

## 2. 調査時期

2001年3月28日～29日、8月29日～30日、11月15日～16日（一部の結果は前年度に報告済）

2002年2月20日～21日、8月20日～21日（一部は9月17日～18日）

## 3. 測定方法

### （1）空气中VOC濃度

① 調査した化学物質：トルエンを含む41物質（表1）

② サンプリング方法：活性炭チューブ（ジャンボ型、柴田科学）による固相吸着法  
ミニポンプMP-Σ300（柴田科学）で毎分1.0L/分で空気を吸引した

③ ガスクロマトグラフ・質量分析（GC-MS）用試料調製法

7ml栓付バイアルびんに捕集管の活性炭と脱着溶媒（二硫化炭素、作業環境測定用）4mlを入れた後、時々混合しながら室温で2時間放置した。脱着液を遠心分離（3000rpm、10分間）後、上澄液1mlをGC-MS用サンプルびんに分取し、内部標準液（トルエン-d8）を5μl添加した。

④ 分析方法

#### a. 分析装置

ガスクロマトグラフ・質量分析装置：5890 SERIES II-5972 (Hewlett Packard)

#### b. GC-MS 分析条件

カラム：NB-1 内径0.25μm×長さ60m、膜厚1.5μm（ジーエルサイエンス）

オープン温度：45℃（5分保持）→10℃/分→300℃（7分保持）

注入口温度：250℃

インターフェイス温度：280℃

試料注入法：スプリットレス

キャリアーガス：ヘリウム

カラムヘッド圧：14.5psi

注入量：1μl

検出法：SIM検出法

表 1 トルエン等の揮発性有機化合物

揮発性有機化合物名		室内濃度指針値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	未設定
	n-ヘプタン	未設定
	n-オクタン	未設定
	n-ノナン	未設定
	n-デカン	未設定
	n-ウンデカン	未設定
	n-ドデカン	未設定
	n-トリデカン	未設定
	n-テトラデカン	330
	n-ペンタデカン	未設定
	n-ヘキサデカン	未設定
	2,4-ジメチルペンタン	未設定
	2,2,4-トリメチルペンタン	未設定
	芳香族炭化水素	ベンゼン
トルエン		260
エチルベンゼン		3800
キシレン		870
スチレン		220
1,3,5-トリメチルベンゼン		未設定
1,2,4-トリメチルベンゼン		未設定
1,2,3-トリメチルベンゼン		未設定
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン		未設定
テルペン類	$\alpha$ -ピネン	未設定
	リモネン	未設定
塩素化炭化水素	トリクロロエチレン	未設定

	テトラクロロエチレン	未設定
	クロロホルム	未設定
	1,1,1-トリクロロエタン	未設定
	1,2-ジクロロエタン	未設定
	1,2-ジクロロプロパン	未設定
	四塩化炭素	未設定
	クロロジブロモメタン	未設定
	p-ジクロロベンゼン	240
エステル類	酢酸エチル	未設定
	酢酸ブチル	未設定
アルコール類	n-ブタノール	未設定
	2-エチル-1-ヘキサノール	未設定
ケトン類	メチルエチルケトン	未設定
	メチルイソブチルケトン	未設定
アルデヒド類	ノナナール	未設定
	デカナール	未設定

## (2) カルボニル化合物

① 調査した化学物質：ホルムアルデヒドを含む 13 物質（表 2）

② サンプリング方法：DSD-DNPHパッシブサンプラー（Supelco）による固相吸着法

パッシブサンプラーを 24 時間放置した

③ 高速液体クロマトグラフ（HPLC）用試料調製法

サンプラーに脱着溶媒（アセトニトリル、残留農薬分析用）5ml を流下させ、捕集剤からカルボニル化合物のDNPH誘導体を溶出し、5ml に定容した。

④ 分析方法

a. 分析装置

高速液体クロマトグラフ（LC-9A、島津製作所）

b. HPLC分析条件

カラム：Discovery RP-Amide C16 内径 4.6mm×長さ 25cm (Sigma Aldrich)

