

塗料, 接着剤等から放散する揮発性有機化合物

大 貴 文^{*}, 齋 藤 育 江^{*}, 瀬 戸 博^{**}, 上 原 眞 一^{*}, 上 村 尚^{***}

Volatile Organic Compounds Emitted from Paints and an Adhesive

Aya ONUKI^{*}, Ikue SAITO^{*}, Hiroshi SETO^{**}, Shin-ichi UEHARA^{*}
and Hisashi KAMIMURA^{***}

Keywords : 塗料 paint, 接着剤 adhesive, 揮発性有機化合物 volatile organic compounds, エチルトルエン ethyltoluene, 小形チャンパー法 small chamber test method, 放散速度 emission rate

緒 言

室内空气中に存在する化学物質の発生源は, 建材や内装材, 家具や家庭用品等, 様々である. 室内空气中の化学物質汚染を低減するためには, 発生する化学物質の種類と放散量を把握する必要がある. この放散量を測定する方法の一つにチャンパー法がある¹⁾. これはチャンパーと言われる専用の容器や実験室を用い, 換気を行いながら, 建築材料等からの化学物質放散量を測定する方法である.

今回我々は, 小形チャンパー法を用いて, 塗料及び接着剤等から放散する揮発性有機化合物 (VOC) を同定し, 放散速度の経時変化を観察した. さらに, 求めた放散速度を用いて, 室内にその塗料を塗布した場合における, 空气中 VOC 濃度の予測も行った. また, 塗料希釈液及び塗料洗浄液に含まれる VOC 調査も行ったので併せて報告する.

実験方法

1. 塗料等の VOC 放散試験

- 1) 試験材料 市販の塗料 (A1 ~ A3) と接着剤 (B1), 合計 4 製品を試験材料とした. 概要を表 1 に示す.
- 2) 放散試験 小形チャンパー法 JIS A 1901¹⁾ に準じた. すなわちガラス板表面 (5 × 10 cm) に試験材料を塗布し, ただちにステンレス製小形チャンパー (21.4 L, 25 ℃, 相対湿度 50 %, 図 1) の中に設置した. 清浄空気をチャンパーに通し, 通気後の空気を捕集管に採取 (流速 178 mL/分, 捕集時間 5 ~ 10 分, 捕集空気量 0.89 ~ 1.78 L), 溶媒抽出ガスクロマトグラム/質量分析計 (GC/MS) で分析した. 装置の概要を図 2 に示す.



図1. 小形チャンパーの外観と内部

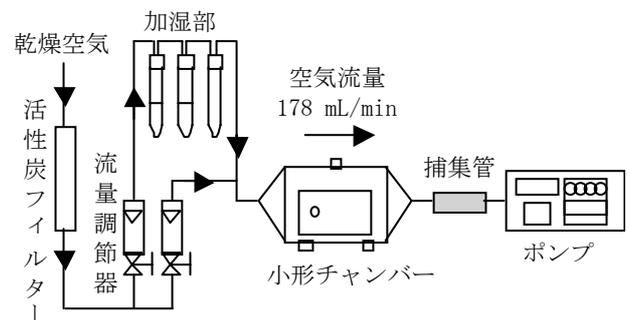


図2. 小形チャンパー法の実験装置

- 3) 分析 捕集管には活性炭チューブ (チャコールチューブ単層型, 外径 6 mm, 長さ 70 mm, 柴田科学) を用いた. チャンパー内空気を捕集管に採取後, 充填剤の活性炭を試験管に移し, 二硫化炭素 1 mL を加え, 振とう機で 1 時間振とう抽出した. 抽出液に内部標準溶液 (トルエン d₈, 50 μg/mL) を 2 μL 加え, GC/MS 用検液とした. 標準溶液には室内大気 VOCs 分析用試薬 (52 成分, スペルコ) を用いた. 標準溶液の組成及び各化合物のモニターイオンを

