

参考資料6

既存の環境基準及びハザード情報について

1. 金属・難燃剤の急性毒性等の整理

(1) ハザード情報について

ハザード情報の整理にあたっては、定量的な情報として急性毒性、水生毒性（急性）については毒性の大きさを、その他のハザード（遺伝毒性、発がん性等の次世代に影響を及ぼす可能性のあるハザード情報を選定）については毒性の有無を整理した。発がん性については、IARC (International Agency for Research on Cancer：国際がん研究機関)の発がん性分類も整理した。整理したハザード情報の項目については表1のとおりである。

表1 各ハザード情報について

| 項目 | 内容 |
|----------|---|
| 急性毒性 | 物質の経口または経皮からの単回投与、あるいは24時間以内に与えられる複数回投与ないしは4時間の吸入暴露によっておこる有害な影響をいう。 |
| 水生毒性（急性） | 短期的な水生暴露において、水生生物に対して有害な、物質の本質的な特性を意味する。 |
| 遺伝毒性 | DNAの構造や含まれる遺伝情報、またはDNAの分離を変化させる作用を意味する。正常な複製過程の妨害によりDNAに損傷を与えるものや、非生理的な状況において（一時的に）DNA複製を変化させるものもある。 |
| 発がん性 | がんを誘発、またはその発生率を増加させる物質あるいは混合物を発がん性物質と定義する。腫瘍形成のメカニズムがヒトには関係しないとする強力な証拠がない限り、動物を用いて適切に実施された実験研究で腫瘍（良性および悪性）を誘発した物質・混合物も、ヒトに対する発がん性物質として推定またはその疑いがあると考えられる。 |
| 生殖毒性 | 雌雄の成体の性機能および生殖能（生殖機能および受精能力）に対する悪影響を意味する。子の発生毒性を含む。 |
| 残留性・非分解性 | 環境中において生物的または非生物的に容易に分解されないこと、またはその性質を意味する。 |
| 生体蓄積性 | あらゆる暴露経路（空気、水、底質、土壌及び食物）からの、生物体内への物質の取り込み、生物体内における物質の変化、および排泄からなる総体的な結果を意味する。 |
| 慢性毒性 | 長期間ばく露又は繰返しばく露によって現れる毒性で、急性毒性・亜急性毒性（期間が比較的短いもの）と対比して用いる。被験物質を実験動物に長期間（化学物質の場合には12ヶ月以上）反復して投与し、発現する動物の機能及び形態等への毒性をいう。 |
| 水生毒性（慢性） | 水生生物のライフサイクルに対応した水生暴露期間に、水生生物に悪影響を及ぼすような、物質の本質的な特性を意味する。 |

| 項目 | 内容 |
|-------|--|
| 土壌移動性 | 環境中に排出された場合に、土壌に移動する可能性及びその程度。主として物理的及び化学的性質から検討される。 |

出典：GHS 関係省庁連絡会議「政府向け GHS 分類ガイダンス」（2010）

安全衛生情報センターウェブサイト

（2）HSAB 則による定性的な情報の整理

定性的な情報については HSAB 則¹を基に、「金属イオンが軟らかいグループ」、「中間グループ」、「金属イオンが硬いグループ」の 3 つのグループに分けて整理した。HSAB 則による分類がなされていない金属等については、周期表上で近くに存在するものと同じグループに属するものと想定して整理した。周期表上における HSAB 則を図 1 に示す。

「金属イオンが軟らかいグループ」は毒性が高い傾向にあるので、定量的な毒性情報がない金属等であっても、「金属イオンが軟らかいグループ」であれば、環境管理に注意が必要な金属等として整理することとした²。ただし、あくまで定性的な情報に基づく整理であるので、その点については留意する必要がある。

| | 1A | 2A | 3A | 4A | 5A | 6A | 7A | 8 | 1B | 2B | 3B | 4B | 5B | 6B | 7B | O | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | H | | | | | | | | | | | | | | | He | | |
| 2 | Li | Be | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | | |
| 3 | Na | Mg | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | |
| 4 | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| 5 | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| 6 | Cs | Ba | * | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| 7 | Fr | Ra | ** | | | | | | | | | | | | | | | |

*Lantanoid: La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

**Actinoid: Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

硬い酸 中間に属する酸 軟らかい酸

¹金属陽イオンの分類に基づく。イオンの価数により分類が異なる場合は、価数の低いものを先に文字ごとに別々の色で掲載。陽イオンのデータがないときには、塩化物、酸素酸などのデータを記載。

出典：田中元治「酸と塩基、裳華房(1981)」のデータに基づき山本委員作成

図 1 周期表上における HSAB 則

¹ HSAB(Hard and Soft Acid and Base)則と細胞毒性

HSAB 則とは、金属イオンの反応しやすさの指標の一つで、酸・塩基を「硬さ・軟らかさ」で分類する方法である。HSAB 則と細胞毒性との関係を見ると、軟らかい金属イオンの細胞毒性は強く、硬い金属イオンの細胞毒性は弱いという傾向が認められる。このことから、金属イオンの細胞毒性の強さは、金属イオンの硬さ、軟らかさと関係があると考えられている。