オープン温度：40℃

移動層：アセトニトリル：水=55：45

流速：1.0m l /分

検出波長：360nm

注入量：30  $\mu$  l

表2 カルボニル化合物

化合物名	室内濃度指針値 ( $\mu$ g / m <sup>3</sup> )
ホルムアルデヒド	100
アセトアルデヒド	48
アセトン	未設定
アクロレイン	未設定
プロピオンアルデヒド	未設定
クロトンアルデヒド	未設定
ブチルアルデヒド	未設定
ベンズアルデヒド	未設定
イソバレルアルデヒド	未設定
バレルアルデヒド	未設定
p-トルアルデヒド	未設定
m, o-トルアルデヒド	未設定
ヘキサアルデヒド	未設定
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	未設定

(3) 空气中フタル酸エステル

- ① 調査した化学物質：フタル酸ジエチルヘキシルを含む11物質(表3)
- ② サンプリング方法：ろ過捕集による固相吸着法

空気の採取には、四フッ化エチレン樹脂製のろ紙ホルダーを使用して、前段に粒子状物質捕集用として石英フィルター(300℃で3時間加熱処理)、後段にガス粒子状物質捕集

用として ODS フィルター（アセトンにより浸漬洗浄処理）を取り付けて、流速 10 L / 分で 24 時間サンプリングを行った。

### ③ GC-MS 用試料調製法

10 ml 栓付バイアルびんに採取した石英フィルターと ODS フィルターを入れ、アセトン 10 ml を加えて超音波抽出処理（10 分間）を行った。抽出液は遠心分離（3000rpm、10 分間）後、上澄液 1 ml を GC-MS 用サンプルびんに分取し、内部標準液（フタル酸ジブチル-d4）を 5  $\mu$  l 添加した。

### ④ 分析方法

#### a. 分析装置

ガスクロマトグラフ・質量分析装置：5890 SERIES II-5972 (Hewlett Packard)

#### b. GC-MS 分析条件

カラム：HP-5MS 内径 0.25  $\mu$  m × 長さ 30m、膜厚 0.25  $\mu$  m (Hewlett Packard)

オープン温度：60°C（1 分保持）→10°C / 分→300°C（保持時間なし）

注入口温度：250°C

インターフェイス温度：280°C

試料注入法：スプリットレス

キャリアーガス：ヘリウム

カラムヘッド圧：14.5psi

注入量：1  $\mu$  l

検出法：SIM 検出法

空気中 VOC およびフタル酸エステルは、室内中央部の床上 1.2~1.5m で、外気は室内から排気の影響を受けない場所で地上 1.2~1.5m 24 時間サンプリングした。

表3 フタル酸エステル

化合物名	室内濃度指針値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
フタル酸ジメチル	未設定
フタル酸ジエチル	未設定
フタル酸シイソプロピル	未設定
フタル酸ジプロピル	未設定
フタル酸ジイソブチル	未設定
フタル酸ジブチル	220
フタル酸ジペンチル	未設定
フタル酸ジヘキシル	未設定
フタル酸ブチルベンジル	未設定
フタル酸シクロヘキシル	未設定
フタル酸ジエチルヘキシル	120

(4) 床材からの VOC 放散量

建材表面部位別サンプリングシステム（二重管チャンバー法：ジーエルサイエンス社）を使用して（田村一、他：1999）、空気中 VOC 濃度と同様の方法である活性炭チューブによる固相吸着／溶媒抽出／GC-MS 法で測定した。サンプリング時間は、60～90 分間であった。

(5) 内装材表面のフタル酸エステルの有無

アセトンを含浸させた脱脂綿で床、壁、天井の各  $100\text{cm}^2$  を拭き取った後、アセトン 50ml に抽出した。抽出液中のフタル酸エステルの有無は空気中フタル酸エステル濃度の測定と同じ分析方法（ただしスキャンモード（SCN）分析）で、抽出液中の 2-エチル-1-ヘキサノールの有無は空気中 VOC 濃度の測定と同じ分析方法（ただし SCN 分析）で行った。

