

## 付属書 1

消費者製品のリスク評価に用いる推定ヒト暴露量の求め方



## 目次

I	当該文書の目的	1
II	基本暴露シナリオとアルゴリズム	3
II-1	吸入経路	3
II-2	経皮経路	10
II-3	経口経路	13
参考	暴露係数	17
III	製品用途カテゴリ毎の具体的な暴露シナリオと暴露評価事例	19
III-1	家庭で使用する接着剤	20
III-1-1	本カテゴリの範囲	20
III-1-2	本カテゴリの特徴	20
III-1-3	暴露シナリオとアルゴリズム	20
III-1-4	評価事例	21
III-2	家庭で使用する塗料及びワックス	24
III-2-1	本カテゴリの範囲	24
III-2-2	本カテゴリの特徴	24
III-2-3	暴露シナリオとアルゴリズム	24
III-2-4	評価事例	25
III-3	家庭用洗剤	30
III-3-1	本カテゴリの範囲	30
III-3-2	本カテゴリの特徴	30
III-3-3	暴露シナリオとアルゴリズム	30
III-3-4	評価事例	32
III-4	消臭剤/芳香剤及び不快害虫忌避剤	37
III-4-1	本カテゴリの範囲	37
III-4-2	本カテゴリの特徴	37
III-4-3	暴露シナリオとアルゴリズム	37
III-4-4	評価事例	39
III-5	自動車用化学製品	46
III-5-1	本カテゴリの範囲	46
III-5-2	本カテゴリの特徴	46
III-5-3	暴露シナリオとアルゴリズム	46
III-5-4	評価事例	48



## I 当該文書の目的

本付属書は、消費者製品のリスク評価を行うため、図 I 1に示す暴露経路(吸入、経皮及び経口)ごとの暴露シナリオによるヒトへの暴露量を推計するために必要なアルゴリズム(計算式)について記載したものである。

暴露量とは、空气中などの媒体中の化学物質を“摂取し(Intake)”、この摂取した量のどのくらいの割合(体内吸収率)が体内に“取込まれた(Uptake)”かである。暴露評価では、“摂取(Intake)”および“取込み(Uptake)”のどちらの量について評価を行っているかを明確にしておくことが重要である。“摂取(Intake)”に関しては、通常、媒体中濃度の測定値や推計値と摂取の回数や時間から摂取した量が算出される。“取込み(Uptake)”に関しては、暴露経路や物質によっては、実験等により判明している場合もあるが、ほとんどの場合不明である。本付属書において、推定ヒト暴露量(EHE : Estimated Human Exposure)は、暴露経路ごとに設定したシナリオに対応するアルゴリズムより“摂取(Intake)”量を算出し、この値に体内吸収率  $a$  を掛けることで推計する。ただし、体内吸収率  $a$  は、当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく  $a=1(100\%)$  とする。

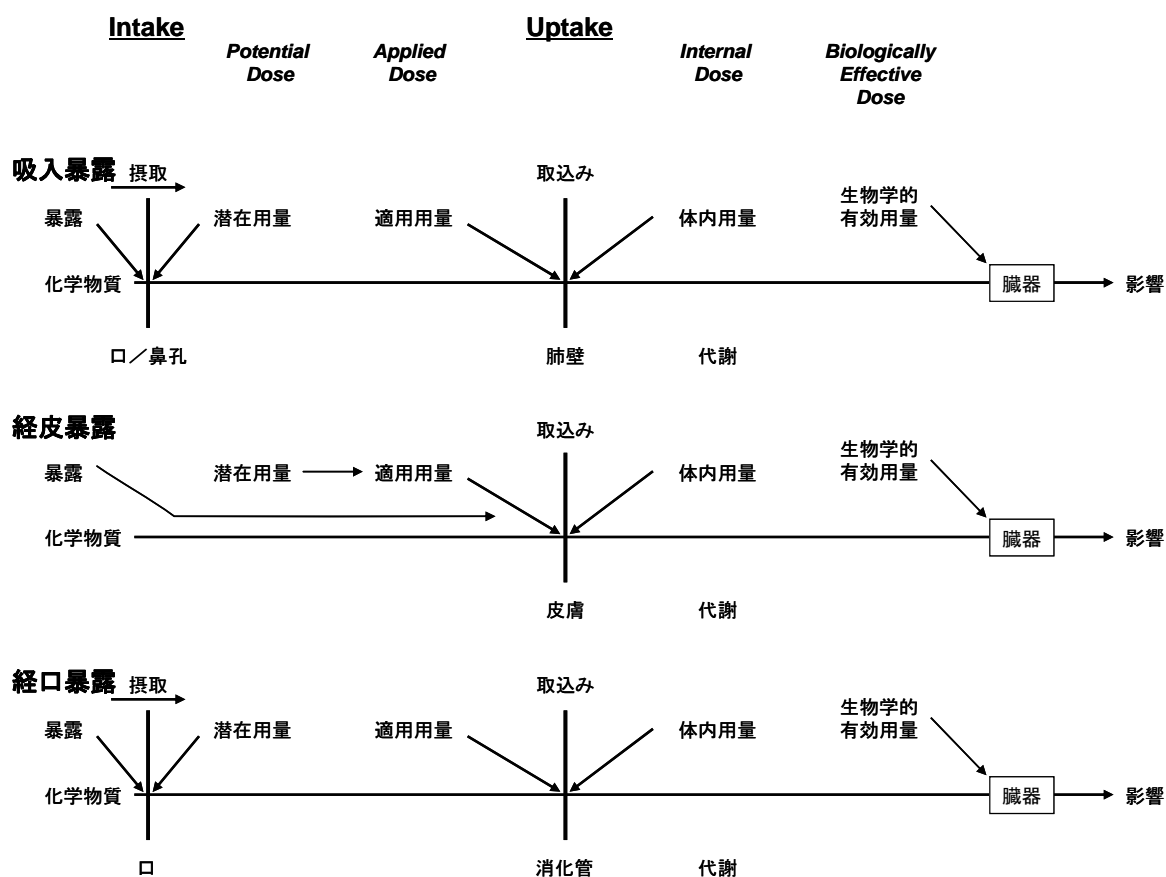


図 I 暴露経路

<sup>1</sup> U.S. EPA Guidelines for Exposure Assessment, Federal Register, (U.S. EPA 1992)の日本語訳より。日本語訳および詳細は、「はじめの一步！化学物質のリスクアセスメント 図と事例で理解を広げよう」花井荘輔 著 (丸善株式会社)を参照。

本付属書では、EHE 算出に必要と考えられるアルゴリズムを示すが、多種存在する消費者製品の全てには対応出来ないため、製品特性、製品に含有している評価対象物質の特性、製品の使用形態等を十分に検討したうえで、EHE 算出のための独自のアルゴリズムの構築や、実験等による実測、科学的に信頼出来る文献等の検索を実施する必要がある。また、本付属書において紹介するアルゴリズム以外にも同様のアルゴリズムや改良・改善されたアルゴリズムが得られる場合や、実験等でアルゴリズムに必要な係数の一部や全部が求められている場合がある。評価者は、それら科学的に信頼性のあるアルゴリズムや実測値を入手した場合には、それらを使用して評価を実施してもよい。

## II 基本暴露シナリオとアルゴリズム

ここでは、消費者製品からの暴露シナリオの基本となるものについて、吸入、経皮、経口のそれぞれの経路ごとに暴露シナリオを設定した。なお、本付属書では、一般環境経由や他の消費者製品からの暴露を考慮したシナリオは設定していない。また、他の製品や一般環境からの寄与は考慮しないので、初期濃度は設定せず初期濃度=0とする。

### II-1 吸入経路

吸入経路からの推定ヒト暴露量を算出する基本のアルゴリズム<sup>2</sup>は以下の通りである。すなわち、空気を吸入することにより、空気中の対象物質を吸入する量を推定する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times n \times a(inha)}{BW} \quad (\text{II-1-1})$$

EHE(inha) : 吸入暴露量(mg/kg/day)

Ca<sub>t</sub> : 暴露期間中の平均空気中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

Q : 呼吸量(m<sup>3</sup>/h)

t : 1回あたりの暴露時間(h/回)

n : 1日あたりの使用回数(回/day)

a(inha) : 体内吸収率(吸入)(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく a(inha)=1(100%)とする。

BW : 体重(kg)

吸入暴露においては、呼吸量は一定とし、対象物質の空気中濃度をどのように推定するかが重要になる。使用する消費者製品からの化学物質の放散の特徴によって、暴露期間中の平均空気中濃度 Ca<sub>t</sub> を、以下の4つのモードから選定し計算する。

- 1) 単純推算モード
- 2) 瞬間蒸発モード
  - a. 単調減少
  - b. 使用時間考慮
- 3) 定常放散モード
- 4) 飽和蒸気圧モード

#### 1) 単純推算モード

##### 【特徴】

使用した消費者製品量と当該化学物質の含有率、およびその製品を使用した空間(室内、仮想空間等)の体積から推定する最も単純な推算方法である。製品の使用に際して、瞬時に当該化学物質

<sup>2</sup> European Union Technical Guidance Document (EU TGD) 2ed Edition Part1 (European Commission 2003) の APPENDIX II 3.1.1 Inhalation exposure に記載されている (2)式と同様である。

が使用空間に均一に拡散したと仮定し、換気や呼吸による濃度変化は考慮せずに、濃度は常に一定とする。図Ⅱ-1に濃度と時間の関係を示す。



図Ⅱ-1 単純推算モードにおける濃度と時間の関係

暴露期間中の平均空気中濃度  $C_{at}$  は、使用した製品重量  $A_p$ 、対象化学物質含有率  $W_r$ 、空間体積  $V$  より算出する。空間体積としては、製品を使用した部屋の容積だけではなく、製品の特性によっては身体周りの空間を仮想した容積を用いる場合がある。

【アルゴリズム】

$$C_{at} = \frac{A_p \times W_r}{V} \quad (\text{Ⅱ-1-2})$$

$C_{at}$  : 暴露期間中の平均空気中濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$A_p$  : 使用製品重量( $\text{mg}$ )

$W_r$  : 対象化学物質含有率(無次元)

$V$  : 空間体積( $\text{m}^3$ )

この(Ⅱ-1-2)式を(Ⅱ-1-1)式に代入し、吸入暴露量を算出する。

使用時間が短く、換気回数<sup>3</sup>(換気率)が小さい場合は、この単純推算モードで計算することは有効である。

## 2) 瞬間蒸発モード

実際の室内空間においては、空気の入れ替わり(換気)があり、単純推算モードではこの換気を考慮していないため、過大評価となる場合がある。そのため、過大評価と考えられる場合は、使用した当該化学物質が換気に従って時間とともに減少するなど、濃度変化を考慮する必要がある。

<sup>3</sup> 換気回数(換気率)とは、空間体積(室内容積など)中の空気が時間あたり何回入れ替わったのかである。換気回数 0.5 回/h とは、1 時間あたりに体積中の空気の半分に相当する量が外気と入れ替わり、換気回数 1.0 回/h とは、1 時間あたりに体積中の空気の全量に相当する量が外気と入れ替わったことを意味する。



瞬間蒸発モードでは、濃度変化を考慮したアルゴリズム<sup>4</sup>をもとにしている。

#### a. 瞬間蒸発モード：単調減少

##### 【特徴】

製品を使用した瞬間に空間内に化学物質が全て拡散したと仮定し、単純推算モードと同様に、使用した化学物質重量( $A_p \times W_r$ )と空間体積  $V$  より算出する。ただし、上限は飽和蒸気圧となる。また、製品からの放散は、瞬間的に終了していると仮定しており、継続した放散がない。よって、空間に存在する当該化学物質重量が、時間  $t$  において、換気により減少した濃度を表す。製品の使用時間が全暴露時間に対し極端に短く、使用後に放散がない製品の場合に適用する。

濃度と時間のイメージを図 II-2 に示す。

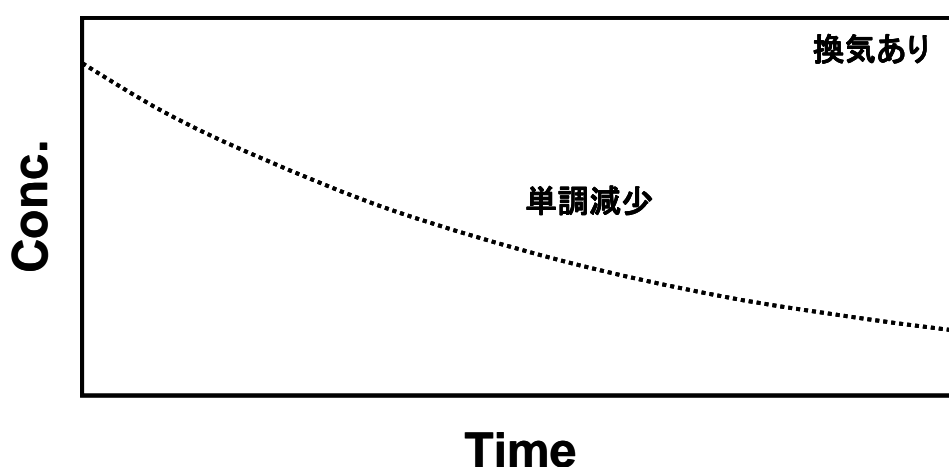


図 II-2 瞬間蒸発モード(単調減少)における濃度と時間の関係

##### 【アルゴリズム】

図 II-2 の時間  $t$  における濃度は、次のアルゴリズムで表すことができる。

$$Ca = \frac{A_p \times W_r}{V} \times \exp(-N \times t) \quad (\text{II-1-3})$$

$Ca$  : 空气中濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$A_p$  : 使用製品重量( $\text{mg}$ )

$W_r$  : 対象化学物質含有率(無次元)

$V$  : 空間体積( $\text{m}^3$ )

<sup>4</sup> U.S.EPA の TSCA で使用されているリスク評価ツールである E-FAST version 2.0 で利用されているアルゴリズムをもとにしている。アルゴリズムに関する詳細は、U.S.EPA の Exposure and Fate Assessment Screening Tool (E-FAST) version 2.0 Documentation Manual (U.S.EPA 2007) を参照のこと。また、EU TGD 1st Edition Part1 (European Commission 1996) の APPENDIX IV Attachment A にも詳細な説明が記載されている。以下に、もともとなったアルゴリズムを示す。

$$Ca = Ca_0 \times \exp(-N \times t) + \frac{G}{N \times V} \times [1 - \exp(-N \times t)]$$

