

相関図を作成したところ直線関係が得られ、相関性および信頼性も得られたが、エタノールを除いた場合のTVOCでは、 $Y=aX$ の傾きが全化学物質では0.883から0.804と、42物質のTVOCでは0.89から0.813と小さくなることがみられる回帰直線が得られた。

このことから、特にエタノールを加えた TVOC は、極端に高い値となり、またばらつきも大きくなることがみられたことから、ORBO91L 単独捕集においてエタノールの分離が不十分であることと捕集効率が低いこと測定値にばらつきが大きいことに起因すると推定された。我が国では、高温多湿によるカビや細菌に対する国民の関心は高く、必要以上に滅菌、殺菌、除菌等の習慣が定着し、その一つとして室内でのエタノールの使用量が高いと考えられ、その結果として特定の居住環境において極端に高濃度になるものとする。したが

って、本来の TVOC 測定においては、我が国ではエタノールを除くことが妥当であると考えられる。また、テルペン類は、ORBO91L 単独捕集において連結捕集に比べて 1/5～1/10 程度と吸着効率が低いことが明らかとなった。このことから、ORBO91L 単独捕集においてはテルペン類の捕集効率を向上させる吸着剤を利用することが必要であることが認められ、そのためには ORBO91L+ORBO101 連結捕集が有効であることが認められた。

(2) 溶媒抽出法と加熱脱離法による TVOC の比較では、TVOC における溶媒抽出法と加熱脱離法との相関関係を対数値を用いて相関図を作成したところ直線関係が得られ、しかも、それらの単回帰直線、回帰式、相関性および信頼性は、エタノールを除いた場合の TVOC では、 $Y=X$ に近い回帰直線が得られた。

## II. 全国居住環境における室内空气中化学物質の

### 実態に関する研究

#### i) 居間と子供部屋における室内空气中化学物質に関する研究

国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 安藤 正典  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)

#### ii) 室内における浮遊粒子状物質およびハウスダスト中の

##### 重金属に関する実態調査

国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 安藤 正典  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)

#### iii) 居住環境におけるカルボニル化合物の実態と特性

国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 安藤 正典  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)  
国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 内山 茂久

## i) 居間と子供部屋における室内空气中化学物質に関する研究

分担研究者 安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)

協力研究者 青柳 象平 千葉大学 工学部  
嵐谷 奎一 産業医科大学 産業保健部  
佐々木 陽 岩手県環境保健研究センター 衛生科学部  
小林 浩 山梨県衛生公害研究所 生活化学部  
小林 博美 滋賀県立衛生環境センター 環境衛生担当  
八木 正博 神戸市環境保健研究所 環境化学部  
皆川 直人 グリーンブルー株式会社  
長宗 寧 グリーンブルー株式会社  
牧原 大 グリーンブルー株式会社

**研究要旨** 平成 14 年度に引き続き、平成 15 年度も地方衛生研究所及び医科大学等の協力を得て室内空气中の化学物質の実態調査を行った。なお、平成 15 年度の調査は全国の 50 箇所の住宅において室内外中の揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : VOCs) の測定を行うとともに、健康影響が懸念させる 13 化学物質を新たに追加し、さらに「子供部屋」の室内濃度を測定し「居間」の濃度の比較を行った。VOCs の試料採取は、5 ml/min の流量で 24 時間、室内 2 箇所の空気を吸引し、分析は加熱脱着-ガスクロマトグラフ-質量分析法で行った。対象化学物質は ISO11 分類を基本に我が国固有の有機溶剤等を加え 135 化学物質とした。

「子供部屋」と「居間」から 109 化学物質の VOCs が検出された。また、「子供部屋」ではエタノール類が 48%、ハロゲン化炭化水素が 25%、脂肪族炭化水素が 10%、芳香族炭化水素が 8% で対象 135 化学物質の 91% を占めた。「居間」ではエタノール類が 48%、テルペン類が 21%、脂肪族炭化水素が 9% であり、対象化学物質の 78% を占めた。追加 13 化学物質は 8 化学物質が検出され、濃度は全体でも  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  程度であった。

TVOC 濃度はエタノール類を除外すると平均濃度は  $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値及び幾何平均値はいずれも約  $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。しかし、エタノール類を加えた平均濃度は  $1040 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値及び幾何平均値は 1062、 $846 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と 2 倍強に達した。

### A. 目的

平成 14 年度<sup>1-8)</sup>に引き続き居住環境における様々な揮発性有機化合物 (VOCs : Volatile Organic Compounds) の測定を行うとともに、WHO が空気質ガイドラインで設定した健康影響が懸念される物質を追加して VOCs 個別濃度と総揮発性有機化合物の実態調査を行った。なお、同調査に合わせて抵抗力の弱い児童が居住する子供部屋の VOCs 測定を行い、居間との違いについて検討を行うこととした。一方で、居住環境内における VOCs 濃度の測定方法、対象

物質及び評価方法等に不明な点が多いため、測定手法についても検討を行う。

### B. 研究方法

#### 1. 研究体制

本研究は我が国の居住環境における VOCs の実態を把握する観点から全国の 50 箇所の住宅において、地方衛生研究所及び医科大学等の協力を得て実施した。

## 2. 採取方法

### (1)測定期間

自 平成 14 年 10 月  
至 平成 15 年 2 月

### (2)対象住宅

全国 50 住宅（新築 25、居住 25）

なお、居間と子供部屋の比率は概ね 1/2 を配慮し、新築住宅は竣工もしくは引渡し後 3 ヶ月までの住宅と定義した。

### (3)対象揮発性有機化合物

対象化学物質は ISO13 分類を基にしたが、測定手法の異なるアルデヒド類や標準物質を混合することで各物質間の安定性に影響を及ぼす酸類を除いた 11 分類とした。さらに、国内外文献から室内中で高濃度が検出された VOCs、更に我が国固有の数化学物質、また平成 14 年度に実施せずそれ以降健康影響が懸念される 13 化学物質を追加し、合計 15 分類、135 化学物質とした。

### (4)採取条件

試料採取は加熱脱着用の充填剤(4bed)を詰めた捕集管を使用し、室内空気を 5 ml/min で約 24 時間捕集した。なお、採取後の捕集管は活性炭を入れた容器中に保管し、分析に供するまで冷暗所で保管した。

### (5)試料採取場所

試料採取は家族が長時間滞在すると思われる「居間」と「子供部屋」とし、部屋の中央、高さ 1.2~1.5m の位置に捕集管を設置し室内空気を採取した。

屋外は室内からの影響を考え外壁から 1m 以上離し、かつ降雨、直射日光を遮蔽する等を考慮した。

## 3. 分析方法

### (1)標準物質

和光純薬製のメタノール混合標準物質を使用した。

### (2)分析条件

試料採取後の捕集管は、内部標準物質（和光純薬製：トルエン d8、クロロベンゼン d5）を添加した後、加熱脱着法にてガスクロマトグラフ質量分析（以下、GC/MS）計で分析した。分析装置は QP5050A（島津製作所製）、導入装置は ATD400（パーキンエルマー製）、カラムは CP-SIL 5CB（クロムパック製；

0.32mm i.d.×60m、膜厚 1.0 μm）を使用した。

昇温条件は、40℃で 10 分保持後、140℃まで 3℃/min で昇温、以後、5℃/min で 200℃まで昇温して、36 分保持した。200℃~300℃までは 10℃/min で昇温して、300℃で 5 分保持した。キャリアーガスはヘリウムを用い、1ml/min、スプリット比 1:20 の条件にて SCAN モードで定量した。

## C. 研究結果及び考察

### 1. 検出化学物質数

表 1 及び 2 は 50 住宅で実施した「子供部屋」と「居間」における VOCs の平均値、中央値、最小値、最大値の濃度一覧であり、対象 135 化学物質のうち、「居間」で 109 化学物質、「子供部屋」で 108 化学物質といずれも全体の 85%に相当する VOCs が検出された。

### 2. 化学物質濃度

13 分類の平均濃度は表 3、4 及び図 1、2 に示した。

「子供部屋」では脂肪族炭化水素が 22 化学物質検出され、以下芳香族炭化水素(18)、アルコール類(11)、ハロゲン化炭化水素(10)、エステル類(8)、環状炭化水素、テルペン類及び追加 13 化学物質(7)であり、13 分類中 12 分類が検出された。なお、フタル酸エステル類は検出されなかった。しかし、分類別化学物質濃度比率は検出化学物質数とは異なり、ハロゲン化炭化水素が 25%、脂肪族炭化水素が 10%、芳香族炭化水素が 8%であり、48%もエタノール類であり、これら 4 分類で全体の 91%を占めた。

次に、「居間」では脂肪族炭化水素が 23 化学物質検出され、以下芳香族炭化水素(18)、アルコール類(11)、ハロゲン化炭化水素(10)、追加 13 化学物質(8)、環状炭化水素、テルペン類及びエステル類(7)と続き、多少「子供部屋」と異にしたものの、13 分類中 12 分類が検出された。なお、フタル酸エステル類は「子供部屋」同様に検出されなかった。また、分類別化学物質濃度比率は「子供部屋」同様に検出化学物質数とは異なり、エタノール類が 48%、テルペン類が 21%、脂肪族炭化水素が 9%であり、これら 3 分類で 78%占めており、「子供部屋」、「居間」のいずれもエタノール類比率の高いことが判明した。

### 3. 追加 13 化学物質濃度

本年は平成 14 年度以降、健康影響が懸念された 13 化学物質を追加して各化学物質濃度の実態を検討した。

13 化学物質のなかで「子供部屋」と「居間」の双方で 8 化学物質が検出され、

「子供部屋」のみで 1,1,2,2-テトラクロロエタンが検出され、濃度は  $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。また、「居間」のみでは 1,2,4-トリクロロベンゼンとヘキサクロロペンタジエンの 2 化学物質が検出され、濃度は各々  $0.38$ 、 $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と極僅かであった。

いずれも追加 13 化学物質の TVOC に占める割合は 1 % 以下であった。

### 4. TVOC 濃度

全国の TVOC 濃度は、全対象 131 化学物質及びエタノールを除外した合計値を以下に整理した。

#### (1)対象 131 化学物質区分

平均濃度は  $1,040 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、中央値及び幾何平均濃度は各々  $1,062$ 、 $846 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。なお、最大値は  $2,963 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

