

ーゼの発現は、エストラジオールが最大で、65%阻害し、阻害作用の強度は、ADR活性のそれと相関した。さらに、末梢リンパ球の分画で見ると、CD4リンパ球は、ほとんど影響を受けず、これらの化学物質が、CD8リンパ球に強く作用することが判明した。

#### D. 考察

環境ホルモンが、人を含めた生物の生殖器系の機能形態に影響を及ぼすことは、よく知られているが、免疫系に対するこの物質の生物薬理学的作用については殆ど知られていない。このような理由から、本研究は遂行された。

細胞性免疫応答、液性免疫応答、アレルギー、自己免疫反応、ナチュラルキラー活性などの免疫応答は、雌雄間でその応答性に差異が存在し、雌のほうが雄より高い反応性を有していることは、広く知られている。性ホルモン、特にエストロゲンが、抑制性・細胞傷害性Tリンパ球(CD8)の活性を抑制することは、極めて興味深い事実であり、そのことが、ヘルパーTリンパ球(CD4)の活性を上昇させ、種々の免疫応答性に雌雄間の差異が存在することの一つの科学的根拠となっている。

今回の研究結果は、上記のようなエストロゲンによって惹起される免疫学的機能変動が、外因性化学物質などの環境シグナルによっても生じることを、初めて明らかにしたものである。

即ち、環境シグナルは、サイトカインによってスイッチオンされたCD8リンパ球の細胞内情報伝達のカスケードにおいて、特に、C-キナーゼ活性を抑制し、引き続きそれに連動したADR活性を二次的に抑制させ、結果的にM期の遂行に重要な鍵となるp34cdc2キナーゼの発現を抑制したと考えられた。

#### E. 結論

今回の実験結果より、農薬、殺虫剤、可塑剤などの主成分が、免疫系の細胞に対して、本来の女性ホルモンと同様の作用をもつことが、明らかとなった。その作用強度は、本来の女性ホルモンであるエストロゲンの100分の1から1000分の1程度ではあったが、環境シグナルによって、免疫系が攪乱され、引いてはそれが、恒常性維持の破綻につながるという可能性について、深く認識するべきであろう。

#### F. 研究発表

## 1. 論文発表

Kou Sakabe, Masahiko Okuma, Michitake Kazuno, Toshiya Yamaguchi, Takahiko Yoshida, Hiroyuki Furuya, Fujio Kayama, Yoshihide Suwa, Wataru Fujii, Kerin Fresa: Estrogenic xenobiotics affect the intracellular activation signal in mitogen-induced human peripheral blood lymphocytes : immunotoxicological impact. *Int. J. Immunopharmacol.* 20 (4-5), 205-212, 1999.

Kou Sakabe, Masahiko Okuma, Shino Karaki, Shinnsuke Matsuura, Takahiko Yoshida, Hiroyuki Aikawa, Shun-ichiro Izumi, Fujio Kayama: Inhibitory effect of natural and environmental estrogens on thymic hormone production in thymus epithelial cell culture. *Int. J. Immunopharmacol.* 21 (12), 861-868, 1999.

## 2. 学会発表

Kou Sakabe, Takahiko Yoshida, Hiroyuki

Aikawa, Fujio Kayama : Inhibitory effect of natural and environmental estrogens on thymosin- $\alpha$ 1 production in thymus epithelial culture. 日本動物実験代替法学会第 13 回大会、東京、1999.

Kou Sakabe, Takahiko Yoshida, Hiroyuki Aikawa, Takaaki Kinoue, Shin-ichiro Izumi, Shin Yoshino, Fujio Kayama: A low dose effect of environmental endocrine disruptors on murine immune organs, with special reference to lymphocytes apoptosis. 日本内分泌攪乱化学物質学会第 2 回研究発表会、神戸、1999.

坂部 貢 : 地球環境と生体内環境の攪乱－内分泌攪乱物質 第 76 回日本生理学会大会 (シンポジウム), 長崎, 1999.

## G. 知的所有権の取得状況

該当なし

### Ⅲ. 室内空気中の化学物質が起因とされる 疾病と化学物質の関連性に関する研究

国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部 安藤 正典

# 室内空気中の化学物質が起因とされる疾病と化学物質の関連性に関する研究

安藤正典 国立医薬品食品衛生研究所

## 研究要旨

本研究は、第一に居住環境内の化学物質の存在状況を把握する観点から、東京都及び神奈川県からボランティアを募り、各自治体が調整に当たり、ボランティアに対して化学物質過敏症を中心とした診断と血液中揮発性化学物質量の測定と室内中化学物質の測定を実施した。

### 1. 研究目的

生活環境では、新しい化学物質が多く利用されるのに伴い、国民がこれら化学物質に接触したり、暴露する機会が多くなってきている。特に、居住環境での利便性や快適性の追求の結果、省エネルギーの効率化、機密性の増加やその他の要因により、室内空気の換気率の低下をまねき、室内に存在する化学物質の種類やその量が増加していることが指摘される状況になっている。一方、社会では Sick Building Syndrome (SBS) や化学物質過敏症 (Chemical Sensitivity, CS) 等の疾病と室内空気中化学物質とを関係付ける報告も見られている。このため、室内空気中化学物質とこれら疾病との関連性を追求するために、室内化学物質濃度と血液中での存在量について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 研究の体制

