

II 各論

各論では、県が提案する簡易な評価手法について詳細を記載するが、これは一つの提案であり、特に手法を特定するものではない。

より充実した知見に基づく精密な評価が可能な場合は、これを積極的に実施されたい。

II-1 評価のための条件設定

本マニュアルの目的は、化学物質排出源が寄与する人の年間曝露量と疫学・毒性学等から誘導される耐用しうる、あるいは目標とされる年間曝露量（評価指標値）との比、あるいは比の総和を求め、これを影響評価の尺度とすることである。

このためには曝露等の各種条件を仮定する必要がある。

基本的には安全側に見積もられるよう、表1のとおり条件設定を行っている。

なお、個別的な条件設定については、各段に記載している。

表1 曝露条件の設定

項目	数値等
目標とする発ガン物質のリスク	生涯（25,550日（70年））において 10^{-6} 発ガンリスク増加
目標とする非発ガン物質のリスク	長期間連続曝露において悪影響がないこと
発ガン物質の曝露期間	25,550日（365日×70年）
非発ガン物質の曝露期間	年間 365日
想定する人の体重	52.5kg
呼吸量	15m ³ /日
飲料水摂取量	2ℓ/日
魚介類の摂取量	100g/日

（注）この曝露条件には農作物経由のものが含まれていないため、経口摂取の項目である飲料水と魚介類を高めに見積もっている。

また日本人においては魚介類の摂取量が多いことも併せて見積もっている。

表2 (参考) 曝露条件の比較

U. S. E P A等による一般的な条件設定		
呼吸量	体重70kgで20m ³ /日	体重1kg当り 0.286m ³ /日
飲料水摂取量	体重70kgで2ℓ/日	体重1kg当り0.029ℓ/日
魚介類摂取量	体重70kgで54g/日	体重1kg当り0.77g/日
本マニュアルの条件設定		
呼吸量	体重52.5kgで15m ³ /日	体重1kg当り 0.286m ³ /日
飲料水摂取量	体重52.5kgで2ℓ/日	体重1kg当り0.038ℓ/日
魚介類摂取量	体重52.5kgで100g/日	体重1kg当り1.90g/日

II-2 大気経由の年間曝露寄与量の推定

大気経由の年間曝露量を推定する式を次のとおり設定する。

$$(\text{年間曝露寄与量mg/年}) = (\text{大気排出量kg/年}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

(解 説)

大気経由の年間曝露寄与量は、曝露地点での排出物質の着地濃度の年間平均値に、人の年間呼吸量を乗じることにより求められる。

曝露地点における着地濃度を推定するためには、排出条件、気象条件、曝露条件に応じて計算する必要があるが、これらを変数とした場合、式は複雑化し、また変数を設定するにあたって過大な調査・検討の作業が求められることとなる。

このため、より多くの事業者が容易にこれを実施できるように、各種条件についてワーストケースを想定して定数化し、簡易な算定式の設定を行った。

1) 条件設定及び拡散式

(1) 拡散条件

以下の条件設定を行った。

① 排出条件

- ・ 24時間連続、年間365日、定常的排出
- ・ 排出高さ : 10m
- ・ 排出ガス量 : 1,000 m³N/時
- ・ 排出ガス温度 : 100℃

② 気象条件

平成5年度千葉県市原市内の年間風向、風速、日射量、放射収支

(2) 着地濃度予測に用いた式

① 排ガス上昇式

- ・ 有風時 : CONCAW式
- ・ 無風・弱風時 : Briggs式

② 拡散式

- ・ 有風時 : 正規型ブルーム式
- ・ 無風・弱風時 : 弱風パフ式

(3) 曝露条件

曝露集団は、着地濃度の年間平均値が最大である地点（年間最大着地濃度出現地点）における大気を15m³/日、365日（5,475m³/年）摂取するものと仮定する。

2) 年間曝露寄与量の推定

上記の拡散条件及び拡散式に基づいてシミュレーションを行い、時間当りの排出量が $G_v \text{ m}^3\text{N}/\text{時}$ である場合の年間最大平均着地濃度 $C_{\text{max}} \text{ ppb}$ を求めたところ

$$C_{\text{max}} = 2 G_v \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

の関係となった。

排出物質の分子量を $M \text{ g/mol}$ 、標準状態で $1 \text{ mol} = 22.4 \text{ l}$ として、年間排出量 $G_w \text{ kg}/\text{年}$ を時間当り排出量 $G_v \text{ m}^3\text{N}/\text{時}$ で表すと

$$G_w = G_v \text{ m}^3\text{N}/\text{時} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times (M \text{ g/mol} \div 22.4 \text{ l/mol})$$

$$G_w = G_v \times M \times 391$$

$$G_v = G_w \div (M \times 391)$$

これを①に代入すると年間最大平均着地濃度 $C_{\text{max}} \text{ ppb}$ が年間排出量 $G_w \text{ kg}/\text{年}$ で表される。

$$\begin{aligned} C_{\text{max}} &= 2 G_v \\ &= 2 \times G_w \div (M \times 391) \\ &= G_w \div (M \times 195.5) \dots\dots\dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