表1. 試験塗料及び接着剤の概要

試験材料	種類	表示成分
A1	合成樹脂塗料	アルキド樹脂、顔料、有機溶剤
A2	合成樹脂塗料 (ニス)	ウレタン樹脂、顔料、有機溶剤
A3	合成樹脂塗料 (ニス)	アクリル樹脂、有機溶剤、水
B1	溶剤形接着剤	クロロプレンゴム(30%)、有機溶剤(70%)、シクロヘキサン、ノルマルヘキサン、酢酸イソプロピル、アセトン

* 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 Public Health Research Institute 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

表2. 標準溶液の組成及び
GC/MS分析におけるモニターイオン

化合物 (溶出順)	定量用イオン	確認用イオン
Ethanol (※)	45	46
Acetone (※)	43	58
2-Propanol (※)	45	59
Methylenechloride (※)	49	84
1-Propanol (※)	59	60
2-Butanone	43	72
Hexane	57	86
Ethylacetate	88	43
Chloroform	83	85
1,2-Dichloroethane	62	64
2,4-Dimethylpentane	43	57
1,1,1-Trichloroethane	97	99
Butanol	56	43
Benzene	78	77
Carbontetrachloride	117	119
1,2-Dichloropropane	63	62
Bromodichloromethane	83	129
Trichloroethylene	130	132
2,2,4-Trimethylpentane	57	43
Heptane	43	41
4-Methyl-2-pentanone	43	58
Toluene	91	92
Dibromochloromethane	127	129
Butylacetate	43	56
Octane	43	57
Tetrachloroethylene	166	164
Ethylbenzene	91	106
m-,p- Xylene	91	106
Styrene	104	103
o- Xylene	91	106
Nonane	43	57
α -Pinene	93	136
Ethyltoluene	105	120
Ethyltoluene	105	120
1,3,5-Trimethylbenzene	105	120
Ethyltoluene	105	120
β -Pinene	93	136
1,2,4-Trimethylbenzene	105	120
Decane	43	142
1,4-Dichlorobenzene	146	148
1,2,3-Trimethylbenzene	105	120
Limonene	68	136
Nonanal	70	98
Undecane	57	71
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	119	134
Decanal	70	55
Dodecane	57	85
Tridecane	57	71
Tetradecane	57	71
Pentadecane	57	71
Hexadecane	57	71
Toluene d ₈	98	100

※チャンパー法による放散試験では測定していない

表3. 放散試験のGC/MS条件

カラム	: DB-1 (60m×0.25mm i.d., 1µm film)
カラム温度	: 40°C (2min) -5°C/min-240°C (5min) -20°C/min-270°C (3min)
注入口温度	: 240°C
注入量	: 1µL
スプリット比	: 1 : 10
キャリアーガス	: He (カラムヘッド圧 150kPa)
イオン化法	: EI
マルチプライヤー	: 1400V
検出モード	: SIM

表2に, GC/MS (GC-17A/QP5000, 島津製作所) の分析条件を表3に示す.

4) 測定対象物質及び総 VOC (TVOC) 測定対象物質は, 標準溶液に含まれる 52 成分のうち, GC 分析において 2-ブタンからヘキサデカンの範囲に検出される 47 成分とした. したがって, TVOC はそれら 47 成分の合計とした.

5) 放散速度の算出 VOC の放散速度 (E: µg/m²/h) を式1より算出した¹⁾.

$$E = C/Ag \times n \times L \quad (\text{式1})$$

C: チャンパー内の物質濃度 (µg/m³), Ag: ガラス板面積 (m²), n: チャンパー内の換気回数 (回/h), L: チャンパーの容積 (m³)

6) 減衰率の算出 0 日目に対する経過日数後の放散速度減衰の程度を調べるため, 減衰率を式2より算出した.

$$\text{減衰率} = (0 \text{ 日目の放散速度} - \text{経過日数後の放散速度}) / 0 \text{ 日目の放散速度} \times 100 (\%) \quad (\text{式2})$$