本研究は、第一に居住環境内の化学物質の存在状況を把握する観点から、東京都及び神奈川県からボランティアを募り、各自治体が調整に当たり、ボランティアに対して化学物質過敏症を中心とした診断と血液中揮発性化学物質量の測定と室内中化学物質の測定を実施した。

空気中の揮発性化学物質の捕集方法及びその測定方法は、対象化学物質、各研究機関における機器の整備状況、技術の練達度、試料採取及び測定時期や時間、参加協力の家族や家屋等の制約から原則的な方法を設定した。また、捕集効率及び回収率はほぼ一定に確認できた状況で調査を開始した。

試料採取方法及びアンケートの作成については、研究機関との複数回の検討によって居住環境及び周辺環境を把握することを目的として設定した。

ボランティアに対するインフォームドコンセントから測定までの経過は図1のようなフローに従って実施した。

- ①ボランティアに対して今回の調査研究の趣旨を説明する機会を設けた。
- ②この機会によってボランティアから同意書によって同意の旨を確認した。

- ③ボランティア、病院、測定機関のスケジュールのスケジュールの調整の手順について検討した。
- ④各ボランティアにおける詳細のスケジュールは、病院での採血と診断には担当する自治体が、室内化学物質の測定には分析機関が対応して実施した。
- ⑤各ボランティアは設定した日時に診断及び採血を行った。
- ⑥別に、診断及び採血した日時に近い日に室内空気の採取を行った。
- ⑦これらのデータは、国立医薬品食品衛生研究所に集め詳細な検討を行った。

## 2.2 ボランティア及びその家屋の選定

試料採取対象地域は本研究へ参加した東京都及び神奈川県地域内における自治体関連のボランティアの家屋とその家族に個別に協力を依頼した。依頼は家屋室内の空気の採取、周辺外気の採取、家屋内・外周辺環境、住まい方及び居住者の健康についてのアンケートの回答を求めた。空気の採取あるいはアンケートの回答には、担当研究員が助言した。

## 2.3 診断と血液の採取

### 2.3.1 診断

診断と血液の採取は、北里研究所病院 石川 哲所長及び北里大学医学部眼科 宮田 幹夫教授にお願いした。ボランティアは自治体と病院とで調整して診断及び血液採取日を設定した。

検査項目は以下の通り

- ① カルテ作成
- ② 診察前検査：採血・採尿・心電図  
視力・眼圧

#### ③ 検査

- ・眼球運動検査  
顔を動かさず目だけで物を追い、スムーズに動かせるかその動きを調べる
- ・MTF  
白と黒の縞のコントラストによる傾きを調べる
- ・瞳孔検査  
光を目に入れたときの瞳の動きを調べる