(6) 温湿度

Thermo Recorder（テェアンドディ）を使用して VOC のサンプリング位置の近くで 24 時間連続測定した。

C. 研究結果

1. 室内空気から検出されたVOCの種類とその濃度

表4は、2001年8月における空気中VOC濃度をまとめたものである。室内での2-エチル-1-ヘキサノール濃度は65.5~1086 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、調査した室内全部で検出され、他のVOC濃度と比較して著しく高濃度であった。2-エチル-1-ヘキサノールの外気濃度は0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。ホルムアルデヒド濃度も比較的高濃度であったが、冬季には10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満まで低下していた。

表4 室内空気中揮発性有機化合物濃度 (2001年8月29日~30日)

化合物名		空気中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						
		会議室	講義室	情報処理実習室	セミナー室	研究室	廊下	外気
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	1.18	1.30	2.57	0.90	1.08	1.20	0.85
	n-ヘプタン	0.56	0.50	0.66	0.48	0.78	0.53	0.44
	n-オクタン	0.40	0.67	0.47	0.45	0.69	0.60	0.42
	n-ノナン	0.81	1.37	1.07	0.95	ND	0.98	0.77
	n-デカン	1.39	2.07	1.82	1.70	1.33	1.49	1.28
	n-ウンデカン	0.96	0.19	0.89	1.25	3.13	1.51	0.36
	n-ドデカン	1.35	2.39	1.74	3.17	1.52	1.61	0.80
	n-トリデカン	1.35	2.21	1.77	3.79	2.17	1.87	1.25
	n-テトラデカン	1.45	2.31	1.96	5.02	0.45	1.97	0.80
	n-ペンタデカン	0.68	0.92	0.72	3.13	3.42	1.07	0.44
	n-ヘキサデカン	0.61	1.91	0.47	10.40	1.42	2.66	0.57
	2,4-ジメチルペンタン	0.32	0.31	0.30	0.28	0.28	0.32	0.30
	2,2,4-トリメチルペンタン	0.48	0.44	0.60	0.42	0.71	0.47	0.39
	芳香族炭化水素	ベンゼン	0.83	1.11	0.93	1.10	1.03	1.45
トルエン		16.7	15.6	15.2	17.0	13.5	14.7	10.5
キシレン混合物		4.49	7.73	8.01	7.18	6.55	7.21	3.97
エチルベンゼン		3.24	5.41	5.52	4.33	4.91	4.27	3.03

	スチレン	0.15	0.24	0.67	0.76	0.60	0.40	ND
	1,3,5-トリメチルベンゼン	0.54	0.85	0.68	0.62	0.63	0.64	0.50
	1,2,4-トリメチルベンゼン	1.56	2.40	2.02	1.83	1.77	1.74	1.36
	1,2,3-トリメチルベンゼン	0.55	0.63	0.49	0.53	0.65	0.58	0.52
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	0.27	0.32	0.29	0.40	0.31	0.28	0.24
テルペン類	$\alpha$ -ピネン	0.90	1.20	0.98	3.29	1.63	1.29	0.40
	リモネン	0.39	0.35	0.32	0.36	0.67	0.37	0.25
塩素化炭化水素	トリクロロエチレン	0.95	1.56	1.76	1.25	1.63	0.91	1.15
	テトラクロロエチレン	0.81	0.55	0.40	0.46	0.40	0.89	0.33
	クロロホルム	0.29	0.37	0.37	0.44	0.61	1.95	0.26
	1,1,1-トリクロロエタン	0.44	0.48	0.48	0.44	0.44	0.49	0.42
	1,2-ジクロロエタン	0.39	0.39	0.40	0.36	0.38	0.40	0.39
	1,2-ジクロロプロパン	0.10	0.32	0.19	0.40	0.21	0.59	0.09
	四塩化炭素	0.83	0.92	0.91	0.83	0.72	0.84	0.73
	クロロジプロモメタン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	p-ジクロロベンゼン	1.24	1.84	1.53	1.27	1.68	1.17	1.26
エステル類	酢酸エチル	3.35	5.63	5.29	3.97	5.54	4.98	5.10
	酢酸ブチル	1.23	1.99	1.94	2.49	1.52	1.16	1.33
アルコール類	n-ブタノール	5.54	6.60	12.0	38.4	21.0	14.5	0.70
	2-エチル-1-ヘキサノール	408	198	65.5	1086	222	164	0.86
ケトン類	アセトン	18.1	14.1	ND	32.5	18.3	34.8	4.6
	メチルエチルケトン	7.25	4.56	4.80	4.73	3.55	3.99	1.31
	メチルイソブチルケトン	0.78	1.09	0.97	2.09	ND	0.74	0.80
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	81.7	70.8	3.1	82.8	43.9	43.8	6.6
	アセトアルデヒド	10.4	4.7	ND	13.3	13.9	10.9	1.4
	プロピオンアルデヒド	14.3	4.2	ND	8.1	5.9	8.8	6.2
	アクロレイン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	クロトンアルデヒド	18.2	9.4	ND	9.9	1.4	6.8	3.0
	ブチルアルデヒド	1.1	1.3	0.2	3.7	1.9	3.2	0.2