² http://www.meta-synthesis.com/webbook/43_hsab/HSAB.html

(3) ハザード情報の整理

各ハザード情報（水生毒性を除く）を整理した結果を表 2 に示す。

参考情報として、ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)の許容濃度の勧告値も整理した。

表2 金属・難燃剤のハザード情報（その1）

| 原子番号 | 元素記号 | 元素名称 | 小型家電中の想定される存在形態 | ワーストケース化合物 | ハザード | | | | | | | | | | | | | | 参考 ACGIH許容濃度 |
|------|------|---------|-------------------|------------|---------|------|------|------|----------|-------|------|------|-------|-----------|----------|--------|---------|---|-----------------|
| | | | | | 急性毒性 | 遺伝毒性 | 発がん性 | 生殖毒性 | 残留性・非分解性 | 生体蓄積性 | 慢性毒性 | 水生毒性 | 土壌移動性 | IARC発がん性 | IARC対象物質 | HSA B則 | | | |
| 3 | Li | リチウム | Li2O | LiCl | 区分4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | - |
| 4 | Be | ベリリウム | BeCu Nd2Fe14B | BeSO4·4H2O | 区分3 | - | ● | ● | - | - | ● | ● | - | 1 | Be、Be化合物 | □ | 0.00005 | | |
| 5 | B | ボロン | | B | 区分4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | |
| 21 | Sc | スカンジウム | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | - | |
| 22 | Ti | チタン | Ti TiO2 | | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | TiO2 | □ | - | | | |
| 23 | V | バナジウム | | VCl3 | 350 | ● | - | - | - | - | ● | - | 2B | V2O5 | ○ | - | | | |
| 24 | Cr | クロム | Cr Cr2O3 | K2Cr2O7 | 区分3 | ● | ● | ● | - | - | ● | ● | 1 | Cr(VI)化合物 | □ | 0.5 | | | |
| 25 | Mn | マンガン | MnO2 Fe-Mn | MnCl2·4H2O | 区分4 | - | - | ● | - | - | ● | - | - | - | - | □ | 0.2 | | |
| 27 | Co | コバルト | SmCo | CoCl2 | 80 | ● | ● | ● | - | - | ● | - | 2B | Co、CoSO4 | △ | 0.02 | | | |
| 28 | Ni | ニッケル | Ni Ni2O3 | NiCl2 | 区分3 | ● | ● | ● | - | - | ● | ● | 1 | Ni化合物 | △ | 0.1 | | | |
| 31 | Ga | ガリウム | GaN | | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | GaAs | □ | - | | | |
| 32 | Ge | ゲルマニウム | SiGe | GeO2 | 1,250 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 34 | Se | セレン | | Se | 6,700 | - | - | ● | - | - | ● | ● | 3 | Se、Se化合物 | □ | 0.2 | | | |
| 37 | Rb | ルビジウム | | Rb | 4,625 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 38 | Sr | ストロンチウム | SrTiO3 | SrCl2 | 1,796 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | - | | |
| 39 | Y | イットリウム | Y2O3 | Y2O3 | >10,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | 1 | | |
| 40 | Zr | ジルコニウム | ZrO2 | ZrCl4 | 1,688 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | 5 | | |
| 41 | Nb | ニオブ | | NbCl5 | 1,400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 42 | Mo | モリブデン | | MoO3 | 2,689 | ● | - | - | ● | - | - | - | ● | - | - | □ | - | | |
| 46 | Pd | パラジウム | | PdCl2 | 2,704 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | | |
| 49 | In | インジウム | (ITO) | In2O3 | 10,000 | - | - | - | ● | - | ● | - | 2A | InP | □ | 0.1 | | | |
| 51 | Sb | アンチモン | Sb2O3 | SbCl3 | 区分4 | ● | ● | ● | - | - | ● | ● | 2B | Sb2O3 | △ | 0.5 | | | |
| 52 | Te | テルル | | Te | 区分3 | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | (□) | 0.1 | | |
| 55 | Cs | セシウム | | CsCl | 2,004 | - | - | - | ● | - | ● | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 56 | Ba | バリウム | BaO | BaCl2 | 区分3 | - | - | - | - | - | ● | ● | - | - | - | (□) | 0.5 | | |
| 57 | La | ランタン | | La2O3 | 1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | - | | |
| 58 | Ce | セリウム | Ce2O3 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 59 | Pr | プラセオジム | Pr2O3 | Pr6O11 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 60 | Nd | ネオジム | Nd2O3 Nd2Fe14B | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 61 | Pm | プロメチウム | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 62 | Sm | サマリウム | SmCo5 | Sm2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 63 | Eu | ユーロビウム | Eu2O3 | Eu2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 64 | Gd | ガドリニウム | | Gd2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 65 | Tb | テルビウム | Tb4O7 | Tb2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 66 | Dy | ジスプロシウム | Dy2O3 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 67 | Ho | ホルミウム | | Ho2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 68 | Er | エルビウム | Er2O3 | Er2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 69 | Tm | ツリウム | | Tm2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 70 | Yb | イットルビウム | Yb2O3 | Yb2O3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 71 | Lu | ルテチウム | Lu2O3 | LuO3 | >1,000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 72 | Hf | ハフニウム | HfO2 | HfCl4 | 2,362 | - | - | - | - | - | ● | - | - | - | - | □ | 0.5 | | |
| 73 | Ta | タンタル | | Ta | 区分4 | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 74 | W | タングステン | | WO3 | 1,059 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | □ | 5 | | |
| 75 | Re | レニウム | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | (□) | - | | |
| 78 | Pt | プラチナ | | PtCl2 | 3,423 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ○ | 1 | | |
| 81 | Tl | タリウム | | Tl2SO4 | 区分2 | ● | - | ● | - | - | ● | ● | - | - | - | ○ | 0.02 | | |
| 83 | Bi | ビスマス | | BiCl3 | 3,334 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | △ | - | | |

電気・電子機器メーカー等への聞き取りにより、想定される主要な存在形態を推定

各元素において急性毒性が最も大きい

急性毒性(ラット・経口)

| |
|---------------------|
| 区分1: ~5mg/kg |
| 区分2: 5~50mg/kg |
| 区分3: 50~300mg/kg |
| 区分4: 300~2,000mg/kg |
| 2,000mg/kg~ |
| (-) 毒性情報なし |

