

(3) カーテン、ブラインド

本研究では、カーテン(2検体)とブラインド(1検体)の計3検体を測定対象とした。放散条件は(2)と同様とした。

C. 結果及び考察

(1) 床材、壁装材

VOCは、床材A、BのTVOC放散速度は106~165[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。発生が確認された主なVOC成分は両検体共にエチルベンゼン、キシレンであり、その放散速度は床材Aで19.2~25.2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、床材Bで11.8~29.2[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、塩ビシートに使用された可塑剤の原材料に起因するものと思われた。壁装材AのVOC放散速度は3.77 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であり、主な成分はノナナールであった。壁装材Bから3.20[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]の放散速度が示され、成分は壁装材Aと同様にノナナールであった。

ホルムアルデヒド放散速度は、床材A、Bのホルムアルデヒド放散速度は2.82~3.33[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であり、壁装材は0.66~1.45[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。床材から比較的大きな放散速度が示された。

フタル酸エステル類化合物では、床材Aではフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが5.03[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]と顕著な発生を確認し、塩化ビニルの可塑剤に起因するものと考えられた。また、フタル酸ジエチルの発生は1.23[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]で、ポリスチレン可塑剤に起因したものと考えられた。

(2) カーペット、下地材

カーペットのホルムアルデヒド放散速度はカーペットA、B、Cの順に大きかったが、全て5[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]以下の1.09~4.55[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]であった。VOC成分別では、カーペットAでは2-プロパノール、ベンゼン等の発生が確認されたが、TVOCでも2.32[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]と微量であった。カーペットBでは2-プロパノール、ジクロロメタンの発生が確認された。カーペットCでは2-プロパノール、デカナールの発生が確認された。滑り止めシートでは、ホル

ムアルデヒド、ヘキサンの発生が確認されたが、TVOCでも10[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]以下であり、比較的小さな値となった。

(3) カーテン、ブラインド

カーテン(A)のTVOC放散速度は8.21[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]で、エタノール(3.69[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])、酢酸エチル(1.00[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])、デカナール(1.31[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])が検出された。尚、カーテン(A)は光触媒技術利用製品であった。カーテン(B)は、2-プロパノールのみが2.87[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]検出され、その他の成分は検出されなかった。

ブラインドでは、酢酸エチル(13.0[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])、トルエン(10.8[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])、m、p-エチルトルエン(4.60[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])、1、2、4-トリメチルベンゼン(4.30[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$])の放散速度で認められ、TVOC放散速度は49.5[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$]を示し、3検体中で最も大きな値を示した。

D. 結論

壁紙と床材、カーペット、下地材、カーテン、ブラインドなどの内装材から発生する化学物質を定量的に明らかにした。

I-3. 4. 寝具

A. 研究目的

寝具はアレルギー物質の増殖防止と消臭のため、業界各社が各様の防虫・消臭加工を施しており、薬剤を使用している。また、寝具は使用時間の長さと呼吸器に近接した使用の観点から人体に与える影響が大きいと考えられる。しかし、寝具からのガス状化学物質の発生は、未だ解明されていないため、マットレスのVOC発生量を定量的に明らかにした。

B. 研究方法

測定対象は、仕様の異なるA、B、C、D、Eの5種のマットレスで、これらを大型チェンバー(5[m^3])を用いて研究を行った。

C. 結果及び考察

マットレスAの総VOC発生量は114[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。2-プロパノール、パラジクロロベンゼン、デカナールが27.9、30.5、37.0[$\mu\text{g}/\text{h}$]とそれぞれ高い値を示した。防虫剤として使用されるパラジクロロベンゼンは、聞き取り調査では未使用との回答で、防臭剤や合成樹脂材からの可能性があった。2-プロパノールは芯材に用いられているゴムの溶剤からの発生が考えられた。

マットレスBの総VOC発生量は100[$\mu\text{g}/\text{h}$]で、発生量の多い物質は、マットレスAと同様にパラジクロロベンゼン、デカナールであり、それぞれ26.3、39.5[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。パラジクロロベンゼンの発生要因は、マットレスAと同様に未使用との回答であったが、マットレスAとは異なり、芯材が天然ゴムであるため、防臭剤からの発生も考えられた。

マットレスCの総VOC発生量は132[$\mu\text{g}/\text{h}$]で、1-プロパノール、オクタン、デカン、ノナナールが主成分で、発生量は39.7、22.4、45.7、17.3[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。1-プロパノールの発生要因は、芯材の合成樹脂材が考えられた。

マットレスDの総VOC発生量は111[$\mu\text{g}/\text{h}$]で、メチルエチルケトン、ヘキサン、トルエン、 α -ピネン、 β -ピネンがそれぞれ23.5、25.8、22.7、27.1、12.0[$\mu\text{g}/\text{h}$]と高い値を示した。

マットレスDと同一の中古品であるマットレスEの総VOC発生量は101[$\mu\text{g}/\text{h}$]で、アセトン、メチルエチルケトン、ベンゼンがそれぞれ40.9、10.6、12.3[$\mu\text{g}/\text{h}$]発生した。

新品のマットレスDと同一モデルの中古品マットレスEとの比較では、総VOC発生量では大きな差は確認されなかったが、VOC成分別発生量は、各成分において変化していた。

D. 結論

2-プロパノール、パラジクロロベンゼン、デカナールが27.9、30.5、37.0[$\mu\text{g}/\text{h}$]とそれぞれ高い値を示した。

I-3. 5. 汚染対策塗料

A. 研究目的

本研究では、汚染対策塗料の効果を検討する

ため、自然塗料による効果を検討した。

B. 研究方法

家庭用品に必ず使用されるものの一つとしての塗料について、自然塗料(6検体)を測定対象として、放散速度、放散化合物及び減衰について検討した。自然塗料(6検体)の概要は以下の通りであった。

A: 脂肪性低臭ホワイトスピリット、油脂、顔料、ジクロフラニド

B: 脂肪性低臭ホワイトスピリット、自然の植物油(ひまわり油、大豆油、あざみ油)

C: 脂肪性低臭ホワイトスピリット、油脂、ワックス

D: 水、亜麻仁油、桐油、鉱物顔料、メチルセルロース、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤

E: 水、亜麻仁油、樹木油、メチルセルロース、水、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤

F: 水、蜜蝋、カラナウバ蝋、亜麻仁油、メチルセルロース、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤

C. 結果及び考察

ミネラルスピリット系溶剤自然塗料では、A~Cにおいて、5803~13793[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$](48[h]後)と比較的大きなVOC放散速度が示され、溶剤の脂肪族炭化水素系物質(ミネラルスピリット)に起因すると考えられた。また、全ての試験片で120[h]後まではVOC放散速度の減衰が確認されたが、依然として大きな放散速度であった。さらに、168[h]後ではVOC放散速度は増加した。VOC成分では、ヘキサン、ヘプタン、ノナナール、ウンデカン、デカナール、ドデカン、トリデカンの比較的大きなVOC放散速度が確認された。全ての試験片において、168[h]後にメチルエチルケトン、ヘキサンの顕著な放散速度の増加が見られた。また、ノナナールの放散速度が顕著に増加した。一方で、ウンデカン、ドデカンは顕著な減衰が確認された。

