

# 可塑剤・難燃剤等による室内空気汚染の実態とその曝露量評価

斎藤 育江, 大貫 文, 矢口 久美子, 小縣昭夫

## 可塑剤・難燃剤等による室内空気汚染の実態とその曝露量評価

齋藤 育江\*, 大貫 文\*, 矢口 久美子\*, 小縣昭夫\*\*

東京都内の住宅、オフィスビルの室内空気及び外気の半揮発性有機化合物 (SVOC) 実態調査結果 (1999年~2002年) を総合的に解析し、得られた統計データより空気由来のSVOC曝露量を推計した。実態調査では、空気中から40物質のSVOCが検出された。次にそれらのうち一日許容摂取量 (ADI) または耐用一日摂取量 (TDI) 等が示されている24物質について、空気由来の曝露量最大値がADI, TDI等に占める割合を推計した。その結果、ADI, TDI等に占める空気由来曝露量の割合が最も大きかった物質は、難燃剤のリン酸トリス (2-クロロイソプロピル) で、主婦: 89%, 会社員: 58%と算出された。

**キーワード:** 室内空気, 半揮発性有機化合物, フタル酸エステル類, リン酸エステル類, クロルデン類, ビスフェノールA, アルキルフェノール類, 有機リン系殺虫剤, 臭素系難燃剤, 曝露量

### はじめに

世界保健機関 (World Health Organization: WHO) は、室内空気の汚染源となる可能性のある有機化合物について、沸点による分類を行っており、沸点が50-100°C~240-260°Cの物質を揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds: VOC), 240-260°C~380-400°Cの物質を半揮発性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds: SVOC) と定義している<sup>1)</sup>。室内空気中のVOCについては、シックハウス症候群の防止策に関連して、多種類の物質を同時に分析する公定法が示されており<sup>2)</sup>、これまでに多くの室内濃度データが報告されている。しかし、室内空気中のSVOCに関する測定法は、フタル酸エステル類及び有機リン系殺虫剤以外には公定法が示されておらず<sup>2)</sup>、多種のSVOCに関する実態把握が十分とは言い難いのが現状である。

SVOCに属する物質では、近年、可塑剤のフタル酸エステル類が内分泌かく乱作用を示すことが明らかになり<sup>3-5)</sup>、その他、ビスフェノールA、ノニルフェノール、臭素化ジフェニルエーテル等、多くの物質にも内分泌かく乱作用があることが報告された。また、シックハウス症候群及び化学物質過敏症との関連が疑われている有機リン系殺虫剤及びリン酸エステル類も同様にSVOCに属する。したがって、これらの化学物質のリスク評価のためには、食事や飲料水に加え、空気からの曝露量を推計することが不可欠と考えられる。

本研究では、1999年~2002年に東京都内で行われた空気中SVOCの実態調査をまとめ<sup>6-13)</sup>、住宅、オフィスビルの室内空気及び外気におけるSVOC60物質の調査結果を概説する。また、得られた測定データより主婦及び会社員のそれぞれについて、空気由来のSVOC曝露量最大値を推計し、一日許容摂取量 (Acceptable Daily Intake: ADI), 耐用一日摂取量 (Tolerable Daily Intake: TDI) 及び食事由来曝露量との比較を行った結果について紹介する。

### 調査方法

#### 1. 対象物質

フタル酸エステル類10種 (フタル酸ジメチル, フタル酸ジエチル, フタル酸ジイソプロピル, フタル酸ジ-n-プロピル, フタル酸ジイソブチル, フタル酸ジ-n-ブチル, フタル酸ジヘキシル, フタル酸ジ-2-エチルヘキシル, フタル酸ジシクロヘキシル, フタル酸ブチルベンジル), リン酸エステル類11種 (リン酸トリメチル, リン酸トリエチル, リン酸トリプロピル, リン酸トリブチル, リン酸トリス (2-クロロイソプロピル), リン酸トリス (2-クロロエチル), リン酸トリス (2-エチルヘキシル), リン酸トリス (ブトキシエチル), リン酸トリス (1,3-ジクロロ-2-プロピル), リン酸トリフェニル, リン酸トリクレシル), ビスフェノールA, アルキルフェノール類7種 (4-t-ブチルフェノール, 4-n-ペンチルフェノール, 4-n-ヘキシルフェノール, 4-t-オクチルフェノール, 4-n-ヘプチルフェノール, 4-n-オクチルフェノール, 4-ノニルフェノール), 臭素系難燃剤14種 (4,4'-ジプロモジフェニルエーテル, 2,4,4'-トリプロモジフェニルエーテル, 2,2',4,4'-テトラプロモジフェニルエーテル, 2,2',4,4',5-ペンタプロモジフェニルエーテル, 2,2',4,4',6-ペンタプロモジフェニルエーテル, 2,2',4,4',5,5'-ヘキサプロモジフェニルエーテル, 2,2',4,4',5,6'-ヘキサプロモジフェニルエーテル, 2,2',3,4,4',5',6'-ヘプタプロモジフェニルエーテル, デカプロモジフェニルエーテル, 2,4,6-トリプロモフェノール, ペンタプロモフェノール, ヘキサプロモベンゼン, テトラプロモビスフェノールA, ヘキサプロモシクロドデカン), 有機リン系殺虫剤9種 (ジクロルボス, ダイアジノン, ジクロフェンチオン, クロルピリホスメチル, メチルパラチオン, クロルピリホス, フェントロチオン, マラチオン, ピリダフェンチオン), ペルメトリン, フェノブカルブ, DDT2種 (o,p'-DDT, p,p'-DDT), クロルデン類

\* 東京都健康安全研究センター環境保健部水質・環境研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

\*\* 東京都健康安全研究センター環境保健部

4種 (*trans*-クロルデン, *cis*-クロルデン, *trans*-ノナクロル, *cis*-ノナクロル), 合計60物質。

## 2. 調査方法

1999年～2002年に住宅室内(延べ222カ所), オフィスビル室内(延べ130カ所)及び外気(延べ102カ所)について調査を実施した。空気の採取は住宅では居間及び寝室, オフィスビルでは事務室及び会議室を中心として, 1つの建物につき2カ所で行った。調査したほとんどの住宅は, 居住者が通常の生活を行っている状態で空気を採取し, 換気は窓の開閉や換気扇により行なわれていた。オフィスビルはすべて使用中であり, 勤務時間中には空調設備が作動し(窓は閉め切り), 勤務日に空気を採取した。外気は, 住宅ではベランダあるいは軒下等, オフィスビルでは屋上あるいは非常階段等で空気を採取した。

空气中SVOCの捕集には, 直径47 mmの石英フィルター及びオクタデシルシリカゲルC18 (Octadecyl Silica Gel : ODS) フィルターを用い, 10 L/分の流速で24時間空気を採取した。空気採取後のフィルターはアセトンで超音波抽出してN<sub>2</sub>気流下で濃縮し, 分析用試料とした。

