

# 木造独立住宅を対象とした居住者意識と室内化学物質濃度・ シェルター性能に関する実態調査

住宅における室内化学物質汚染に関する調査研究 その1

## RELATION BETWEEN CONSCIOUSNESS OF OCCUPANTS, CHEMICAL POLLUTION AND AIR-TIGHTNESS

Field survey of air chemical pollution in rooms of detached houses Part 1

山口 一\*, 赤林伸一\*\*, 坂口 淳\*\*\*

*Hajime YAMAGUCHI, Shin-ichi AKABAYASHI and Jun SAKAGUCHI*

The investigation of indoor chemistry concentration and questionnaire survey of a consciousness of occupants are carried out. The purpose of the investigation is to clarify the relation between a life style, an air-tightness and indoor air quality.

- (1) About 60 percents of the residence at this time know a "sick house" and "chemical sensitivity."
- (2) When an air-tightness improves, indoor formaldehyde concentration becomes high.
- (3) When the age of the house is old, indoor formaldehyde concentration becomes low.
- (4) A resident's life style also has big influence on indoor air pollution.

**Keyword :** Indoor air pollution, Formaldehyde, Volatile Organic Compounds

室内空気汚染、ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物

### 1. はじめに

従来、日本の住宅における室内空気汚染は、室内で使用される石油ストーブ等の開放式燃焼器具による、窒素酸化物や一酸化炭素・二酸化炭素の発生や、水蒸気発生に伴う結露、カビ・ダニ等の微生物汚染の問題が中心であった。現在、主に寒冷地を中心に開放型ストーブ等の問題は解決され始めているが、比較的温暖な地域では現在でもこれらの問題は残っている。

一方、近年新築住宅を中心に、ホルムアルデヒドやVOC's等の化学物質による室内空気汚染(いわゆるシックハウスシンドローム)がアレルギー等の原因になっており、注目すべき問題となっている。このような化学物質による室内空気汚染物質の問題が発生した背景として、以下のことが原因として考えられる。

- (1) 省エネルギーや温熱環境の快適性を向上させるために建物が高气密化されたこと。
  - (2) 住宅メーカーや全国規模の建材メーカーが、同一品質を容易に確保できる各種の化学物質を含む新建材、新工法を導入したこと。
  - (3) 虫などを駆除する家庭内殺虫剤が多く用いられていること。
  - (4) 家具や生活用品にも化学物質を含んでいるものが多いこと。
  - (5) 接着剤を多用し、工期を短縮する工法が選ばれやすいこと。
- 特に、(1)、(2)が最も重要なものとして指摘することができる。そ

の対策として、以下の二点が挙げられる。

- ・化学汚染物質を含む材料や工法を使用しないこと。
- ・発生した化学汚染物質を換気により排出すること。

しかし、現実の生活では化学物質の使用は避けられず、上記の対策を実施することは容易ではないと思われる。

人間の健康と衛生を確保するためには、この室内化学物質の発生量の極小化及びより少ない換気で室内汚染質の除去をはかり、居住者が吸引する化学物質の量を減少させることが重要であると考えられる。しかし、使用される建築材料や日常生活品の種類、住まい手の生活形態等は多種多様であり、発生原因の究明は困難である。これを解明するためには、実測調査で室内化学汚染物質の発生量に関するデータを収集する必要があるが、調査例は少ないのが現状である。

そこで本研究では、新潟県の各地域における一戸建て住宅を対象として、アンケート調査、シェルター性能、室内化学汚染物質(ホルムアルデヒド、VOC's)の測定を行い、住まい手の意識と生活に伴って発生する化学物質の関係を把握し、汚染発生源を含めた室内化学物質汚染の実態を明らかにするための基礎資料を整備する。更に、住まい手の意識と室内の化学物質による汚染の程度の間関係を明らかにすることにより、汚染質の濃度がどのように変化するかを捉え、今後の住環境の向上を促すための資料を得ることを目的とする。

\* 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生・修士(工学)

\*\* 新潟大学大学院自然科学研究科 助教授・工博

\*\*\* 県立新潟女子短期大学生活科学科 講師・博士(工学)

Graduate Student, Dept. of Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., M. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., Dr. Eng.

Lecturer, Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Women's College, Dr. Eng.

