

環境影響を考慮した商品開発における最適金属材料選定法に関する研究 環境システムコース・環境プロセス工学

96652 柳田 秀隆

[緒言]

今現在、地球環境問題の取り組みの進展に伴って製品に使用する有害物質の取り扱いが重要な事項となってきた。そしてリサイクルの要求条件に有害物質の取り込みが法制化検討課題として提示されるようになった(10,11)。一方、最近ではダイオキシン、環境ホルモンが問題として、取り上げられ始めた。企業において有害物質に関して自主的に取り組んではいるが、過度な取り組みをしたりまたは法にある項目のみに対応したりして、適切な対応がされていないのが現状である。一方、現在 LCA が盛んに研究されているが、人間の健康に対する明確な情報提示がなされていない。

そこで本研究の狙いは物質選定に際して、比較検討が出来る的確な情報を設計者に提示することである。これにより地球環境の視点より使用禁止が望ましい物質は出来るだけ早く設計者に提示することにより、設計者は代替材料の切り替えを長期計画の基に実施出来るようにすることが可能になる。

その提示をする為には有害物質の重み付けが不可欠となる。

本研究においては設計者への情報として、人体有害性選定基準を使用した金属材料の評価方法を提示する。

[目的]

製品設計者が金属材料を健康の観点から比較検討が出来る的確な情報を提示する為には有害物質の重み付けが不可欠となる。一方、その選定方法を明らかにして新規物質が発生したときも容易に追加出来るようにする。

職場の労働安全より規定されている化学物質の濃度の規制値を表わす TWA を利用してその逆数 $1/TWA$ で健康影響の大きさを表わした。さらに製品の健康影響を評価する為に健康影響の大きさを表す指標として Accidental Potency という概念を導入した。対象物質としては金属を対象にして研究する。

[方法]

健康影響の大きさを作業場の化学物質の濃度の規制値である TWA の逆数を使用して表わした。さらに製品のリスクに関しては Accidental Potency なる概念を導入して評価する。

(1). 健康影響について

製品に使用される化学物質(金属とその化合物)の評価に際して、製品のライフサイクルを考える。まず材料採取に始まり、部品製造、製品組み立て、使用/修理、廃棄/再使用/リサイクルとなる。このサイクルで職場における化学物質の暴露は材料製造と廃棄品のリサイクルで多く発生すると考えられる。従って、製品に含有される化学物質の評価は作業環境の規制値の TWA を使用して評価すれば十分と考えられる。

(2). 健康影響の大きさの表わし方

TWAは、作業場において一日8時間1週間に40時間労働しても安全な値と解釈できる。そしてこの濃度は低ければ低いほど健康影響が大きい。すなわちこの逆数 $1/TWA$ を取るとこの値が大きいほど健康に及ぼす影響が大きい。これを式で表わすと下記の如くなる。

$$\text{健康影響の大きさ} = 1/TWA \quad [1/\text{mg}/\text{m}^3]$$

そしてこの値を用いて金属とその化合物の優先順位付けをすることとした。

(3). Accidental Potencyによる製品評価方法

製品の健康への影響を評価するために Accidental Potency という概念を導入した。これは製品に含有されている金属が単位時間、単位体積当り、最大量排出されると過程した。すなわちその化学物質がもつ最大の危険度を表わす。式で示すと下記の如くなる。

$$\text{Accidental Potency[単位なし]} = (1/\text{TWA})[1/\text{mg}/\text{m}^3] \times \text{金属の使用量}[\text{mg}] \div \text{金属が暴露する単位体積}[\text{m}^3] \times \text{暴露量}[\%]$$

ここで、暴露量を 100% とすると

$$\text{Accidental Potency[単位なし]} = (1/\text{TWA}) \times \text{金属の使用量}$$

となる。

(4). Accidental Potency の応用

日本の使用する金属に対する政策提言案を作成する．その手順は下記の如くなる．

- ・金属の消費量の調査
 - ・ AP を使用して、優先順位をつける。
 - ・ 人体への健康影響からの取り扱い物質の決定
- 実際に求めた Accidental Potency をもとに実際の政策提言案を作る。

[結果]