分析方法の詳細は既報のとおりである<sup>8,12,13,14-16</sup>。概要としては, フタル酸エステル類, ペルメトリン, フェノバルブ, DDT類及びクロルデン類についてはガスクロマトグラフ/質量分析計 (Gas Chromatograph / Mass Spectrometer : GC/MS) により分析した。アルキルフェノール類及びビスフェノールAについては, トリメチルシリル誘導体化後, GC/MSにより分析した。リン酸エステル類及び有機リン系殺虫剤についてはGC-炎光度分析計 (Flame Photometric detector : FPD) により, また臭素系難燃剤については, 試料の大量注入が可能な液冷式昇温気化 (Programmable Temperature Vaporization : PTV) 注入法を用い, GC-原子発光検出器 (Atomic Emission Detector : AED) により分析した。

## 3. 曝露量推計

実態調査の結果より, 住宅室内, オフィスビル室内及び外気濃度を用いて, 空気由来のSVOC曝露量最大値を推計した。曝露量最大値を算出するにあたっては, 住宅内での滞在時間が長い「主婦」と, オフィスビルでの滞在時間が長い「会社員」の2通りに分け, 主婦については1日の住宅室内滞在時間を20時間, 外出時間を4時間, 会社員については住宅室内滞在時間を13時間, オフィスビル室内滞在時間を9時間, 外出時間を2時間と仮定した。次に日本人の平均体重を50 kg, 一日当たりの呼吸量を15 m<sup>3</sup>とし<sup>17</sup>, 各滞り場所(住宅, オフィスビル及びび戸外)における呼吸量とその濃度最大値との積を求め, それらの和より「主婦」「会社員」それぞれの空気由来曝露量最大値 (µg/kg/day) を算出した。

## 結果及び考察

### 1. 実態調査結果

調査対象60物質のうち, 住宅, オフィスビルの室内空気中からは40物質が検出され, 外気からは23物質が検出された。室内で検出されたSVOC40物質の室内濃度及び外気濃度の最大値, 最小値, 中央値をTable 1に示す。以下に物質群ごとの結果概要を示す。

#### 1) フタル酸エステル類<sup>6,10</sup>

フタル酸エステル類は可塑剤として主にプラスチック製品に使用されており, 室内では壁紙や床シートに含有されていることが多い。フタル酸エステル類のうち, フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (Di-2-ethylhexyl Phthalate : DEHP) は, 油脂食品の容器包装や乳幼児のおもちゃへの使用が禁止されているが<sup>18</sup>, 建材においては使用禁止の措置はとられていない。

調査の結果, 調査対象10物質のうち室内からは8物質が検出され, 中央値が高かったのは, フタル酸ジ-n-ブチル (Di-n-butyl Phthalate : DnBP) (住宅471 ng/m<sup>3</sup>, オフィスビル684 ng/m<sup>3</sup>, 外気27.2 ng/m<sup>3</sup>) 及びDEHP (住宅308 ng/m<sup>3</sup>, オフィスビル257 ng/m<sup>3</sup>, 外気59.4 ng/m<sup>3</sup>) であった。またフタル酸ジメチル (Dimethyl Phthalate : DMP), DnBP及びDEHPの3物質では, 最大値がほぼマイクログラムオーダーに達していた (順に住宅6.3 µg/m<sup>3</sup>, 7.2 µg/m<sup>3</sup>, 2.4 µg/m<sup>3</sup>, オフィスビル2.6 µg/m<sup>3</sup>, 4.7 µg/m<sup>3</sup>, 0.83 µg/m<sup>3</sup>)。DnBP及びDEHPについては, 厚生労働省から室内濃度の指針値が示されているが (DnBP : 220 µg/m<sup>3</sup>, DEHP : 120 µg/m<sup>3</sup>), この指針値を超える濃度は検出されなかった。フタル酸ジイソプロピル (Diisopropyl Phthalate : DiPP) 及びフタル酸ジ-n-プロピル (Di-n-propyl Phthalate : DnPP) は検出されなかった。

#### 2) リン酸エステル類<sup>7,9</sup>

リン酸エステル類は, 繊維製品の難燃剤, プラスチック製品の難燃剤及び可塑剤として使用され, 家庭電化製品やOA機器にも含有されている<sup>19</sup>。有機リン系殺虫剤がコリンエステラーゼ阻害による神経毒性を有することはよく知られているが, リン酸エステル類の中にも同様の毒性<sup>20,21</sup>, 及び遅発性の神経毒性を示す物質があり<sup>22,23</sup>, マウスに多動性を引き起こす事例も報告されている<sup>24</sup>。

調査の結果, 調査対象11物質のうち室内からは10物質が検出された。リン酸トリス (2-エチルヘキシル) (Tris (2-ethylhexyl) phosphate : TEHP) は検出されなかった。中央値が高かったのは, 住宅でリン酸トリブチル (Tributyl-phosphate : TBP) (7.1 ng/m<sup>3</sup>), オフィスビルではリン酸トリス (2-クロロイソプロピル) (Tris (2-chloroisopropyl) phosphate : TCIPP) (14.9 ng/m<sup>3</sup>) 及びTBP (11.7 ng/m<sup>3</sup>) であった。外気ではTCIPPの中央値 (2.0 ng/m<sup>3</sup>) が高かった。またTCIPPについては, 住宅での最大値が14µg/m<sup>3</sup>と, 他の建物に比べて非常に高値を示すケースがみられた。

#### 3) ビスフェノールA<sup>8,16</sup>

ビスフェノールA (Bisphenol A : BPA) は主にポリカーボネート樹脂, エポキシ樹脂の原料として使用されている。



Table 1-2. Concentrations of Airborne Semi-Volatile Organic Compounds unit: ng/m<sup>3</sup>

Compounds	House			Office			Outdoor		
	Min.	Max.	Med.	Min.	Max.	Med.	Min.	Max.	Med.
Organophosphorus Pesticides	(n=96)			(n=46)			(n=34)		
Dichlorvos	<0.50	18.1	1.4	0.64	130	4.0	<0.50	14.2	3.1
Diazinon	<1.0	3.3	<1.0	<1.0	52.3	<1.0	<1.0	1.8	<1.0
Chlorpyrifos	<1.0	12.4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Fenitrothion	<1.0	51.3	<1.0	<1.0	1,480	1.1	<1.0	6.0	<1.0
Permethrin	(n=86)			(n=54)			(n=33)		
	<0.50	6.4	<0.50	<0.50	37.9	<0.50	<0.50	1.7	<0.50
Fenobucarb	(n=44)			(n=26)			(n=17)		
	<0.50	8.1	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	4.5	<0.50
Chlordans	(n=44)			(n=26)			(n=17)		
<i>trans</i> -Chlordane	<0.20	9.6	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.57	<0.20
<i>cis</i> -Chlordane	<0.30	5.9	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
<i>trans</i> -Nonachlor	<0.30	6.5	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30

DMP : Dimethyl Phthalate, DEP : Diethyl Phthalate, DiBP : Diisopropyl Phthalate, DnBP : Di-n-butyl Phthalate, BBP : Benzyl Butyl Phthalate, DHP : Dihexyl Phthalate, DCHP : Dicyclohexyl Phthalate, DEHP : Di-2-ethylhexyl Phthalate, TMP : Trimethylphosphate, TEP : Triethylphosphate, TPP : Tripropyl-phosphate, TBP : Tributylphosphate, TCIPP : Tris (2-chloroisopropyl) phosphate, TCEP : Tris (2-chloro-ethyl) phosphate, TBEP : Tris (butoxyethyl) phosphate, TDCPP : Tris (1,3-dichloro-2-propyl) phosphate, TPHP : Triphenylphosphate, TCP : Tricrecylphosphate, 4-t-BP : 4-tert-Butylphenol, 4-t-OP : 4-tert-Octylphenol, 4-NP : 4-n-Nonylphenol, TBPh : 2,4,6-Tribromophenol, PBPh : Pentabromophenol, HBB : Hexabromobenzene, HBCD: Hexabromocyclododecane, BDE-15 : 4,4'-Dibromodiphenyl Ether, BDE-28 : 2,4,4'-Tribromodiphenyl Ether, BDE-47 : 2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl Ether, BDE-99 : 2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl Ether, BDE-100 : 2,2',4,4',6-Pentabromodiphenyl Ether