$Ca$  : 空气中濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )、 $Ca_0$  : 初期空气中濃度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )、 $N$  : 換気回数(回/h)、 $V$  : 室内容積( $\text{m}^3$ )、 $G$  : 放散速度( $\text{mg}/\text{h}$ )、 $t$  : 時間(h)

N : 換気回数(回/h)

t : 時間(h)

この(Ⅱ-1-3)式は、時間 t における濃度を算出しており、暴露期間中の平均空気中濃度  $C_{at}$  は、次のアルゴリズムより算出できる。

$$C_{at} = \frac{\left( \frac{Ap \times Wr}{V} \right) \times [1 - \exp(-N \times t)]}{N} \quad (\text{Ⅱ-1-4})$$

$C_{at}$  : 暴露期間中の平均空気中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$Ap$  : 使用製品重量(mg)

$Wr$  : 対象化学物質含有率(無次元)

$V$  : 空間体積(m<sup>3</sup>)

$N$  : 換気回数(回/h)

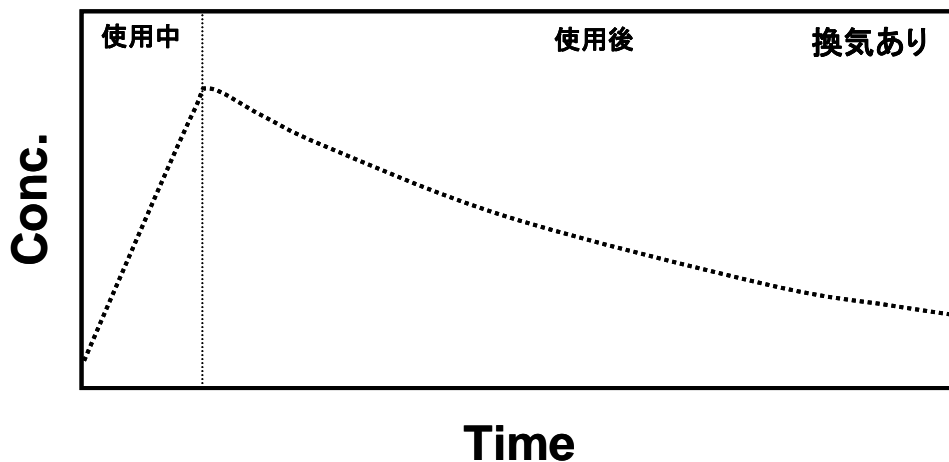
t : 暴露時間(h)

この(Ⅱ-1-4)式を(Ⅱ-1-1)式に代入し、暴露時間 t における吸入暴露量を算出する。

#### b. 瞬間蒸発モード：使用時間考慮

##### 【特徴】

塗料や接着剤の塗布時のように、ある程度の時間にわたって製品を連続使用することで製品の使用期間中に空気中濃度が上昇し、製品の使用が終了したと同時に放散が終了し、換気により濃度が減少する場合は、図Ⅱ-3に示すような濃度と時間のイメージとなる。



図Ⅱ-3 瞬間蒸発モード(使用時間考慮)における濃度と時間の関係

この場合、使用中の暴露量と使用後の暴露量を合計して全吸入暴露量を算出する。そこで、使

用中の暴露量と使用後の吸入暴露量をそれぞれ個別に推算する。

【アルゴリズム】

i)使用中の暴露量の算出

製品の使用中の濃度は、製品の使用による濃度の上昇と換気による濃度の減少を考慮する必要があり、次のアルゴリズムで表すことができる。

$$Ca_i = \frac{G}{N \times V} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \quad (\text{II-1-5})$$

G : 使用時間中放散速度(mg/h)

Ca<sub>i</sub> : 使用時間 t<sub>i</sub>における空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

N : 換気回数(回/h)

V : 空間体積(m<sup>3</sup>)

t<sub>i</sub> : 使用中の時間(h)

この(II-1-5)式は、時間 t<sub>i</sub>における濃度を算出しており、暴露期間中の平均空气中濃度 Ca<sub>ti</sub>は、次のアルゴリズムより算出できる。

$$Ca_{ti} = \frac{\frac{G}{N \times V} \times \left\{ t_i - \frac{1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \right\}}{t_i} \quad (\text{II-1-6})$$

Ca<sub>ti</sub> : 製品使用期間中の平均空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

N : 換気回数(回/h)

V : 空間体積(m<sup>3</sup>)

G : 放散速度(mg/h)

t<sub>i</sub> : 暴露時間(使用中) (h)

この(II-1-6)式を(II-1-1)式に代入し、使用時間 t<sub>i</sub>における暴露量を算出する。

なお、使用時間中の放散速度 G は、以下の式で算出してもよい。

$$G = \frac{Ap \times Wr}{t_i} \quad (\text{式II-1-7})$$

G : 使用時間中放散速度(mg/h)

Ap : 使用製品重量(mg)

Wr : 対象化学物質含有率(無次元)

$t_i$  : 使用時間(h)

ii)使用後の暴露量の算出

製品の使用により濃度が最大濃度まで上昇し、製品の使用がなくなった段階から単調減少に転じる事となる。次のアルゴリズムで表すことができる。

$$Ca_{ii} = Ca_1 \times \exp(-N \times t_{ii}) \quad (\text{II-1-8})$$

$Ca_{ii}$  : 滞在時間  $t_{ii}$  における空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$Ca_1$  : 製品の使用終了時の空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$t_{ii}$  : 滞在中の時間(h)

ここで、製品の使用終了時の空气中濃度  $Ca_1$  は、作業終了までの使用時間を(II-1-5)式の  $t_i$  に代入することより算出する。

(II-1-8)式は、時間  $t_{ii}$  における濃度を算出しており、滞在期間中の平均空气中濃度  $Ca_{t_{ii}}$  は、次のアルゴリズムより算出できる。

$$Ca_{t_{ii}} = \frac{\frac{Ca_1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{t_{ii}} \quad (\text{II-1-9})$$

$Ca_{t_{ii}}$  : 滞在期間中の平均空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$Ca_1$  : 製品の使用終了時の空气中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

N : 換気回数(回/h)

$t_{ii}$  : 暴露時間(滞在中) (h)

この(II-1-9)式を(II-1-1)式に代入し、暴露時間  $t_{ii}$  における吸入暴露量を算出する。

製品の使用期間および使用後の滞在期間中の全吸入暴露量は、それぞれの吸入暴露量を足し合わせて算出する。

スプレー製品においても、瞬間蒸発モードと同様に考えることができる。ただし、スプレー製品の場合においては、使用場面が局所的である場合が多く以下の2つのタイプに分類出来る。

- ① ヒトの周辺に散布するタイプ: ヒトの周辺に散布するような製品の場合、使用者周辺の「小さな仮想空間」で考える。
- ② 部屋全体に散布するタイプ: 空間全体に散布するような製品の場合、仮想空間ではなく空間全体で考える。

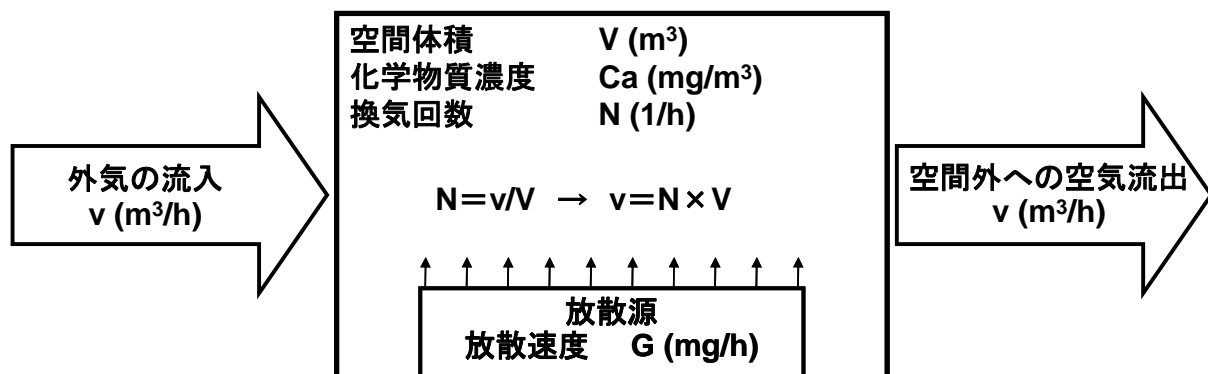
スプレーは強制的に散布するものであり、飽和蒸気圧での上限を設ける必要はないが、スプレーの場合には、吸入暴露においてミスト(エアロゾル)の吸入を考慮する必要がある。ミストの大きさ(粒径)には分布があるため、粗大なミストは吸入されないが、どの程度の割合で吸入されるかは、予測が非常に困難である。そのため、科学的に信頼性のある値が得られた場合を除き、全てが吸入されるミストサイズになっていると仮定する。

### 3) 定常放散モード

#### 【特徴】

製品の使用時間が長く、一定の放散速度を持つ製品の場合、製品からの放散速度を用いて暴露量を推算する。空气中濃度  $C_a$  は、時間とともに変化せず、図Ⅱ-1 に示すようなイメージである。ここでは、空气中濃度  $C_a$  は、化学物質の放散による濃度増加と、空間へ外気の流入および空間外への空気の流出による濃度減少が平衡状態となり、空气中濃度  $C_a$  が一定となっている。空气中濃度  $C_a$  に濃度変化がないため、暴露期間中の平均空气中濃度  $C_{at}$  は、 $C_a$  と同じである。そのため、吸入暴露量は、暴露期間中の平均空气中濃度  $C_{at}$ 、呼吸量  $Q$  及び暴露時間  $t$  の積から求める。ただし、製品の使用時間が短く、一定濃度に達するまでに使用が終了すると考えられる場合は、定常放散モードを使用すると過大評価となる可能性がある。また、放散速度の実測値が入手可能な場合は、該当製品が使用される条件を考えられる誤使用も含め十分考慮した試験環境下で測定された値を使用すべきである。

アルゴリズムは、以下の図Ⅱ-4 のように定常放散のマスバランスを考慮することにより求められる。



#### 化学物質のマスバランス

空間内への放散速度： $G$

空間外へ流出速度： $v \times C_a$

空間内への放散と空間外への流出が平衡な状態： $G = v \times C_a$

以上より、 $C_a = G/v = G/(N \times V)$

図Ⅱ-4 定常放散モードにおける空气中濃度のアルゴリズム

#### 【アルゴリズム】

$$Ca_t = \frac{G}{N \times V} \quad (\text{II-1-10})$$

$Ca_t$  : 暴露期間中の平均空気中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$N$  : 換気回数(回/h)

$V$  : 空間体積(m<sup>3</sup>)

$G$  : 放散速度(mg/h)

この(II-1-10)式を(II-1-1)式に代入し、吸入暴露量を算出する。

#### 4) 飽和蒸気圧モード

##### 【特徴】

放散速度が速く、すぐに飽和蒸気圧に達するような製品の場合、対象物質の空気中濃度  $Ca$  は、常に対象物質の飽和蒸気圧のレベルにあるものとして算出する。そのため、換気回数とは無関係に常に飽和蒸気圧に達している。空気中濃度は時間とともに変化せず、図 II-1 の単純推算モードのようなイメージである。空気中濃度  $Ca$  に濃度変化がないため、暴露期間中の平均空気中濃度  $Ca_t$  は、 $Ca$  と同じである。そのため、吸入暴露量は、暴露期間中の平均空気中濃度  $Ca_t$ 、呼吸量  $Q$  及び暴露時間  $t$  の積から求める。ここでは、飽和蒸気圧が Pa 単位で得られている場合のアルゴリズムを示す。

##### 【アルゴリズム】

$$Ca_t = 0.4037 \times M \times P \quad (\text{II-1-11})$$

$Ca_t$  : 暴露期間中の平均空気中濃度(mg/m<sup>3</sup>)

0.4037 : 単位変換定数(mg · mol/ g /Pa/m<sup>3</sup>)

$M$  : 分子量(g/mol)

$P$  : 蒸気圧(Pa)<sup>5</sup>

この(II-1-11)式を(II-1-1)式に代入し、吸入暴露量を算出する。

## II-2 経皮経路

経皮暴露は、環境経路暴露の場合とは異なり、消費者製品からの直接暴露を考慮の上では非常に重要な暴露経路である。吸入・経口暴露では、外部境界(Intake : 鼻、口)と内部境界(体内吸収境界)(Uptake : 肺、消化管)の区別が明確である(図 I)。しかし、経皮暴露では皮膚が外部境界でもあり、内部境界でもある。そのため、暴露量を推定することが吸入暴露や経口暴露に比べて難しい部分がある。

<sup>5</sup> (参考)圧力単位 : 1 atm = 101325 Pa、 1 bar = 100000 Pa、 1 psi = 6894.757 Pa、 1 Torr (mmHg) = 133.322 Pa、 1 at = 98066.5 Pa

本付属書では、以下の2つの基本経皮暴露<sup>6</sup>を考慮する。

- 1) 対象物質を含む溶液(または固体)に接触することによる経皮暴露
  - a. 接触する体積(量)を仮定する仮想体積モード
  - b. 接触した物質を吸収する速度を利用する経皮吸収速度モード
- 2) 使用した一部(あるいは全部)が皮膚に付着することによる経皮暴露

## 1) 対象物質を含む溶液(または固体)に接触することによる経皮暴露

### a. 接触する体積を仮定する仮想体積モード

#### 【特徴】

経皮暴露量を推定するために、どの程度の量が皮膚表面に付着(接触)しているかを知る必要があり、単純に製品使用量の全量が暴露に関与していると考えてもよいが、過大評価となりえる。そこで、皮膚表面から一定の距離内にある接触層中の製品(濃度)が暴露に関与すると考える。この接触層の体積を算出するため、皮膚表面に付着している部分に仮定の厚さ(以下、皮膚接触層厚  $L_s$ )を設定し、この皮膚接触層厚  $L_s$  に皮膚表面の付着部分の面積を掛け合わせ、暴露に関与している製品の体積を算出する。

評価対象製品が液体の場合、この仮想体積中に含まれる全量が、科学的に信頼性のあるデータが得られた場合を除き、暴露に関与したと考える。すなわち、仮想体積中に含まれる対象化学物質の全量を暴露したと仮定する。

一方、評価対象製品が固体の場合には、この仮想体積中に含まれる対象化学物質の全量を暴露したとすると過大評価となる場合があるため、製品から皮膚へ移行する割合を考慮する必要がある。ただし、この移行割合に関する情報が得られない場合は、仮想体積中に含まれる化学物質の全量を暴露したと仮定する。また、皮膚接触層厚の仮定ができない場合は、「2)使用した一部が皮膚に付着(一定比率付着)することによる経皮暴露」の項を参照し、固体の一部が付着したと仮定するか、「仮想体積モード」と「一定比率付着」の両方の式を組み合わせることができる。