また年間最大平均着地濃度 C_{max} の単位を ppb から kg/m^3 ($760 \text{ mmHg}, 25^\circ\text{C}$) に換算すると、 $1 \text{ mol} = 24.45 \text{ l}$ として

$$C_{\text{max}}' \text{ kg}/\text{m}^3 = C_{\text{max}} \text{ ppb} \times (M \text{ g/mol} \div 24.45 \text{ l/mol}) \times 10^{-9} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$C_{\text{max}} = C_{\text{max}}' \times 24.45 \div M \times 10^9 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

③を②に代入すると、年間最大平均着地濃度 $C_{\text{max}}' \text{ kg}/\text{m}^3$ を年間排出量 $G_w \text{ kg}/\text{年}$ から導くことができる。

$$C_{\text{max}}' \times 24.45 \div M \times 10^9 = G_w \div (M \times 195.5)$$

$$C_{\text{max}}' = G_w \div 4.78 \times 10^{-12} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

年間曝露寄与量 $E_a \text{ kg}/\text{年}$ は、年間最大平均着地濃度 $C_{\text{max}}' \text{ kg}/\text{m}^3$ と人の年間呼吸量 $5,475 \text{ m}^3/\text{年}$ の積で表される。

$$\begin{aligned} E_a \text{ kg}/\text{年} &= C_{\text{max}}' \times 5,475 \\ &= G_w \div 4.78 \times 10^{-12} \times 5,475 \\ &= G_w \times 1.15 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

したがって

$$Ea \text{ kg/年} \doteq Gw \times 10^{-9}$$

年間曝露寄与量 Ea の単位を mg/年 に変換すると (1) 式となる。

$$Ea \text{ mg/年} = Gw \times 10^{-3}$$

3) 曝露寄与量の集計

物質毎・排出箇所毎の排出について、それぞれ (1) 式を用いて年間曝露寄与量を推定し、集計する。(「II-5 物質毎・排出箇所毎の影響評価」表3参照)

II-3 水系経由の年間曝露寄与量の推定

水系経由の年間曝露寄与量を推定する式を次のとおり設定する。

$$\begin{aligned} (\text{年間曝露寄与量mg/年}) &= (\text{水系排出量kg/年}) \times 2 \times 10^{-3} \\ &\times (\text{BCF} \times 0.1 + 2) \times (\text{分解性による補正係数}) \dots\dots (2) \end{aligned}$$

ただし

分解性による補正係数：良分解性物質0.1、その他1（参考資料2参照）

BCF：生物濃縮係数（参考資料2参照）

（解 説）

水系経由の年間曝露寄与量は、排出された化学物質の飲料水中濃度及び食品（魚介類）中濃度に、これらの人の年間摂取量を乗じることにより求められる。

水系環境中の化学物質の挙動、飲料水への移行、食用魚介類への蓄積、及び化学物質を含む飲料水及び食用魚介類の摂取量等を排出ケース毎に推定することは、現状においてはあまり現実的でない。

しかし、より多くの事業者が容易にこれを実施できるように、各種条件についてワーストケースを想定して、これを定数化し、簡易な算定式の設定を行った。

1) 条件設定

以下の条件設定を行った。

(1) 拡散条件

- ① 24時間連続、年間365日、定常的排出
- ② 排出先として仮想河川を想定
 - ・ 年平均流量6.0m³/sec（県内中規模8河川の平均）
 - ・ 流量は常に一定と仮定
- ③ 排水は河川水と迅速に完全混合する

(2) 曝露条件

- ① 飲料水摂取
 - ・ 曝露集団は排出河川を水源とする飲料水を2ℓ/日、365日連続摂取
 - ・ 飲料水中の化学物質濃度は河川中濃度に等しい
- ② 魚介類摂取
 - ・ 曝露集団は排出河川中の魚介類を100g/日、365日連続摂取（10⁻⁴m³/日とする）
 - ・ 魚介類中の化学物質濃度は河川水中濃度と平衡状態