## 2. 調査概要

### 2.1 調査対象住宅

新潟県各地域の一戸建て木造住宅104戸を対象とする。

### 2.2 測定概要

対象住宅の床上高さ1.1mのホルムアルデヒド濃度及びVOC's濃度を測定する。測定概要を表1に示す。サンプリングは、ホルムアルデヒドではDNPHシリカカートリッジ(Waters Sep-Pak Xposure Aldehyde Sampler)を使用し、VOC'sでは有機ガスモニタ(3M 3500 Organic Vapor Monitor)を使用し、各々約1週間室内で暴露する。ホルムアルデヒド濃度の分析は、DNPHシリカカートリッジをアセトニトリル(5ml)で抽出し、高速液体クロマトグラフで分析する。また、有機ガスモニタは二硫化炭素で溶媒抽出(1.5ml)し、ガスクロマトグラフ質量分析器で高感度分析(SIM分析)し、VOC12成分の室内濃度を算出する。ホルムアルデヒド濃度及びVOC'sの測定は1999年1月～4月、7月～8月及び、2000年1月～4月に行った。

居住者が普段暴露されている室内における化学物質濃度を測定するため、窓の開閉や冷暖房の運転状況は特に定めず、居住者の方に普段通りの生活をするようお願いした。

### 2.3 アンケート調査

住まい方と室内化学物質濃度の関係を明らかにするため、アンケート調査票を各住戸に配布、回収する。アンケート調査票の質問内容を表2に示す。内容は、室内空気環境に対する意識、室内のほこりの有無、掃除の頻度、タバコの喫煙状況、殺虫剤の使用状況、シックハウス等に関する知識、室内空気汚染に対する配慮などである。

表1 化学物質の測定概要

対象物質	ホルムアルデヒド	VOC
パッシブサンプラー	Waters製Sep-pak Xposure Aldehyde Sampler	3M有機ガスモニター No.3500
位置	対象住宅の居間床上1.1m	
暴露時間	約1週間	
調査戸数	88	58
測定方法	パッシブサンプラーに含まれる化学物質をアセトニトリルにより溶媒抽出し高速液体クロマトグラフにより分析する。	パッシブサンプラーに含まれる化学物質を二硫化炭素により溶媒抽出しガスクロマトグラフ質量分析計により分析する。

表2 アンケートの質問内容

空気環境に対する意識	
・室内空気汚染の意識	・室内のほこりの量
生活環境について	
・掃除の頻度	・掃除用具の種類
・タバコの喫煙状況	・香水の使用状況
・整髪料の使用状況	・化粧品の使用状況
・ワックスの使用状況	・殺虫剤の使用状況
・殺虫剤の種類	・農薬の保有の有無
・芳香剤の使用状況	・ペットの有無
・室内観葉植物の有無	・家電製品の有無
健康状態について	
・現在の健康状態	・健康状態の変化
・アレルギーの有無	・アトピーの有無
シックハウスについて	
・シックハウス等に関する知識	・室内空気に対する配慮

## 3. 調査結果

### 3.1 アンケートの調査結果

#### (1) 室内空気質の良否

図1に室内空気質の良否を示す。「家の中にいて、空気が悪いと感じる場合がありますか。」という設問に対して、「空気が悪いと感じる時がある」と答えた住宅は全体の36.9%である。空気質が悪いと感じる要因を図2に示す。「感じたことがある」と答えた住宅で悪いと感じる原因は、タバコの臭いが最も多く、次に調理の臭い、ストーブの臭い、ペットの臭いなどである。

#### (2) 室内のほこりの有無

図3に室内のほこりの有無を示す。「かなりほこりがある」と答えた住宅は全体の3.8%、「ややほこりがある」が26.0%、「普通である」が48.1%であり、約3割の住宅が室内にほこりがあると意識している。

#### (3) 掃除の頻度と使用する洗剤の種類

掃除の頻度を図4に示す。「毎日掃除をする」と答えた住宅が全体の44.2%、「2～3日に一度掃除をする」が42.3%、「週に一度掃除をする」が12.5%、「月に一度掃除をする」が1.0%である。

