

していない場合の測定値であり、チェンバー開発における参考値である。

今後、凝縮装置を運転した場合のチェンバークランク値を測定し、チェンバーの開発および運用に向けた基礎的資料の収集を行う。その後、チェンバー試験を実施し、測定精度の確認を行う予定である。結果については次年度に報告する。

表-1 測定値と実測値との平均

	設定値	実測値	平均符合率[%]
温度[°C]	25	23.4~25.2	98.0
相対湿度[%]	50	49.3~54.4	97.2
換気回数[1/h]	0.5	0.42	84.0

D. 結論

大型チェンバーの設定値を温度 25[°C]、相対湿度 50[%]とした場合、実測値との平均符合率は温度：98.0[%]、相対湿度：97.2[%]、換気回数：84.0[%]となった。

E. 今後の課題

- 1) チェンバーの化学物質吸着率を算出。
- 2) 凝縮装置を運転した場合のチェンバークランク値を測定し、チェンバーの開発および運用に向けた基礎的資料の収集。
- 3) 温度、相対湿度、換気回数について、高精度の制御を可能とするための制御システムの検討。

F. 健康危機情報

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

H. 引用文献

- 1) 野崎淳夫他：シックハウス診断士受験テキスト(上)、「4-6 建材の測定」、pp. 129~133、2005年7月

IV-2. 居住状態における室内化学物質濃度予測手法の開発

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

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。

B. 実験概要

1. 総括的室内濃度予測法について

1. 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を図-1に示す。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。

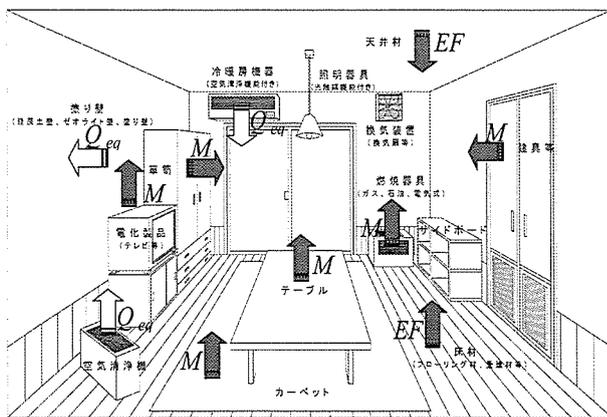


図-1 室内における化学物質の発生源と除去機構

1. 2. 室内濃度予測式の提案

筆者らは、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¹⁾。

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 [$\mu\text{g/h}$] の総和で示される室内発生源の化学物質総発生量 M [$\mu\text{g/h}$] と空気清浄機等の浄化能力 q_{eqk} [m^3/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} [m^3/h] を用いて、室内化学物質濃度は以下の(1)式で示される。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q-V_t S-aA-\sum_{k=1}^n q_{eqk}}{R} t} + \frac{\sum_{k=1}^n m_k + Q C_0}{Q+V_t S+aA+\sum_{k=1}^n q_{eqk}} (1 - e^{-\frac{Q-V_t S-aA-\sum_{k=1}^n q_{eqk}}{R} t}) \quad (1)$$

m_k : 各発生源の化学物質発生量 [$\mu\text{g/h}$]

C : 対象化学物質室内濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Q : 室換気量 [m^3/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 [m/h]

q_{eqk} : 各対策技術の化学物質除去量 [m^3/h]

S : 床面積 [m^2]

aA : 対象化学物質吸着量 [m^3/h]

R : 室気積 [m^3]

C_1 : 対象化学物質初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

(1)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。

2. 健康的室内空気環境を提供する住宅設計手法の提案

2. 1. 健康的室内空気環境を考慮した住宅の設計

これまでの発生源発生量や対策品除去能力の知見を基に、健康的室内空気環境を考慮した住宅の設計を行った。(図-2) また、設計した住宅を対象とした総括的な室内化学物質濃度予測を行った。

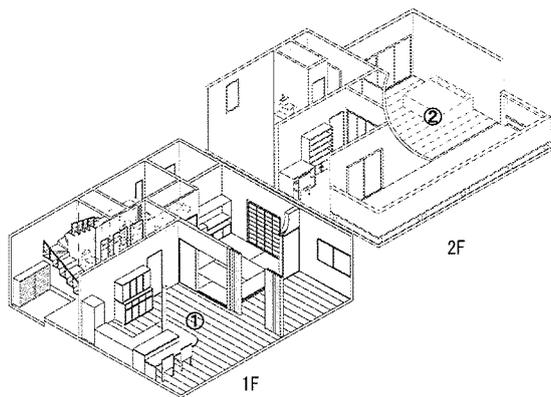


図-2 住宅設計例 (アイソメ図)

2. 2. 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。予測条件を表-1、2に示す。

(1) LDKにおける化学物質濃度予測

表-1 に使用建材及び持ち込み家具の予測条件を示す。なお、予測時間は物品設置 48 時間後とした。

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[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]である。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。(図-3、4 参照)

表-1 家具と使用建材発生量及び予測条件 (LDK 室)

持ち込み家具/使用建材	発生量	主要発生源	予測条件
	M[$\mu\text{g}/\text{h}$]		
オーディオラック(ホルムアルデヒド)	286	上段:パーティクルボード(F☆☆☆☆)、合板(F☆☆☆☆)、下段:MDF(F☆☆☆☆)、集成材	換気回数: 0.5[1/h] 気積: 30[m ³] 換気量: 15[m ³ /h]
オーディオラック(VOC)	1158		
キッチン(ホルムアルデヒド)	236	フロアユニット:メラミン樹脂、パーティクルボード、合板、PET系シート、人造大理石(不飽和ポリエステル)アップバユニット:メラミン樹脂、パーティクルボード、合板、PET系シート	
キッチン(VOC)	2083		
天井(ホルムアルデヒド)	82	APE塗装(F☆☆☆☆)、珪酸カルシウム板、LGS下地	
天井(VOC)	404		
壁(ホルムアルデヒド)	142	ビニルクロス(F☆☆☆☆)、接着剤(澱粉系)(F☆☆☆☆)、石膏ボード	
壁(VOC)	460		
フローリング(ホルムアルデヒド)	1004	合板(F☆☆)、UV塗料	
フローリング(VOC)	2254		
Total/HCHO	1750		
Total/VOC	6359		

