

□化学物質のリスクアセスメント

社団法人日本化学工業協会 下 貞 孟

(現在日本化薬株式会社)

はじめに

本来は化学物質のリスクアセスメントを考えるときには、ヒト健康・生態系に対するリスクの他に、全ライフサイクルにおける火災・爆発危険性のリスク(フィジカルリスクと呼ばれる)を評価することが必要である。この稿では重複しないように、一般に使われている意味でヒト健康・生態系へのリスクを中心に述べることとし、併せて日本化学工業協会(JCIA)が通産省からの委託を受けて構築したリスクアセスメント・システム chemPHESA21 の紹介を兼ねる。

ここでリスクと言っているのは、ハザード(人、物および環境に対して与える、自然・人の行為・化学物質等に付随する有害な性質)の発現する頻度または確率と、発現した時の被害の大きさを併せて表現したものである。

地震で例えれば、地震そのものはハザードであり、現実には起きていないわけではないし何時起こるかを確定することはできないが、過去の災害の記録から、この断層では約70年に1回の頻度で起きていて、一旦地震が起きれば、震度6の大きさであり、被害は

これ位と推定することができこれがリスクの表現である。地震のような自然災害の場合のリスクの推定は現在の科学技術からしてもこの程度であるが、場合によってはかなり定量的に表現することができる。

残念ながらヒト健康・生態系へのリスクはそのレベルにはなく、「これ以下なら安全と言ってもよい」というレベルでの評価が主であるが、定量的リスク表現も徐々に研究発表されつつある。

ヒト健康リスクの評価

化学物質のヒト健康リスク評価は、化学物質のヒトへの暴露に関し最初に設定されるシナリオに基づいて、以下の4段階を経て行われる。

1. ハザードの特定—その化学物質がどのようなハザードを有しその結果どのリスクを評価しなければならないか、または評価すべきかを定める。
2. 暴露評価—化学物質が種々の経路を経て最終的にヒトに摂取される量を1日あたりの摂取量

(EHE:ExpectedHumanExposure)として表示する。

3. 影響の量依存性評価—摂取量に対しどのような有害影響が発現するかを動物実験の結果などから推定し、ある暴露量以下なら有害影響が起こらないと予測される暴露量 (NOAEL:NoObservedAdverseEffectLevel) を定め、不確実性を考慮し1日あたりの許容される摂取量 (一般の毒性の場合、TDI:TolerableDailyIntake, 発ガンの場合は、VSD:VirtualSafeDose) を求める。
4. リスクの判定—2と3の過程で得た、EHE/TDI または EHE/VSD の比が1より小さければ一応リスクは低いと見なす。

図1にJCIAで採用した手法を示す。

また、図2に大気・土壌・表層水を經由した間接暴露量評価のフローを示す。

より定量的な手法もないわけではない。

一つは損失余命により比較する手法である。すでに、1970年代に米国で検討されており、因果関係が明白なものに関しては簡単にリスクが比較できる。

平成7年の交通事故死の例で、大まかに計算してみる。平成7年の統計では、約15,000人が交通事故で死亡している。(これは24時間以内の死亡とする警察の統計ではなく、交通事故に起因する死者数なので約1.5倍になっている)これは当時の人口12,430万人に対して 1.2×10^{-4} /年の平均死亡リスクになる。平均というのは、全ての個人リスクがこの数値と言うことではなく、個人の年齢・生活パターンや場によってリスクが非常に高い人から非常に低い人まで幅広く分布しているが、平均としてこのリスクになることを意味している。