#### (2)エタノール除外区分

平均濃度は  $572 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、中央値及び幾何平均濃度は各々  $349$ 、 $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。なお、最大値は  $2,555 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

以上のように、有機溶剤として使用されているエタノールを TVOC の評価に加えるか否かによって TVOC 平均濃度に 2 倍程度の差が見られることは充分検討に値する。

なお、ISO 分類とエタノールを除外した区分を比較すると、平均値は  $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。また、中央値及び幾何平均値はともに近似し  $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$  程度であり、TVOC 「暫定目標値」の  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を 20% 程度下回った結果が得られた。

次に、「子供部屋」と「居間」の TVOC 濃度は、平均値で比較すると各々  $429$ 、 $538 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。「居間」の TVOC 濃度が「子供部屋」に比べて 20% 程度高い結果を示した。なお、幾何平均濃度は全国平均 TVOC 濃度と比較しても「子供部屋」、「居間」のいずれも「暫定目標値」を下回っていた。

一方、TVOC 濃度は  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下であったものの、対象住宅の最大値は  $2,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

以上とエタノール等の有機溶剤を TVOC から除外しても「暫定目標値」の 6 倍程度に達する家屋が存在し然るべき対策が必要であることがみられた。

### D. 結 論

地方衛生研究所及び医科大学等の協力で全国 50 住宅の室内 VOCs 濃度測定を行った。

(1)50 住宅の室内で検出された VOCs は 109 化学物質であり、「子供部屋」と「居間」からほぼ同数の 109 化学物質の VOCs が検出された。対象 135 化学物質の 85% に相当する。

(2)「子供部屋」では脂肪族炭化水素の 22 化学物質を始め、芳香族炭化水素、アルコール類、ハロゲン化炭化水素等が検出された。また、対象 135 化学物質を 15 分類して分類別の依存性を比較するとエタノール類を含めこれら 4 分類で対象 135 化学物質の 91% に相当した。

(3)「居間」では脂肪族炭化水素の 23 化学物質を始め、芳香族炭化水素、アルコール類、ハロゲン化炭化水素等が検出された。しかし、「子供部屋」と異なり、エタノール類、テルペン類と脂肪族炭化水素の 3 分類のうちエタノール類が 48% を占め、3 分類では、対象 135 化学物質の 78% に達した。つまり、我が国固有のエタノールに代表される有機溶剤が 48% を占めたことは、TVOC 濃度等の室内汚染を考える上での課題となろう。

(4)追加 13 化学物質の挙動は「子供部屋」と「居間」で双方とも 8 化学物質が検出された。なお、「子供部屋」のみでは 1,1,2,2-テトラクロロエタンが検出され、濃度は  $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、TVOC 濃度全体の 1 % 以下であった。また、「居間」のみでは 1,2,4-トリクロロベンゼンとヘキサクロロペンタジエンの 2 化学物質が検出され、濃度は各々  $0.38$ 、 $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

(5)TVOC 濃度は平均  $1040 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、中央値及び幾何平均値は各々  $1062$ 、 $846 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。そこからエタノールを除外すると、TVOC 濃度の平均は  $572 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となり、平均値及び幾何平均値も各々  $349$ 、 $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で ISO 分類とほぼ近似した結果となった。これらの結果から、TVOC の幾何平均値は「暫定目標値」の  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を 20% 程度下回った結果となった。

## E. 参考文献

- 1) 長宗、皆川、牧原、安藤、室内外の揮発性有機化合物の実態調査(2)、第 44 回大気環境学会年会、660、2003
- 2) 長宗、皆川、牧原、安藤、総揮発性有機化合物の実態調査(2)、第 44 回大気環境学会年会、661、2003
- 3) 牧原、長宗、皆川、安藤、室内空气中揮発性有機化合物の測定方法の開発に関する研究、第 44 回大気環境学会年会、662、2003
- 4) 牧原、長宗、皆川、安藤、室内空气中化学物質の測定方法としての加熱脱離法と溶媒抽出法の比較、第 44 回大気環境学会年会、663、2003
- 5) 高、長宗、牧原、皆川、安藤、室内空气中総揮発性有機化合物の測定方法とその実態に関する研究、第 62 回日本公衆衛生学会、921(P17-028)、2003
- 6) 松島、高、安藤、全国の室内・外空气中化学物質の存在状況に関する研究、第 62 回日本公衆衛生学会、921(P17-029)、2003
- 7) 長宗、牧原、皆川、高、安藤、室内空气中揮発性有機化合物の加熱脱離及び溶媒抽出法による測定方法に関する研究、第 62 回日本公衆衛生学会、922(P17-030)、2003
- 8) 牧原、長宗、皆川、高、安藤、室内空气中の TVOC の測定対象物質に関する研究、第 62 回日本公衆衛生学会、922(P17-031)、2003

表1 子供部屋における122継続化学物質+WHOガイドライン13化学物質の  
 平均値、中央値、最小値、最大値、10%、90%タイル

	n	平均値	中央値	最小値	最大値	10%	90%
<b>1. Aromatic Hydrocarbons</b>							
Benzene	51	1.99	1.63	0.42	7.01	0.985	2.979
Toluene	51	19.45	13.57	0.05	102.79	3.904	37.259
Ethylbenzene	51	6.43	3.79	0.09	55.44	0.708	11.577
m,p-Xylene	50	9.25	5.39	0.32	57.21	1.276	15.308
o-Xylene	50	4.00	2.15	0.15	22.53	0.540	7.922
Isopropylbenzene	47	0.51	0.29	0.14	3.31	0.207	0.934
n-Propylbenzene	50	0.98	0.45	0.12	11.48	0.222	1.715
1,2,4-Trimethylbenzene	50	6.79	2.37	0.19	108.83	0.811	14.887
1,3,5-Trimethylbenzene	50	1.83	0.71	0.13	25.46	0.297	4.058
1,2,3-Trimethylbenzene	40	2.44	0.80	0.19	35.34	0.477	4.897
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	46	0.81	0.34	0.20	10.39	0.233	1.650
1-Methyl-3-propylbenzene	39	1.50	0.50	0.25	24.32	0.312	2.846
n-Butylbenzene	37	1.35	0.37	0.18	16.43	0.223	1.760
1,3-Diisopropylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
1,4-Diisopropylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Ethynylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
p-Methylstyrene	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
α-Methylstyrene	32	0.58	0.42	0.31	2.55	0.327	0.906
2-Ethyltoluene	50	1.82	0.75	0.25	24.57	0.431	4.685
Styrene	50	6.83	1.39	0.07	75.35	0.369	15.176
Naphthalene	50	6.93	1.15	0.34	89.78	0.555	7.927
4-Phenylcyclohexene	5	0.20	0.19	0.11	0.31	0.132	0.276
Total: μg/m <sup>3</sup>	51	71.18	48.77	0.81	391.44	10.886	136.466
<b>2. Aliphatic Hydrocarbons</b>							
n-Hexane	50	1.91	1.61	0.47	10.81	0.782	3.083
2-Methylpentane	44	1.71	1.20	0.11	10.36	0.644	2.748
3-Methylpentane	50	0.96	0.74	0.03	2.95	0.341	1.833
n-Heptane	50	3.84	1.51	0.22	70.80	0.457	6.517
n-Octane	47	3.10	1.39	0.24	36.93	0.479	6.048
n-Nonane	50	10.94	1.98	0.25	212.32	0.591	25.440
2-Methyloctane	42	3.24	1.31	0.86	33.67	0.998	6.272
3-Methyloctane	41	2.08	0.68	0.30	20.82	0.407	5.306
2-Methylnonane	47	3.71	0.68	0.25	55.41	0.365	5.753
3,5-Dimethyloctane	33	1.33	0.25	0.14	13.25	0.170	1.668
n-Decane	49	24.94	2.41	0.51	437.88	1.003	39.478
n-Undecane	50	27.64	2.48	0.09	503.80	0.720	55.383
n-Dodecane	49	14.64	2.46	0.60	312.56	1.261	17.991
n-Tridecane	48	9.97	2.00	0.56	223.87	1.122	11.776
n-Tetradecane	49	28.56	8.82	0.44	433.20	1.931	28.120
n-Pentadecane	41	9.53	3.73	0.31	165.18	0.681	18.813
n-Hexadecane	28	3.36	1.08	0.06	51.56	0.088	4.033
2-Methylhexane	48	0.85	0.63	0.07	7.72	0.229	1.232
3-Methylhexane	50	1.11	0.78	0.14	10.40	0.314	1.675
1-Octene	1	0.37	0.37	0.37	0.37	0.366	0.366
1-Decene	5	1.66	1.73	0.92	2.79	0.999	2.370
2,4-Dimethylpentane	34	0.14	0.11	0.04	0.71	0.068	0.234
2,2,4-Trimethylpentane	37	0.37	0.31	0.14	1.01	0.181	0.711
Total: μg/m <sup>3</sup>	51	144.12	35.85	0.00	2598.14	16.530	211.444
<b>3. Cycloalkanes</b>							
Methylcyclopentane	47	0.47	0.35	0.05	3.41	0.173	0.634
Cyclohexane	49	1.80	1.06	0.17	9.09	0.424	3.947
1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	33	1.07	0.53	0.15	4.52	0.264	3.195
1,4-Dimethylcyclohexane (C&TX2)	33	1.98	1.19	0.24	12.03	0.456	3.923
1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	42	2.39	0.94	0.00	16.54	0.015	6.576
cis-1-Methyl-4-isopropyl-cyclohexane	6	1.72	0.77	0.22	6.42	0.258	4.130
trans-1-Methyl-4-isopropyl-cyclohexane	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Methylcyclohexane	50	2.09	1.14	0.35	17.29	0.539	4.229
Total: μg/m <sup>3</sup>	51	6.39	4.02	0.00	49.98	1.238	14.506
<b>4. Terpenes</b>							
3-Carene	32	27.34	12.58	0.96	102.01	1.136	83.502
α-Pinene	49	115.48	7.83	0.42	1864.78	0.725	215.127
(+/-)-Camphene	37	25.57	2.26	0.10	262.73	0.267	97.145
β-Pinene	37	5.67	1.70	0.27	40.63	0.406	10.891
Longifolene	12	2.26	1.16	0.67	8.36	0.813	5.794
α-Cedrene	11	5.22	1.05	0.14	42.51	0.288	5.954
Limonene	49	20.12	9.06	0.42	133.39	1.868	52.509
Total: μg/m <sup>3</sup>	51	171.76	23.12	0.00	2225.61	2.427	458.482
<b>5. Alcohols</b>							
1-Propanol	11	1.81	0.93	0.55	7.48	0.568	3.478
2-Propanol	47	11.11	2.98	0.28	235.22	0.569	18.899
2-Methyl-2-propanol	11	0.35	0.30	0.08	0.96	0.132	0.660
2-Methyl-1-propanol	11	2.04	0.85	0.31	9.92	0.408	4.872
1-Butanol	32	3.27	1.90	0.84	26.59	1.073	5.005
1-Pentanol	6	9.16	6.72	6.28	20.75	6.305	14.472
1-Hexanol	1	7.52	7.52	7.52	7.52	7.518	7.518
Cyclohexanol	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
1-Octanol	4	17.76	12.27	7.49	39.01	8.534	31.378
2-Ethyl-1-hexanol	13	27.90	10.19	8.12	197.84	9.020	34.324
Phenol	45	2.63	2.57	2.29	3.59	2.342	3.020
Texanol	4	28.47	20.28	15.86	57.46	16.470	47.022
2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	3	2.86	2.83	2.53	3.21	2.588	3.134
Total: μg/m <sup>3</sup>	51	27.65	11.58	0.00	235.22	2.868	65.542