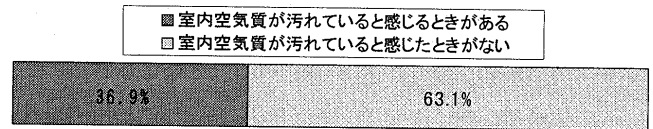


図1 室内空気質の良否

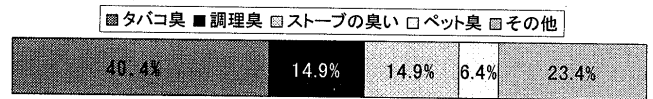


図2 空気が悪いと感じる要因

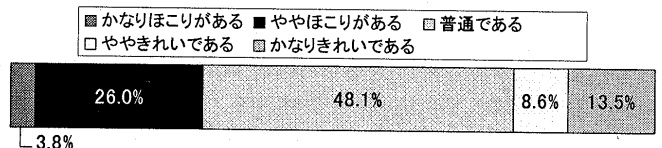


図3 室内のほこりの有無

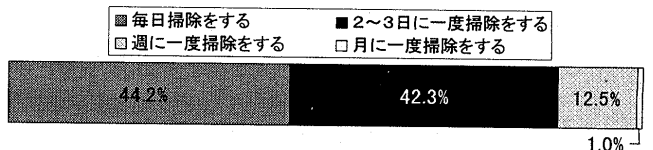


図4 掃除の頻度

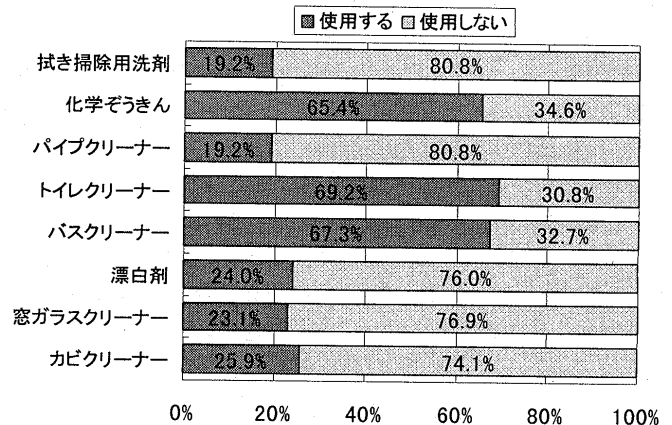


図5 掃除で使用する洗剤の種類

掃除をする」が12.5%である。図5に使用する掃除用洗剤の種類を示す。トイレクリーナ、化学雑巾、バスクリーナはおよそ7割の住宅で使用されている。一方、ガラスクリーナは23.1%、拭き掃除用洗剤やパイプクリーナは19.2%と使用される頻度が比較的低い。

#### (4) 殺虫剤の使用頻度

図6に殺虫剤の使用頻度を示す。「頻繁に使用する」と答えた住宅は全体の1.9%、「たまに使用する」と答えた住宅は12.5%、「普通」が14.5%、「まれに使用する」が12.5%、「ほとんど使わない」が47.1%であり、6割近くの住宅が殺虫剤をまれにしか使用していないことが分かる。使用している殺虫剤の種類を図7に示す。スプレー式殺虫剤は全体の48.9%の住宅が使用し、衣類用防虫剤は47.8%、蚊取りマットが29.3%、蚊取り線香が8.7%、粘着シート式ゴキブリ駆除が3.3%の住宅で使用している。吊し型殺虫剤やエサ式ゴキブリ駆除は殆どの住宅で使用されていない。

#### (5) 香水、化粧品の使用状況

図8に香水の使用状況を示す。「誰も使わない」が52.9%と最も多い。図9に化粧品の使用状況を示す。「毎日使う人がいる」が73.1%、「たまに使う人がいる」が19.2%である。

#### (6) 喫煙状況

図10に1日あたりの世帯全体で喫煙する煙草の本数を示す。同居者がタバコを吸う者がいる住宅は全体の55.8%、喫煙しない住宅は全体の44.2%である。喫煙のある世帯で1日に喫煙する本数は、1～5本が10.6%、6～10本が15.4%、10～20本が16.3%

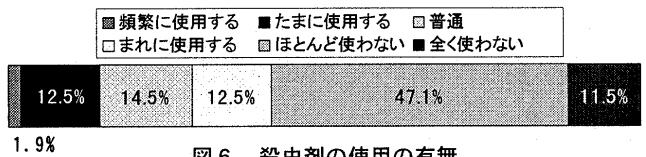


図6 殺虫剤の使用の有無

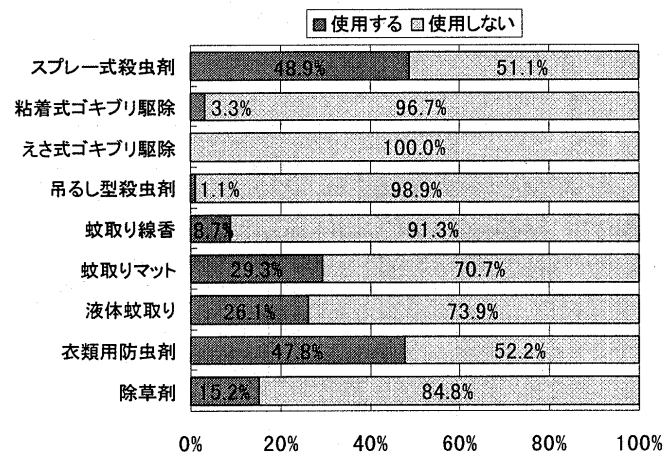


図7 殺虫剤の種類

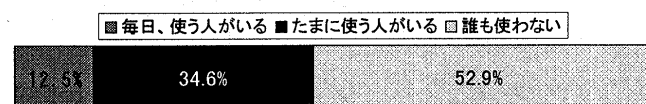


図8 香水の使用状況

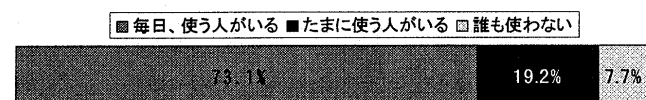


図9 化粧品の使用状況

%, 20～40本が11.6%である。

#### (7) アレルギー、アトピーの有無

図11にアレルギーでの通院の有無を示す。「通院したことがある」と答えた住宅は全体の18.3%である。図12にアトピー性皮膚炎患者の有無を示す。「同居者の中でアトピーになった人がいますか」という設問に対して、「いる」と答えた住宅は全体の19.2%である。今回調査した住宅の約2割でアレルギー、アトピーの症状を訴えている。

