

$R$ : 室気積[m<sup>3</sup>]、 $a$ : 対象化学物質の吸着速度[m/h]、 $A$ : 対象化学物質の吸着面積[m<sup>2</sup>]とする。

ホルムアルデヒドの実態濃度と室内発生量の検討を行い、化学吸着材施工室の濃度予測を行った。室内濃度が 0.41、0.16[ppm]の時、換気回数との関係から室内発生量はそれぞれ  $M=4189$ 、 $1666$  [μg/h]と求められた。このような室内において化学吸着材の化学物質除去能力(相当換気量)と室内濃度との関係を求めた。すなわち、室の吸着量  $aA:0$ [m<sup>3</sup>/h]、換気回数  $n:0.35$ [1/h]、室気積  $R:23.8$ [m<sup>3</sup>](6 畳大)とし、

実際の壁面には開口部があるが、今回は全壁面(25.2[m<sup>2</sup>])への施工を仮定した。また、室内にはある一定の気流があり、一様拡散状態を仮定している。

予測式に各パラメータを代入して濃度予測値を算出した。結果として、試験体 A ( $Q_{eq}:7.81$ [m<sup>3</sup>/h])では、厚生労働省指針値(80[ppb])まで減衰はしない。しかし、試験体 B ( $Q_{eq}:61.2$ [m<sup>3</sup>/h])、C ( $Q_{eq}:44.4$ [m<sup>3</sup>/h])の場合には指針値以下になる結果を得た。

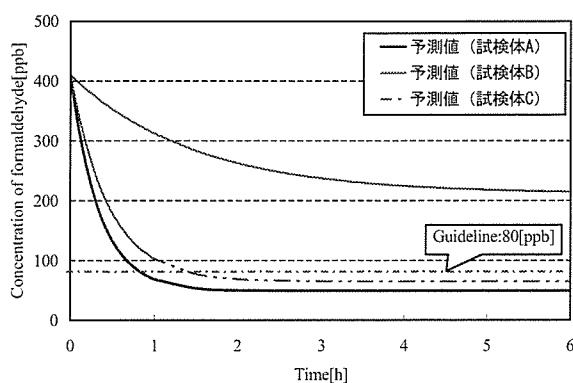


図-1 化学吸着材施工室のホルムアルデヒド濃度予測

#### IV-3. 2. 脱臭剤

現在、様々な室内空気汚染対策技術の開発が進められており、空気汚染対策製品が広く普及している。本研究では、空気汚染対策製品設置室のホルムアルデヒド濃度予測を行い、同製品の有効性を検証した。

「ホルムアルデヒド除去」の記載がある消臭剤を実験的に検証したところ、ホルムアルデヒド除去性能(相当換気量)は  $1.91$ [m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>]であった。ちなみに、この除去性能はテストした 11 種類の製品中で最も大きな値であった。

日用空気汚染対策品設置室における化学物質濃度予測式を次式に示した。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QC_0}{Q+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t})$$

ここで、 $M$ : 化学物質発生量[μg/h]、 $Q$ : 室換気量[m<sup>3</sup>/h]、 $C_0$ : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度[μg/m<sup>3</sup>]、 $Q_{eq}$ : 相当換気量[m<sup>3</sup>/h]、 $R$ : 室気積[m<sup>3</sup>]、 $a$ : 対象化学物質の吸着速度[m/h]、

$A$ : 対象化学物質の吸着面積[m<sup>2</sup>]とした。

室内におけるホルムアルデヒド発生量を求めた。この発生量と消臭剤の除去性能を予測式に代入し空気汚染対策製品設置室の濃度予測を行った。ちなみに、室内ホルムアルデヒド発生量  $M$ は、室内濃度と換気回数との関係から、 $M=1666 \sim 4189$ [μg/h]と求められた。予測条件は、室のホルムアルデヒド吸着量  $aA:0$ [m<sup>3</sup>/h]、換気回数  $n:0.35$ [1/h]、室気積  $R:23.8$ [m<sup>3</sup>](6 畳大)とした。予測の結果、当該消臭剤単体での設置では、室内ホルムアルデヒド濃度はほとんど変化せず、室内ホルムアルデヒド濃度の低減効果は極めて小さいことが示された。

#### IV-3. 3. 家庭用空気清浄機

近年、シックハウス問題に関する有効な対策の一つとして、家庭用空気清浄機が注目されている。本研究では、同予測式を用いて家庭用空気清浄機設置室の化学物質濃度予測を行い、家庭用空気清浄機の有効性の検証を行うことを目

的とした。

家庭用空気清浄機設置室における化学物質濃度予測式を次式に示した。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QCo}{Q+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t})$$

ここで、 $M$ : 化学物質発生量[ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]、 $Q$ : 室換気量[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、 $C_0$ : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]、 $Q_{eq}$ : 相当換気量[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、 $R$ : 室気積[ $\text{m}^3$ ]、 $a$ : 対象化学物質の吸着速度[ $\text{m}/\text{h}$ ]、 $A$ : 対象化学物質の吸着面積[ $\text{m}^2$ ]とした。

ホルムアルデヒドの実態濃度と室内発生量の検討を行い、家庭用空気清浄機設置室の濃度予測を行った。室内濃度が 0.41[ppm]の時、換気回数との関係から室内ホルムアルデヒド発生量はそれぞれ  $M=4189$  [ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]と求められた。このような室内で空気清浄機の化学物質除去能力(相当換気量)と室内濃度との関係を予測した。すなわち、室の吸着量  $aA:0$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、換気回数  $n:0.35$  [1/h]、室気積  $R:23.8$  [ $\text{m}^3$ ](6 畳大)とし、空気清浄機の化学物質除去能力(相当換気量  $Q_{eq}:10, 30, 50$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ])毎に予測計算を行った。実測調査による室内ホルムアルデヒドの最大値は 0.41[ppm]であった。そこで、この室内で最新の空気清浄機(除去能力( $Q_{eq}=30$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]))を運転する場合の室内濃度を予測した。この場合、室内濃度は厚生労働省の室内指針値(80[ppb])程度にまで減衰し、空気清浄機能力を  $Q_{eq}:50$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]に増大させると室内濃度は更に低下し、室内濃度指針値以下になった。一般的室内濃度(0.16[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ])の場合においては、 $Q_{eq}:10$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]の空気清浄機を用いても、室内濃度は室内濃度指針値程度の濃度になると予測された。

#### IV-3. 4. 換気システム

空気清浄ユニットの搭載により外気導入量を増大させることなく、室内空気汚染物質の除去が図れる循環型換気システムが注目されている。本研究では、当換気システム設置住宅のホルムアルデヒド濃度予測を行った。

換気システム導入室における化学物質濃度予

測式を(1)式に示した。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QCo}{Q+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t})$$

ここで、 $M$ : 化学物質発生量[ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]、 $Q$ : 室換気量[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、 $C_0$ : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]、 $Q_{eq}$ : 相当換気量[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、 $R$ : 室気積[ $\text{m}^3$ ]、 $a$ : 対象化学物質の吸着速度[ $\text{m}/\text{s}$ ]、 $A$ : 対象化学物質の吸着面積[ $\text{m}^2$ ]とした。

ホルムアルデヒドの実態濃度と室内発生量の検討を行い、換気システム運転室のホルムアルデヒド濃度予測を行った。室内濃度が 0.41、0.16[ppm]の時、換気回数との関係から室内発生量はそれぞれ  $M=4189, 1666$  [ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]と求められた。このような室内で換気システムのホルムアルデヒド除去能力(相当換気量)と室内濃度との関係を予測した。すなわち、室の吸着量  $aA:0$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]、換気回数  $n:0.35$  [1/h]、室気積  $R:23.8$  [ $\text{m}^3$ ](6 畳大)とし、換気装置のみ運転の場合(換気回数:0.5[1/h])と換気装置+空気清浄装置運転(機器風量:75、100[ $\text{m}^3/\text{h}$ ])の場合について検討した。予測の結果、換気装置のみでは、ホルムアルデヒド濃度は指針値以下に下がらないのに対し、空気清浄ユニットを併用運転した場合、機器風量 75[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]では厚生労働省濃度指針値(80[ppb])程度までに減衰し、100[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]では濃度指針値以下にまで減衰することが予測された。

#### IV-3. 5. 居住状態における室内化学物質濃度予測手法の開発

本研究ではこれまで得られた知見に基づき、化学物質発生源となる生活用品および室内化学物質汚染に対応した対策品を選定・検討し、健康的室内空気環境を提供する住宅設計手法の提案を目的とする。最終的には、住宅設計段階における室内化学物質濃度予測を実現するものである。

##### (1) 総括的室内濃度予測法について

###### 1) 室内化学物質濃度の構成

室内における化学物質の発生源と除去機構については、化学物質の室内濃度( $C$ )は、①室

内における総化学物質発生量( $M$ )、②各種対策技術の対象化学物質総浄化能力( $Q_{eq}$ )、③室換気量( $Q$ )、④室内における対象化学物質吸着量( $aA$ )等により構成される。

## 2) 室内濃度予測式の提案

化学物質の発生源と除去機構が混在する場合の室内濃度予測式を提案している。

建物に起因した発生量および居住者による持ち込み品(生活用品等)の発生量  $m_k[\mu\text{g}/\text{h}]$  の総和で示される室内発生源の化学物質総発生量  $M[\mu\text{g}/\text{h}]$  と空気清浄機等の浄化能力  $q_{eqk}[\text{m}^3/\text{h}]$  の総和により示される低減対策技術の対象化学物質総浄化能力  $Q_{eq}[\text{m}^3/\text{h}]$  を用いて、室内化学物質濃度の式で示される。

$$C = C_0 e^{-\frac{Q-V_t S-aA-\sum_{k=1}^n q_{eqk}}{R} t} + \frac{\sum_{k=1}^n m_k + Q C_0}{Q + V_t S + aA + \sum_{k=1}^n q_{eqk}} (1 - e^{-\frac{Q-V_t S-aA-\sum_{k=1}^n q_{eqk}}{R} t})$$