7) 室内空気中濃度の予測式 試験材料を室内に塗布した時に, 予測される室内空気中濃度 (Cr: µg/m³) を式3より算出した²⁾.

$$Cr = Co + E \times A/Q \quad (\text{式3})$$

Co: 外気濃度 (µg/m³), E: VOC 放散速度 (µg/m²/h), A: 放散 (塗布) 面積 (m²), Q: 室内の換気量 (m³/h)

2. 塗料希釈液中の VOC 測定

1) 試験材料 市販の塗料希釈液 (C1~C6) と塗料洗浄液 (D1), 合計 7 製品を試験材料とした. 概要を表4に示す.

2) 分析 試験材料の場合は 0.5 µL を, 標準溶液は 1 µL を GC/MS に直接導入し, 各物質のピーク面積 (トータルイオンクロマトグラム) を求めた. GC/MS 分析条件を表5に示す. 標準溶液には室内大気 VOCs 分析用試薬 (表2) と, 表6に示した物質を用いた (和光純薬, メルク, 東京化学).

3) 相対感度比とピーク面積の補正 試験材料中の各測定対象物質の組成比を算出するために, 標準溶液中の各物質

表4. 試験塗料希釈液及び洗浄液の概要

試験材料	種類	表示成分
C1	ラッカーうすめ液	有機溶剤 (トルエン、酢酸エチル、メタノールは含有していない)
C2	ラッカーうすめ液	有機溶剤
C3	ペイントうすめ液	有機溶剤
C4	ペイントうすめ液	有機溶剤
C5	ペイントうすめ液	有機溶剤
C6	ウレタンうすめ液	不明
D1	ハケ洗い液	有機溶剤、界面活性剤

表5. 塗料希釈液分析のGC/MS条件

カラム	: DB-1 (60m×0.25mm i.d., 1µm film)
カラム温度	: 40°C (2min) -5°C/min-240°C (5min)
注入口温度	: 240°C
注入量	: 標準液 1µL, サンプル 0.5µL
スプリット比	: 標準液 スプリットレス サンプル 1:50
キャリアーガス	: He (カラムヘッド圧 150kPa)
イオン化法	: EI
マルチプライヤー	: 1000V
検出モード	: SCAN

表6. mix52以外の測定対象物質

2-Methyl-1-propanol
1-Methoxy-2-propylacetate
2-Butoxyethanol
Cyclohexanone
Decyne
Dimethyloctane
Propylbenzene
Cumene
Methylnonane
4-Ethylheptane
Dimethylnonane
Propyltoluene
Cymene
Diethylbenzene
4-Ethyl-1,2-dimethylbenzene
Methyldecane
Methylundecane