#### (8) 室内空気汚染に関する知識の有無

図13にシックハウスの知識の有無を示す。「シックハウスやシックビルディングという言葉聞いたことがありますか」という設問に対して、「聞いたことがある」と答えた住宅が56.3%である。図14に化学物質過敏症の知識の有無を示す。化学物質過敏症という病気があることを知っている居住者は全体の64.7%である。

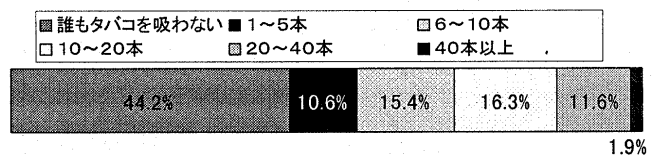


図10 世帯全体で喫煙する1日の煙草の本数

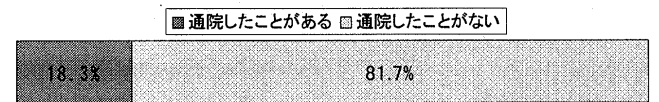


図11 アレルギーでの通院の有無

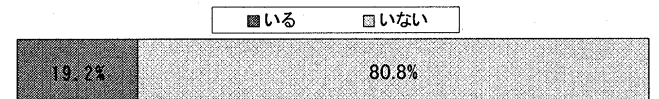


図12 アトピー性皮膚炎患者の有無

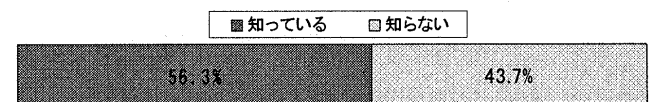


図13 シックハウスの知識の有無

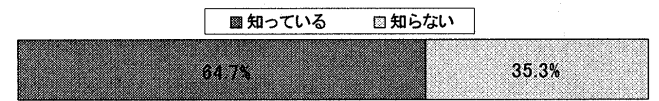


図14 化学物質過敏症の知識の有無

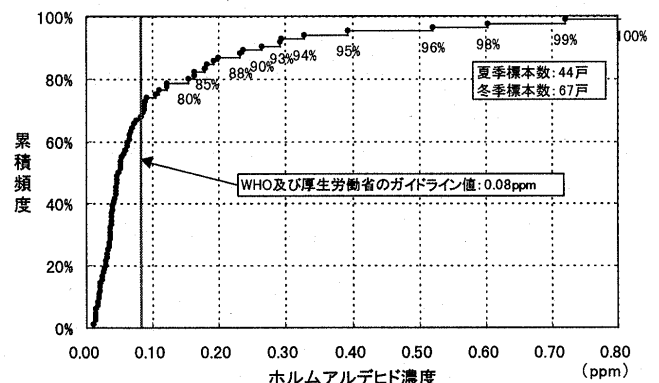


図15 ホルムアルデヒド濃度の累積頻度

### 3.2 化学物質濃度測定結果

#### (1) ホルムアルデヒド濃度の累積頻度

居間に約1週間暴露したDNPHシリカカートリッジから求めた全住戸のホルムアルデヒド濃度の累積頻度を図15に示す。WHO及び厚生労働省のホルムアルデヒドのガイドライン値の0.08ppmを超える濃度が約30%の住宅で測定されている。

#### (2) トルエン濃度の累積頻度

居間に約1週間暴露した有機ガスモニタによって測定した室内空気中のトルエン濃度の累積頻度を図16に示す。厚生労働省のガイドライン値(70ppb)を超える住宅はないが、WHOのガイドライン値(6.64ppb)を超える濃度が測定された住宅は夏冬の調査住戸合わせて68件である。極めて濃度の高い住宅4件は築2年未満である。

