

塗料における有害性 重金属対策の現状

—有害性重金属の削減へ向けて—

Reduction of Harmful Heavy Metals for
Coatings in Japan



品質・環境本部
環境・安全部
北島道治
Michiharu
Kitabatake

総
説

1. はじめに

1992年リオデジャネイロで開かれた環境サミットから10年経ち、昨年は南アフリカのヨハネスブルクで持続可能な開発をテーマに環境サミットが開かれた。循環型社会の構築へ向けてグローバルな活動が続けられている。弊社は、1995年、(社)日本化学工業協会が提唱するレスポンシブル・ケアに参加し活動を続けている。この時間の流れの中で、法制面での要求は、労働安全に環境安全を加えて、事後対応にとどまらず予防措置を加えて、規制から自己管理へとその形を変化させてきている。

塗料は何万という天然物や化学物質から構成されており、配合と使い方によっては環境に対する影響は少なくない。日本でも昨年より化学物質排出把握管理促進法（PRTR法）に基づく化学物質管理が始まった。これを契機に、自らの製品がどの程度環境へ負荷を与える可能性があるかを評価する体制が整備されつつある。

塗料の環境への影響を材料の面から大きく分類すると、揮発性有機化合物（VOC）、有害性化学物質、有害性重金属に分けられる。

VOCについていえば、これまで多量のトルエンやキシレンを使用し、それらの多くを非塗膜成分として大気中に拡散させてきていた。（当時の技術では造膜に必要であった。）今この反省を踏まえ、水性化を中心とした塗料タイプへの変換が進んでいる。

有害性化学物質についていえば、過去にPCBや石綿など健康障害が明白になったものは塗料原料としての使用を禁止した。また身近なところでは、2002年7月に建築基準法が改正され、シックハウス症候群対策として、ホルムアルデヒドとクロルピリホスの建築材料中での使用制限が法制化された。2003年7月の実施に対応すべく準備をすすめている。

有害性重金属については、過去に発生した公害問題の反省を踏まえて古くから取り組みがなされ、法規制もされてき

た。PRTR法においても金属及びその化合物としてとりあげられている。しかし近年循環型社会意識の高まりの中で、社会ニーズとして更に高いレベルの管理が要求されてきている。また、重金属フリーをうたった製品が数々出てきているが、フリーの定義をはっきりさせていなかったために生じた誤解による軋轢も散見される。

そこで、特に塗料中の有害性重金属に焦点をあて、現状の把握と実情を考察した。不十分な部分も多々あると思うが製品開発等に役立たせていただければ幸いである。

2. 有害性金属

2.1 環境汚染の歴史

足尾銅山事件（群馬県）…銅（鉱山廃水による農地汚染）
タイタイ病（富山県神通川）…カドミウム（亜鉛金属中の不純物）
水俣病（熊本県水俣湾）…メチル水銀化合物
阿賀野川有機水銀中毒（新潟県阿賀野川）…メチル水銀
砒素汚染（宮崎県登呂久鉱山）…亜ヒ酸
砒素ミルク事件（岡山県中心）…砒素
クロム汚染（北海道夕張郡 東京都）…クロム
などが知られている。

いずれも、環境への配慮がされていれば防げたものと思われるが、当時はそれがなされず顕在化した。

環境白書¹⁾によれば
水俣病 126億3100万円（被害額）>1億2300万円（対策費用）
タイタイ病 25億1800万円（被害額）>6億2000万円（対策費用）
と、いずれにおいても被害額は対策費用より巨額となっており、人道的な観点のみならず、経済的な面からも適正な予防措置をとることは重要である。

2.2 金属の毒性

代表的な金属、類金属の毒性に関しては次のような報告がある^{2),3)}。

(1) カドミウム

一般に亜鉛と共存しており亜鉛顔料の不純物には注意が必要である。極めて生物濃縮(食物となる植物や生物の体内に蓄積され高濃度化する)されやすく、土壌から植物にも吸収されるため、魚介類、植物性食品、米などから検出される。安全基準として玄米中のカドミウム濃度は1ppm未満が設定されている。体内では腎臓と肝臓に沈着しやすく、慢性中毒では腎臓障害が顕著である。

(2) 水銀

過去には着色顔料として無機水銀化合物が使用されていた。水銀は蛋白質などの生体成分に親和性を有し腎臓、肝臓、脾臓に沈着する。特にアルキル型のメチル水銀は食物連鎖に乗り人体に濃縮されやすい。単体水銀自体は経口での毒性が認められないが、無機水銀(Hg²⁺)、メチル水銀の形で中枢神経系に障害を与える。水銀蒸気は肺から吸収され無機水銀化するので注意が必要である。

(3) 鉛

着色顔料、防錆顔料、硬化促進剤など、従来の塗料用原料の中に多く含まれており、最も中毒を起こしやすい重金属である。数mgの鉛を継続して数週間摂取すると容易に慢性中毒を起こす。貧血や便秘、鉛痲痛などの消化器症状、末梢神経炎、鉛脳症などの神経症状、および腎機能障害が発現する。特に四エチル鉛は脂溶性が高く吸収されやすい。

(4) 砒素

金属と非金属の中間元素で類金属と呼ばれるが、強い毒性が知られている。特に3価の三酸化砒素(亜ヒ酸)は無色無味無臭で強力な毒性があることから犯罪にも使用される。

砒素は主として肝、腎、肺、皮膚などに分布し、発熱、食欲不振、下痢、嘔吐、神経炎、角化症や黒皮病などの皮膚症状、貧血などを起こす。又発癌性もあり皮膚や肺に癌を起こすことも知られている。また砒素はアンチモンの中にも含まれることがある。

(5) クロム

鉛同様、従来の塗料原料中に多く含んでいるものがある。金属、3価、6価の形態が知られているが、6価が最も毒性が高い。6価クロムは経口、経気道および経皮吸収される際、接触部位で炎症や潰瘍、鼻中隔穿孔、肺癌を起こす。

