

## 2 子どもが利用する施設におけるホルムアルデヒド及びVOC濃度の実態調査結果

### 1 目的

子どもが利用する施設において、室内空気中に含まれるホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物（VOC）濃度の実態調査を行い、今後の施策を進めるにあたっての基礎資料とする。

### 2 実施機関

大阪府保健所、大阪府健康福祉部環境衛生課

### 3 協力機関

財団法人ビル管理教育センター

### 4 調査時期

平成16年8月から平成17年3月

### 5 調査対象

#### (1) 施設

大阪府内の保育所4施設、幼稚園2施設、小学校2施設の計8施設

#### (2) 測定場所

普通教室、音楽教室やパソコン教室などその他の教室及び屋外

### 6 調査方法

#### (1) 調査手法

##### ア 季節、用途、休校時の濃度変化

「夏期と冬期」、「普通教室とその他の教室」及び「教室通常使用時と教室不使用時（休校時等）」の濃度を比較した。

##### イ 冬期の暖房使用時の濃度変化

暖房使用前5時間以上閉め切った後30分間測定し、その後、2時間暖房器具使用後30分間測定。続いて窓を開放し、換気を10分間行い、その後30分間測定。さらに、その後、2時間閉め切り後30分間測定した。

#### (2) 測定項目及び測定方法

##### ア 季節、用途、休校時の濃度変化

測定項目は、ホルムアルデヒド、VOC（トルエン、キシレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン、スチレン）、TVOCとした。

ホルムアルデヒドは、パッシブサンプラー（TEA含浸）を室内に8時間設置し、前処理後、高速液体クロマトグラフ法で、VOC（トルエン、パラジクロロベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン）及びTVOCは、エアーサンプラー（動力ポンプ）により、活性炭チューブに8時間採取し、前処理後、ガスクロマトグラフ/質量分析法で分析した。

温度及び湿度は、連続記録計を用いて、測定時間内の平均値、最高値及び最低値を記録した。

##### イ 冬期の暖房使用時の濃度変化

ホルムアルデヒドを対象とし、検知管を用い30分間エアーサンプラーで吸引する簡易測定法により行った。

#### (3) 測定位置

部屋の中央、床上45cmと120cmで測定を行った。

## 7 結果

### (1) 施設の概要

施設の概要を図1に示す。8施設中5施設で改装、塗装が行われており、平均経過年数はそれぞれ、3.3年、3.7年であった。

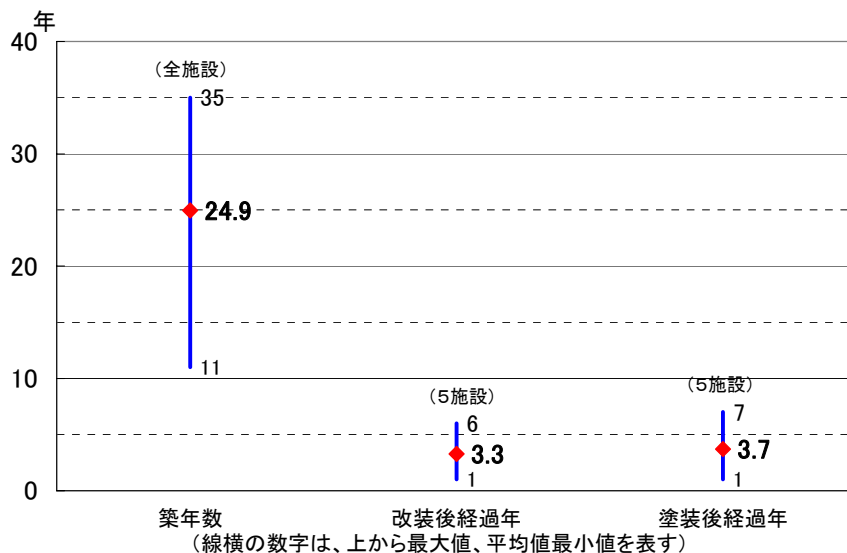


図1 施設の概要

### ※ 測定データの解析方法

測定データの解析は、主に累積頻度グラフを用いた。図2に示すように累積頻度グラフは、指針値超過施設数、指針値超過率、中央値、データの偏りが一目でわかるという利点がある。