	n	平均值	中央値	最小値	最大値	10%	90%
<b>6. Glycols/Glycoethers</b>							
Propylene glycol	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Dimethoxymethane	16	0.46	0.25	0.08	2.12	0.113	0.981
Dimethoxyethane	2	0.84	0.84	0.33	1.36	0.433	1.253
2-Methoxyethanol	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
2-Ethoxyethanol	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
2-Butoxyethanol	6	11.77	10.30	10.04	18.48	10.050	14.960
1-Methoxy-2-propanol	28	1.71	1.20	0.23	8.90	0.284	3.585
2-Butoxyethoxyethanol	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	2.50	0.43	0.00	21.45	0.000	10.042
<b>8. Ketones</b>							
Acetone	50	14.85	11.09	0.90	101.37	2.967	26.422
3-Methyl-2-butanone	2	0.20	0.20	0.19	0.22	0.192	0.215
Methylethylketone	38	2.20	0.80	0.15	35.21	0.287	2.902
Methylisobutylketone	48	4.59	1.58	0.15	39.40	0.533	9.601
Acetophenone	14	0.84	0.63	0.31	2.43	0.445	1.503
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	20.75	13.38	1.05	126.96	4.326	37.021
<b>9. Halocarbons</b>							
Dichloromethane	49	4.31	1.09	0.23	136.63	0.487	3.737
Carbon tetrachloride	48	0.39	0.35	0.17	0.72	0.285	0.604
1,2-Dichloroethane	17	0.23	0.16	0.11	0.68	0.127	0.379
Trichloroethene	37	0.54	0.30	0.19	4.23	0.209	0.625
Tetrachloroethene	38	0.47	0.17	0.07	5.62	0.097	0.946
1,1,1-Trichloroethane	37	0.34	0.18	0.06	3.63	0.112	0.341
1,4-Dichlorobenzene	51	103.93	3.01	0.37	1045.69	0.905	350.239
1,2-Dichloropropane	5	0.10	0.07	0.04	0.21	0.042	0.180
Chlorodibromomethane	8	0.35	0.35	0.27	0.44	0.294	0.405
Chloroform	39	0.37	0.26	0.05	1.29	0.126	0.636
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	109.85	7.19	1.10	1049.75	2.246	354.389
<b>11. Esters</b>							
Vinylacetate	1	0.83	0.83	0.83	0.83	0.828	0.828
Butylformate	3	0.16	0.14	0.04	0.29	0.064	0.261
Isobutylacetate	14	1.36	1.07	0.39	3.16	0.528	2.315
Ethylacetate	38	4.52	2.27	0.52	25.52	0.700	12.123
Propylacetate	9	0.37	0.30	0.17	0.69	0.184	0.644
Butylacetate	42	4.21	2.08	0.58	41.84	0.949	8.856
Isopropylacetate	2	0.40	0.40	0.36	0.44	0.369	0.429
2-Methoxyethylacetate	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
2-Ethoxyethylacetate	9	0.45	0.34	0.01	1.72	0.097	0.788
2-Ethylhexylacetate	1	0.61	0.61	0.61	0.61	0.615	0.615
Linaloolacetate	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Methacrylic acid methyl ester	2	0.84	0.84	0.49	1.19	0.564	1.120
TXIB	34	11.03	1.77	0.14	103.41	0.478	27.637
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	14.79	4.67	0.00	162.25	1.192	29.513
<b>12. Phthalates</b>							
Dimethyl phthalate	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Dibutyl phthalate	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
<b>13. Other</b>							
Methyl-t-butylether	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002
1,4-Dioxane	9	0.37	0.31	0.17	0.81	0.220	0.571
Caprolactam	2	5.22	5.22	4.61	5.83	4.732	5.704
Indene	8	0.39	0.40	0.35	0.43	0.354	0.416
2-Pentylfuran	28	0.73	0.54	0.15	2.43	0.209	1.873
THF	11	0.26	0.17	0.01	0.99	0.024	0.597
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	0.79	0.35	0.00	6.45	0.000	1.931
<b>14. Other(ISO以外)</b>							
Menthol	1	11.45	11.45	11.45	11.45	11.447	11.447
Camphor	39	4.00	1.03	0.37	35.58	0.501	11.582
Ethanol	51	426.59	275.17	9.79	4876.63	44.516	925.790
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	2	24.04	24.04	18.92	29.15	19.947	28.132
Methyl acetate	37	5.42	1.03	0.18	70.87	0.263	12.212
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	434.74	277.42	13.91	4896.28	44.516	934.774
<b>15. Other(追加項目)</b>							
1,1,1,2-Tetrafluoroethane(134a)	15	6.68	0.20	0.00	93.69	0.084	2.430
Chloromethane	26	0.75	0.27	0.05	6.42	0.145	1.313
Vinylchloride	1	1.81	1.81	1.81	1.81	1.812	1.812
Bromomethane	1	0.72	0.72	0.72	0.72	0.719	0.719
Acrylonitrile	16	0.19	0.16	0.05	0.51	0.117	0.310
Carbon disulfide	18	0.77	0.50	0.00	2.46	0.060	1.817
Chlorobenzene	9	0.25	0.16	0.02	0.59	0.060	0.510
Cresol	6	11.40	11.11	11.00	12.25	11.005	12.104
Isophorone	16	0.46	0.46	0.02	1.26	0.072	0.886
1,2,4-Trichlorobenzene	4	0.44	0.46	0.32	0.53	0.344	0.521
1,3,5-Trichlorobenzene	3	0.07	0.08	0.05	0.08	0.059	0.081
1,1,2,2-Tetrachloroethane	3	0.07	0.07	0.07	0.08	0.068	0.080
Hexachlorocyclopentadiene	0	#DIV/0!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	4.30	0.77	0.00	100.61	0.000	11.547
ISO Compounds Total : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	569.79	306.18	4.82	4287.72	64.124	1163.503
All Compounds Total : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	1008.83	644.65	82.07	9185.94	137.517	1642.173
All Compounds-EtOH Total	51	582.25	315.04	5.04	4309.30	65.549	1174.573