#### ④ 診察

- ・生化学的検査
- ・血液の採取、保存及び運搬

ボランティアの血液の採取は、診断時にディスプレイ注射筒を用いて採取し、直ちにガラス製スピッツに移し入れ、テフロンキャップで密封して冷暗所に保存した。

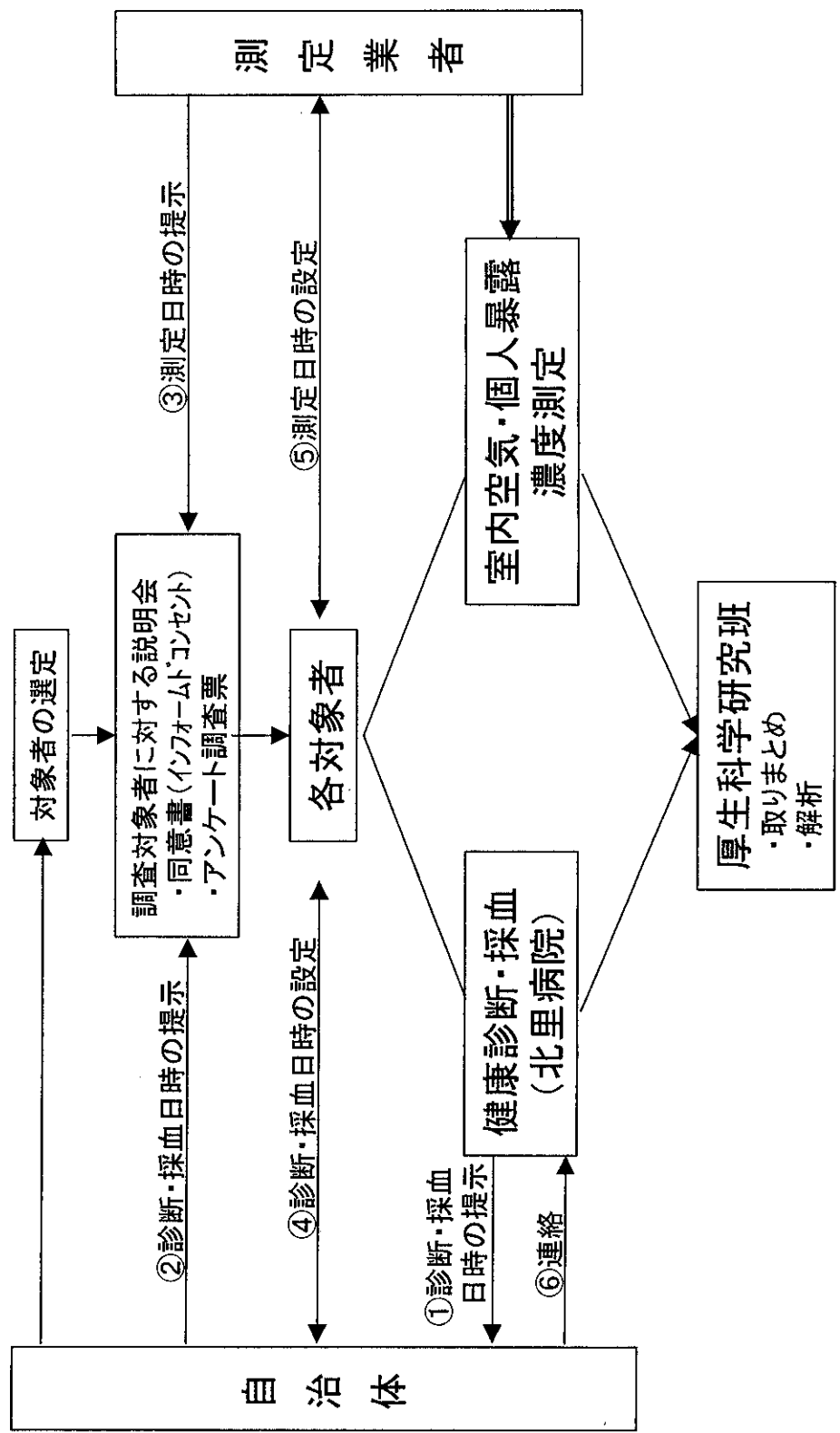


図1 調査研究フロー

## 2.4 血液中揮発性化学物質の測定

### 2.4.1 測定対象化学物質

測定対象化学物質はWHOやヨーロッパ共同研究(ECA)の測定対象の揮発性化学物質(50物質)、我が国の既存の測定データ等、内外の文献を参考に室内環境内で高頻度、高濃度検出される可能性の高い揮発性化学物質44種とした(表1)。

また、家庭用品で使用される農薬類及び不燃剤のリン酸エステル等としては約10種を対象とした。

さらに、内分泌かく乱についてはフタル酸エステル類等10種について検討した。

表1 測定対象物質

	化学物質名
脂 肪 族 炭 化 水 素	ヘキサン
	ヘプタン
	オクタン
	ノナン
	デカン
	ウンデカン
	ドデカン
	トリデカン
	テトラデカン
	ペンタデカン
	ヘキサデカン
	2,4-ジメチルペンタン
	2,2,4-トリメチルペンタン
芳香 族 炭 化 水 素	ベンゼン
	トルエン
	エチルベンゼン
	m, p-キシレン
	o-キシレン
	スチレン
	1,3,5-トリメチルベンゼン
	1,2,4-トリメチルベンゼン
	1,2,3-トリメチルベンゼン
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン
テルペン類	α-ピネン
	リモネン
ハ ロ ゲ ン 類	ジクロロメタン *
	トリクロロエチレン
	テトラクロロエチレン
	クロロホルム
	1,1,1-トリクロロエタン
	1,2-ジクロロエタン
	1,2-ジクロロプロパン
	p-ジクロロベンゼン
	四塩化炭素
	クロロジブロモメタン
エステル 類	酢酸エチル
	酢酸ブチル
アルコール類	エタノール *
	n-ブタノール
アルデヒド ケトン類	アセトン *
	メチルエチルケトン
	メチルイソブチルケトン
	ノナナル
	デカナル



## 2.5 室内空气中揮発性化学物質の試料採取場所、方法及び期間

### 2.5.1 試料採取場所と方法

家屋における測定対象部屋は、各研究機関担当者と家族が長時間滞室する一または複数の部屋を基本として選定した。室内の化学物質の濃度の測定は、対象とする部屋の中央、床上約1.2m位置に試料採取用捕集管を付けた空気吸引ポンプを取り付け24時間空気を吸引して、試料を採取した。

室外の空气中化学物質濃度の測定については、戸建住宅の場合は地上約1.8m位置で、集合住宅の場合はベランダ等(1.2m)に試料採取用捕集管を付けた空気吸引ポンプを取り付け24時間空気を吸引して試料を採取した。いずれの測定場所も気象条件(風雨等)に配慮しつつ建物から離して、室内空気の影響を少なくなるような場所に設置した。

室内及び室外の空气中化学物質の試料の採取及びアンケートは試料採取の同日に行った。

### 2.5.2 試料採取期間

試料の採取は2000年度を春季に、分析機関及び家族・周辺の状態を踏まえて試料採取日を設定して、試料を採取した。

## 2.6 測定方法

### 2.6.1 測定対象化学物質

測定対象化学物質はWHOやヨーロッパ共同研究(ECA)の測定対象の揮発性化学物質(50物質)、我が国の既存の測定データ等、内外の文献を参考に室内環境内で高頻度、高濃度検出される可能性の高い揮発性化学物質44種とした(表1)。