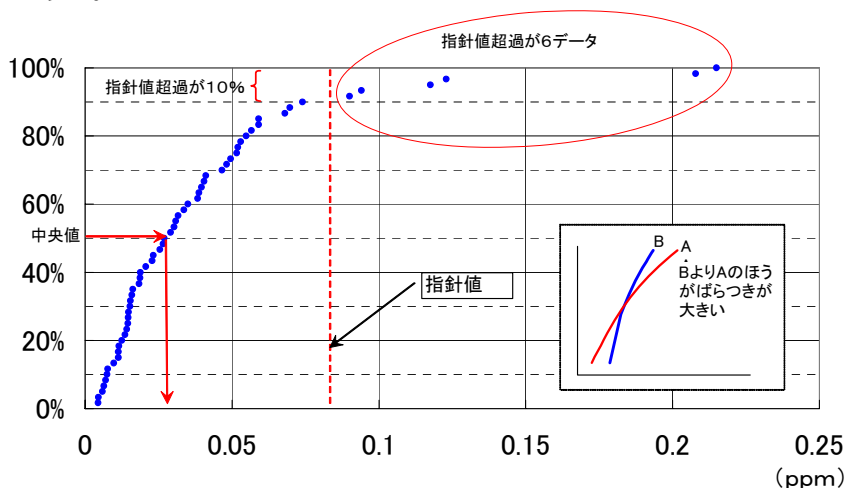


図2 累積頻度グラフ

### (2) 夏期と冬期の比較

#### ア ホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒドの夏・冬濃度の比較を、図3に示す。

夏期の方が高い傾向を示した。また、厚生労働省指針値（以下「指針値」という。）を超過したデータが6あり、これらは、夏期データの10.3%、全体の5.2%であった。

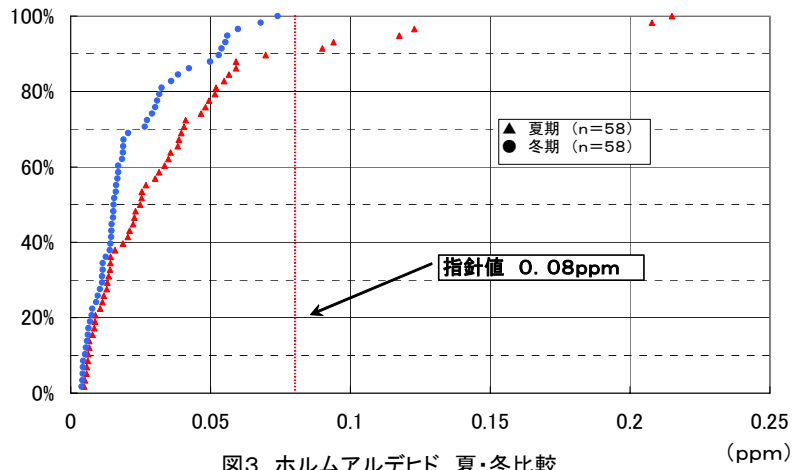


図3 ホルムアルデヒド 夏・冬比較

イ トルエン、キシレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン及びスチレン濃度  
 それぞれを図4～8に示す。キシレンとエチルベンゼンの一部に夏期の濃度が高くなる傾向がわずかに認められたが、全体としては季節の差は明確には認められなかった。各物質の測定最大濃度を指針値と比較すると、トルエンが23.8%、キシレンが10.2%、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン及びスチレンは、数%程度であり、非常に低かった。