表2 居間における122継続化学物質+WHOガイドライン13化学物質の  
 平均値、中央値、最小値、最大値、10%、90%タイル

	n	平均値	中央値	幾何平均値	最小値	最大値	10%	90%
<b>1. Aromatic Hydrocarbons</b>								
Benzene	53	3.22	2.30	2.303	0.88	40.82	1.080	4.455
Toluene	53	21.86	14.41	15.110	0.40	104.44	5.369	43.471
Ethylbenzene	53	7.02	4.67	3.954	0.07	40.86	1.315	14.857
m,p-Xylene	53	10.11	6.18	6.176	0.20	56.93	1.784	19.553
o-Xylene	53	4.36	2.59	2.628	0.11	22.58	0.824	9.059
Isopropylbenzene	51	0.56	0.37	0.420	0.15	3.83	0.219	1.179
n-Propylbenzene	51	1.11	0.59	0.707	0.14	9.25	0.249	2.667
1,2,4-Trimethylbenzene	53	6.72	3.10	3.459	0.13	62.73	0.893	16.399
1,3,5-Trimethylbenzene	51	1.95	0.92	1.157	0.17	16.08	0.316	4.974
1,2,3-Trimethylbenzene	43	2.52	1.21	1.397	0.18	18.49	0.419	5.585
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	45	0.78	0.45	0.585	0.21	3.52	0.276	1.731
1-Methyl-3-propylbenzene	42	1.20	0.62	0.747	0.27	9.73	0.315	2.655
n-Butylbenzene	38	0.98	0.53	0.600	0.18	6.34	0.220	2.036
1,3-Diisopropylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
1,4-Diisopropylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Ethynylbenzene	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
p-Methylstyrene	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
α-Methylstyrene	42	0.52	0.43	0.481	0.32	1.74	0.353	0.732
2-Ethyltoluene	51	2.00	1.05	1.235	0.29	18.96	0.466	4.454
Styrene	53	7.99	1.49	2.027	0.02	99.89	0.460	25.114
Naphthalene	52	10.10	1.13	1.682	0.34	281.13	0.635	6.809
4-Phenylcyclohexene	5	0.28	0.27	0.269	0.16	0.37	0.197	0.364
Total: μg/m3	53	81.40	55.61	55.052	2.72	317.77	18.478	154.978
<b>2. Aliphatic Hydrocarbons</b>								
n-Hexane	53	3.43	1.89	2.035	0.38	52.31	0.904	4.164
2-Methylpentane	49	1.83	1.35	1.487	0.32	5.76	0.754	4.104
3-Methylpentane	53	1.22	0.97	0.924	0.09	4.29	0.389	2.515
n-Heptane	52	4.90	1.85	2.111	0.22	89.06	0.644	8.283
n-Octane	49	3.81	1.66	1.936	0.34	42.83	0.543	8.802
n-Nonane	51	11.76	3.50	4.048	0.49	135.58	0.732	32.166
2-Methyloctane	48	3.10	1.79	2.165	0.85	22.83	0.952	6.690
3-Methyloctane	47	2.35	0.99	1.297	0.30	21.84	0.400	5.696
2-Methylnonane	49	3.84	1.04	1.297	0.26	75.31	0.377	7.133
3,5-Dimethyloctane	32	1.62	0.48	0.613	0.13	20.01	0.164	2.637
n-Decane	52	19.98	4.55	5.466	0.51	430.37	1.225	38.001
n-Undecane	51	24.65	6.01	5.441	0.09	315.16	0.752	53.114
n-Dodecane	50	10.06	4.71	5.008	0.95	72.33	1.379	21.656
n-Tridecane	50	6.66	3.48	3.744	0.70	48.20	1.055	14.563
n-Tetradecane	51	21.85	14.16	11.452	0.31	247.60	3.197	38.164
n-Pentadecane	47	7.55	4.35	4.337	0.21	45.83	1.046	17.490
n-Hexadecane	35	1.90	1.22	1.093	0.10	8.40	0.183	5.051
2-Methylhexane	51	1.08	0.73	0.783	0.06	8.77	0.329	1.783
3-Methylhexane	53	1.34	0.93	0.962	0.11	11.28	0.424	2.496
1-Octene	1	0.24	0.24	0.239	0.24	0.24	0.239	0.239
1-Decene	9	2.07	1.33	1.410	0.45	8.26	0.588	3.705
2,4-Dimethylpentane	41	0.18	0.15	0.154	0.07	0.65	0.086	0.312
2,2,4-Trimethylpentane	41	0.43	0.34	0.380	0.17	1.12	0.220	0.755
Total: μg/m3	53	126.68	69.74	58.788	0.59	1181.97	17.214	283.276
<b>3. Cycloalkanes</b>								
Methylcyclopentane	49	0.68	0.51	0.520	0.07	2.91	0.212	1.291
Cyclohexane	53	3.06	1.36	1.424	0.13	27.82	0.249	7.890
1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	31	1.48	0.77	0.941	0.13	5.70	0.283	3.460
1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)(2)	36	2.49	1.65	1.628	0.29	13.75	0.503	5.734
1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	42	3.23	1.99	#NUM!	0.00	19.44	0.148	8.661
cis-1-Methyl-4-isopropyl-cyclohexane	7	1.37	0.75	1.065	0.48	3.84	0.575	2.649
trans-1-Methyl-4-isopropyl-cyclohexane	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Methylcyclohexane	52	2.75	1.37	1.734	0.36	19.63	0.666	6.245
Total: μg/m3	53	9.13	5.87	5.395	0.24	49.58	1.246	20.348
<b>4. Terpenes</b>								
3-Carene	37	24.97	13.29	10.301	0.83	96.09	1.291	73.427
alpha-Pinene	51	121.24	11.20	11.383	0.37	2029.06	0.888	273.314
(+/-)-Camphene	39	27.61	4.74	4.387	0.04	284.95	0.496	75.809
beta-Pinene	39	5.41	2.46	2.373	0.29	39.85	0.496	11.427
Longifolene	16	1.88	1.27	1.378	0.46	3.49	0.650	3.210
α-Cedrene	10	4.29	0.97	1.247	0.29	31.80	0.365	6.755
Limonene	51	21.02	12.21	12.404	1.93	117.63	3.061	55.835
Total: μg/m3	53	179.95	43.28	#NUM!	0.00	2344.39	4.932	457.449
<b>5. Alcohols</b>								
1-Propanol	15	1.19	0.93	1.038	0.44	3.77	0.712	1.721
2-Propanol	53	7.35	3.88	4.184	0.31	41.25	0.827	19.073
2-Methyl-2-propanol	15	0.44	0.35	0.293	0.04	1.23	0.101	1.054
2-Methyl-1-propanol	13	1.22	0.75	0.901	0.42	4.47	0.444	3.021
1-Butanol	40	3.20	2.22	2.345	0.85	26.36	1.155	4.380
1-Pentanol	7	8.49	6.70	7.916	6.13	17.16	6.246	12.561
1-Hexanol	1	7.54	7.54	7.536	7.54	7.54	7.536	7.536
Cyclohexanol	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
1-Octanol	3	19.44	18.41	18.335	11.98	27.93	13.271	26.027
2-Ethyl-1-hexanol	9	38.98	14.57	17.903	8.68	241.13	8.712	65.782
Phenol	45	2.73	2.68	2.712	2.28	3.57	2.369	3.257
Texanol	8	25.85	19.07	21.965	13.81	75.79	14.977	40.602
2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol	9	4.11	2.90	3.081	0.67	9.46	1.042	7.584
Total: μg/m3	53	26.43	16.51	14.512	0.31	255.98	3.898	63.288

6. Glycols/Glycolethers

Propylene glycol	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Dimethoxymethane	19	0.47	0.37	0.376	0.13	1.23	0.194	0.905
Dimethoxyethane	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
2-Methoxyethanol	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
2-Ethoxyethanol	2	1.23	1.23	1.218	1.05	1.41	1.087	1.375
2-Butoxyethanol	6	11.67	10.49	11.362	9.79	18.34	9.974	14.529
1-Methoxy-2-propanol	36	2.46	0.55	0.888	0.25	29.25	0.285	4.723
2-Butoxyethoxyethanol	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	3.21	0.53	#NUM!	0.00	29.25	0.000	11.401

8. Ketones

Acetone	53	16.49	13.83	12.755	1.69	73.67	5.236	30.714
3-Methyl-2-butanone	6	0.23	0.23	0.227	0.20	0.26	0.204	0.253
Methylethylketone	46	2.26	0.93	1.048	0.23	33.69	0.320	3.209
Methylisobutylketone	51	4.22	1.48	1.844	0.24	39.01	0.577	10.718
Acetophenone	17	0.83	0.67	0.764	0.42	1.95	0.505	1.362
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	22.81	17.82	16.543	1.69	129.80	6.689	37.626

9. Halocarbons

Dichloromethane	53	11.82	1.13	1.506	0.21	401.22	0.437	4.252
Carbon tetrachloride	52	0.38	0.36	0.361	0.14	0.66	0.263	0.564
1,2-Dichloroethane	20	0.17	0.15	0.153	0.07	0.48	0.103	0.225
Trichloroethene	44	0.61	0.32	0.387	0.18	5.01	0.220	0.760
Tetrachloroethene	48	0.73	0.19	0.253	0.08	12.34	0.100	0.973
1,1,1-Trichloroethane	40	0.39	0.21	0.229	0.11	6.10	0.137	0.318
1,4-Dichlorobenzene	52	82.36	2.43	7.653	0.38	855.94	0.855	268.366
1,2-Dichloropropane	3	0.24	0.19	0.222	0.16	0.37	0.164	0.335
Chlorodibromomethane	7	0.44	0.38	0.420	0.30	0.71	0.309	0.652
Chloroform	46	0.47	0.35	0.355	0.07	2.12	0.131	0.946
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	95.00	9.12	17.932	1.32	863.21	2.870	302.466

11. Esters

Vinylacetate	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Butylformate	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Isobutylacetate	19	1.40	1.09	1.113	0.43	5.58	0.517	2.402
Ethylacetate	47	5.34	3.02	2.986	0.53	22.95	0.694	12.414
Propylacetate	11	0.48	0.40	0.459	0.31	0.81	0.316	0.685
Butylacetate	45	4.36	2.57	2.625	0.64	47.50	0.837	7.264
Isopropylacetate	1	0.76	0.76	0.757	0.76	0.76	0.757	0.757
2-Methoxyethylacetate	1	0.77	0.77	0.769	0.77	0.77	0.769	0.769
2-Ethoxyethylacetate	8	0.86	0.30	0.529	0.26	2.51	0.273	2.466
2-Ethylhexylacetate	1	0.49	0.49	0.495	0.49	0.49	0.495	0.495
Linaloolacetate	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Methacrylic acid methyl ester	2	1.06	1.06	0.907	0.51	1.62	0.620	1.507
TXIB	32	10.86	3.31	3.270	0.17	112.95	0.499	21.678
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	15.81	6.78	#NUM!	0.00	185.02	2.127	29.631

12. Phthalates

Dimethyl phthalate	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Dibutyl phthalate	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	0.00	0.00	#NUM!	0.00	0.00	0.000	0.000

13. Other

Methyl-t-butylether	1	1.02	1.02	1.023	1.02	1.02	1.023	1.023
1,4-Dioxane	9	0.35	0.32	0.337	0.24	0.48	0.264	0.463
Caprolactam	1	5.39	5.39	5.386	5.39	5.39	5.386	5.386
Indene	6	0.43	0.43	0.421	0.34	0.55	0.358	0.492
2-Pentylfuran	31	0.68	0.56	0.523	0.19	2.40	0.211	1.261
THF	16	0.28	0.13	0.178	0.04	1.09	0.073	0.572
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	0.71	0.61	#NUM!	0.00	6.05	0.000	1.580

14. Other(ISO以外)

Menthol	1	11.09	11.09	11.091	11.09	11.09	11.091	11.091
Camphor	45	2.42	0.76	1.298	0.38	17.22	0.498	6.257
Ethanol	53	542.98	471.61	348.296	9.62	2140.68	94.802	1185.047
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	3	20.90	21.13	20.877	19.72	21.84	19.999	21.699
Methyl acetate	38	6.85	1.53	1.911	0.11	87.34	0.174	15.999
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	551.34	477.17	365.801	11.20	2152.74	99.546	1192.534

