

# 化学物質による室内空気汚染のモニタリング

## —クロルピリホス、ペルメトリン、HCHO、VOCsについて—

浅川富美雪・實成 文彦\*・戴 紅\*・北窓 隆子\*

倉敷芸術科学大学国際教養学部

\*香川医科大学医学部

(2001年9月28日 受理)

### はじめに

1980年頃より欧米で、頭痛、めまい、目の痛みなど体の不具合を訴える居住者の多いビルが頻発した。原因は、省エネルギーのためビルの換気量が削減され、各種の汚染物質に対する希釈能力が低減したためではないかと考えられている。いわゆる“シックビル症候群”の発生である<sup>1)</sup>。幸い我が国では、いわゆる「ビル管理法」によって一定規模以上の建物においては換気量が確保されていたこともあって、大きな問題にはならなかった。

しかし、我が国でも最近、個人住宅において“シックハウス症候群”として顕在化してきている<sup>2)</sup>。さらに、“化学物質過敏症”も注目されている<sup>3)</sup>。いずれも、室内空気中の化学物質が関与している疑いが持たれている。これは、最近の我が国の住宅はエネルギー効率を上げるため気密化している一方で、新建材の多用、シロアリ防除のための薬剤処理、さらに、殺虫剤等の家庭での安易な使用などが一因としてあげられる。このため、建材等に含まれていることが多いホルムアルデヒド (HCHO) や揮発性有機化合物 (VOCs) については、室内空気汚染の調査が行われてきている<sup>4,5)</sup>。しかし、シロアリ防除剤や殺虫剤等については、調査例が非常に少ない。

そこで、今回、一般によく使用されているシロアリ防除剤のクロルピリホス (有機リン系殺虫剤)、衛生害虫・不快害虫駆除剤のペルメトリン (合成ピレスロイド系殺虫剤) を取り上げ、室内空気汚染はどのようなレベルなのか、居住者の曝露はどの程度なのか調査を実施しようとした。その際、我々は空気中化学物質濃度の測定 (環境モニタリング) に加えて、曝露モニタリングとして尿中代謝物を曝露指標とする生物学的モニタリング<sup>6)</sup>の手法を取り入れようと考えた。なぜなら、生物学的モニタリングによるアプローチは、居住者が実際にどの程度化学物質に曝露され、化学物質を吸収しているかを直接確認できるため、曝露の評価を総合的に行え、曝露モニタリングとして有用と考えられるからである。なお、併行して、HCHO や VOCs についても調査 (環境モニタリング) を実施した。

## 対象および方法

### 1. クロルピリホスおよびペルメトリン

環境モニタリングとして室内空气中濃度の測定、曝露モニタリングとして尿中代謝物の測定（生物学的モニタリング）を実施した。すなわち、室内空气中濃度の測定は、我々がすでに報告<sup>7)</sup>している多孔質（最大孔径0.2 $\mu$ m）のPTFEチューブ（長さ45mm、内径10mm、厚さ1mm）に捕集剤としてSupelpack™-2（SUPELCO）を0.75g充填したパッシブサンプラー法によった。また、尿中代謝物の測定は我々がすでに報告<sup>8)</sup>しているように、クロルピリホスの場合尿中の3,5,6-トリクロロ-2-ピリジノール（TCP）、ペルメトリンの場合尿中の3-フェノキシベンゾイックアシッド（PBA）を対象として行った。

サンプラーの分析：チューブから捕集剤をバイアルに取り出し、トルエン3mlで脱着（1時間穏やかに振とう）させた。必要に応じてクデルナーダニッシュ濃縮器にて濃縮し、定容となす。これをGC-MS/SIM（島津GCMS-QP2000GF）にて測定した。測定条件は以下に示す如くである。カラム：DB-5MS（J&W），30m×0.32mm I. D., 0.25 $\mu$ m film thickness；オープン：180 $^{\circ}$ C（2 min） to 260 $^{\circ}$ C at 10 $^{\circ}$ C/min and 260 $^{\circ}$ C（8 min）；インジェクション：260 $^{\circ}$ C，スプリットレス；キャリアガス：He 10ml/min；m/z：クロルピリホス 314，ペルメトリン 183

