

図書館及び保育園における室内空气中化学物質濃度の実態調査

-アルデヒド類, VOC類及びTVOCについて-

大貫 文^a, 斎藤 育江^a, 三戸 良子^a, 古賀 才理^c, 保坂 三継^a, 中江 大^b

本研究は、子供の生活環境における各種有害化学物質濃度の実態把握と低減化に貢献することを目的に、図書館3施設及び保育園3施設の室内空气中における61種の化学物質濃度と総揮発性有機化合物 (TVOC) の濃度を測定した。試料は、休館日の図書館及び開園日の保育園において、室内空気を捕集管に30分間採取した。当該採取時には、あわせて簡易モニター (FTVR-01) によるTVOC濃度の測定も行った。調査の結果、指針値を超えた物質はなかったが、トルエン換算によるTVOC値 (TVOCt) は図書館1施設で暫定目標値を超えていた。高濃度に検出された物質は、図書館で2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、保育園でエタノールであった。2E1Hは図書が、エタノールは消毒用エタノールの使用が、それぞれ発生源になった可能性が考えられた。また、新築の図書館の室内空気について、竣工直後から16ヶ月後まで経時的に調査した結果、竣工直後では、特にアルカン類及びケトン類の濃度が高いことが判明した。また、FTVR-01による測定で得られたTVOC値 (TVOCd) は、TVOCtとの間に有意な相関が見られたが、6割以上の室内でTVOCtよりも大きな値を示した。これは、FTVR-01がエタノール及びホルムアルデヒドのような高揮発性物質も検知したことが一因と考えられ、この機器は、室内空气中に存在する多種の化学物質量の測定に有用であると考えられた。

キーワード: 室内空気, 総揮発性有機化合物, 2-エチル-1-ヘキサノール, 図書館, 保育園

はじめに

住宅室内の空气中に存在する化学物質が原因で体調不良を引き起こすシックハウス症候群については、大きな社会問題になってから既に十数年が経った。この間には、厚生労働省による室内空气中化学物質濃度の指針値及び総揮発性有機化合物濃度 (以下、TVOC) の暫定目標値の設定¹⁾、建築物環境衛生管理基準の改正²⁾、国土交通省による建築基準法等の一部改正^{3,4)}等、様々なシックハウス対策が取られてきた。また、学校における対策としては、文部科学省により学校環境衛生の基準が改正され⁵⁾、原則年1回、ホルムアルデヒド他5物質の定期検査が実施されるようになった。成長期の子供は大人に比べ、化学物質の影響を大きく受けるため⁶⁾、子供たちが利用する施設の化学物質濃度の把握と低減対策は重要であり、東京都は化学物質の子供ガイドライン (室内空気編) を策定し、実態調査と低減化を進めている⁷⁾。

本研究は、このような子供の生活環境における各種有害化学物質濃度の実態把握と低減化に貢献することを目的に、子供たちが長時間滞在する施設の実態を把握するため、図書館及び保育園を対象とし、それらの室内空气中における61種の化学物質濃度及びTVOC濃度の実態調査を行った。

実験方法

1. 調査対象施設

2010年10月から2012年8月までの間に、都内の図書館3施設 (A~C, 延べ23室) 及び保育園 (a~c, 延べ4室) の、室内空气中における化学物質の濃度を測定した。測定時、図書館は休館日、保育園は開園日であった。さらに、新築の図書館Cについては、利用開始前に3回 (延べ12室)、利用開始後に2回 (延べ7室)、合計5回の経時的な調査も行った。

2. 測定対象化学物質

厚生労働省により室内空气中濃度の指針値が設定されている物質を含む、アルデヒド類及びVOC類、合計61物質を測定した。内訳は、アルデヒド類10物質 (ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, プロピオンアルデヒド, クロトンアルデヒド, ブチルアルデヒド, ベンズアルデヒド, バレルアルデヒド, ヘキサノール, ノナノール, デカノール), 脂肪族炭化水素16物質 (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, 1-ヘキサデセン, シクロヘキサン, メチルシクロヘキサン, 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

^a 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部環境衛生研究科
169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

^b 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

^c 東京都福祉保健局健康安全部環境保健衛生課
163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1