2) 年間曝露寄与量の推定

(1) 飲料水経由の曝露寄与量

拡散条件より、年間排出量Wkg/年に対応する環境水中濃度C_w kg/m³は、年間の河川流量をRm³/年として次のように表される。

$$C_w = W/R \dots\dots\dots ①$$

年平均流量 $6.0\text{m}^3/\text{sec}$ より年間河川流量 R を求めると

$$R = 6.0\text{m}^3/\text{秒} \times 60\text{秒} \times 60\text{分} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} = 1.892 \times 10^8 \quad (\text{m}^3/\text{年})$$

これを①式に代入すると

$$\begin{aligned} C_w &= W / 1.892 \times 10^8 \\ &= 5.28W \times 10^{-9} \dots\dots\dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

飲料水中濃度を $C_d \text{ kg}/\text{m}^3$ とすると、拡散条件より $C_d = C_w$ である。

したがって、飲料水経由の年間曝露寄与量 $E_d \text{ kg}/\text{年}$ は曝露条件（1日当り $2\ell = 0.002\text{m}^3$ 摂取）より

$$\begin{aligned} E_d &= C_d \times 0.002 \times 365 \\ &= C_w \times 0.002 \times 365 \dots\dots\dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

(2) 魚介類経由の曝露寄与量

魚介類経由の曝露寄与量を求めるためには、化学物質の水中濃度と魚体中濃度の比率を推定する必要がある。

一般にこの比率は BCF （生物濃縮係数）と呼ばれ、魚類による濃縮性試験から推定される。

濃縮性試験によって求められる BCF の値は対象魚種、試験方法等によって異なるが、参考資料2に化審法に基づいて行われるコイによる濃縮性試験の値等を記載する。

拡散条件より、魚介類中の化学物質濃度は河川中濃度と平衡状態にあることから、生物濃縮係数 BCF 、及び環境水中濃度 $C_w \text{ kg}/\text{m}^3$ を用いて、魚体中濃度 $C_f \text{ kg}/\text{m}^3$ を表すと

$$BCF = C_f / C_w \text{ より } C_f = C_w \times BCF \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

曝露条件（魚介類1日 $100\text{g} = 10^{-4}\text{m}^3$ 摂取）より、魚介類経由の年間曝露寄与量 $E_f \text{ kg}/\text{年}$ は、次のように求められる。

$$E_f = C_f \times 10^{-4} \times 365$$

④を代入すると

$$E_f = C_w \times BCF \times 10^{-4} \times 365 \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

(3) 曝露寄与量合計

水系経由の年間曝露寄与量 E_w kg/年は、飲料水経由の年間曝露寄与量 E_d と魚介類経由の年間曝露寄与量 E_f の和で表される。

$$E_w = E_d + E_f$$

③、⑤を代入すると

$$\begin{aligned} E_w &= C_w \times 0.002 \times 365 + C_w \times BCF \times 10^{-4} \times 365 \\ &= C_w \times (0.002 + BCF \times 10^{-4}) \times 365 \end{aligned}$$

②を代入すると

$$\begin{aligned} E_w &= 5.28W \times 10^{-9} \times (0.002 + BCF \times 10^{-4}) \times 365 \\ &= W \times 1.927 \times 10^{-9} \times (2 + BCF \times 0.1) \\ &\doteq W \times 2.0 \times 10^{-9} \times (2 + BCF \times 0.1) \dots\dots\dots \textcircled{6} \end{aligned}$$

(4) 分解性による補正

環境水中の化学物質については、時間の経過に伴い、加水分解や生物分解が生じる。

環境水中における化学物質の分解は、物質の種類、時間、温度、微生物量、溶存酸素量等の多くの条件に支配されるため、これを精密に推定することは困難である。

しかし、水系経由の場合、排出から曝露まで比較的大きな時間を要し、曝露寄与量の推定において、分解性の違いを考慮することが必要と考えられる。

ここでは、分解性による重み付けを行うことを目的として、良分解性物質の場合には補正係数0.1を乗じることとした。

良分解性の判断は化審法に基づく生分解性試験の結果によるものとした。

重点管理物質に係る補正係数を参考資料2に記載する。

⑥式に分解性による補正係数を乗じ、曝露寄与量 E_w の単位をmg/年に変換すると、(2)式が導かれる。

$$\begin{aligned} E_w \text{ mg/年} &= W \times 2.0 \times 10^{-9} \times (2 + BCF \times 0.1) \\ &\quad \times (\text{分解性による補正係数}) \times 10^6 \\ &= W \times 2.0 \times 10^{-3} \times (2 + BCF \times 0.1) \\ &\quad \times (\text{分解性による補正係数}) \end{aligned}$$

3) 曝露寄与量の集計

物質毎・排出箇所毎の排出について、それぞれ(2)式及び参考資料2に記載された分解性補正係数とBCFの値等を用いて年間曝露寄与量を推定し、集計する。

(「II-5 物質毎・排出箇所毎の影響評価」表3参照)