

室内空气中化学物質の実態調査 (ホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物) - 平成13年度 -

大 貫 文*, 齋 藤 育 江*, 瀬 戸 博**, 上 原 真 一*, 加 納 い つ***

Survey of Indoor Air Chemicals (Formaldehyde and Volatile Organic Compounds)

July 2001 -Mar. 2002

Aya ONUKI*, Ikue SAITO*, Hiroshi SETO**, Shin-ichi UEHARA* and Itsu KANO***

Keywords: ホルムアルデヒド formaldehyde, 揮発性有機化合物 volatile organic compounds,
パラジクロロベンゼン p-dichlorobenzene, 室内空気 indoor air, 外気 outdoor air

緒 言

室内空気を汚染する化学物質は、建材や内装材などの建築材料の他、家具や日用品などからも発生しており、免疫力の低下、アレルギー症状の悪化など、人の健康に大きな影響を与え、シックハウスの主な原因となっている^{1,2)}。したがって、その暴露量を減らし、快適な室内空間を構築するためには、室内空气中の化学物質濃度を把握することが必要である。

一方、建築基準法には平成15年7月に、「居室における化学物質の発散に対する衛生上の措置」の条項が新しく設定された。改正前の建築基準法には、換気設備設置についての条項が記載されていたが、改正により、建築材料及び換気設備について、技術的基準を適合するものを導入することが義務付けられた³⁾。この法制化の効果により、今後建築される住宅の室内化学物質濃度が低減することを期待している。

著者らは平成11年度から住宅やオフィスビル内のホルムアルデヒド、揮発性有機化合物(以下、VOC)及び半揮発性有機化合物濃度を調査し、室内空气中化学物質汚染の実態を明らかにしてきた。今回は前報⁴⁻⁶⁾に続き、平成13年度に行った調査結果について報告する。内容は、ホルムアルデヒドと8種のVOC、計9物質についての室内空気及び外気濃度の調査結果及び住宅とオフィスビルの比較、夏期と冬期の比較などである。また、新たな調査項目として追加したテトラデカンや、以前の調査で指針値以上の濃度が検出された物質濃度の経時変化についても検討した。

実験材料及び方法

1. 調査対象物質

ホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼン(以下、p-DCB)、

ナフタレン、ブタノール、テトラデカン。

2. 測定方法

平成13年7月~10月(夏期)及び平成14年1月~3月(冬期)に、東京都内の住宅及びオフィスビルにおける実態調査を行った。住宅1軒(オフィスビル1棟)あたり室内2ヶ所、あるいは室内2ヶ所と室外1ヶ所の空気を採取した。採取場所は、住宅では居間及び寝室、オフィスビルでは事務所及び会議室、外気はベランダ、軒下あるいは屋上、屋外駐車場であった。

室外空気については、暖房の室外機や風の影響を受けにくいよう考慮し採取した。

室内空気及び外気は、既報^{4,5)}に従い、パッシブ法で24時間採取した。気温及び湿度は2時間ごとに記録し、その平均を算出した。ホルムアルデヒドは高速液体クロマトグラフ/吸光光度計で、VOCは加熱脱着装置/ガスクロマトグラフ/質量分析計で分析した。

なお、室内空気の採取中は、居住者に通常の生活状態を維持してもらい、換気扇や暖房器具、コンロなどを使用した場合、その使用時間を記録してもらった。また、室内濃度と健康被害の関連を調査するために、健康に関するアンケート調査も行った。

3. 分析値と検定

化学物質濃度及び室内濃度と外気濃度の比率(室内濃度中央値/外気濃度中央値の比:以下、I/O比)の算出には中央値を用いた。住宅とオフィスビルの比較や夏期と冬期の比較には、ウィルコクソンのU検定を用いた差の検定を行った。

結 果

1. 建物の概要

調査住宅は、夏期、冬期各22軒であった。内訳は、木造戸建住宅が15軒、鉄骨戸建住宅が1軒、鉄筋コンクリ

* 東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health

3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan

** 東京都健康安全研究センター環境保健部水質研究科

*** 東京都健康安全研究センター環境保健部

ート集合住宅が 5 軒及び鉄筋コンクリート戸建住宅が各 1 軒であった(夏期, 冬期ともに同じ軒数)。これらは夏期, 冬期とも鉄筋集合の未入居各 1 軒を除き, 全て居住住宅であった。オフィスビルは 13 棟で, 内訳は, 延べ床面積 3,000 m²以上の特定建築物が 11 棟, 老人保健施設が 2 棟であった(夏期, 冬期ともに同じ棟数)。全ての施設は使用されており, 使用時間中は空調設備が作動していた。外気は夏期 16ヶ所, 冬期 17ヶ所で採取した。内訳は, 住宅外気が夏期 11ヶ所, 冬期 12ヶ所及びオフィスビル外気が夏期, 冬期各 5ヶ所であった。