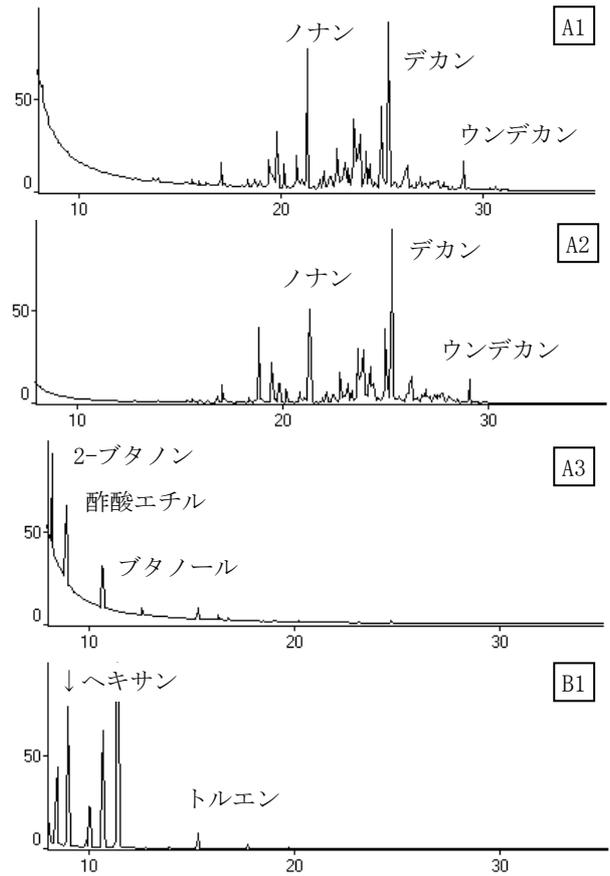


図3. 塗料及び接着剤のチャンバー法によるGC/MSクロマトグラム

のピーク面積からトルエンのピーク面積に対する相対感度比を算出し(式4), これを用いて各物質のピーク面積を補正した(式5).

相対感度比=各物質のピーク面積/トルエンのピーク面積 (式4)

補正面積=物質のピーク面積/相対感度比 (式5)

補正する事により, 標準物質が入手できなかったジメチルノナン(C₁₁H₂₄)とメチルデカン(C₁₁H₂₄)の組成比も暫定的に求める事ができた. 両物質の場合の相対感度比は, 同じ脂肪族炭化水素であるウンデカン(C₁₁H₂₄)の相対感度比を用いた. また, 観察されたピーク数は少ないが, 物質の同定ができない不明ピークの場合, 相対感度比を1としてピーク面積を補正した.

4) 成分組成比の算出 成分組成比は式6より算出した.
成分組成比=(各物質の補正面積/全補正面積)×100(%) (式6)

結 果

1. 塗料等から放散するVOCについて

1) VOCの放散 各試験材料について, GC/MSクロマトグラムを図3に, 塗布直後(0日目)に放散される主なVOCを表7に示す.

図3より, A1とA2のクロマトグラムが類似している事が分かった. A1及びA2からは, ノナンからウンデカンまでの範囲に多数のピークを検出した. 放散速度についても, エチルトルエンやノナン, デカンの放散が大きい事が類似

表7. 塗料及び接着剤から放散する主なVOC* (mg/m²/h)

化合物	A1	A2	A3	B1
トルエン	10	4.8	16	590
キシレン	330	330	0.47	52
エチルベンゼン	130	520	0.83	18
エチルトルエン	560	740	ND	0.37
ヘキサン	2.8	5.3	1.4	700
ノナン	420	360	ND	0.029
デカン	470	100	ND	0.024
ブタノール	ND	1.6	210	1.9
ジメチルペンタン	ND	ND	ND	140
2-ブタン	40	50	48	ND
酢酸エチル	ND	ND	44	39

ND: 未検出

*: 試料は塗布直後に採取

していた. 一方, A3やB1からはブタノールやヘキサン等, 保持時間の早いピークが多く検出され, それらの放散速度が大きい事が分かった.

また, 室内濃度の指針値が設定されているトルエン, キシレン及びエチルベンゼンについては, 全ての試験材料から放散が認められたが, その大きさは試験材料によって大きく異なっていた.

2) 放散速度の経時変化 0日目から14日経過後までの, TVOC放散速度の経時変化と減衰率を表8に示す. 全ての試験材料において, TVOC放散速度は0日目が最大で, 1日経過後には95~99%, 2日経過後には99%以上減衰した. 表8には示していないが, 個々のVOCにおいても, 大半の物質は0日目の放散速度が最大で, 1日経過後に急

表8. 塗料及び接着剤のTVOC放散速度 (mg/m²/h) の経時変化と減衰率 (%)

経過日数 (日)	A1		A2		A3		B1	
	放散速度	減衰率	放散速度	減衰率	放散速度	減衰率	放散速度	減衰率
0	2660		2960		318		1550	
1	75.0	97.2	41.5	98.6	2.6	99.2	73.5	95.3
2	4.2	99.8	17.0	99.4	1.6	99.5	13.2	99.1
3	2.2	99.9	12.5	99.6	1.2	99.6	7.0	99.6
7	2.5	99.9	4.4	99.9	2.8	99.1	5.6	99.6
14	2.0	99.9	2.3	99.9	0.9	99.7	6.0	99.6