近年、BPAが女性ホルモン様作用を有することが明らかとなり<sup>25)</sup>、食生活に関連する曝露経路として、ポリカーボネート製の食器、哺乳ビン、缶コーティング面等からの溶出が問題となっている<sup>26)</sup>。

調査の結果、BPAは室内空気及び外気の両方から検出された。室内空気中濃度の中央値は、住宅：0.35 ng/m<sup>3</sup>、オフィスビル：1.0 ng/m<sup>3</sup>であり、外気濃度の中央値は定量下限値未満 (0.3 ng/m<sup>3</sup>) であった。最大値はオフィスビルで検出された (8.1 ng/m<sup>3</sup>)。

#### 4) アルキルフェノール類<sup>12)</sup>

アルキルフェノール類の一種である4-ニルフェノール (4-n-Nonylphenol : 4-NP) は、主な用途が界面活性剤原料であるが、それ以外にプラスチックの酸化防止剤及び安定剤等の原料、あるいはそれ自身が酸化防止剤として使用される。そのため、室内では壁紙や床シートに含有されており<sup>12)</sup>、揮発あるいは粉塵への吸着により徐々に室内空气中に放散される。

調査の結果、調査対象7物質のうち室内からは4-t-ブチルフェノール (4-tert-Butylphenol : 4-t-BP)、4-t-オクチルフェノール (4-tert-Octylphenol : 4-t-OP) 及び4-NPの3物質が検出された。4-n-ペンチルフェノール、4-n-ヘキシルフェノール、4-n-ヘプチルフェノール及び4-n-オクチルフェノールは検出されなかった。室内で中央値が高かったのは、住宅、オフィスビルともに4-NPで、住宅：47.5 ng/m<sup>3</sup>、オフィスビル：58.8 ng/m<sup>3</sup>であった。また、最大値が最も高かったのも4-NPであった (住宅：680 ng/m<sup>3</sup>、オフィスビル：555 ng/m<sup>3</sup>)。外気はいずれの物質も中央値は定量下限値未満 (0.15 ~ 4.5 ng/m<sup>3</sup>) であった。

#### 5) 臭素系難燃剤<sup>13)</sup>

臭素系難燃剤は、主にプラスチック製品や繊維製品の難燃剤に使用されている。臭素系難燃剤のうち、ペンタブロモジフェニルエーテルを代表とする臭素化ジフェニルエーテル類については、内分泌かく乱作用<sup>27)</sup>や人体への蓄積が報告されている<sup>28)</sup>。しかし、国内では難燃剤協会が1990年

代の初めにペンタブロモジフェニルエーテルの使用自粛を決定したため<sup>29)</sup>これまでの国内での使用量は少なく、この現状を反映して、母乳調査で検出された日本人の臭素化ジフェニルエーテルの総量は1.4 ng/g<sup>29)</sup>と、アメリカの72 ng/g<sup>30)</sup>に比べて約1/50の数値である。

調査の結果、調査対象14物質のうち室内から9物質が検出された。テトラブロモビスフェノールA (Tetrabromo-bisphenol A : TBBPA) , 2, 2', 4, 4', 5, 5'-ヘキサブロモジフェニルエーテル (2, 2', 4, 4', 5, 5'-Hexabromo-diphenyl Ether : BDE-153) , 2, 2', 4, 4', 5, 6'-ヘキサブロモジフェニルエーテル (2, 2', 4, 4', 5, 6'-Hexabromodiphenyl Ether : BDE-154) , 2, 2', 3, 4, 4', 5, 6'-ヘプタブロモジフェニルエーテル (2, 2', 3, 4, 4', 5, 6'-Heptabromodiphenyl Ether : BDE-183) 及びデカブロモジフェニルエーテル (Decabromo-diphenyl Ether : BDE-209) の5物質は検出されなかった。室内で中央値が高かったのは、住宅では2, 2', 4, 4'-テトラブロモジフェニルエーテル (2, 2', 4, 4'-Tetrabromodiphenyl Ether : BDE-47) : 0.48 ng/m<sup>3</sup>であった。また、オフィスビルでは、いずれの物質も検出率が50%未満であったため、中央値を用いた比較はできなかった。最も濃度が高かったのはオフィスビルにおけるヘキサブロモシクロドデカン (Hexabromocyclododecane : HBCD) : 29.5 ng/m<sup>3</sup>であった。

#### 6) 有機リン系殺虫剤<sup>7,11)</sup>

有機リン系殺虫剤は、主としてコリンエステラーゼ阻害作用により効果を発揮する農薬である。これらは農業用以外にも、街路樹や公園樹木の保護、住宅のシロアリ駆除、ガーデニングでの虫除け及び室内での殺虫を目的として使用されている。有機リン系殺虫剤のクロルピリホスについては、シロアリ駆除剤として多用されてきたが、2003年の建築基準法改正により、住宅への使用が禁止になった。

調査の結果、調査対象9物質のうち室内空気からは、ジクロロボス、ダイアジノン、クロルピリホス及びフェントロチオンの4物質が検出され、外気からは、ジクロロボス、ダイアジノン及びフェントロチオンの3物質が検出された。中央値が高かったのは室内空気、外気ともにジクロロボスであった (住宅 : 1.4 ng/m<sup>3</sup>, オフィスビル : 4.0 ng/m<sup>3</sup>, 外気 : 3.1 ng/m<sup>3</sup>)。また、オフィスビルのジクロロボス及びフェントロチオンについては、最大値がそれぞれ130 ng/m<sup>3</sup>, 1,480 ng/m<sup>3</sup>と、他の建物に比べて高値を示すケースがみられた。厚生労働省から室内空気中濃度の指針値が示されているクロルピリホス (指針値 : 1 µg/m<sup>3</sup>, ただし小児の場合は0.1 µg/m<sup>3</sup>) 及びダイアジノン (指針値 : 0.29 µg/m<sup>3</sup>) については、指針値を越える濃度は検出されなかった。

#### 7) ペルメトリン<sup>7,8)</sup>

ペルメトリンはピレスロイド系の殺虫剤で、野菜、果樹、花卉の害虫駆除に使用される。その他にはハエ、蚊、ゴキブリ用のエアゾール剤やダニ用のくん煙剤として家庭で使用されることも多い。ペルメトリンは昆虫に対して神経毒として作用するが、近年、EPAは人に対する発ガン性の恐れを指摘しており<sup>31)</sup>、また、内分泌かく乱作用についても

