

「安全性」ってなんだろう？

－化学物質の環境リスクを減らすために－

企画部 川原博満

1 はじめに

ここ数年、「安心・安全」といった言葉がよく使われています。BSE問題や自然災害などに関する報道などに多く見られ、最近では、この春に閣議決定された第三次環境基本計画にも用いられています。また、この環境基本計画の重点分野の一つには、化学物質の環境リスクの低減に向けた取組も掲げられています。そこで今回、環境科学センターで行ってきた、化学物質の環境リスクに関する研究をテーマに、安全性ってなんだろう？を考えてみることにしました。

2 安心と安全の考え方

安心・安全の定義は特にこれといったものではありませんが、安心は個人の経験や考え方に基づく主観的で心理的なものといえます。一方、安全には客観性が求められ、みんなが安全であるという共通認識が必要になってきます。言い換えれば、ある程度科学的な裏づけに基づく事柄で客観的なものということになります。また、これにより、安心も担保されるということにもなります。

ところで、安全性あるいは安全度といった尺度は、なかなか目に出る出来ません。逆に危険性や危険度は、死亡率や事故率などのように多くの情報があります。ここでは、この危険性や危険度の少なさや小ささを安全性と定義します。それでは、危険性・危険度とは何か？、その一つに、テーマにある化学物質の環境リスクがあります。これは、化学物質が人の健康や生態系に与える影響の度合いのことを言います。今回、この評価結果をどのように解釈し、安全性をどのように考えるかをお話します。

3 化学物質の環境リスク評価の方法

化学物質が人へ取り込まれる経路には主に、吸入（呼吸）、経口（食事）、経皮（接触）の3つの経路があります。化学物質のリスクを評価する場合には、いずれの経路を通っても、最終的にはどれ位体に良くないもの（毒性の強さ）をどれ位の量（摂取量）を取ったかで、リスクが決まります。言い換えれば、以下のようになります。

$$\text{リスク} = \text{毒性の強さ} \times \text{摂取量}$$

これによれば、毒性の強いものでも摂取量がごく少量であればリスクは小さく、逆に、どんなに毒性が弱くても大量に摂取すればリスクは大きくなります。

これらのことから、一般的に、化学物質の環境リスク評価は、**図1**に示す様

に、対象物質の毒性の強さを調べる有害性評価と、人や生物の摂取量や暴露量を調べる暴露評価を行ない、これらの結果を用いてリスクの判定を行います。

3. 1 有害性評価

有害性評価では化学物質の毒性の強さを動物実験や人の疫学調査から調べます。評価の方法は、一般毒性と発ガン性の二つに分けられます。

(1) 一般毒性評価

まず、一般毒性は、ある一定量までは影響が出ないような毒性で、この一定量がどれ位の量なのかを調べ、その量で毒性の強さで表わします。図2に動物試験による用量・反応（摂取量と毒性発生頻度）の確認のイメージを示します。

4種類の摂取量の動物群のうち、摂取量1mg/kg/日では、まだ影響が見られず（3匹でも有意な差として見なされません）、10mg/kg/日の動物群で有意な発生が見られたとする。このとき、摂取量1mg/kg/日を影響の見られない最大用量と言ひ、10mg/kg/日の用量を影響の見られた最小用量と言ひます。つまり、この化学物質は1日に体重1gあたり1mgを食べても安全である事になります。

この実験動物の値を、図3に示す様に人の場合に置き換えれば、人の場合の影響の見られない最大用量の参考値が求まります。不確か係数や修正係数で割ることで、安全側（小さな）値になります。

最後に、安全性を見るために、人の場合の影響の見られない最大用量の参考値と、実際の人々の摂取量を比較して、どれ位の余裕度があるかを算出して、図4の判定を行ひます。一般に用いられる判定基準に従って、対策を取ったりします。まさにこの余裕度と判定基準で安全性を図ることが出来ると思われまひす。