(6) セレン

二酸化セレンは爪の着色、消化管の腐食、脳および肺水

腫を起こすことが知られている。また、セレン化合物には発癌性、突然変異原性、染色体異常誘発性を有するものがある。

一方で、無機水銀、メチル水銀、カドミウムの毒性に拮抗する抑制作用も知られている。

(7) マンガン

中毒量の摂取により急性中毒になった場合は中枢神経がおかされる。慢性中毒の場合は、不眠、感情障害、言語不明瞭などのパーキンソン症候群類似の症状を起こすことが知られている。塗料用原料としては硬化促進剤に使用される。

その他、環境変異原(空気浮遊粒子から検出された主な癌・変異原物質)としてクロム・ニッケル・砒素・カドミウム・アンチモン・バリウムなどがあげられている。

2.3 人体への作用^{3), 4)}

金属の人体への作用はまだ良くわかっていないことが多く生物学的見地からメカニズムの解明が行われている。有害金属であるクロムでさえ人体にとってはなくてはならない物質であることがわかってきた。セレンにおいてはそのもの自体毒性があるが、水銀やカドミウムなどによる発癌性を抑制する効果も認められるなどの報告もある。さらなる研究が期待される。

金属類は地殻の構成成分であり土壌中に存在している。また、我々人体の中にも微量存在する。そして、その濃度が高くなったとき急性中毒や慢性中毒を引き起こす。特に自然界の中で食物連鎖に乗り生物濃縮されやすく体内に蓄積されやすいものは、健康に被害を与えないよう監視と管理が必要である。また、元素によってはその金属イオンが生体維持のために必須のものもある。生体必須元素には生体内で最適な濃度範囲があり、それ以下では欠乏症となり、超えると過剰症となる。塗料中の微量金属が直接影響することは考え難いが、濃縮した廃棄物から漏れ出した金属イオンが土壌中に溶け出し食品の安全性を乱さないよう、その使用から廃棄の局面までふくめた注意が必要である。参考までに、人の体内に含まれる金属元素とその量を表1に、また化学物質の容量作用の概念を図1に示す。

ちなみに土壌中に含まれる鉛の含有量は数ppmから数百ppmといわれている。

2.4 塗料に使用される金属

PRTR法の対象となっている金属及び金属化合物の昨年度の取扱い状況を表2に示す。

2001年度に弊社が塗料用原料として使用した金属を

表1 人の体内に含まれる金属元素とその量⁴⁾
「人の体内に含まれる元素とその量」から抜粋

金属名称	化学記号 (原子量)	必須性*	随伴・汚染**	体内濃度 μg/g体重
亜鉛	Zn (65.3)	☆		28.500
アンチモン	Sb (122)		汚染型	112.000
カドミウム	Cd (112)		汚染型	714.000
銀	Ag (108)	—		—
クロム	Cr (52.0)	☆		0.029
バナジウム	V (50.9)	+	随伴型	0.021
コバルト	Co (58.9)	☆		0.021
水銀	Hg (201)		汚染型	0.186
スズ	Sn (119)	+		0.286
セレン	Se (78.9)	☆		0.171
銅	Cu (63.5)	☆		1.140
鉛	Pb (207)	+	汚染型	4.570
ニッケル	Ni(58.7)	+		0.143
バリウム	Ba (137)			0.243
砒素	As (74.9)	+	汚染型	0.029
ベリリウム	Be (9.01)		汚染型	0.0004
マンガン	Mn (54.9)	☆		1.430
モリブデン	Mo (95.9)	☆		0.143

*) ☆：人において必須性が見られた元素
 +：哺乳動物で必須性が確認された元素
 **) 随伴型：生体は必要とせず、代謝により濃度が保たれる元素
 汚染型：生体は必要とせず、体内に蓄積していく元素

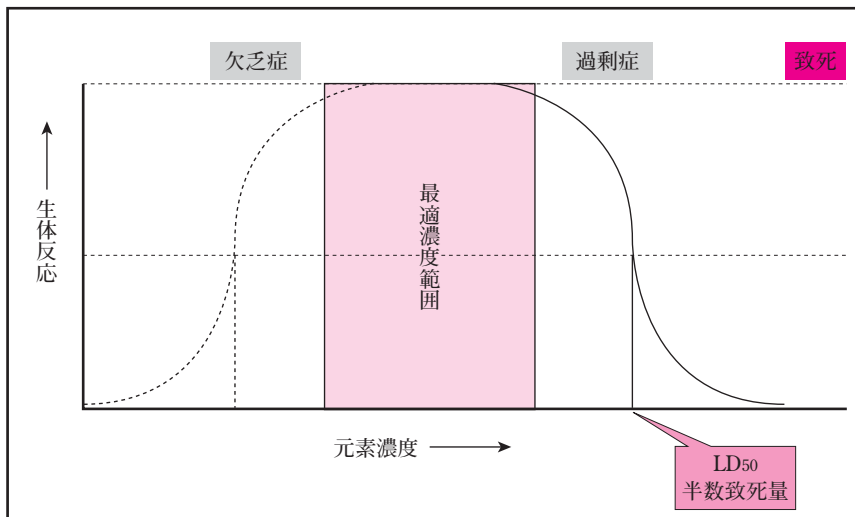


図1 化学物質の用量—作用関係の概念図⁴⁾

必須元素の場合は元素濃度が最適濃度範囲以上でも以下でも障害が現れる（図中の実線および点線部分）。
 非必須元素の場合は、生体が許容できる濃度範囲を越えると中毒症状が起きる（図中の実線部分のみ）。

量の多い順に並べると①鉛②錫③6価クロム④コバルトの順であった。

上部団体である(社)日本塗料工業会、(社)日本化学工業協会では把握された結果も載せてあるが、数字での比較を行うと、塗料工業会全体の中で弊社が使用した割合は、鉛が約6%、6価クロムが約3%であった。一方、化学工業会で使用された鉛の量は塗料工業会で使用された量に比べ少なかった。その結果化学工業会の中での弊社の使用割合は鉛が約10%、6価クロムが約1%となった。この現象は、それぞれの工業会に加盟している会社層が異なるために起きたといえるが、このことから塗料工業は鉛の使用割合が高い工業分野であることがわかる。