#### 【アルゴリズム】

$$EHE(derm) = \frac{Cl \text{ (or } Cs) \times L_s \times Sp \times n \times a(derm)}{BW} \quad (\text{II-2-1})$$

EHE(derm) : 経皮暴露量(mg/kg/day)

Cl : 溶液中物質濃度(mg/cm<sup>3</sup>)、または、Cs : 固体中物質濃度(mg/cm<sup>3</sup>)

Ls : 皮膚接触層厚(cm)<sup>7</sup>

<sup>6</sup> ここで示す経皮暴露に関するアルゴリズムは、ConsExpo4.0 Consumer Exposure and Uptake Models Program Manual (RIVM 2005)に記載されているアルゴリズムを本付属書の考え方にあわせ、整理しなおしたものである。アルゴリズム自体は、ConsExpo4.0に使用されているものと基本的に同一である。

<sup>7</sup> 皮膚接触層厚  $L_s$  について、European Union Risk Assessment Report TRICHLOROETHYLENE (EU 2004)では、 $2.14 \times 10^{-3}$ cm、European Union Risk Assessment Report PHENOL (EU 2006)では、0.01cmとの値が示されている。これらを参考に適切な皮膚接触層厚を決定する。

Sp : 暴露身体面積(cm<sup>2</sup>)

n : 一日あたりの使用回数(/day)

\*評価対象製品が固体であり、移行割合に関する情報がある場合は、移行割合を掛ける。

a(derm) : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく a(derm)=1(100%)とする。

BW : 体重(kg)

## b. 接触した物質を吸収する速度を利用する経皮吸収速度モード

### 【特徴】

物質によって、皮膚表面上から体内への吸収速度である経皮吸収速度  $Ml$ (mg/cm<sup>2</sup>/h)が測定されている場合や推定が可能な場合がある。その場合には、経皮吸収速度と物質が付着した面積である暴露身体面積  $Sp$ (cm<sup>2</sup>)、暴露時間  $t$ (h/回)、使用頻度(回/day)から暴露量を算出する。なお、経皮吸収速度を使用する場合は、皮膚表面から体内への吸収速度であることから、皮膚から体内への吸収率である体内吸収率  $a(derm)$ を考慮したことになり、経皮暴露量の計算から除くことができる。ただし、有害性評価においても同様に経皮吸収速度の検討がされている必要がある。

### 【アルゴリズム】

$$EHE(derm) = \frac{Sp \times Ml \times t \times n}{BW} \quad (\text{II-2-2})$$

EHE(derm) : 経皮暴露量(mg/kg/day)

Sp : 暴露身体面積(cm<sup>2</sup>)

Ml : 経皮吸収速度(mg/cm<sup>2</sup>/h)

\*経皮吸収速度の単位として cm/h (= cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>/h)で表現されている場合があるが、対象物質濃度(mg/cm<sup>3</sup>)を考慮すれば、mg/cm<sup>2</sup>/h と同様である。

t : 1回あたりの暴露時間(h/回)

n : 1日あたりの使用回数(回/day)

BW : 体重(kg)

他の物体に付着した後に皮膚へ付着することによる経皮暴露を考慮する場合も、対象物質を含む固体に接触することによる経皮暴露として考える。例えば、洗剤で衣類を洗濯したとき、少量であるが洗剤成分が衣類に付着する。また、衣類を柔軟仕上げ剤で処理したときは、柔軟仕上げ成分が衣類に付着する。このような衣類、特に下着を着用したときに皮膚に移行する可能性がある。基本的には、(II-2-1)式を元に算出可能であるが、衣類への付着量及び衣類から皮膚への移行割合をどう推定するかがポイントになる。

## 2) 使用した一部が皮膚に付着(一定比率付着)することによる経皮暴露

### 【特徴】



接着剤や塗料等の使用の際に、使用した一部が皮膚に付着してしまった場合等の経皮暴露を考慮する。皮膚に付着した割合を皮膚付着率  $Md$  として仮定し、使用した製品中の化学物質重量( $Ap \times Wr$ )に皮膚付着率  $Md$  を掛けて重量を算出したうえで経皮暴露量を算出する。

【アルゴリズム】

$$EHE(derm) = \frac{Ap \times Wr \times Md \times n \times a(derm)}{BW} \quad (\text{II-2-3})$$

$EHE(derm)$  : 経皮暴露量(mg/kg/day)

$Ap$  : 使用製品重量(mg)

$Wr$  : 化学物質含有率(無次元)

$Md$  : 皮膚付着率(無次元)

$n$  : 一日あたりの使用回数(/day)

$a(derm)$  : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく  $a(derm)=1(100\%)$ とする。

$BW$  : 体重(kg)

### II-3 経口経路

環境経由における経口暴露評価では、消費者製品から環境中(一般大気、水域、土壌)に排出され、食物や飲料水経由の暴露評価を実施するが、GHS 消費者製品のリスク評価においては、検討の範囲外であると考えられるため本付属書には含めない。また、広い意味の消費者製品からの経口暴露として、対象物に手を触れ、手を口に入れることによって経口暴露する場合、および、対象物が空気中の微粒子やハウスダストに物理吸着または化学吸着し、その微粒子やハウスダストを経口暴露する場合が考えられる。しかし、GHS 消費者製品のリスク評価においては、これらは重要度が低いと判断し、本付属書の範囲には含めない。

そこで本付属書では、以下の2つの基本経口暴露<sup>8</sup>のアルゴリズムを例示する。

- 1) 口に入れてしまう可能性がある製品の非意図的な経口暴露
- 2) 環境経由以外で食品に移行した物質の経口暴露

#### 1) 口に入れる可能性がある製品の非意図的摂取

【特徴】

本来製品を口に入れることを想定していないが、習慣等により便箋の封や切手等、接着剤やのりが付着している製品を口に入れる可能性が考えられる。このような、非意図的に摂取してしまう可能性がある場合に適用する。イベントあたり口の中に残留する割合である非意図的摂取率  $Mo$

<sup>8</sup> ここで示す経口暴露に関するアルゴリズムは、ConsExpo4.0 Consumer Exposure and Uptake Models Program Manual (RIVM、2005)に記載されているアルゴリズムを本付属書の考え方にあわせ、整理しなおしたものである。アルゴリズム自体は、ConsExpo4.0 に使用されているアルゴリズムと基本的に同一のものである。

を仮定して経口暴露量を算出する。

【アルゴリズム】

$$EHE(oral) = \frac{Ap \times Wr \times Mo \times n \times a(oral)}{BW} \quad (\text{II-3-1})$$

EHE(oral) : 経口暴露量(mg/kg/day)

Ap : 使用製品重量(mg)

Wr : 化学物質含有量(無次元)

Mo : 非意図的摂取率(無次元/回)

n : 使用頻度(回/day)

a(oral) : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく a(oral)=1(100%)とする。

BW : 体重(kg)

## 2) 食品に移行した物質の摂取

【特徴】

対象物質を含む製品が食物と接することにより付着し、その食物を摂取することにより経口暴露が生じる。例えば、台所用洗剤中の対象物質が食器に付着し、食物へ食器経由で付着する場合や、野菜や果物を洗剤で洗浄することで付着し、それらを摂取する場合に適用する。調理用具や容器に対象物質が付着した量と食品への移行する移行率を仮定して推定する。

【アルゴリズム】

<食物中の物質濃度からの推計>

野菜や果物等の食物を洗剤で洗浄した場合等に適用する。

$$EHE(oral) = \frac{Cf \times Wf \times a(oral)}{BW} \quad (\text{II-3-2})$$

EHE(oral) : 経口暴露量(mg/kg/day)

Cf : 食物中対象物質濃度(mg/g)

Wf : 食物摂取量(mg/day)

a(oral) : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく a(oral)=1(100%)とする。

BW : 体重(kg)

食物中対象物質濃度 Cf の推計は、種々の方法により個別に実施されるが、経皮暴露で紹介したアルゴリズム等を応用して推計することが可能な場合もある。

<移行率からの推計>

容器に付着している対象物質が食品へ移行する割合である容器から食品への移行率  $Mfd$  を掛けて食品への移行する量を算出し、暴露量を推計する場合は、以下の(II-3-3)式となる。

$$EHE(oral) = \frac{Cd \times Mfd \times a(oral)}{BW} \quad (\text{II-3-3})$$

$EHE(oral)$  : 経口暴露量(mg/kg/day)

$Cd$  : 1日あたりに使用する食品用容器付着物質重量(mg/day)

$Mfd$  : 容器から食物への移行率(無次元)

$a(oral)$  : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく  $a(oral)=1(100\%)$  とする。

$BW$  : 体重(kg)

容器付着物質重量の推計は、種々の方法により個別に実施されるため、ここでは記載しない。

<移行速度と接触時間から推計>

容器から食品への物質が移動する速度である移行速度  $Mfp$  と容器と食品の接触時間  $t_c$  から食品への付着量を算出し、暴露量を推計する場合は、以下の(II-3-4)式となる。

$$EHE(oral) = \frac{Sf \times Mfp \times t_c \times a(oral)}{BW} \quad (\text{II-3-4})$$

$Sf$  : 1日あたりに使用する食品用容器表面積(付着部分のみ) ( $\text{cm}^2/\text{day}$ )

$Mfp$  : 容器から食物への移行速度( $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{h}$ )

$t_c$  : 接触時間(h)

$a(oral)$  : 体内吸収率(無次元)

\*当該化学物質に対してヒトおよび有害性評価に用いられた動物の体内吸収率が判明している場合を除き、暴露経路に関係なく  $a(oral)=1(100\%)$  とする。

$BW$  : 体重(kg)

表Ⅱ-1 経路毎の暴露シナリオの概要

暴露経路	暴露シナリオ	計算条件	シナリオの概要	式番号	
吸入	吸入による暴露	基本暴露量推算式	暴露期間中の平均空気中濃度、呼吸量、暴露時間、使用回数、体重、吸収速度より算出する。暴露期間中の平均空気中濃度は、製品の特性や化学物質の性状等を考慮し、適切なモードを選択して算出する。	Ⅱ-1-1	
		平均空気中濃度の算出	単純推算モード	使用した製品中の評価対象化学物質が評価対象空間全体に拡散していると仮定し、平均空気中濃度を算出する。	Ⅱ-1-2
			瞬間蒸発モード 単調減少	使用した製品中の評価対象化学物質が評価対象空間全体に拡散していると仮定し、換気により濃度が減少している場合の暴露期間中の平均空気中濃度を算出する。	Ⅱ-1-4
			瞬間蒸発モード 使用時間考慮	i)使用中の平均空気中濃度 製品の使用中の濃度は、製品の使用による濃度の上昇と使用空間の換気による濃度の減少の両方を考慮して製品使用中の平均空気中濃度を算出する。	Ⅱ-1-6
				ii)使用後の平均空気中濃度 製品の使用が終了した時の空気中濃度が、単調減少と同様に換気により濃度が減少しているときの滞在期間中の平均空気中濃度を算出する。	Ⅱ-1-9
			定常放散モード	化学物質の放散と室内への外気の流入および室外への空気の流出が平衡状態にあるときの平均空気中濃度を算出する。濃度は平衡状態であるため、一定である。	Ⅱ-1-10
			飽和蒸気圧モード	化学物質が常に飽和蒸気圧のレベルに達しているとして算出する。蒸気圧と分子量から算出する。	Ⅱ-1-11
経皮	対象物質と接触	仮想体積モード	皮膚表面上に仮想体積を想定し、その体積中の化学物質が暴露に関与しているとして暴露量を算出する。	Ⅱ-2-1	
		経皮吸収速度モード	化学物質が皮膚表面から体内へ吸収される速度が分かっている場合、経皮吸収速度を利用して暴露量を算出する。	Ⅱ-2-2	
	対象物質が接触	一定比率付着	皮膚に付着してしまう割合を仮定し、暴露量を算出する。	Ⅱ-2-3	
経口	非意図的摂取		製品を口に入れてしまう可能性がある場合に、口中に残留する割合を仮定して暴露量を算出する。	Ⅱ-3-1	
	食品への移行	食物中濃度から算出	製品を使用したことで、食物に化学物質が付着し、その付着した濃度が分かる場合に用いる。付着した濃度と付着した食物の摂取量から暴露量を算出する。	Ⅱ-3-2	
		移行率を考慮	製品を使用したことで、食物に化学物質が移行する場合、その移行率と食物の摂取量から暴露量を算出する。	Ⅱ-3-3	
		移行速度を考慮	製品を使用したことで、食物に化学物質が移行する場合、その移行速度と時間から暴露量を算出する。	Ⅱ-3-4	

## 参考 暴露係数

本付属書に示した各アルゴリズムを用いて暴露量を推算するには、種々のファクターが必要となる。このうち、体重、呼吸量、体表面積など、物質によらず共通して使用可能であるものは「暴露係数」として暴露評価に利用される。

この「暴露係数」は、評価の公平性を保ち、透明性を確保する上でも評価者間で共通の数値を用いることが望ましいが、現段階では消費者製品からの暴露量を推算するための確定的な暴露係数を示すには情報が不足している。

本付属書(付属書 1)のⅢ章に記載する暴露評価事例および付属書 2 のリスク評価事例において、下記に示す国内外の資料を参考に「暴露係数」を設定し、評価を行っている。その際に用いた暴露係数の一覧を表Ⅱ-2 に示す。ただし、この値は参考値であり、評価を行う際には各評価者の責任において適切な暴露係数を用いる必要がある。また、製品や化学物質ごとに決まる数値(含有量、使用量、使用頻度、接触時間、放散速度、体内吸収率等)については、必要に応じて過剰使用など予見される誤使用にも配慮したうえで、適切な数値を各評価者の責任において用いなければならない。

### <参考資料>

- ・ 産業技術総合研究所(AIST)化学物質リスク管理研究センター(CRM)：暴露係数ハンドブック(2007)<sup>9</sup>
- ・ United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA)：Exposure Factors Handbook (1997)<sup>10</sup>
- ・ 欧州の暴露係数：The European Exposure Factors (ExpoFacts) Sourcebook<sup>11</sup>
- ・ European Centre for Ecotoxicology & Toxicology of Chemicals (ECETOC)<sup>12</sup>：Targeted Risk Assessment (TRA) Technical Report No.93 (2004)
- ・ Human and Environmental Risk Assessment on ingredients of household cleaning products (HERA)：Guidance Document Methodology (2005)<sup>13</sup>