尿中TCP，PBAの測定：尿5mlに濃硫酸1mlを加え、100 $^{\circ}$ Cで1時間加熱分解する。冷後、蒸留水10mlを加え、前もってクロロホルム5ml，メタノール5mlで洗い、蒸留水5mlを2回通して調整しておいたSep-Pak C<sub>18</sub>に分解液を流す。蒸留水5mlで4回このSep-Pak C<sub>18</sub>を洗った後、クロロホルム5mlでTCPとPBAを溶出させる。次に、これをN<sub>2</sub>気流中で乾固させ、ベンゼン140 $\mu$ lに溶かし、N，O-Bis（trimethylsilyl）acetamide 10 $\mu$ lを加えてシリル化し、1時間以内にGCMSで測定した。標準溶液のTCP，PBAも同様に処理して測定に供した。SIM法によるGCMS（島津GCMS-QP2000GF）の測定条件は以下に示す如くである。カラム：DB-5MS（J&W），30m×0.32mm I. D., 0.25 $\mu$ m film thickness；オープン：120 $^{\circ}$ C（2 min） to 260 $^{\circ}$ C at 16 $^{\circ}$ C/min and 260 $^{\circ}$ C（4 min）；インジェクション：200 $^{\circ}$ C，スプリットレス；キャリアガス：He 10ml/min；m/z：TCP 256，PBA 286

試薬：クロルピリホス，ペルメトリンおよびPBA標準品は和光純薬工業製のものを用い、また、TCP標準品はダウケミカル社より供与を受けた。各標準溶液はアセトンにて調製した。その他の試薬は市販の残留農薬分析用あるいは同等品を使用した。

### 2. HCHO

室内空气中濃度の測定は、Sep-Pak DNPH（2,4-ジニトロフェニルヒドラジン）サンプラーのXposure（Waters）をパッシブサンプラーとして用いる松村ら<sup>9)</sup>の方法に準じた。

サンプラーの分析：サンプラーに注射筒（10ml）を取り付け、アセトニトリル 3 ml を入れ、ゆっくりと押し流す。その溶出液 20 $\mu$ l を HPLC に導入した。HPLC の測定条件は、カラム：Nova-Pak C<sub>18</sub>（Waters），150mm×3.9mm I.D.；オープン：40℃；移動相：水/アセトニトリル=65/35，流量 1 ml/min；測定波長：360nm である。

試薬：アセトニトリルは HPLC 用（和光純薬）を使用し，HCHO 標準溶液は，HCHO-DNPH（東京化成）をアセトニトリルに溶かして調製した。

### 3. VOCs

室内空气中濃度の測定は，3 M 有機ガスモニター（#3500）を用いるパッシブサンプラー法によった。

サンプラーの分析：3 M 有機ガスモニター定量分析説明書に準じて，二硫化炭素（CS<sub>2</sub>）1.5ml で 1 時間緩やかに振とう・脱着し，GC-MS/SIM（島津 GCMS-QP2000 GF）により定量分析した。GC-MS/SIM 測定条件はカラム：DB-624（J&W），30m×0.32mm I.D.，1.8 $\mu$ m film thickness；オープン：40℃（5 min）to 135℃ at 3℃/min；インジェクション：150℃，スプリットレス；キャリアガス：He 10 ml/min である。また，測定 VOCs と m/z は MEK 72，酢酸エチル 70，1,1,1-トリクロロエタン 97，ベンゼン 74，トリクロロエチレン 130，ブタノール 56，MIBK 85，トルエン 91，テトラクロロエチレン 166，酢酸ブチル 56，エチルベンゼン 106，キシレン 106，パラジクロロベンゼン 146 である。

試薬：CS<sub>2</sub>は作業環境測定用（和光純薬），その他は試薬特級を用い，標準溶液は CS<sub>2</sub> で調製した。

### 4. 調査対象およびサンプリング

表 1，表 2 に調査対象やサンプリングについての概要を示す。調査期間は 2000 年の 5 月下旬～6 月上旬で，室内空気のサンプリングは，上記の各サンプラーを部屋の中央の床上 1.5～2 m 付近に 1 週間吊るすという方法によった。尿はサンプラーを外す日の