$m_k$ : 各発生源の化学物質発生量 [ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]  
 $C$ : 対象化学物質室内濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
 $Q$ : 室換気量 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $C_0$ : 対象化学物質外気濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
 $V_t$ : 対象化学物質落下速度 [ $\text{m}/\text{h}$ ]  
 $q_{eqk}$ : 各対策技術の化学物質除去量 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $S$ : 床面積 [ $\text{m}^2$ ]  
 $aA$ : 対象化学物質吸着量 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $R$ : 室気積 [ $\text{m}^3$ ]  
 $C_1$ : 対象化学物質初期濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

式を用いることにより、化学物質の発生源と除去機構が存在する室内のある任意の時刻  $t$  における室内化学物質濃度を予測することができる。

## (3) 具体的な室内化学物質濃度予測

本報で予測対象とした部屋は、①LDK (5.46[m] × 5.46[m] × 2.7[m])、②寝室 (3.64[m] × 4.55[m] × 2.7[m]) である。

### 1) LDK における化学物質濃度予測

家具設置前の室内のホルムアルデヒド濃度は  $81.9[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、TVOC 濃度は  $208[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  であった。予測時間は物品設置 48 時間後とした。LDK 内に家具を持ち込むことにより、室内のホルムアルデヒド濃度は  $117[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、TVOC 濃度は  $424[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  となり、厚生労働省で定められている指針値または目標値を超過した。

### 2) 低減対策済み LDK における化学物質濃度予測

予測条件におけるフローリング建材を合板から無垢フローリングに、壁紙をビニールク

ロスから多孔質材料へと変更した。これにより、室内化学物質濃度はホルムアルデヒドが  $63[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、VOC は  $187[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  となり、対策前と比較するとホルムアルデヒド濃度が 46[%]、VOC 濃度は 56[%] の低減効果が示された。

また、相当換気量  $19.9[\text{m}^3/\text{h}]$  を有する空気清浄機を設置した場合、ホルムアルデヒド濃度が 56[%] 減少、VOC 濃度は 66[%] 減少した。

### 3) 寝室における化学物質濃度予測

建材、家具等を寝室で使用した場合のホルムアルデヒドおよび VOC 濃度の予測を行った。なお、予測時間は物品設置から 48 時間後とした。

家具設置前のホルムアルデヒド濃度は  $55.6[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、VOC 濃度は  $142[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  となった。寝室に家具を持ち込むことにより、ホルムアルデヒド濃度が  $70.5[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、VOC 濃度は  $219[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  となった。

### 4) 低減対策済み寝室における化学物質濃度予測

予測条件におけるフローリング建材を合板から無垢フローリングへと変更した。これにより寝室のホルムアルデヒド濃度は  $40.8[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、VOC 濃度は  $131[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  となった。対策前と比較するとホルムアルデヒド濃度は 42[%]、VOC 濃度では 40[%] の低減効果が示された。

また、相当換気量  $19.9[\text{m}^3/\text{h}]$  を有する空気清浄機を設置した場合、ホルムアルデヒド濃度は 55[%]、VOC 濃度は 73[%] 減少した。

以上のことより以下のような結論を導くことができた。

- 1) 発生源発生量と除去機構の除去性能を予測式に代入することにより、設計段階での室内濃度予測が実現した。
- 2) 本予測条件において、LDK と寝室に室内化学物質濃度の低減対策を施すことにより、全体でホルムアルデヒド濃度は 75~76[%]、VOC 濃度では 84~85[%] の濃度低減が可能であることが明らかになった。

## V. 家庭用品中化学物質への曝露推計モデルの開発に関する研究

曝露評価は、ヒトが最終的に経口、経気道あるいは経皮的に曝露する化学物質の量を算出することにある。しかしながら、曝露源である種々の製品における利用の仕方は、千差万別であり、曝露源における化学物質の存在量や放散量などの把握のみで、ヒトの曝露量を算定することはできない。本研究における家庭用品は、我々を取り巻くあらゆる製品が対照となるといっても過言ではない。したがって我々の周辺にある製品から放散される化学物質によって曝露する機会を把握する技術と評価の過程を詳細に検討していくことが、安全性評価の観点から極めて重要である。

家庭用品から放散される化学物質に対するリ

スクアセスメントは、図-1のようである。一方、リスクコミュニケーションで行った我々の周辺にある家庭用品から放散される化学物質の曝露量を概算する。一方、生涯曝露しても安全な量を用量-反応評価を求める。ついで、用量-反応評価で求めた安全量・曝露量のどの程度であるかを概算し、安全量の1/10程度の曝露量である場合には詳細な曝露評価を実施し、家庭用品中の個々の化学物質のリスクアセスメントを行うものである。そのうち、曝露評価については、曝露を想定した家庭用品の類別化とそれを基にした対象化学物質を選定する。ついで類別化と対象化学物質類から放散パターンと曝露経路の概念を想定し、それを基に放散量評価試験による放散実態の把握のデータを求める。さらに、曝露シナリオと曝露量の推定と不確実性の範囲から総合的曝露評価を求めることである。

