

リスクって何？安全って何？

永井 孝志

生物多様性研究領域 化学物質影響評価ユニット

「リスク」という言葉はよく見聞きするわりに、きちんとした定義を問われれば言葉に詰まる人が多いのではないのでしょうか。似た概念として「安全」という言葉があります。リスクと安全はどう違うのでしょうか。ここではその定義について簡単に説明したいと思います。

リスク = 結果の重大さ × 発生確率

リスクは基盤として「結果の重大さ × その発生確率」と表現されます。例えば、破局的噴火や小惑星衝突など、その結果は重大だけど発生確率は低いという性質のものがあります。東日本大震災やリーマンショックもその一つでしょう。反対に、蚊にさされたり紙で指を切ったりなど、その結果はささいだけれど発生確率は高いという性質のものもあります。これらは性質が大きく異なるものの、ともに「リスクは低い」と表現されることになります。また、結果の重大さを「人の死」等に固定すると、単に発生確率でリスクを計算できるようになります。例えば、2017年の交通事故による年間死者数は3694人でした（警察庁統計）。これを2017年末時点の人口1億2660万人で割ると10万人あたりの年間死者数2.9人となります。また、2000～2009年の落雷による年間平均死者数は3.0人（警察白書）ですので、同様に10万人あたりの年間死者数は0.0024人と計算されます。交通事故による死亡リスクは雷の1208倍ということになります。

化学物質のリスク

基本概念は前述のとおりですが、具体的なリスクのとらえ方は分野ごとに異なります。例えば化学物質のリスクは、有害性 × 曝露（ばくろ）量で表現されます。食塩でいえば、半数致死量 = 150 g / 人であり、これは一度に150 gの塩を食べると半分のヒトが死ぬという意味です。これが有害性の

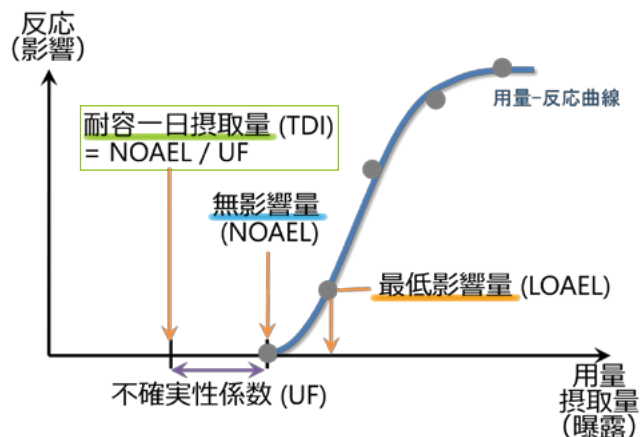


図1 化学物質の有害性評価の基本的な概念図

マウスなどの動物実験から得られた結果を、横軸に摂取量（用量）、縦軸に反応をとってプロットすると用量-反応曲線が得られます。（統計的有意な）影響が見られなかった用量のうち最大のものを無影響量（no observed adverse effect level, NOAEL）、影響が見られた最低の用量を最低影響量（lowest observed adverse effect level, LOAEL）とします。これを不確実性係数（uncertainty factor, UF）で割って、**耐容一日摂取量**（tolerable daily intake, TDI）などを求めます（農薬などでは耐容→受容と言言葉が変わりますが基本的に同じ概念です）。不確実性係数はマウスの結果を人間に外挿するための10（人間はマウスの10倍弱いと仮定する）、人間の個体差を考慮した10（感受性の差が化学物質に強い人と弱い人で10倍程度あると仮定する）などを用います。

強さです。また、平均的に日本人は男性で11 g、女性で10 g程度の食塩を摂取しており、これが曝露量になります。この曝露量は半数致死量を下回っているため、食塩の急性中毒でヒトがバタバタと死ぬおそれはない、ということになります（ただし慢性的には高血圧の原因となります）。また、リスクを減らすには、有害性が曝露量のどちらかを減らせばよいこととなります。有害性を減らすには他の有害性の低い調味料に変えたり、曝露量を減らすには食塩の摂取量を減らせばよいのです。

次に化学物質のリスク評価について、もう少し実務的な側面を見ていきます。図1に示すのは用量-反応曲線と呼ばれるものです。化学物質の有害性評価においてはマウスなどを用いた動物実験を行うのが一般的です。化学物質の摂取量が増加していくと反応（悪影響を示した個体の割合）が増加していく様子がプロットされています。無影響量が決定されると、不確実性係数で割って耐容一日摂取量が算出されます。これを超えなければヒトに実質的な悪影響はないものと判断されますので、これを超えないように環境や食品中含有量に基準

