

200/0903

平成13年度厚生科学研究費補助金  
生活安全総合研究事業  
研究成果報告書

生活用品，対策品からの化学物質の発生と  
除去特性に関する研究  
(課題番号：H13－生活－018)

平成14年 3 月

主任研究者 野 崎 淳 夫

東北文化学園大学 科学技術学部  
環境計画工学科 助教授

生活用品、対策品の化学物質の発生と除去特性に関する研究  
(平成13年度報告書 目次)

序論(野崎淳夫)

|                  |               |
|------------------|---------------|
| 1. 本研究の背景        | ・ ・ ・ ・ ・ 序-1 |
| 2. 本研究の目的        | ・ ・ ・ ・ ・ 序-2 |
| 3. 本研究の特色及び独創的な点 | ・ ・ ・ ・ ・ 序-3 |
| 4. 研究計画(構想と展望)   | ・ ・ ・ ・ ・ 序-4 |
| 5. 生活用品、対策品の全体像  | ・ ・ ・ ・ ・ 序-6 |
| 6. 研究体制          | ・ ・ ・ ・ ・ 序-8 |
| 7. 研究の流れ         | ・ ・ ・ ・ ・ 序-9 |

第1編 測定・評価法と実験システムの確立

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| 1.1 対象とする化学物質と健康影響(池田耕一)         | ・ ・ ・ ・ ・ 1-1  |
| 1.2 化学物質のガイドラインの現状(池田耕一)         | ・ ・ ・ ・ ・ 1-5  |
| 1.3 測定法の現状(松村年郎、堀 雅宏)            |                |
| 1.3.1 ホルムアルデヒド                   | ・ ・ ・ ・ ・ 1-7  |
| 1.3.2 VOC                        | ・ ・ ・ ・ ・ 1-12 |
| 1.4 対策品の汚染物質除去特性に関する評価法の現状(吉野 博) | ・ ・ ・ ・ ・ 1-15 |
| 1.5 実験システムの構築(野崎淳夫)              |                |
| 1.5.1 空気環境実験室の概要                 | ・ ・ ・ ・ ・ 1-17 |
| 1.5.2 実験システム(スモールチェンバー(I))の構築    | ・ ・ ・ ・ ・ 1-21 |
| 1.5.3 実験システム(スモールチェンバー(II))の構築   | ・ ・ ・ ・ ・ 1-22 |
| 1.5.4 実験システム(スモールチェンバー(III))の構築  | ・ ・ ・ ・ ・ 1-24 |

第2編 生活用品からの化学物質の発生に関する研究

第1章 ホビー製品(スプレー式塗料)からの化学物質の発生に関する研究(野崎淳夫)

|              |                  |
|--------------|------------------|
| 2.1.1 はじめに   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-1  |
| 2.1.2 実験概要   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-1  |
| 2.1.3 結果     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-6  |
| 2.1.4 考察     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-19 |
| 2.1.5 本章のまとめ | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-22 |
| 2.1.6 引用文献   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.1-23 |

第2章 化粧品からの化学物質の発生に関する研究(多田智子、中川正幸)

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| 2.2.1 はじめに   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-1 |
| 2.2.2 実験概要   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-1 |
| 2.2.3 結果     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-5 |
| 2.2.4 考察     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-7 |
| 2.2.5 本章のまとめ | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-9 |
| 2.2.6 引用文献   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.2-9 |

第3章 衣料品からの化学物質の発生に関する研究(古川哲也)

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| 2.3.1 はじめに   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-1 |
| 2.3.2 調査概要   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-1 |
| 2.3.3 結果     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-4 |
| 2.3.4 考察     | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-4 |
| 2.3.5 本章のまとめ | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-5 |
| 2.3.6 引用文献   | ・ ・ ・ ・ ・ 2.3-6 |

第4章 防虫剤・殺虫剤からの化学物質の発生に関する研究(松村年郎)

|            |                 |
|------------|-----------------|
| 2.4.1 はじめに | ・ ・ ・ ・ ・ 2.4-1 |
|------------|-----------------|

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| 2.4.2 実験概要                           | 2.4-1  |
| 2.4.3 結果                             | 2.4-1  |
| 2.4.4 考察                             | 2.4-2  |
| 2.4.5 本章のまとめ                         | 2.4-3  |
| 2.4.6 引用文献                           | 2.4-3  |
| 第5章 造作家具からの化学物質の発生に関する研究（野崎淳夫）       |        |
| 2.5.1 はじめに                           | 2.5-1  |
| 2.5.2 実験概要                           | 2.5-2  |
| 2.5.3 結果                             | 2.5-7  |
| 2.5.4 考察                             | 2.5-11 |
| 2.5.5 本章のまとめ                         | 2.5-12 |
| 2.5.6 引用文献                           | 2.5-13 |
| 第3編 対策品の化学物質の除去特性に関する研究              |        |
| 第1章 消臭剤の化学物質の除去特性に関する研究（堀 雅宏）        |        |
| 3.1.1 はじめに                           | 3.1-1  |
| 3.1.2 実験概要                           | 3.1-1  |
| 3.1.3 結果                             | 3.1-3  |
| 3.1.4 考察                             | 3.1-7  |
| 3.1.5 本章のまとめ                         | 3.1-8  |
| 3.1.6 引用文献                           | 3.1-8  |
| 第2章 空気清浄機の化学物質の除去特性に関する研究（野崎淳夫、飯倉一雄） |        |
| 3.2.1 はじめに                           | 3.2-1  |
| 3.2.2 実験概要                           | 3.2-1  |
| 3.2.3 結果                             | 3.2-8  |
| 3.2.4 考察                             | 3.2-11 |
| 3.2.5 本章のまとめ                         | 3.2-12 |
| 3.2.6 引用文献                           | 3.2-13 |
| 第3章 畳の化学物質の除去特性に関する研究（野崎淳夫）          |        |
| 3.3.1 はじめに                           | 3.3-1  |
| 3.3.2 実験概要                           | 3.3-1  |
| 3.3.3 結果                             | 3.3-9  |
| 3.3.4 考察                             | 3.3-29 |
| 3.3.5 本章のまとめ                         | 3.3-29 |
| 3.3.6 引用文献                           | 3.3-30 |
| 総論（野崎淳夫）                             |        |
| 1. 試験・評価法の提案と実験システムの構築に関する総論         | 総-1    |
| 2. 生活用品からの化学物質の発生に関する総論              |        |
| 2.1 ホビー製品からの化学物質の発生について              | 総-2    |
| 2.2 化粧品からの化学物質の発生について                | 総-4    |
| 2.3 衣料品からの化学物質の発生について                | 総-4    |
| 2.4 防虫剤・殺虫剤からの化学物質の発生について            | 総-5    |
| 2.5 造作家具からの化学物質の発生に関する研究             | 総-6    |
| 3. 対策品の化学物質の除去特性に関する総論               |        |
| 3.1 消臭剤の化学物質の除去特性について                | 総-7    |
| 3.2 空気清浄機の化学物質の除去特性について              | 総-8    |
| 3.3 畳の化学物質の除去特性について                  | 総-9    |