15. Other(追加項目)

1,1,1,2-Tetrafluoroethane(134a)	19	6.53	0.18	0.171	0.00	117.94	0.033	1.209
Chloromethane	30	0.78	0.34	0.396	0.07	4.94	0.142	2.319
Vinylchloride	1	1.68	1.68	1.680	1.68	1.68	1.680	1.680
Bromomethane	1	1.05	1.05	1.048	1.05	1.05	1.048	1.048
Acrylonitrile	22	0.22	0.20	0.206	0.09	0.53	0.127	0.337
Carbon disulfide	22	1.21	0.40	0.471	0.02	5.65	0.077	3.856
Chlorobenzene	8	0.33	0.16	0.233	0.11	0.83	0.110	0.789
Cresol	5	11.35	11.29	11.346	11.11	11.83	11.124	11.648
Isophorone	16	0.64	0.51	0.361	0.04	2.75	0.091	1.471
1,2,4-Trichlorobenzene	3	0.42	0.42	0.421	0.38	0.48	0.384	0.464
1,3,5-Trichlorobenzene	3	0.07	0.07	0.068	0.06	0.08	0.065	0.074
1,1,2,2-Tetrachloroethane	4	0.20	0.13	0.126	0.03	0.52	0.048	0.417
Hexachlorocyclopentadiene	0	#DIV/0!	#NUM!	#NUM!	0.00	0.00	#NUM!	#NUM!
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	4.79	0.72	#NUM!	0.00	125.99	0.050	10.724

ISO Compounds Total : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	561.13	381.70	326.846	9.31	2897.48	102.037	1284.372
All Compounds Total : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53	1117.26	999.25	845.333	144.80	4289.99	258.202	1874.905
All Compounds-EtOH Total	53	574.28	386.78	335.159	9.84	2930.61	103.986	1306.539

表3 子供部屋におけるISO分類の合計量

Unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1	Aromatic Hydrocarbons	66.2
2	Aliphatic Hydrocarbons	86.2
3	Cycloalkanes	6.5
4	Terpenes	27.5
5	Alcohols	26.0
6	Glycols/Glycoethers	3.4
8	Ketones	15.5
9	Halocarbons	218.5
11	Esters	3.5
13	Other	0.5
14	Other(non-ISO)	428.1
15	Added Substance	1.0
Total		882.9

表4 居間におけるISO分類の合計量

Unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1	Aromatic Hydrocarbons	73.2
2	Aliphatic Hydrocarbons	101.6
3	Cycloalkanes	8.5
4	Terpenes	227.3
5	Alcohols	31.2
6	Glycols/Glycoethers	7.2
8	Ketones	21.5
9	Halocarbons	75.4
11	Esters	8.8
13	Other	0.9
14	Other(non-ISO)	537.6
15	Added Substance	0.7
Total		1093.9

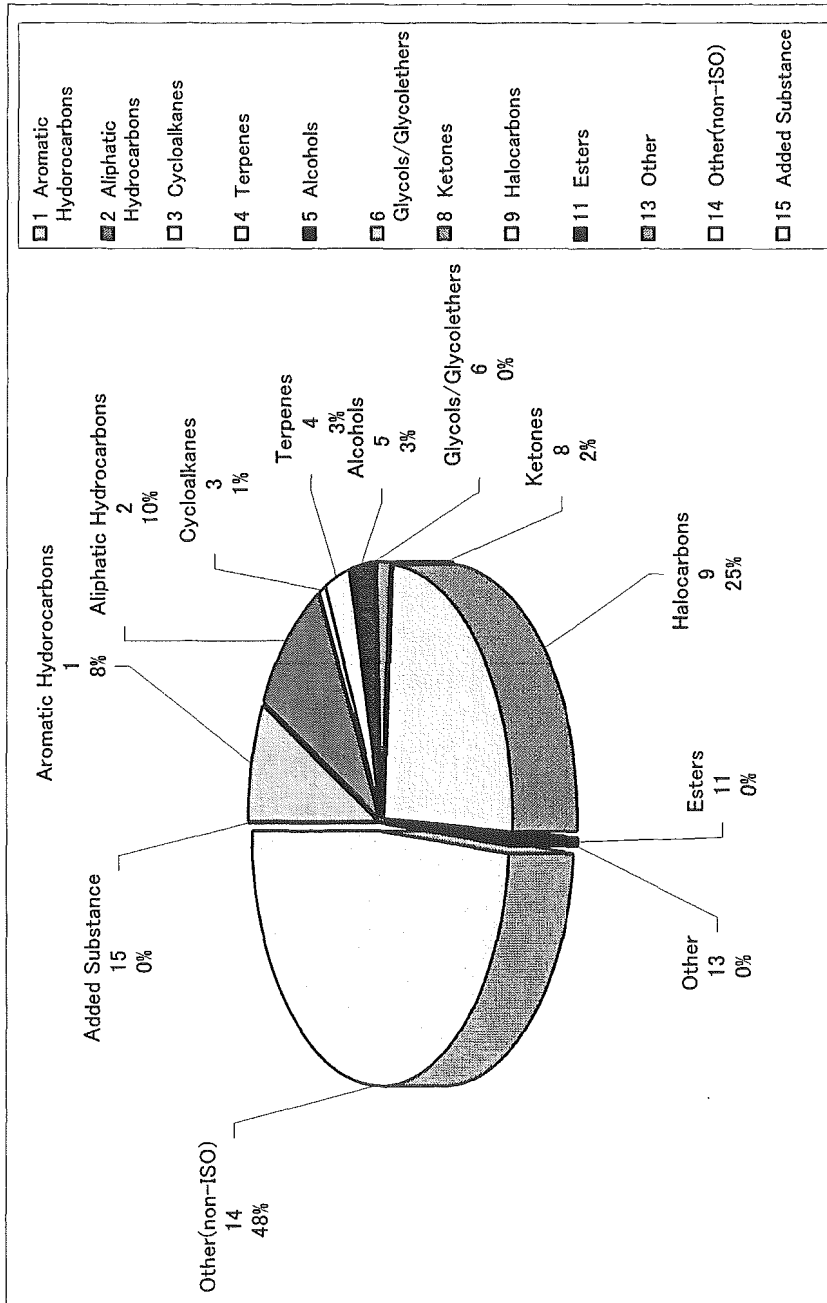


図1 子供部屋における15分類の濃度割合

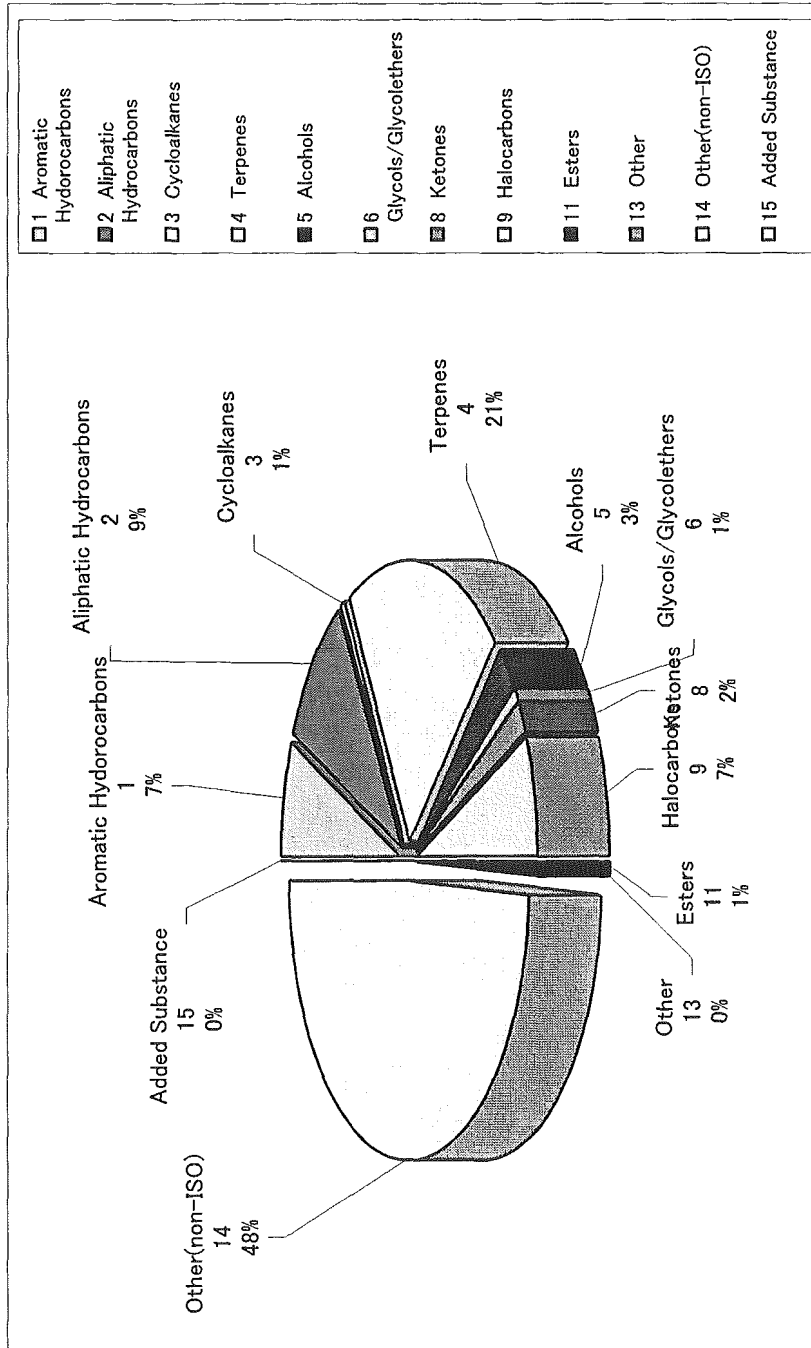


図2 居間における15分類の濃度割合

## ii) 室内における浮遊粒子状物質及びハウスダスト中の重金属に関する実態調査

分担研究者 安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)  
協力研究者 皆川 直人 グリーンブルー株式会社  
長宗 寧 グリーンブルー株式会社  
牧原 大 グリーンブルー株式会社

