

月

5) US EPA: Integrated Risk Information System, Hexabromobenzene, IRIS, 2012  
<http://www.epa.gov/iris/subst/0161.htm>

6) US EPA : Toxicological review of 2,2',4,4'-TETRABROMODIPHENYL-ETHER (BDE-47), (CAS No. 5436-43-1), In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), June 2008

7) US EPA : Toxicological review of 2,2',4,4',5- PENTABROMODIPHENYL-ETHER (BDE-99), (CAS No. 60348-60-9), In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), June 2008

8) US EPA : Toxicological review of DECABROMODIPHENYLETHER (BDE-209), (CAS No. 1163-19-5), In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), June 2008

F. 研究発表

1. 論文発表 なし
2. 学会発表 なし

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

表 1 臭素系難燃剤の LC/MS/MS 分析条件

HPLC:	ACQITY UPLC (Waters社製)		
Column	BEH C18 2.1mm i.d.×150mm、粒径1.7μm (Waters社製)		
Mobile phase	A:Water, B:Methanol		
Gradient program	85% methanol/water(4 min)-100%methanol (4-6 min)-100%methanol(6-15 min)		
Flow rate	0.4 mL/min(10 min)-0.5 mL/min(10-15 min)		
Oven temperature	40°C		
Injection Volume	10 μL		
Mass spectral detector	Triple Quad™ 5500 (AB SCIEX社製)		
Ionization Mode	Negative-APCI-MRM		
Temperature	400°C		
Nebulizer Gas	30 psi		
Nebulizer Current	-4.5 A		
Curtain Gas	10 psi		
Collision Gas	10 Psi (Nitrogen)		
Compounds	Abbreviation	1st MRM	2nd MRM
2,4,6-Tribromophenol	TBPh	330.7/78.9	330.7/80.9
Tetrabromobisphenol A	TBBPA	542.5/78.9	542.5/80.9
2,4,4'- Tribromodiphenyl Ether	BDE-28	342.9/78.9	342.9/80.9
Hexabromocyclododecane	HBCD	640.4/78.9	640.4/80.9
2,2',4,4'- Tetrabromodiphenyl Ether	BDE-47	420.8/78.9	420.8/80.9
2,2',4,4',6- Pentabromodiphenyl Ether	BDE-100	500.6/78.9	500.6/80.9
Hexabrombenzene	HBB	486.4/78.9	486.4/80.9
Tetrabromobisphenol A-bis(2,3-dibromopropyl ether)	TBBPA-BDBPE	975.2/78.9	975.2/80.9
Pentabromophenol	PBPh	486.4/78.9	486.4/80.9
Decabromodiphenyl Ether	BDE-209	894.0/78.9	894.0/80.9
1,2-Bis(2,3,4,5,6-pentabromophenyl) ethane	BPBPhE	908.1/78.9	908.1/80.9
Hexabrombenzene <sup>13</sup> C <sub>6</sub>	HBB <sup>13</sup> C <sub>6</sub>	494.5/78.9	—

表2 住宅室内のハウスダスト中臭素系難燃剤濃度(平成25年度採取) (n=19) ng/g

Compounds	Min.	Max.	Med.	Detection Frequency(%)
TBPh	<10.0	130	<10.0	37
TBBPA	<10.0	509	19.5	79
BDE-28	<10.0	92.0	<10.0	5
HBCD	<10.0	5,850	274	84
BDE-47	<10.0	261	<10.0	11
BDE-100	<10.0	238	<10.0	5
HBB	<10.0	451	10.3	53
TBBPA-BDBPE	<10.0	2,030	<10.0	48
PBPh	<10.0	16.8	<10.0	5
BDE-209	94.1	3,300	364	100
BPBPhE	<200	1,230	<200	5

表3 ハウスダスト中(平成25年度採取)臭素系難燃剤濃度の相関

	BDE-28	BDE-47	BDE-100	BDE-209	BPBPhE	HBB	PBPh	TBBPA	TBBPA-BDBPE	TBPh	HBCD
BDE-28		<b>0.997**</b>	-0.056	0.317	-0.056	-0.053	-0.056	0.011	-0.140	-0.107	-0.130
BDE-47			-0.060	0.312	-0.060	-0.058	-0.060	0.008	-0.151	-0.115	-0.139
BDE-100				-0.162	-0.056	-0.077	-0.056	-0.136	-0.140	-0.107	-0.121
BDE-209					-0.089	<b>0.871**</b>	-0.168	0.064	-0.098	-0.136	<b>0.771**</b>
BPBPhE						-0.077	-0.056	0.265	-0.140	<b>0.934**</b>	0.144
HBB							-0.077	-0.133	-0.133	-0.121	<b>0.917**</b>
PBPh								-0.068	-0.112	-0.107	0.018
TBBPA									-0.081	0.208	-0.111
TBBPA-BDBPE										-0.131	-0.190
TBPh											0.059
HBCD											

\*\* : p<0.01

表 4 住宅室内の空气中臭素系難燃剤濃度 (平成 26 年度採取) (n=50) ng/m<sup>3</sup>

Compounds	Min.	Max.	Med.	Detection Frequency(%)
TBPh	0.12	10.8	0.93	100
TBBPA	<0.01	0.71	<0.01	12.0
BDE-28	<0.04	<0.04	<0.04	0
HBCD	<0.07	1.4	<0.07	14.0
BDE-47	<0.04	<0.04	<0.04	0
BDE-100	<0.02	<0.02	<0.02	0
HBB	<0.02	0.47	0.03	68.0
TBBPA-BDBPE	<0.04	0.27	<0.04	6.0
PBPh	<0.20	<0.20	<0.20	0
BDE-209	<0.20	<0.20	<0.20	0
BPBPhE	<0.60	<0.60	<0.60	0

表 5 住宅室内のハウスダスト中臭素系難燃剤濃度(平成 26 年度採取) (n=44) ng/g

Compounds	Min.	Max.	Med.	Detection Frequency(%)
TBPh	<10.0	107	<10.0	15.9
TBBPA	<10.0	7,510	<10.0	36.4
BDE-28	<10.0	<10.0	<10.0	0
HBCD	<10.0	5,940	406	75.0
BDE-47	<10.0	21.3	<10.0	4.5
BDE-100	<10.0	<10.0	<10.0	0
HBB	<10.0	132	<10.0	27.3
TBBPA-BDBPE	<10.0	4,480	124	77.3
PBPh	<10.0	<10.0	<10.0	0
BDE-209	28.7	4,330	225	100
BPBPhE	<200	776	<200	9.1