報告がある<sup>32)</sup>。

調査の結果、室内空気及び外気から検出され、最大値はオフィスビルで検出された (37.9 ng/m<sup>3</sup>)。

#### 8) フェノブカルブ<sup>8)</sup>

フェノブカルブは、BPMCの名称でも知られるカーバメート系の殺虫剤で、稲のウンカ、ツマグロヨコバイ駆除の他、住宅の防蟻処理にも使用される。コリンエステラーゼ阻害作用により殺虫効果を発揮し、有機リン系殺虫剤との複合剤として使用されることも多い。

調査の結果、住宅室内空気及び外気から検出され、最大値は住宅において検出された (8.1 ng/m<sup>3</sup>)。厚生労働省から示されている室内濃度の指針値 (33 µg/m<sup>3</sup>) を越える濃度は検出されなかった。

#### 9) DDT類<sup>8)</sup>

DDTは有機塩素系の殺虫剤で、1948年に農薬登録され、稲、野菜、果樹等の農薬として使用された<sup>33)</sup>。しかし1971年に農薬や家庭用殺虫剤としての販売が禁止された後は木材のシロアリ駆除剤として使用され、1981年に「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」(化審法)により第一種特定化学物質に指定されるまでその使用が続いた<sup>33)</sup>。

調査の結果、*o, p'*-DDT及び*p, p'*-DDTは、室内空気及び外気のいずれからも検出されなかった。

#### 10) クロルデン類<sup>8)</sup>

クロルデンは有機塩素系殺虫剤で、1950年に農薬登録され、稲、野菜等の農薬として使用された。1968年に農薬登録が失効したが、その後にシロアリ駆除剤としての使用量の伸びが著しく、建材用木材への塗布、合板接着剤への添加、土台木材への注入、敷地土壌への注入処理剤として多用された。しかし、1986年には化審法により第一種特定化学物質に指定され、製造・販売・使用が禁止された<sup>33)</sup>。

調査対象4物質のうち、室内住宅からは、*trans*-クロルデン、*cis*-クロルデン、*trans*-ノナクロルの3物質が検出され、オフィスビルからはいずれの物質も検出されなかった。外気からは*trans*-クロルデンのみが検出された。*cis*-ノナクロルは検出されなかった。最も濃度が高かったのは、住宅における*trans*-クロルデン : 9.6 ng/m<sup>3</sup>であった。

#### 11) 各物質の濃度比較

住宅及びオフィスビルの室内空気から検出されたSVOC 40物質の濃度の比較をFig.1に示す。図中の線は、上限が最大値、下限が最小値を示し、線上の点は室内濃度中央値を表す。なお室内濃度中央値は住宅及びオフィスビル濃度中央値の平均を表す。検出されたSVOCのうち中央値が高かった上位5物質は、DnBP (578 ng/m<sup>3</sup>)、DEHP (283 ng/m<sup>3</sup>)、DEP (81.5 ng/m<sup>3</sup>)、4-NP (53.2 ng/m<sup>3</sup>)、DMP (47.9 ng/m<sup>3</sup>)の順で、5物質中4物質がフタル酸エステル類であった。また、最大値が高かった上位5物質は、TCIPP (住宅 : 14.2 µg/m<sup>3</sup>)、DnBP (住宅 : 7.2 µg/m<sup>3</sup>)、DMP (住宅 : 6.3 µg/m<sup>3</sup>)、DEHP (住宅 : 2.4 µg/m<sup>3</sup>)、フェントロチオン (オフィスビル : 1.5 µg/m<sup>3</sup>)であった。TCIPP及びフェントロチオンについては、中央値はそれぞれ9.6 ng/m<sup>3</sup>, 0.80 ng/m<sup>3</sup>と低か

ったが、場合によっては高濃度になるケースがあることが確認された。

2. 曝露量推計結果

実態調査の結果から空気由来の曝露量を推計し、ADIあるいはTDIが示されている24物質について、それぞれの曝露量最大値がADIまたはTDIに占める割合を算出した。結果をTable 2に示す。以下に物質群ごとの概要を示す。

1) フタル酸エステル類

DnBP及びDEHPについては厚生労働省から室内濃度の指針値が示されているが<sup>34)</sup>、この指針値を策定するにあたりTDIが提示されている。DnBPについては、DnBPの混餌投与を行ったラットの世代試験より、第1世代児動物の体重減少を指標として最小毒性量 (Lowest Observed Adverse Effect Level : LOAEL) を66 mg/kg/dayとし<sup>35)</sup>、これに不確実係数 (Uncertainty Factor : UF) =1,000を適用して TDI=66 $\mu$ g/kg/day [TDI=66 mg/kg/day/1,000=66  $\mu$ g/kg/day] としている<sup>36)</sup>。一方、DEHPについては、ラットに投与した時の影響を見た報告より<sup>37)</sup>、精巢の病理組織学的変化を指標として無毒性量 (No Observed Adverse Effect Level : NOAEL) を3.7 mg/kg/dayとし、これにUF=100を適用して、TDI=37  $\mu$ g/kg/day [TDI=3.7 mg/kg/day/1,00=37 $\mu$ g/kg/day] としている<sup>38)</sup>。

実態調査により得られた数値から (Table 1) , 空気由来の曝露量最大値を算出すると、DnBP : 主婦1.8  $\mu$ g/kg/day, 会社員1.7  $\mu$ g/kg/day, DEHP : 主婦0.62 $\mu$ g/kg/day, 会社員 0.49  $\mu$ g/kg/dayであった。これらの値を前述のTDIと比較すると、空気由来のフタル酸エステル類曝露量最大値は、DnBPについてはTDIの2.6%~2.7%、DEHPについては1.3%~1.7%を占めると推計された。

DEHPの曝露量は食事由来の摂取割合が高いことが報告されているが<sup>39)</sup>、平成14年度に行われた環境省の調査<sup>40)</sup>より食事中的フタル酸エステル類最大値を用いて一日の食事量 (2 kg) 及び平均体重 (50 kg) から食事由来の曝露量最大値を算出すると、DnBP : 家庭食2.7  $\mu$ g/kg/day, 外食等6.8  $\mu$ g/kg/day, DEHP : 家庭食13  $\mu$ g/kg/day, 外食等6.8  $\mu$ g/kg/dayであった。この推計結果を空気由来の曝露量と比較すると、2物質とも食事からの曝露量の方が空気からの曝露量よりも多かった。しかし、空気由来曝露量/食事由来曝露量の比率をみると、DEHPの空気由来曝露量最大値は、食事由来曝露量最大値の4%~9% であったのに対し、DnBPでは25%~67%を占めDEHPよりも室内空気由来曝露の寄与が大きいと推察された。

2) リン酸エステル類

リン酸エステル類については、現在、国内では指針値等は示されていないが、スイスでは調査対象物質のうち8種のリン酸エステル類についてTDIが示されている<sup>41)</sup>。そのうち、室内空気中からの検出率の高かったTCIPP及びリン酸トリス2-クロロエチル (Tris(2-chloroethyl)phosphate : TCEP) のTDIを見ると、TCIPPではラットへの経口投与による影響を見た報告より<sup>42)</sup>NOAEL を36 mg/kg/day とし、これにUF=10,000 を適用して、TDI=4  $\mu$ g/kg/day としている。一方、TCEPについてはラットに投与した時の影響を見た報告より、肝臓と腎臓の相対重量増加を指標としてNOAELを22 mg/kg/dayとし<sup>43)</sup>、これにUF=10,000を適用して、TDI=2  $\mu$ g/kg/day としている。