### 2.6.2 標準原液の調製と配布

44化学物質1mg/mlの二硫化炭素溶液を調製し、これを混合標準原液とした。また、別に内部標準物質としてd8トルエンの1mg/mlを内部標準原液として調製した。混合標準原液の1mlバイアル3本、内部標準原液1mlバイアル1本と各44化学物質1mg/mlの原液1mlバイアル1本ずつを、国立医薬品食品衛生研究所から各参加研究機関に配布した。

### 2.6.3 標準溶液

分析機関では混合標準原液及び対象化学物質標準原液を二硫化炭素で10倍に希釈して100 $\mu$ g/mlのそれぞれの標準溶液を作成した。抽出ピンに二硫化炭素1mlを加えて栓をし、上記標準溶液(100 $\mu$ g/ml)に1 $\mu$ l(0.1 $\mu$ g/ml)、5 $\mu$ l(0.5 $\mu$ g/ml)、50 $\mu$ l(5 $\mu$ g/ml)を加えて3段階の混合標準溶液を作成した。

トルエン-d8の内部標準原液(1000 $\mu$ g/ml)を二硫化炭素で10倍に希釈して100 $\mu$ g/mlの標準溶液を作成した。これを調製した3段階の混合標準溶液及び試料に1 $\mu$ l加えた。

### 2.6.4 試料採取用捕集管

試料採取用捕集管には、活性炭300mgが充填されたシグマアルドリッジ製オルボ-91型を用いた。ロット間の差による影響を最小限にするため、一括して購入し、国立医薬

品食品衛生研究所から各研究機関に配布した。

#### 2.6.5 装置

化学物質はガスクロマトグラフ装置によって測定した。

##### 1) ガスクロマトグラフ装置

ガスクロマトグラフ装置は、以下の条件で試験した。

カラム	: DB-1 0.25×60m 膜厚1 $\mu$ m (J&W製)
カラム温度	: 40 $^{\circ}$ C (5分保持) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 300 $^{\circ}$ C (3分)
注入口温度	: 250 $^{\circ}$ C
試料注入法	: スプリット (スプリット比 1:10)
インターフェイス温度	: 250 $^{\circ}$ C
キャリアーガス	: ヘリウム

検出器は質量分析計 (MS) または水素フラームイオン化検出器 (FID) を用いた。

GC/MS条件は以下に従って行った。

カラムヘッド圧	: 14.5psi
イオン源温度	: 220 $^{\circ}$ C
検出法	: SIM検出法

対象化学物質の測定イオンは表2のとおり

##### 2) ポンプ

室内及び室外の空気の採取にはポンプを用い、試料採取用捕集管を装着して採取した。

ポンプは流速0.1l/minの24時間以上空気を連続吸引が可能なものを使用した。ポンプはあらかじめ、24時間吸引操作を行い、流速の変化等の確認を行った。

#### 2.6.6 試料の採取

ポンプに試料採取用捕集管を取り付け、試料採取用捕集管層側からポンプを用いて0.1l/minの流速で24時間試料空気を採取した。試料採取後、捕集管は両端をテフロンキャップ等で密栓して、遮光した活性炭入りの密閉容器内に入れ、測定時まで冷暗所に保管した。

#### 2.6.7 試験溶液の調製

試料を採取した捕集管は管の両端をはずして、中の捕集剤を抽出管に取り出し、これに二硫化炭素1mlを加えた。更に、内部標準溶液 (100 $\mu$ g/ml) 1 $\mu$ lを加えて栓をし、泡が出なくなるまで時々振り混ぜ、さらに1時間室温に放置し、この上清を試験溶液とした。

#### 2.6.8 定量操作

試験溶液の1 $\mu$ lをGCに注入し、検出された測定対象物質の保持時間におけるクロマトグラム上のピーク面積値と内標準物質のピーク面積値との比と、別に、標準溶液を用いて作成した検量線から注入した試験溶液中の各測定対象物質の重量を求めた。同時に試料採取用の捕集管と同一のロットの捕集管5本について試験溶液と同様の操作を行い、

表2 SIM法におけるモニタリングイオン（保持時間順）

ピーク番号	化合物	定量用イオン	確認用イオン
	エタノール*	45	46
	アセトン*	43	58
	ジクロロメタン*	84	86
1	メチルエチルケトン	43	72
2	ヘキサン	57	56
3	酢酸エチル	61	43
4	クロロホルム	83	85
5	1,2-ジクロロメタン	62	64
6	2,4-ジメチルペンタン	43	57
7	1,1,1-トリクロロエタン	97	99
8	ブタノール	56	43
9	ベンゼン	78	77
10	四塩化炭素	117	119
11	1,2-ジクロロプロパン	63	62
12	トリクロロエチレン	130	132
13	2,2,4-トリメチルペンタン	43	57
14	ヘプタン	43	41
15	メチルイソブチルケトン	43	58
	トルエンd-8	98	
16	トルエン	91	92
17	クロロジブロモメタン	127	129
18	酢酸ブチル	43	56
19	オクタン	43	57
20	テトラクロロエチレン	166	164
21	エチルベンゼン	91	106
22	m,p-キシレン	91	106
23	スチレン	104	103
24	o-キシレン	91	106
25	ノナン	43	57
26	α-ピネン	93	69
27	1,3,5-トリメチルベンゼン	105	120
28	1,2,4-トリメチルベンゼン	105	120
29	デカン	43	57
30	p-ジクロロベンゼン	146	148
31	1,2,3-トリメチルベンゼン	105	120
32	リモネン	68	67
33	ノナナール	98	70
34	ウンデカン	43	57
35	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	119	134
36	デカナール	43	55
37	ドデカン	71	85
38	トリデカン	57	71
39	テトラデカン	43	57
40	ペンタデカン	57	71
41	ヘキサデカン	57	71