資料

床下換気システムの化学物質の除去特性に関する研究（野崎淳夫）

・・・・・・・・資-1

平成 13 年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

研究課題名（課題番号）

生活用品、対策品からの化学物質の発生と除去特性に関する研究（平成 13- 生活 -018）

研究経費

金 31,525,000 円也

研究組織

主任研究者：野崎淳夫（東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科 助教授）

分担研究者：池田耕一（国立公衆衛生院建築衛生学部 部長）

：堀 雅宏（横浜国立大学大学院工学研究科物質環境学専攻 教授）

研究協力者：吉野 博（東北大学大学院都市・建築工学専攻 教授）

松村年郎（国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部 室長）

中川正幸（仙台市役所生活衛生課）

多田智子（仙台市役所生活衛生課）

古川哲也（郡山市保健所生活衛生課）

飯倉一雄（東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科 特別研究員）

発表文献

原著論文

1) 家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究（その 1）、ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集、No.554、pp.35～40、2002 年 4 月

研究組織 総括：野崎淳夫（東北文化学園大学）

1) 発生量、発生特性

野崎淳夫（東北文化学園大学）

池田耕一（国立公衆衛生院）

・生活用品の室内化学汚染物質  
発生量、発生特性の把握

2) 低減効果とその限界

野崎淳夫（東北文化学園大学）

堀 雅宏（横浜国立大学）

・対策品の室内化学物質除去効果とその  
限界  
・分解反応等で生じた副生成成分の検証  
・製品の実用性の検証



3) 室内化学物質濃度予測法の実現

野崎淳夫（東北文化学園大学）

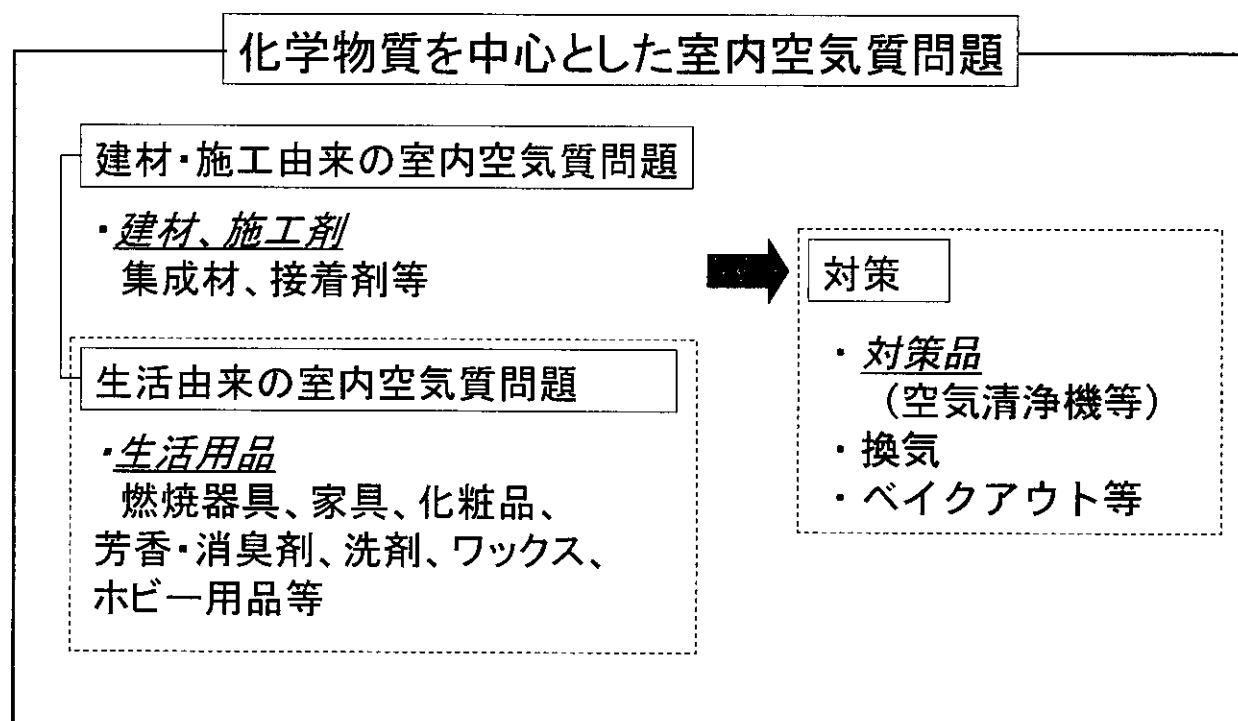
・総括的な室内濃度予測法の実現  
・室内浄化設計法の提案

# 序論

## 1. 本研究の背景

近年、ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物（以下、VOC: Volatile Organic Compounds）などの化学物質による室内空気汚染が社会的にも注目されるようになってきている。汚染発生源としての建築材料に関わる化学物質発生量及び発生特性は、種々の研究により徐々に解明されつつある。

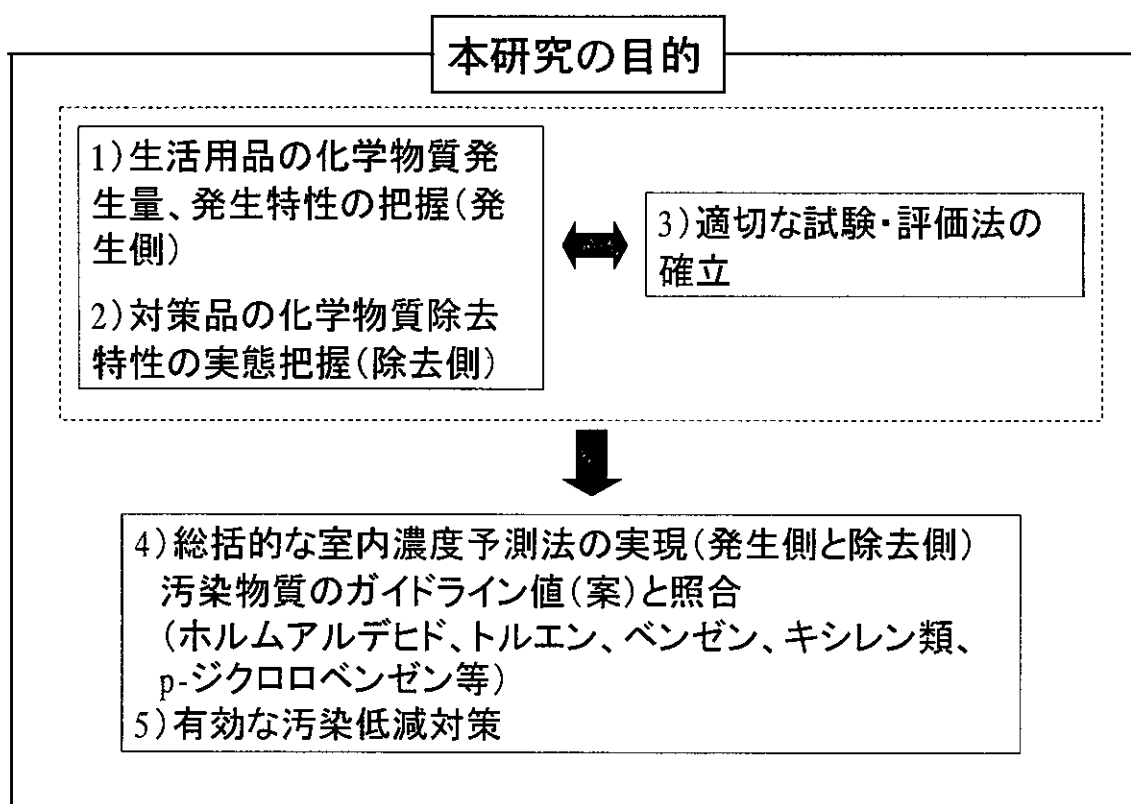
しかしながら、ホルムアルデヒドやVOCなどの化学物質の室内発生源は、多岐にわたり、居住者により室内に持ち込まれた化粧品、芳香剤、カーテン、家具、洗剤・ワックス、家電用品、ホビー用品などの生活用品も軽視できない発生源として指摘されている。また、近年では、室内空気汚染問題に対応した新しい建築材料や除去装置、すなわち対策品が市場に出現しつつある。例えば、建材の下地材からの揮散防止を目的としたバリア性の高いシール形材料、除去効果の持続性、分解生成物の有無など不明な点が多い。従って、総括的な室内濃度予測、換気設計法を実現する際の資料を得ることが、現状ではできない。加えて、化学物質に対する除去特性の試験・評価法も確立していない現状にある。