実態調査により得られた数値から (Table 1) , 空気由来の曝露量最大値を算出すると、TCIPP : 主婦 3.6  $\mu$ g/kg/day, 会社員 2.3  $\mu$ g/kg/day, TCEP : 主婦 0.09  $\mu$ g/kg/day, 会社員 0.12  $\mu$ g/kg/dayであった。これらの値を前述のTDIと比較す

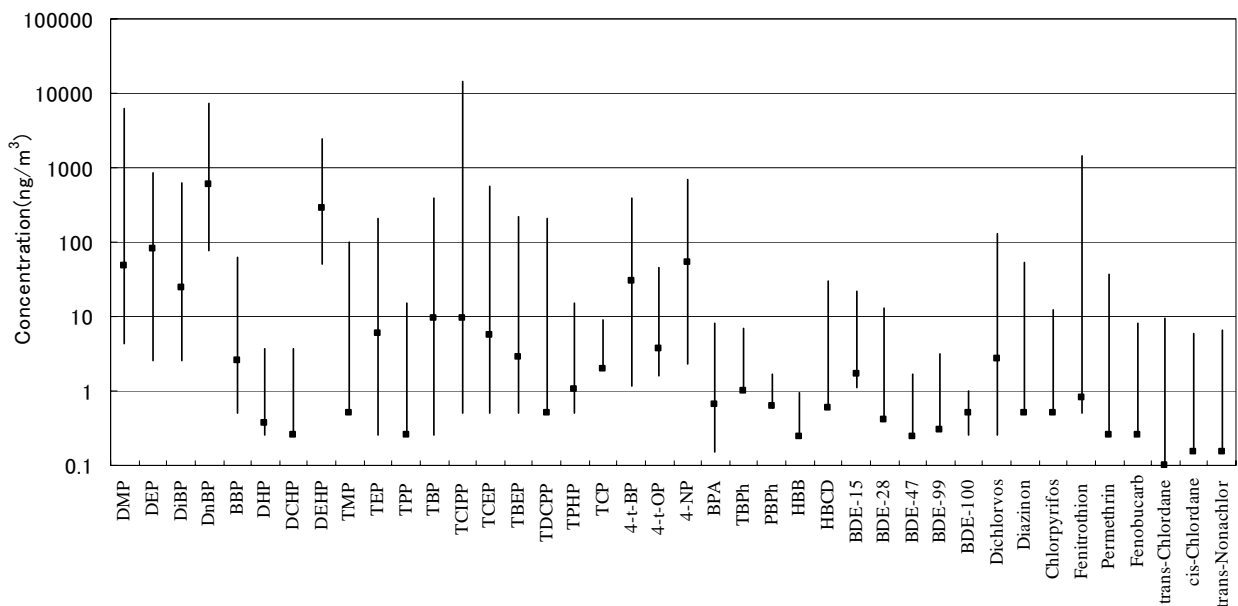


Fig. 1. Comparison of Indoor Air Semi-Volatile Organic Compounds

Table 2. The Maximal Human Daily Intake of Semi-volatile Organic Compounds from Air

Compounds	TDI (ADI)	Max. Daily Intake from Air ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ )	
		House Wife(%)*	Office Worker(%)*
DnBP	66	1.8(2.7)	1.7(2.6)
DEHP	37	0.62(1.7)	0.49(1.3)
TBP	10	0.10(0.99)	0.07(0.73)
TCIPP	4	3.6(89)	2.3(58)
TCEP	2	0.09(4.7)	0.12(6.1)
TBEP	2	0.02(0.84)	0.04(1.8)
TDCPP	2	0.03(1.3)	0.04(2.0)
TPHP	16	0.004(0.02)	0.004(0.03)
BPA	50	0.001(0.002)	0.002(0.003)
4-t-OP	15	0.012(0.08)	0.012(0.07)
4-NP	10	0.17(1.7)	0.17(1.7)
HBCD	100	0.006(0.006)	0.007(0.007)
BDE-47	0.045	0.0004(0.97)	0.0003(0.68)
BDE-99	0.045	0.0008(1.8)	0.0005(1.1)
Dichlorvos	3.3	0.005 (0.16)	0.018 (0.54)
Diazinon	0.0867	0.001 (1.1)	0.006 (7.5)
Chlorpyrifos	0.03	0.003 (10)	0.002 (6.9)
Fenitrothion	5	0.013 (0.26)	0.18 (3.5)
Permethrin	48	0.002(0.004)	0.005(0.01)
Fenobucarb	10	0.002(0.02)	0.001(0.01)
Chlordanes**	0.5	0.006(1.1)	0.004(0.74)

\*The percentage of maximal daily intake/ADI(TDI)

\*\*Chlordans are total sum of *trans*-Chlodane, *cis*-Chlordane, *trans*-Nonachlor and *cis*-Nonachlor.

ると、空気由来のリン酸エステル類曝露量最大値は、TCIPPについてはTDIの58%～89%、TCEPについては4.7%～6.1%を占めると推計された。その他、TDIが示されている6物質（TBP, TEHP, リン酸トリス（ブトキシエチル）（Tris (butoxyethyl)phosphate : TBEP）, リン酸トリス（1,3-ジクロロ-2-プロピル）（Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate : TDCPP, リン酸トリフェニル（Triphenylphosphate : TPHP）及びリン酸トリクレシル（Tricresylphosphate : TCP））についての曝露量は、主婦：TDIの1.3%以下、会社員：TDIの2.0%以下と試算された。

食事由来曝露量については国内のリン酸エステル類調査データはほとんど無く、TCEPの食品中濃度は1997年度の環境省の調査でいずれも検出下限値（0.005  $\mu\text{g}/\text{g}$ ）未満であった（ $n=45$ ）<sup>44</sup>。

### 3) ビスフェノールA

BPAについては、現在、食品衛生法において容器包装に関する基準<sup>45</sup>はあるが、室内空気中濃度に関する指針値は示されていない。アメリカ環境保護局（Environmental Protection Agency : EPA）では、ラットの長期毒性試験にお

ける体重減少を指標としてLOAELを50  $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$ とし、不確実係数（UFに相当）1,000を適用して、BPAの参照用量（Reference dose : RfD）（ADIに相当）を50  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ としている<sup>46</sup>。

実態調査により得られた数値（Table 1）から、空気由来のBPA曝露量最大値を算出すると、主婦 0.001  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、会社員 0.002  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ であった。これらの値を前述のRfDと比較すると、空気由来のBPA曝露量最大値は、RfDの0.003%を占めると推計された。

食事由来曝露量については、2002年～2003年の環境省の調査<sup>47</sup>で、BPAの食事中濃度は $<0.0005 \mu\text{g}/\text{g} \sim 0.0019 \mu\text{g}/\text{g}$ であり、検出率は3/50であった。一方、平成14年度に東京都はトータルダイエツスタディによるBPA曝露量の調査を行っており、幼児：0.005  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、大人：0.002  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ との報告がある<sup>48</sup>。この調査結果を空気由来の曝露量と比較すると、大人については空気由来曝露量最大値と食事由来曝露量がほぼ等しかった。したがって、BPAについては、室内空気由来曝露量は通常では低い、場合によっては、食事由来曝露量と同等になるケースがあることが判明した。