\*溶媒(二硫化水素)ピークより前にピーク出現

操作ブランク値を求め試験溶液の値から差し引いた。

## 2.6.9 検量線の作成

### 1) GC/MS-SIM法

各濃度の混合標準溶液を1 $\mu$ lをGCに注入し、得られた各測定対象物質の定量用質量数によるクロマトグラムの保持時間におけるピーク面積値と内標準物質のピーク面積値の比から検量線を作成した。

### 2) GC-FID法

各濃度の混合標準溶液を1 $\mu$ lをGCに注入し、得られた標準物質と内標準物質のピーク面積比から検量線を作成した。

## 2.6.10 濃度計算

室内及び室外の空気中の化学物質の濃度は次式を用いて算出した。

$$C = \frac{(A_s - A_t) \times 1000}{V \times 293 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

C: 20 $^{\circ}$ Cにおける空気中の各測定対象物質濃度 ( $\mu$  g/m $^3$ )

A<sub>s</sub>: GCに注入した試験液中の各測定対象物質の重量 (ng)

A<sub>t</sub>: ブランク値 (ng)

V: ガスメータで測定した捕集量 (l)

t: 試料採取時の平均気温 ( $^{\circ}$ C)、湿式型積算流量計を使用している時には積算流量計の平均気温

P: 試料採取時の平均大気圧 (kPa)、湿式型積算流量計の場合には (P-P<sub>w</sub>) を用いた。ここで、P<sub>w</sub>は試料採取時の平均気温tにおける飽和水蒸気圧 (kPa)

## 2.6.11 定量下限値

各研究機関において操作ブランク試験で対象物質が検出された場合、濃度の算出式から次のように定量下限界を求めた。操作ブランク値 (ng) を求め、気温 (t) 20 $^{\circ}$ C、大気圧 (p) 101.3kPa、試料採取量 (v) 144Lとして算出し、5試料を測定して求めた濃度の標準偏差の10倍を定量下限値とした。操作ブランク値のない化合物については化学物質毎にS/N比3から求めた。

上記手法によって求めた各研究機関の定量下限値は、化学物質毎に度数分布を作成し、50%タイル値を全測定データの定量下限値とした。

## 2.7 アンケート調査

試料空気の採取時における測定対象家屋、周辺環境及び家族の状況は、アンケート調査票によって実施した。調査の概要は建物調査（築年数、住宅様式、構造、気密性、部屋の広さ、建材の種類）、家族構成、健康調査、環境条件等とした。これら調査資料は

室内濃度に及ぼす種々の環境因子の影響を明らかにするために使用した。

## 2.8 測定値の集計

それぞれの測定値は、統計処理によって種々の増悪因子との相関性について検討した。

## 3. 結果

結果については現在解析中である。なお、本調査は血液を採取すること及び個人における居住環境の室内空気を採取することから厳正なインフォームドコンセントとそれに関する体制を作製している。したがって、データとその解析には慎重に対応している。

## IV. 室内空気中の化学物質に関する研究

### 1. オフィスビルにおける室内環境中化学物質の存在状況

(財)労働科学研究所研究部

原 邦夫

### 2. 防蟻・防虫剤による室内化学物質汚染の現状と対策に関する調査研究

国立公衆衛生院建築衛生学部

池田 耕一

## 1. オフィスビルにおける空気環境中化学物質の存在状況

原 邦夫 (財) 労働科学研究所研究部

### 研究要旨

平成 10 年度の調査で、種々の試料空気捕集方法の比較、発生源の特定についての手法、あるいは現場で濃度が確認できる方法の検討などの課題が残された。本年度は、(1) 調査 1 : VOCs 捕集に用いられる固体捕集剤の捕集率・脱着率の比較検討、(2) 調査 2 : ある一つの新築ビルでの発生源推定方法の検討、(3) 調査 3 : 携帯型の VOCs 測定器の現場適用の予備的検討、を行った。その結果、発生源特定も簡単なシステムで行える可能性があること、また測定方法間の相違を踏まえれば携帯型の測定機器の現場適用の可能性が示唆された。今後、携帯型の測定機器を用いて様々な VOCs が存在する職場やかなり高濃度になりうる作業現場・オフィスでの室内空気を対象とした測定を行い、携帯型の測定機器の現場応用について検討することが求められた。

平成 10 年度の調査から、オフィスビル等の室内のトータル VOCs レベルは数  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ~ 数  $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  , ホルムアルデヒドは数  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  前後であり、発生源と思われる室内材および都心部の外気による影響と思われる比較的高濃度の VOCs およびホルムアルデヒドが確認された。しかし、種々の試料空気捕集方法の比較、発生源の特定についての手法、あるいは現場で濃度が確認できる方法の検討などの課題が残されるものであった。