化水素10物質（トルエン，キシレン，エチルベンゼン，スチレン，ベンゼン，エチルトルエン，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），ハロゲン類10物質（*p*-ジクロロベンゼン，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，1,1,1-トリクロロエタン，四塩化炭素，1,2-ジクロロプロパン，ブromoジクロロメタン，トリクロロエチレン，ジブromokロロメタン，テトラクロロエチレン），エステル類3物質（酢酸エチル，酢酸ブチル，1-メトキシ-1-プロピルアセテート），アルコール類6物質（エタノール，1-プロパノール，2-プロパノール，ブタノール，2-エチル-1-ヘキサノール（以下，2E1H），テキサノール），ケトン類3物質（2-ブタノン，アセトン，4-メチル-2-ペンタノン），テルペン類3物質（ α -ピネン， β -ピネン，リモネン）である。

なお，上記61物質は，後述のTO11/IP-6A アルデヒド/ケトン-DNPH Mix及びVOC類50成分混合標準液に含まれる物質を基本とし，測定時に特に目立ってピークが検出された物質を追加したものである。

3. 試薬及び捕集管

アルデヒド類の標準物質は，TO11/IP-6A アルデヒド/ケトン-DNPH Mix（15成分，SUPELCO）をアセトニトリル（高速液体クロマトグラフィー用，和光純薬）で0.5 $\mu\text{g/mL}$ に希釈し使用した。テトラヒドロフランは，ナカライテスク製（高速液体クロマトグラフィー用）を用いた。

VOC類の標準物質は，50成分混合標準液（SUPELCO），23種混合標準液，1-ヘキサデセン，シクロヘキサン，メチルシクロヘキサン，2E1H（以上，和光純薬），1-メトキシ-1-プロピルアセテート（メルク）及びテキサノール（Alfa Aesar）をメタノール（残留農薬・PCB試験用，和光純薬）で50～500 $\mu\text{g/mL}$ に希釈して使用した。内部標準物質には，トルエン d_8 （ACROS ORGANICS）を用いた。

アルデヒド類用捕集管にはSep-Pak XPoSure（Waters）を，VOC用捕集管にはTenaxTA（GLサイエンス）+ Carboxen1000（SUPELCO）及びTenaxTA + Carboxen1016（SUPELCO）を充填した加熱脱着用ガラス製捕集管（SUPELCO）を，それぞれ用いた。

4. 装置

アルデヒド類分析用の高速液体クロマトグラフ（以下，HPLC）は，LC-10A シリーズ（島津製作所）を用いた。VOC類分析用は，加熱脱着装置はATD400及びTurboMatrix650（Perkin-Elmer）を，ガスクロマトグラフ/質量分析計（以下，GC/MS）はGC17A/QP5050A（島津製作所）を用いた。TVOCの簡易測定器は，TVOCモニターFTVR-01（フィガロ技研）を用いた。

5. 試料採取及び分析方法

室内空気は，アルデヒド類用捕集管に流速1.0 L/minで30分間，VOC類用捕集管に流速0.1 L/minで30分間，それぞ

れ通気して，測定対象物質を採取した。TVOCの簡易測定は，3回連続で同じ数値を示した1分間値を読み取った。

アルデヒド類及びVOC類の空气中濃度は，厚生労働省の標準的測定法¹⁾に準じて分析を行った。すなわち，アルデヒド類は，アセトニトリル5 mLで捕集管から2,4-ジニトロフェニルヒドラジン誘導体を抽出した後，HPLCに導入し，吸光度計で分析した⁸⁾。定量下限値は5.0 $\mu\text{g/m}^3$ とした。VOC類は，捕集管に内部標準物質を添加し，加熱脱着装置によりGC/MSに導入して分析した⁸⁾。定量下限値は2.5 $\mu\text{g/m}^3$ とし，エタノールのみ10.0 $\mu\text{g/m}^3$ とした。

6. TVOC値の比較

FTVR-01によるTVOC値（以下，TVOCd）と，分析結果から得られた3種のTVOC値，すなわち，JIS A 1901に定義されたTVOC値及び測定値を合算して得た2種類のVOC合計値を求め，それらの比較を行った。

