Chem. 7(11):925-929.
- 14681 : Fisher, N.S., and G.J. Jones (1981): Heavy Metals and Marine Phytoplankton: Correlation of Toxicity and Sulfhydryl-Binding. J.Phycol. 17(1):108-111.
- 15497 : Martin, M., K.E. Osborn, P. Billig, and N. Glickstein (1981): Toxicities of Ten Metals to *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis* Embryos and *Cancer magister* Larvae. Mar.Pollut.Bull. 12(9):305-308.
- 15566 : Hodson, P.V., B.R. Blunt, D. Jensen, and S. Morgan (1979): Effect of Fish Age on Predicted and Observed Chronic Toxicity of Lead to Rainbow Trout in Lake Ontario Water. J.Great Lakes Res. 5(1):84-89.
- 17591 : Diamond, J.M., D.E. Koplisch, J. McMahon III, and R. Rost (1997): Evaluation of the Water-Effect Ratio Procedure for Metals in a Riverine System. Environ.Toxicol.Chem. 16(3):509-520.
- 17743 : Masters, J.A., M.A. Lewis, D.H. Davidson, and R.D. Bruce (1991): Validation of a Four-Day Ceriodaphnia Toxicity Test and Statistical Considerations in Data Analysis. Environ.Toxicol.Chem. 10:47-55.
- 19974 : Mackie, G.L. (1989): Tolerances of Five Benthic Invertebrates to Hydrogen Ions and Metals (Cd, Pb, Al). Arch.Environ.Contam.Toxicol. 18(1/2):215-223.
- 20347 : Okamoto, O.K., L. Shao, J.W. Hastings, and P. Colepicolo (1999): Acute and Chronic Effects of Toxic Metals on Viability, Encystment and Bioluminescence in the Dinoflagellate *Gonyaulax polyedra*. Comp.Biochem.Physiol.C 123(1):75-83.

- 45106 : Jop, K.M., A.M. Askew, and R.B. Foster (1995): Development of a Water-Effect Ratio for Copper, Cadmium, and Lead for the Great Works River in Maine Using *Ceriodaphnia dubia* and *Salvelinus fontinalis*. Bull.Environ.Contam.Toxicol. 54(1):29-35.
- 48134 : Chao, M.R., and C.Y. Chen (2000): No-Observed-Effect Concentrations in Batch and Continuous Algal Toxicity Tests. Environ.Toxicol.Chem. 19(6):1589-1596.
- 50211 : His, E., I. Heyvang, O. Geffard, and X. De Montaudouin (1999): A Comparison Between Oyster (*Crassostrea gigas*) and Sea Urchin (*Paracentrotus lividus*) Larval Bioassays for Toxicological Studies. Water Res. 33(7):1706-1718.
- 58891 : Rivkin, R.B. (1979): Effects of Lead on Growth of the Marine Diatom *Skeletonema costatum*. Mar.Biol. 50:239-247.
- 84105 : Cherkashin, S.A., M.V. Nikiforov, and V.A. Shelekhov (2004): The Use of the Mortality Rate of Marine Fish Prelarvae for the Estimation of Zinc and Lead Toxicity. Russ.J.Mar.Biol. 30(3):217-222.
- 97672 : Mebane, C.A., D.P. Hennessy, and F.S. Dillon (2007): Developing Acute-to-Chronic Toxicity Ratios for Lead, Cadmium, and Zinc Using Rainbow Trout, a Mayfly, and a Midge. Water Air Soil Pollut. :26 p.
- 100031 : Lin, K.C., Y.L. Lee, and C.Y. Chen (2007): Metal Toxicity to *Chlorella pyrenoidosa* Assessed by a Short-Term Continuous Test. J.Hazard.Mater. 142(1/2):236-241.
- 100579 : Gifford, S.P., G.R. MacFarlane, W.A. O'Connor, and R.H. Dunstan (2006): Effect of the Pollutants Lead, Zinc, Hexadecane and Octocosane on Total Growth and Shell Growth in the Akoya Pearl Oyster, *Pinctada imbricate*. J.Shellfish Res. 25(1):159-165.
- 2) 環境省(庁)データ : 該当なし
- 3) (独)国立環境研究所 : 化学物質環境リスク評価検討調査報告書 ; 該当なし
- 4) その他
- 2009082 : Spehar, R.L., J.T. Fiandt (1985): Acute and Chronic Effects of Water Quality Criteria Based Metal Mixtures on Three Aquatic Species. PB86-122579/HDM , EPA/600/3-85/074.