3.弊社における削減の取り組み⁵⁾

3.1 削減の現状

水銀、カドミウム、セレン、砒素については既に使用禁止物質に指定しこれらの物質を0.1%以上含有する原材料は使用禁止にしている。また、鉛と6価クロムについては使用制限物質に指定し、1999年度をベンチマークとして、高い目標を掲げ削減に努めてきた。具体的には、鉛を1.0%以上含む原材料を使用した製品は代替配合を確立すること、6価クロムを1.0%以上含む原材料を使用した製品は全廃することを2002年度中に達成する目標である。なお、6価クロムについてはPRTR法の施行に伴い、基準を「0.1%以上含む」に見直した。削減の効果は徐々に見られているものの目標達成は厳しいのが実情である。

達成を阻害している原因を明確にして促進を図るため、その理由について調査した。なお重量と件数を尺度として評価した。複数回答のあったものについては按分して集計した。重量の結果を図2に、件数の結果を図3に示す。図2を見ると、廃止見込みの割合は40%であり、残りの60%はまだ廃止でき

表2 PRTR対象金属類使用量実績(2001年度)

政令No	物質名称	化学記号	種別	JICA	JPMA	弊社	備考
1	亜鉛水溶性化合物	Zn	第1種	◎	○	×	
25	アンチモンおよびその化合物	Sb	第1種	◎	○	●	
60	カドミウム及びその化合物	Cd	特定第1種	○	×	×	弊社使用禁止物質
64	銀及びその水溶性化合物	Ag	第1種	◎	○	△	
68	クロム及び三価クロム化合物	Cr+Cr(III)	第1種	◎	○	●	
69	六価クロム化合物	Cr(VI)	特定第1種	◎	◎	○	弊社使用制限物質
99	五酸化バナジウム	V	第1種	○	×	×	
100	コバルト及びその化合物	Co	第1種	◎	○	●	
175	水銀及びその化合物	Hg	第1種	×	×	×	弊社使用禁止物質
176	有機スズ化合物	Sn	第1種	◎	○	○	
178	セレン及びその化合物	Se	第1種	○	×	×	弊社使用禁止物質
207	銅塩(水溶性のものであって、錯塩を除く)	Cu	第1種	◎	○	×	
230	鉛及びその化合物	Pb	第1種	◎	◎	○	弊社使用制限物質
231	ニッケル	Ni(metal)	第1種	○	○	●	
232	ニッケル化合物	Ni	特定第1種	◎	○	△	弊社使用制限物質
243	バリウム及びその水溶性化合物	Ba	第1種	◎	△	×	
252	砒素及びその無機化合物	As	第1種	○	×	×	弊社使用禁止物質
294	ベリリウム及びその化合物	Be	第1種	×	×	×	
311	マンガン及びその化合物	Mn	第1種	◎	○	●	
346	モリブデン及びその化合物	Mo	第1種	○	○	●	

JICA：日本化学工業協会
JPMA：日本塗料工業会

◎：1000トン以上
○：1000トン未満5トン以上

●5トン未満500kg以上
△：500kg未満

×：使用なし

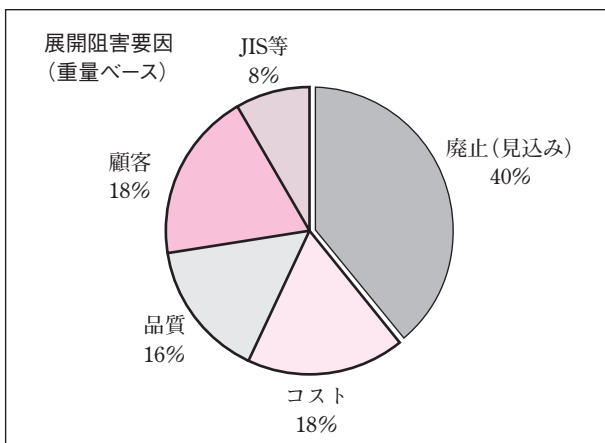


図2 クロムフリー塗料展開阻害要因(重量ベース) 2002年上期

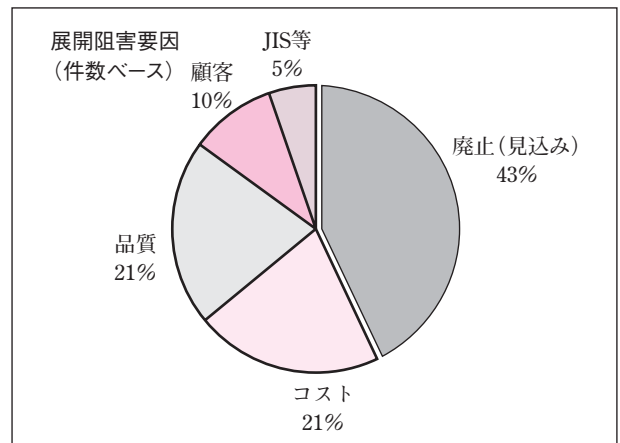


図3 クロムフリー塗料展開阻害要因(件数ベース) 2002年上期

そうにないことがわかった。その理由としては「コストが高くなる」、「品質面の確保が難しい(確認に長時間を要する)」、「顧客が要求しない」が主な理由で「JIS等の規格に決められているため」は比較的少なかった。

廃止(見込み)：廃止の完了しているもの及び廃止予定のもの
品質：品質確立が難しいもの、品質確認に時間がかかるもの
顧客：顧客の同意が得られていないもの、顧客の依頼で製造しているもの
JIS等：JISで規定されているものや公共規格で決められているもの

クロム鉛顔料の有機系顔料への置き換え検討における検討状況例
 (セラテクトUマイルド/弱溶剤可溶ウレタン塗料での検討結果)

2002年11月11日
 関西ペイント販売㈱ 防食塗料技術センター 糟谷
 第2事業部 技術開発部 防食G 浜村

航空標識色 (黄赤)

	検 討 顔 料 種	配 合 量 (phr)	光 沢 (60G/20G)	白黒隠蔽膜厚 (μ m)	マンセル値
航空標識色 黄赤 (10R5/16)	モリブデートオレンジ単独系 ①	84	86/75	80	10.0R5.5/15.1
	イミダゾロン系 (黄/オレンジ) 混合系 ②	上記単色 塗料の 調色品	87/75	150	0.1YR5.3/13.4
	イミダゾロン黄/キナクリドン赤混合系 ③		88/75	400	10.0R5.4/13.4
	ピスマス黄/イミダゾロン赤 混合系 ④		85/69	120	10.0R5.2/13.5
	ピスマス黄/キナクリドン赤 混合系 ⑤		85/68	100	8.8R5.4/12.4
	メーカー推奨黄赤色 ⑥		13	88/77	240