本年度の調査として、(1) 調査 1 : VOCs 捕集に用いられる固体捕集剤の捕集率・脱着率の比較検討、(2) 調査 2 : ある一つの新築ビルでの発生源推定方法の検討、(3) 調査 3 : 携帯型の VOCs 測定器の現場適用の予備的検討、を行うこととした。

本報告では、VOCs およびホルムアルデヒドの測定方法については平成 10 年度に用いた方法と異なる点に重点を置いて記述する。

### A.1 調査 1 の目的

Tenax は VOCs の捕集に使われることが一般的であるが炭素数がおおよそ 4 以下の化学物質の捕集が困難であるといわれ、また、活性炭は様々な VOCs の捕集に適しているが脱着に様々な課題があるといわれている。本調査では、基礎的な検討として、活性炭管と TenaxTA 管で捕集率と脱着率を加熱脱着ーガスクロマトグラフ質量分析方法 (GC/MS 分析方法) を用いて求めることを目的とした。

### B.1 調査 1 の研究方法

試料空気として研究所の室内空気を用い、活性炭管（ジーエルサイエンス社製）、TenaxTA管（ジーエルサイエンス社製）をそれぞれ2連結し、それぞれ0.2、0.5 l/minで10分間通気した。それぞれ、加熱脱着-GC/MS分析法で分析した。それぞれの捕集率と脱着率を比較した。また、2連結したTenaxTA管については、0.2、1.0 l/minでも試料空気を同様に10分間捕集した。なお、研究所内の試料空気のトータルVOCsはトルエン換算でおよそ150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

### C.1 調査1の研究結果

表1に流速の違いによるTenaxTA管のVOCs捕集率、表2に活性炭管のVOCs捕集率を示した。流速0.2、0.5、1.0 l/minでTenaxTA管ではトルエンについて90%以上の捕集率であった。TenaxTA管は流速1.0 l/minでもトルエンについて90%以上の捕集率であった。しかし、活性炭管での捕集率はトルエンに77%の捕集率であった。一方、同時に試料空気を捕集した活性炭管およびTenaxTA管について、TenaxTA管でのピーク面積の測定結果を100として活性炭管の測定結果を表3に示した。活性炭管に捕集され脱着されたトルエンは、TenaxTA管と比べ $12.3 \pm 6.9\%$ であった。

### A.2 調査2の目的

室内の環境空気中に含まれる化学物質の発生源特定は困難なことが多い。多くの場合、施工主あるいは材料製造元からの情報入手は困難である。本調査では、ある新築ビルの未入居オフィス内の空気中VOCsの測定と入手した床材・壁材・天井材の切片をデシケータ内に入れて発生するVOCsの測定の両者を行い、比較検討して発生源推定を行うことを目的とした。

### B.2 調査2の研究手法

10~15 cm四方の床材・壁材・天井材の切片を約3リットルのデシケータ内に30分以上放置し、N<sub>2</sub>ガスおよびTenaxTA管をそれぞれ前後に接続して、約0.5 l/minでTenaxTA管に5リットルの試料窒素を通気した。概略図を図1に示した。厳密な汚染洗浄を行っていないため、デシケータ内に何も入れてない状態で同様に通気した試料をバックグラウンドとして考え、発生したVOCsを判定した。なお、切片は密閉して保存していたが1年以上経過していたため、各材質の放散の状態は採取時点と異なっていることが考えられた。また、デシケータ温度の調整はウォーターバスで行った。



表1 流速の違いによるTenaxTA管のVOCs捕集効率  
(試料空気5リットルを用いたTenaxTA管の2連結による捕集効率)

流速(ml/min)	ベンゼン	トルエン	m,p-キシレン	トータルVOCs
200		99.2	133.4	114.4
		98.6	96.0	103.3
平均		98.9	114.7	108.9
500		95.9	116.8	96.9
		95.9	127.1	93.8
平均		95.9	122.0	95.2
1000	98.7	99.5	99.3	61.3
	100.0	93.0	80.2	51.8
	81.2	94.0	96.2	81.7
	99.5	99.3	99.7	61.3
	93.0	80.2	99.5	51.8
	94.0	96.2	99.9	81.7
平均	94.4	93.7	95.8	64.9
標準偏差	7.1	7.1	7.8	13.7

表2 活性炭管のVOCs捕集効率  
(試料空気2リットルを用いた活性炭管の2連結による捕集効率)

	ベンゼン	トルエン	m,p-キシレン	トータルVOCs
1	35.8	95.3	88.7	53.6
2	62.0	74.8	77.9	73.0
3	75.8	88.7	88.2	57.0
4	39.9	58.7	41.8	43.0
5	89.9	57.4	58.3	58.3
6	66.6	87.1	75.5	52.2
平均	61.7	77.0	71.8	56.2
標準偏差	19.0	14.7	16.8	9.0

表3 活性炭管のVOCs捕集率・脱着率

(TenaxTA管に捕集された量を100とした)