#### 4) アルキルフェノール類

アルキルフェノール類については、4-t-OP及び4-NPについて環境省がリスク評価を行っている<sup>49)</sup>。4-t-OPについてはラットへの経口投与時の体重増加抑制を指標としてNOAELを15 mg/kg/day<sup>50)</sup>とし、4-NPについてはラットへの経口投与時の、肝、腎臓の組織学的変化を指標として、NOAELを10 mg/kg/day<sup>60)</sup>としている。しかし、TDIについては数値が示されていないため、仮にUF=1,000としてTDIを試算すると、4-t-OP：15 µg/kg/day、4-NP：10 µg/kg/dayと求められた。

実態調査により得られた数値から (Table 1)、空気由来の曝露量最大値を算出すると、4-t-OP：主婦 0.012 µg/kg/day、会社員 0.012 µg/kg/day、4-NP：主婦 0.17 µg/kg/day、会社員 0.17 µg/kg/dayであった。これらの値を試算したTDIと比較すると、空気由来のアルキルフェノール類曝露量最大値は、4-t-OPについてはTDIの0.07%~0.08%、4-NPについては1.7%を占めると推計された。

食事由来曝露量については、1997年度の環境省の調査では4-NPの食品中濃度はいずれも検出下限値 (0.1 µg/g) 未満であった (n=45)<sup>43)</sup>。一方、平成14年度に東京都はトータルダイエツスタディによる4-NP曝露量の調査を行っており、幼児：0.14 µg/kg/day、大人：0.074 µg/kg/dayとの報告がある<sup>51)</sup>。この調査結果を空気由来の曝露量と比較すると、大人については空気由来曝露量最大値の方が食事由来曝露量に比べて約2倍大きかった。したがって、4-NPについては、室内空気由来曝露量が食事由来曝露量を上回るケースがあることが判明した。

#### 5) 臭素系難燃剤

臭素系難燃剤については、EU諸国でDecaBDE (BDE-209)、OctaBDE (臭素数6~8のジフェニルエーテル混合物)、PentaBDE (臭素数4~6のジフェニルエーテル混合物)、HBCD及びTBBPAについてTDIが示されている<sup>52)</sup>。これらのうち、室内空気中濃度の最大値が最も大きかったHBCD、室内空気からの検出率が高かったBDE-47及びBDE-99について曝露量最大値を試算し、TDIとの比較を行った。なお、BDE-47及びBDE-99については臭素数4~5の化合物であるため、PentaBDEのTDI値を用いて評価を行った。EUのリスクアセスメント・レポートにおけるTDIは、HBCD：TDI=100 µg/kg/day、PentaBDE：TDI=0.045 µg/kg/dayである<sup>52)</sup>。

実態調査により得られた数値から (Table 1)、空気由来の曝露量最大値を算出すると、HBCD：主婦 0.006 µg/kg/day、会社員 0.007 µg/kg/day、BDE-47：主婦 0.0004 µg/kg/day、会社員 0.0003 µg/kg/day、BDE-99：主婦 0.0008 µg/kg/day、会社員 0.0005 µg/kg/dayであった。これらの値を前述のTDIと比較すると、空気由来の臭素系難燃剤曝露量最大値は、HBCDについてはTDIの0.006~0.007%、BDE-47については0.68%~0.97%、BDE-99については1.1%~1.8%、を占めると推計された。

食事由来曝露量については国内の臭素系難燃剤の調査デ

ータはほとんど無く、TBBPAの食品中濃度は1998年度の環境省の調査で (n=57) いずれも検出下限値 (0.1 µg/g)<sup>53)</sup> 未満、BDE-209についても2001年度の調査で (n=50)、検出下限値 (0.0005 µg/g) 未満であった<sup>54)</sup>。

#### 6) 有機リン系殺虫剤

室内空気中から検出された4種の有機リン系殺虫剤について国際連合食糧農業機関 (Food and Agriculture Organization of the United Nations : FAO) / 世界保健機関 (World Health Organization : WHO) が定めたADIは、ジクロロボス：3.3 µg/kg/day、ダイアジノン：2 µg/kg/day、クロルピリホス：10 µg/kg/day、フェニトロチオン：5 µg/kg/dayである。また、ダイアジノン及びクロルピリホスについては厚生労働省から室内濃度の指針値が示されているが<sup>2)</sup>、この指針値を策定するにあたりTDIが提示されている。ダイアジノンについては、ラットにおける吸入曝露毒性に関する知見から、血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性阻害に関する影響よりLOAELを0.026 mg/kg/dayとし、これにUF=300を適用して TDI=0.0867 µg/kg/day [TDI=0.026 mg/kg/day / 300=0.0867 µg/kg/day] としている<sup>55)</sup>。一方、クロルピリホスについては神経発達毒性試験に関する知見から、LOAELを0.3 mg/kg/dayとし、これにUF=1,000を適用してTDI=0.3 µg/kg/day [TDI=0.3 mg/kg/day / 1,000=0.3 µg/kg/day] としている<sup>56)</sup>。なお、クロルピリホスは特に新生児の脳に形態学的変化を起こす知見から、小児弱者を対象とした値として更にUF=10を考慮し、TDI=0.03 µg/kg/dayとしている。

実態調査により得られた数値から (Table I)、空気由来の曝露量最大値を求めた結果、曝露量最大値が最も大きかったのは、会社員のフェニトロチオン：0.18 µg/kg/day、次いで会社員のジクロロボス：0.018 µg/kg/dayが大きかった。また、曝露量最大値がADIに占める割合でも会社員のフェニトロチオン割合が最も大きく (3.5%)、次いで会社員のジクロロボス (0.54%) が占める割合が大きかった。なお、ダイアジノン及びクロルピリホスの曝露量評価について、厚生労働省の示すTDI (クロルピリホスは小児弱者の値) を用いた場合、それぞれの空気由来曝露量最大値がTDIに占める割合は、ダイアジノン 主婦：1.1%、会社員：7.5%、クロルピリホス 主婦：10%、会社員：6.9%であった。

食事由来曝露量については、平成3年度~平成15年度に行われた厚生労働省のトータルダイエツ調査<sup>57)</sup>において、上記4種の殺虫剤はいずれも食品から検出されておりそれぞれのADIに占める割合は、ジクロロボス：0.39%~1.31%、ダイアジノン：0.64%~2.16%、クロルピリホス：0.21%~0.45%、フェニトロチオン：0.31%~2.85%であった。以上の結果より、フェニトロチオンにおける空気由来の曝露量最大値 (会社員：3.5%) は、食事由来曝露量を上回るケースがあると考えられた。

#### 7) ペルメトリン

ペルメトリンについてFAO/WHOが定めたADIは、ペルメトリン：48 µg/kg/dayである。

実態調査により得られた数値 (Table 1) から、空気由来の曝露量最大値を求めた結果、曝露量最大値は、主婦:0.002  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、会社員:0.005  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ と求められた。それぞれの曝露量最大値がADIに占める割合は、主婦:0.004%、会社員:0.01%であった。

食事由来曝露量については、5カ所の地方衛生研究所の調査結果より、平成13~14年度 (一部15年度) の調査で2.3%の野菜からペルメトリンが検出されたとの報告がある<sup>58)</sup>。