比 較	イミダゾロンオレンジ単独系 ⑦	23	87/75	110	9.4R4.9/13.7
	他社重金属フリー塗料 ⑧	—	92/87	(250<)	10.0R5.3/12.9



黄赤の色度範囲は、JIS W 8301「航空標識の色」の中で x y 色度図を用いて決められている。(図中四角形内)
 従来使用しているモリブデートオレンジ系は範囲内に入るが、今回検討した非鉛系有機顔料の組み合わせでは
 はいずれも濁りが生じ、範囲内に入る組成が見出せない。比較用に入手した他社品も濁っていた。
 また、顔料メーカー推奨品(有機黄/有機赤の混合物)は色度範囲には入るが、隠蔽性が従来品の1/3で
 実用性に乏しい。 当面は現行品質で対応せざるを得ない。

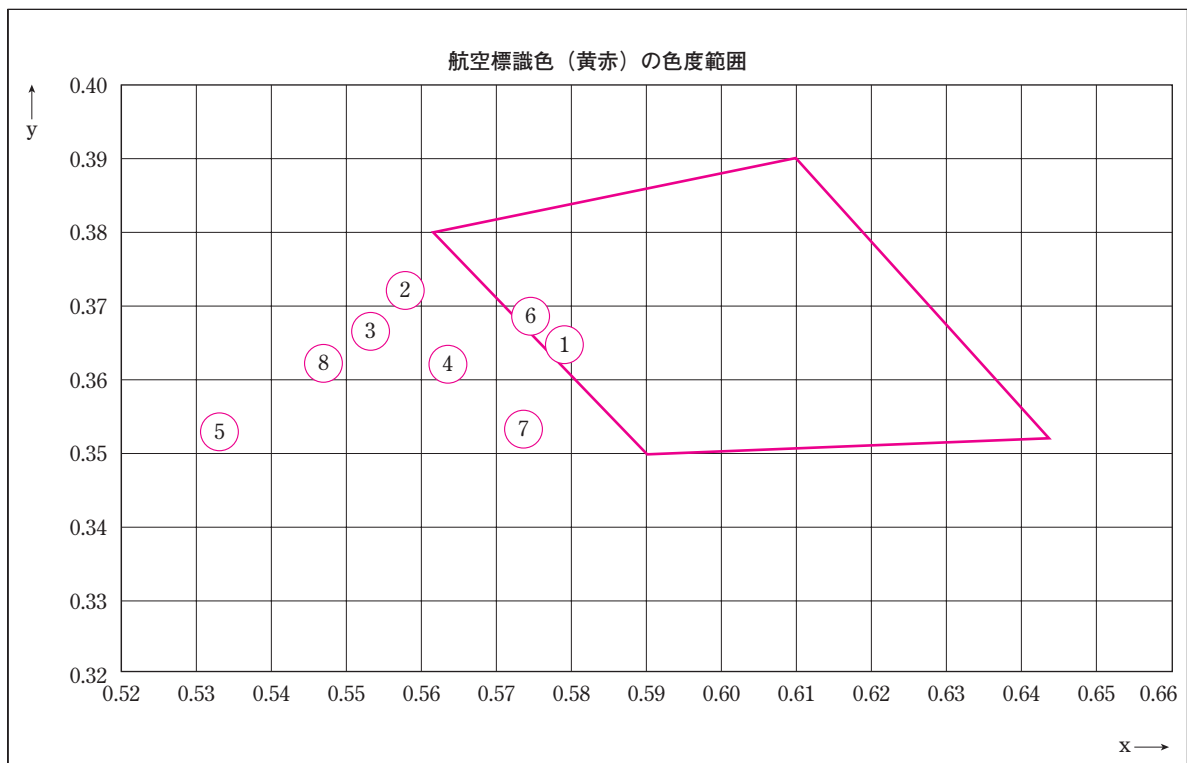


図4 航空標識色塗料のクロムフリー化検討

コストについては、10%~20%程度のアップなら環境対応品を選ぶようになってきているという社会の変化があると云われているが、コスト競争の厳しい工業用製品ではなかなか受け入れられないのが実情である。環境対応品が主流になることによるマス効果が期待できるものについては、製品の統合などVAの視点を加えたとともに、原料メーカーの努力にも期待したい。

図2と図3を比較すると、顧客とJIS等を原因としているものは数量のわりに件数が少ない現象が見られる。これは、これらの原因の中に使用量の多い製品があることを示している。特に使用量の多い製品を特定して、顧客と協調して削減を進めていく必要がある。

品質面の問題は一番難しい問題である。特に色の管理は非常にシビアである。一例として、航空標識色の色度範囲の検討を行った結果を図4に示す。種々の代替顔料について検討したが、現状ではモリブデートオレンジ単独系を使用せざるを得ない状況である。用途によっては、本当にその色でなければならないか、過剰品質ではないかなどの吟味も今後必要であると思う。また、性能の向上に伴い、耐候性や耐食性など塗膜の長期性能は飛躍的に伸びてきており、反面、品質を保証するための評価は難しくなる。適切な促進試験の開発も必要である。これらの課題が最後まで難航することになりそうである。

JIS規格については既に一部改定が予定されている。遅滞なく改定できることを望む。

今後ともこれらの課題を乗り越え、なるべく早い時期に目的を達成していかなければならない。

3.2 重金属フリー塗料開発における留意点

塗料の構成要素は、主に、顔料、樹脂、添加剤、溶剤である。このうち有害性重金属を塗料中へ持ち込む原因となるものは、主に、赤・黄色系の着色無機顔料、防錆顔料、および塗料を硬化させるために添加する硬化促進剤（ドライヤーなど）である。これら含有量の多い原料はその含有率が明確になってきているが、微量の重金属を問題視するときは、顔料中の不純物、樹脂中に微量含まれる触媒なども評価する必要がある。特に、天然のものをそのまま掘り出したような安価な体質顔料は不純物として各種重金属を含んでいることが多いので注意が必要である。また、エナメル塗料には分散工程があり、分散度の高いペーストを必要とする場合には、微量ではあるがこの工程から持ち込まれることもある。分散メジャや分散装置自体の材質にも注意する必要がある。多品種少量生産型の工場生産する場合には、先に製造した塗料からのコンタミネーション（狭雑物）も考慮する必要がある。微量重金属を確実に把握するためには最終的に製造された塗料そのものを適切な分析方法により評価確認す