JIS A 1901によるTVOC値は，GC/MSで分析されたn-ヘキサンからn-ヘキサデカンの範囲に検出されたピーク面積（ $m/z = 45-350$ ）の総和を，トルエン面積で換算した値⁹⁾（以下，TVOCt）であり，暫定目標値のスクリーニングとして利用するとされている¹⁰⁾。計算で求めたVOC合計値は，61物質のうちGC/MSクロマトグラムでn-ヘキサンからn-ヘキサデカンの範囲に検出された47物質濃度の合算値（以下，TVOC47）及び測定対象とした全61物質濃度の合算値（以下，TVOC61）である。ただし，TVOC47及びTVOC61の算出に際して，定量下限値未満となった物質については，定量下限値の1/2の値を代入し算出した。なお，TVOC47に含まれず，TVOC61に含まれる物質は，アルデヒド類8物質（C1～C7）と，GC/MSでヘキサンよりも前に検出された酢酸エチル，エタノール，2-プロパノール，1-プロパノール，2-ブタノン及びアセトンの6物質である。

結果及び考察

1. 図書館及び保育園の室内空气中化学物質濃度

図書館（延べ11室）及び保育園（延べ4室）から検出された空气中化学物質及び各TVOCの統計値，検出率及び指針値¹⁾をTable1に示す。なお，ここでは利用開始前の図書館（述べ12室）の値を除いており，また，中央値は定量下限値未満となった物質について定量下限値の1/2の値を代入し算出した。

測定対象とした61物質のうち，図書館からは31物質，保育園からは28物質が，それぞれ検出された。指針値を超えた物質はなく，TVOCtは図書館1施設（2室）で暫定目標値¹⁾（400 $\mu\text{g/m}^3$ ）を超過した。

両施設において，検出された物質の8割以上は中央値が10 $\mu\text{g/m}^3$ 未満であった。中央値が最も高かったのは，図書館で2E1H（58.5 $\mu\text{g/m}^3$ ），保育園でエタノール（53.8 $\mu\text{g/m}^3$ ）であった。

2E1Hは，図書館において検出率100%，最大値608 $\mu\text{g/m}^3$ であり，いずれも他物質より高値であった。一方，

保育園においては、最大値が10.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、図書館における中央値より低値であった。2E1Hは床材に含まれるフタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) や接着剤中の2-エチルヘキシルアクリレートがアルカリ性の水分により加水分解されて発生すると考えられているが¹¹⁾、DEHPは印刷のインキに含まれることがあるため¹²⁾、図書も発生源の一つである可能性が考えられた。事実、我々が以前行った調査によると¹³⁾、一部の雑誌等はDEHPを含んでおり、また、2E1Hを放散するものがあることが見出されている。このことから、本研究においても、図書が発生源の一つとなり2E1Hが高濃度になった可能性が考えられた。

エタノールについては、保育園における中央値、最大値及び検出率が、図書館におけるそれらより高値であった。近年は感染症予防のためのアルコール消毒が普及していることと、保育園での調査は開園日に、図書館は休館日に、それぞれ実施されたことを考慮すると、消毒用エタノールの使用が発生源となった可能性が考えられた。

2. 新築図書館の室内空气中化学物質濃度の経時変化

新築の図書館Cについては、2011年2月の竣工直後から1年4ヶ月後まで、計5回の調査を行った。調査時の概要は次の通りである。

Table 1. Concentrations and Detection Rates of Indoor Air Chemicals in the Libraries and Nursery Schools