減衰率は減衰した放散速度を0日目の放散速度で除して算出した
 減衰率 (%) = (0日目の放散速度-経過日数後の放散速度)/0日目の放散速度×100

表9. VOC放散速度を用いた室内濃度の予測値

表9-1. 塗料A1の場合

経過日数 (日)	室内濃度 (µg/m ³)		
	0	1	2
TVOC	1,650,000	46,600	2,700
トルエン	6,400	450	66
キシレン	204,000	210	69
エチルベンゼン	77,800	75	33
エチルトルエン	348,000	1,340	56
ノナン	258,000	120	13
デカン	293,000	3,020	51
ウンデカン	47,200	25,100	470
ドデカン	740	2,100	470

表9-2. 塗料A3の場合

経過日数 (日)	室内濃度 (µg/m ³)		
	0	1	2
TVOC	197,000	1,710	1,090
トルエン	9,730	83	56
キシレン	300	34	19
エチルベンゼン	520	21	17
ブタノール	128,000	370	140
2-ブタノン	30,000	23	9
酢酸エチル	27,600	80	42

6畳洋室：25.7m³ (3.3×3.0×2.6m)，塗布面積：壁一面と仮定 (約 8m²)
 換気量：換気回数を0.5回/hと仮定 (12.9 m³/h)

激に減衰する傾向が見られた。

3) 室内空气中濃度の予測 洋室の壁に塗料 A1 あるいは塗料 A3 を塗布した場合を仮定し、塗布後 0～2 日後の室内空气中 VOC 濃度の予測値を算出した。結果を表 9-1、9-2 に示す。洋室 (6 畳) の容積を 25.7 m³、塗布面積を壁一面 (約 8 m²)、室内の換気回数を 0.5 回/h (換気量：12.9 m³/h) と仮定した。

室内濃度の指針値が設定されているトルエン、キシレン

及びエチルベンゼンは³⁾、1 日経過後には急激に減衰すると予測された。同じように、A1 のエチルトルエンやノナン、デカン及び A3 のブタノールや 2-ブタノン、酢酸エチルも 1 日後には激減が予測された。しかし、A1 のウンデカン及びドデカンは減衰速度が遅く、2 日経過後も 470 µg/m³ と、他の VOC に比べ高濃度になると予測された。