る必要がある。

これまでの「重金属フリー」のレベルはPRTRで確認できる範囲（例えば 鉛1% 6価クロム0.1%以上含有する原料は使用しない）での対応であったが、今後ともユーザーの要求に応えたより高いレベルのものにしていかなければならない。一方で「フリー」といっても完全に「0」にすることは不可能に近い。自然界にバックグラウンドを持つ材料である金属を、経済性を損ねてまで排除することは無意味であるばかりか、むしろエネルギーの無駄遣いになる。製造、輸送、塗装、使用、廃棄を含めた各段階でのリスクを考慮し、何処まで減らすことが適切であるかを明確にした上での塗料設計が望まれる。選択する原料のグリーン度（環境要素を含む安全性）を充分把握し入り口からの抑制管理を行うと同時に、品質管理手法などを用い効率的に評価することも今後の課題である。また、リスクと経済性の両立を考えた場合、含有量は同じでも半分の塗膜で同じ性能が出せるとか、長期間かけて風化することにより、実質の影響濃度を半減させるなど、本来の機能を高めることにより削減効果と同じ効果を出すようなことも考えられる。LCA的な考え方を導入してリスクを低減させることも有効な手段であると思う。図5にリスク低減LCAを示す。

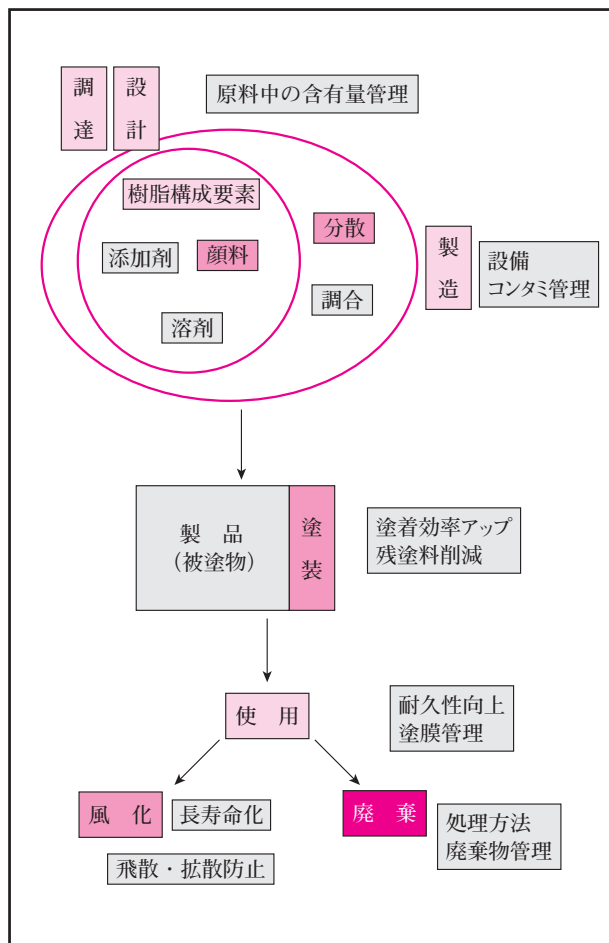


図5 リスク低減LCA

3.3 鉛フリー塗料

重金属の中で最も塗料への使用量が多い鉛は、有害性が認められ、労働安全衛生法において鉛中毒予防規則が設けられており、削減が望まれる。

欧米においても、鉛の使用禁止や、使用制限を強化している。AmericaのDelaware州では、橋梁へ塗装された塗膜の劣化による環境汚染(子供への健康阻害)が問題視されたり、塗り替えに関する訴訟まで行われたりしている。

日本の現地塗装型の鉄鋼構造物用下塗り塗料においてはJIS規格で鉛やクロムの使用が必須になっており、使用禁止や使用制限の進展が遅い。日本塗料工業会では自主規格(JPMS26)を制定し、従来と同等の性能を持つ鉛フリー塗料の展開を図っている。昨年、東京都環境局から「化学物質の子供ガイドライン—鉛ガイドライン—(塗料編)」が出された。予防原則の考え方を基本に、子供への有害性が疑われる物質に対し、子供へのリスクを低減するために作成されたものである。その中では建物の下地や遊具などに塗装される塗料(黄色等)中の鉛が問題視されている。また、鉛フリーの定義を塗膜中の鉛含有量0.06%以下に設定している。今後はこの基準を満足できる塗料が中心になると思われる。一方、金属工業向けの下塗り塗料においては、主流となっている電着塗料の鉛フリータイプへの置き換えが着々と進んできている。

4. 関係法令及び法制化の動向

4.1 関係法令および基準

法令は人々の安全や地球環境を守る上で重要な役割を果たしている。弊社も法遵守を環境方針の一つに掲げている。また、基準値や考え方はリスクを考える上でも参考になると思う。

大別すると、直接的な人への毒性影響に基づき、製造・使用などを制限する法律(毒物劇物取締法・労働安全衛生法)と間接的に人の健康阻害や環境汚染を規制する環境基本法に基づく排出基準を決める法律(大気汚染防止法・水質汚濁防止法・土壌汚染対策法・廃棄物処理法など)、および化学物質を管理するための法律(化審法・PRTR法)に分けられる。図6に重金属対策に関係の深い主な国内法令をまとめた。また図7ではその中から特に重要なものについて多少解説を加えた。

具体的な規制の例として、表3には鉛化合物、表4にはクロム化合物に対する主要法規制による規制値をそれぞれ示す。また、表5には各種金属等の水質基準を、表6には最近法制化された土壌汚染対策法による各種金属の基準値部分を抜粋した。当然のことながら、直接口から摂取する場合の基準と、環境へ影響を与える場合の基準ではその数値