**研究要旨** 10 家庭の協力を得て、室内 SPM の測定と電機集塵機内容物（ハウスダスト）の提供を受け、各々の試料から重金属の測定を行った。室内 SPM の平均濃度は  $20.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、一般環境濃度の 1/2 以下であった。また、SPM 中の重金属は対象 15 成分のうち 7 成分が検出され、Ca 濃度が  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と最も高く、以下 B ( $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Zn ( $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Pb ( $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Cu ( $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 等が検出された。SPM 中の BaP 濃度は  $0.39 \text{ng}/\text{m}^3$  であり、重金属と同様に一般環境の 1/2 程度であった。しかし、SPM 中の BaP 含有量は  $19 \text{mg}/\text{kg}$  を示し、有機物の燃焼により発生するため室内での調理、暖房器具及び喫煙等の影響が考えられた。ハウスダストでは重金属の対象 15 成分のうち 14 成分が検出された。なかでも、Ca ( $12,000 \text{mg}/\text{kg}$ )、Fe ( $5,200 \text{mg}/\text{kg}$ )、Mg ( $1,400 \text{mg}/\text{kg}$ ) の 3 成分が比較的高めの濃度を示したが、これらは土壌由来成分であるため、巻き上げられた土壌粒子を室内清掃時に掃除機が吸い込んだものと考えられる。

### A. 目的

室内外の揮発性有機化合物 (VOCs: Volatile Organic Compounds) は、近年データの蓄積が図られているものの、室内空気中の浮遊粒子状物質 (SPM: Suspended Particulate Matter) 及び電機掃除機で集めた、所謂ハウスダスト中の重金属等の報告例<sup>1-8)</sup>はほとんどないのが現状である。

そこで、室内 VOCs と同様に呼吸器疾患等の健康影響が懸念される SPM 及びハウスダスト中の重金属並びに有機物の燃焼により発生する多環芳香族炭化水素類のなかでも代表的な発癌性物質の実態調査を行う。

### B. 研究方法

#### 1. 研究体制

本研究は居住者の生活実態が反映される室内の SPM の試料採取及びハウスダストの提供から機密性を考慮する必要があるため、関東地域内に限定してグリーンブルー(株)が試料の入手を行った。

#### 2. 採取方法

#### (1)測定期間

自 平成 14 年 10 月  
至 平成 15 年 2 月

#### (2)対象住宅

関東地域内の 10 住宅

#### (3)対象物質

対象物質は室内で捕集した SPM 及び電気集塵機内容物（ハウスダスト）中の重金属 15 成分 (Al, B, Be, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Ti, V, Zn)、さらに SPM 中のベンゾ(a)ピレン (BaP) とした。

#### (4)採取条件

SPM の試料採取はニールホルダーに 47mm φ の石英繊維ろ紙を装着し、室内空気を 10l/min の吸引流量で約 24 時間捕集した。現場で採取後のろ紙は捕集面を内側に折り、ビニール袋に入れて持ち帰った。ろ紙は SPM 重量を測定するため 20℃、50% に調湿したデシケーター内に入れ、48 時間後に重量を測定し、吸引量で除して SPM 重量濃度を算出し、分析に供するまで冷暗所で保管した。

#### (5)試料採取場所

SPM の試料採取は「居間」とし、部屋の中

央、高さ 1.2~1.5m の位置にニールホルダーを設置し室内空気を採取した。一方、電気集塵機内容物（ハウスダスト）は協力家庭から約 1ヶ月間掃除を行った後に提供を受け、SPM 試料と同様に分析に供するまで冷暗所で保管した。

### 3. 分析方法

#### (1)標準物質

重金属及び BaP は JCSS 付和光純薬製の標準物質を使用した。

#### (2)分析条件

SPM 及びハウスダスト中の重金属は既知量の試料を塩酸+過酸化水素で抽出を行い、(2+98)HNO<sub>3</sub> 溶液で定容後、誘導プラズマ発光分光分析装置(ジャーレルアッシュ製 IRIS/AP)で分析した。

また、BaP は SPM 捕集ろ紙を細片にカットし、エタノール:ベンゼン(1:4v/v)混合溶媒で抽出を行った。分析は蛍光分光器付高速液体クロマトグラフ(日本分光製 PU-980)を使用し、カラムは VYDAC201TP54(4.6mmi.d.×250mm)、移動層としてアセトニトリル:水(75:25)の混合溶液を使用した。

## C. 研究結果及び考察

### 1. SPM 濃度

表 1 は 10 住宅で実施した SPM 及びハウスダストの成分分析結果を示した。

SPM の平均濃度は 20.9 μg/m<sup>3</sup> であり、濃度範囲は 14.1~25.9 μg/m<sup>3</sup> であった。

一般の環境大気中の SPM 年平均濃度は約 50 μg/m<sup>3</sup> であり、その濃度と比較すると室内 SPM 濃度は約 1/2 程度であった。また、各住宅での濃度差は最大と最低で 2 倍の開きが見られた。

### 2. SPM 中の成分濃度

対象とした SPM 中の重金属は 15 成分であり、このうち 7 成分が検出された。

7 成分のなかで最も高い濃度は Ca (0.2 μg/m<sup>3</sup>) であり、以下順に B (0.1 μg/m<sup>3</sup>)、Zn (0.07 μg/m<sup>3</sup>)、Pb (0.03 μg/m<sup>3</sup>)、Cu (0.01 μg/m<sup>3</sup>)、Mn (0.01 μg/m<sup>3</sup>)、Ti (0.008 μg/m<sup>3</sup>) であった。このなかで特異な濃度を示した成分はホウ素 (B) であり、一般の環境大気中からは検出された

報告例はほとんどない。

また、BaP は有機物の燃焼により発生するが平均濃度は 0.39ng/m<sup>3</sup> であり、濃度範囲は <0.05~0.65ng/m<sup>3</sup> であった。平均濃度を一般環境濃度(0.1~2.0ng/m<sup>3</sup>)と比較すると、室内濃度は一般環境濃度より多少低めであった。

しかし、SPM 中の含有量を比較すると一般環境では概ね 2mg/kg 程度であるが、室内濃度は 10 倍程度高めの濃度を示している。このことから、BaP の発生源は一般環境からの影響よりむしろ室内での調理、暖房器具及び喫煙等の影響をより強く受けていることを示唆するものの、多くのデータ蓄積が重要と考える。

### 3. ハウスダスト中の成分濃度

ハウスダスト中の重金属は対象 15 成分のうち、14 成分が検出された。

提供された試料中の重金属成分は提供家庭により 10 倍以上の濃度差が見られる成分、2~5 倍程度及び濃度差の少ない成分に分類された。以下に成分を分類すると、

- (1)濃度差が顕著な成分は、Cd、Cr、Ni
- (2)2.5 倍の濃度差の成分は、B、Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Pb、Ti、V、Zn
- (3)濃度差の少ない成分は、Al のみであったが、濃度別には全く違う挙動を示した。

各成分濃度間には 4 桁以上の開きがあるため、図 1 に対数表示で濃度差を示した。

例えば、Ca (平均 13,000mg/kg) と Al (平均 0.05mg/kg) では 26×10<sup>4</sup> 倍の濃度差が見られた。以下に各成分を濃度別に分類すると、

- (1)0.1w/w % 以上の成分は、Ca (平均 12,000mg/kg)、Fe (平均 5,200mg/kg)、Mg (平均 1,400mg/kg)
- (2)0.01w/w % 程度の成分は、Cr (平均 330mg/kg)、Cu (平均 140mg/kg)、Mn (平均 130mg/kg)、Ni (平均 150mg/kg)、Ti (平均 150mg/kg)、V (平均 140mg/kg)、Zn (平均 390mg/kg)
- (3)0.01w/w % 以下の成分は、B (平均 38mg/kg)、Pb (平均 25mg/kg)、Cd (平均 3.6mg/kg)、Al (平均 0.03mg/kg) のように成分間で濃度差の大きいことが理解される。

しかし、高めの濃度を示した Ca、Fe、Mg の 3 成分は土壌由来と考えられるため、清掃や換気の際の窓開け時に周辺土壌等の巻き上げ粒子の

影響を受けたものと考える。

#### D. 結 論

10 家庭の協力を得て、室内 SPM の測定とハウスダストの提供を受け、各々の試料から重金属等の分析を行った。

- (1) 室内 SPM の平均濃度は  $20.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、一般環境の年平均濃度 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の 1/2 以下であった。
- (2) SPM 中の重金属は対象 15 成分のうち 7 成分が検出された。  
最も高い濃度は Ca の  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で以下、B ( $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Zn ( $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Pb ( $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Cu ( $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Mn ( $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、Ti ( $0.008 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) であり、B が特異的な濃度を示した。
- (3) SPM 中の BaP 平均濃度は  $0.39 \text{ng}/\text{m}^3$  であり、一般環境と同レベルであった。  
しかし、SPM 中の含有量は  $19 \text{mg}/\text{kg}$  と一般環境レベルの 10 倍以上でもあり、明らかに BaP の発生源は室内での調理、暖房器具及び喫煙等の影響を受けたものと考えられる。
- (4) 電機集塵機内容物 (ハウスダスト) 中の重金属は対象 15 成分のうち 14 成分が検出された。ハウスダストには提供家庭により大きな濃度差が見られ、特に Cd、Cr、Ni の 3 成分には 10 倍以上の濃度差が見られ

た。

- (5) ハウスダスト中の重金属は Ca、Fe、Mg の 3 成分濃度が最も高く、各々  $12,000$ 、 $5,200$ 、 $1,400 \text{mg}/\text{kg}$  を示した。これらは土壌由来成分であるため、土壌粒子の巻上げの影響を受けたものと考える。
- (6) 環境省は有害大気汚染物質として優先取組み 22 物質を選定し、現在測定手法の検討や対策を行っている。  
しかし、ハウスダストには規制がないため有害大気汚染物質と比較すると、今回優先取組 22 物質のなかでは Cr、Ni、Be が対象となっている。しかし、Be は不検出のため Cr と Ni が該当し、各々  $330 \text{mg}/\text{kg}$ 、 $150 \text{mg}/\text{kg}$  であった。