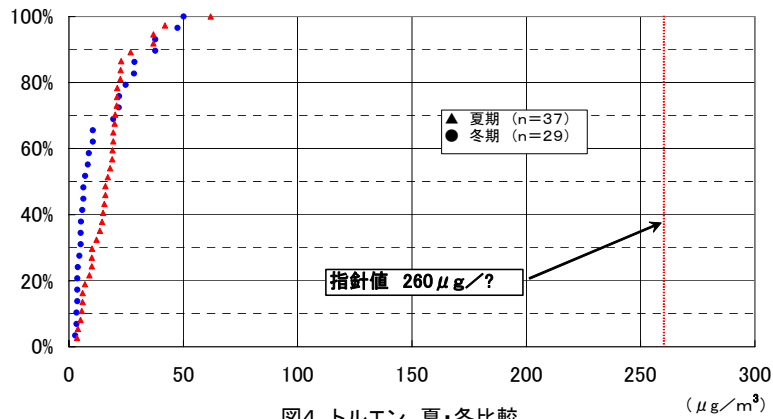


図4 トルエン 夏・冬比較

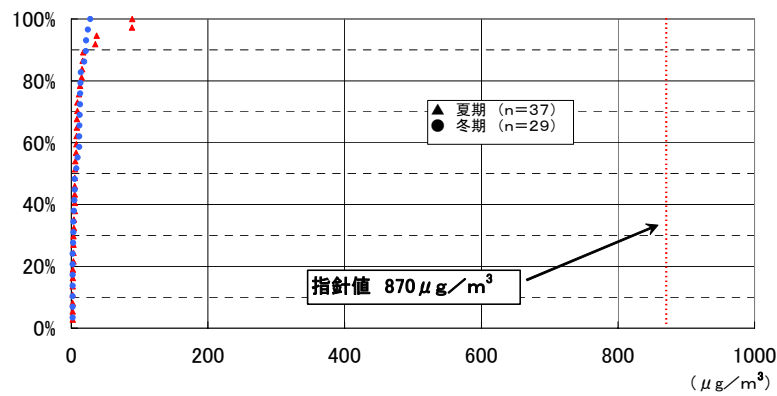
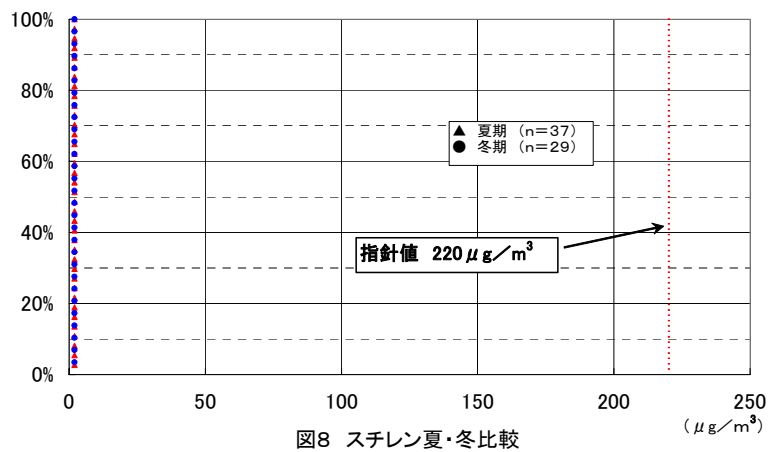
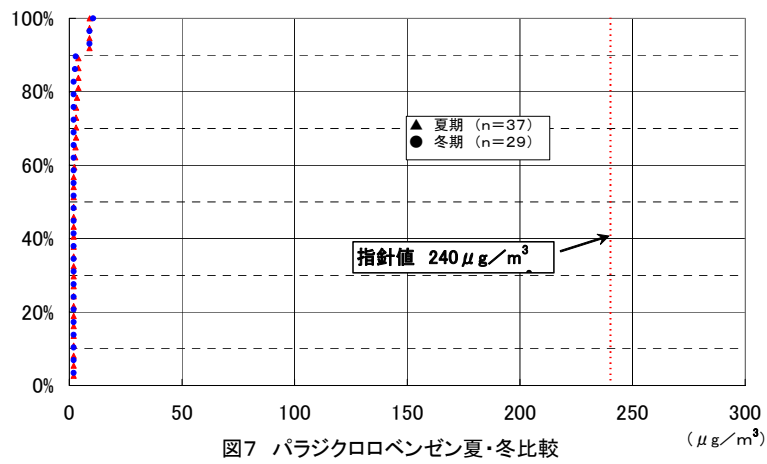
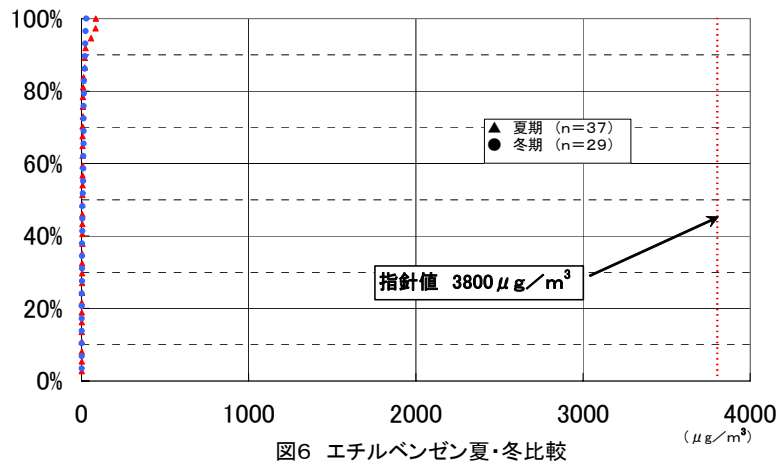