水系溶剤自然塗料では、D~FのVOC放散速度は、361~975[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$](48[h]後)とミネラルスピリット系溶剤を含んだ自然系塗料(NP1~3)

と比較して、10数分の1以下であり、明らかに小さく、また、経時で減衰することが確認された。

VOC成分は、メチルエチルケトン、ヘキサン、ヘプタン、ノナールの比較的大きな発生が示されたが、48[h]～168[h]後の経時での放散速度減衰性は明確であり、特にヘプタンについてはその減衰が顕著であった。

D. 結論

自然塗料の放散速度、放散化合物及び減衰について検討した。

ミネラルスピリット系溶剤自然塗料では、大きなVOC放散速度が示され、溶剤の脂肪族炭化水素系物質に起因した。水系溶剤自然塗料では、自然系塗料と比較して、10数分の1以下であり、経時で減衰することが確認された。

I-3. 6. 畳材

A. 研究目的

本研究では、畳材の室内空気環境に与える影響を把握するため、1)畳構成材の残留農薬を定量的に明らかにし、2)畳試験片からの有機リン系化合物の発生量をチェンバー実験により明らかにすることを目的とした。また、昨年を引き続き、和室におけるSVOC汚染の実態と汚染メカニズムを明らかにする基礎的研究として、実際の家屋に使用した状況における化学物質放散を検討した。

B. 研究方法

(1) チェンバー試験による評価

実験は、畳材4検体、畳構成材(畳床、畳表)10検体、およびその素材(稲わら、い草)4検体の合計18検体を試験片とし、有機リン系化合物を含む18物質のSVOCを測定対象物質とした。

C. 結果及び考察

(1) チェンバー試験による評価

稲わら(B)、い草、畳表(A)、(C)、防虫シートからChlorpyrifos, Fenobucarb, Fenitrothionの残留が確認された。

Fenitrothionは複数の検体から検出されたが、Diazinonの残留は確認されなかった。また、検体1[g]当りの残留農薬を算出した結果、稲わら(B)、い草、畳表(A)、(B)、防虫シートに、それぞれ2.80[μg]、0.18[μg]、0.14[μg]、0.13[μg]、6.29[μg]のFenitrothionの残留が確認された。しかしながら、防虫・殺虫としての使用量が減少していることが考えられた。

チェンバー実験により得られたSVOC濃度実測値とチェンバー換気量の関係から、畳材のSVOC発生量 $M[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}]$ を算出した。

畳材(A)、(B)の総SVOC発生量は、それぞれ2.58[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]、114[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]であった。畳材(A)からの発生成分はFenitrothion, Di-n-Butyl Phthalateであり、それぞれの発生量は2.43[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]、0.15[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]であった。畳材(B)からの発生成分はDimethyl Phthalate, Di-2-Ethylhexyl Phthalateであり、その発生量は0.53[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]、113[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]であった。Fenitrothionの発生は、畳材(A)に挿入される防虫シートに起因するものと考えられた。

ついで、畳材(A)、(B)について確かな放散量を把握するため、畳を裁断加工したものあるいは畳材、畳構成材、およびその素材からSVOCの発生は確認されなかった。

(2) 家屋使用畳等における内分泌攪乱物質

「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時2つの和室で共通して検出された物質は、フタル酸ジ-n-ブチルとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルであるが、両物質の室内濃度は低く問題となるレベルではなかった。また、両和室に共通する傾向は、「低放散仕様畳」敷設時に「化学畳」敷設時よりもフタル酸ジ-n-ブチル濃度が高くなり、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルではこれとは逆に、「化学畳」敷設時に「低放散仕様畳」敷設時よりも濃度が高くなる傾向にある。両和室において、フタル酸ジエチルは検出と不検出に分かれた。両和室では第1種換気システムが運転されており、これら畳材の室内SVOC濃度に与える影響は低換気

条件の場合、更に大きくなると考えられた。今回の調査でダイアジノン、クロルピリフォス、フェノカルブの有機リン系化合物は、両和室の「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時には検出されなかった。

D. 結論

和室におけるSVOC汚染の実態と汚染メカニズムとして、実際の家屋に使用した状況における化学物質放散を検討した。

その結果、チャンバー試験では、Fenitrothionの残留が確認された。畳材の総SVOC発生量は、2.58、114[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]であった。その他、Di-n-Butyl Phthalate、Dimethyl Phthalate、Di-2-Ethylhexyl Phthalateがみられた。

家屋使用畳等においては、フタル酸ジ・n・ブチルやフタル酸ジ・2・エチルヘキシルが検出される場合がみられた。

I-3. 7. 建具

A. 研究目的

本研究では、1)建具の化学物質発生量の実態解明を行い、室内化学物質汚染の防止を意図した2)化学物質低放散仕様建具を作製し、その発生量を実験室実験で検証した。

B. 研究方法

対象は、各種対策を施した建具（4検体）を試験体とし、大型チェンバー(5[m³])を用いてほかの放散条件と同様で実施した。測定対象建具の概要を以下に示す。

- ①フスマ戸A、表面：F☆☆☆☆合板、サイズ：H(1995)×W(895)×D(32)[mm]
 - ・塗料：封止系塗料(セラック系)、接着剤：デンブンプン系接着剤で和紙
 - ・裏面：F☆☆☆☆シナ合板CL仕上げ、塗料：封止系塗料(セラック系)
- ②フスマ戸B、表面：F☆☆☆☆合板、サイズ：H(1995)×W(895)×D(32)[mm]
 - ・塗料：封止系塗料(セラック系)、接着剤：デンブンプン系接着剤でビニルクロス(光触媒混入)

・裏面：F☆☆☆☆合板、塗料：封止系塗料(セラック系)

③フスマ戸C：建具2と同様

④フスマ戸D：芯材、仕上げ材：スギ板材、接着剤：デンブンプン系接着剤で和紙

C. 結果及び考察

ホルムアルデヒド発生量は0～7.12[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]の範囲にあり、小さな値であった。建具A、B、C VOC発生量は0.66～23.0[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]の範囲にあり、比較的小さな値であった。建具Dでは180[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と比較的大きな値となったが、成分別で見ると α,β -ピネン、リモネン等の天然由来成分が約70%を占めた。何れの開発建具も在来建具と比較して化学物質発生量は小さく、室内汚染源とはならないことが判明した。

D. 結論

建具の放散は、何れの開発建具も在来建具と比較して化学物質発生量は小さく、室内汚染源とはならないことが判明した。

I-4. 空気汚染対策製品・技術の化学物質除去性能の評価及び予測

I-4. 1. 初期性能と空気濃度予測

A. 研究目的

本研究では、家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能を明らかにし、空気清浄機使用室のホルムアルデヒド濃度予測を行った。

B. 研究方法

市販の化学物質除去を記載している空気清浄機の中から除去方法やフィルタ構成を考慮して機器を選定した。

測定装置は、環境制御の大型チェンバーとガス定常発生装置を用いて行った。チェンバー内の環境条件は、温度：28±1 [°C]、相対湿度：50±1 [%]、換気回数0.50±0.05 [1/h]に制御した。