#### E. 参考文献

- 1) JOHN L. ADGATE, ETC., Chemical Mass Balance Source Apportionment of Lead in House Dust, Environ. Sci. Technol, 1998, 32, 108-114
- 2) 皆川、高橋、長宗、小出、二宮、岡本、家庭用燃焼器具から発生する環境汚染物質の原単位、第 41 回大気環境学会年会、500(3C0915)、2000
- 3) 岡田、小谷野、角田ら、東京都内・近郊居住者の個人曝露及び室内外空気浮遊粒子 (PM<sub>2.5</sub>) 中の多環芳香族炭化水素濃度、室内環境学会誌、126(P-41)、2003



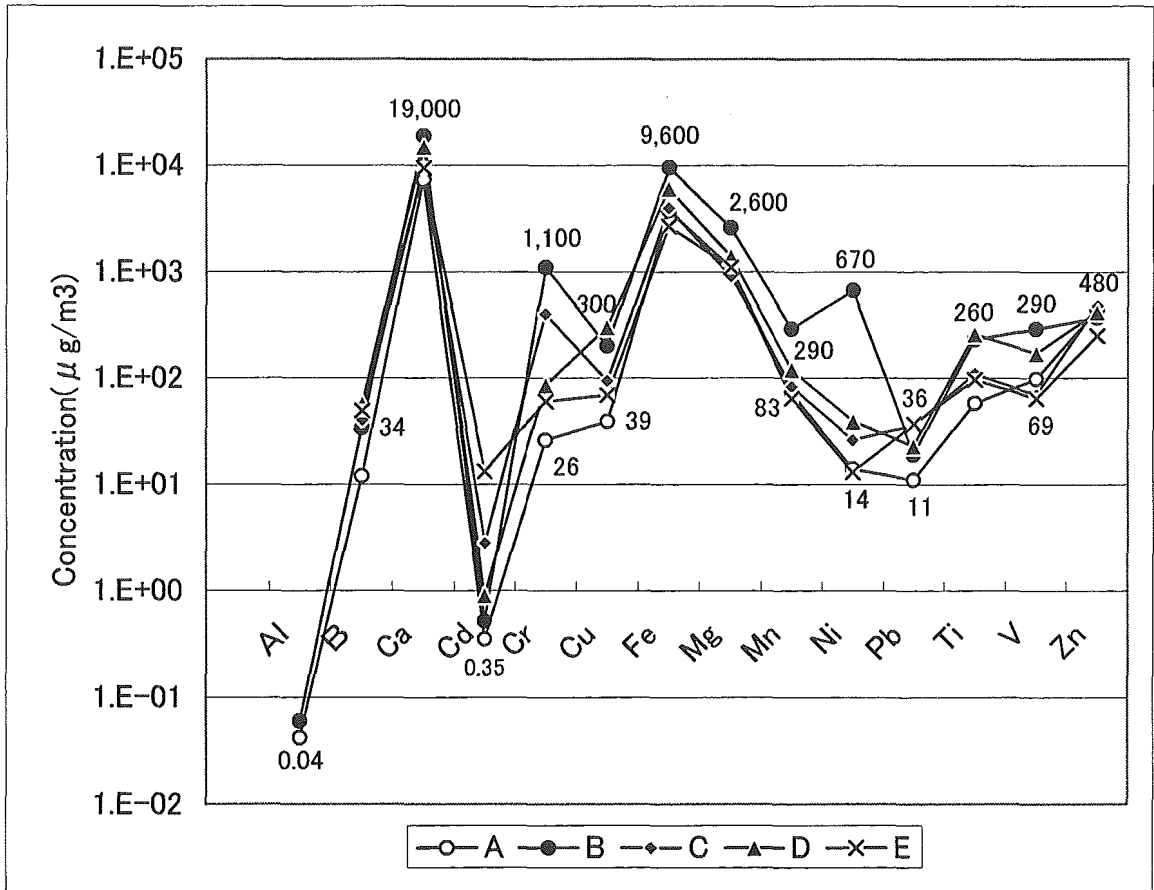


Fig.1 Concentration of each Component in House Dust

## II - III) 居住環境におけるカルボニル化合物の実態と特性

分担研究者 安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部  
(現 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室)  
協力研究者 内山 茂久 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部

**研究要旨** 居住空間に存在するカルボニル化合物の実態および特性を把握するために、濃度調査を行った。調査は 2003 年 10 月から 2004 年 2 月まで行い、67 戸の居住空間(居間、子供部屋)と屋外で空気中のカルボニル化合物を測定した。カルボニル化合物の捕集には DSD-DNPH を使用し、アミドカラムを用いた HPLC で分析することにより、C1~C10 までの 21 種類カルボニル化合物を定量した。

全国 67 戸の住宅におけるホルムアルデヒドの屋内濃度(居間)は、4.9~93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を示した。厚生省の指針値(100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超える住宅は無かった。また、アセトアルデヒドの室内濃度(居間)は、5.4~150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を示し、厚生省の指針値(48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超える住宅は 4 戸で総戸数の 6%を占めた。一方、ノナールの室内濃度(居間)は、1.3~14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均 6.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を示し、厚生省の暫定指針値(41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超える住宅は無かった。子供部屋と居間の比較ではホルムアルデヒドの場合、子供部屋の方が 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度高い値を示した。

ホルムアルデヒド濃度の週変動は非常に大きく、平均化された正確な暴露量を測定するためには最低 1 週間の暴露期間が必要であることが明らかになった。また、ホルムアルデヒド濃度は夏期に高く冬期に低くなる顕著な季節的変動も観測された。

### A. 研究目的

居住空間に存在するホルムアルデヒドやアセトアルデヒドなどのカルボニル化合物は、主として建材・施工材から放散するため、室内濃度が極めて高くなることが予測される。これらの物質は、ヒトに対して刺激を与えるばかりでなく、喘息などのアレルギー症状<sup>1)</sup>や発がん<sup>2)</sup>を引き起こす疑いのある有害物質であり、変異原性を有する<sup>3)</sup>。IARC(国際がん研究機関)はホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの発ガン性を Group 2A, Group 2B に指定している。また、昨今、シックビルディングシンドロームや化学物質過敏性といった様々な建物に関連した健康被害の問題が浮上しているが、これらの原因物質としても取りざたされている。したがって、ホルムアルデヒドなどのカルボニル化合物の居住空間濃度を測定し、汚染の実態を把握することは極めて重要である。室内空間におけるカルボニル化合物の発生源は、大きく分けて建材や施工材などの建物と家具や家庭用品など居住者が持ち込んだものに大別できる。シックハウス対策のため国土交通省は平成 15 年 7 月 1 日から改正建築基準法を施行した。この規制により、内装仕上げの制限(木質建材、壁紙、断熱材、接着剤、塗料、仕上げ塗料など)、換気設備設置の義務付け、天井裏などの制限が実施される。この規制により、建物から放散する化学物質の低減化は期待できるが、家具類等の居住者が

持ち込んだ発生源の対策には至らない。合板等の木質材料から作られる家具類は、カルボニル化合物の発生源のひとつと思われる。また、家具の内部は閉鎖されている場合が多いので、内部の化学物質濃度が高濃度になり、長期間汚染物質を放散することも危惧される。

居室の種類・使用目的によって置かれる家具や構造が異なるため、室内濃度に差が生じることが予想される。特に、子供部屋は一般に狭く、化学物質の影響を受けやすい学童が長時間過ごす場所でもある。そこで、子供部屋と居間におけるカルボニル化合物の挙動と特性を明らかにするため、調査を行った。また、建材・施工材から放散する化学物質は温度に大きく依存する<sup>4)</sup>ので、室内に存在する化学物質濃度は、気温(室温)の影響を強く受ける<sup>5)</sup>。さらに、一般環境における VOC 濃度は社会活動、気温の影響を受け明確な変動を示すことも報告されている<sup>6)</sup>。そこで、本研究ではカルボニル化合物濃度の週変動、季節変動を測定し、より正確で平均化された室内濃度をモニタリングする方法を検討した。

### B. 研究方法

#### (1) 測定対象住宅

2003 年 10 月から 2004 年 2 月にわたり、全国 67 戸の住宅で測定を行った。カルボニル化合物の測定場所は各戸の居間、子供部屋および屋外空間の計 3 ヶ所である。

調査対象住宅の内訳は、木造戸建住宅 39 戸、木造集合住宅 0 戸、鉄筋コンクリート戸建住宅 9 戸、鉄筋コンクリート集合住宅 7 戸、不明 12 戸である。

居住空間は中心付近、屋外空間はベランダ、軒下に DSD-DNPH<sup>7,8)</sup>を設置した。

### (2) カルボニル化合物の捕集方法

カラーコードの付いたたこ糸の先端を、天井等の測定地点に固定する。固定には画鋲や粘着テープ等を使用し、居間の測定の場合は床上約 1.3 m にカラーコードが位置するようにする。DSD-DNPH の入ったアルミラミネート袋の上端をカットし、サンプラーを取り出す。カラーコードにサンプラーを取り付ける。この時サンプラーを覆っている保存容器は付けたままにしておく。測定開始時にサンプラーを覆っているシエルターを取り外す。この時点の時刻を分単位まで記録する。測定終了時に保存容器を取り付け、時間を分単位まで記録する。測定の終わったサンプラーは、アルミラミネート袋に入れ、冷暗所（冷蔵庫）に保管する。

### (3) カルボニル化合物の分析

DSD-DNPH をアルミ製保存袋から取り出し、4~5 回振った後、拡散フィルター側を上にしてシエルターを取り外す。DSD-DNPH のキャップ側を実験台等でタッピングした後、拡散フィルターを取り外し、アセトニトリルを満たした 10 ml の注射筒を取り付ける。2~5 ml/min の流速で溶出し、5 ml に定容する。溶出液の 20  $\mu$ l を分取し、Table 1 の条件で HPLC に導入した。

定量用の標準試料には各カルボニル化合物の 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体を使用し、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、アクロレイン、プロピオンアルデヒド、クロトンアルデヒド、*n*-ブチルアルデヒド、ベンズアルデヒド、*i*-バレルアルデヒド、バレルアルデヒド、*p*-トルアルデヒド、*m,o*-トルアルデヒド、ヘキサアルデヒド、2,5-ジメチルベンズアルデヒド、ヘプタナール、ヘキサナール、オクタナール、ノナール、デカナールの計 21 成分を分析した。