<sup>9</sup> <http://unit.aist.go.jp/crm/exposurefactors/>

<sup>10</sup> <http://www.epa.gov/ncea/efh/>

<sup>11</sup> <http://cem.jrc.it/expofacts/>

<sup>12</sup> <http://www.ecetoc.org/>

<sup>13</sup> <http://www.heraproject.com/files/HERA%20TGD%20February%202005.pdf>

表Ⅱ-2 本付属書で用いた暴露係数(参考値)

項目	種類	値	出典
人体	体重	50 kg	化学物質の初期リスク評価作成マニュアル Ver. 2.0 (NITE、CERI 2007) より
	呼吸量	0.833m <sup>3</sup> /h (20 m <sup>3</sup> /day)	化学物質の初期リスク評価作成マニュアル Ver. 2.0 (NITE、CERI 2007) より
室内	一畳の面積	1.62 m <sup>2</sup>	不動産の表示に関する公正競争規約施行規則 第5章第1節第11条16号 より
	居室の天井高 (建築基準法 最低値)	2.1 m	建築基準法 令第21条 より
	一般居室容積 (6畳)	20 m <sup>3</sup>	6畳×1.62m <sup>2</sup> /畳×2.1m=20m <sup>3</sup> より
	トイレ容積	2.0 m <sup>3</sup>	アパート・ワンルームマンション用トイレユニット 0811、0812、0815 タイプの容積の平均より 0811 タイプ : 0.8m×1.1m×2.0m=1.76m <sup>3</sup> 0812 タイプ : 0.8m×1.2m×2.0m=1.92m <sup>3</sup> 0815 タイプ : 0.8m×1.5m×2.0m=2.40m <sup>3</sup>
	製品(スプレー等)使用周囲容積	2 m <sup>3</sup>	日化協イニシャルリスクアセスメントの手引き(改訂版)(平成10年3月) より
	換気回数 (一般入居居室)	0.2 回/h	三原ら,日本環境管理学会誌, 2004, 52, 166-169 の調査結果より、測定法別の換気回数の各最小値を平均した値
	換気回数 (トイレ)	0.5 回/h	トイレは、局所換気システムまたは窓の設置等がされていることを考慮し、建築基準法で定められている換気回数
その他	作業中に接着剤や塗料が皮膚に付着する皮膚付着率	0.5%	European Union Risk Assessment Report TOLUENE (European Commission 2003) より

### Ⅲ 製品用途カテゴリー毎の具体的な暴露シナリオと暴露評価事例

ここでは、本付属書の範囲に関係する 5 つの製品用途カテゴリー(1.家庭で使用する接着剤、2.家庭で使用する塗料及びワックス、3.家庭用洗剤、4.消臭剤/芳香剤及び不快害虫忌避剤、5.自動車用化学製品)について、カテゴリー毎に以下の項目に整理し、暴露シナリオと暴露評価の事例を記載した。

- ①当該カテゴリーに含まれる製品の範囲
- ②当該カテゴリーの特徴
- ③暴露シナリオとアルゴリズム
- ④評価事例

評価事例は、代表的なものをカテゴリー毎に 1～数点記載した。

カテゴリーに含まれない消費者製品や当該カテゴリーの暴露評価の考え方に適さない消費者製品等については、本付属書の各カテゴリーの暴露評価方法や評価事例および科学的に信頼性のあるデータ等を参考に事業者が独自に暴露シナリオとアルゴリズムを設定し、暴露評価を行うことを妨げるものではない。

本章で示す評価事例は、暴露評価の考え方を理解するための「例」であって、暴露量の推定方法を含め、唯一絶対のものと理解してはならない。評価事例中の化学物質は「例」を示すための仮のものであり、また、リスク評価の対象となる慢性的健康有害性を有しているかどうかの判断を行って選んだものではない。同様に、評価に用いた係数や評価結果の適切さも、これを保証しているものではない。

実際の暴露評価に際しては、自ら評価しようとする製品の特性や評価しようとする化学物質の性状、予見される誤使用などを十分に考慮した上で、最も適切と考えられる暴露シナリオを設定し、暴露評価を行わなければならない。

### Ⅲ-1 家庭で使用する接着剤

#### Ⅲ-1-1 本カテゴリーの範囲

一般消費者が家庭や室内で使用する接着剤が本カテゴリーの範囲であり、床や家具等の製品自体にあらかじめ使用されている接着剤やリフォーム時等の一般居室において業者が使用する接着剤は含まない。

#### Ⅲ-1-2 本カテゴリーの特徴

接着剤には多種の化学物質がいろいろな機能に応じて用いられている。しかし、接着剤はその接着を行う時(接着作業時間：塗布およびオープンタイム)における暴露および形態自体が変化(硬化)するまでの暴露以外は、接着対象物質(被着材)の間に挟まれた状態にあり、通常接触する機会は少ないと考えられる。

従って、主要な接着剤用途での暴露は以下に限定される。

- ①使用時およびその後の滞在時の吸入暴露
- ②使用時に誤って、接着剤の飛沫の付着、手への付着による経皮暴露

#### Ⅲ-1-3 暴露シナリオとアルゴリズム

考慮すべき暴露シナリオを設定し、暴露量を推定するためのアルゴリズムを選択する。

家庭で使用する接着剤においては、製品使用による吸入暴露が最重要である。また、塗布による手への付着や、使用時の皮膚への誤っての飛沫の付着による経皮暴露が考慮される。

##### <暴露シナリオ 1> 接着剤の揮発成分による吸入暴露

接着剤の使用中は、製品の使用に伴う濃度上昇と換気による濃度減少がある。接着剤の使用後は、製品の使用の終了と同時に放散も終了する場合としばらくの間放散が継続する場合がある。なお、硬化した接着剤の剥離による摂取等の2次的な暴露は考慮しない。

##### アルゴリズム

製品の使用の終了と同時に放散も終了する場合、Ⅱ-1-6 式およびⅡ-1-9 式で暴露期間中の平均空気中濃度を算出する。これをⅡ-1-1 式に代入することで吸入暴露量を算出する。

製品の使用後しばらくの間放散が継続する場合、Ⅱ-1-10 式より定常放散中の室内濃度を算出し、これをⅡ-1-1 式に代入することで暴露量を算出する。

##### <暴露シナリオ 2> 製品使用による経皮暴露

接着剤の使用量や評価対象成分の経皮暴露に関する情報量(経皮吸収速度等)により、使用するアルゴリズムを選択する。

##### アルゴリズム

使用した接着剤の一定量が皮膚に付着したと仮定する場合は、Ⅱ-2-3 式より経皮暴露量を算出する。皮膚接触層を仮定する場合は、Ⅱ-2-1 式より暴露量を算出する。評価対象成分の経皮吸収速度が分かっている場合は、Ⅱ-2-2 式より暴露量を算出する。



### III-1-4 評価事例

例 一般用途接着剤(プラモデル用接着剤) 化学物質：アセトン

<p>&lt;アセトン&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 67-64-1</li> <li>・ 分子量 58.08 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 230mmHg (25℃)</li> </ul>																									
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一般用途接着剤(プラモデル用接着剤)中にアセトンが 35%含有されている。</li> <li>・ プラモデル作成に伴い、接着剤中のアセトンに暴露した場合の暴露評価を行う。</li> <li>・ 接着剤 5g を使用し、一般居室(20m<sup>3</sup>、換気回数 0.2 回/h)にて月 1 回プラモデルを作成すると仮定する。</li> <li>・ 製品の使用後における長期の放散はなく、製品の使用が終了すると同時にアセトンの放散も終了するとする。</li> <li>・ 作業時間(製品の使用时间)は 0.5 時間であり、その後 3 時間居室内に滞在すると仮定。</li> <li>・ 作業時間中に誤って接着剤が皮膚に付着する割合は、使用量の 0.5%とする。</li> </ul>																									
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：瞬間蒸発(使用时间考慮)</li> <li>・ 経皮暴露：一定比率付着</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul>																									
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table border="0"> <tr> <td>・ 使用量(Ap)</td> <td>5g</td> <td>・ 製品中アセトン濃度(Wr)</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50kg</td> </tr> <tr> <td>・ 部屋の大きさ(V)</td> <td>20m<sup>3</sup></td> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>0.2 回/h</td> </tr> <tr> <td>・ 使用时间(t<sub>i</sub>)</td> <td>0.5h</td> <td>・ 使用後の滞在時間(t<sub>ii</sub>)</td> <td>3.0h</td> </tr> <tr> <td>・ 皮膚付着率(Md)</td> <td>0.5%</td> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>・ 使用頻度(n)</td> <td>月 1 回</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		・ 使用量(Ap)	5g	・ 製品中アセトン濃度(Wr)	35%	・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg	・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h	・ 使用时间(t <sub>i</sub> )	0.5h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	3.0h	・ 皮膚付着率(Md)	0.5%	・ 体内吸収率(a)	100%	・ 使用頻度(n)	月 1 回		
・ 使用量(Ap)	5g	・ 製品中アセトン濃度(Wr)	35%																						
・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg																						
・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h																						
・ 使用时间(t <sub>i</sub> )	0.5h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	3.0h																						
・ 皮膚付着率(Md)	0.5%	・ 体内吸収率(a)	100%																						
・ 使用頻度(n)	月 1 回																								
<p>&lt;計算&gt;</p> <p>(1) 吸入暴露</p> <p>&lt;瞬間蒸発モード：使用时间考慮&gt;より吸入暴露量を算出する。</p> <p>[使用时间中の吸入暴露量]</p> <p>使用时间中の平均空気中濃度を II-1-6 式より算出する。</p> $Ca_{ii} = \frac{Ap \times Wr / t_i \times \left\{ t_i - \frac{1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \right\}}{N \times V \times t_i} \quad \text{より、}$ $Ca_{ii} = \frac{5g \times 0.35 / 0.5h \times \left\{ 0.5h - \frac{1}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 0.5h)] \right\}}{0.2/h \times 20m^3 \times 0.5h}$																									

= 42.33mg / m<sup>3</sup> となる。

これをⅡ-1-1式に代入し、使用時間中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_i \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{42.33mg / m^3 \times 0.833m^3 / h \times 0.5h \times 1 \times 12 / 365day}{50kg}$$

= 0.012mg / kg / day となる。

[使用時間後の吸入暴露量]

使用後の滞在中の平均空気中濃度をⅡ-1-9式より算出する。

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{Ca_1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{t_{ii}}$$

ここで、Ca<sub>1</sub>は、使用直後の空気中濃度であるので、使用直後の空気中濃度を、Ⅱ-1-5式より算出する。

$$Ca_1 = \frac{Ap \times Wr}{N \times V} \times \frac{1}{t_i} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \quad \text{より、}$$

$$Ca_1 = \frac{5g \times 0.35}{0.2 / h \times 20m^3} \times \frac{1}{0.5h} \times [1 - \exp(-0.2 / h \times 0.5h)]$$

= 83.267mg / m<sup>3</sup> となる。

よって、

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{Ca_1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{t_{ii}} \quad \text{より、}$$

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{83.267mg / m^3}{0.2 / h} \times [1 - \exp(-0.2 / h \times 3h)]}{3h}$$

= 62.62mg / m<sup>3</sup> となる。

これをⅡ-1-1式に代入し、使用後の滞在中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_i \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{62.62 \text{ mg} / \text{m}^3 \times 0.833 \text{ m}^3 / \text{h} \times 3.0 \text{ h} \times 1 \times 12 / 365 \text{ day}}{50 \text{ kg}}$$

$$= 0.103 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} \quad \text{となる。}$$

[全吸入暴露量]

使用期間中の暴露量と使用後の暴露量を合計し、全吸入暴露量を算出すると、

$$EHE(inha) = 0.012 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} + 0.103 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} = 0.115 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day}$$

となる。

(2) 経皮暴露

<一定比率付着>より暴露量を算出する。

使用量の一定量が付着したと仮定し、II-2-3式より経皮暴露量を算出する。

$$EHE(derm) = \frac{Ap \times Wr \times Md \times n \times a(derm)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(derm) = \frac{5 \text{ mg} \times 0.35 \times 0.005 \times 12 / 365 \text{ day} \times 1}{50 \text{ kg}} = 0.006 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day}$$

となる。

(3) 推定ヒト暴露量

吸入暴露量(EHE(inha))と経皮暴露量(EHE(derm))から推定ヒト暴露量(EHE)を算出する。

EHE(inha) : 0.115 mg/kg/day、EHE(derm) : 0.006 mg/kg/day より EHE は、

$$EHE = 0.115 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} + 0.006 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} = 0.121 \text{ mg} / \text{kg} / \text{day} \quad \text{となる。}$$

<結果>

吸入暴露量	0.115 mg/kg/day
経皮暴露量	0.006 mg/kg/day
推定ヒト暴露量	0.121 mg/kg/day

## Ⅲ-2 家庭で使用する塗料及びワックス

### Ⅲ-2-1 本カテゴリーの範囲

家庭で使用する床用ワックスと塗料については同様の暴露経路が考えられるので、この範疇に含める。従って、このカテゴリーでは、室内で使用する塗料やワックス、庭などの室外で使用する塗料を取り扱う。ただし、床や家具にあらかじめ塗布されている塗料やワックスは含まない。

### Ⅲ-2-2 本カテゴリーの特徴

塗料も接着剤と同様に多種の化学物質がいろいろな機能に応じて用いられている。しかし、塗料もその塗装を行う時(使用期間)および塗料の乾燥期間を経過した後は、固体表面に固化した状態であり、急激な化学物質の空気中への放散に伴う多量の吸入暴露や塗面への接触による多量の化学物質の皮膚への移行はないと考えられる。

従って、主要な塗料用途での暴露は以下に限定される。

- ①使用時及びその後の滞在時の吸入暴露
- ②使用時に誤って、飛沫の付着、手への付着による経皮暴露

### Ⅲ-2-3 暴露シナリオとアルゴリズム

考慮すべき暴露シナリオと暴露量を推定するためのアルゴリズムを設定する。

家庭で使用する塗料においては製品使用による吸入暴露が最重要である。また、塗布による手への付着や、使用時の皮膚への誤っての飛沫の付着による経皮暴露が考慮される。

塗料からの放散が終了した後、固化した塗料の剥離による摂取等の2次的な暴露は考慮しない。

#### <暴露シナリオ 1> 塗料の揮発成分による吸入暴露

塗料の使用中は、接着剤と同様に、製品の使用に伴う濃度上昇と換気による濃度減少がある。塗料の使用後は、製品の使用の終了と同時に放散も終了する場合としばらくの間放散が継続する場合がある。前者の場合は、換気によって濃度が減少し、後者の場合は、濃度は一定となる。