表 6 室内空気由来臭素系難燃剤の曝露量最大値推計

	Max. Daily Intake( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ )			ADI,TDI,PfD ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ )	Max.daily inkate/ADI (%)
	Air	House Dust	Total		
Adult					
TBPh	0.00324	0.00013	0.00337	10,000	0.00004
TBBPA	0.00023	0.00751	0.00774	1,000	0.00077
BDE-28	0	0.00009	0.00009	-	-
HBCD	0.00042	0.00594	0.00636	50	0.013
BDE-47	0	0.00026	0.00026	0.1	0.26
BDE-100	0	0.00024	0.00024	0.1	0.24
HBB	0.00014	0.00045	0.00059	2	0.030
TBBPA-BDBPE	0.00008	0.00448	0.00456	-	-
PBPh	0	0.00002	0.00002	-	-
BDE-209	0.00029	0.00433	0.00462	7	0.066
BPBPhE	0	0.00122	0.00122	1,000	0.00012
Child					
TBPh	0.00486	0.00065	0.00551	10,000	0.00006
TBBPA	0.00034	0.03755	0.0379	1,000	0.0038
BDE-28	0	0.00046	0.00046	-	-
HBCD	0.00063	0.02970	0.0303	50	0.61
BDE-47	0	0.00131	0.00131	0.1	1.3
BDE-100	0	0.00119	0.00119	0.1	1.2
HBB	0.00021	0.00226	0.00247	2	0.12
TBBPA-BDBPE	0.00012	0.02240	0.0225	-	-
PBPh	0	0.00008	0.00008	-	-
BDE-209	0.00043	0.02165	0.02208	7	0.32
BPBPhE	0	0.00612	0.00612	1,000	0.00061