C. 結果及び考察

(1) チェンバー内ホルムアルデヒドの定常状

態確認試験

気積23.3[m³]のチェンバーを一定の環境条件に制御し、ホルムアルデヒド濃度が高、中、低で再現できた。

(2) 空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能

ホルムアルデヒド濃度を提案した汚染物質濃度予測式に代入し、そこから相当換気量を算出した。

(3) 室内ホルムアルデヒド濃度予測値と実測値の比較

定常発生法除去試験におけるホルムアルデヒド濃度の符合率は74.6～99.9%であり、平均は94.6%となった。

D. 結論

本研究では、大型チャンバーと新開発のガス定常装置を用いてチェンバー内に任意の室内ホルムアルデヒド濃度定常状態を再現し、定常発生法除去試験による家庭用空気清浄機の機器風量別ホルムアルデヒド除去特性を明らかにした。また、室内ホルムアルデヒド濃度予測値と実測値の符合率は平均94.6%となり、高い精度で符合することが判明した。

I-4. 2. 家庭用空気清浄機の製造年と初期性能との関係

A. 研究目的

本研究では、これまでに解明してきた空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能について整理し、総括的に検討する。

B. 研究方法

本研究では、1995年～2006年に製造された家庭用空気清浄機を対象とし、定常発生法除去試験、濃度減衰法除去試験の2つの試験法を用いて、機器のホルムアルデヒド除去試験を行った。

C. 結果、考察及び結論

本研究は、これまでに解明してきた同機器のホルムアルデヒド除去性能について整理し、家

庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能を製造年別に整理し、比較検討を行った結果、機器風量・適用床面積共に年々増大し、1台あたりに搭載されるフィルタの種類も増加傾向にあることが示された。また、製造年別にホルムアルデヒド除去性能を比較検討した結果、ここ10年間で除去性能が飛躍的に向上していることが示された。

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

本課題では、平成15年度までの過去8年間にわたる全国調査により、室内空気中での存在が明らかとなった化学物質について発生源である各種家庭用品それぞれの寄与率を評価するための基盤的研究を実施した。さらに、過去に調査がなされていないWHO等の国際機関等により、室内汚染が指摘されている化学物質については存在実態を明らかにした上で評価を行った。

本年度は、未調査化学物質の検討として、1. 室内における微小ナノ物質の挙動及び健康影響評価研究、2. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究を行い、データベース構築に向けて、提出されたデータを下に暴露評価及びリスク評価手法を開発した。

II-1. 未調査化学物質の室内での存在に関する研究

A. 研究目的

近年、健康影響の観点から、10 μ m以下の浮遊粒子状物質 (SPM) よりも微小なPM_{2.5} (2.5 μ m以下)、ナノ粒子などの研究が盛んに行われている。しかし、これらの調査の多くは自動車排出ガスを主とした一般環境におけるものが多く、室内環境における研究はシックハウス問題に係わる揮発性有機化合物調査が多い。平成17年度調査で、室内環境中において暖房器具、調理器具、スプレーなどの家庭用品からナノ粒子を含む微小粒子は、外気導入時の走行車両内と同レベルの数濃度が観測された。

ナノ粒子は肺胞壁を通過し血中まで移行することが懸念されており、実態を把握する必要がある。平成17年度調査では、ナノ粒子を含む一定の粒径範囲の総数濃度を測定したに過ぎないが、今年度は粒径別にナノ粒子を測定し、より詳細な数濃度について把握した。

B. 研究方法

PM2.5測定装置で一般家庭を想定した試験室にいれ、ナノ粒子の測定を行った。

C. 結果、考察及び結論

生活行為におけるナノ粒子暴露を想定した内、喫煙時、暖房器具使用時を想定して測定を行った。概ね、 10^5 のオーダーの数濃度が観測された。より小さい粒子径の数濃度が多い傾向も見られるケースが多かった。道路沿道では数濃度自体も多いが、観測できる粒子径の範囲の内、より小さい粒子径の数濃度が多い傾向にある。また、経過時間とともに粒子の凝縮による粒子径の変化なども観測される。

今後は、より多くの生活行為を設定し実態を把握するとともに、健康に対する影響についても検討が必要となる。そのためにナノ粒子領域の重量、成分に関する定量的な調査も今後必要になると思われる。

II-2. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究

A. 研究目的

厚生労働省では公衆衛生の観点から化学物質の不必要な暴露を低減させるため、個別物質について対策の基準となる客観的な評価を行い、1997年にホルムアルデヒドの指針値が制定された。これを皮切りに13物質の指針値が制定されている。しかし、現実にはその数倍以上の化学物質が室内空気中より検出されているため、更に室内濃度指針値の策定の必要性があるものと思われる。今年度は、国際的な評価基準であるGHS(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)分類に基づいて、トルエンとクロロホルムについ

て10項目の健康に対する有害性及び16項目の物理化学的危険性の情報を入手し評価を行った。

B. 研究方法

研究方法としては、GHS分類は、国内外のデータベース及び文献調査により有害性情報を収集・評価した後、国連から出版公開されているGHS文書とGHS関係省庁等で作成された分類マニュアル及び技術上の指針に基づいて実施した。

GHS分類の判定に利用した情報は、情報源の信頼性から優先順位(Priority)をつけ、Priority 1(国際機関や主要各国等で作成され、信頼性が認知されている情報源であり、原則として一次資料に遡ることができ、必要な場合に情報の確かさを確認できる評価文書や成書)で当該物質情報の有無を調べ、必要な情報が確保できない場合は、Priority 2(一次資料を要約収集したデータベース)にあたり、同様に調査した。

C. 結果及び考察

結果として、トルエン及びクロロホルムの健康に対する有害性は、①急性毒性(経口、経皮、吸入)、②皮膚腐食性/刺激性、③眼に対する重篤な損傷性/刺激性、④呼吸器感作性または皮膚感作性、⑤生殖細胞変異原性、⑥発がん性、⑦生殖毒性、⑧特定標的臓器/全身毒性(単回暴露)、⑨特定標的臓器/全身毒性(反復暴露)及び⑩吸引性呼吸器有害性について評価した。また、物理化学的危険性は、①火薬類、②引火性/可燃性ガス、③引火性エアゾール、④酸化性ガス類、⑤高圧ガス、⑥引火性液体、⑦可燃性固体、⑧自己反応性化学品、⑨自然発火性液体、⑩自然発火性固体、⑪自己発熱性化学品、⑫水反応可燃性物質、⑬酸化性液体、⑭酸化性固体、⑮有機過酸化物及び⑯金属腐食性物質について評価した。

これらの情報整理の結果、以下のようなことが考察できた。トルエンの健康に対する有害性に関しては、経口、経皮、吸入による急性毒性は、区分5、区分外、区分外であり弱い分類結

果であったが皮膚刺激性、生殖毒性、単回及び反復暴露で強い有害性に分類された。クロロホルムの健康に対する有害性に関しては、経口、経皮、吸入による急性毒性は、区分4、区分5、区分4でありやや強い分類結果であり、皮膚及び眼刺激性、生殖細胞変異原性、発がん性、生殖毒性、単回及び反復暴露で強い有害性に分類された。