## 2. 本研究の目的

本研究では、1) 生活用品の発生量、発生特性を把握し、2) 対策品（多孔質材料、炭製品などや、空気清浄機、オゾン脱臭機、家庭用換気装置などの除去装置）の化学物質除去特性とその限界を実験的に明らかにするものである。次に、3) 本実験に関わる適切な試験・評価法を確立し、4) 汚染物質（ホルムアルデヒド、トルエン、ベンゼン、キシレン類、p-ジクロロベンゼン等）の各種ガイドライン値（案）と照合して総括的な室内濃度予測法、換気設計法を提案するものである。

結果として、生活用品の化学物質許容発生量が明確となり、適切な使用方法、製品開発時の資料として利用することができる。また、対策品の除去効果を知ることは、室内浄化設計法を確立する場合の有用な資料になる。両者は、高濃度の室内化学物質濃度の出現を回避できる工学的防止対策に道を拓くものである。



### 3. 本研究の特色及び独創的な点

ホルムアルデヒドやVOCによる室内空気汚染が注目されるようになり、主たる発生源として、フローリング、パーティクルボード、接着剤、クロス等が指摘されている。しかしながら、既往の研究は、従来用いられている建材を対象としており、新しく市場に出現しつつある対策品や身近な生活用品を対象にしている研究報告は、ほとんど見当たらない。すなわち、本研究は、以下の特色と実用性を有している。

- 1) 生活用品の発生量、発生特性の解明が行われる。生活用品に関しての許容発生量が明確となり、どの程度の汚染発生源を室内に持ち込めるかといった問題点を解決できる。また、情報を開示することにより、製品開発時の基礎的資料となり、開発・製造過程で発生量を抑制できる可能性を有する。
- 2) ホルムアルデヒド、VOCの除去が記載されている対策品に対して、その具体的な室内における除去特性とその限界が明らかになる。

ここで得られた発生量、発生特性、及び除去特性の実験値により、適切な試験・評価法の確立が成される。また、建築環境工学・建築衛生学的観点に基づいた室内浄化設計が可能となり、ユーザー、製品開発者への有用な情報（使用方法、製品開発時の資料等）を提供できる。

#### 4. 研究計画（構想と展望）

本研究は、以下の年度計画に基づいて実践する。

##### （1）平成13年度の研究計画

###### 1) 生活用品からの化学物質発生量と発生特性の解明と試験法・評価法の確立

生活用品、対策品からの化学物質発生量、発生特性を求めるため、室内環境条件（温度、湿度、気流、換気量）を制御できるチェンバーを作製した。尚、実験チェンバーは、東北文化学園大学に建設された2つの人工気象室内に設置したものである。生活用品（化粧品、衣類、家具、芳香剤・消臭剤、ホビー用品等）をチェンバー内に挿入し、アルデヒド類（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド等）とVOCの発生量と発生特性を求める。また、これらの物品に対する試験・評価法を具体的に提案し、これに基づいた物品等の特性値を明らかにする。

###### 2) 対策品の化学物質除去特性とその限界

対策品や対策装置の効果を実験的に求める。特に、有効な家庭用換気システムの開発に資する基礎的研究を行い、室内化学物質を有効に排出する床下換気システムについて検討を行い、試作機を製作した。また、家庭用空気清浄機に関して、化学物質の除去特性に関する試験・評価法を確立し、最新の空気清浄機の化学物質除去特性を明らかにした。

##### （2）平成14年度の研究計画

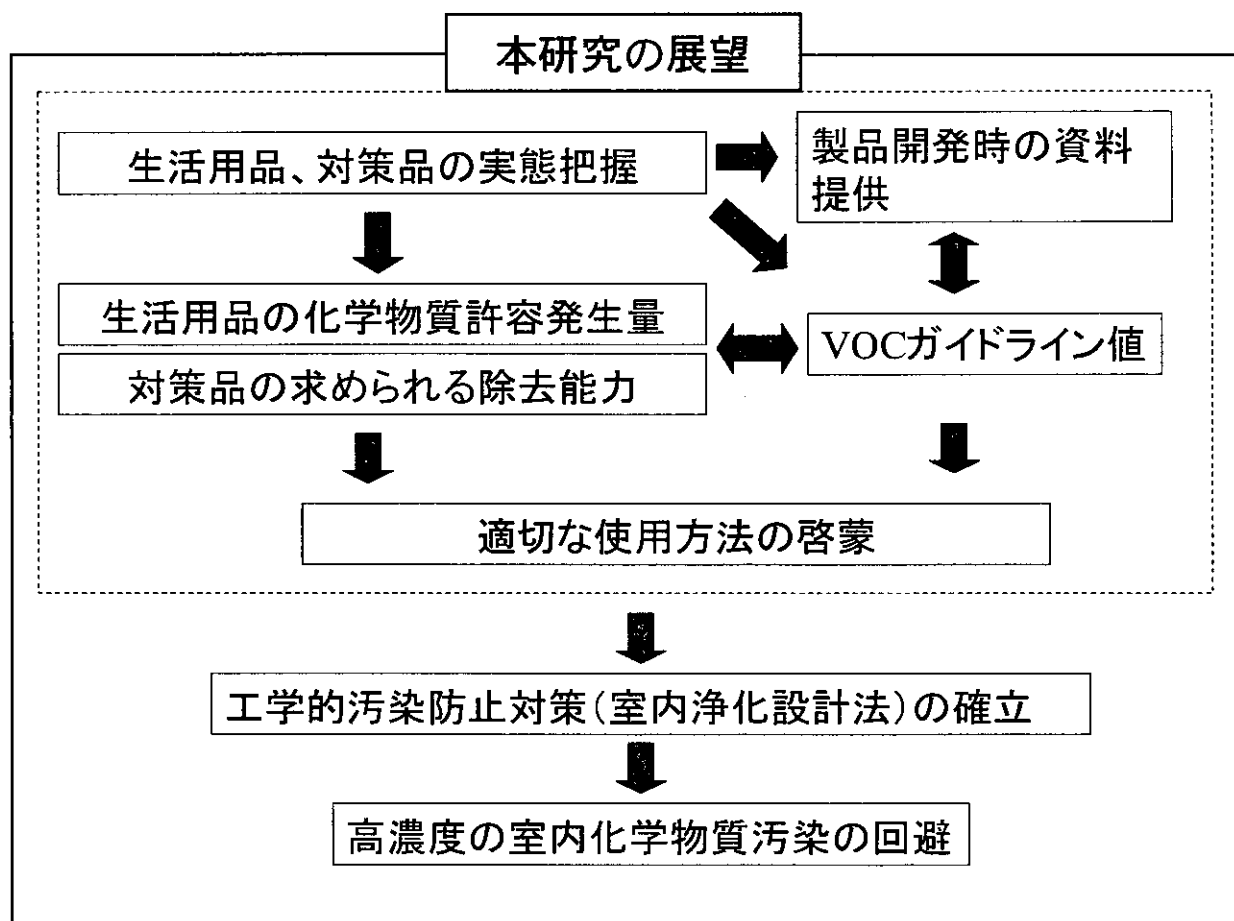
1)、2)に関する実験の継続を行うと共に、特に、家具、電化製品、ワックス、水性ペイントからの発生と、炭製品、多孔質材料の吸着・分解反応による除去特性を明らかにし、同時に、光触媒、オゾンによる分解反応を利用した除去装置（脱臭機、空気清浄機）と有望な換気装置（床下換気装置等）について、除去特性（有効性）とその限界を明らかにするものである。また、分解反応等で生じた副生成物の有無を検証し、製品の実用性について明らかにするものとする。