図5 キシレン 夏・冬比較



#### ウ TVOC濃度

TVOCの夏・冬濃度の比較を、図9に示す。夏期の方が高い傾向を示したが、厚生労働省の暫定目標値を超過した施設はなかった。

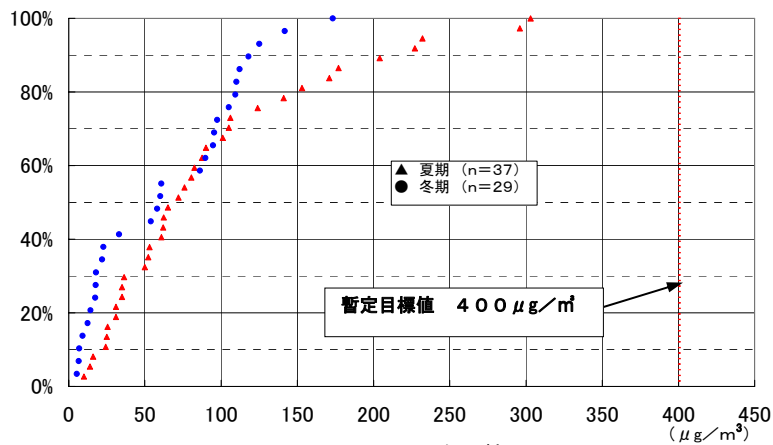


図9 TVOC夏・冬比較

また、図10に示すようにTVOCが高い施設では、同時にホルムアルデヒドが高い傾向が認められた。

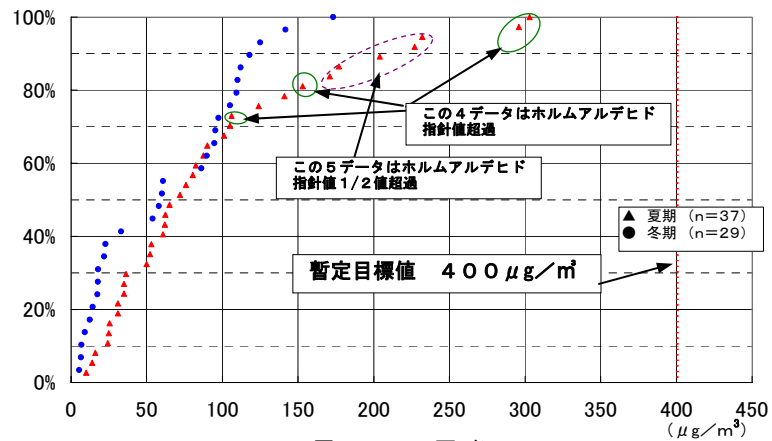


図10 TVOC夏・冬

### (3) 通常使用時と不使用時の比較

不使用時とは夏休みや冬休み等の休校時を想定している。なお、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン及びスチレンの測定値は、指針値と比べ非常に低く、比較を行うことがさほど有用ではないと考えたので以後、これら物質の比較は省略する。

#### ア ホルムアルデヒド濃度

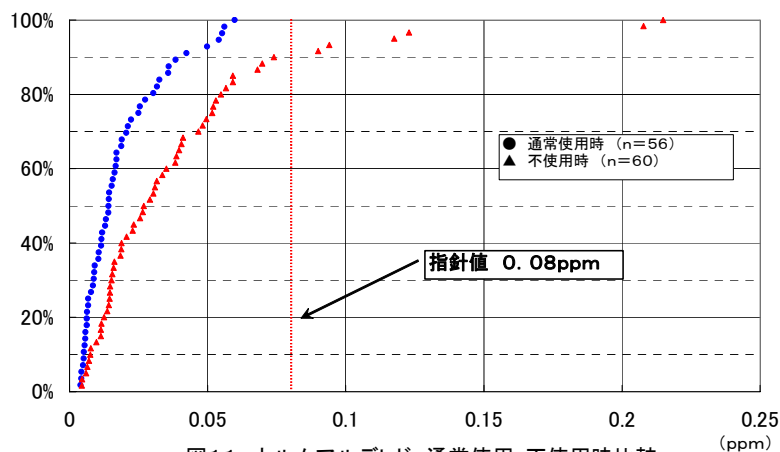


図11 ホルムアルデヒド 通常使用・不使用時比較

ホルムアルデヒド濃度の通常使用時と不使用時の比較を図11に示す。通常使用時に比べ、不使用時が高い傾向にあった。

イ TVOC濃度

TVOC濃度の通常使用時と不使用時の比較を図12に示す。150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度域において不使用時の高さが目だった。

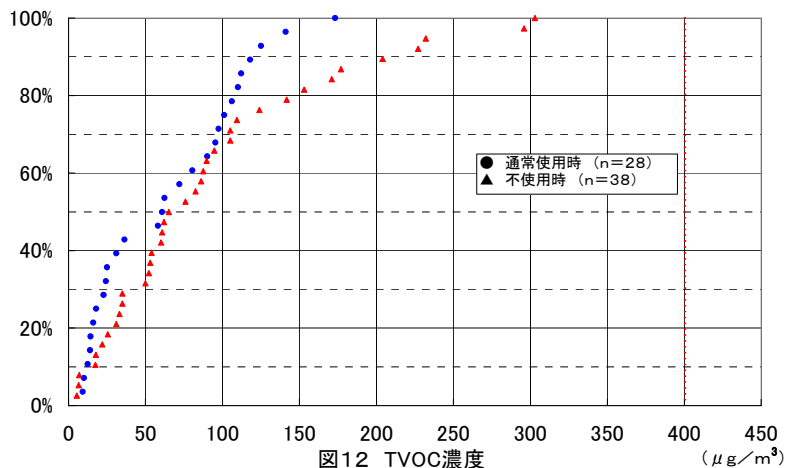


図12 TVOC濃度

(4) 普通教室とその他教室比較

その他教室の内訳は、絵本室が3、音楽室・コンピュータ室・情報センター・地域交流室・ホールが各々1施設であった。

ア ホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒド濃度の普通教室とその他教室の比較を図13に示す。