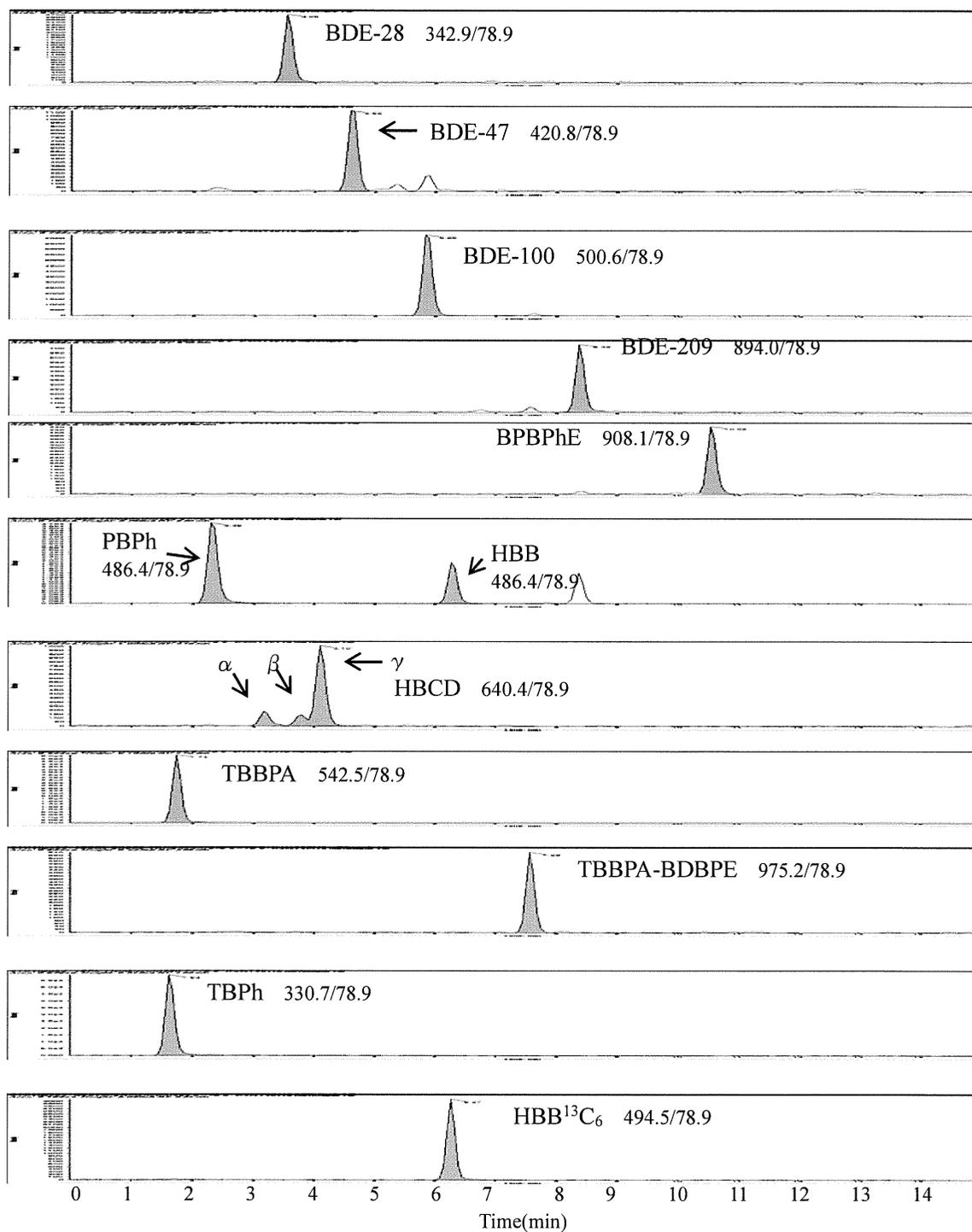


図1 臭素系難燃剤のLC/MS/MSクロマトグラム

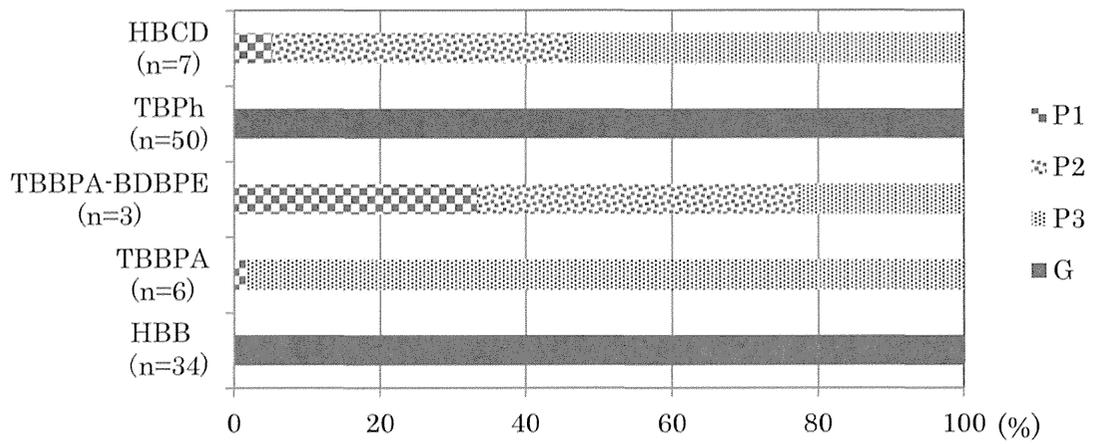


図2 室内空気(平成26年度採取)から検出された臭素系難燃剤の捕集ステージ別濃度割合

P:Particle Phase (P1:>10 μm, P2:10~2.5 μm, P3 : <2.5 μm), G:Gas Phase

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内環境における準揮発性有機化合物の多経路曝露評価に関する研究

室内空気中の可塑剤分析法の検討

研究分担者 武内伸治 北海道立衛生研究所・理化学部薬品保健グループ・主査

難燃剤や可塑剤等は、建材、家具、家電製品等に広く用いられており、住宅の室内空気中からも検出されている。しかしながら、これらの化学物質がどのような存在形態で室内空気中に存在するかについては明らかにされていない。本研究では、住宅の室内空気中における可塑剤及び難燃剤の濃度や存在形態を明らかにすることを目的として平成 24 年度から 3 年間に亘り取り組んできた。初年度に粒子状、ガス状を分けた測定法を検討し、次年度は本研究で開発した粒径別（ガス及び、0.3-2.5、2.5-10、 $>10\ \mu\text{m}$  の粒径の粒子）測定法を用い、21 軒の住宅の室内空気測定を行った。最終年度である今年度は、昨年度の定性分析で検出頻度が高かった 4 物質（環状シロキサン 3 物質と TXIB）を、非フタル酸系物質の項目に測定対象として新たに加え、フタル酸系可塑剤 21 物質、非フタル酸系可塑剤 23 物質、有機リン系難燃剤 14 物質の合計 58 物質を測定対象とし、21 都道府県の 50 軒の住宅の室内空気中の準揮発性有機化合物の測定を行った。その結果、上記 58 物質のうち 36 物質が検出され、今年から測定対象に加えたデカメチルシクロペンタシロキサンが最も高濃度（ $36.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で検出され、50 軒全ての住宅から検出された。比較的分子量の化合物は、ガス状で室内空気中に存在し、高分子量の化合物は粒径  $2.5\ \mu\text{m}$  以下の粒子として最も多く存在することが示唆されたが、この傾向は昨年度の調査結果と一致する。粒径  $2.5\ \mu\text{m}$  以下の粒子は、PM2.5 と呼ばれ、肺の奥深くまで到達することが知られている。本研究の結果より、室内空気中の準揮発性化合物の多くが、ガス状或いは PM2.5 に分類される粒子として、室内空気中に存在していることが推察される。

A. 研究目的

建築物には多量の可塑剤を含む合成樹脂や、難燃剤、接着剤、塗料、殺虫剤、ワックスなどが使用され、多種多様の化学物質が室内空気汚染の原因となっている。これらの化学物質が健康被害を引き