ベンズアルデヒド	ND	ND	ND	3.7	1.2	2.4	ND
イソバレルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
バレルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
p-トルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,o-トルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ヘキサアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ノナール	1.85	2.15	3.09	5.36	7.87	2.54	ND
デカール	0.59	1.14	1.49	2.67	1.62	0.84	3.14

ND 値：定量下限値未満

## 2. 室内空气中 2-エチル-1-ヘキサノール濃度の推移

表5は、1年半にわたる建物内6か所と外気の2-エチル-1-ヘキサノール濃度の推移を示したものである。2-エチル-1-ヘキサノール濃度は夏季に上昇し、冬季に減少する傾向にあったが、時間経過に伴う濃度低下は必ずしもみられなかった。情報処理実習室は他の部屋と比較して2-エチル-1-ヘキサノール濃度が低い傾向にあったが、いずれの部屋も外気と比較して年間を通じて高濃度であった。

表5 空气中2-エチル-1-ヘキサノール濃度の推移

調査年月	2-エチル-1-ヘキサノール濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						
	会議室	講義室	情報処理実 習室	セミナー室	研究室	廊下	外気
2001年3月	405	—	—	—	853	—	—
2001年8月	408	198	65.5	1086	222	164	0.86
2001年11月	112	52.0	4.51	205	52.4	30.0	0.61
2002年2月	212	53.2	27.9	165	35.7	54.5	0.26
2002年8月	欠測	—	25.0	欠測	77.1	56.9	0.26
2002年9月	1183	—	—	565	—	—	—

#### 4. 床材から放散されるVOCの種類とその放散量

表6は、2002年8月に調査した会議室、情報処理実習室、セミナー室の床材からの2-エチル-1-ヘキサノール、ブチルアルコール、メチルエチルケトンの放散量を示したものである。情報処理実習室での2-エチル-1-ヘキサノールの放散量 ( $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) は、会議室 ( $620\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) やセミナー室 ( $623\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の40分の1未満であった。情報処理実習室の床はタイルカーペット敷きとなっているが床下に配線スペースが確保されたアクセスフロア構造であるのに対して、会議室はコンクリート躯体にタイルカーペットが、セミナー室ではプラスチックシートが張られていた。一方、同じ時期に調査した情報処理実習室の空气中2-エチル-1-ヘキサノール濃度 ( $25.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、8月調査) は、会議室 ( $1183\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、9月調査) やセミナー室 ( $565\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、9月調査) の20分の1未満であり、床からの2-エチル-1-ヘキサノール放散量と対応していた。情報処理実習室のブチルアルコールおよびメチルエチルケトン濃度も、会議室やセミナー室より低かった。この結果から、2-エチル-1-ヘキサノールの発生源が少なくとも床に存在していること、その放散量は床の構造によって大きな違いがあることが明らかになった。なお、他のVOC放散量は今回の測定条件ではいずれも定量下限値未満であった。

表6 床材から放散されたVOCの種類とその濃度

測定場所	放散量 ( $\mu\text{g}/\text{時}\cdot\text{m}^2$ )		
	2-エチル-1-ヘキサノール	ブチルアルコール	メチルエチルケトン
会議室	620	43	22
情報処理室	14	29	8
セミナー室	623	46	21