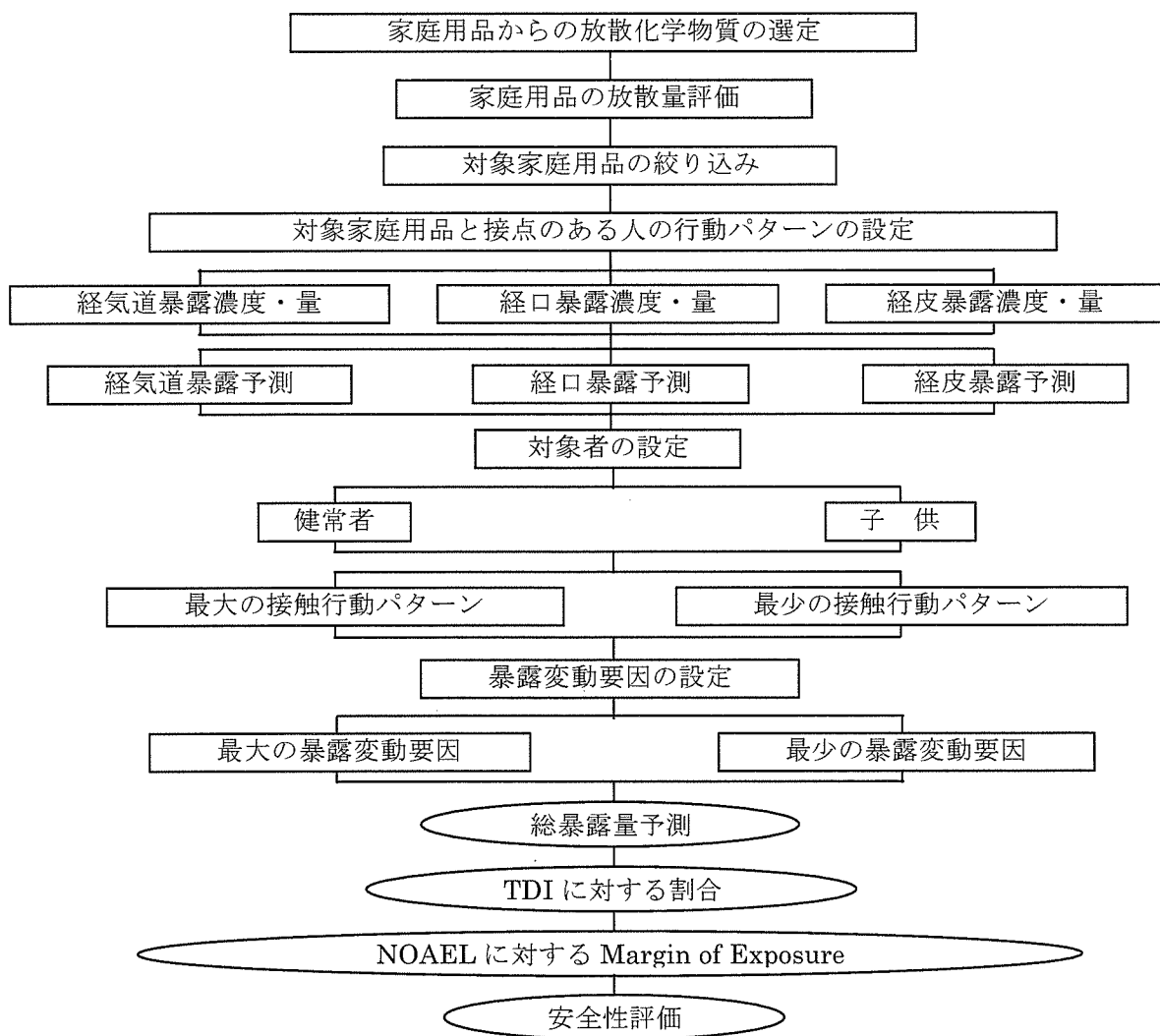


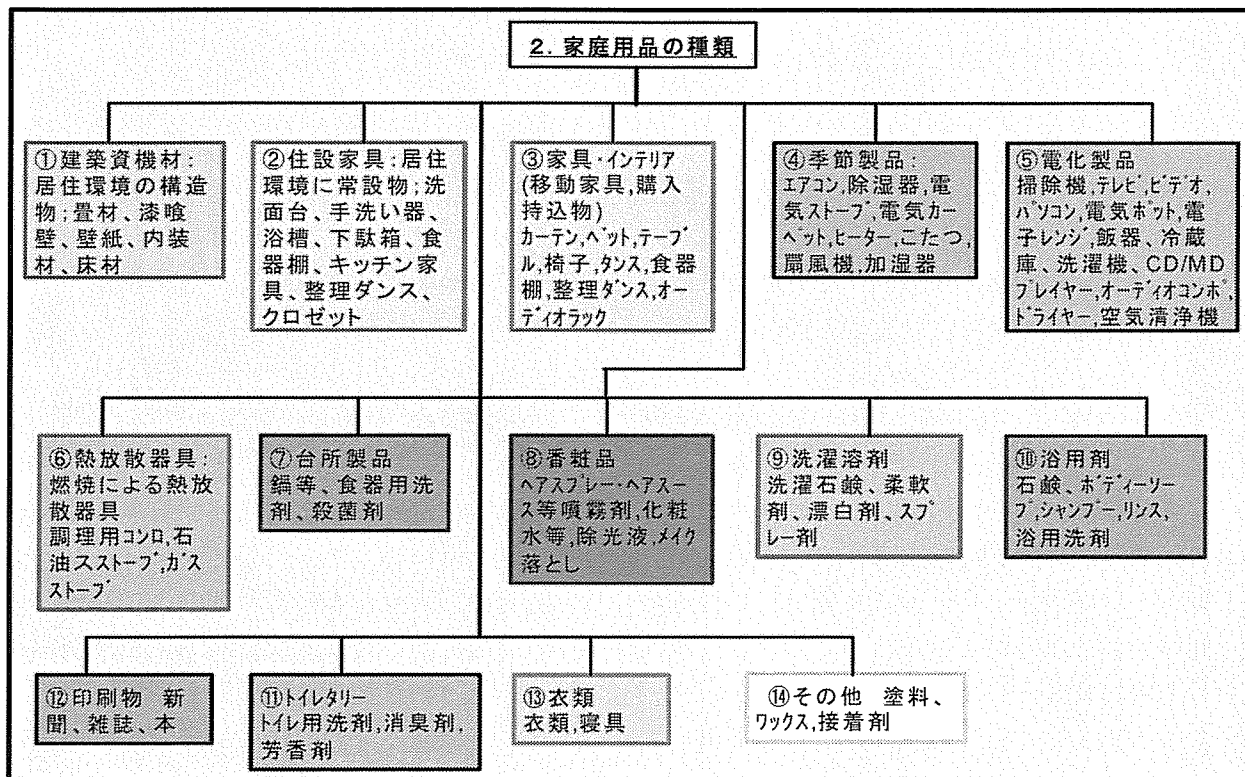
図-1 家庭用品から放散される化学物質に対するリスクアセスメントの概要

## V-1. 家庭用品からの暴露の様式に伴う類別化と暴露の機会に関する研究

暴露のパターンを想定した家庭用品からの化

学物質の放散様式を類型化する作業から始まる。この類別化から、使用様式と頻度等による暴露実態の振れ幅を評価することを目的とする。

表1 家庭用品の類別化



### V-1. 1. 家庭用品の種類

室内環境において家庭用品から放散する化学物質による暴露を評価するためには、家庭用品から化学物質がヒトにどのような状況で暴露するかを理解しておかなければ、暴露量の推定ができないため、家庭用品をヒトが利用・使用する場合の条件を詳細に把握する作業が必要である。そこで、家庭用品及び類似物の（種類を列記した。）使用・利用の面から家庭用品の分類を行った。

家庭用品は、家庭に存在するものの全ての製品と言っても良いもので、明確な定義はなされていない。以下に、家庭用品の使用・利用面からの製品を、(1) 家庭用品に属さないが室内空気質に影響する建築資機材類、(2) 建築物に住設した家具類、(3) 日常的に長時間使用・利用する製品、(4) 日常的に短時間使用・利用する製品等と分類し、そこから、以下のように製品

別に14種類に分類した。

- ①建築資機材：居住環境の構造物、②住設家具：居住環境に常設してあるもの、③家具・インテリア（移動家具）：居住環境に購入などのよって持ち込んだもの、④季節製品：季節的、特に夏季または冬季のみ使用製品、⑤家庭電化製品、⑥熱放散器具、⑦台所製品、⑧化粧品、⑨洗濯溶剤、⑩浴用剤、⑪トイレタリー、⑫印刷物、⑬衣類、⑭その他

### V-1. 2. 暴露の類型化を念頭に置いた家庭用品の分類

上記の種類別家庭用品について、暴露の観点から類別化するため、以下のように類型化することを試みた。暴露の類型化にあたっては、①製品の機材、材質からの分類、②利用・使用方法からの分類、③使用・利用の頻度、回数、時

間等、暴露の機会からの分類、④家庭用品中化学物質の存在形体からの分類、⑤化学物質の物理・化学特性による暴露経路からの分類、⑥室内における大型家庭用品の設置場所、⑦製品からの放散速度、⑧熱の要因による放散量に変化するもの、⑨暴露の機会の9つに分類した。

また、これらの類型化は、最終的な暴露量の算定に用いることから詳細な検討が必要である。

#### (1) 製品の機材、材質からの分類

家庭用品からの化学物質の放散量は、製品や材質が第1の要因と考えられる。そのため、上記2.1.家庭用品の分類の項で挙げた対象品について製品の機材、材質からの分類を行った。

基材の材質は、むく板、合板、金属材、プラスチック、その他とし、最も放散に寄与する表面加工については塗装品、ビニールシート等の接着、紙等の接着、機材(木材)のまま、機材(プラスチック)のまま等と、これらの組み合わせに分類できる。

##### 1) 基材の材質

- ①合板・むく板(機材・歳質から多量に化学物質を放散する可能性が高いもの)
- ②金属材(化学物質の放散量が少ないと思われるもの)
- ③熱放散器具(ガス、石油等を燃料とする熱放散器具で、室内に燃焼ガスや熱を放散する製品)
- ④プラスチック(製品の表面及び内部にプラスチックが多く使用されているもの)

##### 2) 表面加工材

- ①塗装品(上記機材・材質の表面に塗料等で塗装したもの)
- ②紙・ビニールシートなどを接着面に接着するものの分類

#### (2) 使用時、熱発生に伴う化学物質放散量変動製品の分類

燃料の燃焼や電氣的熱を放散する器具で、熱の発生によって塗装面からの塗料成分や内部器具や材から化学物質を放散する他、燃焼ガスが放散するものとして、①熱発生器具と②冷熱器具に分類した。

#### (3) 家庭用品中化学物質の存在形体からの分類

ここでは家庭用品の存在形態として固体、液体、気体での分類とした。

- ①固体製品:家庭用品の大部分がこれに分類され、製品の基材や表面塗装剤からの化学物質の放散が考えられる。
- ②液体製品:日内で短時間または瞬時使用製品などがこれに分類される。
- ③気体製品:日内で短時間または瞬時使用製品などがこれに分類される。

#### (4) 化学物質の放散速度からの分類

(3)の項の製品の化学形態にほとんど依存する。

- ①固体製品:大部分の製品がこれに分類され、製品の基材や表面と内部からの化学物質の放散が考えられる。化学物質の放散率及び量は低い。
- ②液体製品:日内で短時間および瞬時使用製品などがこれに分類される。室内空気中への化学物質の放散率は極めて高い。
- ③気体製品:日内で短時間および瞬時使用製品などがこれに分類される。室内空気中への化学物質の放散率は瞬時に多量である。

### V-1. 3. 暴露の機会からの分類

家庭用品の形状や用途の違いにより、室内に持ち込まれる家庭用品は種々の形体、用途によって暴露条件は大きく異なる。

暴露の機会には、(1)使用・利用頻度、回数、時間等、(2)家庭用品中化学物質の形状による暴露経路、(3)物理特性による暴露経路、(4)家庭用品の設置場所、(5)居室の暴露時間等によって、1日の暴露量は異なる。その大まかな暴露の機会の分類は以下のものであり、そのほとんどは前項3.の製品の類型化によると考えられる。

#### (1) 利用・使用状況等、季節製品からの分類

季節(夏季または冬季)によって使用・未使用が明確な家庭用品で、未使用期にはほとんど化学物質を放散しないものの、使用期には家庭内に設置や運転による熱・風の発生によって化学物質の放散量が増加するもの等に

分かれ、その多くが家庭電化製品あるいは熱放散器具が該当すると考えられる。

## (2) 使用・利用の頻度、回数、時間等、暴露の機会からの分類

使用・利用の頻度、回数、時間等によって分類されるもので、日内での利用では常時、長時間、短時間に分かれる。日内の他、週内、月内あるいは年内での使用・利用の状況に分類される。ここでは日内を例として分類した。

①常時放置製品（居室に製品が存在している間常時化学物質を放散するもの）

②日内短時間の限定使用の製品（日内で比較的短い時間（1～2時間）の使用によって部分的に極めて高濃度に化学物質を放散するものに分類されるもの）

③日内瞬時使用の製品（日内で短時間（1～20分程度）の使用によって部分的に極めて高濃度に化学物質を放散するものに分類されるもの）

## (3) 化学物質の物理・化学特性による暴露経路からの分類

家庭用品中化学物質の物理化学特性から暴露の経路を想定した分類を行った。

①経気道暴露の可能性ある製品：固体製品、液体製品及び気体製品に含まれる化学物質が室内空气中に直接放散する製品が分類され、①～④までの全ての家庭用品が対象となる。ただし、その放散量及び放散パターン等は全く異なる。一方、家庭用品中の化学物質が高沸点の物理特性を有するフタル酸エステル類を想定した場合は経気道暴露想定した評価を行うのではなく、家庭用品や床、壁、机等の家具等との接触を想定し、経気道暴露ではなく、経皮暴露あるいは経口暴露として暴露量を算出すべきである。

②経口暴露の可能性ある製品：液体製品を誤飲、誤食等によって経口的に暴露する製品が分類されるが、アクシデントによることが多い。その他、固体製品に含まれる化学物質にヒト、特に乳幼児がなめるなどによって直接経口的に化学物質を摂取する製品が分類されるが、その割合は少ないと考え

られる。

③経皮暴露の可能性ある製品：固体製品及び液体製品が皮膚を介して直接吸収する製品が分類される。

## (4) 家庭用品の設置場所や行動パターン

家庭用品中化学物質の物理・化学的特性並びにばかりでなく、家庭用品の設置場所や人の行動パターンを把握する必要がある、その例として①高湿度場所、②低湿度場所、③高換気場所、④低換気場所の4箇所が考えられる。

## V-1. 4. 家庭用品の暴露評価を想定した分類

分類された家庭用品は、使用時間等の変動要因を加味した分類を作製する。

## V-2. 家庭用品中化学物質の放散パターンと暴露経路の概念に関する研究

昨年度、種々の家庭用品からの放散の状況を把握してきた。そこで本年度は、これらの情報を基に暴露評価と家庭用品に由来するリスク評価を試みた。本年度は以下に示す居室、家庭用品の種類、対象者、呼吸量等の条件を仮定した場合の家庭用品からの放散と暴露量を推定の考え方を整理した。