また、物理化学的危険性に関しては、トルエンで国連危険物輸送勧告で区分2の引火性液体、クロロホルムで不燃性の区分外に該当した。

D. 結論

家庭用品で使用される化学物質の大部分は極めて一時的なものであるが、そこでこれらの情報を整理し、一般消費者でも利用可能な情報例を示した。

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

家庭用品中に含有する化学物質の吸入毒性の情報は極めて少ないので、家庭用品で用いられる化学物質のうち、昨年度までの研究の情報を基にプライオリティの上位の化学物質について、吸入毒性試験を実施した。室内空気暴露の条件は、長期間にわたる低濃度継続暴露から短期間における高濃度の間欠暴露まで、いろいろな暴露形態が考えられる。このことから、吸入毒性試験は28～90日間の亜急性毒性と1～数日程度の高濃度短期暴露試験の少なくとも2種の方法の試験を実施した。これらの試験において、従来の毒性指標に加えて、大脳辺縁系、呼吸中枢神経系、嗅覚神経系等の電気生理学あるいは薬理学的検討と、嗅覚関連器官、神経関連器官及び免疫関連器官における機能生理学的などの新たな毒性指標の追加を検討した。ここで得られた情報を基に、長期暴露及び短期暴露のリスク管理の資料を得ることを目的とした。

今年度は、1. 1. 家庭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、1. 2. 低濃度アセトアルデヒド経気道暴露による生態影響評価、2. 1. 家庭用品中化学物質による過敏症の発現機構に関する研究について検討した。

Ⅲ-1. 吸入による低濃度長期および高濃度短期の暴露における健康影響評価に関する研究

Ⅲ-1. 1. 家庭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

A. 研究目的

平成16年度に研究を行ったトルエンと化学構造が類似したエチルベンゼンをモデルとして、経口投与実験のデータから吸入暴露による生体影響を推定する換算式の有効性について体内暴露量を指標にして検証した。

B. 研究方法

換算式による推定における経口投与と吸入暴露の吸収率の要因について検討するため、吸収率が100%と仮定できる腹腔内投与の体内暴露量を測定し、吸入暴露と経口投与による体内暴露量と比較した。

さらに、これらの結果をトルエンと比較することによって、類似化学物質間で体内暴露量(AUC)や換算式の有効性、吸収率に相似性が有るか否か検討した。

C. 結果及び考察

(1) エチルベンゼンの吸入暴露と経口投与による体内暴露量の比較による換算式の有効性の検証

①血液中濃度の推移

血液中のエチルベンゼンの濃度推移は投与経路と投与用量により異なっていた。

吸入暴露では、暴露濃度が高くなるほど天井値に達するまでの時間が長くなると考えられた。暴露終了後は、各濃度群とも経時的に血液中濃度が減衰した。

経口投与では、吸入暴露と比較して濃度推移は異なるが、天井値に達するまでの時間と

投与用量の関係については、吸入暴露と同様に投与用量が高くなるほど天井値に達するまでの時間が長くなると考えられた。

②血液中濃度の生物学的半減期

暴露終了時の濃度に対する見かけ上の生物学的半減期は、吸入暴露では29分から60分の範囲にあった。経口投与では100 mg/kg体重以下の投与用量は213分から265分の範囲にあった。従って、吸入暴露における生物学的半減期は経口投与より短いと考えられた。

③投与量と体内暴露量の関係

血液中濃度の最高値およびAUCは、吸入暴露、経口投与とも、今回用いた投与用量の範囲内では投与用量の増加に相応して上昇した。経口投与の血液中濃度の最高値およびAUCとも、投与用量の増加にほぼ相応した比率で上昇していると判断した。

④経口投与実験データを用いた吸入暴露毒性の推定

換算式を用いて経口投与の実験データから吸入暴露による生体影響を推定する方法をエチルベンゼンをモデルとして検証した結果、①換算式を用いて計算した暴露濃度は、体内暴露量に基づいて推測された暴露濃度に比べ低用量では一致するが高用量になると低い値になる、②従って、高用量では毒性を過大に評価する可能性がある、③その値はAUCを指標にした場合には0.75倍～0.39倍であることがわかった。

(2) 腹腔内投与による体内暴露量との比較によるエチルベンゼンの体内への吸収率の推定

腹腔内投与した化学物質は全て体内に入るため、体内に100%吸収されると仮定できる。従って、エチルベンゼンを腹腔内投与した時の体内暴露量を測定し、経口投与や吸入暴露した時の体内暴露量と比較することによって、それぞれの投与経路における体内への吸収率を推定できると考えた。

その結果、エチルベンゼンの経口投与による吸収率は、25 mg/kg体重の投与では34%、50 mg/kg体重では60%、100 mg/kg体重では

49%、200 mg/kg体重では51%であり、各投与用量間でばらつきはあるが、34%～60%であった。吸入暴露による吸収率は、暴露濃度が25 ppm群では40%、50 ppmでは38%、100 ppmでは25%、200 ppm群では22%であり、暴露濃度25 ppmにおける吸収率が経口投与に近似していたのに対し、50 ppm以上の暴露濃度では経口投与の約1/2の吸収率になるという結果が得られた。

エチルベンゼンをモデルとした換算式の有効性の検証でも、換算式により得られた値は低用量では体内暴露量 (AUC) から推定した値と近似した値が得られたが、高用量では換算式から得られる濃度が低くなる (約0.75倍～0.39倍) という結果が得られており、換算式から得られる値と体内暴露量からの推測値の差は投与経路間の吸収率の差が原因である可能性が示唆された。

これらの結果は、経口投与のデータから換算式を用いて吸入暴露による毒性を推定する際に、経口投与と吸入暴露の両者の吸収率を考慮することの重要性を示している。

(3) トルエンとエチルベンゼンの比較

トルエンとエチルベンゼンは化学構造が類似しているが、両者の体内暴露量 (AUC)、換算式の有効性、吸収率には差があり、トルエンとエチルベンゼンに関しては化学構造が類似していても相似性がみられないと判断した。また、両者の差は主に吸収率の差によって生じると考えられた。従って、経口投与のデータから換算式を用いて吸入暴露による毒性を推定するためには、化学構造が類似していても、個々の化学物質について経口投与と吸入暴露の吸収率を測定することが必要であると考えられる。

D. 結論

1) 換算式を用いて計算した暴露濃度は、低用量では体内暴露量に基づいて推測された暴露濃度に近似する。しかし、高用量になると低い値 (0.75倍～0.39倍) になり、毒

性を過大に評価する可能性がある。トルエン（平成16年度）およびクロロホルム（平成17年度）をモデルとした検証結果と合わせ、①換算式の有効性は化学物質の種類や用量によって異なること、②吸入暴露による毒性を経口投与実験のデータから換算式によって推定する場合、換算式から得られた値と実際の値の間には約2倍から0.4倍の差が生じる可能性があることがわかった。

2) エチルベンゼンの吸入暴露による吸収率は、低濃度では40%であり経口投与による吸収率と近似していた。しかし、高濃度では22%になり経口投与の約1/2の吸収率になった。従って、換算式から得られる値と体内暴露量からの推測値の差は吸収率の差が原因になっている可能性があると考えられた。