注) 他のVOCは今回の測定条件では定量下限値未満であった

#### 5. 室内空气中フタル酸エステル濃度

表7は、フタル酸エステルの空气中濃度をまとめたものである。フタル酸ジブチルならびにフタル酸ジエチルヘキシル濃度が比較的高かった。会議室ならびにセミナー室のフタル酸ジエチルヘキシル濃度 ( $1.44\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) は情報処理実習室 ( $0.86\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) より高かったが、2-エチル-1-ヘキサノール濃度と比較して会議室・セミナー室と情報処理実習室の間での濃度差は小さかった。

表7 空气中フタル酸エステル濃度

化合物名	空气中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	会議室	情報処理 実習 室	セミナー室	研究室
フタル酸ジメチル	ND	ND	0.05	0.03
フタル酸ジエチル	ND	ND	0.03	0.21
フタル酸シイソプロピル	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジプロピル	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジイソブチル	0.03	0.04	0.09	0.33
フタル酸ジブチル	2.92	6.41	4.14	4.06
フタル酸ジペンチル	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジヘキシル	ND	ND	ND	ND
フタル酸ブチルベンジル	0.03	0.02	0.04	0.02
フタル酸シクロヘキシル	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジエチルヘキシル	1.44	0.86	1.44	0.31

ND 値：定量下限値未満

#### 6. 内装材表面のフタル酸エステルと 2-エチル-1-ヘキサノール

表8は、アセトン含浸脱脂綿による拭き取り法による内装材表面のフタル酸エステルおよび 2-エチル-1-ヘキサノールの有無をまとめたものである。セミナー室の床と壁、情報処理実習室の金属製床板に塗布された接着剤や床板上に敷かれたタイルカーペットから、大量のフタル酸ジエチルヘキシルが検出されたが、2-エチル-1-ヘキサノールは検出されなかった。

表 8 内装材表面のフタル酸エステルおよび 2-エチル-1-ヘキサノール

化合物名	セミナー室			情報処理実習室	
	床	壁	天井	床金属板接着剤	床マット裏側
フタル酸ジメチル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジエチル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸シイソプロピル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジプロピル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジイソブチル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジブチル	極く微量検出	微量検出	極く微量検出	極く微量検出	極く微量検出
フタル酸ジペンチル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジヘキシル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ブチルベンジル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸シクロヘキシル	ND	ND	ND	ND	ND
フタル酸ジエチルヘキシル	大量に検出	大量に検出	ND	大量に検出	大量に検出
2-エチル-1-ヘキサノール	ND	ND	ND	ND	ND

ND : 検出しない

## 7. 温湿度

表 9 は、室内（研究室）と外気の気温と湿度をまとめたものである。室内の平均気温は、夏季では 25～29℃、冬季では 20℃前後であった。

表9 調査時の室内および外気の温湿度

調査時期			2001年8月	2001年11月	2002年2月	2002年8月
データ数			24	24	24	24
気温 (°C)	室内	平均	24.6	20.8	20.9	28.2
		最高	26.0	23.4	28.2	29.8
		最低	23.9	19.0	16.2	26.1
		日内幅	2.1	4.4	12.0	3.7
	外気	平均	26.7	13.6	9.3	25.1
		最高	28.1	17.7	15.4	27.8
		最低	25.6	11.4	6.1	23.1
		日内幅	2.5	6.3	9.3	4.7
湿度 (%)	室内	平均	75	41	38	45
		最高	81	50	47	47
		最低	62	36	25	41
		日内幅	19	14	22	6
	外気	平均	73	47	50	42
		最高	81	56	62	48
		最低	53	29	34	35
		日内幅	28	27	28	13

室内の調査場所：研究室

#### D. 考察

調査した建物は建築後4年余を経過していたが、調査した部屋すべてで2-エチル-1-ヘキサノールが検出されただけでなく、時間経過に伴う濃度の減少傾向はみられず、継続的な発生が推測された。また、床からの放散量測定結果から、2-エチル-1-ヘキサノールの発生源が少なくとも床に存在していること、その放散量は床の構造によって大きな違いのあることが明らかになった。また、床から発生した2-エチル-1-ヘキサノールは表面では検出されず、床のタイルカーペットやプラスチックシートを透過して空気中に放散していることも示唆された。プラスチック可塑剤のフタル酸ジエチルヘキシルは2-エチル-1-