### V-2. 1. 化学物質の暴露状況からの類別化

室内に持ち込まれる家庭用品は、用途、形状、使用方法などの違いによって、人が暴露する条件は大きく異なる。したがって、家庭用品の使用・利用の仕方を詳細に把握した上で、人への家庭用品中化学物質の放散による暴露の可能性についてその経路、頻度、時間、期間等状況は把握しなければならない。そのため、コ-1 家庭用品の類別化の項で示した分類を基に、それぞれの家庭用品からの化学物質の暴露頻度や時間を算定する考え方を整理することとした。

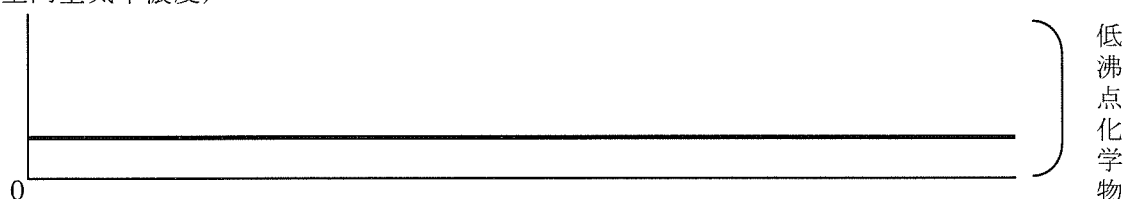
家庭用品に由来する化学物質は物理・化学特性に従って、室内空気、床面および壁面を介した経気道暴露あるいは接触や付着等による経口あるいは経皮的なヒトへの暴露も異なることが

予想される。そのため暴露量推定の目安となる家庭用品の使用に伴う空気、床面および壁面への分布の概念を示した。

## V-2. 2. 家庭用品の用途と利用・使用の仕方に伴う室内空気、床面、壁面の化学物質の濃度変化

家庭用品の使用による化学物質の放散のパターンは、家庭用品の用途と利用・使用の仕方によっては、常時放散、一定時間放散、間欠放散、瞬時放散などに分かれる。また、家庭用品中化学物質は室内空気中への放散ばかりではなく、化学物質は沸点が 250℃を超えるものであっても、空気中に放散したり、空気中に放散された化学物質が床や壁あるいは家具等に凝結したり、付着・沈着する。家庭用品を利用・使用した場合、化学物質は空気中、床面、壁面へと分布することになる。さらに、ヒトが触れることによって、経皮的に暴露したり、手などをなめることによって経口暴露する。一方、家庭用品の使用による化学物質の日内の変動が起こり、暴露評価に直接的に影響する。その概略は使用と空気、床面、壁面への分布は以下のようなものである。

### ① (室内空気中濃度)



### ② (床面・壁面濃度)

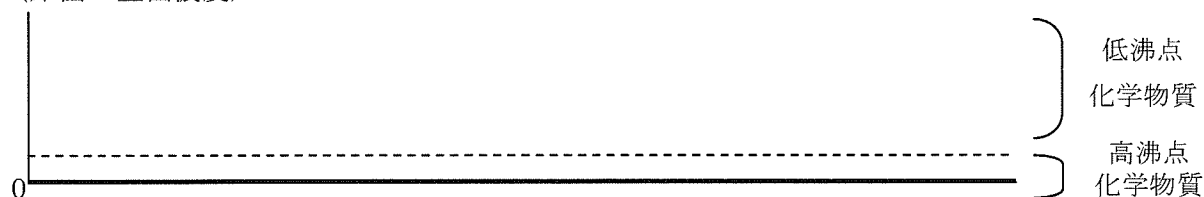


図-2 常時利用家庭用品の室内、床面、壁面の化学物質濃度変化

## (1) 使用方法と室内での分布の概念

家庭用品の利用・使用した場合の室内に放散された化学物質は、室内での空気、床面、壁面へ分布によって影響される。また、その室内に居住した場合のヒトへの暴露は、室内での空気、床面、壁面への分布とヒトの行動パターンが大きく影響する。各家庭用品の使用における経時的な日内の空気中濃度変化は以下のように推移すると想像される。

### 1) 建具のような常時室内に化学物質を放散している家庭用品

#### ①室内濃度

想定される室内あるいはその周辺の空気中の濃度と時間の関係は図-2. ①に示すように、ほぼ一定の濃度が持続するものと考えられる。

#### ②床面、壁面

常時放置あるいは使用における家庭用品からは常温における放散であることから低沸点の化学物質と考えられる。したがって、放散する化学物質は揮発性物質が対象と考えられることから、床面・壁面への化学物質の沈着や吸着は少ないと予想される。

## 2) 人の活動時のみ使用の家庭用品

### ① 室内濃度

人が活動する時間帯に合わせて化学物質が放散し、就寝時には化学物質の放散が

みられないもので、図-3のようなパターンで示される。また、人の活動数も常時ばかりでなく、短時間の利用も考えられる。人の生活活動には、使用によって熱が発生



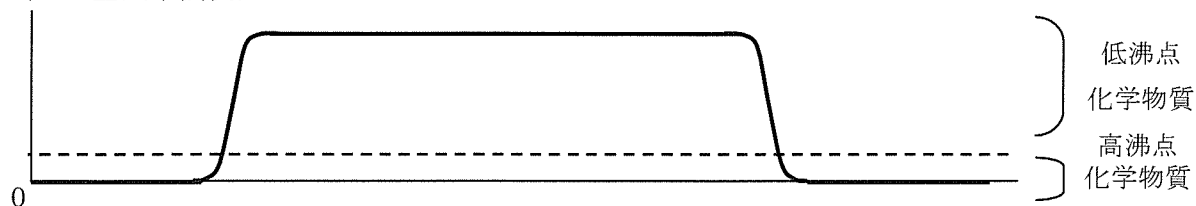
するもの、活動面積が・体積が増えるもの等、種々が考えられる。

② 床面・壁面

人の生活活動と共に化学物質の放散するものの中で、常温で空气中濃度が増加する家庭用品は揮発性物質と考えられるこ

とから床面・壁面への沈着・吸着は少ない。しかし、熱を利用する使用においては高沸点化学物質の放散も考えられることから、空气中化学物質と異なる化学物質の床面・壁面への沈着・吸着が考えられる。

① (室内空气中濃度)



② (床面・壁面濃度)

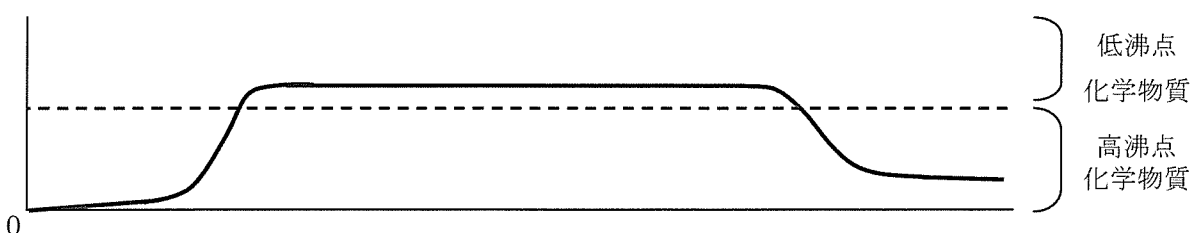


図-3 人の活動時間のみ使用の家庭用品の室内、床面、壁面の化学物質濃度変化

3) 家庭用品の使用と共に室内濃度が上昇する家庭用品

① 室内濃度

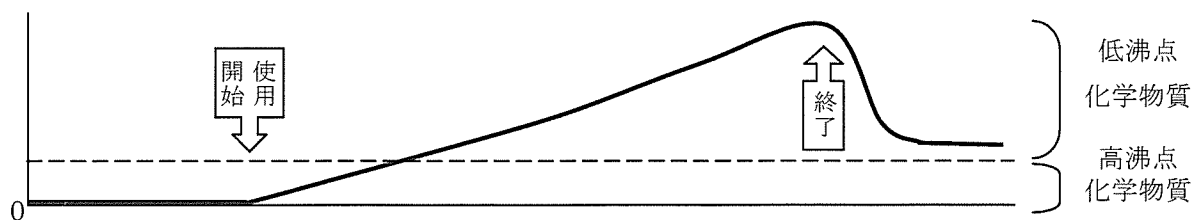
使用によって熱を発生する家庭用品においては、図-4で示されるもので、熱の発生に伴い中沸点あるいは高沸点の化学物質の放散が起こる。しかしながら、空气中に放散された化学物質は床面・壁面等への吸着によって空气中濃度は使用の停止によって急速に低下する。フタル酸エステルなどはその典型である。使用時間は比較

的短時間から長時間の家庭用品まで種々の条件が考えられる。また、購入初期においては低沸点化学物質の放散も考えられる。

② 床面・壁面

家庭用品の使用と共に熱によって強制的に化学物質の放散するもので、熱によって空气中に放散された高沸点化学物質は時間と共に床面・壁面への沈着・吸着が考えられると共に使用中においても長時間残留する。

① (室内空气中濃度)



② (床面・壁面濃度)

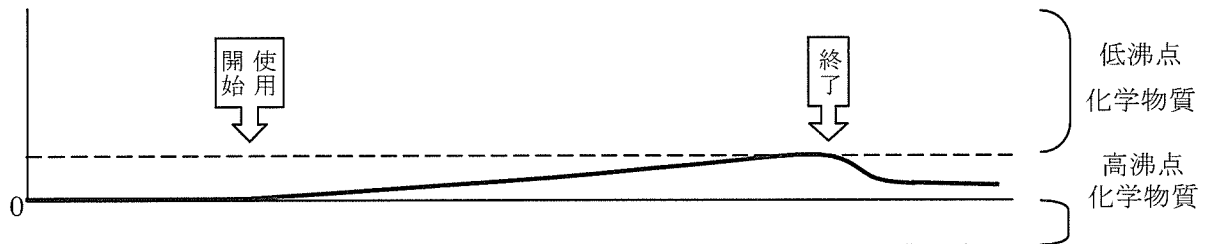


図-4 熱発生のある家庭用品の室内、床面、壁面の化学物質濃度変化

4) 使用によって局所に一時的に高濃度な状況が発生する家庭用品

① 空気中濃度

使用によって、局所に一時的に高濃度となるもので、図-5に示すように高濃度の状態を保つ時間は、短時間に限られ、短時間で室内全体に拡散し、室内全体としての濃度は低いことが想定される。また、一部の化学物質は空気中に低濃度長期間存在する。この種の家庭用品は、化粧品など加圧製品で噴霧して使用したり、アルコール等と共に使用する揮発性の製品が多く、種々の性質を持った化学物質の混合である。し