#### 8) フェノブカルブ

フェノブカルブについてFAO/WHOが定めたADIは、12  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ である。また、フェノブカルブについては、厚生労働省から室内濃度の指針値が示されているが<sup>59)</sup>、この指針値を策定するにあたりTDIが提示されている。ラットにおける混餌投与実験より、コリンエステラーゼ活性阻害に関する影響よりNOAELを4.1  $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$ とし、これにUF=400を適用してTDI=10  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$  [TDI=4.1  $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}/400=10$   $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ] としている<sup>59)</sup>。

実態調査により得られた数値 (Table 1) から、空気由来の曝露量最大値を求めた結果、曝露量最大値は、主婦:0.002  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、会社員:0.001  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ と求められた。それぞれの曝露量最大値がADIに占める割合は、主婦:0.02%、会社員:0.01%であった。また、厚生労働省の示すTDIを用いて曝露量評価を行なった場合、曝露量最大値がTDIに占める割合は主婦:0.02%、会社員:0.01%であった。

食事由来曝露量については、5カ所の地方衛生研究所の調査結果より、平成13~14年度 (一部15年度) の調査で、フェノブカルブについては検出されなかったとの報告がある<sup>58)</sup>。

#### 9) クロルデン類

クロルデンについてFAO/WHOが定めた暫定1日受忍摂取量 (Provisional Tolerable Daily Intake: PTDI) は、0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ である。実態調査により得られた数値から (Table 1: クロルデン類合計最大値: 22.3  $\text{ng}/\text{m}^3$ )、空気由来の曝露量最大値を求めた結果、クロルデン類の曝露量最大値は、主婦:0.006  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、会社員:0.004  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ と求められた。また、クロルデン類曝露量最大値がPTDIに占める割合は、主婦:1.1%、会社員:0.74%であった。なお、食事由来曝露量については、香川県がマーケットバスケット方式によりクロルデン類摂取量を調査しており、trans-クロルデン、cis-クロルデン、trans-ノナクロル、cis-ノナクロル、オキシクロルデン及びヘプタクロルの合計で、本調査と同年 (2002年) の摂取量は0.003  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 、翌年 (2003) では0.001  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ との報告がある<sup>54,60)</sup>。したがって、クロルデン類については、室内空気由来曝露が食事由来曝露量を上回るケースがあることが判明した。

#### 10) 各物質の曝露量比較

空気由来曝露量最大値を算出した物質のうち、TDIあるいはADI等に占める割合が大きかった上位5物質は、主婦ではTCIPP (89%)、クロルピリホス (10%)、TCEP (4.7%)、DnBP (2.7%)、BDE-99 (1.8%) であった。一方、会社員

における上位5物質はTCIPP (58%)、ダイアジノン (7.5%)、クロルピリホス (6.9%)、TCEP (6.1%)、フェニトロチオン (3.5%) であった。以上の結果から、TCIPPについては室内空気からの曝露量が、TDIの90%程度を占めるケースがあることが判明した。

また、主婦と会社員とを比較すると、主婦では壁紙や床シートなど、住宅の内装材に主に使用されている難燃剤 (TCIPP及びTCEP)・可塑剤 (DnBP)、電化製品等に使用されている難燃剤 (BDE-99) 及びシロアリ駆除剤 (クロルピリホス) が上位を占めたのに対し、会社員については難燃剤 (TCEP及びTCEP) に加えて、オフィスビル内の殺虫消毒に使用される有機リン系殺虫剤 (ダイジノン、クロルピリホス及びフェニトロチオン) が上位を占めることが明らかとなった。また、空気由来曝露量と食事由来曝露量を比較すると、クロルデン類、フェニトロチオン、BPA及び4-NPについては、空気由来の曝露量最大値が食事由来の曝露量最大値と同等、あるいは、空気由来曝露量最大値の方が大きいケースがあることが判明した。

#### おわりに

フタル酸エステル類、リン酸エステル類、ビスフェノールA、アルキルフェノール類及び臭素系難燃剤は、主な用途がプラスチック原料あるいは添加剤である。したがって、室内におけるそれらの挙動を考えると、プラスチック製品からの放出により、室内空気を汚染すると考えられる。また、有機リン系殺虫剤、ペルメトリン、フェノブカルブ、DDT類及びクロルデン類等については、居住者が意図的に殺虫剤を使用することが主な汚染原因と考えられる。しかし、それ以外に、住宅新築時のシロアリ駆除、畳の防虫シート等に使用され、オフィスビルでは定期的な害虫駆除にも使用されることから、殺虫剤使用の有無について居住者に情報が示されていない場合も多い。

ヒトは一日の約8割の時間を室内で過ごしている。大人が一日の呼吸で吸い込む空気量 (約15 $\text{m}^3$ ) は重さにすると約20kgになり、一日に飲む水の量約2 L (2 kg)、一日に食べる食物の量約2 kgと比較すると約10倍量の空気を摂取している。したがって、室内空気が化学物質により汚染されていれば、その濃度が微量であっても、気付かない間に多くの化学物質を空気から取り込むことになる。SVOCは比較的揮発性が低いため、VOCに比べれば空气中濃度が低い場合が多いが、環境ホルモン作用を有するという観点から見た場合、空気由来の曝露量把握はリスク評価に不可欠であり、今後とも継続した調査が必要と考えられる。

#### 文 献

- 1) WHO Regional Office for Europe: Air Quality Guideline for Europe, WHO Regional Publication, Europeans Series No.23, 1987.
- 2) 厚生労働省: 医薬発第828号, 室内空気中化学物質の