その他教室のデータが指針値付近に散見されるものの、明確な差は認められなかった。

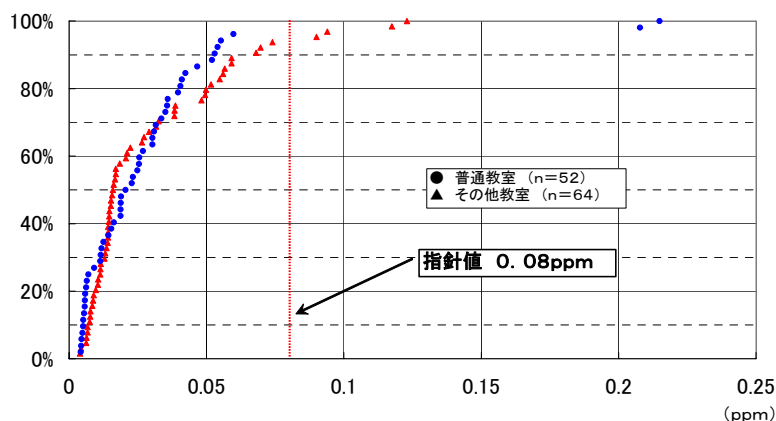


図13 ホルムアルデヒド普通教室・その他教室比較

イ TVOC濃度

TVOC濃度の普通教室とその他教室の比較を図14に示す。60~170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の間においてはその他教室が普通教室を上回ったが、それ以外の領域では、普通教室の方が高かった。