TVOC もトルエン等と同様に急激な減衰を示したが、2 日経過後の時点では暫定目標値 (400 µg/m³)³⁾ 以下まで

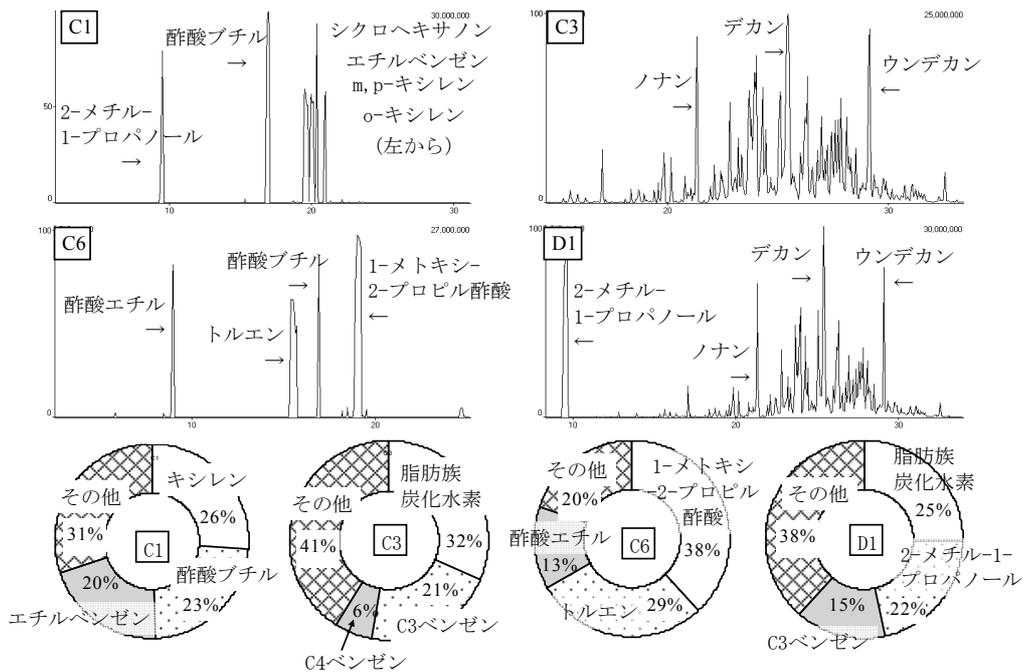


図4. 塗料希釈液等のGC/MSクロマトグラムと成分組成比

C2はC1と、C4、C5はC3と類似していたので省略した。
 C3ベンゼンはベンゼン環に炭素が3つ結合した物質 (エチルトルエン、トリメチルベンゼン等)、
 C4ベンゼンは炭素が4つ結合した物質 (プロピルトルエン、テトラメチルベンゼン等) の総和

減衰しないと予測された。

2. 塗料希釈液中に含まれる VOC について

C1, C3, C6 及び D1 の GC/MS クロマトグラムと組成比(上位 3 物質とその他)を図 4 に示す。C2 は C1 と, C4, C5 は C3 と類似していたので省略した。

「トルエン, 酢酸エチルを含まない」と記載されている C1 の主要含有 VOC は 5 物質で, 特にキシレン, 酢酸ブチル及びエチルベンゼンの組成比が大きく, これら 3 物質の合計が全体の約 70 % を占めていた (C2 は 75 %)。C3 では, ノナンからウンデカンの範囲に多数のピークが検出され, 脂肪族炭化水素の組成比が約 30 % を占めていた (C4: 33 %, C5: 39 %)。C6 からは主に 4 物質が検出され, トルエンの組成比が全体の約 30 % を占めていた。D1 は C3 と類似したクロマトグラムを示し, 組成比では脂肪族炭化水素と 2-メチル-1-プロパノールがいずれも 20 % 以上を占めていた。

考 察

シックハウス問題の対策として厚生労働省が初めて化学物質の室内空気中濃度指針値を設定したのは 1997 年 (ホルムアルデヒド, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) である³⁾。その後, 農林水産省や経済産業省は建材等について JAS 及び JIS を整備⁴⁾, 国土交通省は改正建築基準法 (H14 年) によりホルムアルデヒドの使用を規制する等⁵⁾, 健康影響に配慮した住宅の建築を進めている。しかし, 室内空気中の化学物質汚染は, 住宅建築関連材料の他, 居住者が自ら持ち込む家具や生活用品も関与する^{6,7)}。そこで我々は, VOC の発生源と推測される市販の塗料や接着剤等について, トルエン等の指針値設定物質及び指針値未設定物質の放散量や含有量を調査した。

チャンパー法による放散試験を行った結果, 指針値未設定物質のエチルトルエンが塗料から多く放散する事を確認した。エチルトルエンはトルエンやキシレンと同様, 灯油や軽油の蒸気から検出される VOC である⁸⁾。この物質の毒性については, マウスへの吸引暴露による肺のガス交換率低下が報告されており, RD_{50} (50% のマウスでガス交換率低下) の濃度は $4,216 \text{ mg}/\text{m}^3$ である⁹⁾。これはトルエン ($17,893 \text{ mg}/\text{m}^3$) やキシレン ($10,590 \text{ mg}/\text{m}^3$) の RD_{50} 濃度よりも低い⁹⁾。また人体に対しては目・鼻・喉を刺激し, 吸引暴露により吐き気・眩暈・頭痛等を引き起こす¹⁰⁾。一般的なエチルトルエンの空気中濃度は, 外気で $0.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=222$), 住宅室内で $2.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=1499$) と¹¹⁾, トルエンの一般住宅室内濃度 ($25.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹²⁾) に比べて低濃度である。しかし, エチルトルエンの放散速度が大きい A1 のような塗料を室内に塗布した場合, 作業当日や翌日の室内濃度が非常に高くなると予測した (当日: $348 \text{ mg}/\text{m}^3$, 翌日: $1,340 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。今回我々は予測のみを行ったが, 実際に塗装作業中の室内濃度を測定した Srivastava らの報告¹³⁾によると, 作業中は *o*-キシレンやベンゼン, デカン,