ヘキサノールの原料または加水分解産物なので、この物質が室内空气中 2-エチル-1-ヘキサノールの原因母物質であることが疑われた。しかし、2-エチル-1-ヘキサノール濃度のように会議室・セミナー室と情報処理実習室の間に大きな濃度差は見られなかった。床にはどの部屋にもフタル酸エステルが存在し、部屋間の空气中濃度差が小さいにもかかわらず、室内空气中 2-エチル-1-ヘキサノール濃度がセミナー室と情報処理実習室との間で大きく異なっていたことから、フタル酸ジエチルヘキシルが存在していても 2-エチル-1-ヘキサノールが発生するとは限らないことも示唆された。

2-エチル-1-ヘキサノール濃度が高い部屋は、タイルカーペットやプラスチックシートをコンクリートの床に直接接着していることが特徴であり、コンクリートは本来アルカリ性物質であるため、コンクリート表面の湿度が高い環境では加水分解が起りやすいものと推定される。今後、タイルカーペットやプラスチックシート単品からの 2-エチル-1-ヘキサノール発生量及びコンクリート面の温度、湿度と 2-エチル-1-ヘキサノール発生速度との関係を明らかにする必要がある。タイルカーペットやプラスチックシートはごくありふれた建材であるが、本研究で取り上げた事例のように放散する 2-エチル-1-ヘキサノールが問題になる建築物は限られていると考えられる。工学の専門家により本事例の建物の問題点を明らかにし、放散しにくい製品、施工方法についてガイドラインを明確にしておくことが望ましいと思われる。

## E. 結論

今回の調査結果から、2-エチル-1-ヘキサノールの発生源のひとつが床であること、2-エチル-1-ヘキサノール濃度が高い部屋ではフタル酸ジエチルヘキシル濃度も高い傾向にあったが、2-エチル-1-ヘキサノール濃度はフタル酸ジエチルヘキシル濃度に必ずしも比例しないことが明らかになった。また、床から発生した 2-エチル-1-ヘキサノールは床のタイルカーペットまたはプラスチックシートを透過して空气中に放散していること、ならびに原因母物質と考えられたフタル酸ジエチルヘキシルが存在していても 2-エチル-1-ヘキサノールが発生するとは限らないことも示唆された。

## 1-2. 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染の換気に伴う変化

### A. 研究目的

化学物質過敏症の症状を呈した症例が教員として勤務する大学の教育研究棟では築4年が経過しているにも拘わらず、室内に高濃度の2-エチル-1-ヘキサノールが検出されている。すでにベイクアウトなど、通常の化学物質揮発対策も行っており、築後年数から考えて、2-エチル-1-ヘキサノールは建材などから持続的に発生していると推測される。症例は現在も高濃度の2-エチル-1-ヘキサノールが存在するこれらの部屋の使用に際しては咳、のどの刺激感、頭痛など症状を訴えていること、また、症例以外の教職員や学生にも少数ながら同様の症状の訴えがあることから、建材の交換、換気設備の新設などの抜本的な対策の前に、当面直ちにできる対策を最優先で行うことが重要であると考えられた。そこで、棟内に設置されている換気機能のついた空調装置としている必要な換気に伴う室内2-エチル-1-ヘキサノールの変化を観察したので報告する。

### B. 研究方法

活性炭チューブにポンプで24時間室内空気を通したサンプラーを二硫化炭素で脱着、ガスクロマトグラフ-質量分析計で室内の2-エチル-1-ヘキサノールを含む計41種類の揮発性化学物質(VOC)を分析した。サンプリングは2002年8-9月の連続した2日間に各室内を24時間以上換気しなかった場合、及び換気機能のついた空調機を24時間作動させた場合の2回行い、両方の測定結果を比較することにより、換気効果を評価した。測定を行った教育研究棟内の部屋は比較的高濃度の2EHが検出された1階会議室(170 m<sup>2</sup>)、6階セミナー室(24 m<sup>2</sup>)、2階講義室(65 m<sup>2</sup>)の3室で行った。