表 1 対象家屋および室内空気サンプリングの概要

対象家屋	工 法	建 築 後	シロアリ防除後	サンプリング	1 日平均窓開け
A	在 来 工 法	17 年	12 ヶ月	1 階居間	24 時間
B	在 来 工 法	37 年	24 ヶ月	1 階居間	2 時間
C	在 来 工 法	不 明	36 ヶ月	1 階居間	4 時間
D	プレハブ工法	15 年	1 ヶ月	1 階居間	10 時間
E	在 来 工 法	18 ヶ月	防除なし	1 階居間	10 時間
F	在 来 工 法	24 ヶ月	24 ヶ月	1 階居間	24 時間
G	在 来 工 法	12 ヶ月	防除なし	1 階居間	10 時間
H	在 来 工 法	3 ヶ月	防除なし	1 階居間	3 時間

注) 調査期間は 5 月下旬～6 月上旬で，各サンプラーを部屋の中央の床上 1.5～2 m 付近に 1 週間吊るしておいた。なお，家屋はすべて戸建の 2 階建である。

表2 尿サンプリング対象者の概要

対象者	家屋	性別	年齢	1日平均 在宅時間	自覚症状
A-1	A	女	56歳	20時間	なし
B-1	B	女	69歳	19時間	なし
B-2	B	男	38歳	12時間	なし
B-3	B	女	31歳	24時間	せき, 不快感
B-4	B	男	8歳	17時間	なし
B-5	B	男	5歳	17時間	なし
C-1	C	男	72歳	22時間	なし
C-2	C	女	67歳	22時間	なし
D-1	D	男	63歳	15時間	なし
D-2	D	女	59歳	24時間	なし
E-1	E	女	29歳	19時間	目・喉の刺激
F-1	F	男	57歳	8時間	疲労感, めまい, 皮膚刺激
F-2	F	女	56歳	8時間	目・喉の刺激, 疲労感, 皮膚刺激
G-1	G	女	66歳	15時間	皮膚アレルギー
H-1	H	男	31歳	14時間	なし
H-2	H	女	29歳	14時間	なし

注) 尿はサンプラーを外す日の朝, 採ってもらい, 回収後分析時まで冷凍保存した。

朝, 採ってもらい, 回収後分析時まで冷凍保存した。また, アンケートにより, サンプリング期間中の1日平均の窓開け時間や在宅時間, あるいは現在の自覚症状等も調査した。なお, いずれのサンプラーもFickの拡散第一法則を原理として, ガス状のものを捕集するようになっている。

## 結 果

表3に, 室内空气中クロルピリホス, ペルメトリンおよびそれぞれの尿中代謝物であるTCP, PBAを測定した結果を示す。クロルピリホスは8家屋中3家屋(B, C, F)から, 21~26ng/m<sup>3</sup>の範囲で検出された。そして, 3家屋の居住者からは尿中代謝物のTCPが9人中7人(B-1, -3, -4, -5; C-1, -2; F-1)に検出された。ちなみに, この3家屋はいずれもシロアリ防除家屋である。一方, クロルピリホスが検出されなかった家屋の居住者のTCP検出状況は7人中2人(A-1; H-2)だった。また, ペルメトリンは8家屋中5家屋(A, B, C, D, H)から, 3~61ng/m<sup>3</sup>の範囲で検出された。そして, 5家屋の居住者からは尿中代謝物のPBAが12人中5人(A-1; C-1, -2; D-2; H-1)に検出された。一方, ペルメトリンが検出されなかった家屋の居住者のPBA検出状況は4人中1人(F-1)だった。

図1に室内空气中HCHO測定結果を示す。HCHOは8家屋すべてから検出された。その

中H家屋を除く7家屋のHCHO濃度は18~35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であったが、H家屋では103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という高い値を示した。ちなみに、H家屋は築後3ヵ月と一番新しかった。