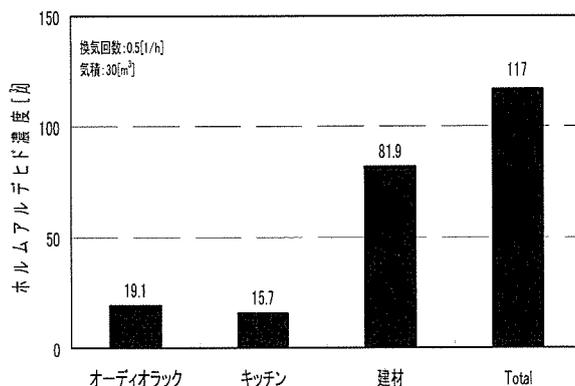


図-3 ホルムアルデヒド濃度上昇値

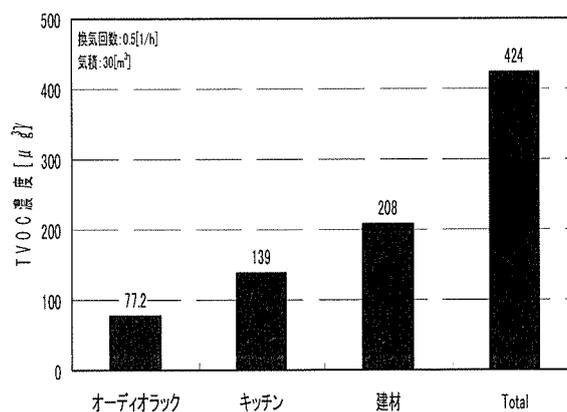


図-4 VOC 濃度上昇値

(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で 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[m³/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。(図-5)

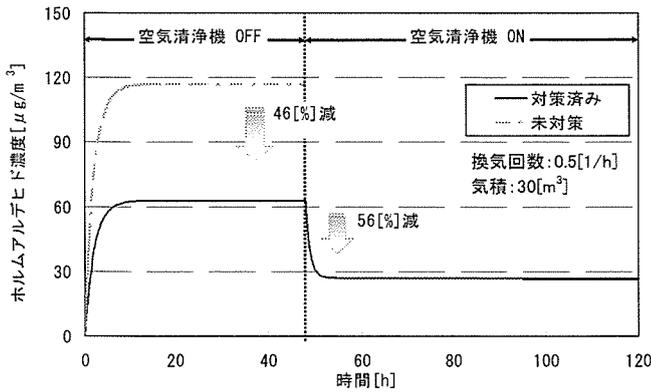


図-5 対策品によるホルムアルデヒド除去効率(LDK)

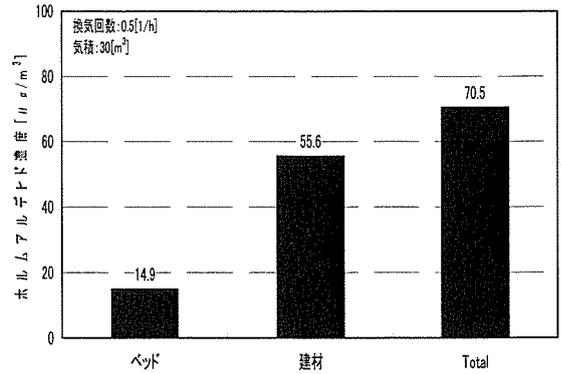


図-6 ホルムアルデヒド濃度上昇値

(3) 寝室における化学物質濃度予測

表-2 に示す建材、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[μg/m³]、VOC 濃度は 142[μg/m³]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[μg/m³]、VOC 濃度は 219[μg/m³]となった。(図-6、7)

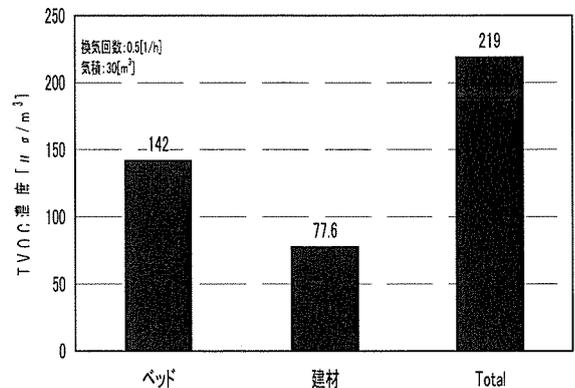


図-7 VOC 濃度上昇値

表-2 家具と使用建材発生量及び予測条件(寝室)

持ち込み家具/使用建材	発生量	主要発生源	予測条件
	M[μg/h]		
ベッド2個(ホルムアルデヒド)	224	杉無垢材、マットレス: ウレタン、スプリング	換気回数: 0.5[1/h] 気積: 30[m³] 換気量: 15[m³/h]
ベッド2個(VOC)	1164		
天井(ホルムアルデヒド)	55	ビニルクロス(F☆☆☆ ☆)、接着剤(澱粉系)(F☆☆☆☆)、石膏ボード	
天井(VOC)	271		
壁(ホルムアルデヒド)	107	APE塗装(F☆☆☆☆)、珪酸カルシウム板、LGS下地	
壁(VOC)	346		
フローリング(ホルムアルデヒド)	672	合板(F☆☆☆)、UV塗料	
フローリング(VOC)	1508		
Total/HCHO	1058		
Total/VOC	3289		

(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[μg/m³]、VOC 濃度は 131[μg/m³]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[m³/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(図-8)。

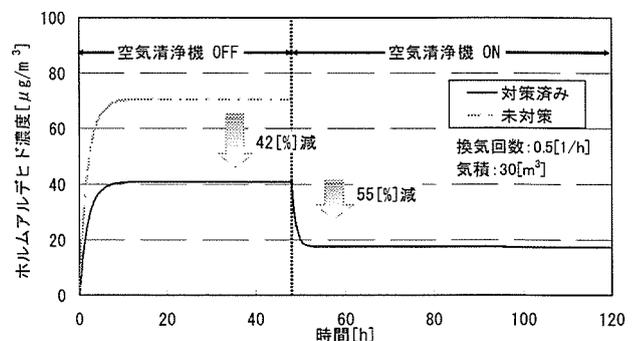


図-8 対策品によるホルムアルデヒド除去効果(寝室)

