

項目					
PRTR 番号 : 1		CAS-NO : 亜鉛及び代表的な亜鉛化合物のCAS-NOを表-1に示す。		初期リスク評価指針 Ver. 2.0	
物質名 (PRTRにおける) : 亜鉛の水溶性化合物					
一般情報	物理化学的性状	①外観	亜鉛及び代表的な亜鉛化合物の性状を表-1に示す。	②融点	同左
		③沸点		④水溶解度	同左
	環境中運命	①濃縮性	酸化亜鉛・硫化亜鉛・硝酸亜鉛六水和物：高濃縮性ではないと判定。 塩化亜鉛・硫酸亜鉛：濃縮性がないまたは低いと判定。 亜鉛は、食物連鎖を通して順次高濃度になる biomagnification が認められないとの報告がある。		
		②BCF	亜鉛としての濃縮倍率(コイ)実測：172未満-217(酸化亜鉛)、95未満-217(硫化亜鉛)、(230)-457(塩化亜鉛)、94-242(硫酸亜鉛)、210未満(硝酸亜鉛六水和物)		
		③生分解性	-		
		安定性(媒体中での動態)	<p>土壤中：環境中では、亜鉛は主として玄武岩などの火成岩及び頁岩などの堆積岩中に存在する。岩盤の風化、浸食作用などにより土壤へ移行した亜鉛は、土壤水分中に、あるいは土壤粒子に吸着、有機配位子と錯体を形成、粘土鉱物等に吸着するなどの形態で存在している。</p> <p>大気中：大気中へ排出された亜鉛は、主に酸化物粒子として存在し、粒子の大きさは排出源に依存すると考えられる。大気中の亜鉛粒子は重力による降下あるいは雨などによる降下により土壤及び水域へ移行する。</p> <p>水中：土壤、岩石からの浸出や、大気からの沈着により水域へ移行した亜鉛は、主に水和物イオンとして存在するが、有機物や無機物との錯体、無機化合物としても存在する。また亜鉛は水中で水酸化鉄、硫化物、シリカ、粘土鉱物等に吸着する。</p>		
環境中動態(変換と分解)	<p>亜鉛は両性元素であるため、金属亜鉛、酸化亜鉛は、酸性及び塩基性水溶液に溶解する。pHが9未満ではアコ錯体である水和物 $[Zn(H_2O)_6]^{2+}$ を形成し、pHが10.5以上では、ヒドロキシ錯体の亜鉛酸陰イオン $[Zn(OH)_3]^-$、$[Zn(OH)_4]^{2-}$、$[Zn(OH)_4(H_2O)_2]^{2-}$ 等を形成して溶解するが、pHが9以上、10.5未満では、水酸化亜鉛 $Zn(OH)_2$ として沈殿する。亜鉛の生物的メチル化は確認されていない。菌類やバクテリアは、土壤中では硫化亜鉛を酸化し、水溶性の硫酸亜鉛に変換する。植物体内に存在する亜鉛の化学形態は、まだ十分には判明していないが、葉にある可溶性形態の亜鉛は低分子化合物である。一方、ミトコンドリアと葉緑体では、大部分の亜鉛は、タンパク質と結合した高分子化合物である。</p>				
発生源情報	製造・輸出入量等(トン/年)	それぞれ以下の表に示す。 (表2)亜鉛精鉱の製造量及び輸入量等、(表3)亜鉛地金(再生亜鉛地金を含む)の製造量、輸入量等、(表4)酸化亜鉛の製造量、輸入量等、(表6)塩化亜鉛の製造量、輸入量等、			
	用途情報	亜鉛地金は主として亜鉛メッキ鋼板や亜鉛メッキ、伸銅品等に、酸化亜鉛は主としてゴムの加硫促進剤に、塩化亜鉛は溶融亜鉛メッキのフラックス剤に、硫酸亜鉛は農薬、肥料、飼料等に使用されている。			