##### アルゴリズム

製品の使用の終了と同時に放散も終了する場合、Ⅱ-1-6 式およびⅡ-1-9 式で暴露期間中の平均空気中濃度を算出する。これをⅡ-1-1 式に代入することで吸入暴露量を算出する。

製品の使用後しばらくの間放散が継続する場合、Ⅱ-1-10 式より定常放散中の室内濃度を算出し、これをⅡ-1-1 式に代入することで暴露量を算出する。

#### <暴露シナリオ 2> 製品使用による経皮暴露

塗料の使用量や評価対象成分の経皮暴露に関する情報量(経皮吸収速度等)により、使用するアルゴリズムを選択する。

##### アルゴリズム

使用した塗料の一定量が皮膚に付着したと仮定した場合は、Ⅱ-2-3 式より経皮暴露量を算出する。皮膚接触層を仮定する場合は、Ⅱ-2-1 式より暴露量を算出する。評価対象成分の経皮吸収速度が分かっている場合は、Ⅱ-2-2 式より暴露量を算出する。

### III-2-4 評価事例

#### 例 1) 家庭用合成樹脂エマルジョン塗料 化学物質：イソプロピルアルコール(IPA)

<p>&lt;イソプロピルアルコール(IPA)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 67-63-0</li> <li>・ 分子量 60.10 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 33mmHg (20°C)</li> </ul>																											
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 室内(20m<sup>3</sup>)の壁に塗布。</li> <li>・ 家庭用合成樹脂エマルジョン塗料(1 L、製品重量 1200g)に、IPA が 2%含有されている。</li> <li>・ 塗布は 2 回塗りを基本とし、1 回の塗布に製品の半分(600g)を使用する。</li> <li>・ 1 回の塗布時間を 2 時間とし、2 回塗りを考慮して 1 回目の塗装後は、放散が終了するまで(完全に乾燥するまで)塗装した室内から退室するものとし、乾燥中の滞在時間は 0 分と仮定する。</li> <li>・ 塗装に際しては、十分な換気を取らない状態で作業したと仮定し、換気回数を一般居室と同様に 0.2 回/h とする。</li> <li>・ 作業頻度は、年 1 回実施すると仮定する。</li> <li>・ 作業期間中に誤って塗料が皮膚に付着する割合は、使用量の 0.5%とする。</li> </ul>																											
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：瞬間蒸発(使用時間考慮)</li> <li>・ 経皮暴露：一定比率付着</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul>																											
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table border="0"> <tr> <td>・ 使用量(Ap)</td> <td>600g</td> <td>・ IPA 含有率(Wr)</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50kg</td> </tr> <tr> <td>・ 部屋の大きさ(V)</td> <td>20m<sup>3</sup></td> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>0.2 回/h</td> </tr> <tr> <td>・ 使用時間(1 回)(t<sub>i</sub>)</td> <td>2.0h</td> <td>・ 使用後の滞在時間(t<sub>ii</sub>)</td> <td>0.0h</td> </tr> <tr> <td>・ 皮膚付着率(Md)</td> <td>0.5%</td> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>・ 作業回数</td> <td>2 回</td> <td>・ 使用頻度(n)</td> <td>年 1 回</td> </tr> </table>				・ 使用量(Ap)	600g	・ IPA 含有率(Wr)	2%	・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg	・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h	・ 使用時間(1 回)(t <sub>i</sub> )	2.0h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	0.0h	・ 皮膚付着率(Md)	0.5%	・ 体内吸収率(a)	100%	・ 作業回数	2 回	・ 使用頻度(n)	年 1 回
・ 使用量(Ap)	600g	・ IPA 含有率(Wr)	2%																								
・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg																								
・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h																								
・ 使用時間(1 回)(t <sub>i</sub> )	2.0h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	0.0h																								
・ 皮膚付着率(Md)	0.5%	・ 体内吸収率(a)	100%																								
・ 作業回数	2 回	・ 使用頻度(n)	年 1 回																								
<p>&lt;計算&gt;</p> <p>(1) 吸入暴露</p> <p>&lt;瞬間蒸発モード：使用時間考慮&gt;より吸入暴露量を算出する。</p> <p>使用時間中の平均空気中濃度を II-1-6 式より算出する。</p> $Ca_{ii} = \frac{Ap \times Wr / t_i}{N \times V} \times \left\{ t_i - \frac{1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \right\} \quad \text{より、}$																											

$$Ca_{ii} = \frac{600g \times 0.02 / 2h}{0.2/h \times 20m^3} \times \left\{ 2h - \frac{1}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 2h)] \right\} / 2h$$

= 263.7 mg / m<sup>3</sup> となる。

これをⅡ-1-1式に代入し、使用期間中(使用中の暴露期間)の暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_i \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{263.7 mg / m^3 \times 0.833 m^3 / h \times 2.0 h \times 1 \times 1 / 365 day}{50 kg}$$

= 0.024 mg / kg / day となる。

この値は、1回塗りの場合の吸入暴露量であるので、2回塗りの吸入暴露量を算出すると。

$$EHE(inha) = 0.024 mg / kg / day \times 2 = 0.048 mg / kg / day \quad \text{となる。}$$

## (2) 経皮暴露

<一定比率付着>より経皮暴露量を算出する。

使用量の一定量が付着したと仮定し、Ⅱ-2-3式より経皮暴露量を算出する。

$$EHE(derm) = \frac{Ap \times Wr \times Md \times n \times a(derm)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(derm) = \frac{600g \times 0.02 \times 0.005 \times 1 / 365 day \times 1}{50 kg}$$

= 3.29 × 10<sup>-3</sup> mg / kg / day となる。

この値は、1回塗りの場合の経皮暴露量であるので、2回塗りの経皮暴露量を算出すると。

$$EHE(derm) = 3.29 \times 10^{-3} mg / kg / day \times 2 = 0.007 mg / kg / day \quad \text{となる。}$$

## (3) 推定ヒト暴露量

吸入暴露量(EHE(inha))と経皮暴露量(EHE(derm))から推定ヒト暴露量(EHE)を算出する。

EHE(inha) : 0.048 mg/kg/day、EHE(derm) : 0.007 mg/kg/day より EHE は、

$$EHE = 0.048 mg / kg / day + 0.007 mg / kg / day = 0.055 mg / kg / day \quad \text{となる。}$$

<結果>

吸入暴露量	0.048 mg/kg/day
経皮暴露量	0.007 mg/kg/day
推定ヒト暴露量	0.055 mg/kg/day

例 2) 室内床用ワックス 化学物質：ジエチレングリコールモノエチルエーテル

<p>&lt;ジエチレングリコールモノエチルエーテル(DEGEE)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 111-90-0</li> <li>・ 分子量 134.2 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 19 Pa</li> </ul>																									
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 室内の床にワックスを塗布する。</li> <li>・ ワックス中に、DEGEE が 7.75%含有されている。</li> <li>・ ワックス 200g を使用し、一般居室(6 畳、20m<sup>3</sup>)のワックス塗布を行うと仮定する。</li> <li>・ ワックス塗布時には、通常モップを使用すると考えられるが、素手で作業した場合を想定し、また、十分な換気を取らない状態で作業したと仮定し、換気回数を一般居室と同様に 0.2 回/h とする。</li> <li>・ 製品の使用後における長期の放散はなく、製品の使用が終了すると同時に DEGEE の放散も終了するとする。</li> <li>・ 作業時間は 1 時間であり、その後 1 時間居室内に滞在したと仮定する。</li> <li>・ 作業期間中に誤ってワックスが皮膚に付着する割合は、使用量の 0.5%とする。</li> <li>・ 作業頻度は年 2 回と仮定する。</li> </ul>																									
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：瞬間蒸発(使用時間考慮)</li> <li>・ 経皮暴露：一定比率付着</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul>																									
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table border="0"> <tr> <td>・ 使用量(Ap)</td> <td>200g</td> <td>・ 製品中 DEGEE 濃度(Wr)</td> <td>7.75%</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50kg</td> </tr> <tr> <td>・ 部屋の大きさ(V)</td> <td>20m<sup>3</sup></td> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>0.2 回/h</td> </tr> <tr> <td>・ 作業時間(t<sub>i</sub>)</td> <td>1.0h</td> <td>・ 使用頻度(n)</td> <td>年 2 回</td> </tr> <tr> <td>・ 使用後の滞在時間(t<sub>ii</sub>)</td> <td>1.0h</td> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>・ 皮膚付着率(Md)</td> <td>0.5%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		・ 使用量(Ap)	200g	・ 製品中 DEGEE 濃度(Wr)	7.75%	・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg	・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h	・ 作業時間(t <sub>i</sub> )	1.0h	・ 使用頻度(n)	年 2 回	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	1.0h	・ 体内吸収率(a)	100%	・ 皮膚付着率(Md)	0.5%		
・ 使用量(Ap)	200g	・ 製品中 DEGEE 濃度(Wr)	7.75%																						
・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50kg																						
・ 部屋の大きさ(V)	20m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	0.2 回/h																						
・ 作業時間(t <sub>i</sub> )	1.0h	・ 使用頻度(n)	年 2 回																						
・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	1.0h	・ 体内吸収率(a)	100%																						
・ 皮膚付着率(Md)	0.5%																								
<p>&lt;計算&gt;</p> <p>(1) 吸入暴露</p> <p>&lt;瞬間蒸発モード：使用時間考慮&gt;より吸入暴露量を算出する。</p> <p>[使用時間中の吸入暴露量]</p> <p>使用時間中の平均空气中濃度を II-1-6 式より算出する。</p> $Ca_{ii} = \frac{Ap \times Wr / t_i}{N \times V} \times \left\{ t_i - \frac{1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \right\} \quad \text{より、}$																									

$$Ca_{ii} = \frac{200g \times 0.0775 / 1.0h}{0.2/h \times 20m^3} \times \left\{ 1h - \frac{1}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 1.0h)] \right\} \\ 1h$$

$$= 362.9mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、使用期間中(使用中の暴露期間)の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{362.9mg/m^3 \times 0.833m^3/h \times 1.0h \times 1 \times 2/365day}{50kg}$$

$$= 0.033mg/kg/day \quad \text{となる。}$$

[使用期間後の吸入暴露量]

使用後の滞在期間中の平均空気中濃度をⅡ-1-9式より算出する。

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{Ca_1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{t_{ii}}$$

ここで、Ca<sub>1</sub>は、使用直後の空気中濃度であるので、使用直後の空気中濃度を、Ⅱ-1-5式より算出する。

$$Ca_1 = \frac{Ap \times Wr / t_i}{N \times V} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \quad \text{より、}$$

$$Ca_1 = \frac{200g \times 0.0775 / 1.0h}{0.2/h \times 20m^3} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 1.0h)]$$

$$= 702.4mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

よって、

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{Ca_1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{t_{ii}} \quad \text{より、}$$

$$Ca_{iii} = \frac{\frac{702.4mg/m^3}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 1.0h)]}{1.0h}$$

$$= 636.6mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、使用後の滞在期間中の吸入暴露量を算出する。



$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{636.6 \text{ mg/m}^3 \times 0.833 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.0 \text{ h} \times 1 \times \frac{2}{365} \text{ day}}{50 \text{ kg}}$$

= 0.058 mg/kg/day となる。

**[全吸入暴露量]**

使用期間中の暴露量と使用後の暴露量を合計し、吸入暴露量を算出すると、

$$EHE(inha) = 0.033 \text{ mg/kg} + 0.058 \text{ mg/kg} = 0.091 \text{ mg/kg} \quad \text{となる。}$$

**(2) 経皮暴露**

<一定比率付着>より経皮暴露量を算出する。

使用量の一定量が付着したと仮定し、II-2-3式より経皮暴露量を算出する。

$$EHE(derm) = \frac{Ap \times Wr \times Md \times n \times a(derm)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(derm) = \frac{200 \text{ g} \times 0.0775 \times 0.005 \times \frac{2}{365} \text{ day} \times 1}{50 \text{ kg}} = 0.008 \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

**(3) 推定ヒト暴露量**

吸入暴露量(EHE(inha))と経皮暴露量(EHE(derm))から推定ヒト暴露量(EHE)を算出する。

EHE(inha) : 0.091 mg/kg/day、EHE(derm) : 0.008 mg/kg/day より EHE は、

$$EHE = 0.091 \text{ mg/kg/day} + 0.008 \text{ mg/kg/day} = 0.099 \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

**<結果>**

吸入暴露量	0.091 mg/kg/day
経皮暴露量	0.008 mg/kg/day
推定ヒト暴露量	<b>0.099 mg/kg/day</b>

### Ⅲ-3 家庭用洗剤

#### Ⅲ-3-1 本カテゴリーの範囲

家庭で使用される洗剤として、衣類の洗濯用洗剤、食器等を洗うための台所用洗剤、家具やレンジ等を洗浄する住居用洗剤等がこのカテゴリーに含まれる。また、洗剤ではないが、衣類の仕上げ剤である柔軟仕上げ剤や糊剤、漂白剤等も本カテゴリーに含まれる。

#### Ⅲ-3-2 本カテゴリーの特徴

家庭用洗剤類のリスク評価手法については、SDA(The Soap and Detergent Association : 米国石鹼洗剤工業会)<sup>14</sup>や HERA(Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products : CEFIC 欧州化学工業会及び A.I.S.E.欧州石鹼洗剤工業会)<sup>15</sup>が自主的な取り組みとして詳細に検討しており、その内容がすでに公表<sup>16</sup>されている。

これら既存のリスク評価手法を参考に日本における使用状況を考慮すると、暴露は以下のものが重要であると考えられる。

- ①手洗い洗剤(衣類、食器)使用時の経皮暴露
- ②製品使用后、衣類に残存する対象物質の経皮暴露
- ③スプレー製品からの吸入暴露
- ④食器等に残存する対象物質の経口暴露(食品に移行した物質の摂取)

#### Ⅲ-3-3 暴露シナリオとアルゴリズム

考慮すべき暴露シナリオを設定し、暴露量を推定するためのアルゴリズムを選択する。

##### ①手洗い用洗剤(衣類、食器)使用時の経皮暴露

衣類の洗濯を行う場合<sup>17</sup>、また、台所用合成洗剤で食器を洗う場合、経皮暴露が主要な暴露経路となる。

(暴露シナリオ) ゴム手袋を使用せずに素手で手洗いする場合における洗剤(衣類、食器)使用時の経皮暴露

##### アルゴリズム

皮膚接触層を仮定するⅡ-2-1 式より暴露量を算出する。または、評価対象物質の経皮吸収速度が分かっている場合は、Ⅱ-2-2 式より暴露量を算出する。

##### ②製品使用后、衣類に残存する対象物質の経皮暴露

洗剤で衣類を洗濯したとき、少量であるが洗剤成分が衣類に残留(付着)する。また、衣類を柔軟仕上げ剤で処理したときは、柔軟仕上げ成分が衣類に残留(付着)する。このように、衣類、特に肌に直接触れる下着のような衣類に残留(付着)した成分が、皮膚に移行する可能性がある。衣類への残留(付着)量及び衣類から皮膚への移行量をどう推定するかがポイントである。