3) トルエンとエチルベンゼンは化学構造が類似しているが、両者の体内暴露量(AUC)、換算式の有効性、吸収率には差があり、トルエンとエチルベンゼンに関しては化学構造が類似していても相似性がみられないと判断した。また、両者の差は主に吸収率の差によって生じると考えられる。従って、経口投与のデータから換算式を用いて吸入暴露による毒性を推定するためには、化学構造が類似していても、個々の化学物質について経口投与と吸入暴露の吸収率を測定する必要があることがわかった。

Ⅲ-1. 2. 低濃度アセトアルデヒド経気道曝露による生体影響評価

A. 研究目的

生活環境中の化学物質の種類増加は著し中でオフィスや住宅の建材の変化・気密性の増加なども加わり、種々の症状を訴える人が増加し、シックビルディング症候群あるいは化学物質過敏症（以下MCS）という概念が提唱されたが、その概念・病態は解明されておらず、定義もいくつもあるなどコンセンサスが得られていない部分が多く問題が残されている。一方、環境省の「本態性多種化学物質過敏状態の調査

研究」の一環で「モデル動物を利用した非アレルギー性の過敏状態の発症機序の検討」を分担実施し、その中でMCSの原因物質として最も懸念されているホルムアルデヒドについてマウスを用いた低濃度経気道曝露実験においても中枢神経系に対する刺激、視床下部・下垂体軸に対するストレス反応やそれらに基づくと思われる不安行動の誘発などが観察された。

MCSへの関与などの指摘より代替物質としてのアセトアルデヒドもホルムアルデヒドと同様に発生源、接着剤、防腐剤、フィルム現像液などの使用が増加傾向にある。この様な状況下で本年度はアセトアルデヒドについて低濃度経気道曝露実験系を確立し、その生態影響を評価することを実施した。

B. 研究方法

実験動物は、生体内における主たるアセトアルデヒドの代謝酵素であるアルデヒド脱水素酵素ALDH2活性を有する*Aldh2*^{+/+}マウスおよび、その遺伝子をノックアウトした*Aldh2*^{-/-}マウスを使用した。曝露条件は、2~3日に一度動物および曝露装置の維持管理のために数時間の中断を置く以外は一日24時間、4週間の連続曝露とし、濃度は0ppm、125ppm、500ppmの3段階で行った。

バイオロジカルモニタリングは、生体内曝露指標としてアセトアルデヒド-ヘモグロビン付加体（Hemoglobin-associated acetaldehyde）の測定、変異原性試験として、網状赤血球小核試験、*T cell receptor (TCR)* 遺伝子の突然変異頻度測定、免疫学的検索として、脾細胞数、細胞分画の比較、細胞増殖試験を行った。

アセトアルデヒド腹腔内投与実験では、アセトアルデヒド腹腔内投与時のアセトアルデヒド-ヘモグロビン付加体測定において、*Aldh2*^{+/+}マウスおよび*Aldh2*^{-/-}マウスにそれぞれ300mg/kgのアセトアルデヒドを腹腔内投与し、その後経時的に採血を行い、アセトアルデヒド-ヘモグロビン付加体量の変化を観察した。両系統マウスともに腹腔内投与後、速やかな増加を認め、その後*Aldh2*^{+/+}では半減期350分で減衰

したのに対し、*Aldh2*^{-/-}では957分とゆっくりとした減衰を認めた。腹腔内投与後4時間後におけるDose・responseを検討したところ、*Aldh2*^{-/-}マウスは野生型*Aldh2*^{+/+}マウスに比べ有意に高値を示した。

C. 結果及び考察

アセトアルデヒド腹腔内投与実験では、両系統マウスともに腹腔内投与後、速やかな増加を認め、その後*Aldh2*^{+/+}では半減期350分で減衰したのに対し、*Aldh2*^{-/-}では957分とゆっくりとした減衰を認めた。腹腔内投与後4時間後におけるDose・responseを検討したところ、*Aldh2*^{-/-}マウスは野生型*Aldh2*^{+/+}マウスに比べ有意に高値を示した。

経気道曝露実験においては、*Aldh2*^{+/+}マウスおよび*Aldh2*^{-/-}マウスに500ppmアセトアルデヒド4週間曝露を実施したところ、曝露期間中*Aldh2*^{+/+}マウスでは体重の増加を認めたが、*Aldh2*^{-/-}マウスにおいてはむしろ体重の減少を認めた。アセトアルデヒド曝露終了直後に採血を行い生体内曝露指標としてのアセトアルデヒドヘモグロビン付加体の測定を行ったところ、両系統マウスにおいてコントロールの値に相違は認めなかった。125ppm、500ppmアセトアルデヒド曝露により両系統マウスとも濃度依存的に有意な付加体の増加を認め、特に*Aldh2*^{-/-}マウスにおいて顕著であり、*Aldh2*^{+/+}マウス比べ有意に高値であった。

アセトアルデヒドは、赤血球により取り込まれ、ヒトおよびヒヒのエタノール摂取後には、*in vivo*(生体内)において、その細胞内濃度は血漿の10倍にもなり得ることが報告されている。経気道曝露においても生体内曝露指標として有用と考えられる。

変異原性試験では、小核試験において*Aldh2*^{+/+}マウスにおいては500ppm曝露においても有意な増加を認めなかったが、*Aldh2*^{-/-}マウスにおいては濃度依存的に有意な小核の増加を認めた。

*TCR*遺伝子座突然変異頻度および小核頻度は*Aldh2*^{+/+}マウスにおいては500ppm曝露にお

いても有意な増加を認めなかったが、*Aldh2*^{-/-}マウスにおいては濃度依存的に有意な増加を認めた。

免疫学的パラメータでは、脾細胞数・細胞分画において、各群マウスの個体当たりの脾細胞数は、相違は認めなかった。脾細胞中の細胞分画において、各群マウスのをFACSにて解析した結果*Aldh2*^{+/+}および*Aldh2*^{-/-}マウス両系統ともに、CD3⁺Tリンパ球、CD19⁺Bリンパ球、CD4⁺、CD25⁺調節性Tリンパ球等、免疫担当細胞分画に有意な変化は認められなかった。

細胞増殖において、マイトジェン刺激したときの細胞増殖をStimulation indexで比較したところ、*Aldh2*^{+/+}および*Aldh2*^{-/-}マウス両系統ともにLPS刺激では、アセトアルデヒド曝露群もコントロールも差異は認めなかったが、ConA刺激に際しては、アセトアルデヒド曝露により細胞増殖の増大が観察された。

以上のことから、アセトアルデヒドの人への健康影響としては、飲酒時のいわゆる二日酔いの原因物質の一つとして知られる。また蒸気は目、鼻、のどに刺激がある。目に侵入すると結膜炎や目のかすみを起こす。長期間の直接接触により発赤、皮膚炎を起こすことがある。高濃度蒸気の吸入による中毒症状として、麻酔作用、意識混濁、気管支炎、肺浮腫等があり、初期症状は慢性アルコール中毒に似ていた。

アセトアルデヒドは*in vitro*の実験系では種々の変異原性試験において陽性結果も得られ、さらに*in vivo*における小核試験などでも陽性所見が報告されている。国際がん研究機関(IARC)の分類では2B(人に対して発がん性があるかもしれない)に分類されている。特に日本人を含む東洋人の約半数を占めるアルデヒド脱水素酵素活性欠損者においては高感受性を示すことが示唆された。