起すシックハウス症候群が 1980 年代後半頃から大きな問題となったことから、厚生労働省は 1996 年から 2002 年にかけて、13 物質に対して室内空気中濃度の指針値を策定した。指針値の策定は、指針値を定めた化学物質の室内空気中濃度の低下

に大きく貢献したが、指針値のない「未規制」の代替物質が建築現場で使用され、シックハウス症候群を引き起こす事例が生じたり。また、シックハウス症候群の原因物質が特定されない事例が依然として後を絶たず<sup>2-4)</sup>、健康被害を防ぐための対策及び指針値の見直しを行っていくためには、室内空気中に含まれる多くの種類の化学物質について、その存在実態を明らかにしていくことが求められている。

本研究では、建材や室内の家具や生活用品に広く用いられるプラスチック製品や塩化ビニルに広く含まれる可塑剤及び有機リン系難燃剤について、室内空気中の濃度を測定する分析法を開発することを目的とした。これらの化学物質の多くは準揮発性有機化合物 (SVOC) に分類されている。従来シックハウス症候群の主な原因物質とされてきたホルムアルデヒドやトルエンなど揮発性有機化合物 (VOC) よりも SVOC は沸点が高く揮発性が低い。このため SVOC は VOC と比較して一般的に室内空気中濃度が低いことが予想される。したがって、室内空気中 SVOC の実態調査を行うには、低濃度まで測定できる感度が求められることから、大量の室内空気の採取が必要となる。

本年度は、昨年度に測定対象とした化学物質 54 物質に、さらに昨年度の調査で定性分析において高頻度で室内空気中から検出された 4 物質 (オクタメチルシクロヘキサシロキサン、デカメチルシクロオクタシロキサン、ドデカメチルシクロデカシロキサン、トリメチルペンタニルジイソブチレート) を加え、合計 58 物質を測定対象とした。空气中化学物質の捕

集は、昨年度と同様に 3 段階 (>10  $\mu\text{m}$ 、2.5-10  $\mu\text{m}$ 、<2.5  $\mu\text{m}$ ) の粒子状物質及びガス状物質を分別捕集可能なアンダーセンカートリッジを用い、50 軒の住宅の居間において室内空気採取を 24 時間行った。

## B. 研究方法

### 1. 測定対象物質及び略号

フタル酸系可塑剤 (21 物質、図 1): フタル酸ジメチル (DMP)、フタル酸ジエチル (DEP)、フタル酸ジイソプロピル (DiIPP)、フタル酸ジアリル (DAP)、フタル酸ジ-n-プロピル (DPP)、フタル酸ジイソブチル (DiBP)、フタル酸ジブチル (DBP)、フタル酸ジ-n-ペンチル (DPeP)、フタル酸ジイソヘキシル (DiHP)、ブチルフタルリグリコール酸ブチル (BPBG)、フタル酸ジヘキシル (DHP)、フタル酸ブチルベンジル (BBzP)、フタル酸ジイソヘプチル (DiHpP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP)、フタル酸ジ-n-ヘプチル (DHeP)、フタル酸ジシクロヘキシル (DcHP)、フタル酸ジフェニル (DPhP)、フタル酸ジ-n-オクタチル (DOP)、フタル酸ジベンジル (DBzP)、フタル酸ジイソノニル (DiNP)、フタル酸ジイソデシル (DiDP)