#### (3) スチレン濃度の累積頻度

室内空気中のスチレン濃度の累積頻度を図17に示す。厚生労働省のガイドライン値(50ppb)を超える住宅はないが、WHOのガイド

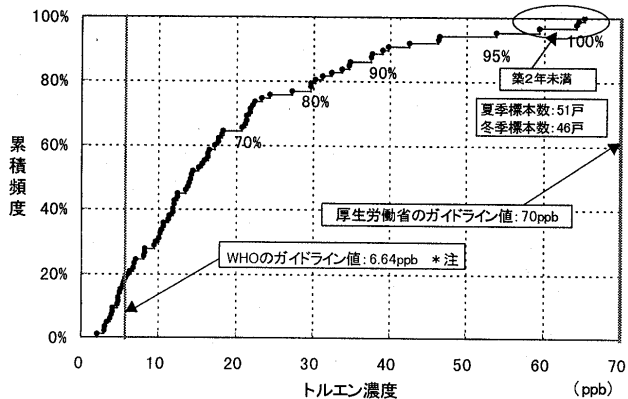


図16 トルエン濃度の累積頻度

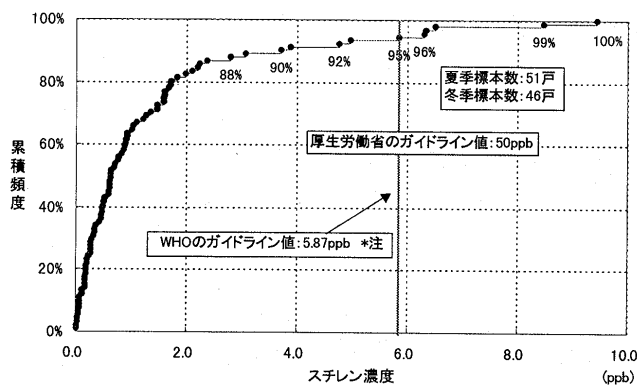


図17 スチレン濃度の累積頻度

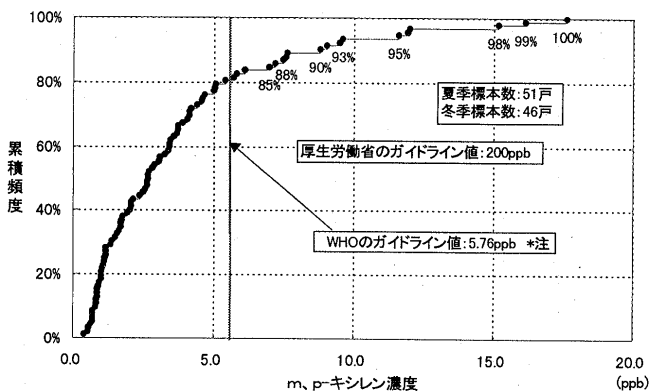


図18 m, p-キシレン濃度の累積頻度

ライン値(5.87ppb)を超える濃度が測定された住宅は5件である。

#### (4) m, p-キシレン濃度の累積頻度

室内空気中のm, p-キシレン濃度の累積頻度を図18に示す。WHOのガイドライン値(5.76ppb)を超える濃度が検出された住宅は全体の約2割である。厚生労働省のガイドライン値は200ppbであるが、最も高い濃度の住宅でも10分の1程度である。

### 3.3 住まい方と化学物質濃度の関係

#### (1) 室内空気質の良否とホルムアルデヒド濃度の関係

居間に約1週間暴露したDNPHシリカカートリッジから求めた全住戸のホルムアルデヒド濃度と室内空気質の良否の関係を図19に示す。「家の中にいて、空気が悪いと感じる場合がありますか。」という設問に対して、「感じる時がある」と答えた住宅の方が「感じたことがない」と答えた住宅よりも同じ累積頻度の時に高い濃度を示す。累積頻度70%の場合には、「感じたことがない」住宅の濃度は約0.08ppm、「感じる時がある」住宅は約0.15ppmとなり、「感じる時がある」住宅の濃度が高い傾向がある。

#### (2) ホルムアルデヒド濃度と隙間の相当開口面積の関係

ホルムアルデヒド濃度と対象住宅の隙間の相当開口面積( $\alpha A'$ )の関係を図20に示す。築年数5年以上の住宅及び隙間の相当開口面積が大きい住宅では相対的にホルムアルデヒド濃度が低い傾向がみられる。