(暴露シナリオ) 製品使用后、衣類に残存する対象物質の経皮暴露

<sup>14</sup> [http://cleaning101.com/files/Exposure\\_and\\_Risk\\_Screening\\_Methods\\_for\\_Consumer\\_Product\\_Ingredients.pdf](http://cleaning101.com/files/Exposure_and_Risk_Screening_Methods_for_Consumer_Product_Ingredients.pdf)

<sup>15</sup> <http://www.heraproject.com/Library.cfm>

<sup>16</sup> これらのプロジェクトには、日本石鹼洗剤工業会も協力している。

<sup>17</sup> 日本において、衣類の洗濯には、ほとんどが洗濯機を用いると考えられるが、衣類の種類や形態によっては手洗いで洗濯する場合も考えられる。

### アルゴリズム

皮膚接触層を仮定するⅡ-2-1式より暴露量を算出する。または、評価対象成分の経皮吸収速度が分かっている場合は、Ⅱ-2-2式より暴露量を算出する。

#### ③スプレー製品からの吸入暴露

限られた空間で、限られた時間暴露すると考える。スプレーは、ミスト(エアロゾル)の吸入を考慮する。ミストの大きさ(粒径)には分布があるため、粗大なミストは吸入されないが、どの程度の割合で吸入されるかは、予測が非常に困難である。そのため、科学的に信頼性のある値が得られた場合を除き、全てが吸入されるミストサイズになっていると仮定する。

(暴露シナリオ)スプレー製品からの吸入暴露(瞬間蒸発)

### アルゴリズム

製品形態にあわせ、Ⅱ-1-2式からⅡ-1-9式までのいずれかを選択し、スプレーの影響が考えられる仮想空間中濃度または室内(実空間)濃度を算出し、Ⅱ-1-1式より吸入暴露量を算出する。

#### ④食器等に残存する対象物質の経口暴露

台所用合成洗剤で食器等を洗浄した場合、わずかであるが洗剤成分が食器等に付着し、それらが食物に移動することで経口暴露する可能性がある。付着する量は、水洗いをするにより、洗剤の濃度が急激に減少する。食器等に付着した洗剤成分の全量が食物へ移行することはないが、ここでは100%移行すると考える。また、野菜や果物を洗剤で洗浄することで洗剤成分が付着することが考えられる。この場合は、経皮暴露のアルゴリズムを応用して野菜に取り込まれた重量を算出した上で、1日あたりの食品摂取量から暴露量を算出する。

<暴露シナリオ> 食器等に残存する対象物質の経口暴露

### アルゴリズム

Ⅱ-3-2式、Ⅱ-3-3式、Ⅱ-3-4式のいずれかを選択し、経口暴露量を算出する。

### III-3-4 評価事例

#### 例 1) 台所用合成洗剤 化学物質：エタノール

<b>&lt;エタノール&gt;</b>			
・ CAS No.	64-17-5		
・ 分子量	46.1		
・ 蒸気圧	5.8 kPa(20°C)		
<b>&lt;暴露シナリオ&gt;</b>			
・ 台所用合成洗剤に、エタノールが 5%含有されている。			
・ 台所用合成洗剤を使用し、食器を手洗いすることによる経皮暴露および食器・食品経由での経口暴露を想定する。			
・ 食器洗いは、1日3回(1回45分)実施すると仮定する。			
・ 食器を手洗いする時の台所用合成洗剤濃度は、100mg/cm <sup>3</sup> とする。			
・ 食器を手洗い中に暴露される手および腕の表面積は、1980cm <sup>2</sup> と仮定する。			
・ エタノールの食器洗い中の経皮吸収速度は、0.8×10 <sup>-3</sup> cm/h と仮定する。			
・ 食器経由での経口暴露は、食器上に残留した洗浄液が食品に移行し、その食品を摂取することで暴露する。ただし、食器から食品への移行率は、100%とする。			
・ 食品経由での経口暴露は、野菜や果物を台所用洗剤で洗い、野菜や果物に残留した洗浄液を摂取することで暴露するとする。			
-----			
*1 本暴露評価は、HERA(Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products)の Guidance Document Methodology (2005)*2 および SDA(The Soap and Detergent Association)の Exposure and Risk Screening Methods for Consumer Product Ingredients (2005) *3、に記載されている暴露シナリオや暴露係数を参考にしている。			
*2 Guidance Document Methodology (HERA、2005)は、以下の URL より入手可能である。 <a href="http://www.heraproject.com/files/HERA%20TGD%20February%202005.pdf">http://www.heraproject.com/files/HERA%20TGD%20February%202005.pdf</a>			
*3 Exposure and Risk Screening Methods for Consumer Product Ingredients (SDA、2005)は、以下の URL より入手可能である。 <a href="http://cleaning101.com/files/Exposure_and_Risk_Screening_Methods_for_Consumer_Product_Ingredients.pdf">http://cleaning101.com/files/Exposure_and_Risk_Screening_Methods_for_Consumer_Product_Ingredients.pdf</a>			
*4 野菜中物質濃度、果物中物質濃度については、平成元年 厚生科学研究 食品用洗浄剤の安全性に関する調査研究(その1)アミノオキシド配合洗浄剤について(日本食品洗浄剤衛生協会、1991)を参考にしている。			
<b>&lt;アルゴリズム&gt;</b>			
・ 吸入暴露：想定されない			
・ 経皮暴露：経皮吸収速度モード			
・ 経口暴露：移行率からの推計および食物中の物質濃度からの推計			
<b>&lt;各種データ&gt;</b>			
・ 体重(BW)	50kg	・ 台所用合成洗剤濃度	100mg/cm <sup>3</sup>
・ エタノール含有率(Wr)	5%	・ 暴露表面積(Sp)	1,980cm <sup>2</sup>
・ 1回の作業時間	0.75h/回	・ 1日の作業頻度(n)	3回/day

・ 経皮吸収速度(MI)	$0.8 \times 10^{-3} \text{cm/h}$	・ 食器上の残留製品濃度	$0.8 \text{mg/cm}^3$
・ 食器表面の残留液量	$5.5 \times 10^{-5} \text{cm}^3 / \text{cm}^2$	・ 食品と食器が接触する面積	$5,400 \text{cm}^2 / \text{day}$
・ 食器から食品への移行率(Mfd)	100%	・ 野菜摂取量(Wf <sub>1</sub> )	263g/day
・ 野菜中物質濃度(Cf <sub>1</sub> )	$1.4 \times 10^{-3} \text{mg/g}$	・ 果物摂取量(Wf <sub>2</sub> )	256g/day
・ 果物中物質濃度(Cf <sub>2</sub> )	$2.4 \times 10^{-4} \text{mg/g}$	・ 体内吸収率(a)	100%

## <計算>

### (1) 経皮暴露

<経皮吸収速度モード>より経皮暴露量を算出する。

経皮吸収速度が求められているため、式Ⅱ-2-2 式より算出するが、経皮吸収速度の単位が cm/h であることから、台所用合成洗剤中のエタノールの濃度を考慮し、単位を mg/cm<sup>2</sup>/h に変換する。洗剤中のエタノール濃度は、以下の式より算出する。

エタノール濃度(mg/cm<sup>3</sup>) = 台所用合成洗剤濃度 × 製品中エタノール含有率より、

エタノール濃度(mg/cm<sup>3</sup>) =  $100 \text{mg/cm}^3 \times 0.05 = 5 \text{mg/cm}^3$  となる。

よって、経皮吸収速度 MI(mg/cm<sup>2</sup>/h)は、以下のようになる。

経皮吸収速度 MI(mg/cm<sup>2</sup>/h) = エタノール濃度(mg/cm<sup>3</sup>) × 経皮吸収速度(cm/h)より、

経皮吸収速度 MI(mg/cm<sup>2</sup>/h) =  $5 \text{mg/cm}^3 \times 0.8 \times 10^{-3} \text{cm/h} = 4.0 \times 10^{-3} \text{mg/cm}^2 / \text{h}$  となる。

これを式Ⅱ-2-2 に代入すると、

$$EHE(derm) = \frac{Sp \times MI \times t \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(derm) = \frac{1,980 \text{cm}^2 \times 4.0 \times 10^{-3} \text{mg/cm}^2 / \text{h} \times 0.75 \text{h} \times 3 / \text{day}}{50 \text{kg}}$$

$$= 0.356 \text{mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

### (2) 経口暴露

[食器経由での経口暴露量]

<移行率からの推計>より経口暴露量を算出する。

食器に残留した洗浄液中のエタノールの経口暴露量をⅡ-3-3 式より算出する。

ここで、1日あたりに使用する食器付着物重量 Cd(mg/day)を以下の式より算出する。

Cd(mg/day) = 食器上の残留製品濃度 × エタノール含有率(W<sub>r</sub>) × 食器表面の残留液量 × 食品と食器が接触する面積 より、

Cd(mg/day) =  $0.8 \text{mg/cm}^3 \times 0.05 \times 5.5 \times 10^{-5} \text{cm}^3 / \text{cm}^2 \times 5,400 \text{cm}^2 / \text{day} = 1.188 \times 10^{-2} \text{mg/day}$  となる。

これをⅡ-3-3 式に代入すると、

$$EHE(oral) = \frac{Cd \times Mfd \times a(oral)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(oral) = \frac{1.188 \times 10^{-2} \text{mg/day} \times 1 \times 1}{50 \text{kg}} = 2.38 \times 10^{-4} \text{mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

[野菜経由での経口暴露量]

<食物中の物質濃度からの推計>より経口暴露量を算出する。

野菜に残留した洗浄液中のエタノールの経口暴露量をⅡ-3-2式より算出する。

$$EHE(oral) = \frac{Cf \times Wf \times a(oral)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(oral) = \frac{0.0014 \text{ mg/g} \times 263 \text{ g/day} \times 1}{50 \text{ kg}} = 7.36 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

[果物経由での経口暴露量]

<食物中の物質濃度からの推計>より経口暴露量を算出する。

果物に残留した洗浄液中のエタノールの経口暴露量をⅡ-3-2式より算出する。

$$EHE(oral) = \frac{Cf \times Wf \times a(oral)}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(oral) = \frac{0.00024 \text{ mg/g} \times 256 \text{ g/day} \times 1}{50 \text{ kg}} = 1.23 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

[全経口暴露量]

各経口暴露量を合計し、経口暴露量を算出すると、

$$EHE(oral) =$$

$$2.38 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/day} + 7.36 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} + 1.23 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \\ = 0.009 \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

(3) 推定ヒト暴露量

経皮暴露量(EHE(derm))と経口暴露量(EHE(oral))から推定ヒト暴露量(EHE)を算出する。

EHE(derm) : 0.356mg/kg/day、EHE(oral) : 0.009mg/kg/day より EHE は、

$$EHE = 0.356 \text{ mg/kg/day} + 0.009 \text{ mg/kg/day} = 0.365 \text{ mg/kg/day} \quad \text{となる。}$$

<結果>

経皮暴露量	0.356 mg/kg/day
経口暴露量	0.009 mg/kg/day
推定ヒト暴露量	0.365 mg/kg/day

例 2) 衣類に残留した洗濯用洗剤 化学物質：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)

<直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)>

- ・ CAS No. 25155-30-0 (C<sub>18</sub>H<sub>29</sub>SO<sub>3</sub>Na の場合) 他
- ・ 分子量 348.48 (C<sub>18</sub>H<sub>29</sub>SO<sub>3</sub>Na の場合)
- ・ 蒸気圧 -

<暴露シナリオ>

- ・ 衣類 1cm<sup>2</sup>あたりに 0.025mg の LAS が残留していると仮定する。
- ・ 衣類と接触する体表面積を 17,600cm<sup>2</sup> と仮定し、衣類から皮膚表面への移行割合を 0.01%とする。
- ・ 使用頻度は、衣類であることを考慮し、1日に1度洗剤が残留している衣類を身につけると仮定する。

-----

\*1 本暴露評価は、HERA(Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products)の Guidance Document Methodology (2005)\*2および Linear Alkylbenzene Sulphonate Human Health Risk Assessment (2007)\*3に記載されている暴露シナリオ、暴露係数を参考にし、本付属書の考え方に合わせて一部を改変している。

\*2 Guidance Document Methodology (HERA、2005)は、以下の URL より入手可能である。

<http://www.heraproject.com/files/HERA%20TGD%20February%202005.pdf>

\*3 Linear Alkylbenzene Sulphonate Human Health Risk Assessment (HERA、2003)は、以下の URL より入手可能である。

[http://www.heraproject.com/files/4-F-HERA\\_LASFinalReport2007revision10\\_07.pdf](http://www.heraproject.com/files/4-F-HERA_LASFinalReport2007revision10_07.pdf)

<アルゴリズム>

- ・ 吸入暴露：想定されない
- ・ 経皮暴露：仮想体積モードを一部変更
- ・ 経口暴露：想定されない

<各種データ>

- |               |                         |                  |                       |
|---------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| ・ 体重(BW)      | 50kg                    | ・ 衣類接触面積(Sp)     | 17,600cm <sup>2</sup> |
| ・ 衣類中 LAS 残留量 | 0.025mg/cm <sup>2</sup> | ・ 衣類から皮膚表面への移行割合 | 0.01%                 |
| ・ 使用頻度(n)     | 1回/day                  | ・ 体内吸収率(a)       | 100%                  |

<計算>

◆経皮暴露

<仮想体積モード>より経皮暴露量を算出する。

仮想体積モード(II-2-1式)では、以下に示すように皮膚接触層厚 L<sub>s</sub> と接触面積 Sp および濃度 C<sub>s</sub> から皮膚表面の仮想体積中の当該化学物質重量を算出し、その重量を1日あたりに何回摂取するかによって暴露量を算出する。

$$EHE(derm) = \frac{Cs \times Ls \times Sp \times n \times a(derm)}{BW}$$

ここでは、衣類中 LAS 残留量(mg/cm<sup>2</sup>)と衣類が接着する面積および衣類から皮膚表面へ

の移行割合から皮膚表面の当該化学物質重量を算出する。

従って、 $Cs(\text{mg}/\text{cm}^3) \times Ls(\text{cm}) \times Sp(\text{cm}^2) = \text{衣類中 LAS 残留量}(\text{mg}/\text{cm}^2) \times \text{衣類から皮膚表面への移行割合} \times Sp(\text{cm}^2)$  となり、経皮暴露量は、

$$EHE(\text{derm}) = \frac{0.025 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 0.0001 \times 17,600 \text{ cm}^2 \times 1/\text{day} \times 1}{50 \text{ kg}}$$