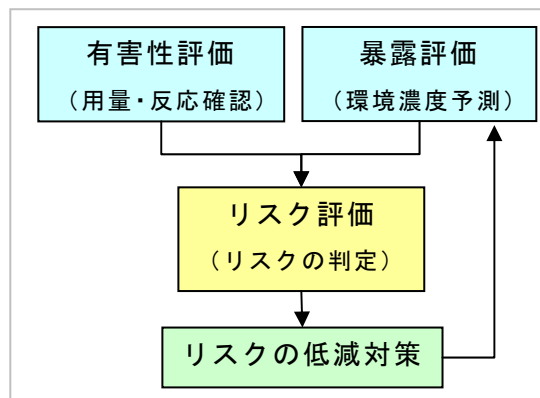


図1 リスク評価の手順

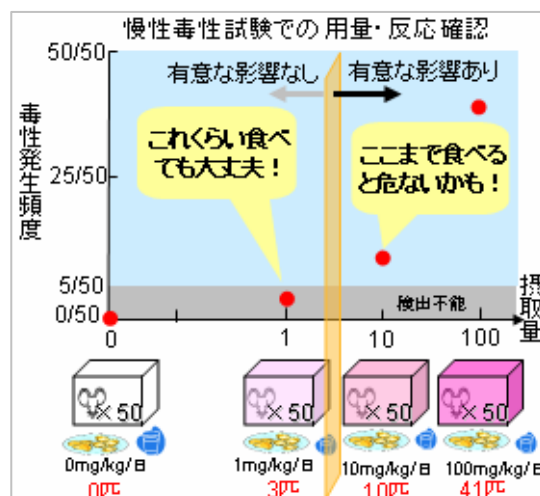


図2 用量・反応の確認（一般毒性）

人の安全参考値 = $\frac{\text{動物実験の影響の見られない最大用量}}{\text{不確か係数} \times \text{修正係数}}$	
不確か係数	(1) 動物と人との感受性の違い 10
	(2) 個人の感受性の違い 10
	(3) 試験期間の短いデータ 10
	(4) 影響の見られる最小用量しか無い時 10
修正係数	毒性試験での動物の匹数の少なさなど 0~10

図3 人の値への変換

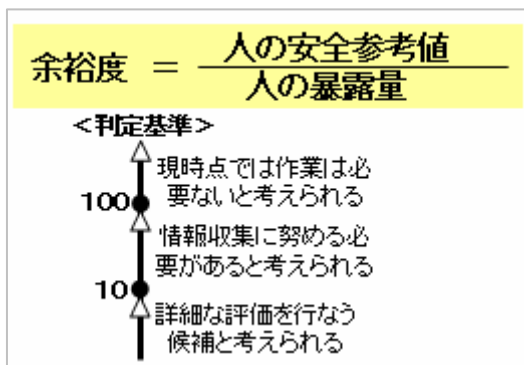


図4 余裕度の計算

(2) 発がん性評価

発がん性評価では、一般毒性に見られた、これ位食べても大丈夫といった値は無いとされる場合が多く、少量でも影響は少なからずあるとされています。

例えば、実験動物を用いた発がん性試験結果が図5に示した様になったとします。用量10と100の場合には、図2の場合と同様に、明らかに発がん性が認められたということになります。

一般毒性の場合には、有意な影響なしの範囲では用量1に相当する影響の見られない最大用量のみに着目しました。

発がん性評価では、それよりも小さい用量のときにも、何らかの影響があるという前提のもとで、この範囲を直線で結び、用量に比例した発がん頻度（いわゆる発がんリスク）を求める方法があります。具体的には、95%信頼上限線（統計上可能性のある上限線）と発がん頻度0.1の交点から0に向かって直線を引きます。この方法の他にも幾つかありますが、この方法は一番厳しい（安全側）評価方法です。このときの直線の傾きが発がんの強さ（傾きが急だと発がんの強さは強い）を表わすこととなります。式で表わすと図6のようになります。

ただし、実験動物の95%信頼上限線に基づく発がん頻度0.1の時の用量を図7に示す様に、人のそれに変換する必要があります。

図4で示した一般毒性の場合の余裕度に相当するものが図8に示した発がんリスクの許容範囲です。これらの値は国ごとに設定されており、図4と図8は日本におけるものです。幾つかの発がん物質をそれぞれ評価し、無視できるリスクレベル以外に相互作用を考慮する必要のある物質があった場合には、それらを加算して、有意なリスクレベルと比較して、どれ位安全なのかを含めて検討していくこととなります。

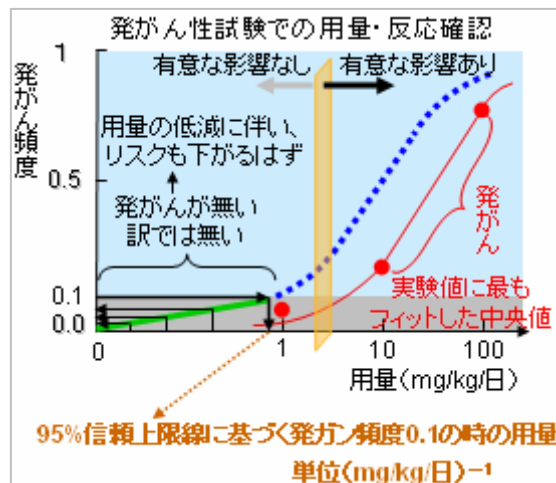


図5 用量・反応の確認(発がん性)