##### （3）平成15年度の研究計画

1)、2)に関する実験の継続を行うと共に、これらの結果から、生活用品、対策品に関する適切な試験・評価法を確立する。次に、得られた実験値より、高精度の室内化学物質の濃度予測法と汚染防止対策を具体的に提案する。

## 各年度の構想

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| 平成13年度の構想        | 1) 実験システムの作製・改良                |
| ・試験、評価法の確立       | 2) 生活用品、対策品の適切な試験・評価法の確立       |
| ・日用品の発生量、発生特性の把握 | 3) 生活用品の室内化学物質発生量と発生特性         |
| 平成14年度の構想        | 4) 対策品の室内化学物質低減効果とその限界の検証      |
| ・対策品の除去特性の把握     | 5) 分解生物等の有無の検証                 |
| 平成15年度の構想        | 6) 生活用品、対策品を有する室内の化学物質濃度予測法の実現 |
| ・室内濃度予測法の実現      | 7) 有効な汚染防止対策の確立                |
| ・汚染防止対策の確立       |                                |



## 5. 生活用品、対策品の全体像

シックハウス症候群や化学物質過敏症等に関してホルムアルデヒドやVOCが大きく関与していることが最近の研究で指摘されている。

ホルムアルデヒドは、住宅において発生する代表的な化学物質の一つである。無色で刺激臭を有し、常温で気体である。水に良く溶け、35～37%の水溶液は通常ホルマリンと称されている。殺菌作用があるため、従来から標本保存用、消毒用、防腐剤として用いられている。

VOCは、常温で液体や固体の形で存在し得る蒸気圧のある有機化合物である。室内で1ppm以上の濃度を示したVOCは250成分を超えており、さらに900成分を超えるVOCが同定されている。この様に室内では種々のVOC成分が混在し、表-1に示すようにその発生源<sup>文献1)</sup>は多岐にわたる。

これまでに、建材などから発生したホルムアルデヒドやVOCによる健康被害が問題視され、事務所ビル、集合住宅における実測・実態調査や、各種建材や施工剤（接着剤等）に関する実験室実験等が行われ、その発生量・発生特性に関する知見も得られている。しかしながら、集合住宅における実測・実態調査と建材・施工剤等に関する実験室実験の測定結果から、両者には成分や発生量等に関して符合しない場合が多い。すなわち、生活由来からのホルムアルデヒド、VOCも室内空気汚染に大きく関与していることがわかる。この生活由来の汚染物質は、建材由来の汚染物質と異なり、居住者の住まい方に大きく左右されるので、常に新しい発生源が室内に存在するとも考えられる。図-1に室内汚染発生源と成り得る生活用品を示す。

また、近年では、室内化学物質汚染に対応した新しい建築材料、除去装置・製品等のいわゆる対策品が市場に出現しつつある。これらの製品は、図-2に示すように、接触型、蒸散型、噴霧型、薫蒸型、ろ過・回収型、排出型、封止系建材、吸着系建材などに分けることができる。例えば、建材の下地材からの揮散防止を目的としたシール形材料、吸着効果を利用した炭、珪藻土等の多孔質材料、また、化学物質の除去を目的とした脱臭装置、空気清浄機等が含まれる。

表-1 主な室内発生源と化学物質<sup>文献1)</sup>

| 発 生 源                                                                                                                                          | 材 料                                                                                                                                        | 主な発生VOC                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>建材:</b><br>合板、パーティクル<br>ボード化粧板<br>壁紙、でん粉糊<br>プラスチック配管<br>畳<br>床<br>プラスチックタイル<br>木材<br>塗装面                                                   | (可塑剤、接着剤、原料VOC)<br>(接着剤、溶剤、可塑剤、防カビ剤)<br>塩化ビニルモノマ<br>(殺虫剤)<br>(接着剤、ワックス)<br>可塑剤、原料ガス、接着剤)<br>(天然の成分)<br>(有機溶剤)                              | n-デカン、n-ドデカン、トルエン、アセトン<br>スチレン、エチルベンゼン、塩化ビニルモノ<br>塩化ビニルモノマ、ウレタン、酢酸エチル<br>塩化ビニルモノマ<br>α-ピネン<br>トルエン、n-ヘキサン、ヘプタン、アルコー<br>類、メチルエチルケトン、酢酸エチル、ブチ<br>エーテル      |
| <b>家具・調度品:</b><br>カーペット<br>タンス<br>カーテン<br><b>空調機・空調システム</b><br><b>暖房、厨房機器</b><br><b>事務/日用品</b><br><b>家庭電化製品</b><br><b>自動車関連製品</b><br><b>真菌</b> | (裏地、防ダニ剤、防菌剤、防虫剤、可塑剤)<br>(防虫剤、接着剤)<br>(難燃剤)<br>外気、ダクト内壁真菌やSVOCからの発生<br>不完全燃焼排ガス(開放型)<br>コピー機、修正液、マーカ、接着剤、化粧品<br>清掃剤<br>掃除機、エアコン、(防菌剤、防ダニ剤) | 塩化ビニルモノマ、スチレン<br>プロパン、ブタン、イソブタン、アルデヒド類                                                                                                                   |
| <b>人/動植物</b><br><b>喫煙</b><br><b>外気</b>                                                                                                         | 変異原性、臭気成分<br>(自動車排ガス、工場排ガス、汚染地下水、<br>外壁)                                                                                                   | ガソリンなど、ベンゼン<br>1-オクテン-3-オール、1-オクテン-1-オール、<br>9-ジメチル-1-デカノール、エステル、アルデヒド<br>炭化水素類<br>メタン、3-メチル-1-ブタノール、アセトン、<br>2-ヘキサノン、トルエン、アセトアルデヒド<br>アルデヒド類、ニコチン等のSVOC |