一方、免疫学的パラメータに関しては、昨年に引き続きマイトジェン刺激に伴う細胞増殖試験において、Tリンパ球系のマイトジェンであるConA刺激により明らかな増殖能の増加が認められた。

D. 結論

アセトアルデヒドについて低濃度経気道曝露実験系を確立し、その生態影響を評価することを実施した。

生体内における主たるアセトアルデヒドの代謝酵素であるアルデヒド脱水素酵素ALDH2活性を有する *Aldh2*^{+/+}マウスおよび、その遺伝子をノックアウトした *Aldh2*^{-/-}マウスを使用した。

アセトアルデヒド-ヘモグロビン付加体の変異原性試験網状赤血球小核試験、*T cell receptor* (*TCR*) 遺伝子の突然変異頻度測定、免疫学的検索として、脾細胞数、細胞分画の比較、細胞増殖試験を行った。

Ⅲ-2. 免疫、神経、生理学あるいは生化学に関連する新たな毒性評価指標による影響に関する研究

A. 研究目的

本年度は、化学物質過敏症などの嗅覚に関連する遺伝子の多型について評価するためTRPV3受容体の細胞発現系を用いた *in vitro* スクリーニング系の確立を行った。TRPVは、痛覚や体液の調節など生理的に重要な役割を引き起こすイオンチャネル型の受容体である。近年、本態性多種化学物質過敏症の発症機序のひとつとして化学物質によるこの受容体の活性化が指摘された。本研究は、皮膚に多く発現するTRPV3受容体の細胞発現系を構築しカルシウム流入を指標としたスクリーニング系の開発を行った。

B. 研究方法

ヒトTRPV3の翻訳領域をpcDNA-DEST40ベクターにサブクローニングし、これをLipofectamine™LTX試薬でHEK293細胞に遺伝子導入した。24時間後、培地をTyrode溶液に置換しCa²⁺蛍光指示薬Fluo4-AM (Molecular Probe社)を細胞に30分間負荷させて細胞内に導入し、Aqua Cosmos (浜松フォトニクス社)を用いて測定した。刺激に対する応答としてFluo4の492nm励起による蛍光強度の変化により、細胞内Ca²⁺流入率を測定した。リガンド刺

激は蛍光顕微鏡下で行い、リガンドとして1 mM Camphor、3 mM Eugenolを用いた。

C. 結果及び考察

ヒトTRPV3受容体を強制的に発現させたHEK293細胞において、Camphorに応答して蛍光強度の増加が認められ、この応答は300秒後まで継続した。また、Eugenolについても蛍光強度の増加が認められた。この現象は、すでに他の研究グループより報告されている結果と一致した。この蛍光強度の増加は、TRPV3受容体がCamphorおよびEugenolといったリガンドに反応し細胞内Ca²⁺濃度の急激な増加を引き起こしたことを示している。今後は化学物質のスクリーニングを開始するとともに、化学物質同士の相互作用についても解析を進めていきたいと考えている。

本研究において、TRPV3受容体の細胞発現系を構築しカルシウム流入を指標としたスクリーニング系を確立した。本分析法は、室内環境化学物質に起因する本態性多種化学物質過敏状態等の発症メカニズムを明らかにする上で有効な方法となると考えられる。

D. 結論

皮膚に多く発現するTRPV3受容体の細胞発現系を構築しカルシウム流入を指標としたスクリーニング系の開発を行った。多種化学物質過敏状態等の発症メカニズムを明らかにする上で有効な方法となると考えられた。

Ⅳ. 家庭用品由来化学物質の推計モデル 開発と濃度予測に関する研究

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種々の家庭用品ばかりでなく、建築資材からも同じように放散している。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個々の家庭用品、その他の総合的に累積したもので、計測のみで求めることはできない。したがって家庭用品を種々の放散特定によって類別化し、予測モデルの構築が不

可欠である一方、ヒト個人個人の行動パターンによって暴露によるリスクが極端に異なり、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、行動パターンを予測し、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。

1. 実測調査による室内化学物質の実態把握と対策技術の検証
2. 室内化学物質の濃度予測

IV-1. 実測調査による室内化学物質濃度の実態把握と対策技術の検証

IV-1. 1. 一般住宅

A. 研究目的

本研究では、種々の空気汚染対策製品・技術を適用した住宅において、実測調査を行い、その濃度低減効果を明らかにした。

B. 研究方法

測定対象住宅は、東北地方のRC造3階建ての一般住宅で、測定は2004年に4回、2006年度に6回、2007年に1回の計11回行った。

C. 結果及び考察

各室のホルムアルデヒド濃度は4.3～28.8[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲で低い値を示した。

各室のVOC濃度は37～2146[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、特に2Fの各室で高い値を示した。成分別

ではエタノールが高濃度で検出された。室内濃度は104～2108[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、平均値で607[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であった。特に、1F和室（西）はTVOC値の約98[%]がエタノールであった。2F和室（西）では天井面（サワラ材に有機溶剤系塗装仕上げ）にVOC放散抑制のため、封止系塗料を使用しているが、処理が不順分であったため、高濃度のエタノール汚染が引起こされたものと考えられた。

各室のSVOC濃度は数[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]程度であった。フタル酸ジエチル、フタル酸ジエチルヘキシルが検出された。全室で換気システムが運転されているが、換気システム運転前後で試料空気の捕集を行った。3F寝室の化学物質濃度を比較すると、システム運転によって明らかな室内濃度低減効果が認められ、エタノールが142[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から73[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 α -ピネン18.6[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から6.59[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]に低減した。また、2F居間濃度ではエタノールが317[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から61.2[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]に低減した。

畳材によるVOCと農薬系化学物質汚染の実態を把握するダイアジノン、フェノブカルブ等の化学物質は検出されなかったために、測定対象室に於いて畳の入れ替えて、2F和室（西）（東）に農薬使用量を削減した農薬系化学物質発生抑制仕様の畳（以下、農薬低放仕様散畳）を敷設し、その後農薬不使用の化学畳に変更して調査した。農薬低放散仕様畳と化学畳敷設後において、検出されたSVOCの室内濃度は低く、クロルピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブ等の化学物質は検出されなかった。また、農薬低放散仕様畳あるいは化学畳敷設後に共に検出された物質はフタル酸ジブチルとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルであった。

D. 結論

種々の空気汚染対策製品・技術を適用した住宅において、実測調査を行った。

SVOC濃度として、フタル酸ジエチル、フタル酸ジエチルヘキシルが検出された。

農薬低放散仕様畳においては農薬類は検出されなかった。しかしながら、フタル酸ジブチル

とフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが検出された。

IV-1. 2. 事務室

A. 研究目的

本研究では、実在事務室の備品を除く1)主要発生源の仕様、使用量、化学物質発生量を明らかにし、また2)事務室内濃度の実測調査を行った。さらに、室内濃度予測法を用いて、3)室内濃度予測を行い、実測値との関係から、4)使用建材、内装材、施工材が事務室内空気質に与える影響を解明することとした。