人への直接暴露に係る規制	
労働安全衛生法	製造・使用
毒物及び劇物取締法	製造・輸送・使用
有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律	使用
水道法	摂取
食品衛生法	摂取
環境汚染の防止に係る規制	
化学物質排出把握管理促進法	製造・使用時 排出・管理
大気汚染防止法	排出 監視・管理
水質汚濁防止法	排出 監視・管理
廃棄物処理法	排出 管理

図6 国内関係法令-1

化学物質排出把握管理促進法 (PRTR法)

- ① 使用量の多い有害物質に対し、事業所からの大気、水域、土壌への排出量と廃棄物として事業所外へ移動した量を年度ごとに把握し国へ登録する。
- ② 製品中の有害物質の含有量をMSDSに表示し明確化することで、次の使用者にも有害性が評価できるようにする。

の2点が主な要求内容であるが、これにより有害物質の環境への影響情報を社会全体で共有化し、有害物質管理をする仕組みの法律。

登録のためには、取扱量の把握などの情報も必要になり、自主的な社内有害物質管理にも役立てられる。特に、2001年度からはMSDSへの2桁表示が義務付けられ、有害物質が顕在化した例も多い。化学物質のリスク管理をしていく上で、これからますます重要な法律である。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廃棄物処理法)

毒性があり、特に人の健康や生活環境に影響を及ぼすおそれのあるものを基準値以上含む廃棄物を、特別管理廃棄物に定めて漏洩しないように管理している。

有害物質のうち重金属は水銀、カドミウム、鉛、6価クロム、砒素及びその化合物であり基準濃度が定められている。廃棄物の形態によって試験方法と基準が異なるので注意が必要である。(燃え殻、汚泥、ばいじんは溶出試験、廃酸、廃アルカリは含有試験)

図7

が異なる。

これらの図表は、全体のイメージを理解するために掲載したものと、詳細はそれぞれの法律を確認して頂きたい。最近では官公庁のホームページから法律が検索できるようになっている。

表3 鉛化合物の主要法規制

法令名等	規制対象	規制値	規制内容
毒・劇法	鉛化合物	100%	表示義務 管理義務
PRTR法	鉛および鉛化合物	1%以上	表示義務 登録義務
鉛中毒 予防規則	鉛化合物	1%超	管理義務
労安法 57条	鉛化合物 (例外：鉛白)	1%超 (5%超)	表示義務
労安法 57条-2	鉛および鉛化合物	1%超	通知義務

表4 クロム化合物の主要法規制

法令名等	規制対象	規制値	規制内容
毒・劇法	(重)クロム酸塩類及びこれを含有する製剤(例外：クロム酸鉛)	0.1%以上 (70%以上)	表示義務 管理義務
PRTR法	特定第一種指定化学物質 クロム化合物(VI)	0.1%以上	表示義務 登録義務
	第一種指定化学物質 クロムおよびクロム化合物(III)	1%以上	表示義務 登録義務
労安法 特化則	(重)クロム酸およびその塩	1%超	表示義務 管理義務
労安法 57条	(重)クロム酸およびその塩	1%超	表示義務
労安法 57条-2	MSDS記載対象物質 クロムおよびその化合物	1%超	通知義務

表5 各種金属等の水質基準

単位 mg/L

金属名称	化学記号 (原子量)	水道水 水質基準	飲料水水質基準		農業用水 基準	土壌環境 基準	土壌汚染対策法		水質汚濁防止法排水基準	
			日本	WHOガイドライン			地下水基準	第2溶出基準	有害物質	一般項目
亜鉛	Zn (65.3)	1.0(色)			0.5					5
アンチモン	Sb (122)		0.002(暫定)	0.005(暫定)						
カドミウム	Cd (112)	0.01	0.01	0.003		0.01	0.01	0.3	0.1	
銀	Ag (108)									
6価クロム	Cr(VI) (52.0)	0.05	0.05	0.05(全暫定)		0.05	0.05	1.5	0.5	2(全)
バナジウム	V (50.9)									
コバルト	Co (58.9)									
水銀	Hg (201)	0.0005	0.0005	0.001		0.0005	0.0005	0.0005	0.005	
アルキル水銀						ND	ND	ND	ND	
スズ	Sn (119)									
セレン	Se (78.9)	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.3	0.1	
銅	Cu (63.5)	1.0(色)	1	2(暫定)	0.02					3
鉛	Pb (207)	0.05*	0.01	0.01		0.01	0.01	0.3	0.1	
ニッケル	Ni(58.7)		0.02(暫定)	0.02						
バリウム	Ba (137)									
砒素	As (74.9)	0.01	0.01	0.01(暫定)	0.05	0.01	0.01	0.3	0.1	
ベリリウム	Be (9.01)									
マンガン	Mn (54.9)	0.05(色)	0.01	0.5(暫定)						10(溶解性)
モリブデン	Mo (95.9)		0.07	0.07						

*) 平成15年4月1日から鉛の基準は0.05mg/Lから0.01mg/Lに変更になる。
 水道水水質基準：水道法で定められている健康に関する項目と水道水が有すべき性状に関する項目からなる。(色)は後者の項目による基準
 前者は生涯にわたって水道水を飲用しても、人の健康に影響を生じない水準をもとに、基準値が定められている。
 飲料水水質基準：監視項目を含めた基準：WHO(世界保健機構)
 農業用水基準：農林水産技術会議(1971年10月4日)
 土壌環境基準：環境基本法第16条に基づき人の健康と生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準(1999年1月に通知)
 環境庁告示第59号(1971年12月28日発布)が基本になっており、水質汚濁防止法 地下水浄化基準も同レベル
 土壌汚染対策法：2002年5月公布 施行令：同11月公布 規則：同12月公布 詳細は表6参照
 水質汚濁防止法 排水基準：自治体によっては更に厳しい基準がある