建物の平均築年数は表 1 に示した。なお, 床や壁紙などのリフォームを行っていた場合は, リフォーム後の年数を築年数とした。

表 1. 建物の築年数 単位: 年

| | 住宅 | | | オフィスビル | | |
|----|------|--------|------|--------|--------|------|
| | Min. | Max. | Ave. | Min. | Max. | Ave. |
| 夏期 | 0.1 | ~ 11.4 | 2.5 | 0.9 | ~ 38.9 | 7.5 |
| 冬期 | 0.6 | ~ 11.9 | 3.2 | 1.3 | ~ 39.3 | 8.3 |

調査室内の平均気温は, 夏期では住宅が 28.7 (22.3 ~ 34.2), オフィスビルが 26.5 (24.4 ~ 30.9), 外気が 26.6 (19.2 ~ 33.9) であった。レンジはオフィスビル(6.5)が一番小さく, 住宅(11.9), 外気(14.7)がこれに続いた。冬期では住宅が 16.9 (10.8

~ 21.7), オフィスビルが 22.2 (17.7 ~ 26.1), 外気が 9.5 (3.9 ~ 14.5) であった。

平均湿度は, 夏期では住宅が 59% (46 ~ 72%), オフィスビルが 54% (43 ~ 63%), 外気が 66% (47 ~ 85%), 冬期ではそれぞれ 43% (31 ~ 59%), 37% (20 ~ 54%), 50% (20 ~ 96%) であった。

2. 室内及び外気中化学物質濃度

表 2 に室内空気及び外気におけるホルムアルデヒド及び VOC 濃度の統計値を示した。また, 季節別物質濃度のグラフを, 住宅は図 1 に, オフィスビルは図 2 に示した。テトラデカン濃度は, 住宅, オフィスビル及び外気のいずれにおいても, 夏期, 冬期ともに定量下限値未満であったため, 図 1 及び図 2 には示さなかった。

1) 住宅とオフィスビル 表 2 から, 住宅の方が有意に高濃度だった物質は, 夏期及び冬期のホルムアルデヒド, トルエン, スチレン及び *p*-DCB と夏期のナフタレンであった ($p < 0.01$)。また, 有意差は見られなかったが, 夏期におけるエチルベンゼン, 冬期におけるキシレンとブタノールも住宅の方が高濃度であった。

一方, オフィスビルの方が高濃度だった物質は, 夏期のキシレンとブタノール, 冬期のエチルベンゼンとナフタレンで有意差は見られなかった。

2) 夏期と冬期 住宅の場合, 図 1 に示した 8 物質全てで夏期の方が高濃度であった。有意差が認められたのは, エチルベンゼン ($p < 0.01$), キシレン ($p < 0.05$), スチレン

表 2. 室内及び外気における空气中化学物質濃度 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 物質名 | | 住宅 | | | オフィスビル | | | 外気 | | |
|---------------|----|--|--------|-------|--------|--------|------|-------|--------|-------|
| | | (夏期: n=44, 冬期: n=44) (夏期: n=26, 冬期: n=25) (夏期: n=16, 冬期: n=17) | | | | | | | | |
| | | Min. | Max. | Med. | Min. | Max. | Med. | Min. | Max. | Med. |
| ホルムアルデヒド | 夏期 | 9.9 | ~ 202 | 34.1 | 13.9 | ~ 43.2 | 22.2 | 3.1 | ~ 15.2 | 5.7 |
| | 冬期 | 9.5 | ~ 70.7 | 27.8 | 5.2 | ~ 24.7 | 12.6 | 5.5 | ~ 21.7 | 9.9 |
| トルエン | 夏期 | 7.6 | ~ 232 | 39.6 | 15.0 | ~ 107 | 35.6 | 14.4 | ~ 31.1 | 22.1 |
| | 冬期 | 9.8 | ~ 92.7 | 28.6 | 11.7 | ~ 65.2 | 23.4 | 7.2 | ~ 53.5 | 21.5 |
| エチルベンゼン | 夏期 | 1.8 | ~ 68.9 | 8.3 | 3.8 | ~ 20.9 | 6.5 | 2.7 | ~ 7.6 | 4.3 |
| | 冬期 | 1.3 | ~ 14.3 | 4.5 | 1.7 | ~ 38.2 | 4.8 | 1.0 | ~ 8.7 | 3.2 |
| キシレン | 夏期 | 3.8 | ~ 93.0 | 10.8 | 6.5 | ~ 27.0 | 11.6 | 4.9 | ~ 11.0 | 8.1 |
| | 冬期 | 2.6 | ~ 30.4 | 8.7 | 3.5 | ~ 41.7 | 8.3 | 2.2 | ~ 52.1 | 6.9 |
| スチレン | 夏期 | <0.34 | ~ 125 | 5.2 | 0.59 | ~ 13.6 | 1.7 | <0.34 | ~ 1.9 | 0.49 |
| | 冬期 | <0.34 | ~ 11.1 | 2.8 | 0.43 | ~ 2.3 | 1.1 | <0.34 | ~ 1.2 | 0.38 |
| <i>p</i> -DCB | 夏期 | 2.5 | ~ 2260 | 46.4 | 1.5 | ~ 51.2 | 6.8 | 2.0 | ~ 13.3 | 4.9 |
| | 冬期 | 1.0 | ~ 908 | 14.1 | 0.96 | ~ 12.0 | 6.0 | 1.0 | ~ 10.2 | 3.5 |
| ナフタレン | 夏期 | <0.70 | ~ 38.8 | 1.2 | <0.70 | ~ 1.9 | 0.83 | <0.70 | ~ 0.94 | <0.70 |
| | 冬期 | <0.70 | ~ 120 | <0.70 | <0.70 | ~ 1.8 | 0.79 | <0.70 | ~ 6.8 | <0.70 |
| ブタノール | 夏期 | 1.2 | ~ 72.8 | 5.5 | 2.5 | ~ 34.0 | 5.7 | <1.2 | ~ 2.3 | <1.2 |
| | 冬期 | <1.2 | ~ 6.1 | 2.1 | <1.2 | ~ 3.6 | 1.9 | <1.2 | ~ 3.0 | <1.2 |
| テトラデカン | 夏期 | <4.0 | ~ 15.5 | <4.0 | <4.0 | ~ 10.2 | <4.0 | <4.0 | ~ 9.4 | <4.0 |
| | 冬期 | <4.0 | ~ 6.4 | <4.0 | <4.0 | ~ <4.0 | <4.0 | <4.0 | ~ <4.0 | <4.0 |