### C. 研究結果

結果を表10に示した。換気しなかった場合、会議室、セミナー室、講義室の2-エチル-1-ヘキサノール濃度はそれぞれ1183、565、232( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であり、換気した場合は336、92.4、65.5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。また、今回測定した41種類のVOCの合計値は換気しなかった場合、それぞれ1355、669、290( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であったのに対し、換気した場合にはそれぞれ377、161、97( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。これらの結果より、空調装置の作動による換気によって、会議室、セミナー室、講義室の2-エチル-1-ヘキサノール濃度はそれぞれ28、16、28%に減少した。また、測定した41種類のVOCの総量はそれぞれ28、24、33%に減少した。



#### D. 考察

換気の結果、各部屋の 2-エチル-1-ヘキサノールは換気しなかった場合の 16~28% になった。また、総 VOC(41 種類)は 24~33%に減少した。このうち、会議室はこれまで、使用頻度は 2 週間に 1 回であり、換気が不十分な状態では症例はしばしば咳漱、頭痛などの自覚症状を訴えていた。会議室の総 VOC は空調機の作動によっても厚生労働省の室内空气中化学物質濃度に関する暫定目標値  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  に近い値になっている。この中で 2-エチル-1-ヘキサノール濃度は  $336 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、測定した 41 物質総量の 89%を占めていた。したがって、同室では空調機作動による換気によっても 2-エチル-1-ヘキサノールを十分に排除できないことが推測された。現在直ちにできる換気法としては空調機以外には窓の開放が考えられる。

今回の測定時期は 8-9 月中旬であり、温度条件は空調機による冷房を必要としていた。一般に冷暖房を効率的に行うためには、窓の開放は望ましくないため、夏期、冬期の換気には温度条件にも配慮しながら適正な窓の開放のあり方を検討する必要があると考えられた。

表 10. 会議室、セミナー室、講義室の室内空気中の主な VOC の換気に伴う変化

化合物名	1F会議室		6Fセミナー室		講義室201		トラベ ルブラ ック	ND値
	換気 (-)	換気(+)	換気 (-)	換気 (+)	換気 (-)	換気 (+)		
メチルエチルケトン	5.13	1.91	1.22	1.71	1.08	0.95	ND	0.16
酢酸エチル	5.91	2.44	8.57	6.51	9.3	2.5	ND	0.44
n-ヘキサン	2.54	0.70	2.13	1.52	1.93	0.59	ND	0.13
クロロホルム	0.18	ND	0.47	ND	ND	ND	ND	0.17
1,2-ジクロロエタン	ND	ND	ND	0.18	ND	ND	ND	0.15
2,4-ジメチルペンタン	0.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.11
1,1,1-トリクロロエタン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18
n-ブタノール	33.3	5.55	19.4	3.90	2.93	4.00	ND	0.33
ベンゼン	1.94	1.07	2.16	2.02	1.97	ND	ND	0.31
四塩化炭素	0.48	0.54	0.63	1.32	0.53	0.64	ND	0.14
1,2-ジクロロプロパン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.93
トリクロロエチレン	1.42	ND	1.59	0.43	1.51	ND	ND	0.39
2,2,4-トリメチルペンタン	1.28	0.64	1.40	1.75	1.29	0.54	ND	0.17
n-ヘプタン	1.12	0.32	1.19	0.59	0.93	ND	ND	0.17
メチルイソブチルケトン	3.84	0.99	1.48	1.06	0.97	0.57	ND	0.21
トルエン	58.2	14.9	21.0	28.1	15.2	12.7	0.10	0.08
クロロジブロモメタン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10
酢酸ブチル	2.11	0.56	1.91	1.20	1.53	0.51	ND	0.26
n-オクタン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.87
テトラクロロエチレン	0.75	0.19	0.67	0.36	0.65	0.14	ND	0.13
エチルベンゼン	6.70	1.88	5.24	4.02	3.39	1.64	ND	0.07
m, p-キシレン	7.06	2.53	6.61	5.64	4.50	2.28	ND	0.09
スチレン	1.58	ND	0.77	ND	ND	ND	ND	0.58
o-キシレン	2.78	0.78	2.75	1.65	1.70	0.68	ND	0.38
n-ノナン	0.90	0.22	1.16	0.37	1.00	0.18	ND	0.11
$\alpha$ -ピネン	8.43	1.10	1.94	0.57	0.88	0.26	ND	0.09