非フタル酸系可塑剤 (23 物質、図 2-1、2-2): オクタメチルシクロヘキサシロキサン (D4、本年度新たに追加)、2-エチルヘキサノール (2EH)、1-メチル-2-ピロリドン (1M2Pd)、デカメチルシクロオクタシロキサン (D5、本年度新たに追加)、アジピン酸ジメチル (DMA)、ドデカメチルシクロデカシロキサン (D6、本年度新たに追加)、アジピン酸ジエチル (DEA)、テキサノール (Txol)、アジピン酸

ジイソプロピル (DiPA)、アジピン酸ジブ  
ロピル (DPA)、トリメチルペンタニルジ  
イソブチレート (TXIB、本年度新たに追  
加)、アジピン酸ジブチル (DBA)、アジピ  
ン酸ジイソブチル (DiBA)、ミリスチン酸  
イソプロピル (iPMs)、セバシン酸ジブチ  
ル (DBSb)、くえん酸アセチルトリブチル  
(AcTBCt)、アジピン酸ジエチルヘキシル  
(DEHA)、アゼライン酸ビス(2-エチルヘキ  
シル)(BEHAz)、1,2-シクロヘキサンジカル  
ボン酸ジイソノニル (DINCH)、セバシン  
酸ビス(2-エチルヘキシル)(BEHSb)、アゼ  
ライン酸ジオクチル(DOAz)、テレフタル  
酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHTp)、トリス  
(2-エチルヘキシル)トリメリテート  
(TEHTm)

リン系難燃剤 (14 物質、図 3) : リン酸  
トリメチル(TMP)、リン酸トリエチル  
(TEP)、リン酸トリブチル(TBP)、リン酸  
トリス(2-クロロエチル)(TCEP)、リン酸ト  
リス(2-クロロ-1-メチルエチル)(TCMEP)、  
リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピ  
ル)(TDCPP)、リン酸トリス(2-ブトキシエ  
チル)(TBEP)、リン酸トフェニル(TPhP)、  
リン酸 (2-エチルヘキシル)ジフェニル  
(EHDPPhP)、リン酸 (クレジル)ジフェニル  
(CsDPPhP)、リン酸トリクレジル (TCsP)、  
リン酸トリキシレニル (TXP)

## 2. 装置及び分析条件

四重極型質量分析装置付きガスクロマト  
グラフ (GC/MS) は、島津製 QP-2010 を  
用いた。測定条件を以下に示す。

キャピラリーカラム : アジレント製  
DB-5MS (30 mx0.25 mm i.d.x0.25 µm)

内部標準物質 : アントラセン-*d*<sub>10</sub>

注入口温度:250 °C

イオン源温度:220 °C

インターフェース源温度:280 °C

キャリアーガス:He 72 kPa

イオン化法:EI

注入量:2 µL (スプリットレス法)

本年度に追加した測定対象物質の保持時  
間、定量イオン、参照イオン

D4: 5.73, *m/z* 581 (*m/z* 265, 249)

D5: 6.92, *m/z* 355 (*m/z* 267, 339)

D6: 8.06, *m/z* 341 (*m/z* 429, 325)

TXIB: 9.79, *m/z* 71 (*m/z* 173, 243)

## 3. 空気採取カートリッジとサンプリング (図 4)

空気採取用カートリッジは東京ダイレ  
ック製特注アンダーセン型サンプラーを  
用いた。固相ディスクは、東京ダイレ  
ック製石英ディスク 47 mm (0.3 µm メッシ  
ュ)、スリーエム Empore™ 2215 (FF) デ  
ィスクを用いた。上記のカートリッジを、  
SP-208 10 L 吸引ポンプに接続し、空気を  
24 時間吸引した。別に 1 セットのカー  
トリッジをトラベルブランクとして空気採  
取現場に携行し、化学物質測定時にはサ  
ンプリングに用いたカートリッジと同様  
に抽出、分析操作を行い、空気採取試料  
の測定値からトラベルブランクの値を差  
し引いて室内空气中化学物質の濃度の算  
出に用いた。

## 4. 固相の溶媒抽出

固相ディスクに吸着捕集した化学物質  
の抽出は以下のように行った。10 mL 栓  
付き試験管に固相ディスクを細長く折り

たたんで挿入し、アセトンを 10 mL 加え、内部標準物質 (100 µg/mL のアントラセン-d<sub>10</sub> をとして 10 µL) を添加した。15 分間超音波処理した後、溶液を別の試験管に移し、遠心分離 (1,000 rpm) を 5 分間行った。上澄液を一定量採取し、0.5 mL に減圧濃縮し、GC/MS で分析を行った。定量下限値は、トラベルブランクで検出される化合物については、最も高い濃度で検出されたトラベルブランクの値を 2 倍した濃度とした。一方、トラベルブランクで検出されなかった化合物については、GC/MS の定量イオンにおける SIM モード測定において、クロマトグラムベースラインの幅の 3 倍を超えるピークを示す濃度とした。これらの濃度を空気採取量で換算し、室内空气中化学物質の定量下限値を算出した。

## 5. 測定対象住宅

20 都道府県に跨る居住住宅 50 軒の各居間において、上述の手法を用いて室内空气中化学物質の採取を行った。50 軒の住宅の竣工年は、最古のものが築 50 年以上、最新のものが築 1 年、不明なもの 7 軒であり、中央値は 12 年であった。その内、戸建て住宅が 32 軒、集合住宅が 16 軒であり、一番多かった木造が 26 軒であった。測定記録シートに、フタル酸エステル等の可塑剤の発生源となる「塩化ビニル製壁紙やクッションフロア等の使用」が記されている住宅は 16 軒確認された。リフォームに関しても 16 軒で記載が認められた。化粧品の使用は 16 軒で認められ、ワックスの使用は 3 軒のみ記載が確認された。また、5 軒で「喫煙する」が