Chemicals ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Library (n=11)				Nursery School (n=4)				guideline value ¹⁾	TVOC47 ^{a)}
	max.	min.	median	detection rate (%)	max.	min.	median	detection rate (%)		
Formaldehyde	45.8	11.1	20.0	100	24.4	13.0	17.9	100	100	
Acetaldehyde	18.4	ND ^{b)}	8.0	82	9.8	ND	7.4	75	48	
Toluene	10.3	ND	8.6	91	23.2	6.2	8.9	100	260	○
Xylene	4.6	ND	ND	27	12.1	2.5	4.1	100	870	○
p-Dichlorobenzene	7.0	ND	ND	18	3.2	ND	2.7	75	240	○
Ethylbenzene	5.3	ND	2.5	55	5.9	ND	3.1	75	3,800	○
Styrene	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND	0	220	○
Tetradecane	4.5	ND	ND	36	ND	ND	ND	0	330	○
Hexanal	14.6	ND	ND	45	5.4	ND	ND	25		
Nonanal	12.5	ND	7.6	64	16.5	5.2	10.2	100		○
Decanal	7.7	ND	ND	18	6.9	ND	ND	50		○
Hexane	5.4	ND	ND	45	11.0	ND	3.9	75		○
Octane	3.0	ND	ND	9	ND	ND	ND	0		○
Decane	2.9	ND	ND	9	2.9	ND	ND	50		○
Undecane	10.1	ND	ND	36	ND	ND	ND	0		○
Dodecane	5.8	ND	ND	27	2.7	ND	ND	50		○
Tridecane	8.3	ND	ND	36	2.5	ND	ND	25		○
Hexadecane	4.0	ND	ND	27	ND	ND	ND	0		○
1-Hexadecene	199	ND	15.6	64	ND	ND	ND	0		○
Cyclohexane	5.8	ND	3.6	64	7.0	ND	3.7	50		○
Methylcyclohexane	3.7	ND	ND	27	3.6	ND	ND	25		○
Isooctane	9.5	ND	ND	45	3.5	ND	ND	25		○
1,2,4-Trimethylbenzene	ND	ND	ND	0	3.9	ND	ND	50		○
Trichloroethylene	ND	ND	ND	0	3.5	ND	ND	25		○
Ethyl acetate	8.5	ND	5.4	82	19.2	2.8	5.5	100		
Butyl acetate	20.7	ND	3.3	55	ND	ND	ND	0		○
1-Methoxy-1-propylacetate	8.7	ND	ND	36	ND	ND	ND	0		○
Ethanol	79.9	ND	10.5	55	113	ND	53.8	75		
2-Propanol	ND	ND	ND	0	7.4	ND	4.0	75		
Butanol	26.2	ND	4.5	73	6.4	ND	2.8	50		○
2-Ethyl-1-hexanol	608	15.4	58.5	100	10.7	ND	8.5	75		○
Texanol	6.7	ND	3.0	64	7.2	ND	4.0	50		○
2-Butanone	8.3	ND	3.3	73	8.2	2.5	3.6	100		
Acetone	15.6	4.7	10.4	100	27.5	17.9	20.7	100		
α -Pinene	2.8	ND	ND	9	34.3	ND	4.6	50		○
Limonene	ND	ND	ND	0	3.4	ND	ND	25		○
TVOC ^{c)}	793	114	215		387	45.9	270		400	
TVOC47	949	97.9	195		151	85.1	126			
TVOC61 ^{d)}	1,070	147	262		307	229	250			
TVOC ^{e)}	3,680	100	282		645	109	186			

Samples were collected in the libraries at the days they were closed, and in the nursery schools at the days they were open. a,d) TVOC47 and TVOC61 means the total concentrations of 47 and 61 chemicals. b) Not Detected. c) TVOCt is a toluene equivalent of the sum of the peak area detected between hexane and hexadecane in the chromatogram. e) TVOCd means the value of TVOC measured using a FTVR-01.

- 0ヶ月, 2011年2月初旬・竣工直後・什器未搬入;
- 1ヶ月, 2011年2月末・竣工後1ヶ月・什器未搬入;
- 3ヶ月, 2011年4月末・竣工後3ヶ月・什器搬入済・図書未入庫;
- 8ヶ月, 2011年9月末・竣工後8ヶ月・利用開始後4ヶ月・休館日;
- 16ヶ月, 2012年6月初旬・竣工後1年4ヶ月・利用開始後1年・休館日.

経時変化を調査した「おはなし室」(R1)及び「子ども室」(R2)における各物質群, TVOCt及びTVOC61の濃度変化をFig. 1に示す. 図の横軸には竣工からの経過月を, 縦軸には空気中濃度を, それぞれ示した. なお, ハロゲン類及びテルペン類については, 検出された物質数が各1物質と少なく, またそれらの濃度も低かったため, グラフに示さなかった.

アルデヒド類の濃度は, 竣工直後の0ヶ月及び1ヶ月の時点より, 3ヶ月時点以降の方が高値であった. 3ヶ月時点よりも前に什器が搬入されたことと, 0ヶ月及び1ヶ月時点よりも3ヶ月時点以降の方が室温が高かったことを考慮すると, 内装材等からの放散量が増加した可能性が考えられた.