	ベンゼン	トルエン	m,p-キシレン	トータルVOCs
1	3.4	11.3	8.3	9.2
2	7.8	6.7	5.1	19.7
3	13.5	12.1	9.0	20.8
4	10.8	6.6	2.1	9.3
5	55.2	10.2	7.2	35.1
6	19.1	26.9	16.8	48.2
平均	18.3	12.3	8.1	23.7
標準偏差	17.2	6.9	4.5	14.0

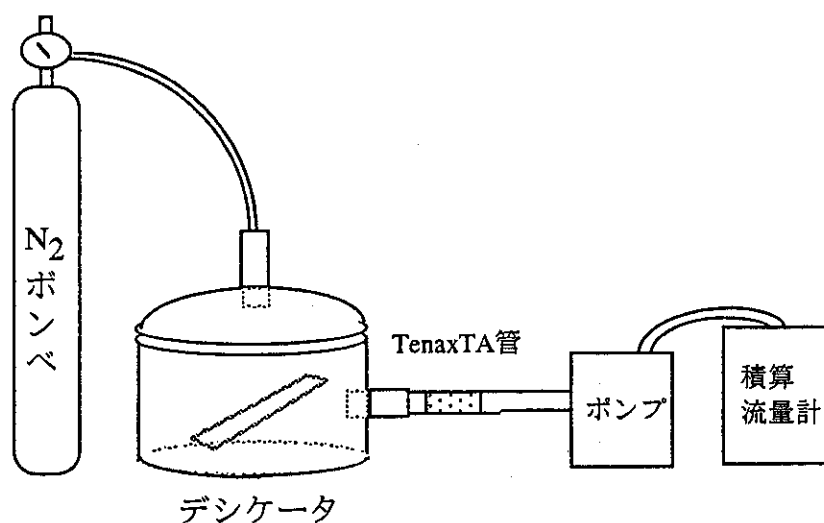


図1 デシケータを用いた発生源特定の実験セット

## C.2 調査2の研究結果

図2に、測定対象としたオフィスビル内の室内空気についての測定、およびバックグラウンド、床材、壁材、天井材についての測定（デシケータ温度約 22℃）で得られたクロマトグラムを示した。バックグラウンドが高いが、バックグラウンドに存在せずオフィスビル内の室内空気中に存在する化学物質として、とくにフェノールおよび1-デカノールが床材のみで検出された。なお、デシケータをウオーターバスを用いて 40℃に保った場合でも、発生化学物質の種類についてはとりたてて違いは認められなかった。

## A.3 調査3の目的

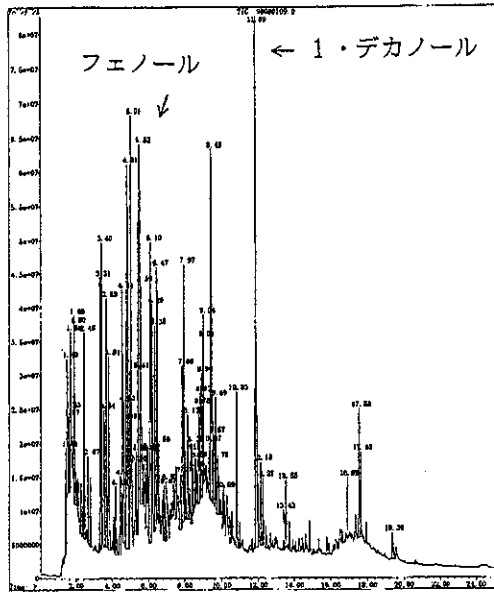
VOCs の測定として、一般に GC で分離分析しトルエン換算し濃度を求める方法が用いられることが多い。その中でも様々な VOCs の同時測定では、検出器として水素炎イオン化検出器（Flame Ionization Detector : FID）および質量分析器（Mass Spectrometer : MS）が用いられることが多い。また、光イオン化検出器（Photo Ionization Detector : PID）が携帯型の測定機器に用いられることが多い。携帯型の測定機器では、イソプチレンなどの測定感度と比較して分離分析をしないでトータルの VOCs 濃度を求めるものが多い。それらの検出器間の感度を比較し評価しておくことは、VOCs の統一的な測定を行うに当たって重要なことである。本調査では、近年開発された ppb レベルの VOCs を測定できる携帯型の VOCs 測定機器と、GC/MS、GC-FID とを比較することを目的とした。

## B.3 調査3の研究手法

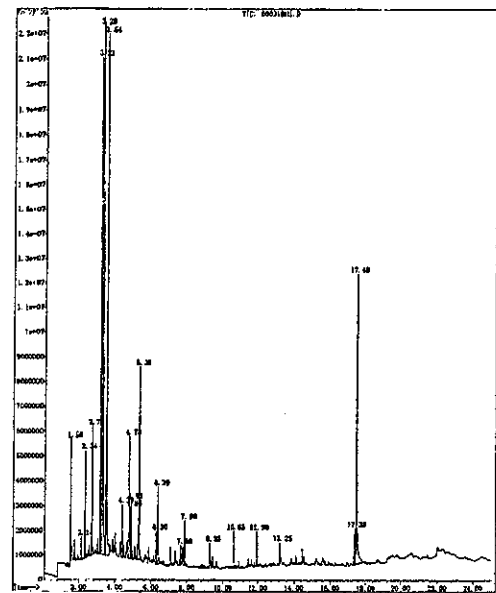
GC/MS として Hewlett Packard 社製 HP6898、GC-FID として日立社製 G-3000、携帯型の VOCs 測定機器として RAE 社製 PGM-7240（ポータブル VOC (ppb) 連続モニター）を用いた。本年度は、予備的にいくつかの職場環境での測定を GC/MS とポータブル VOC (ppb) 連続モニターで同時に行った。