選択されており、ペットを飼っている家が 11 軒確認された。

## 6. 倫理面への配慮

該当事項なし

## C. 結果

### 1. フタル酸系可塑剤の測定

住宅 50 軒における居間の室内空气中フタル酸系可塑剤を測定した結果、21 物質中 9 物質が検出された (表 1, 2)。最も高濃度で検出されたのは、DBP (3.6 µg/m<sup>3</sup>) であり、それに続く濃度で DiBP が検出された。粒径別の各捕集ディスクの分析結果から (表 2)、DMP、DEP は、ガス状物質を捕集する C<sub>18</sub> ディスクから主に検出されたが、他の化合物の多くは、2.5µm 以下の粒子状物質を主に捕集するディスクから比較的多く検出された。なお、この傾向は昨年度の 21 住宅の調査結果と一致する。

### 2. 非フタル酸系可塑剤の測定

住宅 50 軒における非フタル酸系可塑剤の測定では、24 物質中 18 物質が検出された (表 3, 4) が、最も高濃度で検出されたのは、本年度から新たに測定対象に加えた D5 (36.0 µg/m<sup>3</sup>) であり、50 軒全ての住宅から検出された。粒径別の各捕集ディスクの分析結果から (表 4)、2EH、D4、1M2Pdn、D5、DMA、D6、Txol は、ガス状物質を捕集する C<sub>18</sub> ディスクから主に検出されたが、他の化合物の多くは、2.5µm 以下の粒子状物質を主に捕集するディスクから比較的多く検出された。

### 3. 有機リン系難燃剤の測定

有機リン系難燃剤 14 物質では 9 物質が

検出された(表5,6)が、TCMEPが最も高濃度(0.25 µg/m<sup>3</sup>)で50軒の住宅から検出された。粒径別の各捕集ディスクの分析結果から(表6)、ほとんどの化合物は、2.5µm以下の粒子状物質を主に捕集するディスクから比較的多く検出されたが、TBP及びTCEPは、住宅によっては、ガス状物質を捕集するC<sub>18</sub>ディスクから多く検出された。

#### D. 考察

今年度は昨年度の調査<sup>5)</sup>と比較して、住宅軒数で21軒から50軒への増加(対象都道府県数は11から20に増加)し、測定対象化学物質数も4物質増やした合計58物質とした。

全体的には昨年度と同様の傾向であった。すなわち、分子量が比較的小さい化合物はガス状物質として主に検出されたが、他の化合物の多くは、2.5µm以下の粒子状物質として主に検出された。DBPのように昨年度よりも粒子状よりもガス状として存在する割合が増えた化合物も見受けられた。この理由として、昨年度の調査は秋口から初冬にかけて(10~12月)調査を行ったのに対し、今年度は7月~9月に調査を行ったことにより、昨年より暑い時期の調査となったことの影響が考えられた。

昨年度の調査における定量分析の結果、高頻度に検出が認められた4物質(D4、D5、D6、TXIB)を今年度の調査対象として加えたが、今年度の調査で最も高濃度で検出されたのは、D5(36.0 µg/m<sup>3</sup>)であり、D5は50軒全ての住宅から検出された。ただし、D5の室内空气中濃度の中央値は

1.1 µg/m<sup>3</sup>であり、2EH、Txolの中央値と近い値であった。D5の発生源として化粧品等が考えられるが、比較的高い濃度でD5が検出された住宅において、化粧品の使用との明瞭な関連は見い出せなかった。築年数、リフォーム、ペットの有無、喫煙習慣、フローリングの有無、塩ビクロスの有無に関する測定記録シートへの記載についても、特に室内空气中濃度との関連があった化学物質は認められなかった(表7-1~7-5)。

DiNPやDiDPのような異性体混合物でありかつ低揮発性の化学物質は、室内空气中濃度が高くなりにくいことに加え、GC/MSのクロマトグラフ上で多数の小さいピークに分かれることにより、十分な検出感度を確保することが難しい。それに加えて本研究では粒径により4段階に分別したため、これらの化合物の検出率の低下への影響は避けられなかったと考えられる。したがって、これらの化学物質に対しては、今後も別途これらの化学物質に適した手法を用いて調査を行っていく必要があると考える。

今年度の本研究において1軒あたりで検出された化学物質の合計値は、最大値が52.8 µg/m<sup>3</sup>であり、中央値が8.4 µg/m<sup>3</sup>、最小値が2.3 µg/m<sup>3</sup>であった。これらの値を厚生労働省の室内空气中化学物質濃度暫定目標値400µg/m<sup>3</sup>と比較すると、今回測定対象とした準揮発性化学物質による室内空気汚染の寄与率は低いことが裏付けられた。ただし、化学物質によりヒトへの影響の強さは全く異なるため、一概に低い濃度であるから安全とは言えない。したがって、今後も引き続き室内

空気中にどのような化学物質が存在するかを把握し続けることが重要と考える。

#### E. 結論

室内空气中化学物質の可塑剤および有機リン系難燃剤について、3段階の粒径の粒子状物質とガス状物質に別々に分別し定量する手法を確立した。この手法を用いて、全国20都道府県における50軒の住宅の居間における室内空气中の可塑剤、有機リン系難燃剤58物質の測定を行ったところ、36物質を検出した。最も高濃度で検出されたのは、D5 ( $36.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )であり、50軒全ての住宅から検出された。また、検出した化学物質の合計値を1軒ごとに求めたところ、最大値が  $52.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値が  $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値が  $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、TVOCの暫定目標値( $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )を大幅に下回った。本研究により可塑剤や有機リン系難燃剤は、一部の分子量の低い化合物はガス状として存在するが、大部分は  $2.5 \mu\text{m}$  以下の粒子として存在することが明らかとなった。

#### 文献

- 1) 小林智、武内伸治、小島弘幸、高橋哲夫、神和夫、秋津裕志、伊佐治信一、室内環境、13(1): 39-54 (2010)
- 2) 武内伸治、小島弘幸、小林智、神和夫、道衛研所報、54: 31-36 (2004)
- 3) 武内伸治、小林智、小島弘幸、神和夫、道衛研所報、55, 7-14 (2005)
- 4) 武内伸治、小林智、小島弘幸、神和夫、道衛研所報、57, 29-34 (2007)
- 5) 神野透人、厚生労働科学研究費補助金化学物質リスク研究事業「室内環境に

おける準揮発性有機化合物の多経路曝露評価に関する研究」平成25年度 総括・分担研究報告書、24-73 (2014)

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Takeuchi S., Kojima H., Saito I., Jin K., Kobayashi S., Tanaka-Kagawa T., Jinno H.: Detection of 34 plasticizers and 25 flame retardants in indoor air from houses in Sapporo, Japan. Sci. Total Environ., 2014, 491-492: 28-33.