3. 室内空気環境に配慮した建材や機器

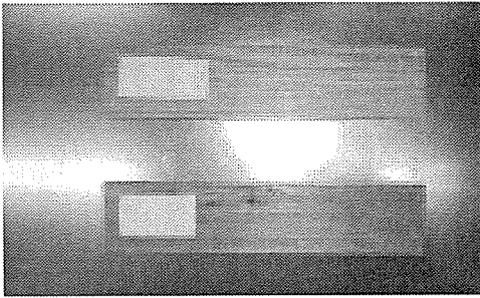


写真-1 無垢フローリング

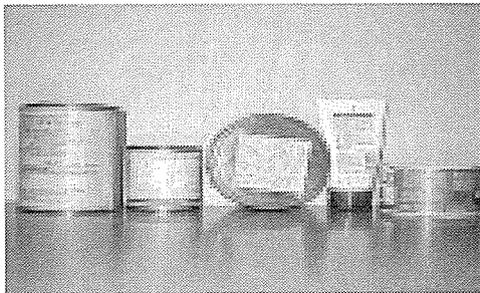


写真-2 自然塗料

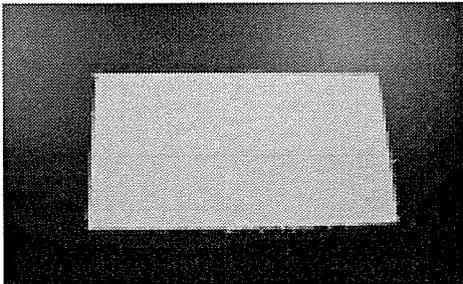


写真-3 漆喰

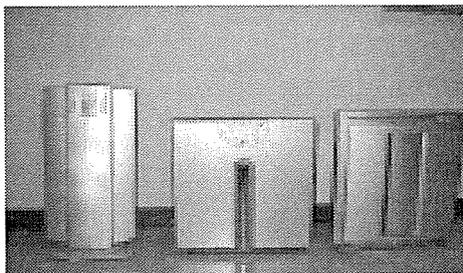
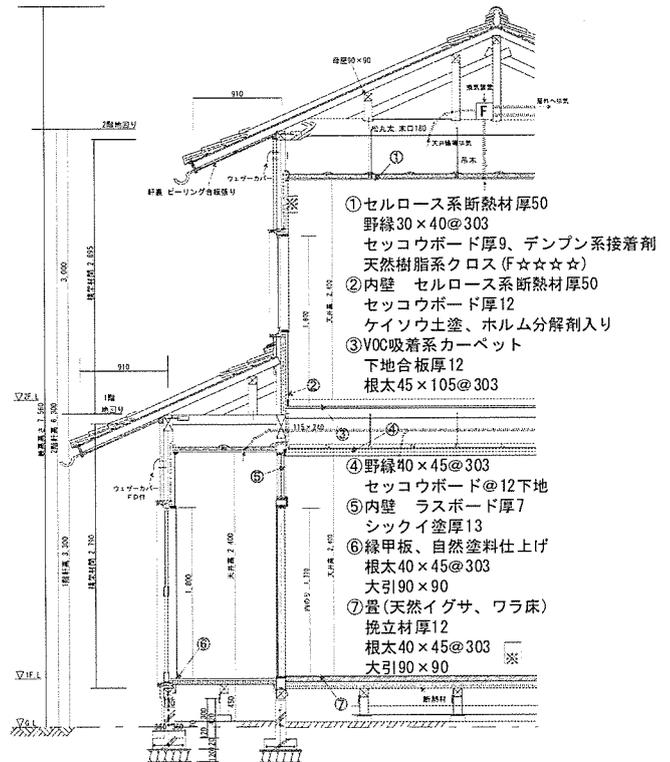


写真-4 空気清浄機

4. 室内環境重視型の住宅設計手法の一例

※は空気清浄機、冷暖房機器(空気清浄機能付き)設置



D. 結論

- 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。

E. 健康危機情報

特になし。

F. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

G. 引用文献

- 1) 野崎淳夫：化学物質による室内空気汚染と濃度予測手法に関する研究、日本環境管理学会・室内環境学会合同研究発表会講演集、pp.182-183、2004年10月

IV-3. 家庭用品中放散性化学物質の総合暴露評価の シナリオ開発と具体的な推定に関する研究

分担研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境衛生化学部 教授

A. 研究目的

家庭用品中放散性化学物質の室内での濃度は、室内空間を形成する建築資材からも発生している。このことから、家庭用品に由来する化学物質の室内の濃度予測は計測のみで求めることはできない。したがって、この予測モデルの構築が不可欠である一方、主任研究者が平成8～15年度まで実施してきた研究から全国における暴露濃度は $10^2\sim 10^5$ の開きがあること認められた。このことは、人によって暴露によるリスクが極端に異なることを意味し、動物実験データを基にしたヒトでの用量-反応評価における基本的不確実係数（種差：10、個体差：10、全体：100）よりもさらに大きな不確実性が発生していることとなる。したがって、暴露によるリスクについて評価するには新たな評価を行う必要があることから、低濃度（平均的）あるいは高濃度暴露におけるリスクの考え方を構築するため、家庭用品から放散される化学物質の室内における放散濃度、頻度、期間などの違いによる暴露評価を行うこととした。さらに、室内空気による化学物質の暴露は人の行動パターンによって大きく左右されて暴露量に反映されることから、我が国における各施設、居室、移動媒体、大気などでの存在状況を把握し、行動パターンを解析することとした。このため、家庭用品からの化学物質暴露のシナリオ、推計モデルを開発することを目的として、以下の研究テーマで実施することとした。

B. 研究概要

1. 家庭用品中放散性化学物質の総合暴露評価のシナリオの開発と具体的推計

昨年度、本年度と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、設置家庭用品、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した。

1. 1. 暴露評価における不確実性の変動要因

家庭用品から放散される化学物質の暴露評価とリスクアセスメントを実施するにあたって、表-1に示すいくつかの項目の変動要因について仮定を想定した。

(1) 居住環境

居住環境は、表-2に示すように、6畳一間と一戸建て家屋(60m²)を想定した。

(2) ヒトの経気道・経口・経皮暴露における変動要因

① 経気道暴露

健康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に従って重み付けする。

② 経口暴露

健康人および子供が食事および食事に伴う家庭用品の使用を介して化学物質を暴露する場合は、食品中の化学物質の濃度と摂取量を変動パラメータとする。食

事以外からの経口暴露（例えば家庭用品に接触後、その手をなめる等による摂取）については、変動パラメータで重み付けする。今回の経口暴露は、飲料水からの暴露のみを評価の対象とした。