※GHSの区分に基づく

●: 毒性情報あり
-: 情報なし

凡例は★

凡例

| |
|--------------------|
| ○: 軟らかい金属イオン |
| △: 中間グループの金属イオン |
| □: 硬い金属イオン |
| (□): 硬い金属イオンと予想される |

TLV-TWA(mg/m3): 作業員が通常1日8時間、週40時間での許容値、時間加重平均。
-: ACGIHにおいて、許容濃度勧告値の公表対象としていないもの

★

| |
|--------------------------|
| 1: ヒトに対して発がん性がある |
| 2A: ヒトに対しておそらく発がん性がある |
| 2B: ヒトに対して発がん性を示す可能性がある |
| 3: ヒトに対する発がん性については分類できない |
| 4: ヒトに対しておそらく発がん性がない |

表2 金属・難燃剤のハザード情報 (その2)

| 原子番号 | 元素記号 | 元素名称 | 小型家電中の想定される存在形態 | ワーストケース化合物 | ハザード | | | | | | | | | | 参考 ACGIH許容濃度 | | | | | | | | |
|------|------|--------|-----------------|------------------|--------|------|------|------|----------|-------|------|------|-------|----------|-----------------|--|------------------|---|---|---|---|---|-------|
| | | | | | 急性毒性 | 遺伝毒性 | 発がん性 | 生殖毒性 | 残留性・非分解性 | 生体蓄積性 | 慢性毒性 | 水生毒性 | 土壌移動性 | IARC発がん性 | | IARC対象物質 | HSA B則 | | | | | | |
| 12 | Mg | マグネシウム | Mg | MgCl2 | 2,800 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 13 | Al | アルミニウム | Al | AlCl3 | 3,331 | - | - | - | - | - | - | ● | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 20 | Ca | カルシウム | | Ca | 7,340 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | Fe | 鉄 | Fe | Fe | 30,000 | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | 2B | [C6H10O3] _n [Fe(OH)3] _m | Fe2+:Δ Fe3+:□ | - | - | - | - | - | - |
| 29 | Cu | 銅 | Cu | CuCl2 | 区分3 | ● | - | ● | - | - | ● | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 30 | Zn | 亜鉛 | Zn | ZnCl2 | 区分4 | ● | - | ● | - | ● | ● | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 33 | As | 砒素 | As2O3 | As | 区分4 | - | ● | - | - | ● | - | - | - | 1 | As, As化合物 | - | □ | - | - | - | - | - | 0.01 |
| 47 | Ag | 銀 | | AgNO3 | 区分4 | - | - | ● | - | ● | ● | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.1 |
| 48 | Cd | カドミウム | | CdCl2 | 区分3 | ● | ● | ● | - | - | ● | ● | - | 1 | Cd, Cd化合物 | - | ○ | - | - | - | - | - | 0.002 |
| 50 | Sn | 錫 | | SnSO4 | 2,207 | - | - | - | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 79 | Au | 金 | Au | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 80 | Hg | 水銀 | | HgCl2 | 区分2 | ● | - | ● | - | - | ● | ● | - | 3 | Hg | - | ○ | - | - | - | - | - | 0.025 |
| 82 | Pb | 鉛 | | Pb(CH3COO)2·3H2O | 4,665 | ● | ● | ● | - | - | ● | ● | - | 2B | Pb | - | △ | - | - | - | - | - | 0.05 |
| 44 | Ru | ルテニウム | | RuO2 | 4,580 | - | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 45 | Rh | ロジウム | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 35 | Br | 臭素 | | Br | 区分3 | - | - | - | - | - | ● | ● | - | 2A | C2H4Br2等 | - | (□) | - | - | - | - | - | - |

電気・電子機器メーカー等への聞き取りにより、想定される主要な存在形態を推定

各元素において急性毒性が最も大きい

| 層別凡例 | 急性毒性(ラット・経口) |
|------|----------------|
| 区分1 | ～5mg/kg |
| 区分2 | 5～50mg/kg |
| 区分3 | 50～300mg/kg |
| 区分4 | 300～2,000mg/kg |
| | 2,000mg/kg～ |
| | (-) 毒性情報なし |

※GHSの区分に基づく

●: 毒性情報あり
-: 情報なし

凡例は★

| 凡例 | 説明 |
|-----|---------------|
| ○ | 軟らかい金属イオン |
| △ | 中間グループの金属イオン |
| □ | 硬い金属イオン |
| (□) | 硬い金属イオンと予想される |

TLV-TWA(mg/m3): 作業員が通常1日8時間、週40時間での許容値、時間加重平均。
-: ACGIHにおいて、許容濃度勧告値の公表対象としていないもの

★

| 凡例 | 説明 |
|----|-----------------------|
| 1 | ヒトに対して発がん性がある |
| 2A | ヒトに対しておそらく発がん性がある |
| 2B | ヒトに対して発がん性を示す可能性がある |
| 3 | ヒトに対する発がん性については分類できない |
| 4 | ヒトに対しておそらく発がん性がない |

2. 金属・難燃剤の水生毒性に関する情報の整理

毒性学の分野では、有害物質の人や水生生物への影響に関する調査・研究が数多くなされている。水生生物に対する有害物質の影響については、我が国を始め欧米各国で水質目標値が策定され、水環境や化学物質管理の施策の1つとして運用されている。昨年度は、水生生物に対する有害物質の影響として「水生毒性」について情報の有無を整理した。本年度は、より多面的にハザードの評価を行うため、基準等の制定状況と合わせて整理することとした。

我が国における水生生物保全のための水質環境基準については、現在、亜鉛についての基準が設定されている。また、図2のとおり、基準が設定されていない物質についても、優先すべき物質から順次毒性評価等の検討が進められているところである。これらの水生生物への影響が懸念される物質のうち、金属としては、カドミウム、銅、ニッケルがあげられている。諸外国においては、さらに多くの金属について、基準等が制定されている。