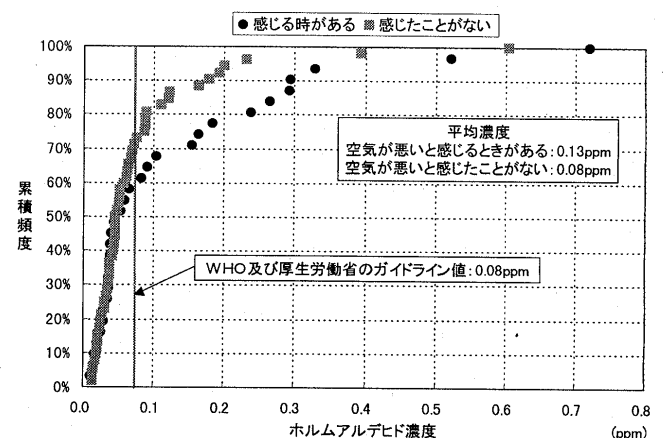


図19 室内空気質の良否とホルムアルデヒド濃度の関係

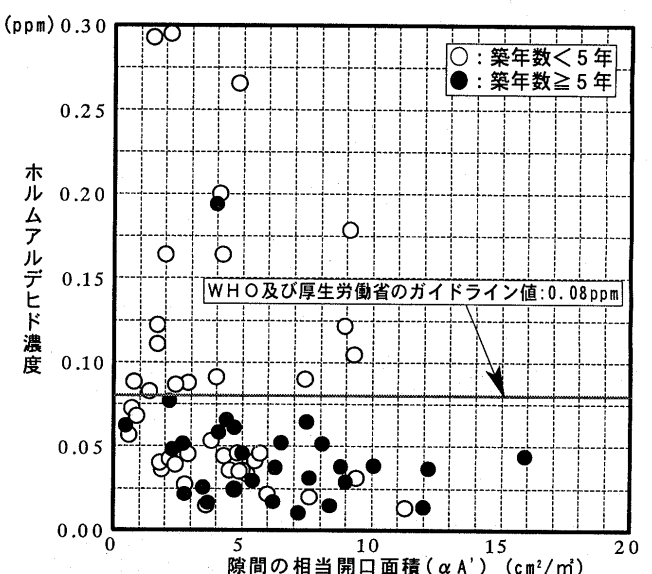


図20 築年数、隙間相当開口面積とホルムアルデヒド濃度の関係

(3) 24時間換気システムの有無、隙間の相当開口面積とホルムアルデヒド濃度との関係

図21に24時間換気システムの有無、隙間の相当開口面積とホルムアルデヒド濃度との関係を示す。24時間換気システムがない住宅及び隙間の相当開口面積が小さい住宅では相対的にホルムアルデヒド濃度が高い傾向がみられる。

(4) ホルムアルデヒド濃度と室平均温度の関係

図22に室平均温度とホルムアルデヒド濃度との関係を示す。室温が低い冬季よりも、室温が高い夏季の方がホルムアルデヒド濃度が高い傾向がある。

(5) ワックスの使用の有無とトルエン濃度の関係

居間に約1週間暴露した有機ガスモニタによって測定した室内空気のトルエン濃度とワックスの使用の有無の関係を図23に示す。最近ワックスを使用した住宅の方が、使用していない住宅よりも同じ累積頻度の時のトルエン濃度が高い。

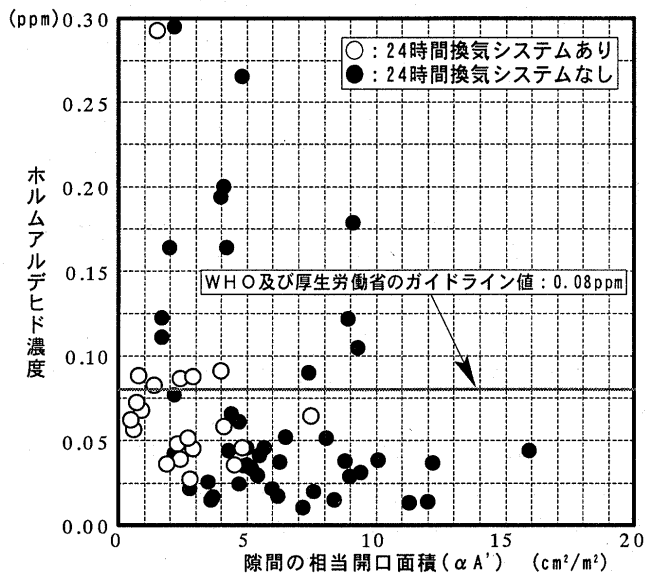


図21 24時間換気システムの有無、隙間相当開口面積とホルムアルデヒド濃度の関係

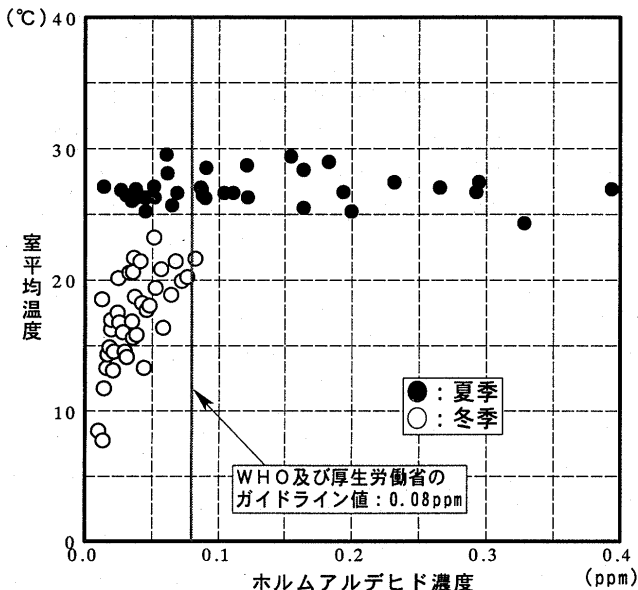


図22 室平均温度とホルムアルデヒド濃度の関係

ない住宅では約6割の住宅がWHOによるガイドライン値を上回っているのに対して、最近ワックスを使用した住宅の約7割がWHOによるガイドライン値を上回っている。

(6) パラジクロロベンゼン濃度とスプレー式殺虫剤の使用状況の関係

1週間の平均パラジクロロベンゼン濃度とスプレー式殺虫剤の使用の有無の関係を図24に示す。殺虫剤を使用している住宅の方が、使用していない住宅よりも同じ累積頻度の時に高い濃度を示す。累積頻度60%の場合には、使用していない場合では約3ppb、使用している場合は約10ppbと使用している住宅の濃度が高い傾向がある。最近のスプレー式殺虫剤にはパラジクロロベンゼンの含有量は低い