文献1) 堀 雅宏：VOC(揮発性有機化合物)、IAQ(Indoor Air Quality)専門委員会報告(前半)、空気清浄、  
Vol. 34, No. 5, pp. 58-59, 1997年

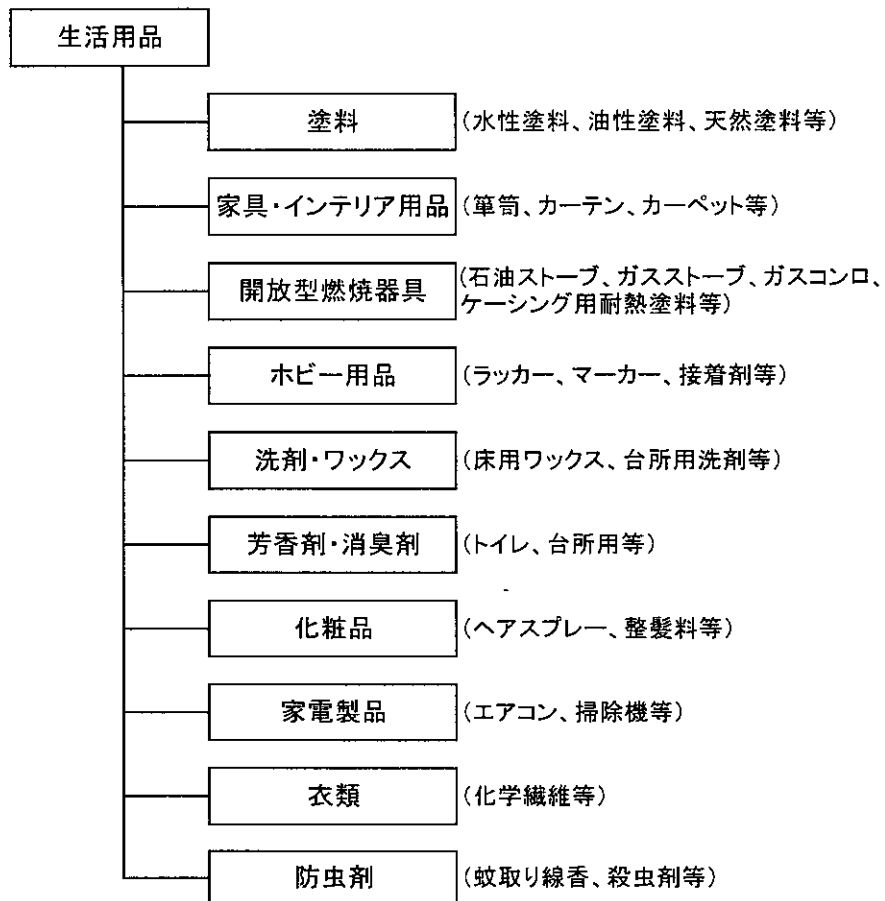


図-1 室内発生源と成り得る生活用品

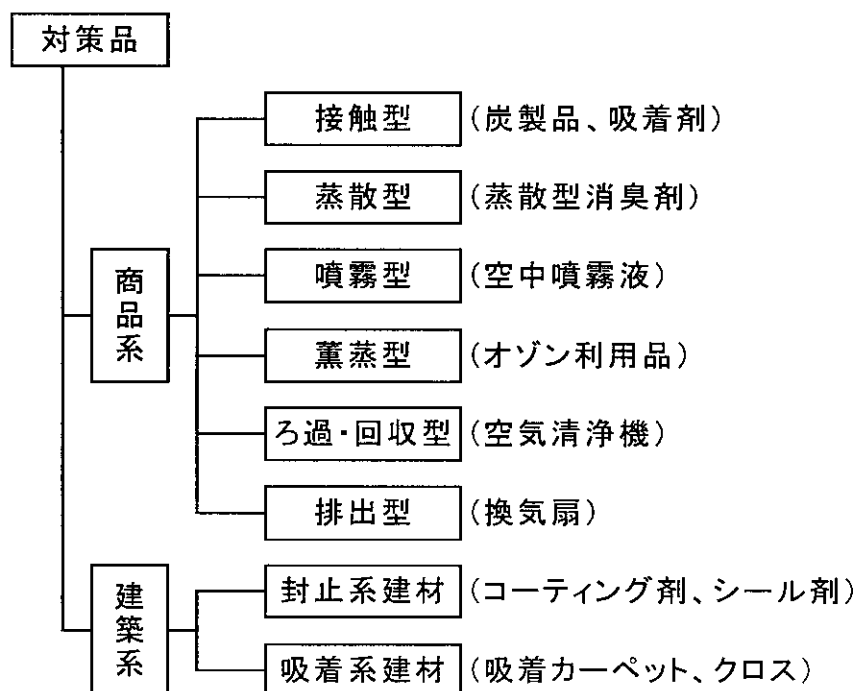


図-2 対策品の概要

## 6. 研究体制

本研究事業の研究体制及び本年度の実施内容は、以下に示す研究体制で行われるものとする。研究総括は、野崎淳夫（東北文化学園大学）である。

本研究事業の研究体制及び本年度の実施内容

- 1) 生活用品の室内化学物質の発生量、発生特性
  - a) ホビー用品からの化学物質の発生に関する研究（平成13年度実施）
  - b) 防虫剤、殺虫剤からの化学物質の発生に関する研究（平成13年度実施）
  - c) 造作家具からの化学物質の発生に関する研究（平成13年度実施）
  - d) 化粧品からの化学物質の発生に関する研究（平成13年度実施）
  - e) 衣料品からの化学物質の発生に関する研究（平成13年度実施）
  - f) 燃焼器具からの化学物質の発生に関する研究等
- 2) 対策品の低減効果とその限界
  - ・対策品の室内化学物質の除去効果とその限界
  - a) 床下換気システムの化学物質の除去特性に関する研究（平成13年度実施）
  - b) 畳の化学物質の除去特性に関する研究（平成13年度実施）
  - c) 消臭剤の化学物質の除去特性に関する研究（平成13年度実施）
  - d) 空気清浄機の化学物質の除去特性に関する研究（平成13年度実施）
  - e) 炭製品の化学物質の除去特性に関する研究等
    - ・分解反応等で生じた副生成物の検証
    - ・製品の実用性の検証
- 3) 室内化学物質濃度の予測法の実現
  - ・総括的な室内濃度予測法の実現
  - ・室内浄化設計法の提案