他の物質群について, アルコール類以外の物質群は, 竣工直後が最も高濃度で, 経時的に濃度が減少した. なかでも, R1の0ヶ月時点におけるアルカン類及びケトン類の濃度が高く, これは, シクロヘキサン(アルカン類濃度の約62%)及び2-ブタノン(ケトン類濃度の約74%)による影響が大きいことが判明した.

アルコール類は, 2室とも8ヶ月時点に最大濃度を検出し, 3ヶ月時点の濃度と比較すると, R1で約6倍, R2で約11倍高かった. この時のアルコール類濃度の87~93%は2E1Hが占めており, すなわち, 8ヶ月時点には2E1H濃度が急増したことが明らかとなった. 2E1Hについて, R2の場合は, 3ヶ月時点で図書が未入庫であったのに対し, 8ヶ月時点で入庫済みであったことから, 蔵書量の増加によって濃度が高くなったと考えられた. なお, 16ヶ月時点においては, 8ヶ月時点と同程度の蔵書量があったと推察されたが, 8ヶ月時点に比べ約1/7の濃度に減少していた. これは, 8ヶ月時点では24時間換気設備のみが稼動していたのに対し, 16ヶ月時点では24時間換気設備に加えて, それ以外の換気設備も稼動していたため, 換気量の違いが影響したと考えられた. 一方, R1の場合は, 図書の入庫がなかった部屋であったため, 2E1Hの発生源が床材等であった可能性が考えられ, 8ヶ月時点の高濃度は, 上記と同様に換気量が低かったためと考えられた.

TVOCt及びTVOC61については, R2の8ヶ月時点が最も高濃度で, 暫定目標値以上の値を検出した. このうち, 2E1H濃度が5割以上を占めていたことから, その影響が大きく, 2E1Hが減少した16ヶ月時点では, TVOCt及びTVOC61ともに暫定目標値未満に減少した. また, TVOC61は, R1の0ヶ月時点にも暫定目標値を超えていたが, これについてはアルカン類及びケトン類の寄与が大きいと考えられた.