本年度、金属・難燃剤の水生毒性に関するハザード情報を整理した結果を表3に示す。

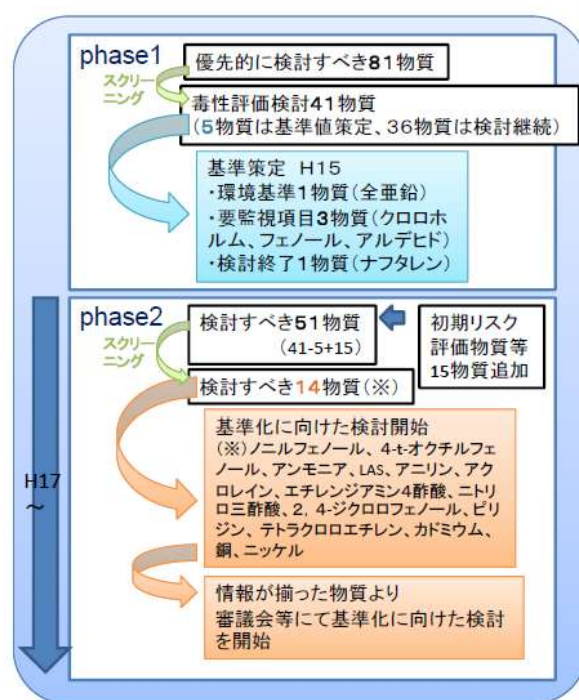


図2 我が国における水生生物保全のための水質環境基準の検討状況

表3 水生毒性と諸外国における水生生物保全のための基準等の設定状況（その1）

| | 原子番号 | 元素記号 | 元素名称 | 小型家電中の想定される存在形態 | ワーストケース化合物 | 水生毒性 | | 基準等 | | |
|-------|------|---------|---------|-------------------|------------|---------------------------|----|------|-------|------|
| | | | | | | 急性 | 慢性 | 米国1) | カナダ2) | EU3) |
| レアメタル | 3 | Li | リチウム | Li2O | LiCl | | - | | | |
| | 4 | Be | ベリリウム | BeCu Nd2Fe14B | BeSO4・4H2O | 1.75-2.34mg/L (魚類LC50) | - | | | ○ |
| | 5 | B | ボロン | | B | | - | | | ○ |
| | 21 | Sc | スカンジウム | | | | - | | | |
| | 22 | Ti | チタン | Ti TiO2 | | | - | | | ○ |
| | 23 | V | バナジウム | | VCl3 | 水生生物に有毒 | - | | | ○ |
| | 24 | Cr | クロム | Cr Cr2O3 | K2Cr2O7 | 0.0225mg/L (甲殻類EC50) | ● | ○ | ○ | |
| | 25 | Mn | マンガン | MnO2 Fe-Mn | MnCl2・4H2O | | - | | | |
| | 27 | Co | コバルト | SmCo | CoCl2 | | - | | | ○ |
| | 28 | Ni | ニッケル | Ni Ni2O3 | NiCl2 | 0.013mg/L (甲殻類LC50) | ● | ○ | ○ | ○ |
| | 31 | Ga | ガリウム | GaN | | | - | | | |
| | 32 | Ge | ゲルマニウム | SiGe | GeO2 | | - | | | |
| | 34 | Se | セレン | | Se | L(E)C50 ≤ 100mg/L | ● | ○ | ○ | ○ |
| | 37 | Rb | ルビジウム | | Rb | | - | | | |
| | 38 | Sr | ストロンチウム | SrTiO3 | SrCl2 | | - | | | |
| | 39 | Y | イットリウム | Y2O3 | Y2O3 | | - | | | |
| | 40 | Zr | ジルコニウム | ZrO2 | ZrCl4 | | - | | | |
| | 41 | Nb | ニオブ | | NbCl5 | | - | | | |
| | 42 | Mo | モリブデン | | MoO3 | | - | | ○ | ○ |
| | 46 | Pd | パラジウム | | PdCl2 | | - | | | |
| | 49 | In | インジウム | (ITO) | In2O3 | | - | | | |
| | 51 | Sb | アンチモン | Sb2O3 | SbCl3 | 0.61mg/L (藻類EC50) | ● | | | ○ |
| | 52 | Te | テルル | | Te | | - | | | |
| | 55 | Cs | セシウム | | CsCl | >500mg/L (ヒメダカLC50) | - | | | |
| | 56 | Ba | バリウム | BaO | BaCl2 | 14.5mg/L (甲殻類EC50) | ● | | | ○ |
| | 57 | La | ランタン | | La2O3 | | - | | | |
| | 58 | Ce | セリウム | Ce2O3 | | | - | | | |
| | 59 | Pr | プラセオジウム | Pr2O3 | Pr6O11 | | - | | | |
| | 60 | Nd | ネオジウム | Nd2O3 Nd2Fe14B | | | - | | | |
| | 61 | Pm | プロメチウム | | | | - | | | |
| | 62 | Sm | サマリウム | SmCo5 | Sm2O3 | | - | | | |
| | 63 | Eu | ユウロピウム | Eu2O3 | Eu2O3 | | - | | | |
| | 64 | Gd | ガドリニウム | | Gd2O3 | | - | | | |
| | 65 | Tb | テルビウム | Tb4O7 | Tb2O3 | | - | | | |
| | 66 | Dy | ジスプロシウム | Dy2O3 | | | - | | | |
| 67 | Ho | ホルミウム | | Ho2O3 | | - | | | | |
| 68 | Er | エルビウム | Er2O3 | Er2O3 | | - | | | | |
| 69 | Tm | ツリウム | | Tm2O3 | | - | | | | |
| 70 | Yb | イッテルビウム | Yb2O3 | Yb2O3 | | - | | | | |
| 71 | Lu | ルテチウム | Lu2O3 | LuO3 | | - | | | | |
| 72 | Hf | ハフニウム | HfO2 | HfCl4 | | - | | | | |
| 73 | Ta | タンタル | | Ta | | - | | | | |
| 74 | W | タングステン | | WO3 | | - | | | | |
| 75 | Re | レニウム | | | | - | | | | |
| 78 | Pt | プラチナ | | PtCl2 | | - | | | | |
| 81 | Tl | タリウム | | Tl2SO4 | | - | | ○ | ○ | |
| 83 | Bi | ビスマス | | BiCl3 | | - | | | | |

