

臭素系難燃材のリスクアセスメントの背景 - (分解性・蓄積性) ~ 化学物質評価研究機構での各種臭素系難燃剤の分析の経験より ~

財団法人化学物質評価研究機構
化学物質安全センター管理部
中園 金吾

1. はじめに

近年、国民生活においては化学物質にかかわる問題が多数発生している。住宅・学校の新築や改築に伴う室内大気汚染（所謂シックハウス、シックスクール）や食品添加物が原因の「化学物質過敏症問題」、農薬中の不純物やゴミ焼却の排ガス中に含まれるダイオキシン類による農作物や大気汚染の「ダイオキシン問題」等さまざまである。

一方、産業活動においては化学物質の適正管理が益々重要な課題として位置づけられている。例えば、化学物質を製造する業界では化学物質の製造・流通・使用・消費・廃棄の全ライフサイクルにわたって環境・安全・健康面に配慮することを企業理念とした「レスポンスフル・ケア活動」の進展している。また、自動車・電気メーカー等の化学物質ユーザー業界ではより安全な原材料の利用を図るための「グリーン調達」等の具体的な例が見られる。企業活動における環境管理・監査システムの導入においても高生産量化学物質（HPVs）、残留性有機化合物（POPs）あるいは外因性内分泌攪乱化学物質（EDs）等の化学物質管理が重要な課題となっている。

化学物質のリスク（危険性）を最小限にし、ベネフィット（便益）を有効に利用し、国民が安全で安心な生活を送っていくために、国内外では官民一体となって化学物質のヒト健康と環境へのリスク評価が行われてきている。また、リスク評価の結果を国民や産業界に伝えるためのリスクコミュニケーション手法の研究もスタートしている。

2. リスクアセスメント（評価）

2.1 リスクアセスメント手法

化学物質のヒト健康と環境へのリスク（危険性）の評価手法は通常図1のように有害性情報と暴露情報を統合することで行われている。

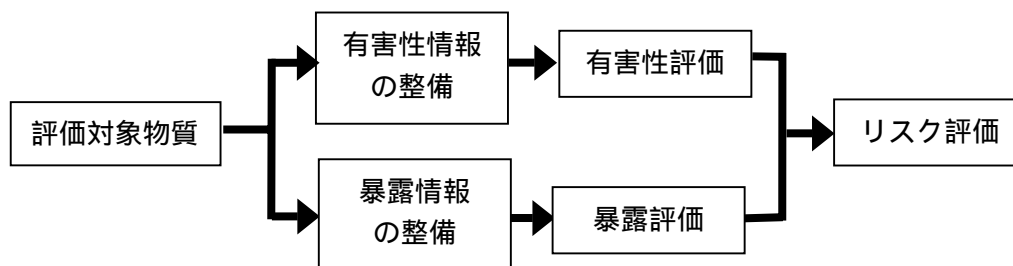


図1 リスク評価の流れ

2.2 有害性情報、暴露情報の整備

有害（安全）性情報・暴露情報には表1の情報が含まれるが、それぞれの情報は文献等を査読し、優良試験所基準（GLP）適合の施設等で実施された信頼性の高い試験データが採用される。

表1 OECD初期リスクアセスメントで利用されるデータ

| 化学物質 | 物理化学的データ | 発生源及び暴露レベル |
|---|---|--|
| CAS番号 化学物質名 慣用名等 分子式 構造式 純度、不純物 等 | 融点 沸点 蒸気圧 分配係数 対水溶解度 等 | 生産量 放出・暴露経路 用途 等 |
| 環境運命 | 生態影響データ | ほ乳動物毒性データ |
| 生物分解性 非生物分解性 生物濃縮(蓄積)性 環境分布予測 モニタリングデータ 等 | 魚類短期・長期毒性ミジンコ 急性毒性ミジンコ 繁殖毒性 藻類生長阻害毒性 陸生生物毒性 等 | 急性毒性(経口、経皮、吸入) 皮膚・眼刺激性/腐食性 皮膚感作性 反復投与毒性 遺伝毒性 発がん性 繁殖毒性 等 |