1,3,5-トリメチルベンゼン	1.50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.47
1,2,4-トリメチルベンゼン	2.09	0.59	2.17	0.89	1.85	0.43	ND	0.12
n-デカン	2.11	0.59	2.41	1.15	1.80	0.53	ND	0.16
2-エチル-1-ヘキサノール	1183	336	565	92.4	232	65.5	ND	0.25
p-ジクロロベンゼン	2.89	0.53	1.54	0.40	1.45	0.17	ND	0.15
1,2,3-トリメチルベンゼン	0.54	ND	0.59	ND	0.46	ND	ND	0.12
リモネン	0.80	ND	0.35	ND	ND	ND	ND	0.18
ノナナール	1.71	0.95	1.73	1.91	ND	0.81	ND	4.80
n-ウンデカン	1.34	ND	1.53	ND	ND	ND	ND	1.18
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.73
デカナール	4.84	ND	3.30	ND	ND	ND	ND	1.24
n-ドデカン	3.60	ND	2.45	ND	ND	ND	ND	1.11
n-トリデカン	1.74	ND	1.29	ND	ND	ND	ND	1.10
n-テトラデカン	1.79	0.96	2.05	0.69	0.81	0.43	ND	0.25
n-ペンタデカン	ND	ND	0.57	ND	0.18	ND	ND	0.17
n-ヘキサデカン	0.91	0.56	1.49	0.45	0.35	0.43	ND	0.31
キシレン混合物 (o-, m-, p-)	9.94	3.35	9.45	7.38	6.27	2.99	ND	0.38

## 2. トリクロロエチレン曝露作業者に発生した全身性皮膚・肝障害の解析

### A. 研究目的

トリクロロエチレン使用職場ではまれに肝障害を伴う全身性皮膚障害が発生するが、低い曝露濃度で発症したとされる例もありその量反応関係は明らかでなく、感受性の個体差が発症に関与すると考えられている。1990年代半ば以降、工業化が急速に進行するアジア諸国で症例報告が相次いでいるため、我々は、多発地域における曝露の実態を明らかにする目的で、中国広東省で職場調査を行った。また、患者が発生した事業所で個々の作業者がどの程度の曝露を受けているか明らかにするため、作業中の自覚症状を問診しトリクロロエチレンの尿中代謝物量を測定した。

### B. 研究方法

広東省では2002年3月～12月に24名の発症が確認されている。うち4名が発症した工場A～D（AおよびD：プリント基板洗浄、B：OA機器用金属フレーム洗浄、C：腕時計金属部品プレス成型）を、2002年12月（室内気温20～24℃）に訪問調査した。空气中トリクロロエチレン濃度は検知管法（北川式）で測定した。

また、患者の情報を系統的に収集する目的で初年度に作成したチェックリストを用いて、発症前の作業中の自覚症状を入院中に聞き取り調査した。また、入院後できるだけ早期の尿を凍結保存した。さらに、工場A～Dの患者が発生した工程で、患者と性、年齢、作業内容ができるだけ一致するよう非発症者を最大6人選んだ。リストに基づき作業中の自覚症状を問診し、木曜または金曜日の作業終了時に採尿した。尿中代謝物は、トリクロロ酢酸及びトリクロロエタノールについて、メタノール硫酸法によるエステル化後にヘッドスペース・ガスクロマトグラフにより測定した（三菱化学ビーシーエル）。

### C. 研究結果

工場Aで3月に多形紅斑皮膚炎を発症した患者は洗浄後の基板を籠から取り出す作業を主に行い、基板の清拭作業も時々行っていた。調査時、トリクロロエチレン濃度は超音波洗浄槽上で80 ppm、洗浄槽横の清拭作業台上で10 ppmだった。洗浄者1名、清拭作業員4名とも防毒マスクを未着用だった。なお、洗浄槽と作業台の間には患者発生後に壁が設置され、洗浄槽は別室化されていた。工場B（図）では2000～01年に患者が3名発生し、自動洗浄機に局排装置、周囲に壁やエアカーテン等を設置したが、洗浄後の製品を取り出す作業員1名が今年4月Stevens-Johnson症候群を発症した。このため6月に、製品取り出