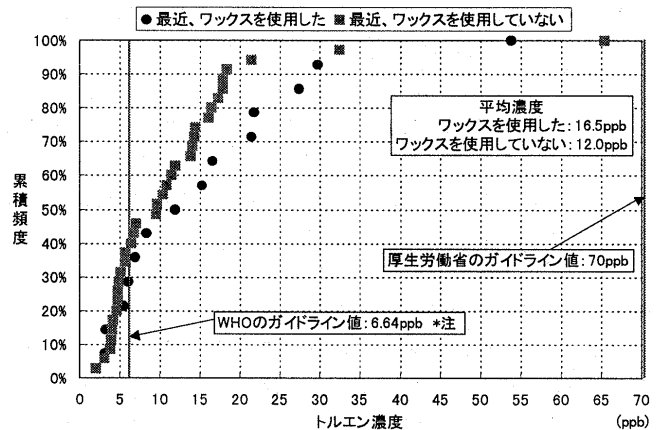


図23 ワックスの使用の有無とトルエン濃度の関係

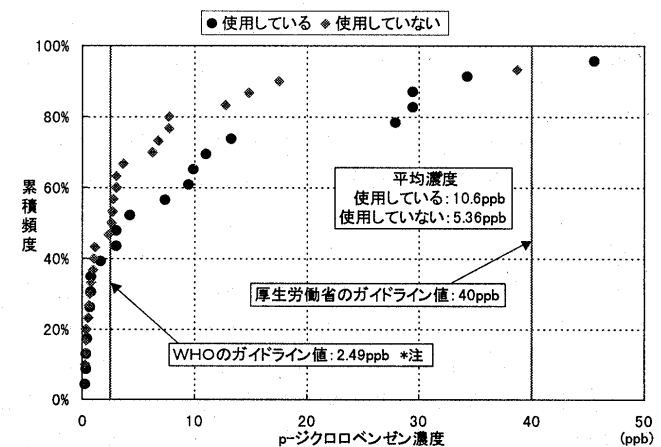


図24 スプレー式殺虫剤の使用の有無とパラジクロロベンゼン濃度の関係

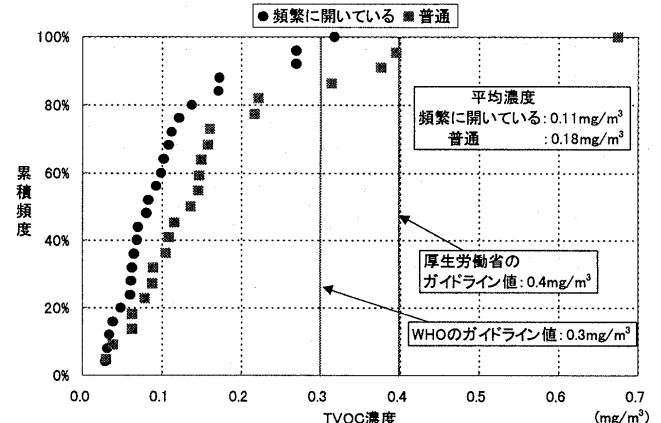


図25 窓の開閉状況とTVOC濃度の関係

と言われているが、殺虫剤を使用していない住宅は、殆ど殺虫剤を使用しないが、殺虫剤を使用する住宅は相対的に種々の殺虫剤を使用することが多く、このことが影響していると推察される。

#### (7) 窓の開閉状況とTVOC濃度の関係

TVOC濃度と窓の開閉状況の関係を図25に示す。WHOのガイドライン値(0.3mg/m<sup>3</sup>)を超えている住宅は全体の約1割である。ガイドライン値を上回っている5件中4件は比較的窓を閉める傾向の強い住宅である。窓をほとんど閉めている住宅の方が、頻繁に開けている住宅よりも同じ累積頻度の時に高い濃度を示す。