表6 土壌汚染対策法 特定有害物質の基準

物質 No	対象物質名	環境省令別表第1	環境省令別表第2	環境省令別表第3	環境省令別表第4
		地下水基準	要件	要件	第2溶出量基準
1	カドミウム及びその化合物	0.01mg \geq /1L	0.01mg \geq /検液1L	150mg \geq /土壌1kg	0.3mg \geq /検液1L
2	六価クロム化合物	0.05mg \geq /1L	0.05mg \geq /検液1L	250mg \geq /土壌1kg	1.5mg \geq /検液1L
12	水銀及びその化合物 アルキル水銀	0.0005mg \geq /1L N D	0.0005mg \geq /検液1L N D	15mg \geq /土壌1kg —	0.005mg \geq /検液1L N D
13	セレン及びその化合物	0.01mg \geq /1L	0.01mg \geq /検液1L	150mg \geq /土壌1kg	0.3mg \geq /検液1L
19	鉛及びその化合物	0.01mg \geq /1L	0.01mg \geq /検液1L	150mg \geq /土壌1kg	0.3mg \geq /検液1L
20	砒素及びその化合物	0.01mg \geq /1L	0.01mg \geq /検液1L	150mg \geq /土壌1kg	0.3mg \geq /検液1L
	備考	規則第6条第1項	規則第18条第1項	規則第18条第2項	規則第24条第1項第1号
		適合しない汚染状態の場合、更に調査が必要	適合しない汚染状態の場合、土壌改質後、地下水の監視が必要	適合しない汚染状態の場合、土壌の改質後、土壌の測定も必要	適合しない汚染状態の場合、汚染が確定

土壌汚染対策法施行規則 2002年12月26日 環境省令第29号

表7 グリーン購入法適合下塗塗料商品一覧

下塗用塗料で、鉛、クロムなどの有害金属の顔料を配合していなくて、公的機関の塗料規格に適合する塗料が対象となる。

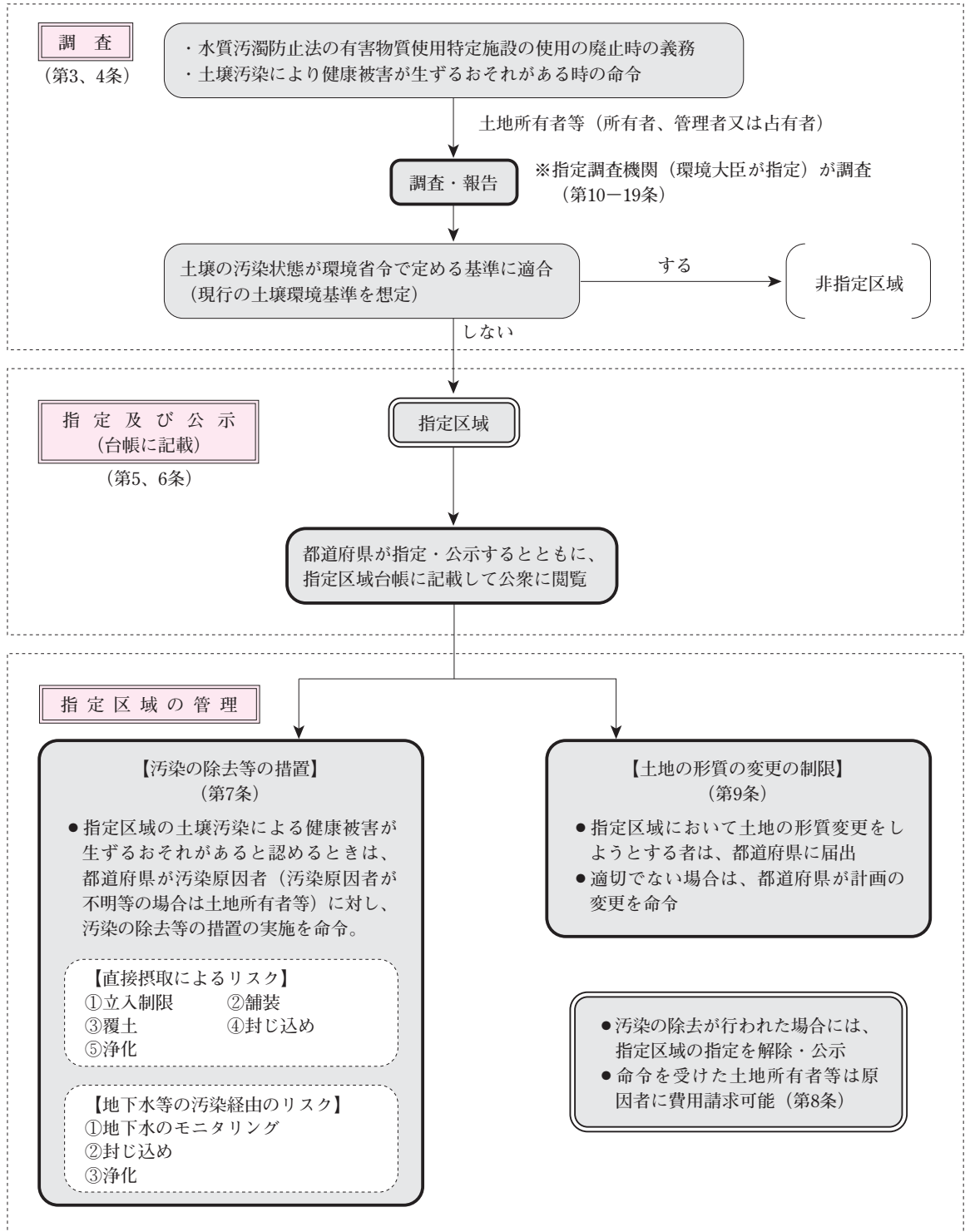
塗料種別	該当規格	商品名	備考
ジンクリッチプライマー	JIS・各種公的規格	SDジンク100 SDジンク1000	
厚膜形ジンクリッチペイント	JIS・各種公的規格	SDジンク500 SDジンク500HF SDジンク1500A	
機能性プライマー	日本道路公団	SDジンク1000HA(S)	
さび止めペイント	JIS K 5621	一般サビナイト 速乾サビナイト 速乾サビナイトJ サビナイトQD カラーラスゴンQD	オレンジ系・黄系色は除く
エポキシ樹脂系下塗	JIS K 5551	エポマリンプライマー エスコ	オレンジは除く オレンジ系・黄系色は除く
	各種公的規格	エスコH エスコHB エポマリンGX	オレンジは除く
	JWWA K-135	エポマリンJW エポマリンJW低温型	
	JWWA K-143	エポテクト143	
	各種公的規格	エスコNB エスコNBマイルド エポマリンEX300	オレンジ系・黄系色は除く PRTR対応(キシレン・トルエンフリー)
変性エポキシ樹脂系	ダム・堰基準	エポマリンNB(JW)	
厚膜形エポキシ樹脂系	各種公的規格	テクトハリヤーSP グレー エポマリンSHB	
タールエポキシ樹脂系	JIS K 5664 各種公的規格	エポシール100 エポシール200 エポシール200W	
ガラスブレイク	KHK	カンペグラスSE カンペグラスSE(N)	
	HBS・NES	カンペグラスEP	