図2に室内空気中VOCs測定結果を示す。測定対象としたVOC13種類は、ほぼ全ての室内空気中から多かれ少なかれ検出された。そして、これらのVOCsの中、主として建材等に由来するVOCではトルエン、エチルベンゼン、キシレンが検出頻度の高いVOCであった。とくに、築後3ヵ月と一番新しかったH家屋では、他の家屋がトルエン3~6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン2~10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン2~19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し、トルエン95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と8家屋中最高値を示した。さらに

表3 室内空気中クロルピリホス、ベルメトリン濃度および尿中TCP、PBA濃度

家屋	居住者	クロルピリホス $\text{ng}/\text{m}^3$	TCP $\text{ng}/\text{mg}\cdot\text{cre}^*$	ベルメトリン $\text{ng}/\text{m}^3$	PBA $\text{ng}/\text{mg}\cdot\text{cre}^*$
A		ND	—	24	—
	A-1	—	6	—	16
B		21	—	9	—
	B-1	—	24	—	ND
	B-2	—	ND	—	ND
	B-3	—	3	—	ND
	B-4	—	10	—	ND
C	B-5	—	18	—	ND
		26	—	3	—
	C-1	—	10	—	12
D	C-2	—	7	—	27
		ND	—	61	—
	D-1	—	ND	—	ND
E	D-2	—	ND	—	48
		ND	—	ND	—
F	E-1	—	ND	—	ND
		22	—	ND	—
G	F-1	—	7	—	ND
	F-2	—	ND	—	5
H		ND	—	ND	—
	G-1	—	ND	—	ND
H		ND	—	32	—
	H-1	—	ND	—	9
	H-2	—	11	—	ND

注) \*尿中 creatinine による補正值 (尿の濃淡による代謝物濃度の変動を補正)

ND (検出下限) はクロルピリホス、ベルメトリンでは $< 1 \text{ ng}/\text{m}^3$ ; TCP, PBA では尿中濃度で $< 1 \text{ ng}/\text{ml}$