## 研究体制

研究総括 野崎淳夫（東北文化学園大学）

### 1) 生活用品の発生量、発生特性

野崎淳夫（東北文化学園大学）

池田耕一（国立公衆衛生院）

・生活用品の室内化学物質の発生量、発生特性

a) 塗料からの化学物質の発生に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

b) ホビー用品からの化学物質の発生に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

c) 防虫剤、殺虫剤からの化学物質の発生に関する研究

（松村年郎 国立医薬品食品衛生研究所）

d) 造作家具からの化学物質の発生に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

e) 燃焼器具からの化学物質の発生に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

f) 化粧品からの化学物質の発生に関する研究

（多田智子、中川正幸 宮城県仙台市役所）

g) 衣料品からの化学物質の発生に関する研究

（古川哲也 福島県郡山市役所）

### 2) 対策品の低減効果とその限界

野崎淳夫（東北文化学園大学）

堀 雅宏（横浜国立大学）

・対策品の室内化学物質の除去効果とその限界

a) 床下換気システムの化学物質の除去特性に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

b) 畳の化学物質の除去特性に関する研究

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

c) 消臭剤の化学物質の除去特性に関する研究

（堀 雅宏 横浜国立大学）

d) 空気清浄機の化学物質の除去特性に関する研究

（野崎淳夫、飯倉一雄 東北文化学園大学）

・分解反応等で生じた副生成物の検証

（吉野 博 東北大学）

・製品の実用性の検証

（野崎淳夫 東北文化学園大学）

### 3) 室内化学物質濃度の予測法の実現

野崎淳夫（東北文化学園大学）

・総括的な室内濃度予測法の実現

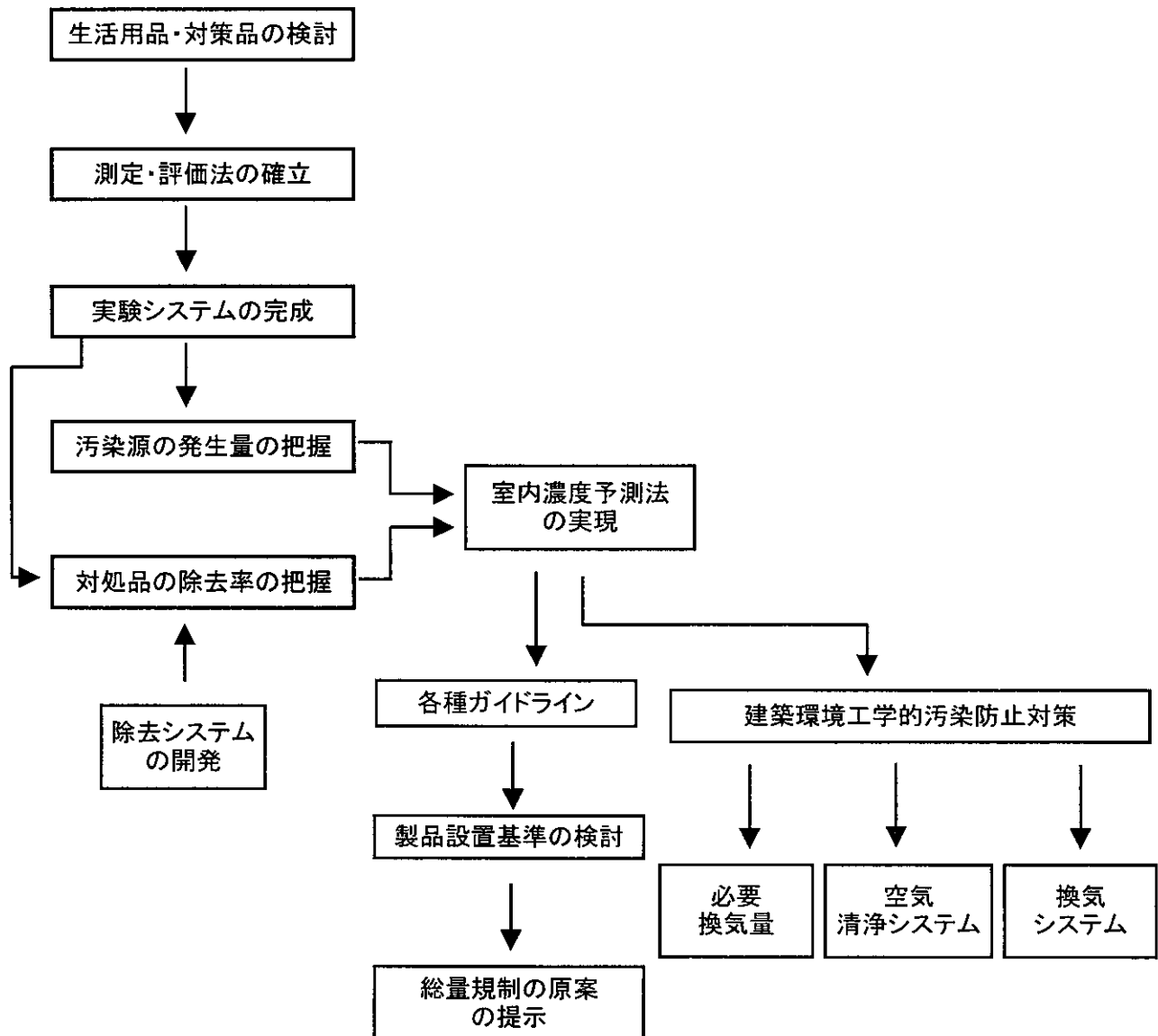
・室内浄化設計法の提案

## 7. 研究の流れ

本研究事業では、化学物質が発生すると考えられる生活用品と現在市場に出現しつつある室内化学物質汚染に対応した対策品を選定・検討し、適した実験システムを完成する。次に、生活用品からのホルムアルデヒド、VOC発生量及び発生特性、並びに、対策品の低減効果とその限界について、実験室実験により求めるものである。これと同時並行して、適切な測定・評価法を確立するものである。また、化学物質を除去できる有効なシステム(装置)を開発するものである。

これらの実験で得られた知見より、室内濃度予測法を実現し、・各種汚染物質におけるガイドライン作成、建築環境工学的汚染防止対策(必要換気量、空気清浄システム、換気システム等)を講ずるための基礎的な資料を得るものである。さらに、製品設置基準の検討や総量規制の原案を提示するものである。

## 本研究事業の流れ



# 第1編 測定・評価法と実験システムの 確立

## (1) はじめに

我国におけるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物等の化学物質による住宅等の一般環境室内における空気汚染問題は、「シックハウス問題」と呼ばれ、きわめて大きな社会的関心を呼び、1997年の6月には、当時の厚生省から異例とも言える早さで住宅室内におけるガイドライン値がホルムアルデヒドについて設定された<sup>1)</sup>。また、2000年6月にはトルエン、キシレン、パラジクロロベンゼンのガイドライン値も設定され、9月には、エチルベンゼン、スチレン、クロロホルム、ブタル酸ジ-n-ブチルについてガイドライン値が設定されて、さらに「暫定値」とはしながらもTVOC(総揮発性有機化合物)の指針も示された。さらに2001年7月には、厚生労働省よりテトラデカン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、ダイアジノン、ノナナールのガイドライン値が示された。厚生労働省は、こんご半年に4、5物質の割合で最終的には40～50物質程度のガイドライン値を設定する予定である。このような状況を受けて、日本の建設会社、住宅メカ、建材・仕上げ材のメカ、空調機メカなどの建設関連の業界も、この問題が社会的に知られ始めた1995～6年頃に比べると、驚くほど前向きな姿勢で取り組み始めている。