電気・電子機器メーカー等への聞き取りにより、想定される主要な存在形態を推定

各元素において急性毒性が最も大きい化合物

●: 毒性情報あり
-: 情報なし

表3 水生毒性と諸外国における水生生物保全のための基準等の設定状況（その2）

| | 原子番号 | 元素記号 | 元素名称 | 小型家電中の想定される存在形態 | ファーストケース化合物 | 水生毒性 | | 基準等 | | |
|--------|------|------|--------|--------------------------------|---|--|----|------|-------|------|
| | | | | | | 急性 | 慢性 | 米国1) | カナダ2) | EU3) |
| レアメタル外 | 12 | Mg | マグネシウム | Mg | MgCl ₂ | | - | | | |
| | 13 | Al | アルミニウム | Al | AlCl ₃ | 0.075mg/L (魚類LC50) | ● | | ○ | |
| | 20 | Ca | カルシウム | | Ca | | - | | | |
| | 26 | Fe | 鉄 | Fe | Fe | | - | ○ ※1 | ○ | ○ ※2 |
| | 29 | Cu | 銅 | Cu | CuCl ₂ | 0.001mg/L (甲殻類LC50) 22.3mg/L (ヒメダカLC50) | ● | ○ | ○ | ○ |
| | 30 | Zn | 亜鉛 | Zn | ZnCl ₂ | | - | ○ | ○ | ○ |
| | 33 | As | 砒素 | As ₂ O ₃ | As | | - | ○ | ○ | ○ |
| | 47 | Ag | 銀 | | AgNO ₃ | 0.0006mg/L (甲殻類EC50) | - | ○ | ○ | ○ |
| | 48 | Cd | カドミウム | | CdCl ₂ | 0.00205mg/L (甲殻類LC50) | ● | ○ | ○ | ◎ |
| | 50 | Sn | 錫 | | SnSO ₄ | | - | | | ○ |
| | 79 | Au | 金 | Au | | | - | | | |
| | 80 | Hg | 水銀 | | HgCl ₂ | 0.002mg/L (甲殻類LC50) 43.6mg/L (魚類LC50) | ● | ○ | ○ ※3 | ◎ |
| | 82 | Pb | 鉛 | | Pb(CH ₃ COO) ₂ ・3H ₂ O | | ● | ○ | ○ | ○ |
| | 44 | Ru | ルテニウム | | RuO ₂ | | - | | | |
| | 45 | Rh | ロジウム | | | | - | | | |
| 35 | Br | 臭素 | | | Br | 1000μg/L (甲殻類LC50) | ● | | | |

電気・電子機器メーカー等への聞き取りにより、想定される主要な存在形態を推定

各元素において急性毒性が最も大きい化合物

●: 毒性情報あり
-: 情報なし

※1: Non priority pollutant に含まれている
※2: UKで存在
※3: 有機水銀、アルキル水銀

- 1) 水生生物保全のための水質クライテリア（実際の環境基準は州が策定する）³
- 2) 水生生物保全に関するガイドライン（拘束力なし）⁴
- 3) EC Dangerous Substances（◎: List1、○: List2）⁵

³ United States Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology (2009): National Recommended Water Quality Criteria (<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqtable/index.html>)

⁴ Canadian Council of Ministers of the Environment(2007): Canadian Environmental Quality Guidelines SUMMARY TABLE (http://www.ccm.ca/assets/pdf/aql_summary_7.1_en.pdf)

⁵ Directive 76/464/EEC - Water pollution by discharges of certain dangerous substances (http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/76_464.htm)

3. 小型家電に含まれる金属等に関する情報等の整理

これまでのモデル事業や既往研究等における金属等の含有量分析結果に基づき、小型家電中のレアメタルを含む主要金属等の賦存量について整理した。ここで、賦存量とは、日本で年間排出され得る当該小型家電中の基板に存在する量とし、小型家電の基板に含まれるレアメタルの含有量を用い、主要な小型家電 9 品目の基板に含まれる各金属の量を推定したものである。

小型家電中のレアメタルその他の金属等のハザード情報及び賦存量を表 4 に示す。

4. 環境管理に注意が必要な金属等の検討

(1) 金属等にかかる環境基準等の設定状況に基づく整理

(i) 環境基準等の設定状況に関する情報の整理

RoHS 指令等にて規制対象となっているものや国内外において環境基準等が存在する金属等に注目し、以下の観点のいずれかに該当する金属等について環境管理に注意が必要な金属等として整理した。

- ・大気汚染防止法に基づく排出基準が設定され、または有害大気汚染物質の優先取組物質のうち、金属のもの（表5）。
- ・水質汚濁に係る環境基準又は要監視項目に規定されている物質（表5）のうち、金属のもの。なお、水質汚濁防止法に基づく排水基準のうち有害物質に係る項目は環境基準項目に含まれている。
- ・欧州 RoHS 指令における規制対象物質（表6）に該当するもの。