$= 8.80 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$  となる。

<結果>

経皮暴露量  $8.80 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$

推定ヒト暴露量  $8.80 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$



### Ⅲ-4 消臭剤/芳香剤及び不快害虫忌避剤

#### Ⅲ-4-1 本カテゴリーの範囲

一般居室やトイレ内等の家庭で使用される消臭剤や芳香剤、及び不快害虫の忌避剤が本カテゴリーの範囲である。

#### Ⅲ-4-2 本カテゴリーの特徴

芳香剤や不快害虫忌避剤には、スプレーとして対象物に噴射するもの、強制的に揮散させるもの及び室内に置いて放散させるタイプの製品がある。

従って、暴露は以下のものと考えられる。

- ①スプレー製品からの吸入暴露
- ②強制的揮散製品からの吸入暴露
- ③放散/揮散製品からの吸入暴露

#### Ⅲ-4-3 暴露シナリオとアルゴリズム

考慮すべき暴露シナリオを設定し、暴露量を推定するためのアルゴリズムを選択する。

##### ①スプレー製品からの吸入暴露

対象物、不快害虫あるいは対象空間に対し短時間に複数回スプレーする。1回のスプレー時間とスプレー量およびスプレー回数から全噴射重量を求め、対象物質の含有率から対象物質の噴射重量を求める。スプレー時の短時間暴露とし、噴射する対象物が使用者近傍に存在する場合は、使用者の周囲に仮想空間を設定し、その空間中にスプレーした物質が均一に存在すると仮定し、仮想空間中の対象物質濃度を求める。噴射する対象物が室内全体等広範の場合は、仮想空間ではなく室内全体の対象物質濃度を求める。対象物質濃度と1日の使用頻度から暴露量を算出する。ミストの大きさ(粒径)には分布があるため、粗大なミストは吸入されないが、どの程度の割合で吸入されるかは、予測が非常に困難である。そのため、科学的に信頼性のある値が得られた場合を除き、全てが吸入されるミストサイズになっていると仮定する。

(暴露シナリオ) 対象物に向けて噴射するスプレー中成分の吸入暴露

##### アルゴリズム

製品形態により、仮想空間または実空間内の平均暴露濃度を単純推算モードのⅡ-1-2式、あるいは瞬間蒸発モード単調減少のⅡ-1-4式を用いて算出する。

##### ②強制的揮散製品

強制的揮散製品とは、着火や加熱等を行うことにより芳香成分や忌避成分を揮発させるような製品である。この強制的揮散剤1個当たりの消費時間と対象物質の含有率から揮散速度を求めるが、強制揮散させる対象空間に対し、揮散する量が少ない場合は、強制的揮散製品から一定の揮散速度(放散速度)で揮散(放散)すると考えられ、揮散する量が多い場合は、揮散中に室内濃度は、換気による減少はあるものの徐々に増加すると考えられる。両方の場合とも、揮散が終了すると、室内中の濃度は徐々に減少していく。これを基に、揮散中の室内濃度と揮散後の室内濃度の両方と、それぞれの滞在時間から吸入暴露量を算出する。

<暴露シナリオ> 強制的揮散剤の使用による吸入暴露

アルゴリズム

製品形態に合わせ、定常放散モードのⅡ-1-10式、瞬間蒸発モード使用時間考慮のⅡ-1-6式を用いて揮散中の濃度を算出する。揮散終了後は、両方の場合ともⅡ-1-9式を用いて濃度を算出する。揮散中、揮散後のそれぞれの濃度と滞在時間からⅡ-1-1式より吸入暴露量を算出する。ただし、Ⅱ-1-10式の定常放散を用いる場合、条件によっては定常状態に到達するまでの時間が長くなり過大評価となる場合がある。そのため、製品特性や使用形態を十分考慮する必要がある。過大評価と考えられる場合は、瞬間蒸発モード使用時間考慮を用いて算出した値と比較し、製品特性や使用形態、評価対象化学物質の物理化学性状を踏まえた暴露シナリオとなっているか等を検討する。

③放散/揮散製品

放散/揮散製品は、一定の放散速度をもって対象空間に放散されるため、放散速度から対象物質が放散した空間の濃度を算出する。ただし、対象物質が飽和蒸気圧に達した状態が想定される場合には、飽和蒸気圧から対象空間の濃度を算出する。

(暴露シナリオ) 室内に置いて徐放散させるタイプの製品の使用による吸入暴露

アルゴリズム

製品の形態に合わせ、定常放散モードのⅡ-1-10式か飽和蒸気圧のⅡ-1-5式を用いて対象空間の濃度を算出する。対象空間濃度と滞在時間から式Ⅱ-1-1より吸入暴露量を算出する。

### III-4-4 評価事例

#### 例 1) トイレ用エアゾールタイプ消臭剤 化学物質：*n*-ブタン

<p>&lt;<i>n</i>-ブタン&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 106-97-8</li> <li>・ 分子量 58.12 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 1,830mmHg(25°C)</li> </ul>																							
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 家庭で使用するトイレ用エアゾールタイプ消臭剤(200g)をトイレ内にて使用する。</li> <li>・ 消臭剤中の <i>n</i>-ブタン含有率は、59.4%。</li> <li>・ 1回の噴射時間は1秒とし、1秒で噴射される重量は、1gと仮定する*1。</li> <li>・ トイレは、局所換気システムまたは窓の設置があることを考慮し、換気回数を0.5回/hとする。</li> <li>・ トイレの使用回数は1日6回*2とし、そのうちの3回に消臭剤を噴射すると仮定する。</li> <li>・ 消臭剤を噴射後、2分間(0.0333h)トイレ内に滞在すると仮定する。</li> <li>・ スプレーの影響範囲として仮想空間を想定するが、ここでは、仮想空間がトイレ容積(2m<sup>3</sup>)と同じ容積であると仮定し、実空間(トイレ容積)で評価を実施する。</li> <li>・ トイレの入室時には、大きな空気の移動が考えられるため、入室直後のトイレ内濃度は0と仮定する。</li> <li>・ 噴射された対象成分は、噴射された段階で全てが吸入されるミストサイズになっていると仮定する。</li> </ul> <p>-----</p> <p>*1 スプレーの噴射量については、福島県消費生活センターホームページ「どのくらい冷えるのでしょうか？冷却用スプレー」 (<a href="http://www.pref.fukushima.jp/syouhi/test/H15spray.htm">http://www.pref.fukushima.jp/syouhi/test/H15spray.htm</a>)より。</p> <p>*2 トイレの滞在時間、使用回数は、高知県土木部建築課ホームページ「まっことよくなるみんなのトイレ パブリックトイレの作り方」 (<a href="http://www.pref.kochi.jp/~kenchiku/kenchiku/toile_onepoint.html">http://www.pref.kochi.jp/~kenchiku/kenchiku/toile_onepoint.html</a>)より。</p>																							
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：単純推算モードもしくは瞬間蒸発モード単調減少</li> <li>・ 経皮暴露：想定されない</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul> <p>*換気を考慮しない場合と、換気を考慮する場合の2つの計算方法がある。ここでは、この2つの計算方法である【単純推算モード】、【瞬間蒸発モード単調減少】をそれぞれ示す。</p>																							
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table> <tbody> <tr> <td>・ 使用量(/回)(Ap)</td> <td>1 g</td> <td>・ <i>n</i>-ブタン含有率(Wr)</td> <td>59.4 %</td> </tr> <tr> <td>・ トイレ容積(V)</td> <td>2 m<sup>3</sup></td> <td>・ 噴射後の滞在時間(t)</td> <td>0.0333h/回</td> </tr> <tr> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>0.5 回/h</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50 kg</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 1日の噴射回数(n)</td> <td>3 回/day</td> </tr> <tr> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				・ 使用量(/回)(Ap)	1 g	・ <i>n</i> -ブタン含有率(Wr)	59.4 %	・ トイレ容積(V)	2 m <sup>3</sup>	・ 噴射後の滞在時間(t)	0.0333h/回	・ 換気回数(N)	0.5 回/h	・ 体重(BW)	50 kg	・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 1日の噴射回数(n)	3 回/day	・ 体内吸収率(a)	100 %		
・ 使用量(/回)(Ap)	1 g	・ <i>n</i> -ブタン含有率(Wr)	59.4 %																				
・ トイレ容積(V)	2 m <sup>3</sup>	・ 噴射後の滞在時間(t)	0.0333h/回																				
・ 換気回数(N)	0.5 回/h	・ 体重(BW)	50 kg																				
・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 1日の噴射回数(n)	3 回/day																				
・ 体内吸収率(a)	100 %																						

<計算>

◆吸入暴露

【単純推算モード】の場合

<単純推算モード>より吸入暴露量を算出する。

使用後の滞在時間が2分と短いため、ここでは、単純推算モードで滞在時の吸入暴露量を算出する。空气中濃度をⅡ-1-2式より算出すると、

$$Ca_t = \frac{Ap \times Wr}{V} = \frac{1000mg \times 0.594}{2m^3} = 297mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、トイレ滞在中の暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{297mg/m^3 \times 0.833m^3/h \times 0.0333h \times 1 \times 3/day}{50kg} = 0.494mg/kg/day$$

となる。

-----  
【瞬間蒸発モード単調減少】とする場合

<瞬間蒸発モード単調減少>より暴露量を算出する。

トイレ内にてスプレーを噴射し、その後2分間滞在したときのトイレ内平均濃度を式Ⅱ-1-4より算出する。

$$Ca_t = \frac{\frac{Ap \times Wr}{V} \times [1 - \exp(-N \times t)]}{N} \quad \text{より、}$$

$$Ca_t = \frac{\frac{1g \times 0.594}{2m^3} \times [1 - \exp(-0.5/h \times 0.0333h)]}{0.0333h} = 294.8mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、トイレ滞在中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_t \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{294.8mg/m^3 \times 0.833m^3/h \times 0.0333h \times 1 \times 3/day}{50kg} = 0.491mg/kg/day$$

となる。

\*1回の暴露時間が2分と非常に短い期間であるため、結果にほとんど差が見られない。換気回数が大きい場合や滞在時間が長期にわたる場合は、差が大きくなる。そのため、製品特

性や使用状況を十分に把握したうえで、適切な暴露シナリオを選択する。

<計算結果>

吸入暴露量	0.494 mg/kg/day	【単純推算モード】
	0.491 mg/kg/day	【瞬間蒸発モード単調減少】
推定ヒト暴露量	0.494 mg/kg/day	【単純推算モード】
	0.491 mg/kg/day	【瞬間蒸発モード単調減少】

例 2) 電池式虫除け剤 化学物質：メトフルトリン

<p>&lt;メトフルトリン&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 240494-70-6</li> <li>・ 分子量 360.35 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 <math>1.47 \times 10^{-5}</math> mmHg (25℃)</li> </ul>																									
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電池式虫除け剤を 6 畳の室内(20m<sup>3</sup>)で使用する。</li> <li>・ 製品使用量は 1.2mg(メトフルトリン含有率 100%と仮定する)。</li> <li>・ 揮散量は、市販品の最大値を十分に上回る速度である 0.2mg/h とする。</li> <li>・ 電池式虫除け剤の使用時間は 6 時間とし、使用の間中居室に滞在すると仮定する。</li> <li>・ 使用が終了した後、2 時間滞在すると仮定する。</li> <li>・ 虫除け剤は、毎日使用すると仮定する。</li> </ul>																									
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：瞬間蒸発モード使用時間考慮もしくは定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少</li> <li>・ 経皮暴露：想定されない</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul> <p>* 虫除け剤は、塗料や接着剤等と同様に使用に伴って濃度が上昇していくと仮定(使用時間を考慮した瞬間蒸発)した場合と、使用中は定常放散で使用後は単調減少に転じると仮定した場合の 2 つの場合が考えられる。ここでは、この 2 つの計算方法である【瞬間蒸発モード使用時間考慮】、【定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少】をそれぞれ示す。</p>																									
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table border="0"> <tr> <td>・ 使用量(A<sub>p</sub>)</td> <td>1.2 mg</td> <td>・ メトフルトリン含有率(W<sub>r</sub>)</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>・ 室内容積(V)</td> <td>20 m<sup>3</sup></td> <td>・ 放散速度(G)</td> <td>0.2mg/h</td> </tr> <tr> <td>・ 使用中の滞在時間(t<sub>i</sub>)</td> <td>6.0h</td> <td>・ 使用後の滞在時間(t<sub>ii</sub>)</td> <td>2.0h</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833 m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>0.2 回/h</td> </tr> <tr> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100 %</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50kg</td> </tr> <tr> <td>・ 使用頻度(n)</td> <td>1 回/day</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		・ 使用量(A <sub>p</sub> )	1.2 mg	・ メトフルトリン含有率(W <sub>r</sub> )	100%	・ 室内容積(V)	20 m <sup>3</sup>	・ 放散速度(G)	0.2mg/h	・ 使用中の滞在時間(t <sub>i</sub> )	6.0h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	2.0h	・ 呼吸量(Q)	0.833 m <sup>3</sup> /h	・ 換気回数(N)	0.2 回/h	・ 体内吸収率(a)	100 %	・ 体重(BW)	50kg	・ 使用頻度(n)	1 回/day		
・ 使用量(A <sub>p</sub> )	1.2 mg	・ メトフルトリン含有率(W <sub>r</sub> )	100%																						
・ 室内容積(V)	20 m <sup>3</sup>	・ 放散速度(G)	0.2mg/h																						
・ 使用中の滞在時間(t <sub>i</sub> )	6.0h	・ 使用後の滞在時間(t <sub>ii</sub> )	2.0h																						
・ 呼吸量(Q)	0.833 m <sup>3</sup> /h	・ 換気回数(N)	0.2 回/h																						
・ 体内吸収率(a)	100 %	・ 体重(BW)	50kg																						
・ 使用頻度(n)	1 回/day																								
<p>&lt;計算&gt;</p> <p>◆吸入暴露</p> <p>【瞬間蒸発モード使用時間考慮】の場合</p> <p>&lt;瞬間蒸発モード使用時間考慮&gt;より吸入暴露量を算出する。</p> <p>[使用時間中の吸入暴露量]</p> <p>使用時間中の平均空気中濃度を II-1-6 式より算出する。</p> $Ca_{ii} = \frac{Ap \times Wr / t_i}{N \times V} \times \left\{ t_i - \frac{1}{N} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \right\} \quad \text{より、}$																									

$$Ca_{ii} = \frac{1.2mg \times 1 / 6.0h}{0.2/h \times 20m^3} \times \left\{ 6.0h - \frac{1}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 6.0h)] \right\} / 6.0h$$