## (2) 対象とする主要化学物質の健康影響

## ①ホルムアルデヒド

この化学物質は、ベニヤ板、パーティクルボードなどに使用されている接着剤の原料としてよく用いられているため、それらの建材、家具等から発生する。また通常は壁装材などからはホルムアルデヒドが直接大量に発生するとは考えにくい<sup>2)</sup>が、それらを壁などに接着する際使われる接着剤にはその原料としてホルムアルデヒドが使われていることがある。また、でんぷん糊のようにホルムアルデヒドを直接の原料としていないタイプでも、防腐剤として含まれている場合があり、それらのタイプの接着剤を使用した場合には相当程度ホルムアルデヒドが発出する。建材仕上げ材以外にも喫煙や石油やガスの開放型器具からも発生する。

ホルムアルデヒドは、0.08ppm程度になると目、喉等の人の粘膜を刺激し、人に不快感を与えることが知られており、前述の通り厚生労働省のガイドラインにより住宅室内では、0.08ppm以下となるように規定されている<sup>1)</sup>。またホルムアルデヒドは、発がん性がある可能性が高いことも知られておりIARC(国際がん研究機構)<sup>2)</sup>、日本産業衛生学会<sup>3)</sup>、ACGIH(米国産業衛生専門家会議)<sup>4)</sup>、EPA(米国環境保護庁)<sup>5)</sup>などにおいても、「人間に対し発がん性のある可能性の高い物質」とされている。また環境庁の234の有害大気汚染物質リスト<sup>6)</sup>の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。更に1996年に、建設省が厚生省、通商産業省、林野庁及び民間各団体等に呼びかけて発足した「健康住宅研究会」の優先取り組み物質の3物質(ホルムアルデヒドの他、後述のトルエン・キシレン)、3薬剤(可塑剤、防蟻剤、木材保存剤)の1つにも挙げられている。また、壁装材料協会は、表1に示すような自主基準<sup>7)</sup>を作っており、その中にホルムアルデヒドも対象の化学物質の1つとして含まれている。

必要に応じて適当な参考資料<sup>8)</sup>を参照し、選択しようとしている壁装材などがこのような基準に適合しているかどうかを知っていることも、対策を考える上に必要となるものと思われる。

## ②塩化ビニル

この化学物質は、ビニルクロライド等の壁装材に用いられている。急性の毒性は比較的少なく、12%程度の高濃度にならないと明確な毒性は現れないが500ppmが臭いを感じる閾値であると言う<sup>9)</sup>。しかしながら前述のIARC<sup>2)</sup>、日本産業衛生学会<sup>3)</sup>、ACGIH<sup>4)</sup>、EPA<sup>5)</sup>などにおいて、先のホルムアルデヒドより1段上の「人間に対して発がん性のある物質」とされている。ホルムアルデヒドのような室内のガイドラインは示されていないが、産業衛生学会の勧告値は、2.5ppmとなっている<sup>3)</sup>。また、環境庁の234の有害大気汚染物質リスト<sup>6)</sup>の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。

## ③フタル酸エステル(類)

この化学物質は、1種類の化学物質ではなく、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジオクチル等の一群の有機化合物の総称である<sup>10)</sup>。

フタル酸エステルは、壁装材料の可塑材の原料として用いしたり、経皮吸収性があり中枢神経に影響を与えるなどとされる<sup>11)</sup>が、それ以外の物質はその様な毒性はみられないとのことである。但しある程度以上の高濃度になると、目、皮膚、軌道との粘膜を刺激することが知られている。なお発がん性があるとはされていない。

ACGIHの許容濃度の勧告値(時間加重平均値)<sup>12)</sup>は、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジオクチルが5mg/m<sup>3</sup>、フタル酸-0-クレジルは0.1mg/m<sup>3</sup>、フタル酸トリフェニルは3mg/m<sup>3</sup>となっている。なおフタル酸ジメチルには、10mg/m<sup>3</sup>短時間曝露限界も示されている。

#### ④ベンゼン

ベンゼンは、最も広く利用されている化学工業製品の1つであり、建材や壁装材料関連では可塑性の合成材料の1つとなる他、接着剤の原料ともなる。

広く使われる工業製品であるだけに、その生体影響も比較的良く調べられており、動物実験例を示せば表2<sup>9)</sup>の通りである。人体影響に関しては、3,000～5,000ppmの濃度で、目眩、頭痛、嘔吐、心臓狭窄等の急性中毒が現れ、その後数カ月後からは、痙攣発作、健忘症、精神的遅鈍になる例もある<sup>8)</sup>と言う。また、ベンゼンには発ガン性があるとされ、IARC<sup>2)</sup>、日本産業衛生学会<sup>3)</sup>、ACGIH<sup>4)</sup>、EPA<sup>5)</sup>などにおいて、「人間に対して発ガン性のある物質」から「発ガンの可能性のある物質」にランクされている。

ベンゼンについては、室内のガイドラインは示されていないが、ACGIHと産業衛生学会の勧告値はいずれも10ppmとなっている。また環境庁の234の有害大気汚染物質リスト<sup>6)</sup>の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。

#### ⑤トルエン

トルエンは、ベンゼン環の内の1つの-Hがメチル基(-CH<sub>3</sub>)に変わったもので、色は無色で、ベンゼン様の芳香を持つ。建材材料関係では壁装材の可塑性剤や合成繊維などの合成原料の1つとなる。

トルエンは、ベンゼンより皮膚や粘膜への刺激が強く、蒸気吸収による中枢神経への作用もベンゼンより強いと言われている<sup>8)</sup>。100～200ppmの蒸気を8時間吸入すると疲労、嘔吐、鈍感覚、運動不随、無気力、嗜眠等の症状を呈し、600ppmの濃度になると短時間の曝露で激しい興奮、強い疲労、嘔吐、頭痛が起きるとされている<sup>8)</sup>。

トルエンについては、厚生労働省より、人の神経行動機能及び自然流産率への影響を考慮した室内ガイドライン値260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.070ppm) が示されている<sup>10)</sup>。また、ACGIH<sup>4)</sup>と産業衛生学会<sup>3)</sup>の勧告値は、それぞれ100ppmと50ppmとなっている。環境庁の234の有害大気汚染物質リスト<sup>6)</sup>の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。また前述のように健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

#### ⑥キシレン

キシレンはベンゼン環の2つの-Hが2つメチル基(-CH<sub>3</sub>)に変わったもので、その位置により、o-、m-、p-の3つの異性体がある。キシレンは建材関係では壁装材の可塑性剤や防腐剤などの合成原料の1つとなる。

キシレンの蒸気を吸入すると顔面紅潮等の熱感を覚え、また中枢神経に影響を及ぼし、疲労感、目眩、のぼせ、酩酊状態等になるとされている。200ppm程度から目、喉、鼻などを刺激し始め、1,000ppmを越えるほどの高濃度になると出血性肺水腫を起こし、場合によっては死に至ることもある<sup>8)</sup>と言う。

キシレンについては厚生労働省よりラットにおける中枢神経への影響を考慮した室内のガイドライン値870  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.20ppm) が示されている<sup>10)</sup>。また、ACGIH<sup>4)</sup>と産業衛生学会<sup>3)</sup>の勧告値は、いずれも100ppmとなっている。また、前述の健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