##### 2. 学会発表

- 1) 武内伸治、神和夫、佐藤正幸、小林智、斎藤育江、上村仁、香川聡子、神野透人: 居住住宅における室内環境中の可塑剤及び有機リン系難燃剤の分別定量. フォーラム2014 衛生薬学・環境トキシコロジー (2014. 9, つくば)
- 2) Takeuchi S., Jin K., Sato M., Kobayashi S., Kojima H., Saito I., Uemura H., Tanaka-Kagawa T., Jinno H.: Differential determination of plasticizers and organophosphorus flame retardants in residential indoor air. 33rd International Conference of Asian Environmental Chemistry 2014 (ICAEC 2014) (2014. 11, タイバンコク)

- 3) 武内伸治, 神 和夫, 佐藤正幸,  
小林 智, 斎藤育江, 上村 仁,  
香川聡子, 神野透人: 居住住宅  
における室内空気中の可塑剤及  
び有機リン系難燃剤の分別定量  
(その2) . 日本薬学会第 135  
年会 (2015. 3, 神戸)

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
2. 実用新案登録
3. その他

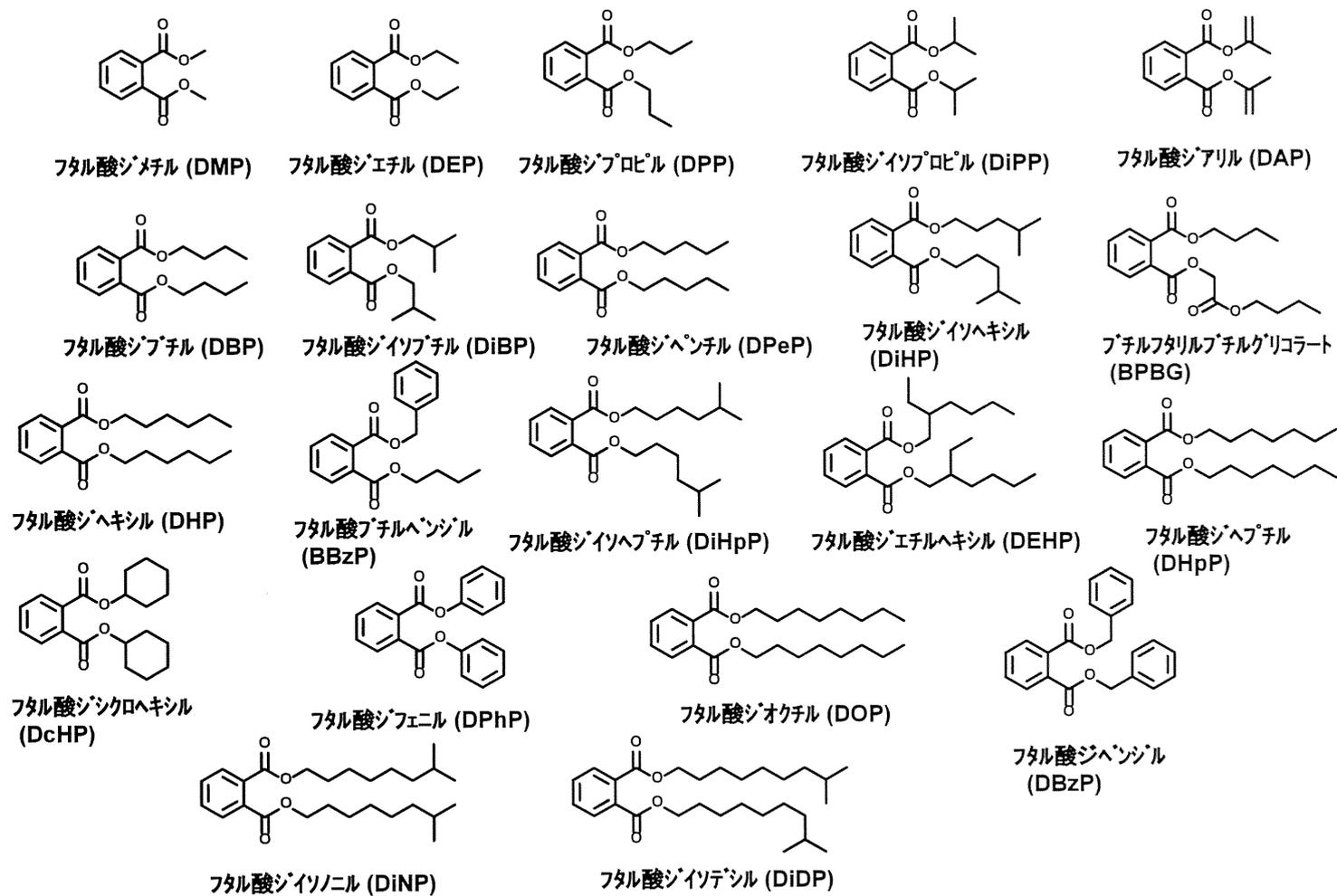


図1 フタル酸エステル系可塑剤(21物質)の化学構造

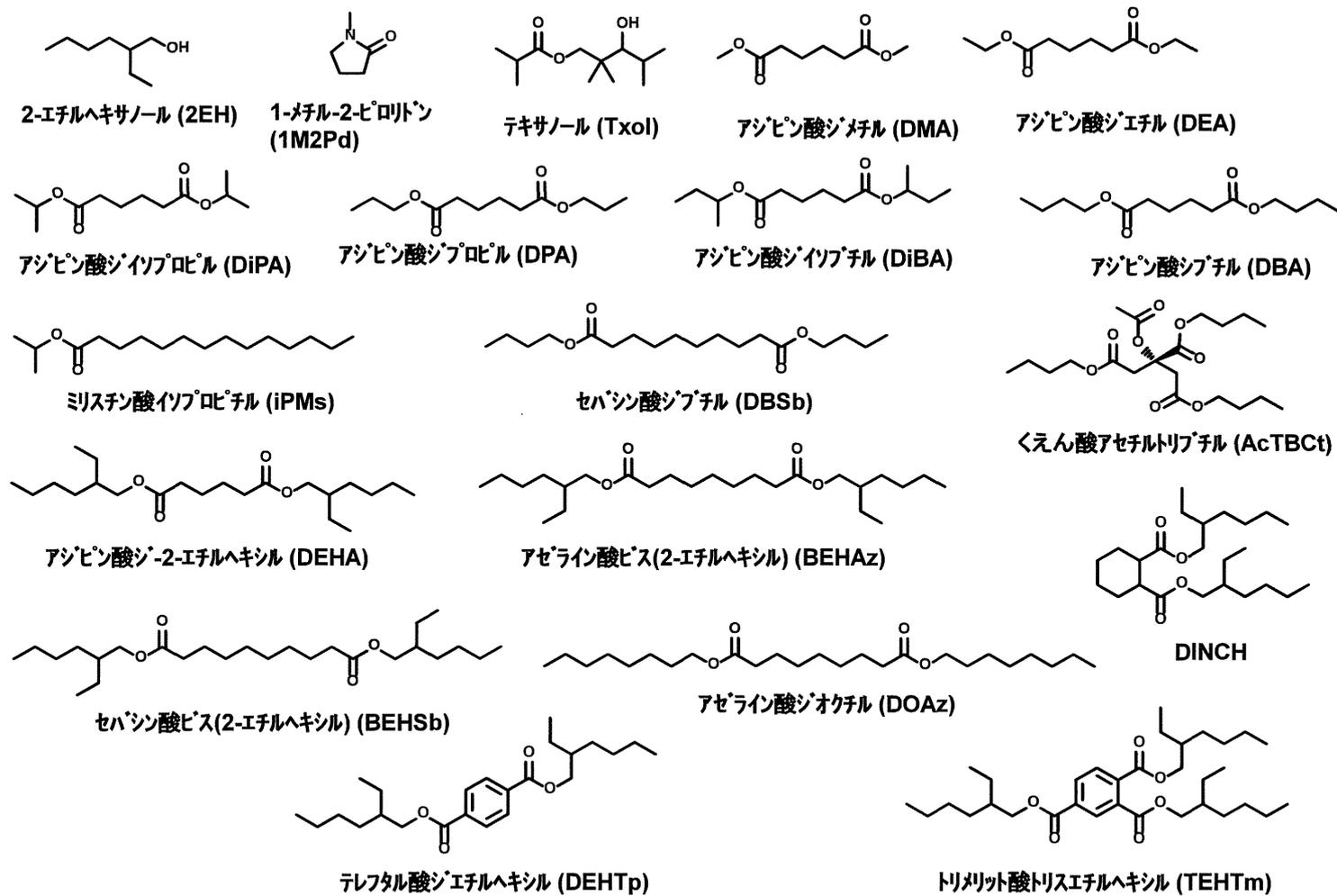
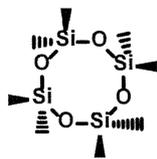


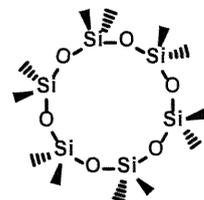
図 2-1 非フタル酸エステル系可塑剤 (23 物質中 19 物質) の化学構造



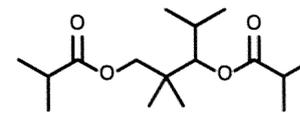
オクタメチルテトラシクロシロキサン  
(D4)



デカメチルペンタシクロシロキサン  
(D5)



ドデカメチルヘキサシクロシロキサン  
(D6)