③経皮暴露

健康人および子供が家庭用品の接触等

を介して化学物質を暴露する場合は、それぞれの家庭用品の使用形態やパターンを考慮して化学物質の量または濃度と接触面積や時間を変動パラメータとする。今回は、情報が無いので評価の対象から外した。

表－１ 暴露評価、リスク評価における仮定

家庭用品の種類 住設家具の種類 家庭用品の利用・使用 の状況：時間、回数、 頻度、	居住環境：面積、体積、換気率 化学物質の種類：トルエン、ス チレン、ホルムアルデヒド、 アセトアルデヒド 暴露経路：経気道、経口、経皮	ヒトの滞在時間：安静、軽作業、 重作業 行動パターン：外出、移動、移動 先建築物 対象者：健康者、子供の呼吸量
---	---	---

表－２ 居室の条件および健康人の呼吸量

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

表－３：吸入暴露の変動パラメータのデフォルト値 文献番号)

パラメータ	健 常	子 供
空気吸入量 (l/min/kg)	0.220 ^{1),2)}	0.403 ³⁾
吸入暴露時間 (hr/d)	(1/hr/50kg)	363 (1/hr/15kg)
体重(kg)	16 ⁴⁾	18 ⁵⁾
	50	15

1. 2. 暴露経路毎の暴露予測

使用の各暴露情報を基に、2.3. 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。

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

①空気中濃度

空気中濃度は家庭用品の放散量試験によ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、空気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。

②変動要因

暴露時の作業による吸入量を評価する。適切なデータがない場合、行動パターンを解析し係数を求め、重み付けする。

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行動パターンを係数化する。

④ 吸入暴露の変動条件の計算

変動要因に合わせて経皮暴露の予測の上限、下限および中央・平均量を算出する。

(2) 経口暴露予測

経口暴露予測は健常人と子供とは大きく異なる。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、種々の家庭用品を介して、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等、行動パターンの解析によって係数化して重み付けする。

(3) 経皮暴露予測

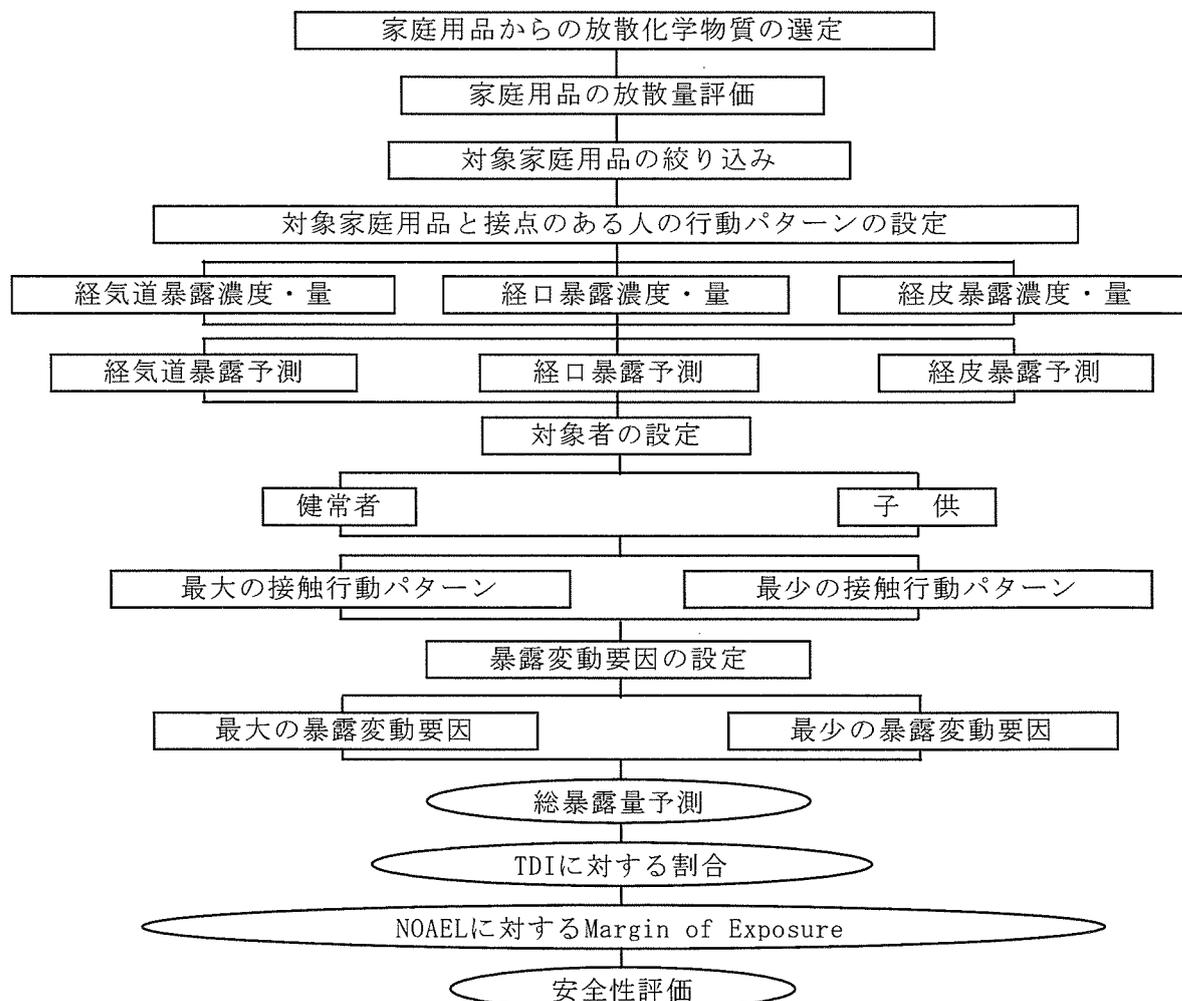
経皮暴露予測は健常人と子供とは大きく異なる。健常人は体表面積が大きい、皮膚吸収は少ない。その他、子供特有の行動パターンについて経口暴露の場合と同様に重み付けする。