#### 4. まとめ

- ①今回調査した住宅の約6割の住宅が「シックハウス」及び「化学物質過敏症」という言葉を知っており、室内空気質の関心が高まっている。
- ②今回の調査では、気密性能が向上すると室内のホルムアルデヒド濃度が高くなる傾向がある。
- ③築後の年数が長い場合には、ホルムアルデヒド濃度が低くなる傾向がみられる。
- ④トルエン濃度は、ワックスを使用している住宅の方が使用していない住宅よりも高い傾向を示す。
- ⑤パラジクロロベンゼンは殺虫剤を使用している住宅の方が、使用していない住宅よりも同じ累積頻度の時に高い濃度を示す。
- ⑥TVOC濃度は、窓を比較的開けない住宅の方が窓を頻繁に開けている住宅の方よりも同じ累積頻度の時に高い濃度を示す。
- ⑦アンケート、生活条件などの要素を使用したクロス集計から、居住者の住まい方も室内空気汚染に大きな影響を与えていると考えられる。
- ⑧今後、住まい方及び使用している建材の種類とホルムアルデヒドやVOC's濃度の関係、更に詳細な検討を行う予定である。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学技術庁科学技術振興調整費(生活・社会基盤研究 生活者ニーズ対応研究:室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境の開発)により設置された(社)日本建築学会学術委員会室内化学物質空気汚染調査研究委員会(委員長:村上周三 慶應義塾大学理工学部教授)の活動の一環として実施したものである。本研究を行うに当たり国立公衆衛生院の池田耕一氏、熊谷一清氏(当時)、居住者の方々や工務店の各位の協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

#### \*注

WHOでは、VOCの種類別許容濃度が示されている。個々の化学物質濃度はそれぞれの種類の全濃度の50%を超えてはならないと規定されている。芳香族炭化水素類の許容濃度は0.05mg/m<sup>3</sup>なので、トルエンの許容濃度は0.025mg/m<sup>3</sup>となり、これをppb(25℃)に換算すると6.64ppbとなる。

#### 参考文献

- 1) 布施, 鈴木, 山口ら: 新築集合住宅における揮発性化学物質の気中濃度と発生速度に関する調査, 日本建築学会技術報告集, No5, pp178 ~ 182, 1997. 12
- 2) 藤井, 湯浅, 朴ら: 揮発性有機化合物による室内空気質に関する実測調査, 日本建築学会計画系論文集, No500, pp65 ~ 70, 1997. 10
- 3) 朴, 藤井, 湯浅ら: 住宅における揮発性有機化合物と建材からの発生ガスによる影響に関する実態調査, 日本建築学会計画系論文集, No509, pp27 ~ 32, 1998. 7
- 4) 後藤, 堀: 住宅における室内空気質に関する調査研究 VOCおよびホルムアルデヒドの測定 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp779 ~ 780, 1998. 9
- 5) 布施, 鈴木, 山口ら: 集合住宅における建築的対応による揮発性有機化合物, ホルムアルデヒドの低減と濃度予測に関する検討, 日本建築学会計画系論文集, No522, pp53 ~ 59, 1999. 8
- 6) 熊谷, 池田, 堀ら: 居住状態における住宅室内の揮発性有機化合物に関する実態調査, 日本建築学会計画系論文集, No522, pp45 ~ 52, 1999. 8
- 7) 桑沢, 大澤, 坊垣ら: 健康的な居住環境形成技術の開発 第三報 室内空気質調査結果のVOC濃度に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp743 ~ 744, 1999. 9
- 8) 山口, 赤林, 坂口ら: 住宅における室内化学物質汚染に関する実態調査 その2 新潟県の住宅を対象とした居住者意識調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp765 ~ 766, 1999. 9
- 9) 赤林, 坂口, 山口ら: 住宅における室内化学物質汚染に関する実態調査 その3 ホルムアルデヒド濃度の実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp767 ~ 768, 1999. 9
- 10) 野崎, 飯倉, 吉澤ら: 室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトの効果 その1 室内VOC, ホルムアルデヒド汚染に関する研究 その2, 日本建築学会計画系論文集, No530, pp61 ~ 66, 2000. 4
- 11) 長谷川, 小峯, 松村ら: 住宅内ホルムアルデヒド(HCHO)汚染の現場計測方法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No531, pp53 ~ 58, 2000. 5
- 12) 布施, 鈴木, 山口ら: 集合住宅の主な内装部材からのホルムアルデヒド, 揮発性有機化合物の発生速度の定量化と濃度予測に関する基礎的検討, 日本建築学会計画系論文集, No533, pp29 ~ 35, 2000. 7
- 13) 朴, 藤井: 建材からの揮発性有機化合物の発生ガス特性 環境条件による発生ガスへの影響に関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, No536, pp49 ~ 54, 2000. 10
- 14) 山口, 赤林, 坂口ら: 新潟県の住宅における室内化学物質汚染に関する研究 その4 ホルムアルデヒド, VOCによる室内化学物質汚染に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp727 ~ 728, 2000. 9
- 15) 桑沢, 大澤, 中川ら: 健康的な居住環境形成技術の開発 第五報 室内空気質調査結果のVOC濃度に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp737 ~ 738, 2000. 9
- 16) 熊谷, 山下, 山本ら: シックハウスに関するアンケート調査 その1 居住者と設計・施工者へのアンケート, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp803 ~ 804, 2000. 9
- 17) 山下, 山本, 熊谷ら: シックハウスに関するアンケート調査 その2 症状を訴える居住者および居住者と住宅供給者意識の関連について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp805 ~ 806, 2000. 9

(2001年5月10日原稿受理, 2001年12月26日採用決定)