ここでは、作業環境にかかる基準等については検討の対象としないが、金属等の有害性に係る参考情報として ACGIH の許容濃度（TLV）が定められている項目についても表6に追記した。また、労働安全衛生法及び同施行令に基づく特定化学物質障害予防規則に規定する特定化学物質のうち、金属のものは、カドミウム、水銀、ニッケル、砒素、マンガンであるが、これらはすべてここでの考察の対象に含まれている。なお、インジウムについては、上記のいずれにも該当しないものの、過去に ITO 粉塵吸入による健康障害や死亡例の報告がなされており、平成 22 年 12 月 22 日付け基安発 1222 第 2 号厚生労働省労働基準局安全衛生部長通知「インジウム・スズ酸化物等取扱い作業による健康障害防止対策の徹底について」とする通知が発出されていること等を考慮し、検討対象とする。

<検討対象とする金属等>

Be, B, Cr (Cr⁶⁺), Mn, Ni, Zn, As, Se, Br (PBB, PBDE), Mo, Cd, In, Sb, Hg, Pb

表5 金属等に対して定められている環境基準値等の例

| | 水質 環境基準 及び 要監視項目 a) | 地下水 環境基準 及び 要監視項目 a) | 土壌 環境基準 c) | 水道水質 基準 d) | 排水基準 | 埋立 判定基準 l) | 大気汚染 防止法 基準 m) | ACGIHにて許 容濃度(TLV- TWA(mg/m3)) が定められて いる元素 |
|--------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------------|---|
| Ag | | | | — g) | | | | ○ |
| Al | | | | 0.2 e) 0.1 f) | | | | ○ |
| As | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 e) | 0.1 h) | 0.3 | n) | ○ |
| B | 1 | | | | 10 j) 230 k) | | | |
| Ba | | | | 0.7 g) | | | | ○ |
| Be | | | | | | | n) | ○ |
| Cd | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.003 e) | 0.1 h) | 0.3 | 1.0 | ○ |
| Co | | | | | | | | ○ |
| Cr(VI) | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 e) | 0.5 h) 2 i) | 1.5 | n) | ○ |
| Cu | | (125mg/kg) | | 1 e) | 3 i) | | | ○ |
| Fe | | | | 0.3 e) | 10 i) | | | |
| Hf | | | | | | | | ○ |
| Hg | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 e) | 0.005 h) | 0.005 | n) | ○ |
| Ga | | | | | | | | |
| In | | | | | | | | ○ |
| Mn | b) | | | 0.05 e) 0.01 f) | 10 i) | | n) | ○ |
| Mo | b) | | | 0.07 g) | | | | |
| Na | | | | 200 e) | | | | |
| Ni | b) | | | 0.01(暫定) f) | | | n)(化合物) | ○ |
| Pb | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 e) | 0.1 h) | 0.3 | 10~30 | ○ |
| Pd | | | | | | | | |
| Pt | | | | | | | | ○ |
| Rh | | | | | | | | ○ |
| Sb | b) | | | 0.015 f) | | | | ○ |
| Se | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 e) | 0.1 h) | 0.3 | | ○ |
| Sn | | | | | | | | ○ |
| Sr | | | | | | | | |
| Te | | | | | | | | ○ |
| Ti | | | | | | | | |
| Tl | | | | | | | | ○ |
| V | | | | | | | | |
| W | | | | | | | | ○ |
| Y | | | | | | | | ○ |
| Zn | 0.03 | | | 1 e) | 2 i) | | | |
| Zr | | | | | | | | ○ |

- a) 日本工業規格K0102に定める方法による(年間基準値)。mg/L。
- b) 水質汚濁に関する要監視項目。
- c) 検液中濃度(mg/L)。検液の作成は環境庁告示第46号による。()内は、農用地における基準値。
- d) 検液中濃度(mg/L)。汚泥、燃えがら、ばいじん、銻さい、およびこれらを処理したものが対象。
- e) 水道基準項目(mg/L)。「水質基準に関する省令」で規定される水質基準項目で、水道法に基づき適合が求められるもの。
- f) 水質管理目標設定項目(mg/L)。水道水中での検出の可能性があるなど、水質管理上留意すべき項目。
- g) 要検討項目(mg/L)。毒性評価が定まらない、浄水中の存在量が不明等より、e) f)に分類できない項目。
- h) 健康項目(mg/L)。
- i) 生活環境項目(mg/L)。
- j) 海域以外の公共用水域に排出されるもの(mg/L)。
- k) 海域に排出されるもの(mg/L)。
- l) 健康項目のみ(色などの快適水質項目は除く)を示した。
- m) 工場及び事業場から排出される大気汚染物質に対する基準値。Mg/Nm3。
- n) 有害大気汚染物質のうち、優先取組物質に該当する元素。
特殊な有機金属化合物は除いた。

| | | |
|----|-----------|---|
| 出典 | 水質環境基準 | 環境省「水質汚濁に係る環境基準について」(別表1 人の健康の保護に関する環境基準) |
| | 地下水環境基準 | 環境省「地下水の水質汚濁に係る環境基準について」(別表) |
| | 土壌環境基準 | 環境省(環境基準>土壌環境基準)「土壌の汚染に係る環境基準について」(別表) |
| | 水道水質基準 | 厚生労働省「水質基準について」 |
| | 排水基準 | 環境省「排水基準を定める省令」 |
| | 埋立基準 | 環境省「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令」 |
| | 大気汚染防止法基準 | 環境省「大気汚染防止法施行規則」 |

表6 欧州 RoHS 指令対象物質

| 対象物質 | 最大許容濃度 (wt%) |
|----------------------|--------------|
| 鉛 | 0.1 |
| 水銀 | 0.1 |
| カドミウム | 0.01 |
| 6 価クロム | 0.1 |
| ポリ臭化ビフェニル (PBB) | 0.1 |
| ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) | 0.1 |