トルエンの室内濃度が $25,620 \sim 3,430 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高くなり, 室内濃度と外気濃度の比が最大で約 1,300 (ベンゼン: 室内 $12,900 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 外気 $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) となった。しかしこれらトルエンやキシレン等は濃度減衰が急激であるため, 作業後数日間で一般住宅レベルの室内濃度まで減衰すると予測される。

一方, 検出された VOC 全てがトルエンのように急激に濃度減衰をする訳ではなく, 比較的濃度減衰が遅い物質として, ウンデカンやドデカンが観察された。特にドデカンは作業当日よりも 1 日経過後の方が高濃度になると予測された。これら両物質の 2 日経過後の室内濃度予測値は $470 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で, これは TVOC の暫定目標値 ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を一物質だけで超える高濃度である。このように, 物質によって濃度減衰の速度が異なる一因として揮発のし易さが考えられる。

一般に化学物質の揮発のし易さは沸点と蒸気圧を指標に判断されるが, 建材等からの物質の揮発は蒸気圧を指標とするのが適当である¹⁴⁾。したがって蒸気圧に着目すると, 約 25 mmHg におけるキシレンやエチルベンゼンの蒸気圧が約 10 mmHg であるのに比べると¹⁵⁾, ウンデカンが 0.412 mmHg , ドデカンが 0.135 mmHg と 1/10 以下である¹⁶⁾。蒸気圧の値が大きいほど揮発し易いため, ウンデカンやドデカンは VOC の中では比較的揮発し難い物質であり, そのため濃度減衰に時間が掛かったと考えられる。このように濃度減衰が遅い物質が多く含まれる塗料の場合, 必然的に TVOC 濃度の減衰も遅くなり, 暫定目標値以下を達成するまでには多くの日数が必要である。ちなみに表には示していないが, 14 日後の TVOC 室内濃度予測値は A1 の場合が $1,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, A3 の場合が $650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で, いずれも暫定目標値以下まで減衰しなかった。

また, 本実験では GC/MS への直接導入による塗料希釈液の分析を行い, 含まれる VOC の成分組成比を求めた。その結果, 主要 VOC が 4~5 物質と少なく, トルエンやキシレン, エチルベンゼンを 20~30 % 含む希釈液と, ノナンやデカン等の脂肪族炭化水素やベンゼン類を多種類含む希釈液の 2 つに大別できる事が分かった。

今回の調査において, 指針値未設定物質であるエチルトルエンやウンデカン, ドデカンが, 塗料由来の室内空気汚染物質になり得る事が予測された。エチルトルエンについては, 上述した通り, その毒性に注意する必要がある。またウンデカンは目, 皮膚, 粘膜及び上気道への刺激, ドデカンはベンゾピレンの代謝活性酵素誘引剤になる等 (ウサギ吸引暴露), やはりこれら物質の毒性には注意する必要がある¹⁶⁾。しかし, シックハウス対策は, まず指針値設定物質の低減を目標に検討されるのが現状である。例えば, H14 年に改正された建築基準法⁵⁾の主な目的は, ホルムアルデヒドとクロルピリホス対策である。また市販の空気汚染対策製品についても, ホルムアルデヒド対策のための製品が多く¹⁷⁾, それに比べて VOC 対策製品は種類も効果もまだ十分ではない¹⁸⁾。したがって, 今回の実験で判明したよう