#### ⑦パラジクロロベンゼン

パラジクロロベンゼンは、建材中に含まれることは殆どないが、防虫剤の原料の1つとして用いられる。15～30ppmで臭気が感じられるようになり、80～160ppmで多くのヒトが、目や鼻に痛みを感じるという<sup>8)</sup>。マウスやラットを用いた動物実験では発ガン性があることが知られている他、ビ-グル犬を用いた肝臓や腎臓への健康影響が分かることが分かっており、このことを踏まえ、現在検討中の厚生労働省のガイドライン値は、ビ-グル犬における肝臓や腎臓への影響を考慮した240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.04ppm) である。

#### ⑧エチルベンゼン

エチルベンゼンは、無色で独特の芳香を持つ常温では液体の化学物質<sup>11)</sup>で、スチレン単量体の中間原料溶剤、希釈剤などに使われる。においは、10ppm程度から感じられはじめ、数1,000ppmと言うような高濃度になると目眩や意識低下などの中枢神経系に影響が現れると言われている<sup>12)</sup>。また、発ガン性、変異原性、中枢神経毒性、刺激性などを有する<sup>12)</sup>。厚生労働省は、マウスやラットに対する吸入毒性試験における無毒性値(NOEL)に基づき、3.8mg/ $\text{m}^3$ をガイドライン値としている<sup>12)</sup>。

#### ⑨スチレン

スチレンは、スチレンモノマーの別名で、ポリスチレン樹脂、合成ゴム、不飽和ポリエステル樹脂などの原料として用いられる常温では油状の無色ないしは黄色の液体状の化学物質である。急性影響としては、目眩、鼻道などに対する刺激性を示し、反復曝露により皮膚炎を起こすことがあるとされている。発ガン性に関しては、IARC<sup>2)</sup>、日本産業衛生学会<sup>3)</sup>、ACGIH<sup>4)</sup>、EPA<sup>5)</sup>などにおいて、「人間に対して発ガン性のある物質」から「発ガンの可能性のある物質」にランクされている。一方、催奇形性はないとするものとあるとするもの、両方がみられる<sup>11)</sup>。厚生労働省のガイドライン値は、ラットにおける最小毒性量(LOAEL)に基づき、0.225mg/ $\text{m}^3$ とされている<sup>12)</sup>。

#### ⑩クロルピリホス

クロルピリホスは、殺虫剤に使われる化学物質で、発がん性、変異原性などに関するデータは報告されていないものの、動物実験による遺伝子毒性が報告されているほか、急性毒性として、下痢等の影響がある他、仔ラットの神経発達や新生児の脳の形態学的変化を起こさせることがあるとされている<sup>11)</sup>。厚生労働省は、仔ラットの神経発達や新生児の脳の形態学的変化に基づいて0.001mg/m<sup>3</sup>をガイドライン値<sup>12)</sup>としているが、子供への影響が強いことを考慮して、小児の場合はそれより一桁低い値0.0001mg/m<sup>3</sup>をガイドライン値としている。

#### ⑪フタル酸ジ-n-ブチル

この化学物質は、塩化ビニルの添加剤や可塑剤、顔料などとして使われる<sup>11)</sup>。急性影響としては、マウスによる実験で、運動失調、局所の麻痺、痙攣、昏睡などが認められたほか、慢性毒性としては、催奇形性、生態毒性等が報告されている<sup>11)</sup>。厚生労働省は、生殖器の異常形態を示さないLOAELに基づき、0.22mg/m<sup>3</sup>をガイドライン値<sup>12)</sup>としている。

#### ⑫テトラデカン

テトラデkanは、飽和炭化水素系列の化学物質であり、厚生労働省により2001年7月にガイドライン値が設定された<sup>20)</sup>。この物質に関しては、今までのところ発がん物質であることを明確に示す情報は、これまでに得られていない。一方、皮膚に対する刺激性が強いことが知られている。また、ラットを用いた90日間の経口投与試験を行ったところ、雌雄で肝臓(肝細胞肥大)及び腎臓の病理組織学的影響が認められた。これらの結果に基づき、厚生労働省は、テトラデkanの室内濃度に関する指針値を330 µg/m<sup>3</sup>(0.041ppm)と設定している。

#### ⑬フタル酸ジ-2-エチルヘキシル

フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、可塑剤としてビニールシートの製造に使われる化学物質であり、動物を用いた経口投与による実験により下痢や肝腫瘍を発生させることが認められており、体重増加抑制、摂餌量低下、アルブミン及び血中尿素窒素の上昇、グロブリンの低下が認められている<sup>20)</sup>。また、肝細胞肥大、腎尿細管色素沈着、進行性慢性腎症、脾臓の増殖性病変(過形成及びアデノーマ)の増加、精巣の間細胞腫の減少、下垂体の去勢細胞の増加、精巣の無精子症の増加が認められている。ヒトにおいては、志願者による経口投与実験で10,000mgで軽度の胃腸障害及び下痢が認められている<sup>20)</sup>。

以上により、厚生労働省は、この物質の室内濃度に関する指針値は、ラットにおける精巣の病理組織学的変化に関する評価に基づき、120 µg/m<sup>3</sup>(7.6ppb)と設定することが適当としている<sup>20)</sup>。

#### ⑭ダイアジノン

ダイアジノンは、防虫剤などに使われる化学物質で、特徴のある臭気を発する無色の油状の液体である。その健康影響に関しては、ラットにおける血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性阻害に関する評価によると、比較的大量を動物に経口投与することによって、自発運動低下、鎮静作用、呼吸困難、運動失調、振戦、筋痙攣、全身痙攣、流涙、流涎、下痢など、副交感神経系の興奮作用に基づく、典型的な有機リン中毒症状が発現するとされる。

これらに基づき、厚生労働省は、ダイアジノンの室内濃度に関する指針値は0.29 µg/m<sup>3</sup>(0.02ppb)と設定することが適当としている<sup>20)</sup>。

#### ⑮ノナナール

この物質についての知見は多くないが、生体がノナナールに曝露された場合、ウサギを用いた動物実験の結果として、血液中の血小板における生化学反応に、変調を起こし得ることが示唆されている。また、ウサギの皮膚に対して強い刺激性を有し、ヒトの女性でも、1例のアレルギー性接触皮膚炎を悪化させたとの報告がある<sup>20)</sup>。さらに、ノナナールを含むアルデヒド混合物について、ラットを用いた12週間の経口投与試験を実施した結果、NOAEL(無毒性量)は12.4mg/kg/dayと推定されている。以上に基づき、厚生労働省はノナナールの室内濃度に関する指針値(情報量が乏しいことから暫定値)は41 µg/m<sup>3</sup>(7.0ppb)と設定することが妥当としている。

#### ⑯アセトアルデヒド

アセトアルデヒドは、ホルムアルデヒドのガイドライン設定後、構造が似ていることからその代替物質として急激に使用されるようになってきた物質である。これについては、ラットに対する経気道曝露に関する知見から、鼻腔嗅覚上皮に影響を及ぼさないと考えられる無毒性量を基に算出し、室内濃度指針値を48 µg/m<sup>3</sup>と(30ppb)設定している。

#### ⑰フェノフガルブ

フェルカノブは、農業用の殺虫剤に使われる化学物質で、これについては、ラットに対する経口混餌反復投