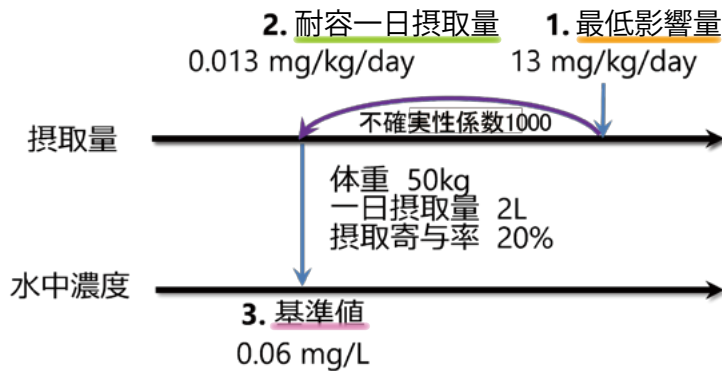


図2 クロロホルムの水道水質基準の例

1. 犬の動物実験から最低影響量が 13 mg/kg (体重) /day と決定されると、2. 不確実性係数 1000 (種差 10× 個人差 10× 最低影響量の使用 10) で割って、耐容一日摂取量は 0.013 mg/kg/day となります。3. 体重 50 kg の人が一日に 2L の水を飲み、水道水からの摂取寄与率が 20% (他は大気経由など) とすると、耐容一日摂取量を超えないような水中濃度は、 $0.013 \text{ (mg/kg/day)} \times 50 \text{ (kg)} \times 0.2/2 \text{ (L/day)} = 0.065 \text{ mg/L}$ と換算され、ここから水道水の水質基準値は 0.06 mg/L となりました。

値を設定するなどして、曝露量を管理するわけです (例えば図2)。

「安全」のレベルは時代や国、文化によって違う

リスクと似た概念である「安全」についての定義を説明します。ISO/IEC Guide51:2014 (規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン) においては、安全とは“freedom from risk which is not tolerable” すなわち「許容できないリスクがないこと」と定義されています。安全とはゼロリスクを示すものではなく、そのリスクが許容できるか否かが重要であることがわかります。よって、安全を評価するためには、(1) リスクの大きさを評価する、(2) そのリスクが受け入れられるかを決める、という二つのステップが必要になるのです。許容できるリスクレベルのことを「安全目標」と呼びます。これが分野によって大きく違うことがポイントです。つまり、分野によって許容可能なリスクレベルは異なり、単純に「リスクレベルが〇〇以下は安全」と決められるものではないのです。例えば交通事故においては、政府が平成 28 年 3 月に決定した第 10 次交通安全基本計画において、道路交通事故の発生から 24 時間以内に亡くなる方の数を 2500 人以下とするという安全目標を定めています。他にも、河川堤防は 200 年に一度の洪水に耐えうるように設計され、発がん物質では生涯 10 万人に 1 人の死亡リスクが管理目標とされ、放射線の曝露は年間 1 mSv 以下とすることが目標とされます。また、かつての第 5 次交通安全基本計画 (1991 ~ 1995 年) では目標値は死者数 1 万人以下であり、時代に合

わせて安全目標自体も変化するものであることがわかります。さらに、餅などの窒息のリスクが高い食文化や、毎回死者を出すような危険なお祭りが未だに続いていたりしますが、これは文化がリスクを許容しているものと考えられます。このように、安全は時代や国、文化によっても違うため、科学的に (客観的に) 評価できるものではありません。よく聞かれる、安全は科学的なもの・安心は心理的なもの、という誤った安全・安心二分論にまどわされないようにしましょう。

その他の分野におけるリスクの考え方

最後に他の分野におけるリスクの考え方についても触れておきたいと思います。自然災害においてリスクは、ハザード × 曝露 × 脆弱性で表現されます。ハザードは地震などの大きさと発生確率、曝露は人や建物などの被害を受ける対象の多さ (人が住んでいなければどれだけ大きな地震でもリスクはない)、脆弱性は地震に対する対策がどの程度できているかというハード・ソフト面での対応力を示します。気候変動のリスクもほぼ自然災害と同様に表現されます。サイバー犯罪などのセキュリティでは、リスク = 脅威 (攻撃発生確率) × 脆弱性 (攻撃への対応力) × 帰結 (攻撃成功時の被害の大きさ) で表現され、金融ではリスクは単にバラツキの大きさ (ボラティリティとも呼ばれる) で表現されます。「リスク」という時に、どの分野の話をしているのかを最初に共有しないと話が噛み合わないのも、このような分野特異性が大きいためなのです。