(注) 欧州 RoHS 指令の最大許容濃度は、均質物質（「全体的に一応な組成」で「機械的に分離できる最小単位」とされている。）にかかるものであり、例えば、コンデンサーのような部品ではなく、コンデンサー内のリード線のような部材が想定されている。

(ii) 環境基準等の設定状況に基づき抽出された金属等の小型家電中の含有状況について

(i) において検討対象とした金属等について、表4の賦存量に関するデータをもとに情報を整理すると以下のとおり。

ベリリウムについては、急性毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要である。コネクタ等に利用されるベリリウム合金に使用されていることが想定され、同様に9品目中では合計91kg(0~54kg)/年程度の排出が見込まれる。

ボロンについては、急性毒性に注意が必要であり、小型家電中には、基板のガラス繊維中に使用されていることが考えられる。同様に9品目中では合計7,697kg(3~2,888kg)/年程度の排出が見込まれる。

クロムについては、急性毒性、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要である。小型家電中の基板にはクロメートめっき等に用いられる三価クロムが中心であると想定され、同様に9品目中では合計14,228kg(78~4,713kg)/年程度の排出が見込まれる。

マンガンについては、生殖毒性等に注意が必要であり、小型家電中には、構造材(金属材料)の添加材として使用されていると考えられる。同様に9品目中では合計25,979kg(48~15,616kg)/年程度の排出が見込まれる。

ニッケルについては、急性毒性、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要である。基板のめっき等で使用されていると考えられ、9品目中では合計81,134kg(417~31,522kg)/年程度の排出が見込まれる。

亜鉛については、遺伝毒性、生殖毒性、慢性毒性等に注意が必要である。基板のめっき等で使用されていると考えられ、9品目中では合計96,997kg(366~51,131kg)/年程度の排出が見込まれる。

砒素については、発がん性、生体蓄積性に注意が必要であり、半導体素子としてのGaAs等に使用されているものと考えられる。同様に9品目中では合計743kg(1~331kg)/年程度の排出が見込まれる。また、現在砒素は使用されていないが、過去、液晶用のガラス基板に添加されていたことがあるため、該当部位・部品の事前選別と飛散防止等を講ずる必要があると考えられる。

セレンについては、生殖毒性等に注意が必要であり、小型家電中には、9品目では合計112kg(0~95kg)/年と基板にはほとんど使用されていない。

臭素については、急性毒性等に注意が必要である。難燃材として小型家電中の基板その他に使用されていることが想定され、同様に9品目中では合計129,946kg(383~51,822kg)/年程度の排出が見込まれる。

モリブデンについては、遺伝毒性、残留性・非分解性等に注意が必要であり、小型家電中には、基板の電子材料等に使用されていると想定される。同様に9品目中では合計800kg(2~251kg)/年程度の排出が見込まれる。

カドミウムについては、急性毒性、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要である。小型家電中の基板からは検出されていないが、破砕物からは検出がされている。同様に9品目中では合計17kg(0~6kg)/年程度の排出が見込まれる。

インジウムについては、残留性・非分解性、発がん性等に注意が必要である。小型家電中の基板にはほとんど使用されていないが、携帯電話やデジタルカメラの液晶パネルに使

われている。ITO について該当部位・部品の事前選別と飛散防止等を講ずる必要があると考えられる。同様に 9 品目中では合計 511kg (3~162kg) / 年程度の排出が見込まれる。

アンチモンについては、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要であり、難燃材として使用されていると考えられる。同様に 9 品目中では合計 12,087kg (27~4,157kg) / 年程度の排出が見込まれる。

水銀については、急性毒性、遺伝毒性、生殖毒性等に注意が必要である。同様に 9 品目中では合計 2 kg (0~1kg) / 年程度の排出が見込まれる。このことから、小型家電の特定の部位・部品には水銀が含有されており、事前に当該部位・部品を選別する等の処理を行う必要があると考えられる。

鉛については、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要である。小型家電中の基板のはんだに使用されており、表 4 にて整理した 9 品目中では合計 88,797kg (362~25,090kg) / 年程度の排出が見込まれる。

参考までに、昨年度までに実施した使用済小型家電に含まれる金属等の含有量調査結果⁶について、以下の参考値を超過していた品目を表 7 に整理した。

| 対象物質 | 参考値 (wt%) |
|----------------------|-----------|
| 鉛 | 0.1 |
| 水銀 | 0.1 |
| カドミウム | 0.01 |
| 6 価クロム | 0.1 |
| ポリ臭化ビフェニル (PBB) | 0.1 |
| ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) | 0.1 |

⁶「平成 21 年度使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会とりまとめ」(平成 22 年 3 月)