金属とその化合物の 1/TWA を用いた優先順位づけと Accidental Potency の応用例を以下に示す．

(1). 金属とその化合物の 1/TWA を用いた優先順位づけ

1/TWA による金属とその化合物の平均値による優先順位付けを図-1に示す。

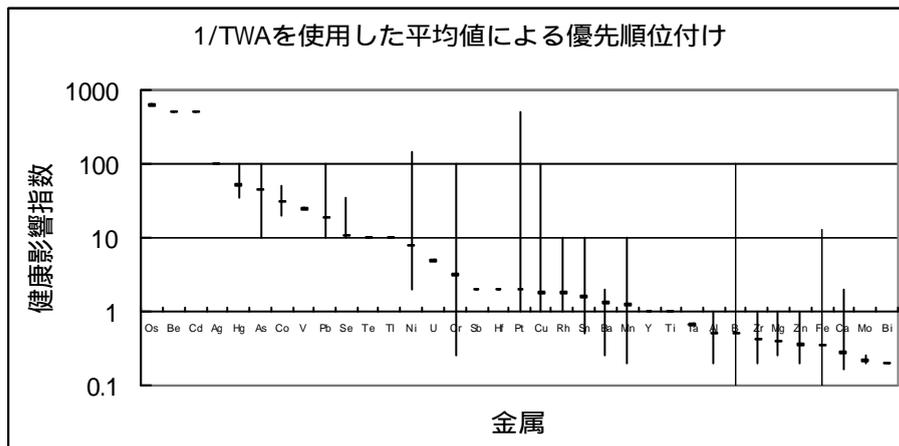


図-1.金属とその化合物の平均値による優先順位付け

(2). Accidental Potency の応用例

日本の金属生産量と 1/TWA と Accidental Potency(AP) は下記の如し。

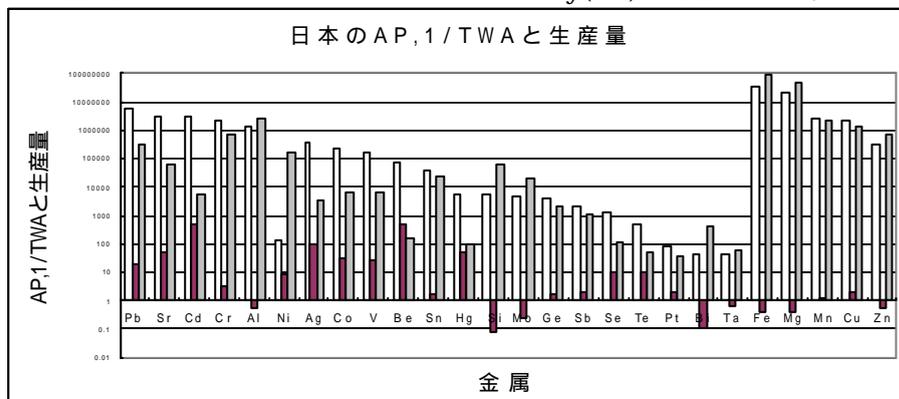


図-2.日本の金属生産量と 1/TWA と AP 白---AP,黒---1/TWA,灰色---生産量

図-2 で、鉛、ストロンチウムと始まる左のグループが必須元素(1ppm 以上体内に含有す

る元素)を除いたグループである。一方右側の鉄マグネシウムのグループが必須元素に属するグループである。

上位 5 を取ると Pb,Sr,Cd,Cr,Al となる。

上位 10 を取ると Pb,Sr,Cd,Cr,Al,Ni,Ag,Co,V,Be となる。

[考察]

金属とその化合物の 1/TWA を用いた優先順位づけと Accidental Potency の応用例を以下に示す。

(1).なぜ TWA か

製品に使用される化学物質(金属とその化合物)を評価するときには製品のライフサイクルを考慮して考える必要がある。製品は耐久品から日用品とその種類は多種多様である。そこで考え方を単純明快にする為にここでは電気製品を対象にしてそのライフサイクルを考慮することとする。製品のライフサイクルを考えるとまず材料採取に始まり、部品製造、製品組み立て、使用/修理、廃棄/再使用/リサイクルとなる。これらのプロセスの間には材料輸送、製品輸送、廃棄製品輸送等がはいることはいうまでもない。

このサイクルで職場での化学物質の暴露は材料製造と廃棄品のリサイクルで多く発生する。同様に部品製造でも若干生じる。またこの暴露は作業者が中心である。しかし、一般には経口暴露、即ち、作業者が飲料水又は食物の経路で作業場のと同じ化学物質に暴露するケースはまれである。食物は別の場所から持ちこまれたものでありまた水は水道または表層水であれば問題ないと思われる。

一方、経皮暴露に関しては作業によっては生じる可能性があるかもしれない。また製品を買ったお客さまが製品に時々触れることが考えられる。製品とお客様のインターフェース即ち品質に関しては製造メーカーの使命として絶え間ざる努力が傾けられてきた。また今後もその努力がなされるのでここでは考慮しない。

従って、製品に関する使用する化学物質の評価は作業環境の規制値のTWAを使用して評価すれば十分と考えられる。

従って、製品に関する使用する化学物質の評価は作業環境の規制値のTWAを使用して評価することが出来ると考えられる。

(2).金属とその化合物の 1/TWA を用いた優先順位づけ

1/TWAによる金属とその化合物の平均値による優先順位付けを図-1に示す。この平均値による優先順位付けに関してバラツキがない金属とその化合物は問題ない。図-1.では上下に線のないものがこれに該当する。これに属するバラツキのない金属とその化合物はAg,Be,Bi,Cd等14種類ある。またバラツキが平均値を中心に分布している金属とその化合物例えばCo,As,Mn,Sn等に関しては平均値を代表値とした場合には約半数は厳しい値に設定され、残りの半数は甘い値に設定されることになる。また、最大値の方向に比較的バラツキが少ない金属とその化合物にはMo,Mg,Al等7種類がある。最大値方向に突出している金属とその化合物はCu,Cr,B,Ni,Co,Ptの6種類であり少数の物質でピークを構成している。従って、平均値を代表値で使う時は上記事項を熟知の上使用する。