かしながら、混合製品であることから、低い高沸点化学物質も同時に噴霧されるなどによって床面・壁面への分布も想定できる。また、その使用量や噴霧回数が過度であったり、低い換気率の室内が確保されている場合にはその濃度の増加と時間の延長が予想される。

② 床面・壁面

使用によって混合物のうち、高沸点化学物質は床面・壁面への沈着・吸着が考えられる。また、空気中化学物質と異なる化学物質の床面・壁面への沈着・吸着が考えられる。

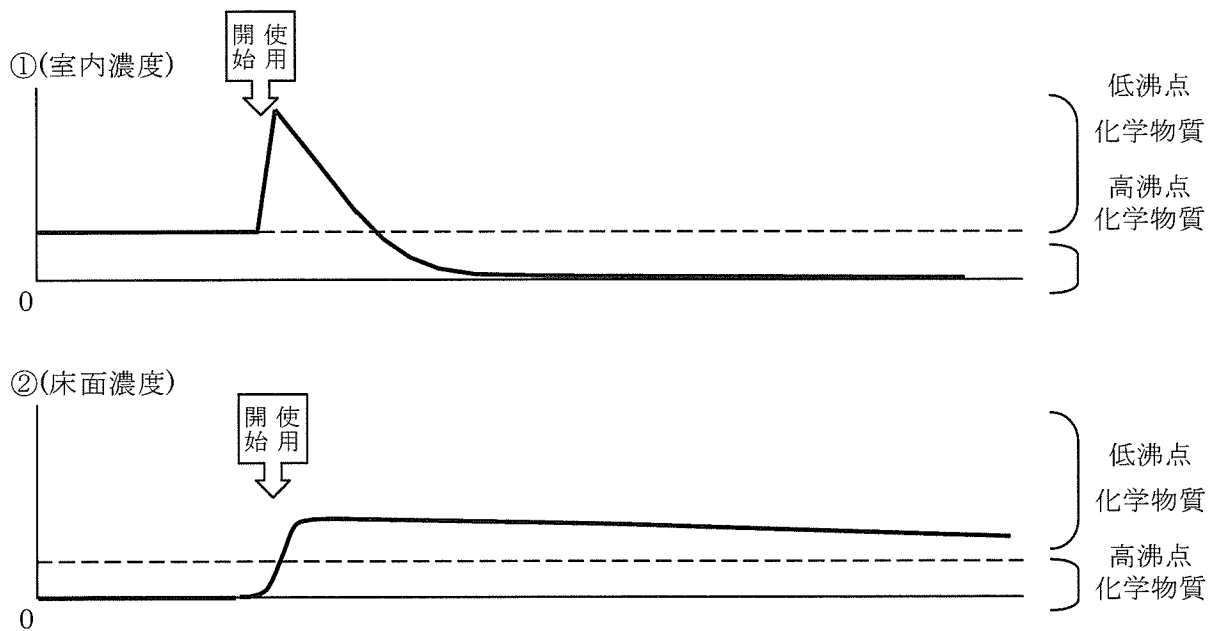


図-5 局所に一時的に高濃度発生のある家庭用品の室内、床面、壁面の化学物質濃度変化

5) 間欠使用の家庭用品

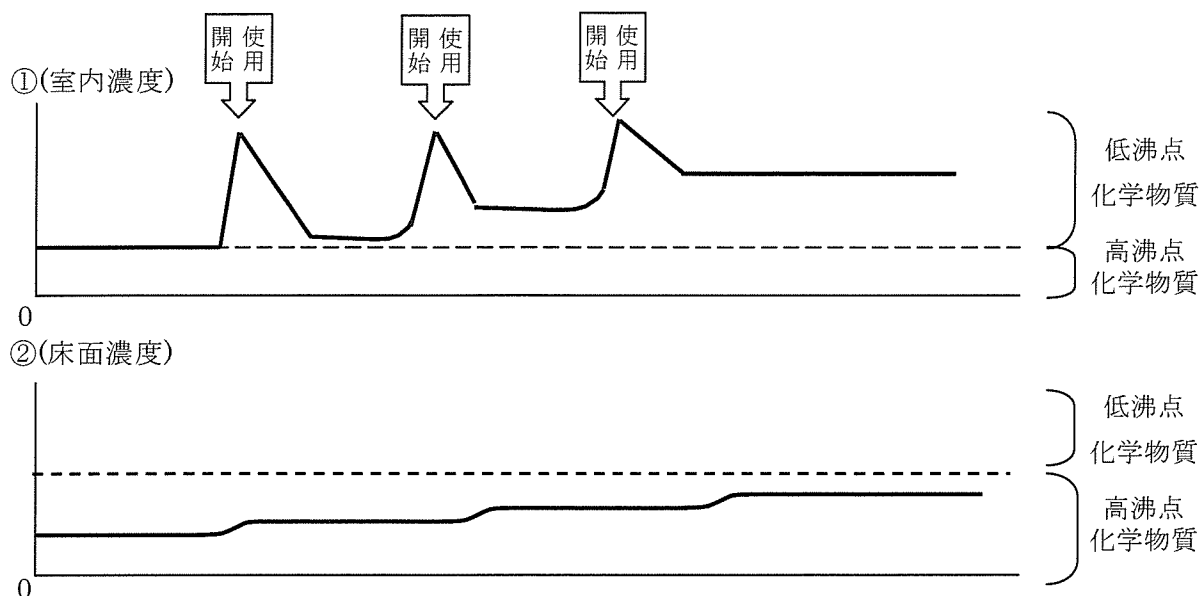
① 空気中濃度

1日のうちに間欠使用する場合の室内濃度は図-6のようである。間接使用によ

って、空間の濃度は上昇傾向となる。

② 床面・壁面

使用の旅に高沸点化学物質の濃度は上昇し、長期間残留する。



図－6 室内濃度の概念図

## 6) 弱者における暴露

室内の家具などの隅に設置・塗布するため、接触する機会は極めて少ないものの、弱者、特に子供における家庭用品からの化学物質による暴露は健常人と異なる行動パターンをとることが予想される。特に、触れるあるいは舐める等による直接接触あるいは経口的に摂取する可能性は否定できない。このような場合においては、個々の家庭用品の用途や使用・利用の状況と行動パターンを考慮して不確実性を評価する。

## 7) 家庭用品の利用・使用による季節変動、年間変動

ここで取り上げた大部分の家庭用品は、日内変動を想定したものであるが、その他に季節間変動あるいは年間変動の家庭用品についても不確実性を考慮する。

## V-3. 家庭用品の放散量の試験方法に関する研究

家庭用品を室内で使用した場合の化学物質の放散量を評価するため、一般居住環境を想定したチャンバーまたは居室試験によって、室内空气中濃度および床面、壁面への沈降または吸着残留量を求める曝露評価試験を実施する必要がある。試験方法の内容は、曝露評価手順、研究方法、室内試験条件、室内実験器具及び材料、

サンプリング方法、空気サンプリングにおける捕集カラムの破過試験、換気率の測定方法、炭酸ガスを用いる居室の換気率測定、家庭用品放散試験とサンプリング、空气中及び床・壁面への吸着・付着化学物質の分析方法となり、本概要では、その詳細は省いた。

## V-4. 総合曝露評価に関する研究

### V-4. 1. 家庭用品中化学物質による曝露評価の手順

家庭用品から放散される化学物質による曝露評価とそれに続くリスクアセスメントは、図-1のようである。そのうち、曝露評価については、家庭用品の類別化とそれを基にした対象化学物質の選定、放散量評価試験による放散実態の把握のデータを基に、本項における曝露シナリオと曝露量の推定と不確実性の範囲を求める(太線で示した部分)ことである。本項においては、それぞれの家庭用品の使用・利用状況に基づいた曝露量の推定の手順を示した。