(4) ヒトの行動パターン

上記の暴露経路毎のヒトの行動パターンを検討して予測の要因として計算する。

1. 3. 暴露量予測の計算

前述した経気道暴露、経口暴露および経皮暴露における変動要因を基に暴露量を算出する。暴露量予測としてトルエンを取り上げ、具体的な予測手順と計算例を以下に示した。



(1) 家庭用品からの放散性化学物質の選定

・放散量評価

I. の分担課題の情報を利用する。

⑤16 時間外出

子供；④6 時間外出

5) 行動：掃除機使用；1 または 2 時間

(2) 対象家庭用品の絞り込み・放散量評価

・室内濃度予測

I. の分担課題の情報を利用する。

(4) 暴露の変動要因の変更

ヒトの行動パターン及び対象者と使用空間の分布をヒトの行動パターン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。

(3) ヒトの行動パターン

ヒトの行動パターンを以下のように具体例として仮定した。

滞在居住空間の条件及び滞在・行動パターンは以下の条件とした。

- 1) 対象者：健常人および子供についてそれぞれの行動パターンを想定した。
- 2) 居住空間：6 畳間(23.3 m³)および一戸建て住宅(132 m³)の 2 種の条件を想定した。
- 3) 滞在時間：健常者；①24 時間滞在、③16 時間滞在、⑤8 時間滞在
子供；②24 時間滞在、④18 時間滞在
- 4) 外出時間：健常者；③8 時間外出、

(5) 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

①経気道暴露量の算出

1) 家庭用品からの放散

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昨年度及び本年度報告書から抽出し、これらのデータを基に表-4のようにトルエンの6畳間及び一戸建ての濃度予測を行った。

表-4 設置した家庭用品とトルエンの放散濃度

家具	種類	発生量 μg/hr/unit	濃度予測 (μg/ m ³)	
			6 畳間	一戸建て
住設家具	建 具	8.6	0.7	0.13
	キッチンセット	0	0	0
	洗面台	0	0	0
	手洗器	0	0	0
	浴 槽	0	0	0
家庭用品	整理タンス	191.3	16.4	2.90
	ベット	22.7	1.9	0.34
	MDプレイヤー	23.3	2.0	0.35
	電子辞書	24.0	2.1	0.36
	オーディオラック	83.2	7.1	1.26
	掃除機			

2)使用方法に伴う発生量の算出

本年度は、室内変動が大きい家庭用品の特異例として家電製品である掃除機の未使用・使用における化学物質の放散量を把握したデータを用いて検討した。I. 1. 2. の測定結果及び使用時の条件・使用状況の仮定を基に以下

のように算出した。

3)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

分担研究家庭用品からの放散量試験の研究報告から算出した表-6の家庭用品の放散条件を基に、滞在居室の濃度を算出した。

表-5 未使用・使用におけるトルエンの放散量

条 件	仮 定	放散量 ($\mu\text{g/hr}$)
未使用時	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (常時放散)	525
使用時の条件	1時間後に360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで直線的に上昇すると仮定する 使用1時間以降のこの濃度を維持することと仮定する	
使用状況	1日1時間掃除すると仮定する	1088
	1日2時間掃除すると仮定する	3262

表-6 家庭用品の放散量に基づく居住環境の濃度条件

条 件	6 畳 間				一 戸 建 て			
	トルエン	スチレン	HCHO	CH ₃ CHO	トルエン	スチレン	HCHO	CH ₃ CHO
居住環境								
家庭用品	30.2	352.5	92.9	47.6	5.3	62.2	16.48	5.83
掃除機使用	—	—	—	—	—	—	—	—
1時間	46.68				8.2	0		
2時間	140.0				24.7	0		
掃除機未使用	22.5				4.0	0		
建物	20.0	4.0	26.0	22.0	10.0	4.0	2.6	22.0
外気	8.6	0	3.1	3.2	8.6	0	3.1	3.2

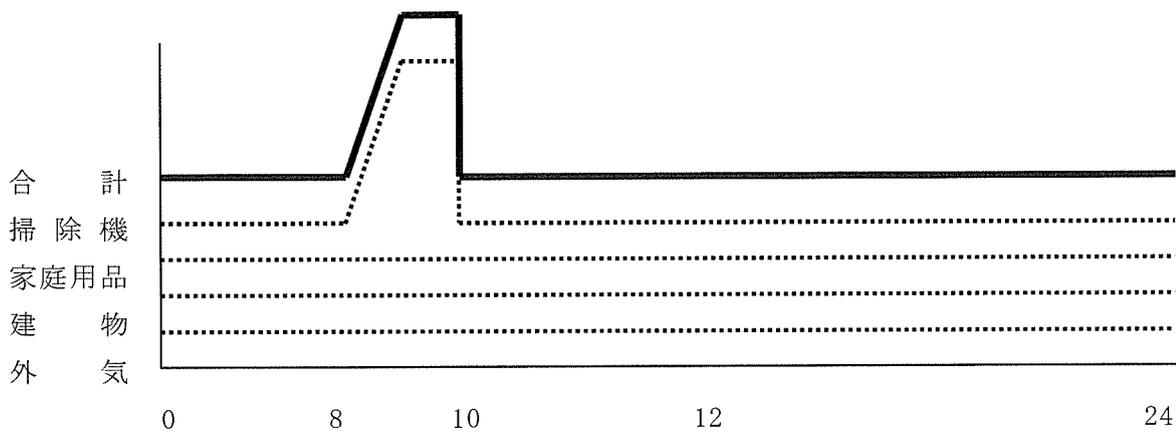
4)居住環境におけるトルエンの経気道暴露量の算出

本項では、家庭用品からの放散化学物質の代表であるトルエンについて計算した。居住環境は表-11において仮定した家庭用品の種類と放散濃度の他、幾つかの発生源の条件が設定されると共に五つのヒトの行動パターンを想定し、それぞれの一日当たりの放散

量または濃度求めた。

i)健康者が居住空間に一日中滞在し、掃除をした場合

居住：24時間、掃除機作動：1時間、外出：無しにおける暴露評価の模式図は図のようである。この室内濃度条件における1日のトルエンの暴露量は、滞在した居住条件によって異なり、以下のようである。



i) 健常者が居住空間に一日中滞在し、掃除をした場合

居住：24時間、掃除機作動：1時間、外出：無しにおける暴露評価の模式図は図のようである。この室内濃度条件における1日のトルエンの暴露量は、滞在した居住条件によって異なり、以下のものである。