項目								
PRTR データ (2003 年度)	各媒体の 排出量	大気 (t)	水域 (t)	土壌 (t)				
	届出	66	625	<0.5	裾切り：大気、公共用水域、土壌への排出量は、業種ごとの届出排出量の排出割合と同じと仮定し推定した。 非対象業種：農薬。大気、公共用水域、土壌への排出量は、物理化学的性状及び用途から推定した。 環境媒体別排出量は亜鉛純分に換算した値である。 埋立による排出量は含んでいない。 河川への排出量：432 トン			
	裾切り	2	14	<0.5				
	非対象業種	0	0	23				
	家庭	-	-	-				
	移動体	-	-	-				
	合計	68	639	24				
	対象業種の届出・届出外 排出量合計(上位5業種)	下水道業(64%)化学工業(8%)金属製品製造業(8%)非鉄金属製造業(6%)パルプ・紙・紙加工品製造業(3%)						
その他の 排出源	<p>自然発生源：土壌粒子の巻き上げ、火山活動、森林火災、生物活動や海塩粒子の巻き上げ等によって、全世界で約 45,000 トン/年の亜鉛が大気中へ排出される。</p> <p>人為発生源：亜鉛は石油及び石炭にそれぞれ含まれ、石油及び石炭の燃焼に伴い、1983 年には全世界でそれぞれ 2,570~19,630 トン/年、532~3,786 トン/年の亜鉛が大気中へ排出された。ごみ焼却炉からは、2,950~3,786 トン/年の亜鉛が大気中へ排出された。自動車等のタイヤには、酸化亜鉛が加硫促進助剤として使用されており、タイヤの摩耗に伴い、亜鉛が大気中へ排出される。亜鉛（メッキ）製品は、大気中の二酸化硫黄、窒素酸化物、塩化物によって表面が腐食し、水溶性化合物を生じ、雨水の作用などにより徐々に水域等へ移行する。船のプロペラ等に電蝕防止用に取りつけられた亜鉛板（アノード）から、海水中へ亜鉛が溶け出す。硫酸亜鉛等の亜鉛化合物は、肥料や飼料の添加物として用いられており、土壌に直接または家畜の排泄物等を介して土壌に排出される可能性がある。亜鉛は生活排水等によっても環境水中に排出される。亜鉛メッキした水道管や化粧品、医薬品等からの排出がある。</p> <p>食物、飲料水：亜鉛はほとんどの食物中に含まれている。肉類及び魚類中の平均亜鉛濃度が 24.5 mg Zn/kg であるのに対し、穀類及びその製品では 8 mg Zn/kg、芋類では 6 mg Zn/kg である。飲料水中にも数十 $\mu\text{g Zn/L}$~数百 $\mu\text{g/L}$ の亜鉛が含まれる。</p>							
排出シナリオ	<p>亜鉛の水溶性化合物の発生源には、自然発生源と人為発生源がある。地殻中の亜鉛は、土壌粒子の巻き上げ、火山活動、森林火災、生物活動などにより大気中へ排出され、最終的には水域や土壌に移行し、遍在して分布する。亜鉛の水溶性化合物の人為発生源からの水域への排出経路は、化学工業、非鉄金属製造業、金属製品製造業などの各種工業からの排水、下水道処理施設から公共用水域への排出と考えられる。亜鉛メッキ製品などが大気中の硫酸酸化物によって腐食された結果、亜鉛の水溶性化合物が溶出し公共用水域へ流出する。大気への排出経路は、金属製品製造業や非鉄金属製造業からの排出、化石燃料の燃焼、ゴムタイヤの摩耗などであり、主として酸化物として排出されると考えられる。</p>							
暴露 評価	測定値		①検出地点 /測定地点	②検出数 /検体数	③検出 範囲	④95 値	⑤検出限 界	⑥調査年度 ・測定機関
	大気中濃度 ($\mu\text{g/m}^3$)		8/8	90/90	0.027- 0.20	0.16	0.000095	2002 年 大阪府

項目								
	河川水中濃度 ($\mu\text{g/L}$)	896/ 1,981	896/ 1,981	nd- 1,600	120	1-500	2000年 環境省	
	飲料水中濃度 ($\mu\text{g/L}$)	1,185/ 5,435	-/ 13,825	nd-420	50	10-400	2003年 日本水道協会	
	食物中濃度($\mu\text{g/g}$)						ヒトの摂取 量の項目参 照	
推定濃度	自然発生源からの亜鉛の排出量の寄与が考慮できないこと、また、環境中への排出形態及び環境中での動態に関する定量的な情報が不足していることから、PRTR 排出量データを用いた数理モデルによる暴露量推定は行わない。							
EEC	EEC($\mu\text{g/L}$)	120						
	採用理由	水生生物が生息する EEC として、河川における測定結果の 95 パーセンタイルである $120\mu\text{g Zn/L}$ を用いる。						
ヒトの 摂取量			①摂取量推定に採用した濃度の値	②1日推定摂取量 ($\mu\text{g/人/日}$)	③1日体重当たり摂取量($\mu\text{g/kg/日}$)			
	吸入 経路	大気	0.16 ($\mu\text{g/m}^3$)	3.2	0.064			
		④摂取量推定のための濃度採用の根拠	屋外大気 大気中濃度は、測定結果から $0.16\mu\text{g Zn/m}^3$ とした。					
	経口 経路	飲料水	50 ($\mu\text{g/L}$)	100	2.0			
		④摂取量推定のための濃度採用の根拠	飲料水中濃度は、浄水測定結果から求めた各地点の最大値の 95 パーセンタイル $50\mu\text{g Zn/L}$ とした。					
		食物	- ($\mu\text{g/g}$)	16,300	330			
		④摂取量推定のための濃度採用の根拠	厚生労働省の調査から食物からの推定摂取量は、日本人の年齢層別推定摂取量の成人での最大を示した層(18~29歳の男性)の 95 パーセンタイル 16.3mg Zn/人/日 とした。					
		経口経路の合計	-	16,400	330			
	その他	消費者製品等	-	-	-			
		④摂取量推定のための濃度採用の根拠	自然発生源からの亜鉛の排出量の寄与が考慮できないこと、また、環境中への排出形態及び環境中での動態に関する定量的な情報が不足していることから、PRTR 排出量データを用いた数理モデルによる暴露量推定は行わない。					
	全経路の合計値	-	16,400	330				
消費者製品 經由の暴露	種々の亜鉛化合物が化粧品成分として使用されている。また、硫酸亜鉛は目薬に、塩化亜鉛は洗口液等に使用され、グルコン酸亜鉛を含有する亜鉛サプリメントは保健機能食品として市販されている。これらの消費者製品については、管理された状態で使用されているため、本評価書では考慮しない。							