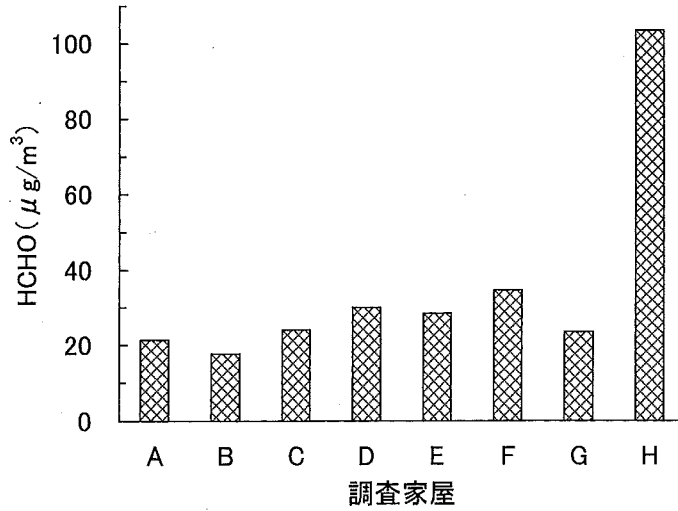


図1 室内空气中 HCHO 濃度

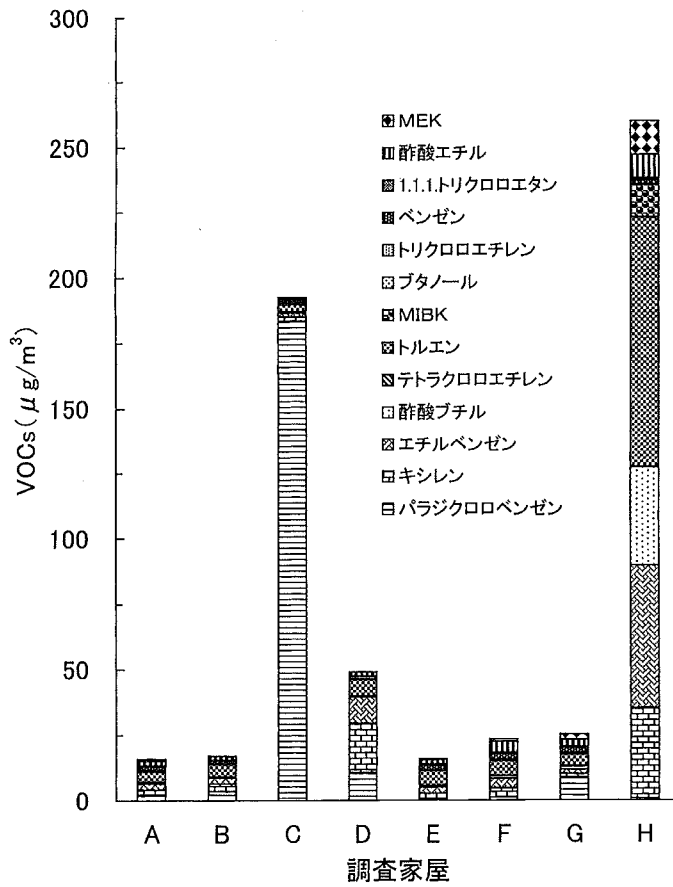


図2 室内空气中 VOCs 濃度

MEK, MIBK, 酢酸ブチルも最高値であったため, H 家屋の総 VOCs (13種類合計) は  $260\mu\text{g}/\text{m}^3$  と最高値を示した。また, C 家屋ではパラジクロロベンゼンが, 他の家屋が  $1\sim 11\mu\text{g}/\text{m}^3$  であるのに対し,  $183\mu\text{g}/\text{m}^3$  と高かったため, C 家屋の総 VOCs は  $193\mu\text{g}/\text{m}^3$  を示した。一方, C, H 家屋を除いた家屋の総 VOCs は  $16\sim 49\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

## 考 察

クロルピリホスは有機リン系の殺虫剤で, わが国ではクロルデンが1986年に使用禁止となって以来, シロアリ防除剤として広く使われているが, 防除後, 頭痛や吐き気, 目の痛みなどを訴える居住者が絶えないことから, 問題となっている室内空気汚染物質の一つである。このクロルピリホスについて, US-EPA は, 最近, リスクの再評価を行い, 以前よりもリスクを高く見積った結果を報告した<sup>10)</sup>。このような中, 厚生労働省は室内空気汚染に係るガイドラインとして, 2000年にはクロルピリホス他3種類の化学物質の室内濃度に関する指針値を追加した<sup>11)</sup>。この指針値は, 現状において入手可能な科学的知見に基づき, 人がその化学物質の示された濃度以下の曝露を一生涯受けたとしても, 健康への有害な影響を受けないであろうとの判断により設定された値であり, これらは, 今後集積される新たな知見や, それらに基づく国際的な評価作業の進捗に伴い, 将来必要があれば変更され得るものであるとされる。このガイドラインによれば, クロルピリホスの指針値は  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  となっている。ただし, クロルピリホスは新生児の脳に形態学的変化を起こす可能性があることから, 小児等弱者に対しては  $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $100\text{ng}/\text{m}^3$ ) が適用される。今回の我々の調査では, クロルピリホスは8家屋中3家屋 (B, C, F) から  $21\sim 26\text{ng}/\text{m}^3$  の範囲で検出された。測定方法等が異なるので指針値と厳密には比較できないが, 今回の室内濃度は小児等弱者に対する指針値を参考にしてもかなり下回っていた。ただ, これらの家屋はシロアリ防除後2~3年経過しているため, 防除初期にはかなりの濃度であった可能性はある。実際, 花井ら<sup>12)</sup>は防除初期の家屋の居間で室内濃度  $100\sim 120\text{ng}/\text{m}^3$  を観測している。なお, シロアリ防除後1ヵ月の家屋でクロルピリホスあるいはTCPが検出されていないのは, シロアリ防除剤にクロルピリホスが使用されていないためと考えられる。いずれにしても, 上記3家屋の居住者9人中7人にクロルピリホスの尿中代謝物であるTCPが検出されていることから, 現在も室内空气中に低濃度ではあるが存在しているクロルピリホスによる曝露のあることは明らかといえる。また, 症状の訴えもこれらの家屋の居住者に多くみられていることから, クロルピリホス曝露との関連も推察される。