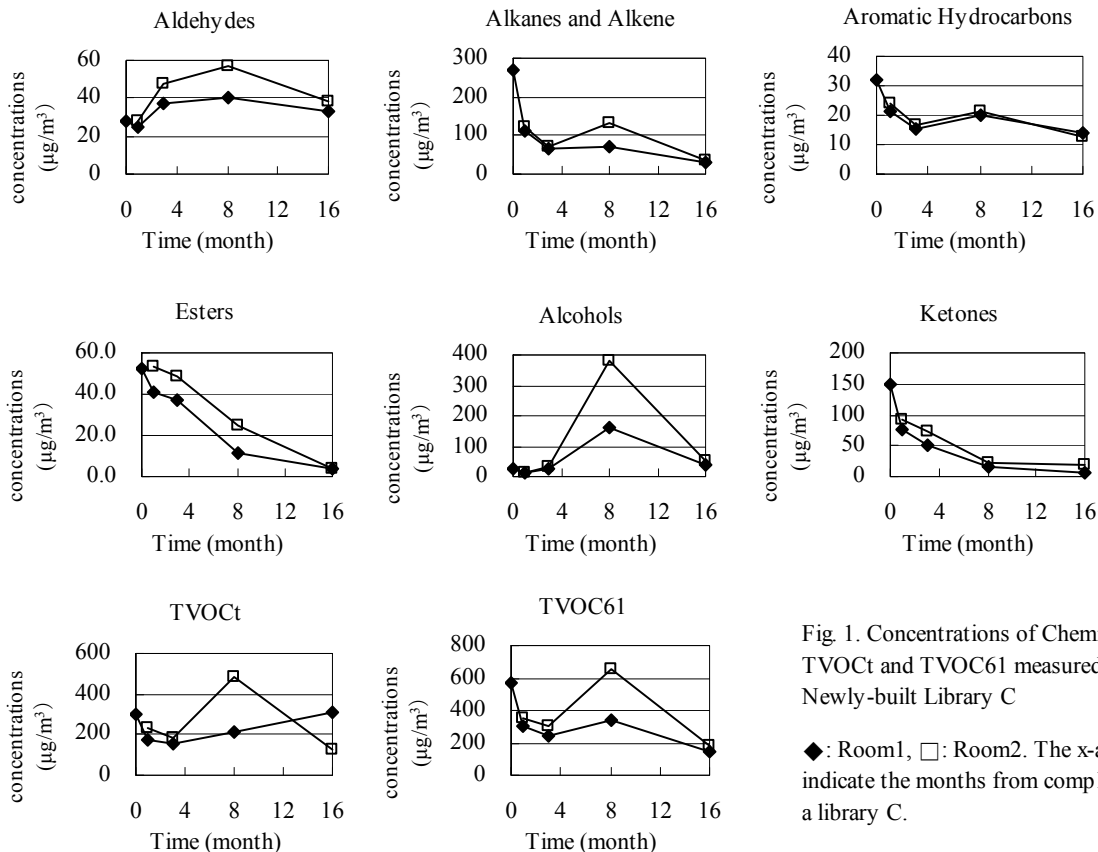


Fig. 1. Concentrations of Chemicals, TVOCt and TVOC61 measured in Newly-built Library C
 ◆: Room1, □: Room2. The x-axis indicate the months from completion of a library C.

3. TVOC値の比較

4種類のTVOC値については、相関をFig. 2に、各施設における濃度をFig. 3に、それぞれ示す。

TVOCdについては、TVOCt, TVOC47及びTVOC61との間に有意な相関が見られたが ($p \leq 0.01$)、測定した22室中14室でTVOCdの方が他3種のTVOC値よりも高い値を示した (Fig. 3)。FTVR-01の測定原理は、半導体ガスセンサの表面に吸着した酸素とVOCガスが反応することで生じる電気抵抗の変化により、ガスを検知するものである¹⁴⁾。本研究においてエタノール及びホルムアルデヒドの高揮発性有機化合物も検知したことから、TVOCdには、酸素と反応する様々な化学物質が含まれている可能性が示唆された。FTVR-01の測定値については、0.094~0.314 ppm (約350~1,180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に調整されたトルエン標準ガスを測定した結果、指示値は1,499~3,292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示すことが報告されている¹⁴⁾。このため、TVOCdは他のTVOC値よりも高濃度になるケースが多かったと考えられた。

以上のことから、FTVR-01は、室内空气中に存在する多種の化学物質を高感度に検知できるため、安全側に立った機器であり、健康被害の未然防止という観点から有用であると考えられた。

TVOCtについては、TVOC47及びTVOC61との間に有意な相関が見られ ($p \leq 0.01$)、測定値も近かった。しかし、TVOCtについては採取法や分析条件によって値が変動する恐れがあることが推測された。厚生労働省の示すVOCの標準的測定法は、GCへの導入方法が、容器からの直接ガス導入、抽出溶媒の導入及び加熱脱着と複数あって一律でなく¹⁾、TVOCtの算出方法についても、換算する範囲の指定や、MSのイオン設定範囲が示されていない^{1,10)}。これでは、異なる検査機関で測定したTVOCの比較のみならず、過去に報告されているTVOC値との比較も困難である。したがって、スクリーニングツールとしてTVOCtを利用するためには、一定の算出条件を規定する必要があると考えられた。