① 6 畳間の場合

掃除機；

$$140.0(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 2(\text{hr}) + 22.5(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 541.2(\mu\text{g}/\text{day})$$

家庭用品；

$$30.2(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 478.4(\mu\text{g}/\text{day})$$

建物；

$$20.0(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 316.8(\mu\text{g}/\text{day})$$

外気；

$$8.6 \times 0\text{hr} = 0(\mu\text{g}/\text{day})$$

合計；

$$541.2(\mu\text{g}/\text{day}) + 478.4(\mu\text{g}/\text{day}) + 316.8(\mu\text{g}/\text{day}) = 1336.4(\mu\text{g}/\text{day})$$

② 一戸建ての場合

掃除機；

$$24.7(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 2(\text{hr}) + 4.0(\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$\times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 96.0(\mu\text{g}/\text{day})$$

家庭用品；

$$5.3(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 84.0(\mu\text{g}/\text{day})$$

建物；

$$10.0(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0.66(\text{m}^3/\text{hr}) \times 24(\text{hr}) = 158.4(\mu\text{g}/\text{day})$$

外気；

$$8.6 \times 0\text{hr} = 0(\mu\text{g}/\text{day})$$

合計；

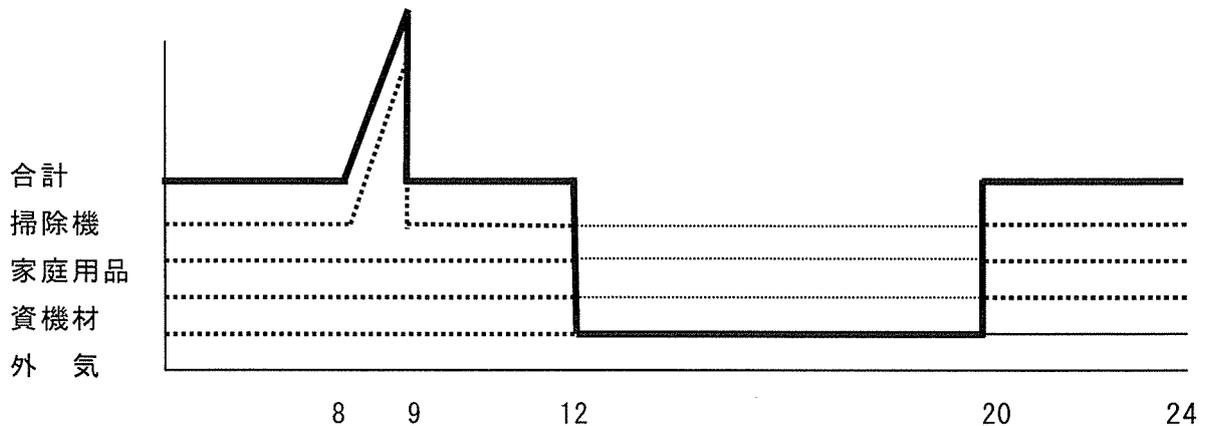
$$96.0(\mu\text{g}/\text{day}) + 84.0(\mu\text{g}/\text{day}) + 158.4(\mu\text{g}/\text{day}) = 338.4(\mu\text{g}/\text{day})$$

ii) 子供が居住空間に一日中滞在し、掃除をした場合

居住：24時間、掃除機作動：2時間の居住条件と健常人と同様な暴露パターンと仮定して1)の例に従って子供の呼吸量で暴露量を算出する。

iii) 健常者が平均的に外出し(8時間)、その他は居住空間に滞在し、掃除をした場合

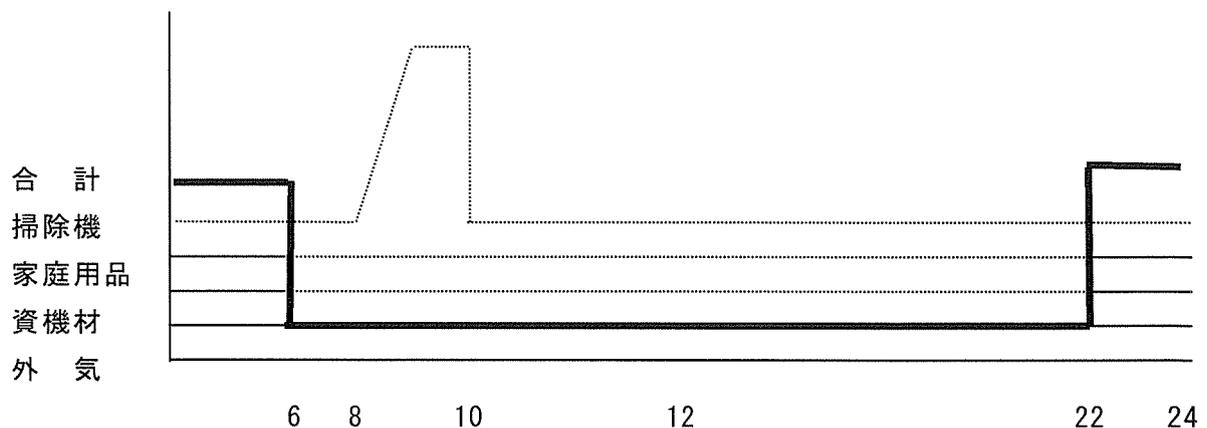
居住：16時間、掃除機作動：1時間、外出8時間と仮定して1)の例に従って健常人の暴露量を算出する。



iv) 子供が平均的に外出し(8時間)、その他は居住空間に滞在し、掃除をした場合
 居住：24時間、掃除機作動：1時間と仮定して、1)の例に従って子供の暴露量を算

出する。

v) 大部分の時間(16時間)を外出し、居住空間には8時間滞在した場合



③経口暴露量の算出

ここで対象とする揮発性化学物質は飲料水中に $50\mu\text{g}/\text{l}$ 存在するとして健常人21および子供11を飲用によって経口的な摂取したと評価する。

④経皮暴露量の算出

ここで対象とする揮発性化学物質は健常人および子供において経皮的な摂取は無いものと評価する。これらをまとめると、表-7のようである。

1. 4. 総暴露量の推定

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、上記の健常人、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。今回対象とした家庭用品からの放散といくつかの居住環境、暴露時間、ヒトの行動パターンおよび変動要因から表-7に示すような総暴露量が算出される。