一方, ペルメトリンは合成ピレスロイド系殺虫剤で, 家庭用くん煙剤 (衛生害虫・不快害虫駆除用) にも使われている。今回の調査で, ペルメトリンは8家屋中5家屋から  $3\sim 61\text{ng}/\text{m}^3$  の範囲で検出された。現在のところペルメトリンについては指針値が設定されていないため, この結果の評価は難しいが, 我々は別の調査<sup>13)</sup>において, くん煙処理後の室内空气中にペルメトリン濃度  $240000\text{ng}/\text{m}^3$  を観測し, 尿中からPBAを高濃度に検出してい

る。いずれにしても、上記5家屋の居住者の中にはペルメトリンの尿中代謝物であるPBAが検出されている人もいることから、少なくともペルメトリン曝露のあることは確かといえる。

今回、我々はクロルピリホスおよびペルメトリンについては、環境モニタリングに加えて、曝露モニタリングとして尿中代謝物を曝露指標とする生物学的モニタリングの手法を取り入れてみた。その結果、生物学的モニタリングによるアプローチは、居住者が実際にどの程度化学物質に曝露され、化学物質を吸収しているかを直接確認できるため、曝露の評価を総合的に行え、化学物質による室内空気汚染のモニタリングとして有用なことがわかった。今後、曝露と尿中代謝物との間の量的関係等を明らかにしていくことが必要と考ええる。

次にHCHOについてであるが、HCHOは建材や家庭用品等に含まれていて、長期間室内に放散されるため、健康上問題な室内空気汚染物質の一つである<sup>14)</sup>。このため、厚生労働省は室内空気汚染に係る指針値として $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を設定している<sup>15)</sup>。今回の調査で、HCHOは8家屋すべてから検出され、その中7家屋は $18\sim 35\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であったが、築後3ヵ月と一番新しくったH家屋では $103\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値を若干超えていた。これは、築後の日が浅いため建材等からのHCHO放散量が多い上、1日の窓開け時間が3時間と短いことによると思われる。この家屋の居住者には幸い現時点では自覚症状等健康上の問題はみられていないが、在宅時間が14時間と比較的長いこともあり、換気に十分留意することが重要といえる。

また、VOCsについては、今回測定対象とした13種類のVOCはほぼ全ての室内空気中から多かれ少なかれ検出され、その中主として建材等に由来するVOCではトルエン、キシレン、エチルベンゼンが検出頻度の高いVOCであった。この13種類のVOCの中で、厚生労働省の室内空気汚染に係る指針値<sup>11,15)</sup>が設定されているのはトルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼンであり、それぞれ $260, 870, 240, 3800\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっているが、今回指針値を超えた家屋はなかった。たとえば、築後3ヵ月と一番新しくったH家屋でも、トルエン $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン $34\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン $55\mu\text{g}/\text{m}^3$ と8家屋中最高値を示したものの、指針値は下回っていた。ただ、H家屋では他のVOCs濃度も全体に高く、前述のようにHCHO濃度も高かったことから、築後の日が浅い家屋では室内空気中化学物質の濃度が高くなり易いと考えられ、換気に留意することの重要性が示唆された。また、パラジクロロベンゼンはC家屋で $183\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値は下回っていたものの高値を示した。通常、パラジクロロベンゼンは衣服の防虫剤として使用されることが多いため、新築か否かにかかわらず家庭で使用していれば室内空気中濃度は極端に高くなると考えられる。実際、我々は別の調査<sup>16)</sup>で $1412\mu\text{g}/\text{m}^3$ （指針値の約6倍）という非常に高い室内空気中パラジクロロベンゼン濃度を観測している。また、衣服に吸着したパラジクロロベンゼンによっても曝露されるということを明らかにしている<sup>17)</sup>。したがって、パラジクロロ



ベンゼンについてはこのような特性を知っておく必要があると思われる。

以上、調査の結果、シロアリ防除後あるいは築後の日が浅い家屋、防虫剤・殺虫剤を頻用している家庭では室内空气中化学物質の濃度が高くなり易いことがわかった。したがって、換気に留意することなどが重要といえるが、最も重要なことは、シロアリ防除や殺虫剤使用についてはリスクとベネフィットを十分考慮し、新築・リフォーム等に際しては材料を十分検討するなどして、極力室内化学物質汚染を防ぐことである。