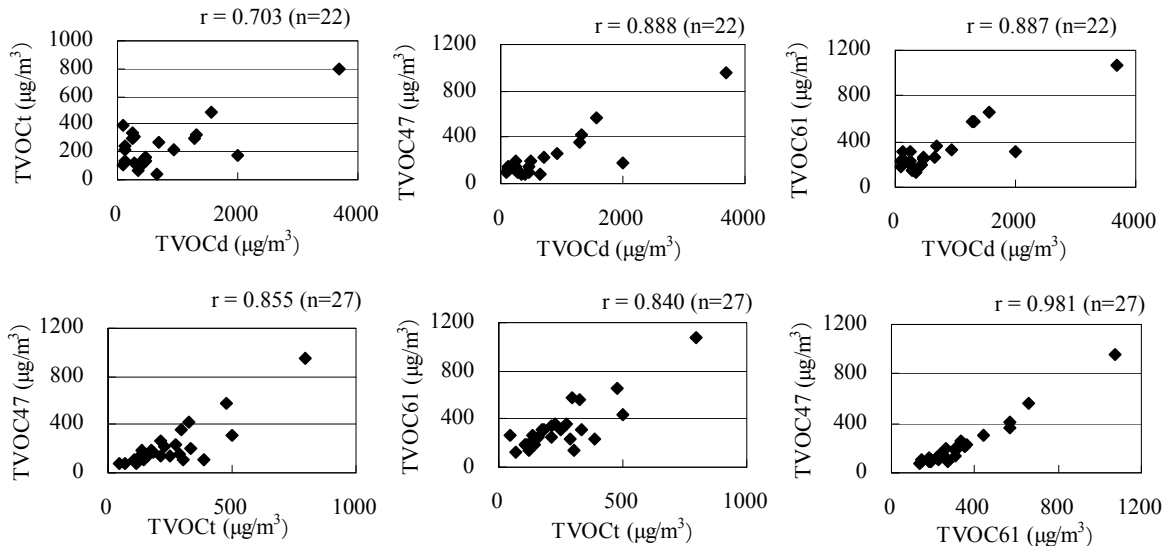


Fig. 2. Correlations between various TVOCs

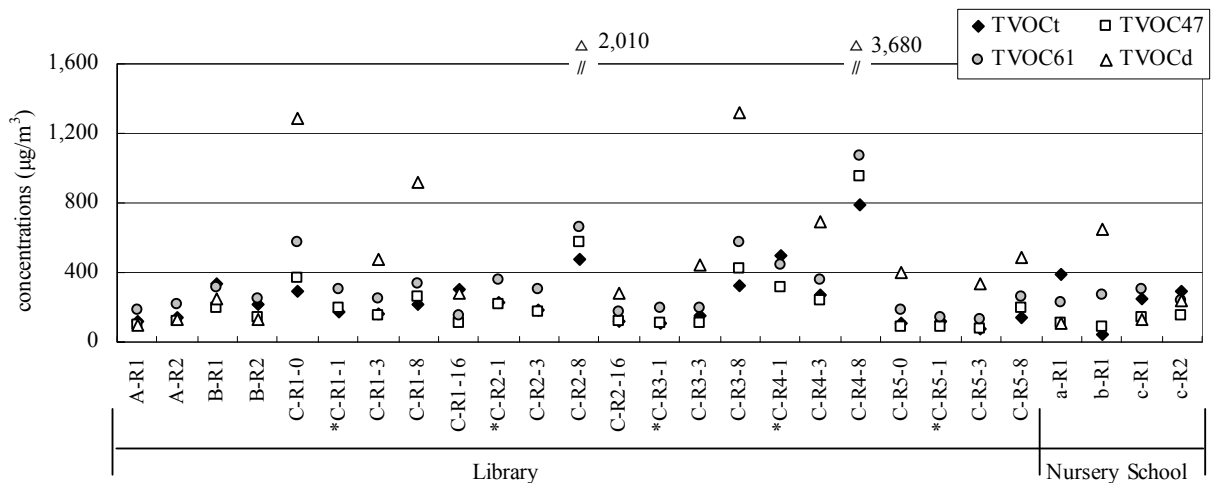


Fig. 3. Concentrations of various TVOCs in Libraries and Nursery Schools

"□-R□-□" indicate "building name - room number - duration months from completion of the building".

* no data of TVOCd.

結 論

本研究においては、子供たちが長時間滞在する施設として、図書館及び保育園を選択し、それらの室内空気中化学物質濃度を調査した。その結果、指針値を超える物質はなく、図書館からは2E1Hが、保育園からはエタノールが、それぞれ高濃度に検出された。2E1Hの発生源の一つに図書が考えられ、換気量が減少した室内においては2E1HのみでTVOCの暫定目標値を超える高濃度になった。エタノールについては、近年、感染症予防のために普及している消毒用エタノールが発生源になったと推測された。

新築の図書館では、竣工0~1ヶ月後にアルカン類及びケトン類が高濃度に検出された。これらは、内装材に含まれるシクロヘキサン及び2-ブタノンが発生源と考えられ、経時的に減少した。一方、アルコール類濃度は8ヶ月後に急増したが、これは2E1Hによる寄与が大きく、図書の入庫によって濃度が増加した可能性が考えられた。

TVOCdは、TVOCt、TVOC47及びTVOC61との間に有意な相関が見られたが、他のTVOC値よりも高値になることが多かった。今回使用した簡易測定器であるFTVR-01は、エタノール及びホルムアルデヒドの高揮発性有機化合物も感知したことから、VOC以外の多種の化学物質を高感度に測定できると考えられ、健康被害の未然防止という観点から、有用な機器であると考えられた。