一方、その他の方法としてはTWAの規制されている金属及び化合物はその値を使用して、TWAのない金属とその化合物は平均値を使用する方法もある。OSHAの規定している重金属とその化合物はDOSEによれば422個あり、その内TWAのあるものが約70%である。この値を使用するときはコンピュータ化することが望ましい。通常商品の開発企画段階で使用する時は不確定要素が多くいきなり422にブレークダウンしても使い難くなることが多いと思われる。従ってこのときはこの35種の平均値による値で十分機能する。

(3).日本の使用する金属に対する政策提言

削減禁止等の政策への提言は AP を求めて、その上位物質を取り上げていけばよい。図-2 より必須元素を考慮すると

上位 5 は Pb,Sr,Cd,Cr,Al となる。

上位 10 は Pb,Sr,Cd,Cr,Al,Ni,Ag,Co,V,Be となる。

この例では必須元素のグループでの除外を試みたが、その他 1/TWA のレベルでの足りきり方法等種々の方法が考えられる。

必須元素を考慮しないと

上位 5 は Fe,Mg,Pb,Sr,Cd となる。

上位 10 は Fe,Mg,Pb,Sr,Cd,Mn,Cr,Cu,Al,Ni となる。

よって政策提言としては以上を考慮して、まず第一に Pb,Sr,Cd,Cr,Al の削減を提案したい。

この AP の使用例を国に焦点をあてて、研究したが、これは各企業の製品評価のみならず金属およびその化合物の排出移動等にも適用出来る。

[今後の取り組み]

今後の展開としては下記項目が考えられる。

(1).経口暴露と経皮暴露を含めた金属およびその化合物の総合的評価方法の確立

現在経気暴露の TWA を使用しているが、経口暴露、経皮暴露を含めた総合的な評価方法を確立して、一般の人に対しても適用出来るようにする。

(2).製品設計者が使用し易いシステムの提示

現在の方法は設計者が自分で判断することになるが、これをシステム化することによりデータをインプットすれば答えが出てくる使い安いシステムの構築が重要である。

(3).金属の毒性と物理化学的性質の関係の究明

金属の毒性の優先順位付けが出来たのでこの毒性と物理化学的性質との間の関係を究明する。

参考文献

- 1)中西順子 環境リスク論 岩波書店 (1995)
- 2)中西順子他 水情報 13 巻 3 号 18-21 ページ 1993 年
- 3)EPA: Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual(Part A) Interim Final 1989
- 4).EPA:Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment April 1996
- 5)EPA: Soil Screening Guidelines:Technical Background Document May 1996
- 6)EPA:Guidelines for Reproductive Toxicity Risk Assessment Sep.1996
- 7)EPA:Guidelines for Neurotoxicity Risk Assessment 1995
- 8)R.Heijungs .:Environmental LifeCycle Assessment of Product 1992
- 9)松崎早苗訳有毒物質の LCA インパクトアセスメント産業環境管理協会
- 10)欧州廃電気・電子指令 (Waste Electrical and Electronic EquipmentDraft)
- 11)廃掃法
- 12)有害大気汚染物質の健康影響評価としてのリスクアセスメント 国立公衆衛生院 内山巖雄
- 13)LCA 日本フォーラム / 産業環境管理協会 : LCA 日本フォーラム報告書 1997 年 6 月
- 14)Netherlands agency for energy and the environment : The Eco-indicator 95
- 15)Swedish environmental research institute : The EPS enviro-accounting method
- 16).鉱業便覧 平成 12 年版 資源エネルギー庁 長官官房 鉱業課監修
- 17)資源統計年報 平成 11 年 通商産業大臣官房調査統計部編
- 18)Mineral commodity summaries 2000 US Department of the Interior US Geological Survey
- 19) American metal market Nonferrous Metals Prices USGS Minerals Information reports on rare earths
- 20)[四訂]食品分析表 1992 香川綾監修 化学技術庁資源調査会編
- 21)日本食品無機質成分表 化学技術庁資源調査会編 ページ 69
- 22)岡田太郎、細貝祐太郎、直井 京著 有害元素マニュアル 中央法規出版
- 23)日本化学会編 微量元素 栄養と毒性 丸善
- 24)Sharat Gangolli : The Dictionary of Substances and Their Effects (DOSE) Oct.1999
- 25) OSHA Regulated Heavy Metals <http://www.osha-slc.gov/SLTC/metalsheavy/regulated.html>