表-7 トルエンの総暴露量

	滞在 時間	外出 時間	暴露経路	経気道	経口	経皮	総暴露量
			対象者	μg/day	μg/day	μg/day	μg/kg/day
六 畳 間	24	0	健全者	1336.4	100	0	28.7
	24	0	子 供	735.0	50	0	52.3
	16	8	健全者	1003.4	100	0	22.1
	18	6	子 供	510.6	50	0	37.4
	8	6	健全者	474.7	100	0	11.5
一 戸 建 て	24	0	健全者	338.4	100	0	8.8
	24	0	子 供	186.1	50	0	15.7
	16	8	健全者	254.7	100	0	7.1
	18	6	子 供	147.7	50	0	13.2
	8	16	健全者	192.7	100	0	5.9

V. 家庭用品中放散性化学物質の総合別リスク評価に関する研究

武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典

V. 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

分担研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授

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への暴露のシナリオの作成と推計モデルの開発に関する研究を基に、最終的なⅤ．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、行政対応への提言等の手順に従って評価する。

V. 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

分担研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境衛生化学部 教授

A. 研究目的

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. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質のデータベースの構築に関する研究、III. 室内空气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への暴露のシナリオの作成と推計モデルの開発に関する研究を基に、最終的な V. 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气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、行政対応への提言等の手順に従って評価する。

B. 研究概要

1. 安全性評価(安全性の検証：リスクアセスメント)

暴露要因が異なるパターンごとに、閾値 (NOAEL、LOAEL) または TDI に対する暴露の程度・余裕 (マージン) を推定し、安全性を検証する。この値を目安としてリスクマネジメントとして行政的施策を推進する。

1.1. TDI 等を用いた安全性評価方法

(1) 評価方法

TDI が単独の情報のみの場合、各経路での TDI を一つの経路 (例えば経口) TDI に変換し、各経路および合計のヒトの暴露量を (例えば経口) TDI に対する占有率 (%) を次式によって求め比較する。

個々または単一経路の TDI による占有率 (%)

= 各経路暴露量 / 個々または単一経路の

TDI (注 1 3、1 4) × 100

合計占有率は以下の式による

合計暴露量 (mg/kg/day)

= 吸入 (mg/kg/day) + 経口

(mg/kg/day)

+ 経皮 (mg/kg/day)

合計占有率 (%) = 合計暴露量

(mg/kg/day)

／単一または個々の TDI × 100

または、

合計占有率 (%) = 吸入占有率 (%)

+ 経皮占有率 (%) + 経口占有率 (%)

(2) 安全性評価における基準

TDI 等に対する安全性評価の基準は、次のような (表-1) TDI に対する暴露の占有率によって評価する。

ヒト暴露量の単独または複数経路の合計値は、TDI 等の値を超えてはならない (占有率は合計占有率が 100% を超えてはならない)。

単独占有率は暴露の寄与率を示すものでリスクマネジメントが判別する。
単独又は合計暴露量 (mg/kg/day)

< TDI (mg/kg/day)
単独又は合計占有率 (%) < 100%

表-1 リスクの判断基準

MOE	リスク	対応
<30%	無視できる	現在の使用状況で無視できる
30 ~ 50 %	無視できる	現在の暴露状況を監視する
50 ~ 80 %	僅かに有り	占有率の高い暴露経路の原因を調べ、リスクマネジメントの実施の可能性を探る
>80%	有り	上記の調査を実施し、リスクマネジメントにより具体的な対策を施す

1. 2. TDI に対する占有率・寄与率の算出例

総暴露量の推定値を用いて TDI に対する寄与率を算出する。ここでトルエンの TDI は 82.4µg/kg/day、LOAEL から推定した NOAEL は 2600µg/m³ とする。

(1) TDI を用いた安全性評価の計算例

哺乳動物の経気道投与による最少影響量 (LOAEL) のみの情報しかないと仮定する。

TDI による評価方法の例を以下に示す。

① 毒性試験データ

$$\text{LOAEL} = 332 (\text{mg}/\text{m}^3) \times 40/7 (\text{hr}/\text{day}) / 24 (\text{hr}/\text{day}) = 79 \text{mg}/\text{m}^3$$

不確実係数 : 300 = 個体差 ; 10、

LOAEL ; 10、神経毒性 ; 3

$$\text{TDI} : 79 (\text{mg}/\text{m}^3) / 300 = 260 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

② TDI の算出

$$\text{LOAEL} = 332 (\text{mg}/\text{m}^3) \times 40/7 (\text{hr}/\text{day}) / 24 (\text{hr}/\text{day}) = 79 \text{mg}/\text{m}^3$$

不確実係数 : 300 = 個体差 ; 10、

LOAEL ; 10、神経毒性 ; 3

$$\text{TDI (濃度)} : 79 (\text{mg}/\text{m}^3) / 300 = 260 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{健常人 TDI (量)} : 260 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$\times 16 (\text{m}^3) / 50 = 82.4 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day})$$

③ TDI に対する各経路暴露量の占有率の算出例 (3.1.1. の計算式参考)

1) 健常者が六畳間に 24 時間居室した場合

$$\text{合計占有率} : 28.7 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day})$$

$$/ 82.4 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day} \times 100 = 35\%$$

となり、以下、表-2 のようである。

表－2 TDIに対する寄与率と Margin of Exposure

	滞在 hr	外出 hr	対象者	総暴露量 μg/kg/day	TDI (82.4μg/kg/day) に対する占有率	TDIに対する家 庭用品の占有率 (μg/day)
六 畳 間	24	0	健常者	28.7	0.35	0.24
	24	0	子 供	52.3	0.63	0.45
	16	8	健常者	22.1	0.27	0.18
	18	6	子 供	37.4	0.45	0.29
	8	16	健常者	11.5	0.14	0.07
一 戸 建 て	24	0	健常者	8.8	0.11	0.04
	24	0	子 供	15.7	0.19	0.08
	16	8	健常者	7.1	0.09	0.03
	18	6	子 供	13.2	0.16	0.05
	8	16	健常者	5.9	0.07	0.01

(2) 家庭用品から放散される化学物質の占有率

また、家庭用品における占有率においても、表－14に示したように、この家庭用品の使用状況に合わせて求めることで、今後の施策に生かすことができる。本項では、詳細な検討は省くこととした。ただし、6畳間で家庭用品を試料または利用した場合、子供の24時間滞在においては、TDIに対して45%にも達することは理解しておくべきである。