TVOCtは、TVOC47及びTVOC61との間に有意な相関が見られ ($p \leq 0.01$)、測定値も近かった。しかし、TVOCtは採取及び分析条件によって変動する恐れがあるため、スクリーニングツールとして利用するためには、一定の算出条件を規定する必要があると考えられた。

文 献

- 1) 厚生労働省：医薬発第0207002号，室内空気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，2002.
- 2) 厚生労働省：政令第309号，建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令改正，平成14年10月11日.
- 3) 国土交通省：建築基準法.
- 4) 国土交通省：政令第393号，建築基準法施工令，平成14年12月26日.
- 5) 文部科学省：告示第60号，学校環境衛生基準，2009.
- 6) 環境省：小児の環境保健に関する懇談会報告書，平成18年8月．<http://www.env.go.jp/chemi/report/h18-04/> (2013年9月18日現在，なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 7) 東京都福祉保健局：化学物質の子供ガイドライン (室内空気編)，http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/kankyo_ei_sei/jukankyo/indoor/indoorindex/indoorairguideline.html (2013年9月18日現在，なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 8) 大貫 文，齋藤育江，多田宇宏，他：東京健安研セナー報，**60**, 245-251, 2009.
- 9) 日本工業標準調査会：JIS A 1901，2003.
- 10) 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4回~第5回のまとめについて，http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1_13.html (2013年9月18日現在，なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 11) 上島通浩，柴田英治，酒井 潔，他：日本公衛誌，**52**(12), 1021-1031, 2005.
- 12) 製品評価技術基盤機構 フタル酸エステル類リスク評価管理研究会，フタル酸ビス (2-エチルヘキシル) のリスク管理の現状と今後のあり方，2005.
<http://www.safe.nite.go.jp/risk/pdf/DEHParikata050131.pdf> (2013年9月18日現在，なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 13) 大貫 文，齋藤育江，瀬戸 博，他：室内環境学会学会誌，**7**(1), 304-305, 2004.
- 14) 環境省：平成24年度環境技術実証事業 VOC等簡易測定技術分野 実証試験結果報告書，平成25年3月．<http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/list/h24/100-1203b.pdf> (2013年9月18日現在，なお本URLは変更または抹消の可能性がある)

**Survey of Concentrations of Chemicals in the Indoor Air of Libraries and Nursery Schools
- Special Reference to Aldehydes, Volatile Organic Compounds (VOC) and Total VOC -**

Aya ONUKI^a, Ikue SAITO^a, Ryoko MITO^a, Sairi KOGA^b, Mitsugu HOSAKA^a and Dai NAKAE^a

The present study was conducted in order to determine the concentrations of hazardous chemicals children are exposed to in usual living circumstances and ways to reduce exposure. For this purpose, the concentrations of 61 chemicals and total volatile organic compounds (TVOC) in the indoor air of 3 libraries and 3 nursery schools were measured. Samples were collected for 30 minutes in the libraries on days they were closed, and in the nursery schools on days they were open. On such occasions, TVOC was also measured using a simplified monitor, FTVR-01. As a result, no chemicals exceeded the guideline values established by the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan; however, the TVOC calibrated with toluene (TVOC_t) exceeded the current provisional target value established by the Ministry in the indoor air of 1 library. Chemicals detected at high concentrations were 2-ethyl-1-hexanol (2E1H) in the libraries, and ethanol in the nursery schools. It is suggested that 2E1H and ethanol are generated from books and rubbing ethanol, respectively. In a newly-built library, concentrations of chemicals in the indoor air were chronologically investigated for a period of 16 months after completion, showing that the concentrations of alkanes and ketones were high immediately after completion. The TVOC obtained by the FTVR-01 (TVOC_d) was significantly correlated with TVOC_t, but was higher than TVOC_t in more than 60% of the room cases. Thus, FTVR-01 will be useful in determining the amount of many different chemicals in the indoor air due to its ability to detect very volatile organic compounds, such as ethanol and formaldehyde.

Keywords: indoor air, total volatile organic compounds, 2-ethyl-1-hexanol, library, nursery school

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

^b Environmental Health and Sanitation Section, Health and Safety Division, Bureau of Social Welfare and Public Health,
2-8-1, Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8001, Japan