表7 含有量が参考値を超えていた品目

| 対象物質 | 品目 |
|---------------------------------|---|
| 鉛 | <p>【基板】携帯電話・PHS、デジタルカメラ、ビデオカメラ、ポータブル音楽プレーヤー、ポータブルCD・MDプレーヤー、電卓、電子辞書、電子手帳、ディスプレイ、携帯用ラジオ、VTR・DVD、オーディオ、ゲーム機、カーナビ、電話機、掃除機、HDD、プリンタ、リモコン、その他</p> <p>【部位・部品】DVDドライブ、HDD、偏心モーター、デジタルカメラレンズユニット、ビデオカメラレンズユニット、CDピックアップユニット、CDモーター、携帯電話マイクスピーカー、ACアダプター、メモリー類、デジタルカメラ液晶</p> <p>【製品全体】デジタルカメラ、携帯電話、電池、ゲーム機、電話機、携帯音楽プレーヤー、ケーブル</p> <p>【中間処理産物】ラジカセ、オーディオ類、ビデオデッキ、携帯電話、電話機、ポータブル音楽プレーヤー、デジタルカメラ、ビデオカメラ、高品位物、低品位物</p> |
| 水銀 | なし |
| カドミウム | 【中間処理産物】携帯電話（篩分け選別（5-11mm））、高品位物（1次破碎粉塵）、低品位物（ミックスメタル）、低品位物（1次破碎粉塵）、低品位物（2次破碎粉塵） |
| 6価クロム | （6価クロムの分析は実施されていない） |
| ポリ臭化 ビフェニル （PBB） | （難燃材の分析は実施されていないが、Brの測定がなされており、多くの品目からパーセントオーダーで検出。） |
| ポリ臭化 ジフェニル エーテル （PBDE） | （難燃材の分析は実施されていないが、Brの測定がなされており、多くの品目からパーセントオーダーで検出。） |

(2) ハザード情報からの有無に基づく整理環境管理に注意が必要とされた金属等について

(1) で検討対象とした金属等に加え、以下の (i) ~ (iii) に該当する金属等のなかから、レアメタルに着目し、かつ表 4 より賦存量のあるものについて情報を整理すると以下のとおり。

ここでは、主にハザード情報の有無という観点から情報を整理しており、「環境管理に注意が必要」であることが、ただちに「ハザードが高い」ということを表すわけではないことに留意が必要である。

(i) 急性毒性が高いもの

- ・GHS 分類 に準拠し、十分な情報があり、毒性があるとして表記される区分 3 まで（経口の場合、300mg/kg 以下）のもの。
- ・データが不十分のため GHS 分類がなされていないものについては、300mg/kg 以下のもの。
- ・水生毒性（急性）については、情報があるもの。

(ii) 少量でも深刻な生体安全性、環境影響を引き起こす可能性が高いもの

- ・遺伝毒性、発がん性、生殖毒性、残留性・非分解性、生体蓄積性について、情報の有無で整理。
- ・IARC の発がん性分類については、2A（ヒトに対しておそらく発がん性がある）まで。

(iii) HSAB 則で「金属イオンが軟らかいグループ」

- ・現時点ではハザード情報自体が得られていない金属や定量的な毒性情報がない金属については、HSAB 則を基に、「金属イオンが軟らかいグループ」に該当するもの。

①急性毒性に関して注意が必要である金属

ベリリウム、クロム、コバルト、ニッケル、テルル、バリウム、タリウム、銅、カドミウム、水銀、臭素

②水生毒性（急性）に関して注意が必要である金属

ベリリウム、バナジウム、クロム、ニッケル、セレン、アンチモン、セシウム、バリウム、アルミニウム、銅、亜鉛、銀、カドミウム、水銀、鉛

③遺伝毒性に関して注意が必要である金属

バナジウム、クロム、コバルト、ニッケル、モリブデン、アンチモン、タリウム、鉄、銅、亜鉛、カドミウム、水銀、鉛

④発がん性に関して注意が必要である金属

ベリリウム、クロム、コバルト、ニッケル、モリブデン、インジウム、アンチモン、砒素、カドミウム、鉛

⑤生殖毒性に関して注意が必要である金属

ベリリウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、セレン、アンチモン、テルル、タンタル、タリウム、銅、亜鉛、銀、カドミウム、水銀、鉛

⑥残留性・非分解性に関して注意が必要である金属

モリブデン、インジウム、セシウム、ルテニウム

⑦生体蓄積性に関して注意が必要である金属

亜鉛、砒素、銀

⑧その他、環境管理に注意が必要である金属（HSAB 則に基づき判定）

バナジウム、パラジウム、プラチナ、タリウム、銅、銀、カドミウム、金、水銀

※下線を引いた金属は、上表において賦存量合計値の多いレアメタルの上位5元素に含まれる金属を示す。

<対象とした金属等>

V, Co, Pd, Te, Ba, Ta, Pt, Tl

バナジウムについては、遺伝毒性等に注意が必要であり、小型家電中の構造材に使用されていると考えられる。同様に9品目中では合計156kg(1~63kg)/年程度の排出が見込まれる。

コバルトについては、急性毒性、遺伝毒性、発がん性、生殖毒性等に注意が必要であり、磁気材料である鉄やニッケルとの合金に使用されていると考えられる。同様に9品目では合計1,345kg(4~587kg)/年程度の排出が見込まれる。

パラジウムは、HSAB 則にて「金属イオンが軟らかいグループ」とされている。小型家電中の基板のめっき材料や接点等に使用されており、同様に9品目中では合計963kg(0~503kg)/年程度の排出が見込まれる。

テルルについては、急性毒性、生殖毒性等に注意が必要であり、ビスマスとの合金に使用されていると考えられる。同様に9品目では合計152kg(0~52kg)/年程度の排出が見込まれる。

バリウムについては、急性毒性、水生毒性等に注意が必要であり、超伝導体として使用されていると考えられる。同様に9品目では合計58,133kg(209~20,577kg)/年程度の排出が見込まれる。

タンタルについては、生殖毒性に注意が必要であり、小型家電中のコンデンサー等に使用されていると考えられる。同様に9品目中では合計11,546kg(135~3,535kg)/年程度の排出が見込まれる。

プラチナは、HSAB 則にて「金属イオンが軟らかいグループ」とされている。磁性体として使用されていると考えられる。同様に9品目中では合計34kg(0~18kg)/年程度の排出が見込まれる。

タリウムは、遺伝毒性、生殖毒性等に注意が必要であり、光学レンズ中に使用されてい

ると考えられる。同様に 9 品目中では合計 26kg (0～24kg) / 年程度の排出が見込まれる。