に、市販の塗料や接着剤から健康影響が懸念される指針値未設定の化学物質が多量に放散する事から、居住者や使用者自身に適正な使用をするよう働きかける事が必要である。

ま と め

小形チャンパー法により、市販の塗料や接着剤から放散する VOC を調査したところ、エチルトルエンの放散速度が他の物質に比べて大きい塗料がある事が分かった。この塗料を室内の壁に塗布した場合、塗布後 1 日経過した室内空气中エチルトルエン濃度は $1,340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と予測された。エチルトルエンは指針値未設定の物質だが、その毒性についてはトルエン等と類似しており、注意する必要がある。同じく予測した結果から、塗布後 2 週間経過した室内空气中 TVOC 濃度は $1,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、暫定指針値の $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下まで減衰するには更に多くの日数が必要と考えられた。

また、GC/MS 直接導入による市販の塗料希釈液等に含まれる VOC を調査した結果、トルエンを 30 % 近く含有する製品を確認した。その他には、「トルエン、酢酸エチルを含まない」と記載されている塗料希釈液中に、キシレン、酢酸ブチル及びエチルベンゼンが全体の約 75 % 含まれている事が分かった。

以上の事から、市販の塗料や接着剤等を使用する際には換気や立ち入りに関して適切に行うよう働きかける必要がある。

(本研究の概要は平成 15 年度地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部 第 16 回理化学研究部会研究会 2004 年 2 月で一部発表した。)

文 献

- 1) 村上周三監修：シックハウス対策に役立つ小形チャンパー法解説 [JIS A 1901] ,2003 ,日本規格協会 ,東京 .
- 2) 壁紙用接着剤からの化学物質放散速度に関する研究報告書 , pp3,4,25,26 ,平成 11 年 6 月 30 日 ,壁装材料協会 ,東京 .
- 3) 厚生労働省：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 ,平成 13 年 7 月 .
- 4) JIS ハンドブック 74 シックハウス ,2004 ,日本規格協会 ,東京 .
- 5) 建築基準法 第二十八条の二 ,平成 14 年 7 月 .
- 6) 斎藤育江 ,大貫 文 ,瀬戸 博 ,他：東京健安研七年報 , **55** , 227-232 , 2004 .
- 7) 大貫 文 ,斎藤育江 ,瀬戸 博 ,他：東京衛研年報 , **52** , 217-220 , 2001 .
- 8) K.Kimura,T.Nagata,K.Kudo,et al.:*Biol. Mass Spectrom.*, **20**,493-497,1991.
- 9) Radoslaw S.,Konrad R.,Jolanta J.,et al.:*Int. J. Occup. Med. Environ. Health*,**13**(4),307-315,2000.
- 10) The United States Coast Guard(USCG):*The Chemical Hazards Response Information System (CHRIS)*.
- 11) M.Rehwagen,U.Schlink,O.Herbarth,:*Indoor Air*, **13**, 283- 291,2003.
- 12) 厚生労働省：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 , 1999 .
- 13) P.K.Srivastava,G.G.Pandit,S.Sharma, et al.:*Sci.Total Environ.*,**255**,161-168,2000.
- 14) 厚生労働省：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 6 回~第 7 回のまとめ について , pp151 ,平成 13 年 7 月 .
- 15) 藤原鎮男監訳：ザックス有害物質データブック , pp87,157 , 1990 ,丸善 ,東京 .
- 16) The National Library of Medicine (NLM): *The Hazardous Substances Data Bank(HSDB)*,U.S.A..
- 17) 小峯裕己:第 12 回健康住宅セミナー ,pp33-49 ,2001 ,日本健康住宅協会 ,大阪 .
- 18) 野崎敦夫：室内化学物質汚染低減対策品の試験評価法と除去性能に関する研究 ,室内環境学会 , 2004 .