いずれにしても、今回の調査から、室内空气中化学物質のモニタリングとそれに基づく長期暴露のリスク評価が必要といえる。

## 要 約

化学物質による室内空気汚染が問題（シックハウス症候群等）となっていることから、シロアリ防除剤のクロルピリホス、衛生害虫・不快害虫駆除剤のペルメトリンを取り上げ、室内空気汚染はどのようなレベルなのか、居住者の曝露はどの程度なのか調査を実施した。併せてHCHO、VOCsについても室内空気汚染の現状を調査した。

クロルピリホスは8家屋中3家屋（防除後2～3年）の室内（居間）空気中から21～26 ng/m<sup>3</sup>の範囲で検出されたが、厚生労働省の指針値（1000ng/m<sup>3</sup>、小児等100ng/m<sup>3</sup>）以下であった。しかし、これらの家屋の居住者からは尿中代謝物のTCPが9人中7人に検出された。ペルメトリンは8家屋中5家屋から3～61ng/m<sup>3</sup>の範囲で検出され、これらの家屋の居住者からは尿中代謝物のPBAが12人中5人に検出された。今回、尿中代謝物を曝露指標とする生物学的モニタリングを試みたところ、このアプローチは居住者が実際にどの程度化学物質に曝露され、化学物質を吸収しているかを直接確認できるため、曝露の評価を総合的に行え、化学物質による室内空気汚染のモニタリングとして有用なことがわかった。

HCHOは8家屋すべてから検出され、18～103μg/m<sup>3</sup>の範囲であった。この中、一番新しかった家屋（築後3ヵ月）では指針値100μg/m<sup>3</sup>を超えていた。

VOCsとしてはトルエン、キシレン、エチルベンゼンの検出頻度が高かった。しかし、一番新しかった家屋でも、それぞれ95, 34, 55μg/m<sup>3</sup>と8家屋中最高値を示したものの、それぞれの指針値260, 870, 3800μg/m<sup>3</sup>は下回っていた。また、パラジクロロベンゼンはこれを含有する防虫剤を使用しているか否かで室内空气中濃度は大きく異なった。

以上、今回の調査から、シロアリ防除後あるいは築後の日が浅い家屋、防虫剤・殺虫剤を頻用している家庭では室内空气中化学物質の濃度が高くなり易いことがわかり、換気に留意することの重要性が示されるとともに、室内空气中化学物質のモニタリングとそれに基づく長期暴露のリスク評価の必要性が示唆された。