交通事故死者数 人

全年齢合計 15,147

図1 ヒト健康リスクアセスメント手法

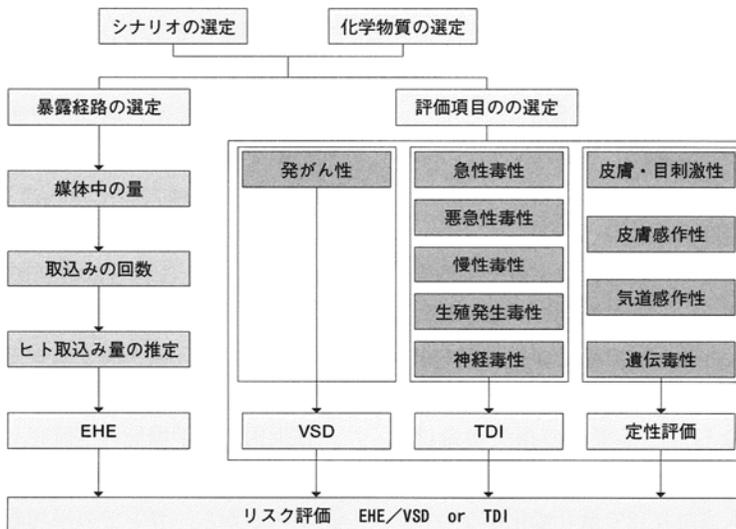
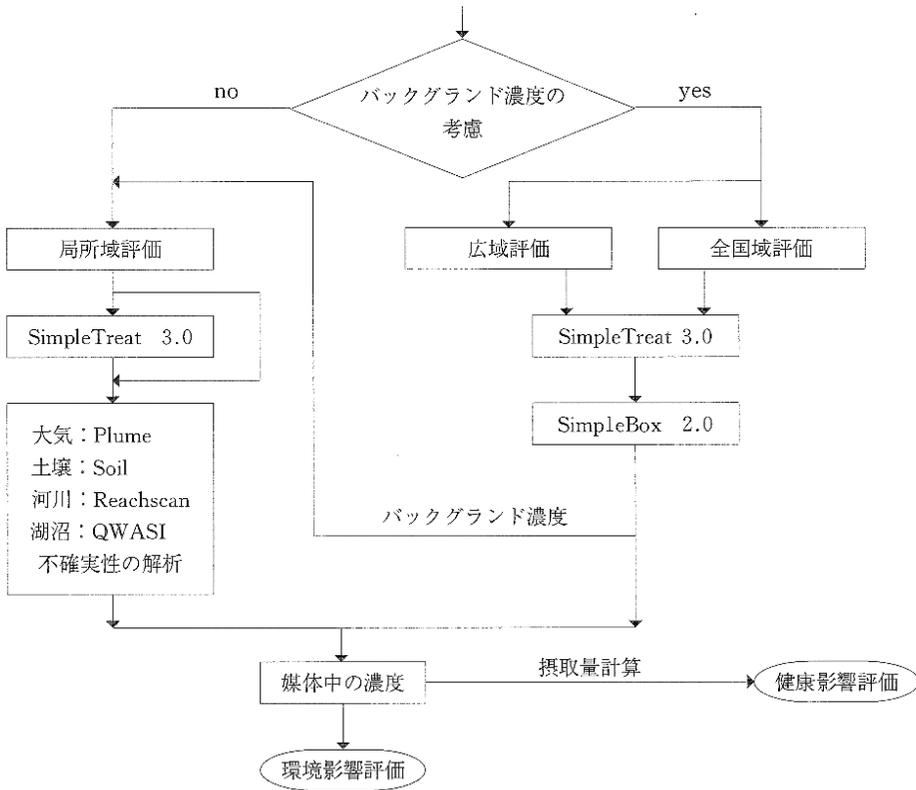


図2 間接暴露量評価フロー



14 歳以下	527
15～29 歳	3,795
30～44 歳	1,588
45～64 歳	4,172
65 歳以上	5,045
不詳	20

平均余命として、範囲の中央値と平均寿命(78 歳を使う)との差を使い、死亡者数との積を合計し総人口で割れば年平均の損失余命が計算できる。なお、年齢不詳は 30～44 歳と見なした。年平均の損失余命は 1.3 日になる。ここ十年の交通事故死亡率は人口十万人当たり 12 で余り変化がないのでそれ

が続くとして、平均損失余命は $1.3 \times 78 \approx 100$ 日と推定できる。さらに、大胆な推定ではあるが、同様の分布と、同様の死亡率を仮定すると悪性新生物および心疾患での死亡率は人口十万人当たり 210 および 110 なので、損失余命は 1,700 日および 920 日になる。これらは最初の例ほど正確ではない。病気で死亡率はかなり変動していることと、成人病であって、若年者には少ないことが原因である。

横浜国立大学環境科学研究センターの中西教授はこの分野での先駆者であるが、統計データから、ガンでの平均寿命短縮は 10

年として計算しており、同じ仮定で前記のガンの例を計算すると、600日となる。同様の仮定で生涯リスクが 10^{-5} の発ガンリスクは0.04日の損失余命に当たる。

ここで述べた数字の絶対値については異論のあるところだが、リスクの比較をする上では非常に便利である。

環境影響評価

生態系に対するリスクアセスメントを、JCIAでは「環境影響評価」と呼んでいる。

「生態影響評価」も一般には同義語として扱われているようであるが、影響の量依存性評価に相当する用語として狭い意味で用いている。

一般に、ヒト健康リスクに比べて、生態系のリスクつまり環境影響評価は本質的に明確でない。一方で評価に供する実験生物の種類も限定されている。OECDが定めた標準的指標生物は藻類・甲殻類(ミジンコ)・魚類であるが、実験生物としては淡水系の生物である。これらは被食・捕食の関係にあり生態系の代表として選択されている。

化学物質はその物性において千差万別であり、評価系の選定が必要である。水系に留まる物質については上述の生物が選択され、大気に拡散する物質については昆虫や鳥類が、土壌に吸着する物質にはみみずなどの生物が評価に供試される。

chemPHESA21における環境影響評価システムは、図3に示すように、指標生物(藻類、甲殻類および魚類)に対する有害性と指標生物の種の数、長期毒性のデータか短期か、化学物質が生態系に濃縮されやすいかどうかなどによって、あらかじめ定めた不確実性係数(評価係数、安全係数と呼ぶこともある)と選択された有害性のデータとから予測無影響濃度(PNEC)を推定する一方、暴露評価により環境媒体中の化学物質の濃度(予測環境濃度、PECという)が推定されPEC/PNECの比が1より大きいかなどで判断する「有害性指数法(HazardQuotient法)」によっている。

一方、より定量的な手法については種々検討されてきたが、種の絶滅確率による推定が進んでいる。暴露評価の方はモデル化が進んでいるが、生態影響評価(生態系への有害性の評価)についてもモデル化が検討されてきたので、双方の評価のあるばらつきを持った分布の重なりから統計的手法により環境影響評価を行うことも可能になるだろう。

おわりに

ヒト健康と環境のリスクについて現状と今後についてとりとめなく述べてきたが、リスクの定量的評価に向けて更なる努力が必要であろう。

図3 環境影響評価フロー