B. 研究方法

本研究では、内装材(8検体)と施工材(接着剤、3検体)を測定対象とした。

C. 結果及び考察

ホルムアルデヒドでは、長尺塩ビシート(A)(B)、ビニルクロス(A)(B)、ビニル系巾木、塩ビ系ブラインド、アクリル系カーペット、カーペット滑り止め材の放散速度は $0.38 \sim 5.34 [\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ で、接着剤は $8.96 \sim 18.2 [\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ の範囲にあった。

内装材と接着剤のVOC放散速度は、長尺塩ビシート(A)において、 $165 [\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ と比較的大きな放散速度が示された。発生が確認された主成分はエチルベンゼン、キシレンである。接着剤の放散性を調べたところ、床用接着剤で $19324 [\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ の放散速度が示され、主成分はデカンと1,2,4-トリメチルベンゼンであった。巾木用接着剤からはエチルベンゼンの発生が確認されたが、澱粉系の壁用接着剤からはほとんど放散が見られなかった。

内装材をチェンバー内に設置し、フタル酸エステル類化合物濃度を測定した。長尺塩ビシート(A)からはフタル酸ジ-2-エチルヘキシル、カーペット滑り止め材からはフタル酸ジエチルの発生が確認された。

事務室(A)、(B)の濃度はそれぞれ、ホルムアルデヒドは $13.3 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、 $27.1 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、TVOCは $194 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、 $253 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ であった。

D. 結論

室内濃度予測法を用いて、3)室内濃度予測を行い、実測値との関係から、4)使用建材、内装材、施工材が事務室内空気質に与える影響を解析した。

IV-2. 室内化学物質の濃度予測

IV-2. 1. 化学吸着材

A. 研究目的

近年、室内空気汚染対策として吸着系製品が数多く市販されている。そこで本研究では、化学吸着材の吸着性能をI.の1.2で開発したガス定常発生装置を用いて明らかにした。

B. 研究方法

測定結果から相当換気量算出式を用いて Q_{eq} を算出した。24時間後での化学吸着材B、D、Eの Q_{eq} は $2.02 \sim 2.43 [\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ 、72時間後でも化学吸着材B、Eの Q_{eq} は $2.02 \sim 2.06 [\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ となり、粉末状の活性炭とほぼ同等の吸着性能を有することが示された。

化学吸着材施工室における化学物質濃度予測式を次式に示す。

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

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。

C. 結果及び考察

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 、 $0.16 [\text{ppm}]$ 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 $aA:0 [\text{m}^3/\text{h}]$ 、換気回数 $n:0.35 [1/\text{h}]$ 、室気積 $R:23.8 [\text{m}^3]$ (6畳大)とし、全

壁面 (25.2[m²]) の施工、および一定の気流による一様拡散状態を仮定した。

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[m³/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[m³/h])、C (Q_{eq} : 44.4[m³/h])の場合には指針値以下になる結果を得た。

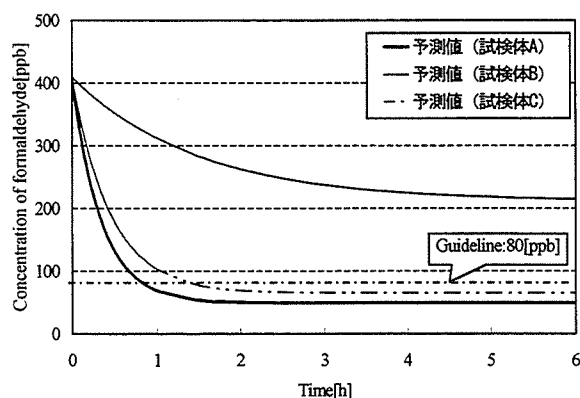


図-1 化学吸着材施工室のホルムアルデヒド濃度予測

D. 結論

化学吸着材の吸着性能をガス定常発生装置を用いて明らかにした。

IV-2. 2. 脱臭剤

A. 研究目的

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することとした。

B. 研究方法

実測調査から、室内におけるホルムアルデヒドの発生量を求めた。

C. 結果及び考察

「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[m³/h・m²]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は6.1.の式と同様である。

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、 $M=1666\sim 4189$ [$\mu\text{g}/\text{h}$]と求められた。予測条件は、室のホルムアルデヒド吸着量 a :4.0[m³/h]、換気回数 n :0.35[1/h]、室気積 R :23.8[m³](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。

D. 結論

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った結果、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-2. 3. 家庭用空気清浄機

A. 研究目的

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。

B. 研究方法

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。

C. 結果及び考察

ホルムアルデヒドの室内濃度が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 a :4.0[m³/h]、換気回数 n :0.35[1/h]、室気積 R :23.8[m³](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[m³/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[m³/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 $Q_{eq}:50[m^3/h]$ 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[$\mu g/m^3$])の場合においては、 $Q_{eq}:10[m^3/h]$ 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。

D. 結論

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った。

IV-2. 4. 換気システム

A. 研究目的

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。

B. 研究方法

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。

C. 結果及び考察

ホルムアルデヒドの室内濃度が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 [$\mu g/h$]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 $aA:0[m^3/h]$ 、換気回数 $n:0.35[1/h]$ 、室気積 $R:23.8[m^3]$ (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[m^3/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[m^3/h]では厚生労働省濃度指針値(80[ppb])程度までに減衰し、100[m^3/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。

D. 結論

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。

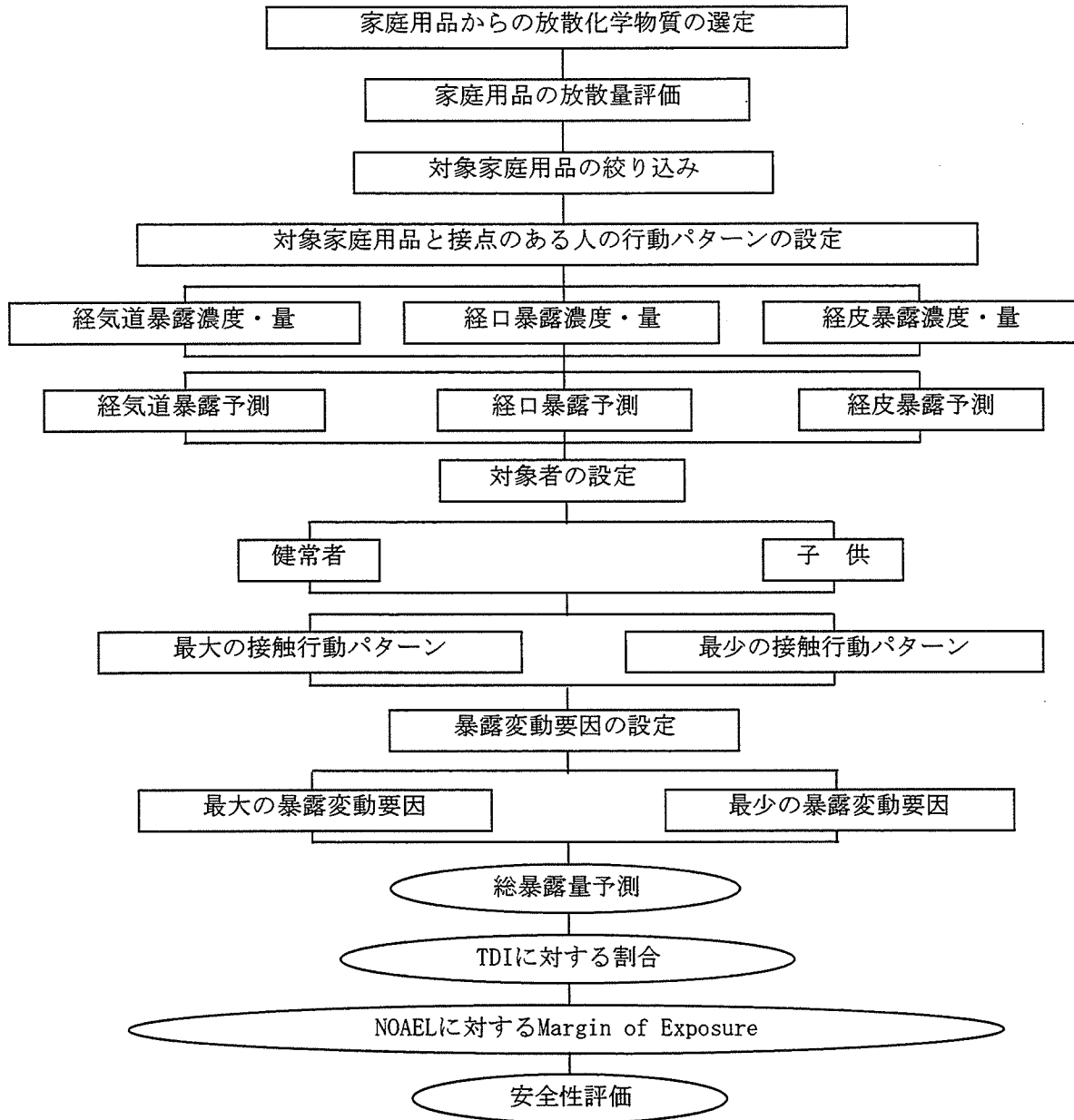
換気装置のみでは、ホルムアルデヒド濃度は指針値以下に下がらないのに対し、空気清浄ユニットを併用運転した場合、濃度指針値以下にまで減衰することが予測された。