## C.3 調査3の研究結果

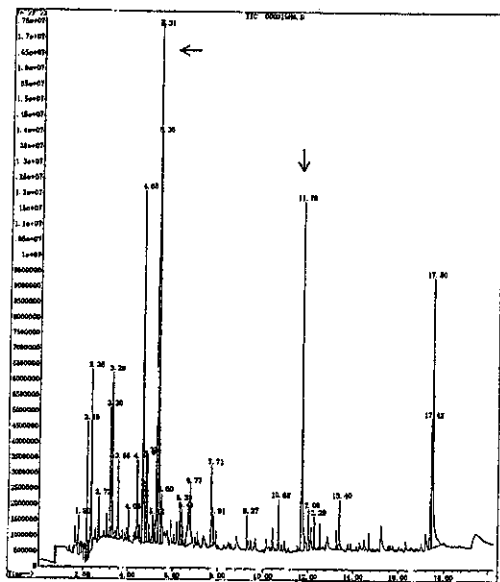
図3に、TenaxTA 管捕集-GC/MS 分析法とポータブル VOC (ppb) 連続モニターによる測定で、これまでに得られた同時測定の結果を示した。また、表4に、GC/MS および GC-FID で得られたピーク面積をトルエンを 100 としてまとめた例を示した。通常 MS の場合には電圧によって各化学物質で感度が大きく異なるといわれ、FID の場合炭素数の増加にしたがってピーク面積が増大する傾向があるとされる。今回の条件では、GC/MS 分析の場合変動があるがトルエンに比べキシレンは約 1.8 倍近く、FID によって得られた結果では 0.88 倍程度となった。



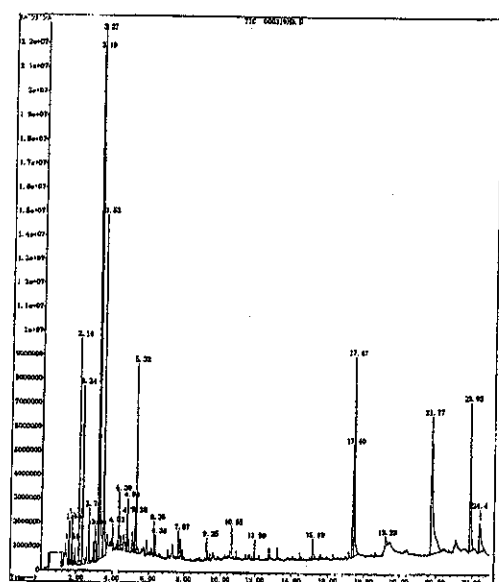
オフィス内空気から得られたクロマトグラム



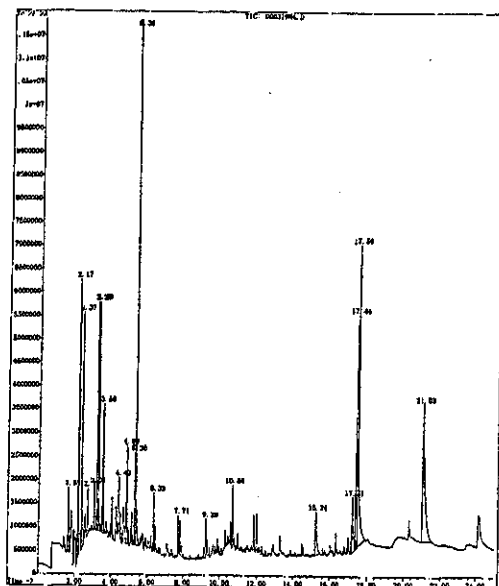
バックグラウンドのクロマトグラム



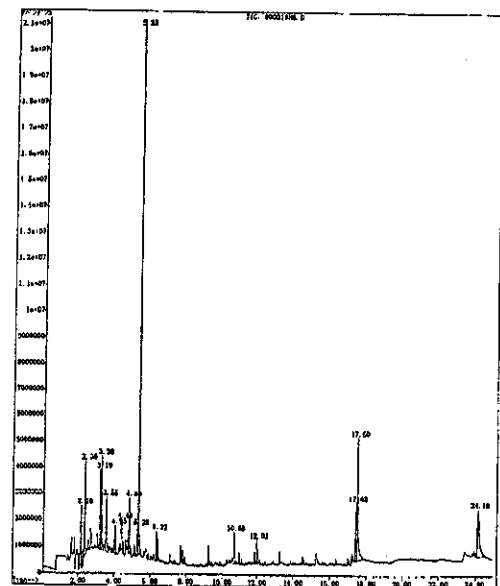
床材から得られたクロマトグラム



壁材1から得られたクロマトグラム



壁材2から得られたクロマトグラム



天井材から得られたクロマトグラム

図2 オフィス内空気および床材，壁材，天井材から得られたクロマトグラム