項目								
有害性評価	生態毒性		①長期 or 急性	②生物種	③エンドポイント	④NOEC 等の値		
		藻類 (ZnCl ₂)	急性	<i>Nitzschia closteium</i> (珪藻、ニッチア サハハクイ科)	96 時間 EC ₅₀ 生長阻害	0.065 (mg/L)		
		甲殻類 (ZnCl ₂)	長期	<i>Daphnia magna</i> (オミジソコ)	21 日間 EC ₅₀	0.102 (mg/L)		
		魚類 (ZnSO ₄)	長期	<i>Jordanella floridae</i> (アメリカンフラグフィッシュ、メダカ科)	100 日間 NOEC 成長 (メス)	0.026 (mg/L)		
	採用した生物とその理由		最小値である魚類(アメリカンフラグフィッシュ)					
	疫学調査及び事例: 亜鉛はヒトにとって必須微量元素であり日本人成人の1日推定平均必要量は、男性8 mg/日、女性6 mg/日である。亜鉛のホメオスタシス(恒常性)が崩れると、生理機能変化が生ずる。これには、摂取量不足による亜鉛欠乏症と過剰摂取による亜鉛過剰症があるが日常生活では欠乏症は起こりにくい。							
	ヒト健康	反復投与毒性	摂取経路	①生物種	②投与期間・方法	③エンドポイント	④NOAEL 等の値 (換算値)	
			吸入経路	適切に評価できる報告は得られていない。				
			経口経路	ヒト	厚生労働省は日本人成人の亜鉛の健康障害を起こすことのない摂取最大量を30 mg Zn/日としている	-	LOAEL: 換算値 0.60 mg Zn/kg/日	
		生殖・発生毒性	経皮経路	-	-	-	-	
経口経路			-	-	-	-		
発がん性		発がん性試験情報: 信頼できる毒性試験報告は無い。						
		IARC の評価結果: 亜鉛及びその化合物の発がん性を評価していない。						
	ユニットリスク: -							
遺伝毒性	遺伝毒性判定の結果: 亜鉛及びその化合物における遺伝毒性の有無については明確に判断できない。なお、化合物ごとの毒性の違いの有無を明確に評価できるようなデータは得られていない。							
リスク評価	生態への影響	リスク評価	①EEC (μg/L)	②NOEC 等 (mg/L)	③MOE (NOEC 等 / EEC)	④不確実係数積	⑤判定	
		120	NOEC: 0.026	0.22	50	詳細候補		
	不確実係数積内訳: 室内試験(10)2生物種のみ/長期毒性試験(5)							
リコメンデーション	今後は実際の環境水中における亜鉛の存在状況、存在形態及び水生生物への影響について必要なフィールド調査の実施や、人為発生源及び自然発生源の環境中濃度に対する寄与の解析など詳細な調査、解析及び評価を行う必要がある。							