p-DCB: パラジクロロベンゼン

($p < 0.01$), ナフタレン ($p < 0.01$) 及びブタノール ($p < 0.01$) の 5 物質であった。p-DCB は夏期の方が 3 倍高濃度だったが (夏期 46.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 冬期 14.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 有意差は認められなかった。

オフィスビルの場合も, 図 2 に示した 8 物質全てで夏期の方が高濃度であった。有意差が認められたのは, ホルムアルデヒド ($p < 0.01$), エチルベンゼン ($p < 0.05$), キシレン ($p < 0.05$), スチレン ($p < 0.05$) 及びブタノール ($p < 0.01$) の 5 物質であった。

外気では, 表 2 より, ホルムアルデヒドのみ冬期の方が有意に高濃度であった ($p < 0.05$)。有意差は見られなかったが夏期の方が高濃度だったのは, トルエン, エチルベンゼン, キシレン, スチレン及び p-DCB の 5 物質であった。ナフタレン, ブタノール及びテトラデカン濃度は, 夏期, 冬期いずれも定量下限値未満であり比較できなかった。

3) 室内濃度指針値を超える化学物質 調査対象物質のうち, 平成 15 年 8 月現在, 室内濃度指針値が設定されているのは, ホルムアルデヒド (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), トルエン (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), エチルベンゼン 3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), キシレン (870

$\mu\text{g}/\text{m}^3$), スチレン (220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), p-DCB (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), テトラデカン (330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の 7 物質である。

今回の調査で指針値を超えた住宅は夏期に 10 軒あり, 内訳はホルムアルデヒド超過が 3 軒 (5 室), p-DCB 超過が 7 軒 (11 室) であった。冬期では 3 軒 (5 室) あり, いずれも p-DCB が超過していた。

3. 空气中化学物質の検出率

表 3 に建物別の空气中化学物質検出率を示した。なお, 各建物の室内 2 ヶ所を測定しているため, 1 ヶ所以上で検出された場合を「検出」とし, 「検出」数を建物数で除して, 検出率を算出した。

室内空気及び外気の検出率が 100% だった物質は, ホルムアルデヒド, トルエン, エチルベンゼン, キシレン及び p-DCB であった。スチレンは室内から 100%, 外気からは 81% (夏期) ~ 59% (冬期) 検出された。ナフタレン及びブタノールは, 冬期における外気からの検出率が低く, 検出数ではナフタレンが 17 ヶ所中 2 ヶ所, ブタノールは 17 ヶ所中 1 ヶ所であった。テトラデカンについては夏期の室内で 23~54% 検出されたが, 冬期のオフィスビル室内や