(3) 安全性評価(リスクアセスメント)の例

(1)、(2)において算出したTDIに対する占有率から安全性評価(リスクアセスメント)を行う。総暴露量の占有率から以下の結論が導くことができる。

6畳間において健常者では、6畳間に24時間居室することは、占有率がTDIの1/3程度までとなり、十分監視するなどの注意が必要である。特に、占有率の寄与が大きい経気道暴露源である家庭用品としての家電製品の使用は問題がある。このことは、子供ではさらに深刻となり、6割を

超える占有率を示している。これに対して、健常者でも居室への滞在時間が少ない場合は1割強であり、6畳間での家庭用品の存在が大きいことが示された。

一方、一戸建てにおいて健常者が24時間滞在した場合には、1割程度であり課題は少ない。子供の場合、家庭用品が少ない状況では2割に近い占有率を示しているが、家庭用品が多く存在する状況が想定された場合は十分な監視が必要であることが認められる。

以上のように、家庭用品に由来すると考えられる占有率の高さから今後十分な詳細な暴露評価を行っていく必要があることがあり、以後の観察と研究の推進に心がける必要があると結論される。

2. 閾値に対する暴露量の検証 (Margin of Exposure (MOE) を用いる方法)

各経路または合計の暴露量に対してNOAELが何倍高いかをMOE(暴露に対する余裕)として表わすものである。MOEはMOS(Margin of Safety; Safety Margin)、SF(Safety Factor; 安全係数)とも呼ばれ

る。

$$1 / A \text{ の MOE} + 1 / B \text{ の MOE}$$

2. 1. MOE による暴露マージンの評価方法

経路別暴露予測及び総合暴露量の結果あるいは実際の暴露状況から得た暴露量に対して、設定した NOAEL がどの程度の余裕かの割合を求め、これから安全性を評価する。ここでは、閾値として NOAEL で除いた値を用いる。

MOE は次の式により求める。

$$\text{MOE} = \text{NOAEL} / \text{ヒト暴露量}$$

暴露が複数の経路、例えば吸入、経皮、経口による場合はそれぞれの経路での MOE を算出し、次の式から総計 MOE を算出する。

$$1 / \text{総計 MOE} = 1 / \text{吸入 MOE} + 1 / \text{経皮 MOE} + 1 / \text{経口 MOE}$$

また、殺虫剤中に類似の作用を持つ異なる 2 つの有効成分 A 及び B がある場合は、A、B の合計 MOE は次の式から計算する。

$$1 / A、B \text{ の合計 MOE} =$$

2. 2. MOE による暴露マージンからの安

全性評価(リスクアセスメント)の基準
算出した MOE は以下の評価基準(表-

3) に従って評価する。(文献 10)

①: 100 の内訳は 10×10 (3. 参照) で、
毒性的に特に問題にならないものに対して適用される。

②: 100 以下だとリスク有りとなる。

③: 100 を超えると、リスクは無視できる～僅かに有り、の判定となる。後者のリスク僅かに有りは催奇形性や発がん性に対して適用される。

1,000 超はこれら毒性に対してもリスクは無視できる、と考えられる。

表-3 リスクの判断基準

MOE	リスクの表現
<100	リスク 有り
100 ~ 1,000	リスク 無視できる～僅かに有り
>1,000	リスク 無視できる

$$1897 \text{ mg/day} / 50 \text{ kg} / 10$$

$$= 3.8 \text{ mg/kg/day}$$

推定 NOAEL : 3800µg/kg/day とした。

2. 3. MOE による暴露マージンの計算例

MOE の算出例を以下に示す。

(1) 経気道投与による LOAEL のみの情報しかないとした場合

LOAEL から推定 NOAEL の算出 :

$$\text{LOAEL} = 332 \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 40 / 7 \text{ (hr/day)} = 1897 \text{ mg/day}$$

不確実係数 : 300 = 個体差 ; 10、LOAEL ; 10、神経毒性 ; 3 のうち、個体差、神経毒性の不確実性を除き、LOAEL のみを評価して、

(2) 総暴露量の NOAEL に対する MOE の算出例 (3.1.1. の計算式参考)

① 健常者が六畳間に 24 時間居室した場合

$$\text{合計占有率} : 3800 \text{ µg/kg/day}$$

$$/ 28.7 \text{ (µg/kg/day)} = 132 \text{ となる。}$$

② 子供においても同様に計算し、表-4 のような結果が得られる。

表－4 TDI に対する寄与率と Margin of Exposure

	滞在 hr	外出 hr	対象者	総暴露量 μg/kg/day	総暴露量の LOAEL (38,000μg/kg/day) に対する倍率	Margin of Exposure (3,800μg/kg/day)
六 畳 間	24	0	健常者	28.7	1320	132
	24	0	子 供	52.3	730	73
	16	8	健常者	22.1	1720	172
	18	6	子 供	37.4	1020	102
	8	16	健常者	11.5	3300	330
一 戸 建 て	24	0	健常者	8.8	4320	432
	24	0	子 供	15.7	2420	242
	16	8	健常者	7.1	5350	535
	18	6	子 供	13.2	2880	288
	8	16	健常者	5.9	6440	644

2. 4. MOE による暴露マージンからの安全性評価(リスクアセスメント)の結論の例

表－16 において算出した MOE について安全性評価(リスクアセスメント)を行う。当該家庭用品などによる室内空気の暴露は、以下のように評価できると考える。

総暴露量から推定 NOAEL から総暴露量の Margin of Exposure は 6 畳間で、健常者子供の何れに対して、早急な対策が必要である。特に、子供に対しては、詳細な検討を実施しなければならない。また、戸建て住宅においても、100 以上の MOE ではあるものの、1000 以下であり、且つ、対象とした家庭用品の一例について算出したのみであることから、健常人、子供の何れに対しても対策の必要性が認められる。

今回、はじめて家庭用品の暴露評価とそのリスクを例に挙げて算出したが、極めて僅かな情報を処理したのみではあるものの、今後のなお一層の詳細な検討が必要である。

C. 結論

以上のことから、家庭用品中放散性化学物質については個々の家庭用品について放散特性、利用・使用方法、放散実態、暴露の実態などの情報を踏まえて、経路別、個別家庭用品の暴露評価、総合暴露、さらには総合的リスク評価、暴露の検証を実施することが必要不可欠であることが明らかになった。また、家庭用品の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ができた。