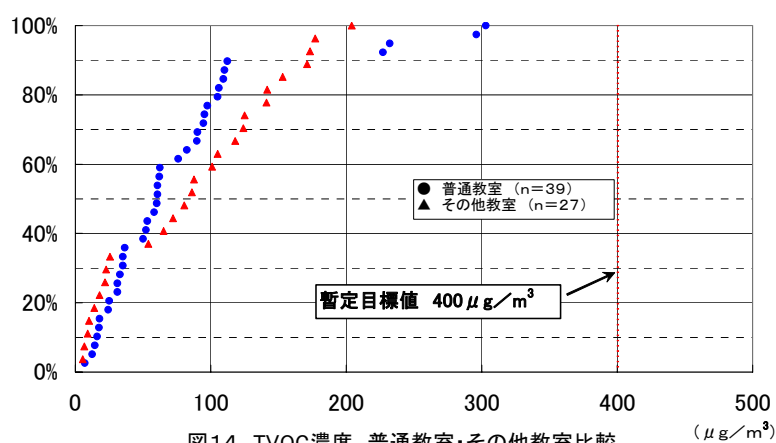


図14 TVOC濃度 普通教室・その他教室比較

(5) 施設種類ごとの比較

ア ホルムアルデヒド濃度

小学校、幼稚園及び保育所のホルムアルデヒド濃度の比較を図15に示す。データの偏りの大きさは小学校>幼稚園>保育所であった。

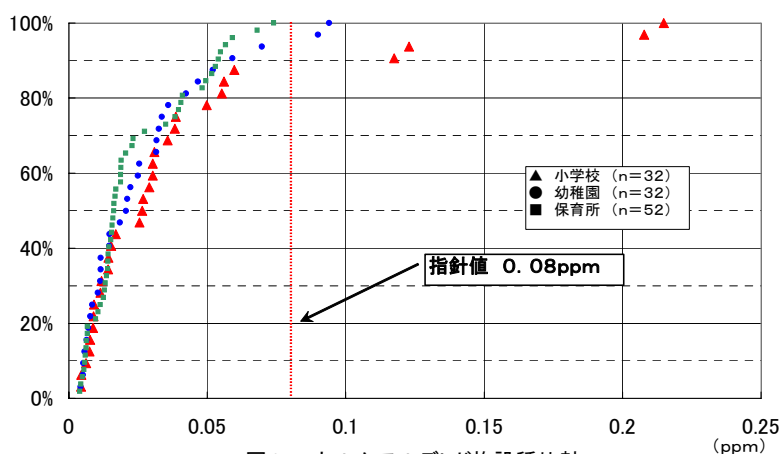


図15 ホルムアルデヒド施設種比較

イ TVOC濃度

小学校、幼稚園及び保育所のTVOC濃度の比較を図16に示す。データの偏りの大きさは小学校>保育所>幼稚園であった。

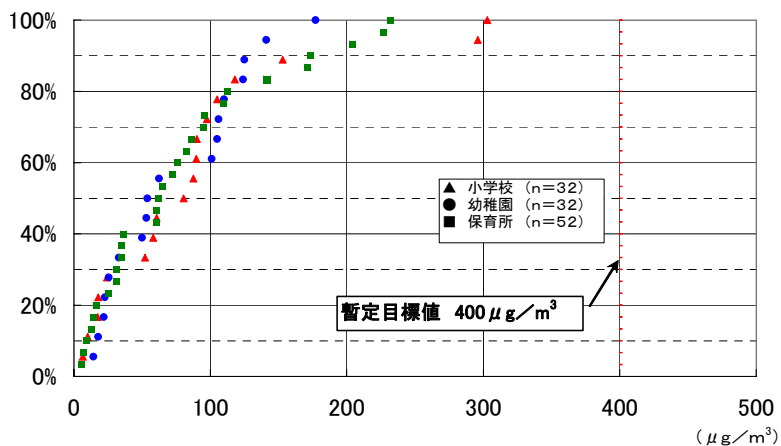


図16 TVOC施設種比較

## (6) 暖房器具別比較

### ア ホルムアルデヒド濃度

暖房器具別のホルムアルデヒド濃度の比較を図17に示す。エアコン及びガスストーブに比べ、石油ストーブが高い傾向にあった。

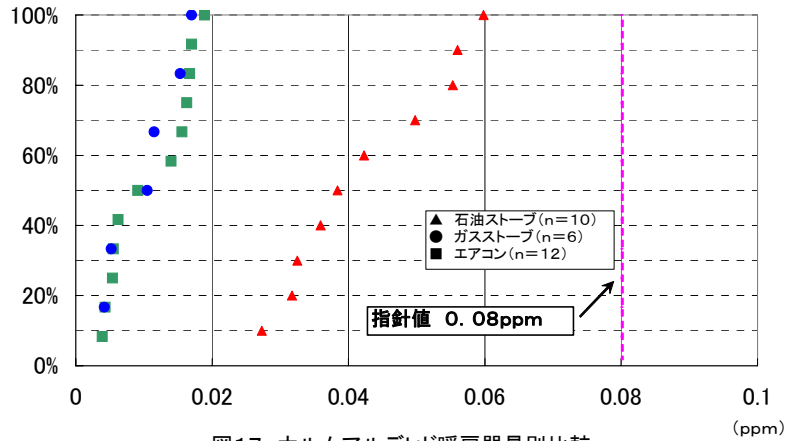


図17 ホルムアルデヒド暖房器具別比較

### イ TVOC濃度

暖房器具別のTVOC濃度の比較を図18に示す。ホルムアルデヒドのように石油ストーブの方が明確に高いという傾向は認められなかった。

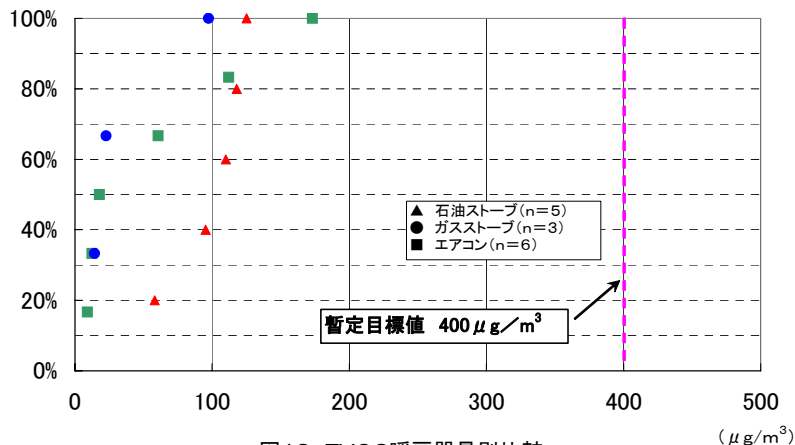


図18 TVOC暖房器具別比較

## (7) 冬期暖房使用時のホルムアルデヒドの経時変化

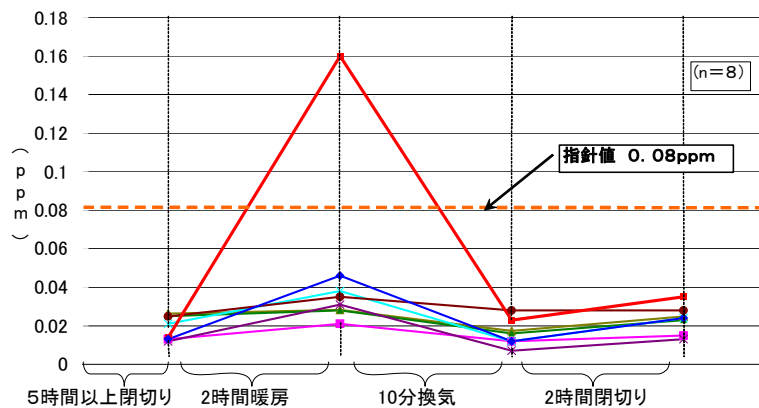


図19 冬期暖房使用時のホルムアルデヒド濃度の経時濃度変化



ホルムアルデヒド濃度の経時変化を図19に示す。2時間の暖房器具の使用で、指針値を超過した施設が1施設あった。なお、この施設は石油ストーブを使用していた。

### (8) 各物質の測定地点の高低による比較

幼児が机に座っている時を考慮し、5歳児の平均机上高45cmと、一般的な空気環境測定高120cmとの間の各物質の濃度の比較を図20に示す。VOC類はいずれも45cmの濃度が高かった。

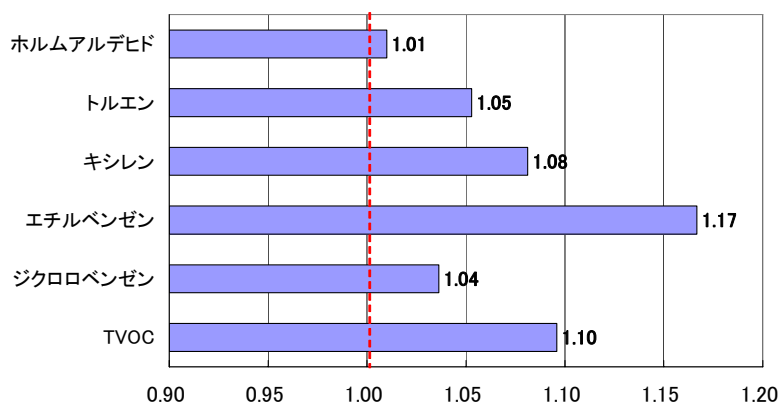


図20 各物質の測定地点の高低による比較  
(45cm測定平均値/120cm測定の平均値)

### (9) 建築年度、改装、塗装後の濃度変化

建築、改装及び塗装が行われた後の経過年数とホルムアルデヒド及びTVOCの濃度を散布図にし、相関を見ようと試みたが、相関は見出せなかった。