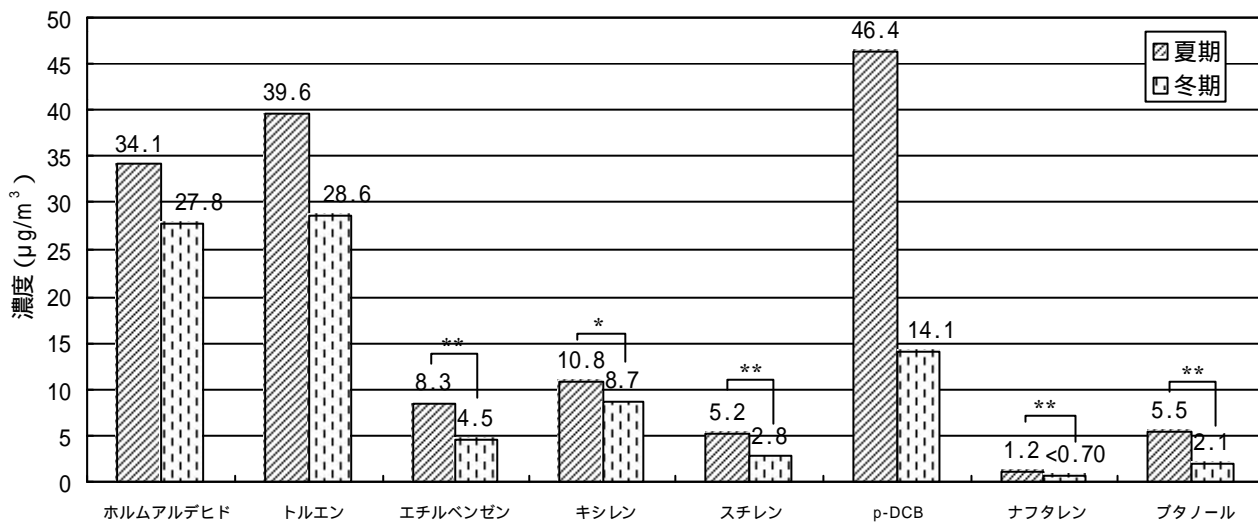


図 1. 住宅における化学物質濃度の中央値

** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

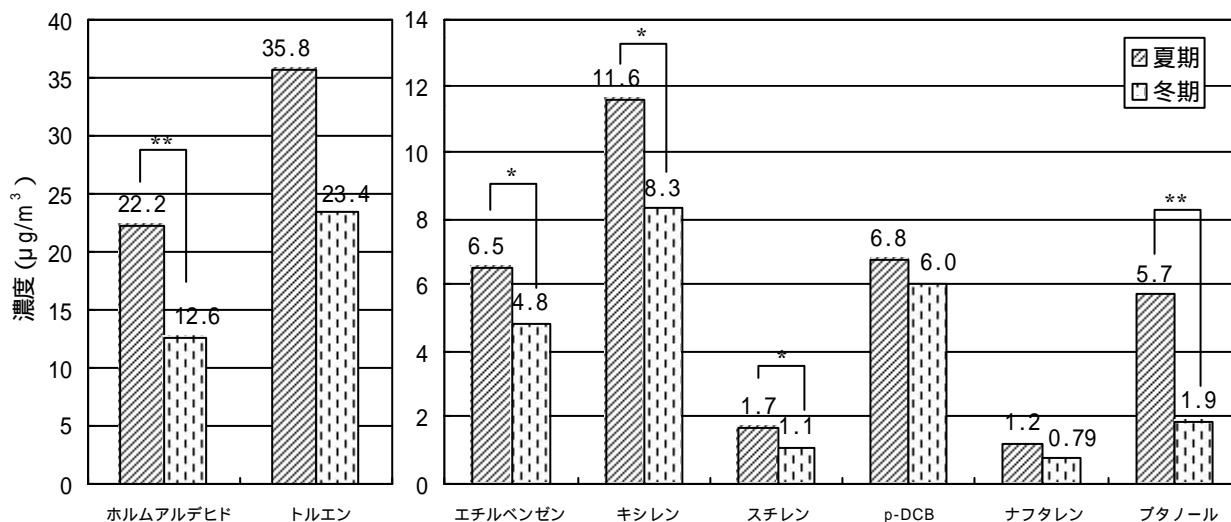


図 2. オフィスビルにおける化学物質濃度の中央値

** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

表3. 室内及び外気における空气中化学物質検出率

| 物質名 | | 住宅 | オフィスビル | 外気 |
|----------|----|------------|------------|------------|
| | | 検出数/調査数(%) | 検出数/調査数(%) | 検出数/調査数(%) |
| ホルムアルデヒド | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 16/16(100) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 17/17(100) |
| トルエン | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 16/16(100) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 17/17(100) |
| エチルベンゼン | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 16/16(100) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 17/17(100) |
| キシレン | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 16/16(100) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 17/17(100) |
| スチレン | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 13/16(81) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 10/17(59) |
| p-DCB | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 16/16(100) |
| | 冬期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 17/17(100) |
| ナフタレン | 夏期 | 22/22(100) | 12/13(92) | 7/16(44) |
| | 冬期 | 13/22(59) | 10/13(77) | 2/17(12) |
| ブタノール | 夏期 | 22/22(100) | 13/13(100) | 5/16(31) |
| | 冬期 | 19/22(86) | 13/13(100) | 1/17(6) |
| テトラデカン | 夏期 | 5/22(23) | 7/13(54) | 1/16(6) |
| | 冬期 | 2/22(9) | 0/17(0) | 0/17(0) |

外気からは検出されなかった。

4. I/O 比

表4にI/O比を示す。テトラデカン及び住宅冬期のナフタレン濃度は、室内濃度が定量下限値未満であったため、I/O比は算出できなかった。

全物質のI/O比の範囲は、住宅は1.3~10.6(夏期)及び1.3~7.2(冬期)、オフィスビルは1.4~9.5(夏期)及び1.1~3.2(冬期)であった。物質別では、ホルムアルデヒドは、夏期、冬期ともに住宅の方がオフィスビルよりも高かった。VOCの中で最も高いI/O比が得られたのは、住宅夏期のスチレン(10.6)で、次いで住宅夏期のp-DCB(9.5)とオフィスビル夏期のブタノール(9.5)、住宅夏期のブタノール(9.2)であった。