Table 1. Operating conditions in HPLC analysis

Instrument	Shimadzu LC-10A
Column	Agilent ZORBAX Bonus-RP, 4.6mm 250 mm, 5 $\mu$ m
Oven Temp.	40 °C
Mobile Phase	a: Water/Acetonitrile 60/40 v/v b: Water/Acetonitrile 40/60 v/v
Gradient	100 % A for 8 min then a liner gradient from 100 % A to 100% B in 22 min
Flow Rate	1.5 ml/min
Injection Volume	20 $\mu$ l
Detection	absorbance at 360 nm

## C. 研究結果および考察

### 21 種アルデヒド類・ケトン類の分析

非対称のアルデヒド類、ケトン類は、酸が共存すると DNPH と反応する際に異性化反応し *Z*-isomer を生じる<sup>9)</sup>。Fig. 1 にアセトアルデヒドの異性化に及ぼすリン酸濃度の影響を示す。本研究では、標準溶液 10 ml に 10 % リン酸溶液を 1ml 添加し、実試料と異性体比(*Z/E*)が一定になるようにした<sup>9)</sup>。Fig. 2 に標準試料と実試料の典型的なクロマトグラムを示す。本分析条件により、*m,p*-トルアルデヒドを除いた C<sub>1</sub>~C<sub>10</sub> までの 21 種類カルボニル化合物の定量が可能である。

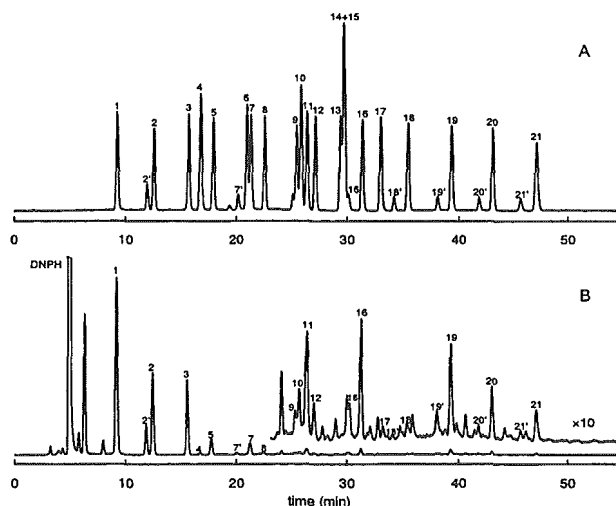


Fig.2. Typical chromatograms of 2,4-dinitrophenylhydrazone derivatives. (A) Reference solution (10  $\mu$ mol/L). (B) Sample solution from indoor air. A prime sign indicates the *Z*-isomer.

1: formaldehyde-DNPH, 2: acetaldehyde-DNPH, 3: acetone-DNPH, 4: acrolein-DNPH, 5: propanal-DNPH, 6: crotonaldehyde-DNPH, 7: 2-butanone-DNPH, 8: butanal-DNPH, 9: cyclohexanone-DNPH, 10: benzaldehyde-DNPH, 11: *i*-pentanal-DNPH, 12: pentanal-DNPH, 13: *o*-tolualdehyde-DNPH, 14: *m*-tolualdehyde-DNPH, 15: *p*-tolualdehyde-DNPH, 16: hexanal-DNPH, 17: 2,5-dimethylbenzaldehyde-DNPH, 18: heptanal-DNPH, 19: octanal-DNPH, 20: nonanal-DNPH, 21: decanal-DNPH

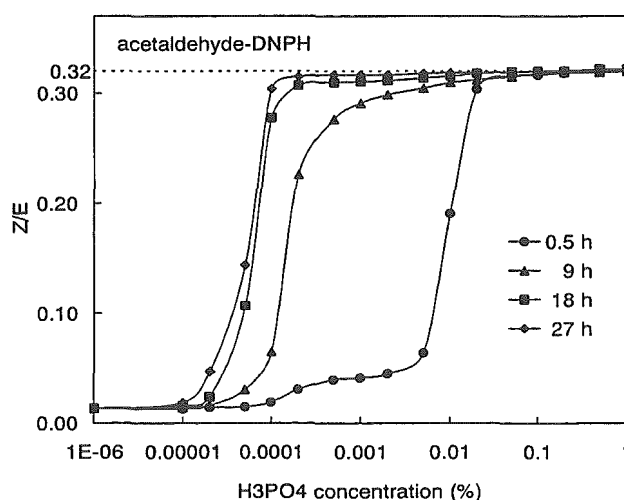


Fig. 1. The changes in the isomer ratios of acetaldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazone with phosphoric acid.

Table 2. Concentrations of carbonyl compounds in indoor and outdoor air. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	child room			living room			outdoor air		
	mean	max.	min.	mean	max.	min.	mean	max.	min.
formaldehyde	29.	74.	3.8	27.	93.	4.9	2.7	6.0	1.4
acetaldehyde	26.	160.	4.1	26.	150.	5.4	2.5	5.1	1.4
acetone	45.	310.	6.2	45.	290.	4.6	11.	23.	4.0
acrolein	0.2	1.0	0.0	0.3	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0
MEK	11.	200.	0.0	11.	220.	0.0	2.7	4.7	0.9
butanal	1.7	6.9	0.2	1.7	6.2	0.3	0.2	0.5	0.0
cyclohexanone	2.6	63.	0.0	2.1	57.	0.0	0.0	0.2	0.0
benzaldehyde	2.2	33.	0.0	2.3	22.	0.0	0.2	0.9	0.0
i-penpanal	0.6	6.5	0.0	0.5	2.6	0.0	0.1	0.6	0.0
pentanal	2.2	18.	0.2	2.4	17.	0.0	4.8	12.	0.0
o-tolualdehyde	5.2	40.	0.1	4.6	35.	0.0	2.4	13.	0.0
m,p-tolualdehyde	0.1	0.7	0.0	0.1	1.0	0.0	0.0	0.2	0.0
hexanal	9.2	63.	0.7	8.9	57.	0.6	0.4	0.9	0.0
2,5-DMBA	0.2	2.2	0.0	0.2	1.6	0.0	0.2	0.9	0.0
heptanal	2.0	6.2	0.0	2.1	9.2	0.1	0.5	1.1	0.0
octanal	1.5	6.5	0.0	1.3	6.4	0.0	0.4	2.3	0.0
nonanal	5.7	14.	0.4	6.0	14.	1.3	1.2	3.0	0.6
decanal	0.3	1.6	0.0	0.3	1.0	0.0	0.1	1.0	0.0

#### (4) 居住環境・屋外環境におけるカルボニル化合物の挙動

2003年10月から2004年2月まで、全国各地の住宅の子供部屋、居間、屋外におけるアルデヒド・ケトン類濃度を Table 2 に示す。

屋内空間（居間）のホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン濃度の平均値は他のカルボニル化合物より際立って高く、それぞれ 27, 26, 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。2002年度の調査では、それぞれ 26, 22, 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2001年度の調査では、それぞれ 27, 25, 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2000年度の調査では、それぞれ 28, 21, 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であったので、この4年間ではこれらのカルボニル化合物濃度はほとんど変化していない。

ホルムアルデヒドはヒト吸入暴露における鼻咽頭粘膜への刺激が指摘<sup>10),11)</sup>され、IARC(国際がん研究機関)は発がん性をグループ 2A に分類している。また、厚生労働省は室内濃度指針値を 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  設定している。今回の調査では、この室内濃度指針値を超えた住宅は無かった。過去4年間の調査でホルムアルデヒドの指針値を超えた住宅は515戸中1戸のみあった。調査した時期が10月～2月の冬季を中心とした比較的気温の低い時期であることから、年平均値は低めに評価されたと思われる。

アセトアルデヒドはラットの経気道暴露における鼻腔嗅覚上皮への影響<sup>12),13)</sup>が指摘され IARC は発がん性をグループ 2B に分類している<sup>14)</sup>。また、厚生労働省は室内濃度指針値を 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  設定している。今回の調査では、室内濃度指針値を超過した住宅は居間で4戸(6.0%)子供部屋で8戸(12%)存在した。2002年度,2001

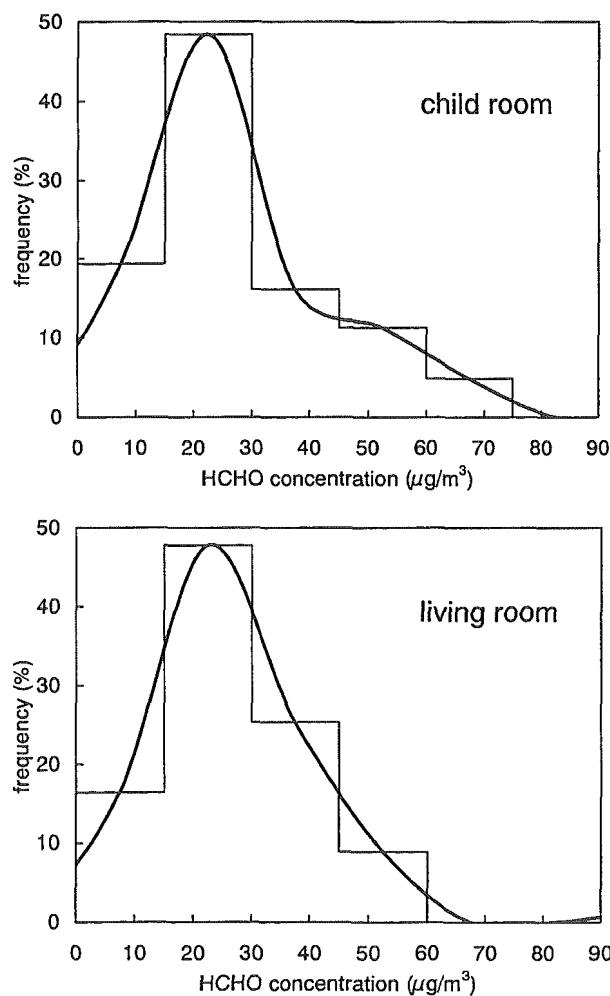


Fig. 3. The concentration distributions of formaldehyde in child an living room.

年度,2000年度の調査では室内濃度指針値を超過した