TXIB

図 2-2 非フタル酸エステル系可塑剤(今年度新たに追加した 4 物質)の化学構造

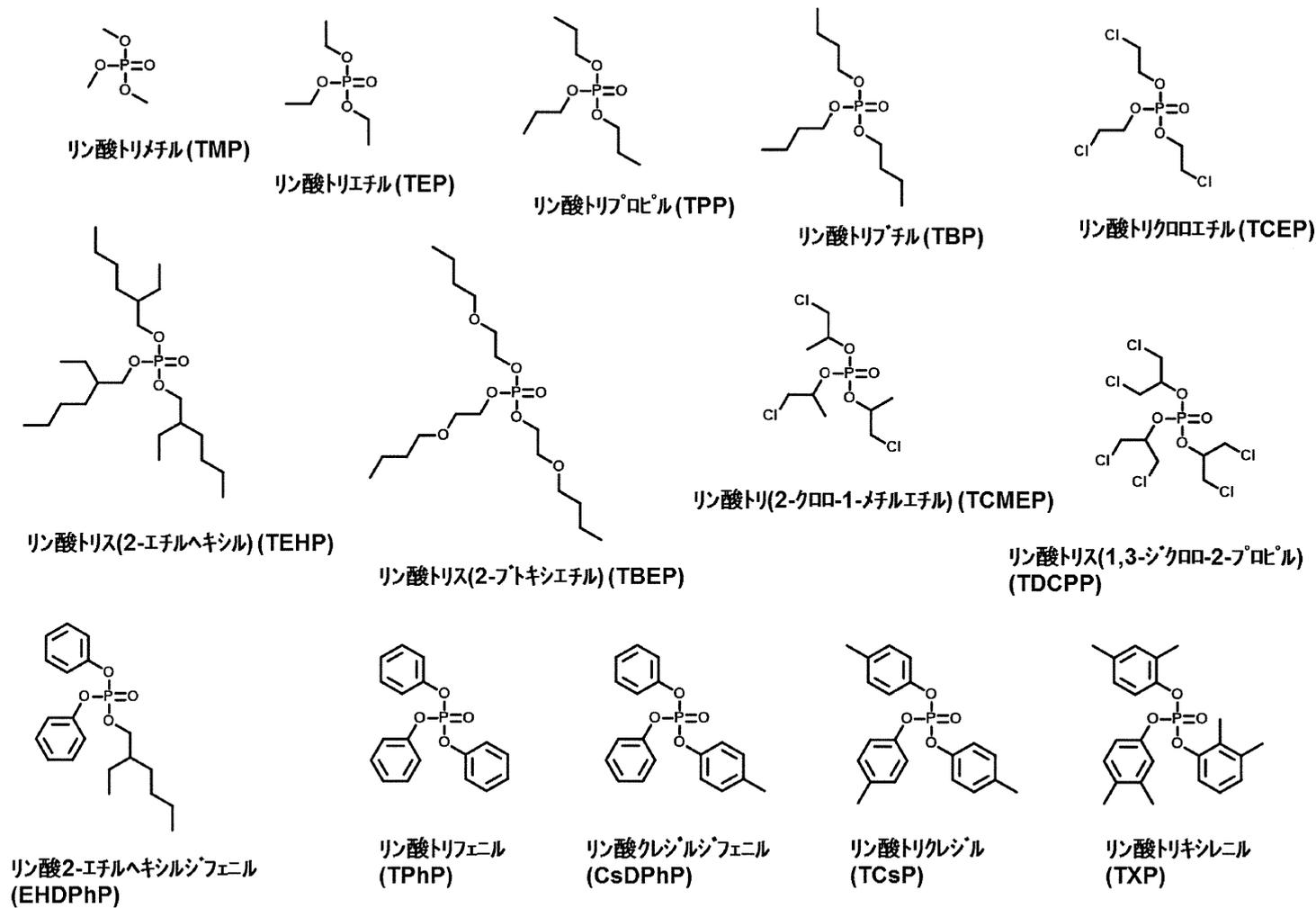
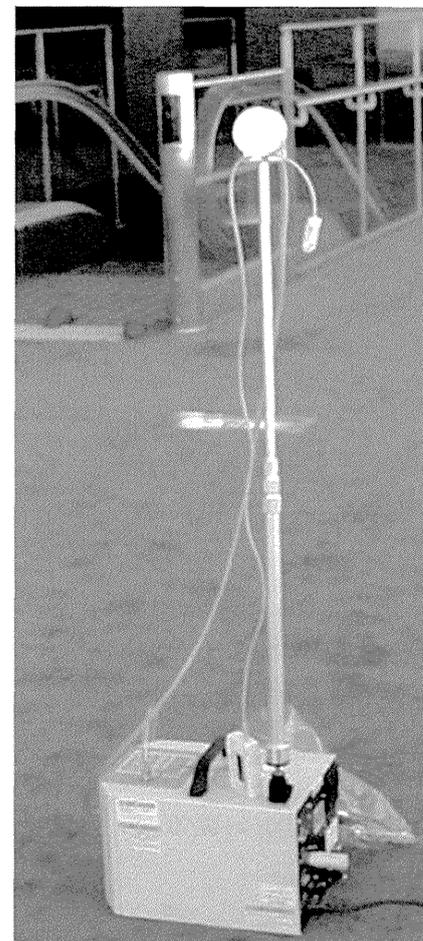
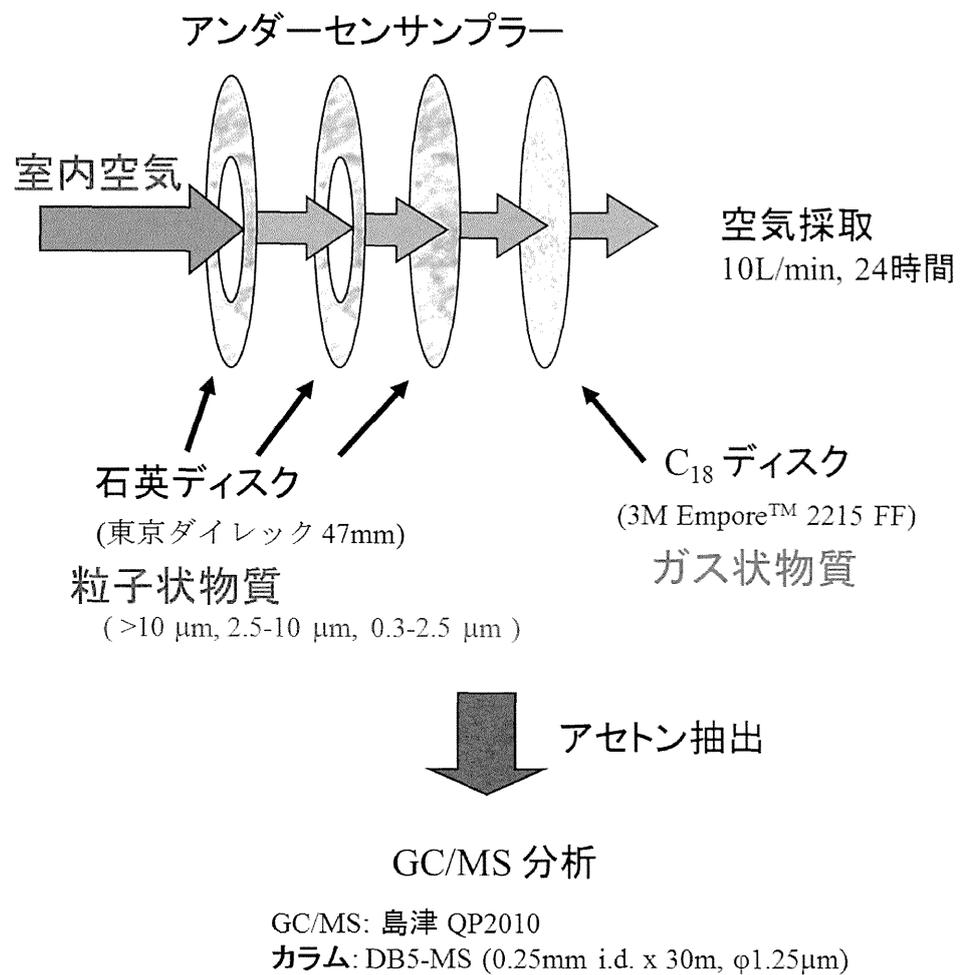


図3 有機リン系難燃剤類 14 物質の化学構造



SP-208 10 L ポンプ

図 4 室内空気中の準揮発性化合物の捕集及び分析

表1 フタル酸エステル系可塑剤の室内空气中濃度

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

番号	化合物名	中央値	最大値	n	定量下限値
1	DMP	0.070	0.44	50	0.002
2	DEP	0.11	0.39	49	0.004
3	DiPP			0	0.00007
4	DAP			0	0.00007
5	DPP			0	0.00007
6	DiBP	0.27	3.0	50	0.003
7	DBP	0.65	3.6	50	0.01
8	DPeP			0	0.002
9	DiHP			0	0.00007
10	BPBG			0	0.00007
11	DHP		0.027	5	0.00007
12	BBzP	0.004	0.044	30	0.003
13	DiHpP			0	0.00007
14	DEHP	0.60	1.3	50	0.02
15	DHpP			0	0.00007
16	DcHP			0	0.0002
17	DPhP			0	0.00007
18	DOP		0.062	16	0.00007
19	DBzP			0	0.00007
20	DiNP	0.01	0.14	27	0.01
21	DiDP			0	0.02