また、I/O比が夏期、冬期ともに3.0以下の物質はトルエン、エチルベンゼン及びキシレンであった。

5. 健康に関するアンケート調査

住宅の調査では化学物質測定と同時に健康に関するアンケートを行った。「家の中に居て、健康上の障害が起こる人の有無」と、「その症状」について居住者に記入してもらった。その結果、居住者が不快な症状を訴えた住宅は、夏期5軒、冬期4軒で、その症状は表5に示す通りである。

居住者が不快な症状を訴えた建物の築後あるいはリフォーム後の年数は、0.75~5.25年(夏期)及び0.58~6.0年(冬期)であった。その中で指針値以上の化学物質濃度を検出した住宅は、夏期に1軒(p-DCB)あった。

6. 不快な症状の有無と化学物質濃度

居住者が不快な症状を訴えた場合(あり)と、それ以外(なし)について、化学物質室内濃度の分布を図3に示した。症状あり群の住宅は、夏期、冬期あわせて延べ9軒(18室)、症状なし群は延べ35軒であった。症状あり群の室内で指針値を超えた物質はp-DCB(2室)のみであった。全ての物質について、症状あり群の方が症状なし群よりも、

表4. 中央値を用いた室内濃度/外気濃度の比率(I/O比)

| 物質名 | | 住宅 | オフィスビル |
|----------|----|------|--------|
| ホルムアルデヒド | 夏期 | 6.0 | 3.9 |
| | 冬期 | 2.8 | 1.3 |
| トルエン | 夏期 | 1.8 | 1.6 |
| | 冬期 | 1.3 | 1.1 |
| エチルベンゼン | 夏期 | 1.9 | 1.5 |
| | 冬期 | 1.4 | 1.5 |
| キシレン | 夏期 | 1.3 | 1.4 |
| | 冬期 | 1.3 | 1.2 |
| スチレン | 夏期 | 10.6 | 3.5 |
| | 冬期 | 7.2 | 2.9 |
| p-DCB | 夏期 | 9.5 | 1.4 |
| | 冬期 | 4.0 | 1.7 |
| ナフタレン* | 夏期 | 3.3 | 2.4 |
| | 冬期 | - | 2.2 |
| ブタノール* | 夏期 | 9.2 | 9.5 |
| | 冬期 | 3.5 | 3.2 |
| テトラデカン | 夏期 | - | - |
| | 冬期 | - | - |
| VOC合計* | 夏期 | 2.8 | 1.6 |
| | 冬期 | 1.6 | 1.3 |

*: 外気濃度の中央値が検出下限値未満の場合は、計算には検出下限値の1/2の値を用いた。(ナフタレン: $0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ブタノール: $0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, テトラデカン: $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

-: 室内濃度の中央値が検出下限値未満。

低濃度に集中する傾向が見られた。

7. 指針値を超過した室内濃度の経時変化

平成11年度から3年間あるいは平成12年度から2年間、継続調査した建物のうち、平成11年度または平成12年度夏期(調査初期)に、化学物質濃度が指針値を超過した建物を選別し、超過物質濃度の経時変化を表6に示した。平成11年度調査でホルムアルデヒド濃度が超過していた住宅Aでは、夏期に高く、冬期は低下する周期を繰り返しながら少しずつ減衰した。トルエン濃度が超過していたビル

B,住宅C,D及びスチレン濃度が超過していた住宅Eは,1年後または半年後の調査で指針値以下まで濃度が低下した.住宅F~Kはp-DCB濃度が超過していたが,各住宅によって濃度変化の傾向は様々であった.住宅G,H,Iでは,夏期に高く冬期には低下した.一方,住宅F,J,Kは季節による傾向は認められず,また経時的な濃度減衰も見られなかった.

考 察

今年度調査から測定項目に追加したテトラデカンは,平

表5.健康に関するアンケート調査の結果

| | | 夏期 | 冬期 |
|-------------------|-----------|-------|----|
| 不快な症状の訴えがあった住宅(軒) | 木造戸建 | 5 | 4 |
| | 鉄筋集合 | 4 | 3 |
| | | 1 | 1 |
| 主な症状(件*) | 目・喉の痛み | 1 | 1 |
| | 頭痛 | 1 | 0 |
| | 倦怠感 | 1 | 0 |
| | 咳 | 0 | 1 |
| | 鼻水 | 1 | 1 |
| | ジンマシン | 1 | 0 |
| | 胃のムカツキ | 1 | 1 |
| | ぜん息 | 1 | 1 |
| | シックハウス症候群 | 0 | 1 |
| | 指針値を超過(軒) | p-DCB | 1 |