2.3有害性評価・暴露評価・リスク評価

有害性の評価は上記の情報から化学物質による毒性情報を取りまとめ、生物ごとに毒性を評価することで行われる。

また、暴露評価は評価対象の化学物質が環境を経由し、人がどのようなシナリオで暴露されるかを推察し、化学物質の生産量、環境への放出量の把握、環境モニタリングデータ等により暴露濃度が計算される。分解性・蓄積性等の環境運命に関する情報は化学物質の環境中での存在形態、濃度等が人に暴露される過程でどのように変化するかを推計するのに必要な情報である。暴露の濃度、確率及び摂取量等を求めて人の暴露量(1日摂取量)を推定する。

リスク評価は有害性評価の結果と暴露評価の暴露量より、健康影響を考える場合の大原則である「全ての物質は毒である。毒でない物質は存在しない。それが毒となるか薬となるかは用いる量による。」の原則に基づいて行われる。すなわち、毒性学の基本概念である「用量 - 反応の関係」から化学物質ごとの無影響量(NOEL: No Observed Effect Level)及び無毒性量(NOAEL: No Observed Adverse Effect Level)を求めることである。NOEL/NOAELを求めることはリスク評価に必須の事項である。NOELとは毒性試験において投与物質の何ら影響が認められない最高の暴露量であり、NOAELとは毒性試験において投与物質の有害な影響が認められない最高の暴露量である。一般的にはNOELはNOAELに等しいか、それより低い。NOELとNOAELの関係を図2に示す。環境生物への影響は毒性試験結果と環境中予測濃度(EEC)と各生物種の最も低い無影響濃度(NOEC)とを比較することによりリスク評価が行われる。

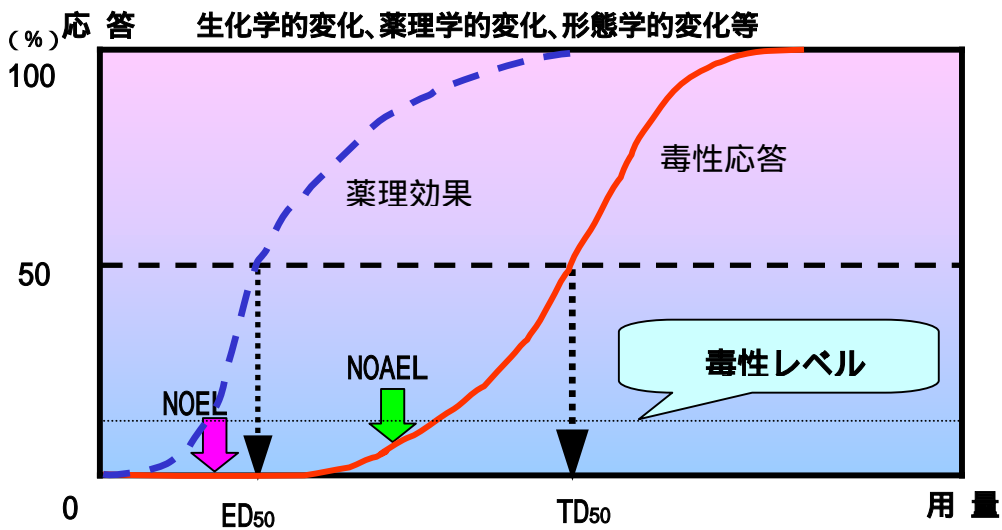


図 - 2 用量 - 反応関係の図

3. 生分解性・蓄積性試験

当機構では前述の有害性情報に係る試験を実施しているが、昭和48年の化審法施行以降、経済産業省の指示により4000物質以上の既存化学物質について化審法に係る安全性試験を実施している。物理化学性状試験、生分解性試験及び蓄積性試験についてはOECDテストガイドラインに基づき、GLP体制で試験を実施している。表2に分解性・蓄積性に関するOECDテストガイドラインを示す。下線は国内で主として採用されている試験法である。