項目							
		1. 暴露評価		2. NOAEL 等	3. リスク評価		
		①摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$)	①NOAEL 等換算値 ($\text{mg}/\text{kg}/\text{日}$)	①MOE (NOAEL 等/摂取量)	②不確実 係数積	③判定	
ヒト健康	反復投与 毒性	吸入経路	0.064	適切に評価できる報告は得られていない。	算出せず	算出せず	-
		経口経路	330	NOAEL : 0.60	1.8	1	影響なしと判断
		全経路	-	-	-	-	-
	生殖・発生毒性	-	-	-	-	-	-
	発がん性	-	-	-	-	-	-
	リコメンデーション						
	備考：①亜鉛は、環境中に種々の化学形態で存在すると考えられるが、環境中濃度の測定結果の多くは化学形態別の濃度ではなく亜鉛の合計濃度である。そのため、水生生物生息環境における推定環境濃度（EEC）及びヒトの推定摂取量は、環境中での化学形態の区別はせず、亜鉛の合計濃度を用いて算出する。本評価書では亜鉛の合計濃度は、すべて本評価書で対象とする亜鉛の水溶性化合物に由来するものと仮定して評価を行った。						
②亜鉛の水溶性化合物のうち、製造・輸入量の実績や用途情報、また、環境中の生物及びヒト健康に対する有害性情報の有無等を考慮し、リスク評価の対象とする化合物を複数選定した。環境中の水生生物に対するリスク評価に用いた無影響濃度は最も小さい(最も厳しい)硫酸亜鉛の NOEC を採用した。そのため、本評価書では、リスクを大きく見積もっている可能性がある。							
③本書の中で濃度、摂取量など mg/L 、 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ などはいずれも Zn 純分換算の mgZn/L 、 $\mu\text{gZn}/\text{kg}/\text{日}$ の意味である。							

表-1 CAS 番号及び物理化学的性質

化学物質審査規制法官報公示整理番号	—	1-561	1-264	1-542	1-491	2-3129
化学物質排出把握管理促進法政令番号					1-1	
物質名	金属亜鉛	酸化亜鉛	亜鉛の水溶性化合物			
			塩化亜鉛	硫酸亜鉛	硝酸亜鉛	グルコン酸亜鉛
CAS登録番号	7440-66-6	1314-13-2	7646-85-7	7733-02-0 (無水物)、 7446-20-0 (七水和物)	7779-88-6 (無水物)、 10196-18-6 (六水和物)	4468-02-4 (無水物)、 12389-19-4 (三水和物)
化学式	Zn	ZnO	ZnCl ₂	ZnSO ₄ (無水物)、 ZnSO ₄ ·7H ₂ O (七水和物)	Zn(NO ₃) ₂ 、 Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (六水和物)	Zn(C ₆ H ₁₁ O ₇) ₂ (無水物)、 Zn(C ₆ H ₁₁ O ₇) ₂ ·3H ₂ O (三水和物)
外観	金属固体	白色固体	白色固体	無色固体 (無水物)、 (七水和物)	白色固体 (無水物)、 無色固体 (六水和物)	白色固体 (無水物と三水和物の混合物)
融点	419.5℃	1,974℃	290℃	680℃(分解) (無水物)、 100℃ (七水和物)	36.4℃ (六水和)、 131℃で無水物に変化 (六水和物)	185℃(分解) (無水物と三水和物の混合物)
沸点	907℃	データなし	732℃	280℃で無水物に変化 (七水和物)	データなし	データなし
溶解性	水：不溶、 亜鉛粉末は水と反応して水素を発生	水：不溶、 1.6mg/L (29℃)	水： 4,320g/kg (25℃)	水：577g/kg (25℃) (無水物)、 水：540g/L (20℃) (七水和物)	水：1,200g/kg (25℃) (六水和物)	水：93g/kg (20℃) (無水物と三水和物の混合物)

表 2 亜鉛精鉱の製造・輸入量等 (トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003
製造量	64,263	63,601	44,519	42,851	44,574
輸入量	564,467	531,030	574,826	558,624	544,330
国内供給量 ¹⁾	628,730	594,631	619,345	601,475	588,904

(製造量：経済産業省；2004、輸入量：金属鉱山会・日本鉱業協会，2004)

製造量、輸入量、国内供給量は亜鉛純分に換算した値

1) 国内供給量 = 製造量 + 輸入量 とした。

表 3 亜鉛地金の製造・輸入量等 (トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003
製造量	636,131	652,232	648,255	639,868	643,562
輸入量	63,800	77,244	54,830	27,117	38,802

輸出量	75,133	44,562	83,307	88,597	60,973
国内供給量	624,798	684,914	619,778	578,388	621,391

(金属鉱山会・日本鉱業協会, 2004)

表4 酸化亜鉛の製造・輸入量等(トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003
製造量	60,982	62,234	56,823	58,985	60,262
輸入量	13,545	15,410	9,862	13,825	14,389
輸出量	12	52	117	33	34
国内供給量	74,515	77,592	66,568	72,777	74,617

(日本無機薬品協会, 2004)

亜鉛純分に換算した値

表5 塩化亜鉛の製造・輸入量等(トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003
製造量	5,805	5,280	4,775	4,803	5,116
輸入量	1	<0.5	3	<0.5	10
輸出量	718	888	433	472	359
国内供給量 ¹⁾	5,088	4,392	4,345	4,331	4,767

(製造量: 日本無機薬品協会, 2003, 2004、輸出入量: 財務省, 2005)

1) 国内供給量 = 製造量 + 輸入量 - 輸出量 とした。 <0.5: 0.5トン未満
亜鉛純分に換算した値