*複数回答可

成13年7月に室内濃度指針値が設定された物質である⁷⁾.その溶液は石油臭をもち,凝固点が5.5と高いため⁸⁾,冬季には固化する可能性がある.また蒸気圧が約0.18kPaと低いため,他の物質に比べると揮発性が低い.生体影響としては,高濃度下での刺激性・麻酔作用や,皮膚接触による皮膚の乾燥や角化,亀裂を生じることがある.テトラデカンは灯油の揮発や石油ファンヒーターの稼働により発生するため^{7,9)},冬期で高濃度になると予想した.しかし,調査では冬期の方が夏期よりも検出率が低い結果が得られた.また,室内空気及び外気濃度の中央値は全て定量下限値未満であり,テトラデカンの空気中濃度は,トルエンやp-DCBに比べ非常に低いことが分かった.なお今回の結果は,厚生労働省が実施した「居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査」¹⁰⁾における,住宅室内中のテトラデカン濃度(2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平成9年)及び4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平成10年))と同じような濃度レベルであった.

化学物質の発生源が室内に存在するかどうかの指標になるI/O比を見ると,住宅のスチレン(夏期10.6,冬期7.2)やp-DCB(夏期9.5),ブタノール(夏期9.2)は,7以上と高目であった.ブタノールのI/O比はオフィスビルでも高く(夏期9.5),発生源が室内に存在すると思われた.厚生労働省が実施した全国実態調査¹⁰⁾でも,特にp-DCB(11.7~12.2)やテトラデカン(6.3~7.0),ブタノール(3.8~7.0),スチレン(3.5~6.0)で高いI/O比を示している.これは,テトラデカンを除いて著者らの結果と一致し,テトラデカンについても他の物質と同様に室内に発生源があると考えられた.