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

の範囲から総合的暴露評価を求めることである。



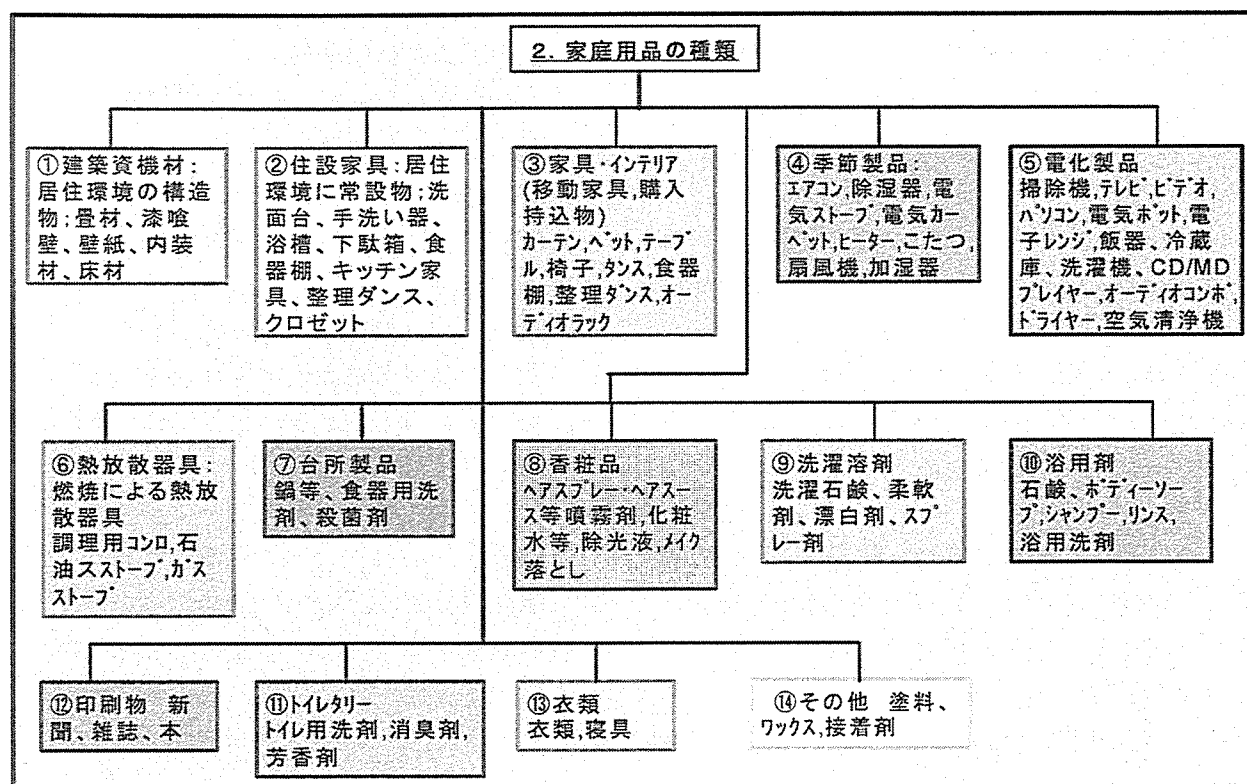
図－１ 家庭用品から放散される化学物質に対するリスクアセスメントの概要

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

購入などに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態からの分類、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が変わるもの、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、①～⑭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り、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、IV-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。

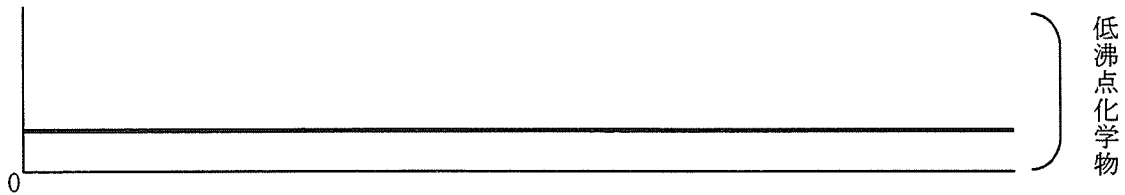
家庭用品に由来する化学物質は物理・化学特性に従って、室内空気、床面および壁面を介した経気道暴露あるいは接触や付着等による経口あるいは経皮的なヒトへの暴露も異なることが予想される。そのため暴露量推定の目安となる

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)

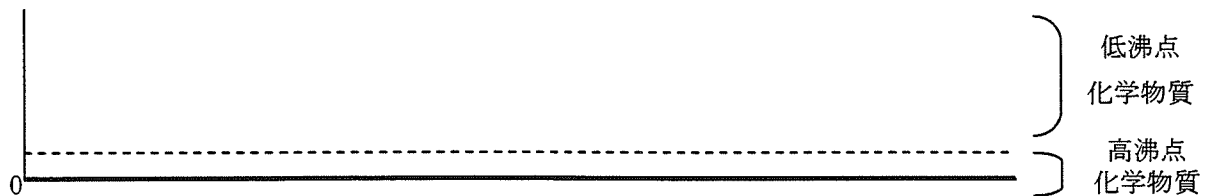


図-2 常時利用家庭用品の室内、床面、壁面の化学物質濃度変化

(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