### V-4. 2. 曝露評価の基礎データ

#### (1) 家庭用品放散量試験のよる室内空気、床面、壁面における化学物質質量

家庭用品中化学物質の室内使用を想定し、前項に示した「家庭用品の放散量評価試験方法」によるチャンバー試験によって、室内空

気中濃度および床面、壁面への沈降または吸着量および接触付着量を求める。その概要は

図-7のようである。

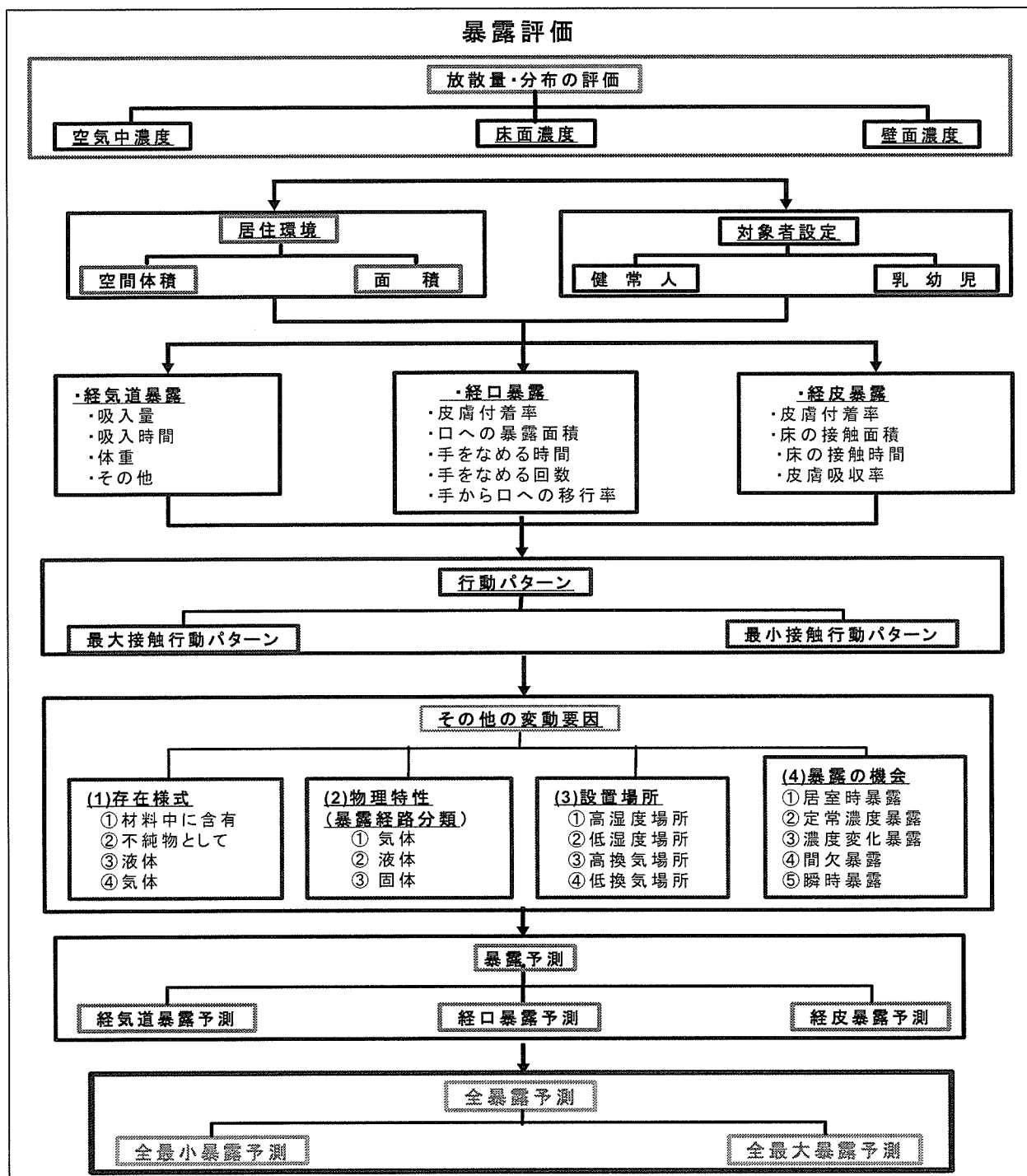


図-7 暴露評価の概要

(2) 居住環境における空間、面積の設定

家庭用品が設置される居住環境を設定する。その例として、表2に示すように、6畳一間と一戸建て家屋(60m<sup>2</sup>)を想定する。この空間は特定あるいは平均的空間などそれぞれの目

的に応じて、面積、天井高さおよび換気回数を変動することも可能である。また、弱者を想定した行動パターンの面積はそれぞれの状況に合わせて設定することができることとする。

表2 居室の条件および健常人の呼吸量

	居 室	一戸建て
居室面積	6 畳間 (10.6 m <sup>2</sup> )	3 L D K (60 m <sup>2</sup> )
居室体積	23.3m <sup>3</sup>	132m <sup>3</sup>
天井高さ	2.2m	2.2m
換気回数	0.5	0.5

V-4. 3. 暴露経路における基礎的変動要因  
における重み付け

家庭用品の放散量評価試験で求めた室内空気、床面、壁面の分布量と経気道、経口および経皮は、それぞれの暴露の変動パラメータおよび使用・利用方法から想定した暴露時間から各暴露経路における化学物質暴露量を健常人、子供の行動パターンを経気道、経口及び経皮の暴露経路の変動パラメータに従ってデフォルト値を変更して重み付けする。ただし、特異的な使用・利用条件の場合は、重み付けを変更する。

(1) 経気道暴露

健常人及び子供の吸入暴露における変動パラメータは、適切な情報がない場合には表3に従って平均的な重み付けする。

表3 吸入暴露の変動パラメータのデフォルト値

パラメータ	健 常	子 供
空気吸入量 (l/min/kg)	0.220	0.403
吸入暴露時間(hr/d)	16.4	18
体重(kg)	50	15

(2) 経口暴露

健常人及び子供の経口暴露における変動パラメータが適切な情報がない場合には表4に従って平均的な変動パラメータで重み付けする。

- 1) 健常人：床面を介した経口的な摂取は無いものと評価する。
- 2) 子供：年齢によって異なるが子供は床面への直接あるいは間接的な接触を介して経口摂取するので、以下の変動パラメータを用

1) 健常人

- ①空気吸入量は 0.22 l/min/kg と仮定する。  
呼吸量は活動状況や年齢，性等により異なるので、適切なシナリオの下に算出する。ここでは 1 日の健常の活動状況を休息 16 hr/day(休息時の呼吸量 8 l/min)、軽作業を 8 hr/day(軽作業時の呼吸量 16 l/min)として健常人の平均空気吸入量を 0.22l/min/kg と仮定する。
- 体重は 50kg と仮定する。
- 室内滞在時間は 16 時間と仮定する。

2) 子供

- ①空気吸入量は 0.403 l/min/kg と仮定する。
- ②体重は(3 歳児、15kg(文献 3))と仮定する。
- ③室内滞在時間は 18 時間/日と仮定する。

いて暴露量を算出する。

- ①皮膚付着率(%)  
カーペットでは床面の存在量の 5%と仮定する。硬質床材では床面の存在量の 10%と仮定する。
- ②口への移行に係わる暴露面積(cm<sup>2</sup>)は 10 cm<sup>2</sup>と仮定する。
- ③手を舐める頻度(回/hr)は 20 回/時間と仮定する。
- ④手を舐める時間(hr/d)は 3 時間/日と仮

定する。

⑥体重は（3歳児、15kg）とする。

⑤手-口移行率(%)は50%と仮定する。

表4 経口暴露の変動パラメータのデフォルト値

パラメータ	健常人	子供
皮膚付着率(%)：カーペット	—	5
：硬質床材	—	10
口への移行に係わる暴露面積(cm <sup>2</sup> )	—	10
手を舐める頻度(回/hr) <sup>6)</sup>	—	20
手を舐める時間(hr/d) <sup>7)</sup>	—	3
手-口移行率(%) <sup>6)</sup>	—	50
体重(kg) <sup>3)</sup>	—	15(3歳児)

### (3) 経皮暴露

健常人及び子供の経皮暴露における変動パラメータが適切な情報がない場合には表5に従って平均的な変動パラメータで重み付けする。

#### 1) 健常人

##### ①皮膚付着率(%)

カーペットでは床面の存在量の5%と仮定する。硬質床材では床面の存在量の10%と仮定する。

##### ②床との接触面積は1.67(m<sup>2</sup>/hr)とする。

##### ③床との接触時間(hr/d)

カーペットでは8時間/日と仮定する。  
硬質床材では4時間/日と仮定する。

##### ④体重は50kgと仮定する。

⑤皮膚吸収率は0.1%と仮定する。

2) 子供：年令によって異なるが、子供は床面への直接あるいは間接的な接触を介して経皮吸入する場合があるので、以下の変動パラメータを用いて暴露量を算出する。

##### ①皮膚付着率(%)

カーペットでは床面の存在量の5%と仮定する。硬質床材では床面の存在量の10%と仮定する。

##### ②床との接触面積は0.6(m<sup>2</sup>/hr)と仮定する。

##### ③床との接触時間(hr/d)

カーペットでは8時間/日と仮定する。  
硬質床材では4時間/日と仮定する。

##### ④体重は15kgと仮定する。

##### ⑤皮膚吸収率は1%と仮定する。

表5 経皮暴露の変動パラメータのデフォルト値

パラメータ	健常人	子供
皮膚付着率(%)：カーペット	5	5
：硬質床材	10	10
床との接触面積(m <sup>2</sup> /hr)	1.67	0.6
床との接触時間(hr/d)：カーペット	8	8
：硬質床材	4	4
体重(kg)	50(欧米70)	15(3歳児)
皮膚吸収率(%)	0.1	1

#### V-4. 4. 家庭用品の使用状況とヒトの行動パターンによる暴露の不確実性要因

暴露頻度・期間、ヒトの行動パターン以外の変動要因として、家庭用品の使用・利用方法を

整理し、これにヒトの行動パターン及び対象者を考慮した暴露要因の変動パラメータを整理し、重み付けを設定し、最終的な暴露量の算出に反映させる。

なお、新しい変動パラメータの情報が得られた場合は、検討の上、算出に反映させる。

#### (1) 室内濃度、床面及び壁面の変動要因

室内濃度、床面及び壁面への分布は、用法、清掃、室内の位置、室内空間の体積、換気率、間取り、室内建築資機材の種類と面積、家具等の種類と数、換気率、窓、扉の開放時間、外気風速、等の要因によって変動する。適切な情報がない場合、原則として、上記の重み付けによる。

変動要因の条件付けは、別添「室内空気測定ガイドライン」の標準的条件の結果と実際の居住環境の違いを勘案して判断する。特異な剤形・用法の場合、暴露評価試験において特異な物理化学的性質や分布を示す有効成分は変動パラメータの重み付けを変更して反映させる。

#### (2) 暴露経路、頻度・期間

適切な情報がない場合には上記の重み付けによる。

別添「室内空気測定ガイドライン」の標準的条件の結果と実際の居住環境の違いが明らかかな場合は、結果と居室での実際を比較して、有効成分の挙動と暴露経路や頻度、期間から暴露評価に寄与の割合を、上記変動パラメータを基本に重み付けを変更する。

### V-4. 5. 経路別・対象者別の暴露予測

室内空気測定法ガイドライン試験方法に従って得られた常時放散、生活活動に伴う放散、短期放散、使用に伴う放散増加などの放散状況に合わせて種類別に示した家庭用品を分類し、種類別の各暴露情報を基に、暴露の要因を考慮して経気道、経口及び経皮暴露からの暴露量を予測する。