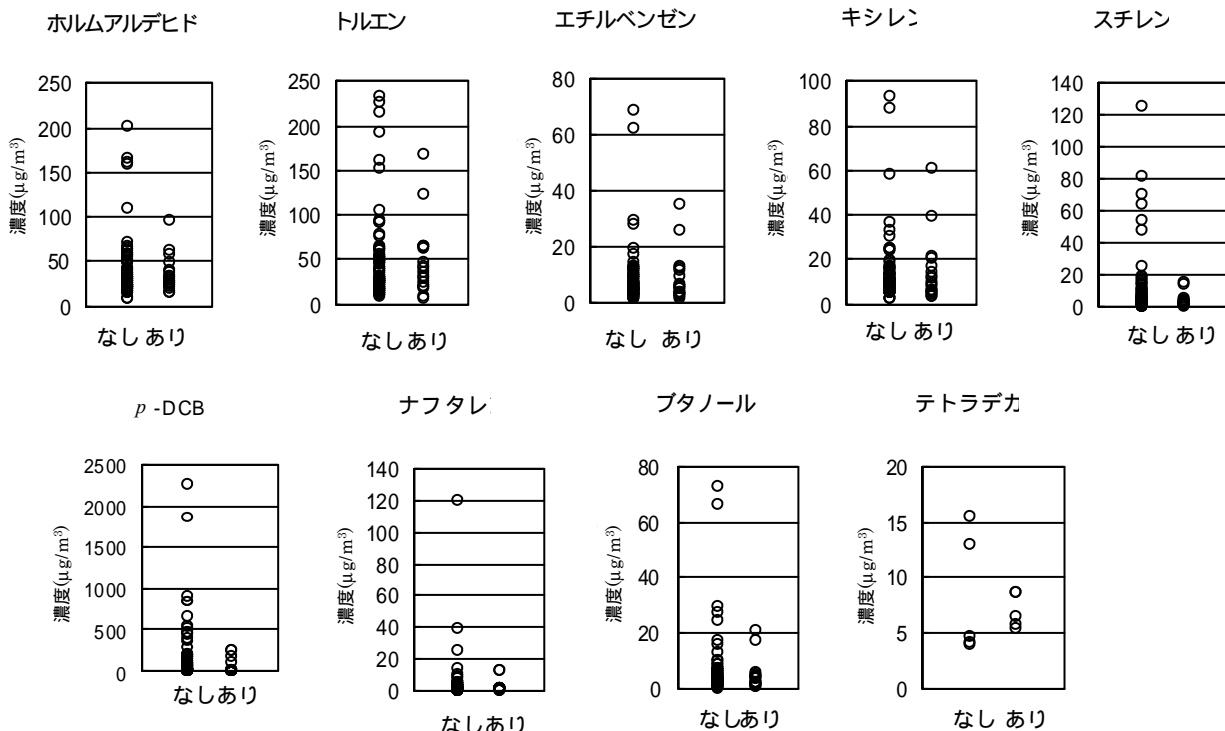


図3.不快な症状の有無と室内化学物質濃度

表6. 指針値超過室内濃度の経時変化

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 物質 | 建物 | H11 年度冬期 | H12 年度夏期 | H12 年度冬期 | H13 年度夏期 | H13 年度冬期 | 指針値 |
|---------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| ホルムアルデヒド | 住宅 A | 125 | 261 | 45.6 | 202 | 66.3 | 100 |
| | ビル B | - | 371 | 144 | 33.0 | 27.5 | 260 |
| トルエン | 住宅 C | 2,020 | 489 | 131 | 168 | 46.0 | 260 |
| | 住宅 D | - | 682 | 36.2 | 103 | 31.7 | 260 |
| スチレン | 住宅 E | - | 286 | 3.8 | 19.1 | 2.9 | 220 |
| | 住宅 F | 578 | 15.3 | 13.2 | 208 | 830 | 240 |
| <i>p</i> -DCB | 住宅 G | - | 3,190 | 176 | 1,850 | 172 | 240 |
| | 住宅 H | - | 4,140 | 579 | 2,260 | 541 | 240 |
| | 住宅 I | 71.7 | 906 | 197 | 466 | 184 | 240 |
| | 住宅 J | 43.7 | 257 | 257 | 171 | 52.3 | 240 |
| | 住宅 K | 236 | 811 | 811 | 833 | 149 | 240 |

- : 測定対象外

網掛: 指針値を超過した値

健康に関するアンケート結果では、症状を訴えた居住者がいる住宅が夏期で5軒、冬期で4軒と、季節的な差は小さく、健康被害は年間を通して生じていると思われた。その症状としては、「目・喉の痛み」、「頭痛」、「倦怠感」、「咳」、「鼻水」、「ジンマシン」、「胃のムカつき」、「喘息」等のアレルギー症状など、症状の多様さを伺い知ることができた。また、これら症状あり群の化学物質濃度の方が、症状なし群よりも低濃度に集中していたことや、シックハウス症候群と診断された居住者がいる住宅の室内化学物質濃度が指針値以下であったことが分かった。このことは、化学物質による健康被害やシックハウス症候群においては、化学物質に対する感受性の個人差が大きいことを示していると考えられた¹¹⁾。

本調査は平成11年から継続したものであり、以前の調査結果^{4,5)}との比較を行った。

過去2年間の調査におけるホルムアルデヒド及び*p*-DCB室内濃度は、住宅がオフィスビルより高く、今回も同様の結果が得られた。季節間の比較では、平成12年度調査で、オフィスビルのトルエン、エチルベンゼン及びキシレンが冬期の方が夏期よりも高濃度であった。しかし、本調査では、テトラデカンを除く物質の住宅及びオフィスビル室内濃度は、夏期が冬期よりも高値であった。指針値を超えた物質は、本調査ではホルムアルデヒドと*p*-DCBで、過去の調査のようなトルエン超過は見られなかった。指針値以上を検出した住宅は、22軒中、夏期が10軒、冬期が3軒で、特に夏期の10軒は、平成11年度の6軒(23軒中)や平成12年度の5軒(21軒中)あるいは8軒(22軒中)よりも多くなっていた。

平成11年度から3年間、あるいは平成12年度から2年間、継続して調査した住宅は12軒、オフィスビルは11棟あった。調査初期に、指針値以上の高濃度を検出した物質濃度の経時変化を見ると、その変化に一定の傾向が認められることが分かった。

調査初期に指針値以上を検出した住宅は10軒、オフィ

スビルは1棟であった。平成11年度冬期にホルムアルデヒド濃度が超過していた住宅Aでは、平成12年度夏期及び平成13年度夏期でも指針値以上を検出した。住宅Aの場合、ホルムアルデヒド濃度は夏期に高く、冬期に低下する周期を繰り返しながら、徐々に減衰していくと推測できた。ビルB及び住宅C、Dのトルエン濃度や、住宅Eのスチレン濃度は、指針値以上の高値が検出されてから約1年後には、その10分の1程度まで低下し、ホルムアルデヒドと比べると、室内濃度は短期間のうちに低下することが確認できた。

一方、*p*-DCB濃度が超過していた住宅F~Kの濃度変化には、一定の傾向は認められなかった。例えば、住宅Fでは平成11年度冬期に指針値以上の高濃度が検出されたが、その後は低下した。しかし平成13年度冬期には再び指針値以上の濃度が検出され、経時的に濃度が低下したとは言えなかった。また、住宅G、H、Iの室内濃度は夏期に高く、冬期に低いといった、ホルムアルデヒドのような傾向が見られた。住宅J、Kでは、調査結果が連続してほぼ同じ濃度が得られた。以上のように*p*-DCBの濃度変化において一定の傾向が見られない原因としては、*p*-DCBの発生源が居住者由来であることが考えられる。接着剤や塗料が主な発生源と考えられるホルムアルデヒドやトルエンなどの場合、経時的にあるいは季節的に変動しながら徐々に揮発するため^{12,13)}、室内濃度は減少に向かう。しかし*p*-DCBの場合、室内濃度が減少しても、防虫剤として居住者が室内に持ちこむため、再び濃度は上昇し、減少傾向がパターン化しないと考えられた。

平成12年度の調査において*p*-DCB濃度が指針値を超える住宅が多く見られたため(11/43軒)、本調査では住宅の一部で、*p*-DCB製品についてのアンケート調査を行った。指針値以上の濃度を検出した住宅F~Kについては、6軒中5軒から回答が得られた。その結果、「使用上の注意を読んでいる」と回答したのは4軒であった。使用量については、「多目」と回答したのは1軒、「少な目」が3軒で、