## 8 考察

### (1) 学校環境衛生の基準とシックハウス対策

学校においては、学校環境衛生の基準（平成4年6月23日文部省体育局長裁定。以下「学校衛生基準」という。）を遵守しておれば、ホルムアルデヒドやVOC類が指針値を超過することはない。それは、学校衛生基準で二酸化炭素や浮遊粉じんの基準をクリアするため、換気回数が規定されており、これが学校におけるシックハウス対策にも十分に機能するからである。例えば、幼稚園・小学校においては、40人在室180㎡の教室で2.2回/時と規定（学校衛生基準 第1章[教室等の空気]5(3)）されている。教室内から一定のホルムアルデヒドの放散があり、長時間閉め切った状態でホルムアルデヒド濃度が定常状態になっていても、所定の換気設備を稼働させると、我々の机上計算では、自然換気率が0.2回とした場合、約30分でその濃度は定常状態の1/3、1時間で約1割と減少し、約3時間経過後、元の11分の1の濃度の新たな定常状態が生まれる。したがって、朝の始業前に30分程度換気をすれば、余程のことがない限り、子ども達の日常の学習環境において指針値を超過することはないと考えられる。このように、物質の放散が拡散支配型（分解生成型）のホルムアルデヒド等ではなんら対策を要することなく、また蒸散支配型（溶剤揮発型）のトルエンやキシレン等にあってもそれらの濃度が指針値以下であることを確認した上で引渡しを受ける（学校衛生基準 第2章 1(3)）のであるから、同様になんら対策を講ずる必要はないと思われる。

### (2) 換気設備の現状

しかしながら、今回の調査では、換気設備がない又は換気設備があってもその機能が有効に生かされていない施設があった。前者については、学校衛生基準を満たす換気設

備を設置する必要がある。後者は教室の気密性が高いにもかかわらず、吸気口が存在しない例である。事実、その教室で換気扇（廊下と反対側に設置されている）を稼働させると「ポーッ」というこもった音がし、明らかに換気扇のモーターへの過負荷が確認された。そして、入口のドアを10cm程度開けるだけで廊下からの空気が流れ込み、換気扇の音は「サーッ」という軽快な音に変わった。ただ、この施設では建築物全体の気密性も高く、廊下側の入口に吸気口を設けても隣の教室の空気を引き込んだり、廊下全体が負圧になり便所等に影響を与える可能性もあるので、吸気口は建物全体の気流のバランスを考えた上でその位置、大きさを決定する必要があると考えられる。