環境対策、PRTR対応 新製品

塗料種別	該当規格	商品名	備考
厚膜形ジンクリッチペイント	JIS K 5553、便覧	SDジンクセーフティ (製品化検討中)	PRTR対応(キシレン・トルエンフリー) 環境ホルモンの対策(ビスフェノールAフリー)
さび止め塗料	JPMS 26 2種	ラスゴンセーフティ 超速乾ラスゴンセーフティ	鉛・クロム 完全フリー
変性エポキシ樹脂系	便覧、JHS(受検中)	エスコNBセーフティ	PRTR対応(キシレン・トルエンフリー) 環境ホルモンの対策(ビスフェノールAフリー)
	—	エポテクトタールフリー エポテクトタールフリーW	コールタールフリー、VOC対策 (JIS K 5664 1種の性能を満足する)
	—	ユニテクト10	アルキド樹脂系、鉛・クロム 完全フリー、VOC対策 防食性:JIS K 5625同等、耐候性:JIS K 5516同等
下塗・上塗兼用塗料	—	ユニテクト20	アクリル変性エポキシ樹脂系、VOC対策、オレンジ系は除く 防食性:JIS K 5551同等、耐候性:JIS K 5639同等
	—	ユニテクト30	シリコン変性エポキシ樹脂系、低VOC 防食性:JIS K 5551同等、耐候性:JIS K 5657同等

- ◎対象物質： 汚染された土壌の直接摂取（摂取又は皮膚接触）による健康影響
 （特定有害物質）
 ー表層土壌中に高濃度の状態で長期間蓄積し得ると考えられる重金属等
 地下水等の汚染を経由して生ずる健康影響
 ー地下水等の摂取の観点から設定された土壌環境基準の溶出基準項目

◎仕組み



※土壌汚染対策の円滑な推進を図るため、汚染の除去等の措置を助成し、助言、啓発普及等を行う指定支援法人を指定し、基金を設置。（第20—28条）

図8 土壌汚染対策法の概要⁶⁾

その他関連法令としてグリーン購入法があげられる。「国等による環境物品等の調達等の推進等に関する法律」で、公共工事用資材として使用する下塗り用塗料(重防食)に、「鉛またはクロムを含む顔料を配合していないこと」が調達上の判断基準として定められた。表7にグリーン購入法適合下塗り塗料商品一覧を示す。

4.2 法制化の動向

循環型社会構築へ向けての法制化が進んでいる。昨年5月には土壤汚染対策法⁶⁾が公布された。この法律は、工場を稼働させている事に対しては直接規制の対象になるわけではないが、土壤汚染による健康被害のおそれがある場合や、売却等で土地の用途変更がなされた時に、有害物質使用特定施設に係る工場又は事業場の敷地であった場合、土地の調査が義務付けられている。昨年11月には施行令が公布され25物質が特定有害物質に指定された。この中で重金属は6物質指定されている。12月には施行規則が公布され土壤改質を行わなければならない基準も決定された。本年2月に施行された。土壤汚染対策法の概要は図8を、特定有害物質の判断基準については表6を、それぞれ参照いただきたい。

世界においては、環境先進国である欧州で、工業製品を中心に、リサイクルを念頭においた指令⁷⁾が出されている。

ELV指令(廃自動車指令)により欧州各国では重金属として鉛・水銀・カドミウム・6価クロムが使用禁止物質とされた。免除規定はあるが、2003年から2007年にかけて順次使用禁止となる。日本でも法の整備が始まっている。自動車工業会では対象を大型車まで拡大し、6価クロム(2008年以降禁止)、カドミウム(2007年以降禁止)、水銀(自動車リサイクル法施行以降原則禁止)、鉛(2006年以降1/10以下)の削減目標を決めた。

RoHS指令(電子・電機産業における使用禁止令)では重金属として、鉛・水銀・カドミウム・6価クロムが使用禁止物質に制定された。禁止の水準についてはまだ設定されていないが各国での法制化までには決定される。遅くとも2006年には施行される予定である。電子・家電メーカーでは更に厳しい自主基準を設ける動きが進んでいる。当然のことながら使用される塗料についても厳しい目が向けられている。

その他、「危険物質及び調剤の上市と使用の制限に関する指令」では炭酸鉛や硫酸鉛の塗料としての使用禁止が盛り込まれている。また、水系への排出中止提案では11種類の物質を優先有害物質として特定している。その中で重金属としてはカドミウム、水銀がそれにあたるが、鉛やニッケルなども検討されており目が離せない状況である。

5. おわりに

塗料は製品に塗装され、製品を保護しその寿命を延ばすことや、美粧性や機能を与えることにより付加価値を与え、社会に貢献してきたと自負している。又、その個々の製品への使用量は、重量においても、体積においてもわずかなものである。しかし、劣化や、廃棄の局面まで考えた場合には、その処理のされ方によっては塗膜中の有害成分が濃縮され環境汚染につながる事が考えられる。

現在の社会・市場のキーワードは「地球環境」である。研究開発段階からこれに対応できる製品供給を心がけ、設計・生産から塗膜となりフィルムとしての使命を終えるまでの全ての過程において環境に配慮した製品開発が切に望まれる。

参考文献

- 1) 平成14年版環境白書 表3-2-3
- 2) 図説環境科学(社)環境情報科学センター編 p.24-25、朝倉書店(2000)
- 3) 新しい衛生薬学 第5版 p.95-400、廣川書店(2000)
- 4) 山本玲子:金属72 [1], p.20-28(2002)
- 5) 環境報告書2002、関西ペイント(株)
- 6) 吉野謙章:産業と環境9月号、p.13-16(2002)
- 7) 松浦徹也:WEEE/RoHSの概要と今後の対応 講演会資料(2002年12月13日)