使用量の認識と室内濃度との間に矛盾を感じる結果となった。p-DCB 製品のイメージとしては、「使い慣れている」や「親しみがある」という一方で、「健康に良くない」や「臭いが気になる」、「安全とは思わない」などの否定的な意見も得られた。しかし使用における対策の有無については、「特に対策していない」が「換気に気をつけている」を上回っていた。以上のことから、p-DCB 製品について、使用上の注意点を理解し危険性を感じている一方で、換気や使用を控えるなどの対策には至っていないのが現状だと思われる。東京都健康局は、日本繊維製品防虫工業会に対し、健康に配慮した使用方法や適正使用量を表示するよう要望¹⁴⁾したが、その効果を調べるためにも、住宅室内のp-DCB濃度について引き続き調査し、実態を把握していくべきだと考える。

ま と め

平成 13 年 7 月～10 月（夏期）及び平成 14 年 1 月～3 月（冬期）に、東京都内の住宅（夏期、冬期 22 軒）、オフィスビル（夏期、冬期 13 棟）、及びその周辺環境（夏期 16 ヶ所、冬期 17 ヶ所）について、ホルムアルデヒドと VOC、計 9 物質の空气中濃度を調査した。

室内における各物質の濃度範囲は、ホルムアルデヒド 5.2～202 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、トルエン 7.6～232 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン 1.3～68.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン 2.6～93.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、スチレン <0.34～125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、p-DCB 0.96～2,260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ナフタレン <0.70～120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ブタノール <1.2～72.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、テトラデカン <4.0～15.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

住宅とオフィスビルを比較すると、ホルムアルデヒド、トルエン、スチレン及び p-DCB は住宅の方が高濃度だったが、その他の物質は季節によって異なっていた。また外気濃度は室内濃度よりも低かった。

夏期と冬期を比較すると、全ての物質の室内濃度は、夏期の方が高濃度だった。得られた結果の最高値が指針値を超えていたのは、ホルムアルデヒド（202 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と p-DCB（2,260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であった。

居住者が健康被害を訴える住宅は、夏期に 5 軒、冬期に 4 軒あり、季節による差はほとんどなかった。居住者の訴える症状は、目・喉の痛み、頭痛、倦怠感、咳や鼻水が出る、ジンマシンの発症、胃のムカツキや喘息等のアレルギー症状、シックハウス症候群と診断されるなど多様であった。しかし、調査した 9 物質については、症状の訴えがなかった住宅の方が、高濃度になるケースが多く見られた。

平成 11 年から行った継続調査の結果から、室内濃度の

経時変化には、物質により異なる傾向が見られた。ホルムアルデヒドの場合、夏期が高く、冬期が低いという周期を繰り返しながら、徐々に濃度が低下した。トルエンやスチレンでは、高濃度の後、すぐに濃度が低下した。p-DCB は、季節的または経時的な変化は見られなかった。これは、タンスやトイレなどで使用される防虫剤などから p-DCB が発生するためと考えられた。

本調査は東京都健康局地域保健部環境水道課及び各保健所と協力して行った。

文 献

- 1) Takeshi, T., Shunichi, A., Akinori, N., et al.: *Arch. Environ. Health*, **56**(5), 443-448, 2001.
- 2) Zeev, T. Handzel, : *Reviews Environ. Health*, **15**(3), 325-336, 2000.
- 3) 建築基準法 第二十八条の二, 2002.
- 4) 齋藤育江, 大貫文, 瀬戸博, 他: 東京衛研年報, **52**, 221-227, 2001.
- 5) 大貫文, 齋藤育江, 瀬戸博, 他: 東京衛研年報, **53**, 199-205, 2002.
- 6) 齋藤育江, 大貫文, 瀬戸博, 他: 東京衛研年報, **53**, 191-198, 2002.
- 7) 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定法等について: 厚生労働省, 2002年2月.
- 8) 藤原鎮男監訳: ザックス有害物質データブック, 373, 1990, 丸善株式会社, 東京.
- 9) 大貫文, 齋藤育江, 多田宇宏, 瀬戸博, 上原真一, 鈴木孝人, 榊原幸雄, 横瀬寿美雄, 小林和史: 石油ファンヒーターによる室内空気汚染と換気による汚染低減効果について, 平成 14 年度地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部 第 15 回理化学研究部会総会・研究会, 2002.
- 10) 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査について: 厚生労働省, 1999年12月.
- 11) 石川哲, 宮田幹夫: 化学物質過敏症, 41-69, 1999, かもがわ出版, 京都.
- 12) 齋藤育江, 瀬戸博, 多田宇宏, 他: 東京衛研年報, **50**, 235-239, 1999.
- 13) 劉福姫, 田中辰明, 田中敏之, 他: 空気清浄 **40**(3), 39-47, 2002.
- 14) 家庭用防虫剤メーカーに健康配慮の要望: 東京都健康局, 2002年4月.