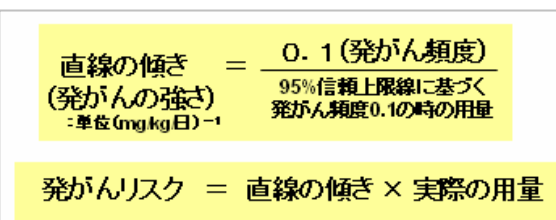


図6 発がんリスクの定義

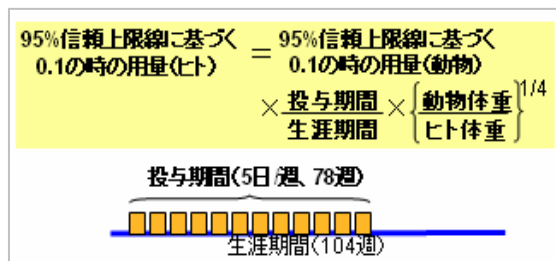


図7 人の値への変換

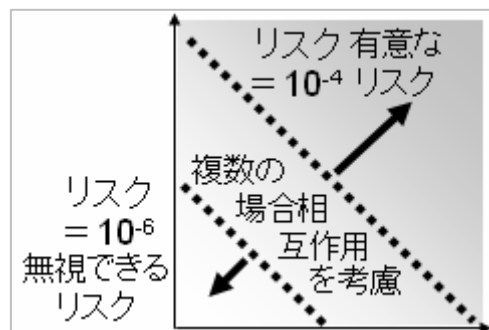


図8 リスクの許容範囲例

3. 2 暴露評価

一般毒性の場合の余裕度を求める際の実際の摂取量や、発がんリスクを求める場合の実際の摂取量は暴露評価で評価します。大気経由の呼吸によるリスクを求める場合には摂取量の代わりに環境濃度を用いてリスクを推計することになります。環境濃度は測定しても求められますが、広い範囲を詳しく求めようとすれば、**図9**のようにモデルによる推計が必要になります。

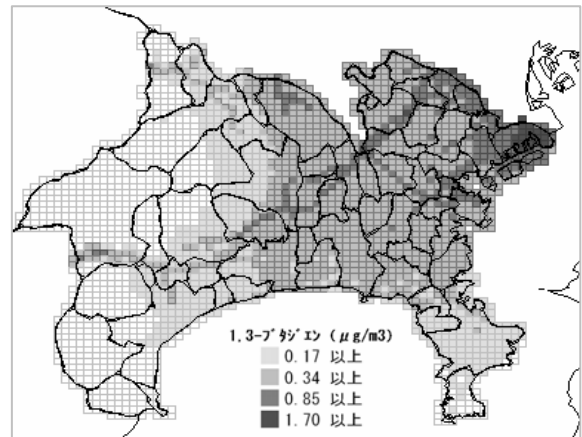


図9 環境濃度推計結果

3. 3 神奈川県におけるリスク評価

環境科学センターでは、大気拡散モデルを用いて県内の濃度を推計し、文献レビューより選定した有害性評価のデータを用いて、**図9**の1つ1つマスの濃度を用いて、余裕度等を検討し、環境リスク低減の取り組みを行っています。**図10**に、評価結果の事例を示します。図には2つの発がん物質（ベンゼンと1,3-ブタジエン）の濃度と10万人に1人（ 10^{-5} ）にがんが過剰発症する確率に相当する濃度も示しています。平成13年度排出量を用いた推計によれば、個別物質の 10^{-5} 発がんリスク濃度に暴露される人口は県全体の数%、複合リスクでは、想定した有意なリスク 10^{-4} に該当する暴露人口は0%と推計されました。

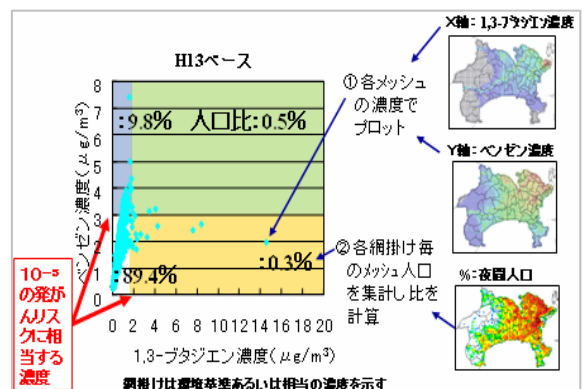


図10 環境リスク評価事例

4 まとめ

今回、安全性を化学物質の環境リスクと関連付けて考察してみました。安全性を危険性すなわち環境リスクとしてとらえ、実際の生活の中で摂取している化学物質の量と比較して、どれ位の余裕度があるかで、ある程度、安全性を推し測ることかできるとおもわれます。現在、環境リスク評価手法はある程度確立されており、各種の情報や様々なツールも出回ってきています。これらを使って実際に評価を行なってみることも、安全性を実感する手掛かりになるかも知れません。

<文中のこれだけは覚えておきたい用語>

影響の見られない最大用量：一般的には、無毒性量（NOAEL：ノアエル）

影響の見られた最小用量：最小毒性量（LOAEL：ロアエル）

人の場合の影響の見られない最大用量の参考値：参照用量（RfD：アールエフディー）

余裕度：暴露マージン（MOE：エムオーイー）

直線の傾き：スロープファクター（SF：エスエフ、q*：キュースター）

95%信頼上限線に基づく発がん頻度0.1の時の用量：（LED10：エルイーディーテン）