= 0.02088mg/m<sup>3</sup> となる。

これをⅡ-1-1式に代入し、使用時間中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_{ii} \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{0.02088mg/m^3 \times 0.833m^3/h \times 6.0h \times 1 \times 1/day}{50kg}$$

= 2.09 × 10<sup>-3</sup> mg/kg/day となる。

[使用時間後の吸入暴露量]

使用後の滞在中の平均空気中濃度をⅡ-1-9式より算出する。

$$Ca_{iii} = \frac{Ca_1 \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{N \times t_{ii}}$$

ここで、Ca<sub>1</sub>は、使用直後の空気中濃度であるので、使用直後の空気中濃度を、Ⅱ-1-5式より算出する。

$$Ca_1 = \frac{Ap \times Wr / t_i}{N \times V} \times [1 - \exp(-N \times t_i)] \quad \text{より、}$$

$$Ca_1 = \frac{1.2mg \times 1 / 6.0h}{0.2/h \times 20m^3} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 6.0h)] = 0.03494mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

よって、

$$Ca_{iii} = \frac{Ca_1 \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{N \times t_{ii}} \quad \text{より、}$$

$$Ca_{iii} = \frac{0.03494mg/m^3}{0.2/h} \times [1 - \exp(-0.2/h \times 2.0h)] / 2.0h = 0.02880mg/m^3 \quad \text{となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、使用後の滞在中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_{iii} \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \quad \text{より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{0.02880mg/m^3 \times 0.833m^3/h \times 2.0h \times 1 \times 1/day}{50kg}$$

= 9.60 × 10<sup>-4</sup> mg/kg/day となる。

[全吸入暴露量]

使用期間中の吸入暴露量と使用後の吸入暴露量から全吸入暴露量を算出すると、  
 $EHE(inha) = 2.09 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} + 9.60 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/day} = 3.05 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$  となる。

【定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少】とする場合

<定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少>を利用して吸入暴露量を算出する。

[使用時間中の吸入暴露量]

使用時間中の平均空気中濃度をⅡ-1-10式より算出する。

$$Ca_t = \frac{G}{N \times V} \text{ より、}$$

$$Ca_t = \frac{0.2 \text{ mg/h}}{0.2/h \times 20 \text{ m}^3} = 0.05 \text{ mg/m}^3 \text{ となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、使用時間中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_{ii} \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \text{ より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{0.05 \text{ mg/m}^3 \times 0.833 \text{ m}^3/h \times 6.0 \text{ h} \times 1 \times 1/\text{day}}{50 \text{ kg}} \\ = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \text{ となる。}$$

[使用後の吸入暴露量]

使用後の滞在中の平均空気中濃度をⅡ-1-9式より算出する。

$$Ca_{iii} = \frac{Ca_1 \times [1 - \exp(-N \times t_{ii})]}{N \times t_{ii}}$$

ここで、 $Ca_1$ は、使用直後の空気中濃度であり、定常状態にあり濃度変動がないことから、使用時間中の平均空気中濃度  $0.05 \text{ mg/m}^3$  を、Ⅱ-1-9式に代入する。

よって、

$$Ca_{iii} = \frac{0.05 \text{ mg/m}^3 \times [1 - \exp(-0.2/h \times 2.0 \text{ h})]}{0.2/h \times 2.0 \text{ h}} = 0.04121 \text{ mg/m}^3 \text{ となる。}$$

これをⅡ-1-1式に代入し、使用後の滞在中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(inha) = \frac{Ca_{ii} \times Q \times t \times a(inha) \times n}{BW} \text{ より、}$$

$$EHE(inha) = \frac{0.04121 \text{ mg/m}^3 \times 0.833 \text{ m}^3/h \times 2.0 \text{ h} \times 1 \times 1/\text{day}}{50 \text{ kg}} \\ = 1.37 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \text{ となる。}$$



**[全吸入暴露量]**

使用期間中の吸入暴露量と使用後の吸入暴露量から全吸入暴露量を算出すると、  
 $EHE(inha) = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mg / kg / day} + 1.37 \times 10^{-3} \text{ mg / kg / day} = 6.37 \times 10^{-3} \text{ mg / kg / day}$   
となる。

**<計算結果>**

吸入暴露量	$3.05 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$	【瞬間蒸発モード使用時間考慮】
	$6.37 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$	【定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少】
推定ヒト暴露量	$3.05 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$	【瞬間蒸発モード使用時間考慮】
	$6.37 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$	【定常放散モードおよび瞬間蒸発モード単調減少】

### Ⅲ-5 自動車用化学製品

#### Ⅲ-5-1 本カテゴリーの範囲

自動車内には、一般居室と同様に種々の製品が存在し、メンテナンス用品として種々の製品が販売されている。本付属書では、これら自動車内に存在する製品および自動車用メンテナンス用品全てを自動車用化学製品として取り扱う。ただし、自動車の内外にあらかじめ使用されている接着剤や塗料等は除く。

#### Ⅲ-5-2 本カテゴリーの特徴

多くの時間を過ごす一般居室に対し、自動車内に滞在する時間は短い。しかし、通勤、通学、レジャーなどで自動車を使用することは、個人差はあるものの一般的な行為であり、自動車用化学製品についての暴露評価は重要である。

自動車室内は、一般居室に比べて温度変化が大きく、炎天下での駐車状態では高温<sup>18</sup>に達する。また、換気状態は外気の導入の有無により極度に変化する。このため、これらの因子を考慮して、暴露評価を行う必要がある。

自動車に用いられる製品は多種多様であるが、暴露は以下のものによるものと考えられる。

- ①消臭剤/芳香剤：自動車内において、化学物質の放散による吸入暴露
- ②メンテナンス用品：洗浄剤、ワックスなどの使用による吸入暴露、経皮暴露

#### Ⅲ-5-3 暴露シナリオとアルゴリズム

考慮すべき暴露シナリオを設定し、暴露量を推定するためのアルゴリズムを選択する。

##### ①消臭剤/芳香剤

消臭剤、芳香剤は意図的に化学物質を放散(噴霧)させる。製品の形態(スプレー、設置型芳香剤など)によって、種々のアルゴリズムにより自動車内濃度を算出し、暴露量を推計する。自動車内の換気回数については、自動車の使用状況により大きく変化するため、換気を全く考慮しないか、または、一般居室の換気回数などを参考に仮定する。使用状況が想定できる場合は、エアコンの流量等から換気回数を設定する。

(暴露シナリオ) 自動車内空气中芳香剤成分の吸入暴露

自動車内用の芳香剤として、スプレータイプ、据え置きタイプ、エアコン直結タイプ(送風口に設置する芳香剤)が考えられる。

スプレータイプについては、車内空間に拡散したミスト(エアロゾル)の吸入を考慮する。ミストの大きさ(粒径)には分布があるため、粗大なミストは吸入されないが、どの程度の割合で吸入されるかは、予測が非常に困難である。そのため、科学的に信頼性のある値が得られた場合を除き、全てが吸入されるミストサイズになっていると仮定する。

据え置きタイプについては、一定の放散速度をもって対象空間に放散されるため、放散速度

---

<sup>18</sup> 夏期の自動車内温度は、非常に高温になることが知られており、夏期の昼間の車内温度は、27～51℃(平均 41℃)になるとの報告がされている(辻ら、室内環境学会誌、2006, 9(2), 90-91)。また、国民生活センターは、夏期の炎天下における車内温度の最高は 60.3℃であり、ダッシュボード上の温度は、86.7℃であったと報告している(乗用車内の安全を検証する、国民生活センター、2003)。

から算出する。

#### アルゴリズム

製品形態にあわせ、Ⅱ-1-2式、Ⅱ-1-4式、Ⅱ-1-6式およびⅡ-1-9式のいずれかを選択して平均空気中濃度を算出し、Ⅱ-1-1式より吸入暴露量を算出する。

なお、「Ⅲ-5-4 評価事例」には、自動車用化学製品として特徴のあるエアコン直結タイプの芳香剤の評価事例を記載するが、据え置きタイプやスプレー式の芳香剤・消臭剤については、「Ⅲ-4 消臭剤/芳香剤及び不快害虫忌避剤」の暴露シナリオやアルゴリズムと同様であるため、Ⅲ-4を参考に室内容積や換気回数に自動車用の値を用いて暴露量を算出する。

#### ②メンテナンス用品

メンテナンス用品に関しては、自動車用化学製品に分類しているが、接着剤や塗料、洗剤の評価方法と同様である。

洗剤：家庭用洗剤の評価法と同じであるため、詳細は「Ⅲ-3 家庭用洗剤」を参照のこと。

ワックス：塗料もしくは接着剤の評価法と同じであるため、詳細は「Ⅲ-1 家庭で使用する接着剤」または「Ⅲ-2 家庭で使用する塗料およびワックス」を参照のこと。

### III-5-4 評価事例

例 自動車用芳香剤 化学物質：d-リモネン

<p>&lt;d-リモネン&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAS No. 138-86-3</li> <li>・ 分子量 136.23 g/mol</li> <li>・ 蒸気圧 1.55 mmHg</li> </ul>																									
<p>&lt;暴露シナリオ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動車用芳香剤(10g)、エアコンの吹き出し口にセットするタイプ。</li> <li>・ d-リモネン含有量は、2.9%(香料全量の含有量は、14% *1)と仮定する。</li> <li>・ エアコン直結タイプの芳香剤であることから、自動車に乗車中は常にエアコンの使用を前提とする。</li> <li>・ 外気の取り込み流量をエアコンの流量 9m<sup>3</sup>/h *2、自動車内容積を 3m<sup>3</sup> *3と仮定し、換気回数を 3 回/h *4とする。</li> <li>・ 製品寿命(1日2時間の使用で6ヶ月使用可)から仮定した放散速度を算出する*5。</li> </ul> <p>-----</p> <p>*1 製品組成は、Mapping of chemical substances in air fresheners and other fragrance liberating products, Danish Environmental Protection Agency, 2002 に記載されている値を使用した。</p> <p>*2 エアコンの空気取り込みを外気から行うと仮定し、流量についても考えられる範囲で適当な値を仮定した。</p> <p>*3 軽自動車規格(長さ 3.4m、幅 1.48m、高さ 2m)の空間に車体が 6 割を占めると仮定し、その半分を車内空間として算出した。</p> <p>*4 換気回数(N)は、3m<sup>3</sup>の車内に外気が 9 m<sup>3</sup>/h で流入すると仮定していることから、N=9 m<sup>3</sup>/h / 3 m<sup>3</sup>=3/h となる。</p> <p>*5 放散速度 G(mg/h)は、放散速度=製品重量×対象物質含有量/使用(可能)時間より算出すると、G=10g×0.029/(2h/day×180day)=0.806mg/h となる。ただし、エアコンを使用していないときは、放散されていないと仮定する。</p>																									
<p>&lt;アルゴリズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 吸入暴露：定常放散</li> <li>・ 経皮暴露：想定されない</li> <li>・ 経口暴露：想定されない</li> </ul>																									
<p>&lt;各種データ&gt;</p> <table> <tr> <td>・ 使用量</td> <td>10 g</td> <td>・ d-リモネン含有率(Wr)</td> <td>2.9 %</td> </tr> <tr> <td>・ d-リモネン放散速度(G)</td> <td>0.806 mg/h</td> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>20 m<sup>3</sup>/day</td> </tr> <tr> <td>・ エアコン流量</td> <td>9 m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 自動車内容積(V)</td> <td>3 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>・ 換気回数(N)</td> <td>3 回/h</td> <td>・ 乗車時間(t)</td> <td>2.0h/day</td> </tr> <tr> <td>・ 呼吸量(Q)</td> <td>0.833m<sup>3</sup>/h</td> <td>・ 体重(BW)</td> <td>50 kg</td> </tr> <tr> <td>・ 体内吸収率(a)</td> <td>100 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		・ 使用量	10 g	・ d-リモネン含有率(Wr)	2.9 %	・ d-リモネン放散速度(G)	0.806 mg/h	・ 呼吸量(Q)	20 m <sup>3</sup> /day	・ エアコン流量	9 m <sup>3</sup> /h	・ 自動車内容積(V)	3 m <sup>3</sup>	・ 換気回数(N)	3 回/h	・ 乗車時間(t)	2.0h/day	・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50 kg	・ 体内吸収率(a)	100 %		
・ 使用量	10 g	・ d-リモネン含有率(Wr)	2.9 %																						
・ d-リモネン放散速度(G)	0.806 mg/h	・ 呼吸量(Q)	20 m <sup>3</sup> /day																						
・ エアコン流量	9 m <sup>3</sup> /h	・ 自動車内容積(V)	3 m <sup>3</sup>																						
・ 換気回数(N)	3 回/h	・ 乗車時間(t)	2.0h/day																						
・ 呼吸量(Q)	0.833m <sup>3</sup> /h	・ 体重(BW)	50 kg																						
・ 体内吸収率(a)	100 %																								
<p>&lt;計算&gt;</p> <p>◆吸入暴露</p> <p>&lt;定常放散モード&gt;を利用して吸入暴露量を算出する。</p> <p>乗車時間中の平均空気中濃度をⅡ-1-10式より算出する。</p>																									

$$Ca_t = \frac{G}{N \times V} \text{ より、}$$

$$Ca_t = \frac{0.806 \text{ mg/h}}{3/h \times 3 \text{ m}^3} = 0.0896 \text{ mg/m}^3 \text{ となる。}$$

これを II-1-1 式に代入し、乗車時間中の吸入暴露量を算出する。

$$EHE(\text{inha}) = \frac{Ca_{ti} \times Q \times t \times a(\text{inha}) \times n}{BW} \text{ より、}$$

$$EHE(\text{inha}) = \frac{0.0896 \text{ mg/m}^3 \times 0.833 \text{ m}^3/h \times 2.0 \text{ h} \times 1 \times 1/\text{day}}{50 \text{ kg}}$$

$$= 2.99 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day} \text{ となる。}$$

< 計算結果 >

吸入暴露量	$2.99 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$
推定ヒト暴露量	$2.99 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/day}$