なお、本研究は2000年度文部省科学研究費補助金、基盤研究(C)(2)課題番号10680133により行った中の一部である。

## 文献

- 1) Godish T. SICK BUILDINGS Definition, Diagnosis and Mitigation. Florida: CRC Press Inc., (1996) (小林剛訳注. シックビルディング 診断と対策 東京: オーム社, 1-35 (1998)).
- 2) 池田耕一. シックハウス症候群. 生活と環境, 43: 24-33 (1998).
- 3) 宮田幹夫. 室内環境快適性とアレルギーおよび化学物質過敏症. 第3回室内環境研究会講演集, 20-25 (1997).
- 4) 松村年郎. 化学物質による室内空気汚染-VOCとホルムアルデヒドについて-. 大気環境学会誌, 31: A154-A164 (1996).
- 5) 厚生省生活衛生局企画課生活化学安全対策室. 居住環境中の揮発性有機化合物に関する全国実態調査の概要. 厚生, 55: 38-41 (2000).
- 6) 緒方正名. 生物学的モニタリング-理論と実際-. 東京: 篠原出版, 3-13 (1991).
- 7) 浅川富美雪, 實成文彦, 戴 紅, 他. 化学物質室内空気汚染のモニタリングに関する研究-気中クロルピリホス, ベルメトリン測定用パッシブサンプラーの調製とその試行-. 地域環境保健福祉研究, 4: 10-13 (2000).
- 8) 浅川富美雪, 實成文彦, 須那 滋, 他. 化学物質室内空気汚染のモニタリングに関する研究-気中クロルピリホス, ベルメトリンおよび尿中代謝物の測定法-. 地域環境保健福祉研究, 3: 22-25 (1999).
- 9) 松村年郎, 安藤正典, 名智幸江. ホルムアルデヒドパッシブサンプラーの開発. 第24回建築物環境衛生管理技術研究会, 38-39 (1997).
- 10) US Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division (7509C). Human Health Risk Assessment CHLORPYRIFOS Phase 4. (2000).
- 11) 厚生省生活衛生局企画課生活安全対策室. シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書-第4回~第5回のまとめについて-. (2000).
- 12) 花井義道, 陳 永紅, 中西準子. 建材による室内空気汚染. 横浜国大環境紀要, 22: 1-10 (1996).
- 13) 浅川富美雪, 崔 眞玉, 須那 滋, 他. 家庭でのくん煙剤使用に伴うベルメトリン室内空気汚染・暴露-尿中代謝物 3-phenoxy benzoic acid の測定-. 第1回室内環境研究会講演集, 45 (1995).
- 14) WHO Regional Office for Europe: Air Quality Guidelines for Europe; Formaldehyde. WHO Regional Publications, *European Series*, 23: 91-104 (1997).
- 15) 厚生省生活衛生局企画課生活安全対策室. シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書-第1回~第3回のまとめについて-. (2000).
- 16) 戴 紅, 浅川富美雪, 須那 滋, 他. 大学生の生活環境中 VOCs 濃度と個人暴露について. 四国公衛誌, 45: 75-78 (2000).
- 17) 浅川富美雪, 須那 滋, 實成文彦, 他. 室内空気中 VOCs 濃度と個人暴露-パラジクロロベンゼン暴露を例として-. 室内環境学会誌, 3(2): 92-95 (2000).

## Monitoring of Indoor Air Contamination by Chemicals : Chlorpyrifos, Permethrin, HCHO, VOCs

Fumiyuki ASAKAWA, Fumihiko JITSUNARI\*, DAI Ko\*, Takako KITAMADO\*

*College of Liberal Arts and Science for International Studies,*

*Kurashiki University of Science and the Arts,*

*2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

*\*School of Medicine, Kagawa Medical University,*

*1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kagawa 761-0793, Japan*

(Received September 28, 2001)

Hazardous health effects such as “sick house syndrome” due to elevated indoor chemicals in residential buildings are increasing in Japan. We determined the concentrations of chlorpyrifos (organophosphorus termiticide) / permethrin (pyrethroid pesticide) in indoor air and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol (TCP, metabolite of chlorpyrifos) / 3-phenoxy benzoic acid (PBA, metabolite of permethrin) in the residents’ urine as exposure indices. Moreover, the concentrations of formaldehyde (HCHO) and 13 kinds of volatile organic compounds (VOCs) in indoor air were determined.

The chlorpyrifos levels were 21–26 ng/m<sup>3</sup> in 3 of 8 houses and the levels were below indoor air quality guidelines (1000 ng/m<sup>3</sup> or 100 ng/m<sup>3</sup> for an infant) in Japan. However, urinary TCP was detected in 7 of 9 residents in 3 houses. The permethrin levels were 3–61 ng/m<sup>3</sup> in 5 of 8 houses and urinary PBA was detected in 5 of 12 residents in 5 houses. However, guidelines for permethrin have not been established in Japan.

The HCHO levels were 10–103 µg/m<sup>3</sup> in 8 of 8 houses and the level in a newly-built house was higher than the guidelines (100 µg/m<sup>3</sup>) in Japan.

Thirteen kinds of VOCs were detected in indoor air of all houses and the levels of toluene, xylene, ethylbenzene in indoor air of a newly-built house were the highest (95, 34, 55 µg/m<sup>3</sup>, respectively). However, these levels were lower than the guidelines (260, 870, 3800 µg/m<sup>3</sup>, respectively) in Japan.

The present findings suggest that it is necessary to monitor chemicals such as termiticides, pesticides, formaldehyde, VOCs (toluene, xylene, *p*-dichlorobenzene, etc.) contaminating indoor air and to assess the risk of prolonged exposure to these chemicals.