#### (1) 経気道暴露予測

経気道暴露予測は、以下の式に代入して算出する。

$$\text{経気道暴露} = \text{空气中濃度} \times \text{吸入量} \times \text{暴露時間}$$

##### 1) 空气中濃度

空气中濃度は暴露評価試験のガイドラインに沿って取得されたデータを用いる。

使用頻度、室内環境、窓の開閉、清掃等、空气中濃度が変動する要因を考慮して、ヒトへの暴露が開始された後の時間加重平均濃度を用いる。例えば、使用頻度が毎日の場合、1日の平均濃度を、1週間に1回の場合は1週間の平均値とする。

##### 2) 変動要因

旧飲料を評価する。適切なデータがない場合、蒸気変動パラメータによる。

##### 3) 暴露時間

用法の使用頻度や期間を考慮する。適切な情報がない場合には上記の重み付けによる。

#### (2) 経口暴露予測

経口暴露予測は健常人と子供とでは大きく異なる。健常人においては、経口暴露の可能性は基本的に無視できる。子供においては、床面等に沈降した薬剤を手のひらの皮膚等を介してあるいは衣服を介して間接的に経口的に暴露する可能性が高い。

経口暴露予測は、以下の式に代入して算出する。

$$\text{経口暴露} = \text{床残留量} \times \text{皮膚付着率} \times \text{暴露面積} \times \text{暴露頻度} \times \text{手・口移行率} \times \text{暴露時間} / \text{体重}$$

##### 1) 床面残留量

暴露評価試験のガイドラインに沿って取得したデータを用いる。

清掃、使用頻度、室内環境、窓の開閉等の床面残留量が変動する要因を考慮して、ヒトへの暴露が開始された後の時間加重平均濃度を用いる。

##### 2) 変動要因

手のひら等への皮膚付着率・接触面積・

体重、口への移行率などによって経口暴露の要因は変動する。適切なデータがない場合、上記変動パラメーターによる。

### 3) 暴露時間

用法の使用頻度や期間を考慮する。

### 4) 経口暴露条件の計算例

高濃度短期空間噴霧あるいは直接空間噴霧のいずれも床面に沈降した殺虫剤を手に接触することによる経口投与であるので、暴露予測は同様の考え方による。

## (3) 経皮暴露予測

経皮暴露予測は健常人と子供とでは大きく異なる。健常人は体表面積が大きい、皮膚吸収は少ない。床面等に沈降した薬剤を手のひらなどの皮膚を介して経皮的に暴露する量が少ないが皮膚吸収は大きい。以下の式に代入して算出する。

$$\text{経皮暴露} = \text{床残留量} \times \text{皮膚付着率} \\ \times \text{接触面積} \times \text{暴露時間} / \text{体重}$$

### 1) 床残留量

暴露評価試験のガイドラインにこだわって取得したデータを用いる。

### 2) 皮膚付着率・接触面積・体重

上記変動パラメータによる。

### 3) 暴露時間

用法の使用頻度や期間を考慮する。

### 4) 皮膚からの体内吸収率

皮膚からの体内への吸収率は、化学物質の構造によって異なるが、極めて低い。

## V-4. 6. 総暴露量の推定

暴露量の予測を行う。総合暴露量の推定は、媒体の濃度×媒体量または暴露時間で示されるが、健常人、子供について経気道、経口、経皮からの経路別暴露量を加算して総合暴露量を求める。なお、暴露頻度・期間、ヒトの行動パターン、室内濃度等の暴露要因が極端に異なる場合には以下に示す暴露の変動要因による重み付けを変更する。

## V-5. 総合暴露評価の具体的算出に関する研

## 究

### V-5. 1. 暴露経路別暴露量および個別家庭用品に起因する暴露量の算出

昨年度、分担研究で測定した住設家具及び家庭用品を設置した居室におけるトルエン、スチレン、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの放散量を一昨年度及び昨年度報告書から抽出し、これらのデータを基にトルエンの6畳間及び一戸建ての濃度予測を行った。

暴露量評価の手順は、使用方法に伴う発生量の算出、家庭用品からの化学物質の放散に基づく居住環境の濃度、居住環境におけるトルエン経気道暴露量の算出、装暴露量の推定を実施し、装暴露量を算出したが、本稿ではその概要を省く、また、居住環境におけるトルエン経気道暴露量の算出では、健常者が居住空間に一日中滞在し掃除をした場合、子供が居住空間に一日中滞在し掃除をした場合、健常者が平均的に外出しその他は居住空間に滞在し掃除をした場合、子供が平均的に外出しその他は居住空間に滞在し掃除をした場合、大部分の時間外出し居住空間には8時間滞在した場合の5つについて示唆した。

## VI. 家庭用品中放散性化学物質の総合的リスク評価に関する研究

上述した I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究、II. 室内空気中化学物質の濃度に対する各種家庭用品の寄与率の評価に関する研究、III. 室内空気中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究、IV. 家庭用品由来化学物質の推計モデルの開発と濃度予測に関する研究、V. 家庭用品中化学物質への暴露推計モデルの開発に関する研究を基に、最終的な VI. 家庭用品中化学物質の総合的リスク評価に関する研究を実施した。この研究を実施することによって、家庭用品による室内空気中化学物質の存在状況と寄与率、リスク評価が示され、放散量の高い家庭用品に対する行政措置としての規制や指針の設定の糸口を見いだすことが可能であり、国民の居住環境からの化学物質の暴露からの安全性を確



保することが期待できると考える。総合的リスク評価は TDI の設定、TDI に対する占有率、リスク評価、Margin of Exposure による安全性の確認、行政対応等の手順を提言した。

### VI-1. 室内化学物質濃度が呼気へ及ぼす影響調査

総合的なリスク評価を研究するため、吸気と呼気中の化学物質を測定することによって暴露量と体内吸収量を評価する基礎的研究を行った。高濃度環境下における呼気中化学物質の量を明らかにし、真の暴露量を検討する基礎的情報を得るため、高濃度環境における呼気中濃度を評価した。

暴露前の被験者の呼気からは 57 成分、室内に一定時間滞在した後の暴露後の呼気からは 54 成分の VOCs が検出された。暴露前後の検出成分数は同等であり、いずれも対象 126 物質の 1/2 弱が検出されたことになる。

また、室内空気中の VOCs は 12 分類の内 9 分類の 33 成分、屋外空気中の VOCs は 12 分類の内 8 分類の 42 成分が検出され、屋外の VOCs が室内より多く検出された。

室内 TVOC 濃度(104,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )は、暴露後の呼気中の TVOC 濃度(1,200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )と比較して約 100 倍の濃度を示した。この主要因は前述同様に室内 TVOC 濃度の 86% を占めた脂肪族炭化水素類濃度である。なかでも被験者からほとんど検出されていないトリデカン、テトラデカン、ペンタデカン及びヘキサデカンの 4 物質濃度が各々 19,000、23,000、28,000、19,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を示し、これら 4 物質で TVOC 濃度の 86% を占めていた。なお、暴露後の呼気中脂肪族炭化水素類の平均濃度は 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と室内濃度の 0.5% 程度であり、TVOC 濃度に与える影響はほとんどないと考えられた。

暴露前の呼気中ではアルコール類(40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )とケトン類(24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )が検出されたが、屋外では不検出であった。ここで、特徴的な物質としてアルコール類の 2-エチル-1-ヘキサノールが 8 名中 7 名の被験者で検出された。今後、呼気吸入後の代謝過程を検討する必要が認められた。

また、室内空気と暴露後の呼気中の VOCs 濃度での比較における呼気中の割合は、芳香族炭化水素類で、3,200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1/7、脂肪族炭化水素類で、89,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1/200、テルペン類で、3,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1/340、エステル類では、3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  及びフタル酸エステル類 2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  では、不検出であり、これら 5 分類で室内濃度の 99% を占めた。

### VI-2. リスクアセスメントの概念と安全性評価の作業手順の提案

我々の周辺環境では化学物質であふれ、これら化学物質によって国民は絶えず脅かされている。このことから、化学物質から国民の安全性を担保する手法としてリスクアセスメントを実施することが国際社会で求められている。この考え方は、家庭用品から放散される化学物質についても同様で、リスクアセスメントの考え方を導入して、消費者に対して安全性を確保する必要性が生じてきた。そこで、厚生労働省では平成 9 年から室内空気中化学物質の検討委員会を設置し、この中で 13 種の化学物質に対し指針値を設定してきた。これに続く行政施策としては、国土交通省が建築資機材に対する低減化施策を打ち出したが、室内空気中の化学物質濃度の明確な低減化はできなかった。さらに同省は究極の方策として建築基準法を改正し、室内空気中化学物質の低減化を企てた。しかしながら、室内空気中には建築資機材の他、家庭用品による放散物質の放散が大きく、その対策が必要となってきた。しかしながら家庭用品からの放散の実態と居住者に対するリスク評価がなされたことはなく、早急な実態把握の必要性が明らかとなった。ここに提案する家庭用品のリスク評価の考え方は、こうした家庭用品の科学性の乏しい状況において、家庭用品による化学物質の放散をいかに評価し、安全性を担保するか、またその施策を実施するに当たっての根拠を明らかにすることを目的としたものである。