表2 分解性・蓄積性に関するOECDテストガイドライン

| 試験項目 | 番号: タイトル |
|---------------------|--------------------------------|
| 分解性試験 | 易分解性試験 |
| | 301A: DOC Die-Away法 |
| | 301B: CO ₂ 発生法 |
| | <u>301C: 修正MITI法() [標準法]</u> |
| | 301D: クローズドボトル法 |
| | 301E: 修正OECDスクリーニング法 |
| | 301F: Manometric Respirometry法 |
| | 302A: 修正SCAS法 |
| | 302B: Zahn-Wellens/EMPA法 |
| | <u>302C: 修正MITI法() [逆転法]</u> |
| 生物濃縮(蓄積): 魚による流水式試験 | 305A: 段階的止水試験 |
| | 305B: 半止水式試験 |
| | <u>305C: 流水式試験(MITI法)</u> |
| | 305D: 止水式試験 |
| | 305E: 流水式試験(加速法) |

注: 下線は国内で実施されている試験法

4. 臭素化合物の分解性・蓄積性試験結果

当機構が既存化学物質の安全性点検事業において実施した臭素系芳香族化合物と関連化合物の分解性・蓄積性試験結果、及び被験物質の構造から算出される種々のパラメータを表3に、構造式を表4示す。表3に示した臭素系芳香族化合物の試験結果と化学物質審議会の審査部会での判定結果は、独立行政法人製品評価技術基盤機構のホームページの「化学物質安全性点検データ(DB)」で検索することができる。

生分解性試験(MITI()法)では2,4,6-トリプロモフェノールのみが易(良)分解であり、他の19物質はいずれも難分解であった。他の試験物質に比べて水溶性の高いo-,m-,p-プロモフェノールは酸性物質であり、殺菌剤等の用途もあることから微生物の生長を阻害することが考えられるためMITI()法では生分解しないものと推察される。一方、2,4,6-トリプロモフェノールはフェノール性水酸基の近傍に臭素基が2個あり、立体障害のために酸としては弱く、水溶性のため生分解されやすいものと推察される。

蓄積性試験では、4,4'-ジプロモビフェニル、2,4,6-トリプロモフェニル(2-メチル-2,3-ジプロモプロピル)エーテル及びヘキサプロモシクロドデカンの3物質は濃縮倍率5000倍以上となり、高蓄積であった。また、ヘキサプロモビフェニルエーテルは濃縮倍率が216~1490倍となり、1000倍を超えているため中濃縮性であった。試験の対象物質については計算したパラメータのうち、分子量と分配係数(LogPow)は良い正の相関が見られた。これらの試験結果から、高・中蓄積性を示す物質の条件は下記の条件といえよう。

- ・ 対水溶解度が1mg/L未満
- ・ 分子量が約300~650の範囲
- ・ 親水性の基を持たない
- ・ 1つのベンゼン環に付く臭素は1~4個

ただし、このことは臭素系芳香族化合物という狭い範囲についていえることであり、他の分類の化合物について同じことが得るかどうかは明確ではない。これらの条件を満たさない場合、蓄積性は低いものと予想される。

5. 臭素系難燃剤の分解性・蓄積性

臭素系難燃剤としては上記の臭素系芳香族化合物のほかに、これらを原料とした誘導体やモノマーとして重合したオリゴマーやポリマー等が用いられる。これらの構造から計算されるパラメータ及び構造を表4、5に示した。

前述の臭素系芳香族化合物の試験結果から推測される条件を適用すると、いずれの臭素系難燃剤(表5)もMETI法()による分解度試験では生分解性はないものと推測される。なお、現在当機構が開示している「CERI 生分解性予測システム(経験則による予測)」による予測でも「分解性なし」という結果であった。

また、表5臭素系難燃剤には前述の高・中蓄積性を示す物質の条件に含まれる物質が比較的多い。しかし、Oppehuizenらは化学物質が細胞膜を透過するには分子の大きさに限界があり、その限界は9.5であると結論している。このことはデカプロモジフェニル等臭素原子の置換数が大きくなると蓄積性が低くなっていることと一致している。従って、臭素系難燃剤のように原子容が大きい臭素を置換させている場合には、単に分配係数のみから蓄積性を予測するのではなく、実験によって蓄積性を確認する必要がある。

以上