- 室内指針値および標準的測定方法について, 2001.
- 3) Oishi S., Hiraga K.: *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **53**, 35-41, 1980.
  - 4) Srivastava S. P., Srivastava S., Saxena D. K., et al.: *Arch. Toxicol.*, **64**, 148-152, 1990.
  - 5) Poon R., Lecavalier P., Muller R., et al.: *Food Chem. Toxicol.*, **35**, 225-239, 1997.
  - 6) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博, 他: 東京衛研年報, **52**, 221-227, 2001.
  - 7) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博, 他: 東京衛研年報, **53**, 191-198, 2002.
  - 8) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博, 他: 東京衛研年報, **54**, 253-261, 2003.
  - 9) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博: エアロゾル研究, **16**, 209-216, 2001.
  - 10) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博: 室内環境学会誌, **5**, 13-22, 2002.
  - 11) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博, 他: 大気環境学会誌, **38**, 78-88, 2003.
  - 12) Saito, I., Onuki, A., and Seto, H.: *Indoor Air*, **14**, 325-332, 2004.
  - 13) Saito, I., Onuki, A., and Seto, H.: *Indoor Air*, **17**, 28-36, 2007.
  - 14) 斎藤育江, 瀬戸 博: 環境と測定技術, **27**, 64-72, 2000.
  - 15) 斎藤育江, 大貫 文, 瀬戸 博, 他: 東京衛研年報, **52**, 201-207, 2001.
  - 16) 瀬戸 博, 斎藤育江, 大貫 文, 他: 東京衛研年報, **52**, 208-212, 2001.
  - 17) 厚生省生活衛生局企画課生活化学安全対策室: パラジクロロベンゼンに関する家庭用品専門家会議(毒性部門)報告書, 1997.
  - 18) 厚生労働省薬事食品衛生審議会報告: 薬食審第0611001号, 器具及び容器包装並びにおもちゃの規格基準の改正に関する薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会報告について, 2002.
  - 19) 斎藤育江, 大貫 文, 上原真一, 他: 東京衛研年報, **55**, 247-252, 2004.
  - 20) Sprague, G. L., Sandvikk L. L., Brookins-Hendricks, M. J., et al.: *Toxicol. Environ. Health*, **8**, 507-518, 1981.
  - 21) Carrington, C.D., Lapadula, D. M., Othman, M., Farr, C., et al.: *Toxicol. Ind. Health*, **6**, 415-423, 1990.
  - 22) Varghese, R. G., Bursian, S. J., Tobias, C., et al.: *Neurotoxicology*, **16**, 45-54, 1996.
  - 23) Weiner, M. L., Jortner, B. S.: *Neurotoxicology*, **20**, 653-673, 1999.
  - 24) Umezu, T., Yonemoto, J., Soma, Y., et al.: *Toxicology and applied pharmacology*, **148**, 109-116, 1998.
  - 25) Dodds, E. C. and Lawson, W.: *Nature*, **137**, 996, 1936.
  - 26) 河村葉子, 小谷野有希, 武田由比子, 他: 食衛誌, 39(3), 206-212, 1998.
  - 27) Hardy, M. L.: *Chemosphere*, **46**, 757-777, 2002.
  - 28) Jakobsson, K., Thuresson, K., Rylander, L., et al.: *Chemosphere*, **46**, 709-716, 2002.
  - 29) Akutu, K., Kitagawa, M., Nakazawa, H., et al.: *Chemosphere*, **53**, 645-654, 2003.
  - 30) Schecter, A., Pavuk, M., Pöpke, O., et al.: *Environmental Health Perspectives*, **111**, 1723-1729, 2003.
  - 31) U.S. EPA: *Pesticides Programs Tracking Report 19*, 1997.
  - 32) Go, V., Garey, J., Wolff, M. S., et al.: *Environ. Health Perspect.*, **107**, 173-177, 1999.
  - 33) 植村振作, 河村 宏, 辻 万千子, 他: 農薬毒性の事典改訂版, 2002, 三省堂, 東京.
  - 34) 厚生労働省: 生衛発第1093号, 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法について, 2000.
  - 35) NTP: Final report on the reproductive toxicity of di-n-butyl phthalate (CAS No. 84-74-2) in Sprague-Dawley rats, Report No. T-0035C; NTIS Publication No. PB92-111996, 1991.
  - 36) 厚生労働省医薬局審査管理課化学物質安全対策室: 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4回及び第5回のまとめ, 2000.
  - 37) Poon R., Lecavalier P., Muller R., et al.: *Food Chem. Toxicol.*, **35**, 225-239, 1997.
  - 38) 厚生労働省医薬局審査管理課化学物質安全対策室: 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回及び第7回のまとめ, 2001.
  - 39) NTP-CRHR Export Panel Report: DEHP(Di(2-Ethylhexyl) Phthalate), October, 2000.
  - 40) 環境省総合環境政策局: 平成14年度内分泌攪乱化学物質における食事調査結果, 2003.
  - 41) Swiss Federal Office of Public Health: Phosphorus-based flame retardants in indoor air - Final report, Zurich, 2002.
  - 42) Leisewitz, A., H. Kruse, E. Schramm: Research Report 204 08 542 UBA-FB 0017/le. Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety, 2001, Germany.
  - 43) WHO: Environmental Health Criteria 209, International Program on Chemical Safety, 1998.
  - 44) (財)日本食品分析センター: 平成9年度個別化学物質の暴露量に関する調査(環境庁委託業務), 1998.
  - 45) 厚生労働省: 食品衛生法第10条, 2004.
  - 46) EPA: Integrated Risk Information System DatabBase, CIS online, 1995.
  - 47) 環境省環境保健部環境安全課: 平成14年度内分泌かく乱化学物質における食事調査結果について, 2003.
  - 48) 東京都健康局: 平成14年度食事由来の化学物質曝露量推計調査結果, 2003.
  - 49) 環境省環境リスク評価室: 化学物質の環境リスク評価第2巻, 2003.
  - 50) Tyl, R. W., Myers, C. B., Marr, M. C., et al.: *Regul.*

- Toxicol. Pharmacol., **30**, 81-95, 1999.
- 51) 東京都健康局：平成14年度食事由来の化学物質曝露量推計調査結果，2003.
- 52) EU Risk Assessment Report: Existing substances, diphenyl ether, pentabromo derivative (pentabromodiphenyl ether), risk assessment final report, 2000.
- 53) 日本食品分析センター：平成10年度食事中のダイオキシン類の化学物質曝露量に関する調査(II)，1999.
- 54) 日本食品分析センター：平成13年度食事からの化学物質曝露量に関する調査報告書，2002.
- 55) United States Environmental Protection Agency : DIAZINON. Revised HED Human Health Risk Assessment for the Reregistration Eligible Decision (RED) December 5, 2000.
- 56) Allan Daniel Lieberman MD , Mary Ruth Craven BS , Hallett A., et al. : JOEM, **40**, 954 – 957, 1998.
- 57) 厚生労働省医薬品食品局食品安全部：平成15年度食事中の残留農薬の一日摂取量調査結果，2006.
- 58) 地衛研による食品中農薬残留検査結果：平成13～15年度 厚生労働省科学研究，地方衛生研究所の地域における健康危機管理のあり方に関する研究，分担研究：健康危機管理のための試験検査技術の充実・普及に関する研究，2004.
- 59) 厚生労働省：医薬発第0207002号，室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法等について，2002.
- 60) 西岡千鶴、森香織、山下みよ子：香川県環境保健研究センター所報，3, 128-133, 2004.

**Summary of Indoor air Pollution by Plasticizers, Flame Retardants, and Pesticides  
Followed by an Estimation of Inhalation Exposure in Tokyo**

Ikue SAITO, Aya ONUKI, Kumiko YAGUCHI and Akio OGATA,

This is a summary of airborne semi-volatile organic compounds (SVOCs) surveyed in Tokyo from 1999 to 2002. The surveyed 60 SVOCs contained 10 plasticizers, 11 phosphate esters, bisphenol A, 7 alkylphenols, 14 polybrominated flame retardants, 9 organophosphate pesticides and chlordanes. Forty SVOCs were detected in the air sampled 222 houses, 133 offices and 102 outdoor areas. The maximal concentrations detected in the survey were used to estimate maximal inhalation exposure of SVOCs. The estimated maximal SVOC exposure were then compared with Acceptable Daily Intake (ADI) or Tolerable Daily Intake (TDI), and tris (2-chloroisopropyl) phosphate (TCIPP) was the most dominant SVOC. The rate of TCIPP intake from air to TDI was 89% for housewife and 58% for office worker, respectively.

**Keywords:** indoor air, semi-volatile organic compounds, phthalates, phosphate esters, chlordanes, alkylphenols, organophosphate pesticides, polybrominated flame retardants, inhalation exposure

---

\* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan

\*\* Tama Branch Institute, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
3-16-25, Shibasaki-cho, Tachikawa, Tokyo 190-0023 Japan