この研究は、他の研究課題とは異なり、内外の情報をもとに家庭用品の考え方を構築したものである。厚生労働科学研究との異なる形

式で記述した。

## VI-2. 1. 家庭用品製造に関わる有用性とヒトへの安全性

家庭用品では、その製造過程あるいは使用・利用に伴う利便性などのために多くの化学物質が利用されている。しかしながら、建築物の高気密・高断熱の技術が格段に進歩したことにより、室内に放散される化学物質が拡散して低濃度化せず、長期間高濃度を維持する状況が生まれた。その結果、1980年代以降、シックハウス症候群や化学物質過敏症で代表される室内空気の暴露によると考えられる疾病が引き起こされ、その患者数に減少傾向は見られていない。また、その対策についても、国土交通省を中心としていくつかの施策が打ち出されてきたが、建築資機材中の化学物質の低減化には限界があることが認識され、昨年には建築基準法を改正して新築においては24時間強制換気システムの導入が義務付けされた。その結果、建築資機材に伴う化学物質の放散に対する低減化は対策が機能してきたと見ることができた。しかしながら、室内空間には、もう一つの発生源である家庭用品があり、しかも家庭用品は使用の状況によっては化学物質の放散量が大きく異なることが考えられた。すなわち、家庭用品はその有用性あるいは利便性の観点から排除することはできないことから、利用や使用に伴う化学物質の放散状況を詳細に把握し、その環境でのヒトへの暴露を評価し、リスクを低減させるための手法を提案していくことが重要であると考えられる。このように日常的できわめて身近の利用の仕方が変化してきたにもかかわらず、使用環境で暴露する時間、頻度あるいは濃度などの暴露状況を考慮した安全性評価手法の在り方については今まで見直されてこなかった。このことから、家庭用品に使用あるいは利用されている化学物質の毒性情報と暴露情報から、家庭用品の使用・利用に伴った新たな安全性に関する考え方の構築が必要になってきた。そのため、ヒトが居住環境で家庭用品を使用・利用した場合の化学物質の暴露予測とその暴露に対する安全性評価を

行って、国民に対して安全性を担保することが求められる社会状況となってきた。

## VI-2. 2. リスクアセスメント

最近における化学物質の暴露による健康影響を防御するには、基準値等の設定とその遵守のための施策が求められる。その基準値設定等は、リスクアセスメントの考え方に従って評価することが国際的にほぼ確立されている。我国もこの考え方に従って用量-反応評価や暴露評価によって安全性評価を行い、これを基にして多くの基準値やガイドライン値が設定されてきている。特に、環境汚染化学物質は、ヒトの生活において不必要で且つ、慢性的な健康への影響を及ぼす可能性を有することから、慢性的暴露における健康影響を指標に安全量が設定され、この考え方の下で食品へ混入する化学物質の基準や環境基準、排出基準あるいは水道水質基準などが示されている。

### (1) リスクアセスメントの概要

化学物質のヒトに対する安全性は、リスクアセスメントの考え方に従って設定されている。その内容は、1.対象化学物質（本項では家庭用品から放散される化学物質）を抽出するリスクコミュニケーション、2.対象化学物質の動物試験による無影響量（NOAEL）と不確実性から耐容量（TDI）を算定する用量-反応評価、3.ヒトが暴露する可能性を総合的に推定する暴露評価、4.推定した暴露量と安全量（TDI）を比較して暴露の程度、余裕（マーギング）から安全性の判定のステップでの各段階の情報の整理と推定によってリスクアセスメントを実施する。

リスクアセスメントの結果を踏まえて、安全性を担保する何らかの行政的な施策を施す必要性の有無や技術的可能性、施策の実施による波及効果等を検討するリスクマネージメントの段階に進んで基準値は設定される。

### (2) リスクアセスメントの手法

家庭用品中放散性化学物質のリスクアセスメントは、今までの情報を下に、問題とされる化学物質の中から種々の媒体によって暴露

される可能性のある化学物質を抽出するリスクコミュニケーションから始まるが、この段階は家庭用品から放散あるいは接触等による付着される化学物質に限定されると考えられる。対象化学物質に対しては用量－反応および暴露評価試験が実施される。これらの評価を基に安全性の判定がなされるが、最近では安全性を数値化する評価あるいは安全性の検証・Margin of Exposure の考え方も取り入れられている。その概要は以下手順で実施される。

### VI－2．3．用量－反応評価

用量－反応評価は、動物や人における用量－反応の関係を示した毒性試験データの収集の段階、それらデータを基に NOAEL や LOAEL などの閾値の設定の段階、さらに種差、個体差と薬物動態学や吸収・分布・排泄などの情報を加味して不確実係数(UF) 算定の段階、閾値を不確実係数で除して TDI を求める段階に分かれる。

#### (1) 毒性試験情報の収集

対象化学物質に対して、①一般毒性試験、②局所刺激性試験、③生殖発生毒性試験、④変異原性試験、⑤遺伝毒性試験、⑥がん原性試験、⑦アレルギー性試験、⑧遅延性神経毒性試験、⑨魚毒性試験、⑩その他等のうち、閾値の設定のための用量－反応関係が認められた情報を収集する。

#### (2) 閾値の設定

上記①～⑩の毒性試験の用量－反応関係データから NOAEL あるいは LOAEL を算出する。

#### (3) 不確実係数の設定

毒性試験データの情報の質や薬物動態学的評価、吸収、分布、排泄試験と動物とヒトとの種差および個体差から不確実係数を設定する。

#### (4) TDI 値の設定

最終段階として閾値設定から求める NOAEL、LOAEL を不確実係数で割って TDI を算出する。

### VI－2．4．暴露評価

暴露評価は、家庭用品の用途や設置などによってその利用・使用の仕方は異なる。したがって、これら家庭用品からの放散の特性と用途を吟味し、それに従った類別化の段階、暴露評価試験の段階、暴露変動要因の評価の段階、経路別暴露量の算定の段階、さらに暴露の変動要因を考慮した総合暴露量の算出段階の手順を実施する。

#### (1) 利用・使用の類別化

暴露量試験を実施するに当たり、用途や利用・使用を類別化してサンプリング方法を設定する。

#### (2) 暴露の要因

家庭用品による暴露は放散性化学物質による経気道暴露の他、家庭用品との接触や付着などによるヒトへの経皮あるいは経口暴露を考慮しなければならない。したがって家庭用品中放散性接触付着性化学物質の物理化学的性質、用法、室内空間、暴露頻度・期間、挙動等の要因と対象者による暴露経路と暴露量の変動を把握して重み付けする。

#### (3) 暴露評価試験

利用・使用の状況にあわせて暴露評価試験を実施する。その他、利用・使用の条件によっては、室内空気ばかりでなく、床面、壁面での存在量を試験して求める。

#### (4) 経路別暴露予測

暴露評価試験で得た室内濃度、揮発性の沈降による床面、壁面等の濃度、残留量データ・接触・付着の程度による経皮的あるいは経口的暴露量とヒトの行動パターンによる暴露変動要因から経気道、経皮及び経口暴露量を算出する。

#### (5) 総合暴露量の推定

最終段階として健常者と弱者としての子供や老人におけるそれぞれの家庭用品の係わり合いを係数化して分けて変動要因を重み付けによる総合暴露量を推定する。

### VI－2．5．安全性の判定

用量－反応評価から求めた TDI と総合・個別

家庭用品由来化学物質の暴露量の推定値を比較して、TDI に対する暴露量の程度からそれぞれの家庭用品に由来する化学物質暴露の占有率を推定し、安全性を評価する。一方、用量-反応評価における不確実性を排除した本来の生物影響指標としての NOAEL を基に上記総合・個別家庭用品由来化学物質の暴露量の推定値がどのくらいの程度であるかを Margin of Exposure を求め、安全性を検証してリスクアセスメントが完了する。これら占有率と Margin of Exposure の値を基に行政的施策を推進するリスクマネジメントの段階に進む。

### VI-3. 家庭用品のリスクアセスメントの手順と各論

家庭用品のリスクアセスメントの手順は以下のステップで行う。まず、用量-反応評価は、動物や人における毒性試験データを整理し、その中から用量-反応の関係を示した情報から NOAEL や LOAEL を決定する。さらに、動物の種差・個体差、情報の確からしさ、薬物動態学、吸収、分布、排泄などの情報を基に不確実係数(UF)を設定する。ついで、NOAEL、LOAEL を UF で除して、TDI を設定する。一方、□の項から求めた暴露評価からの対象家庭用品からのそれぞれの化学物質の暴露量を TDI に対する占有率や Margin of Exposure を求める。

#### VI-3. 1. 毒性試験

毒性試験は GLP に従って試験するか、既存の文献から収集する。

閾値の設定のための基礎データは、以下に示す家庭用品の用途や物理化学的特性に合った毒性試験の内容と試験の種類から NOAEL、LOAEL 等を求めるか可能な試験を行うか、情報を収集する。

##### (1) 試験の条件と内容

動物による毒性試験は以下のように投与方法、投与量や観察期間など家庭用品に由来する化学物質の安全性評価に適した試験の条件と内容を選定する。特に、家庭用品に由来する化学物質の毒性試験の内容は用途と使用・

利用状況を考慮して毒性試験期間を検討・採用すべきであるが、消費者に接触する機会が多いことから、長期毒性試験が望ましい。

家庭用品の大部分の化学物質は室内への放散となる経気道が重要と成る。このことから毒性試験情報は経気道暴露データが最も有効である。また、家庭用品に使われる化学物質は物理特性から接触することによるヒトへの暴露も無視できない。このことから経口暴露や経皮暴露のデータも必要な場合がある。

1) 実験動物数

2) 実験開始週令

3) 投与量

①急性(経口、経皮、吸入)毒性試験；  
単回投与毒性試験、

②亜急性(経口、経皮、吸入)毒性試験；  
反復投与毒性試験(ラット、マウス 1 ヶ月；  
仅 3 ヶ月)

③慢性毒性試験；反復投与毒性試験(ラット、マウス 6 ヶ月)

4) 投与期間：1 週間、28 日試験、3 ヶ月、  
6 ヶ月、長期試験

回数：算出過程、週/5 回

5) 投与経路：混餌、飲水、吸入暴露、塗布

6) 投与形態：強制、自由摂取

7) 観察期間：短期、28 日、3 ヶ月、6 ヶ月、  
1 年、2 年など

8) 観察項目

##### (2) 毒性試験の種類

上記の試験の条件と内容を考慮して、得べき殺虫剤の安全性評価の情報を検討し、NOAEL、LOAEL を求めることが可能な試験を計画・実施するか、上記条件に合った既往の文献から情報を収集する。

①一般毒性試験、②局所刺激性試験、③生殖発生毒性試験、④抗原性試験、⑤遺伝毒性試験、⑥がん原性試験、⑦アレルギー性試験、⑧遅延性神経毒性試験、⑨魚毒性試験、⑩その他、⑪ヒトの毒性情報

#### VI-3. 2. 閾値の設定

動物やヒトの毒性学的ならびに生物学的見地