### (3) 基準値超過の原因

調査結果によると基準値を超過したデータは6データ（5.2%）であった。これらはいずれも夏期の休校時のデータである。休校時は換気を行わない。よって30分以上換気後、5時間以上（実際には12時間以上）閉め切って8時間サンプリングをすると計20時間以上閉め切った状態が続き、気密性が高い施設でもほぼ定常状態下でのサンプリングとなり、必然的に数値は高くなる。

ここで、気密性のひとつの指標を測定時の外気と施設の最高温度の差とし、測定されたホルムアルデヒド濃度との関係を図21に示す。

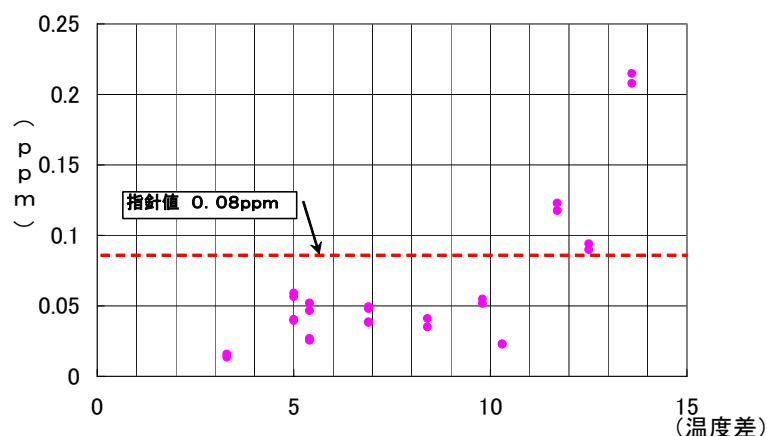


図21 夏期休校時の最高気温の気温差(外気-室内)とホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒド濃度が指針値を超過した施設では、いずれも高い温度差、即ち気密性の高さが認められる。

しかし、そのような施設でも、夏期の通常使用においては指針値超過は認められず、ホルムアルデヒド濃度については、換気の有無が大きく関与していることを示している。

また、今回、指針値を超過した施設に、音楽室があり、その隣室の楽器倉庫の家具、楽器、楽器ケースから発散されたホルムアルデヒドが関与していると思われる例があった。音楽室と楽器倉庫は外部への遮音に配慮されており、すなわちこれは高い気密性を有することとなるが、音楽室と楽器倉庫間の扉は普通の扉であり、この隙間を通じて楽器倉庫からホルムアルデヒドが流れ込んだものと考えられた。このように濃度測定時には測定場所のみではなく、周辺環境の詳細な把握が重要であると思われた。

### (4) ホルムアルデヒドの室内中での分布

冬期のホルムアルデヒドの暖房使用時の濃度変化結果は、興味深いことを示唆している。ある施設のデータを表1に示す。

表1 石油ストーブ使用時前後のホルムアルデヒド濃度の変化

	ホルムアルデヒド濃度 (ppm)
5時間以上閉切り後	0.014
2時間石油ストーブ使用后	0.160
10分換気(窓、入口全開)後	0.023
2時間閉切り後	0.035

石油ストーブを2時間使用すると、ホルムアルデヒドの濃度は上昇し、10分換気後の濃度は、使用前の濃度より高くなる。つまり、10分の換気では教室からホルムアルデヒドは完全になくならない。そして、2時間閉切り後、さらに濃度が上昇している。これらは、主に石油ストーブの燃焼によって生じたホルムアルデヒドは空气中に分布するだけではなく、内装材等に吸着されていることを示している。吸着されたホルムアルデヒドは、閉め切られた環境下で徐々に脱着され、再び空間に放出される。

学校環境基準では、測定前にまず30分以上換気を行うとあるが、内装材質によって、また表面積の多い布、紙類があるとき等は、30分で完全にホルムアルデヒドを脱離排出できない場合もあると考えられ、十分な換気時間をとることが必要とされよう。

#### (5) 石油ストーブ

一般に石油ストーブやガスストーブの使用によりホルムアルデヒドが生成されるといわれているが、6(6)アで述べたように、今回の結果では、石油ストーブとガスストーブでは、発生するホルムアルデヒドに差があった。ガスストーブはエアコンと同程度であった。これは、都市ガスと灯油の成分差によるものであると考えられる。

即ち、都市ガスはその9割程度がメタン、残りがブタン、プロパンという成分構成であるのに対し、灯油は炭素数が10以上の炭化水素が主な成分であり、不飽和炭化水素や芳香族炭化水素等も含まれるため、燃焼という酸化の過程で部分的にホルムアルデヒドが生じるのであろう。

また、灯油の燃焼は窒素酸化物を発生させるので、子どもの呼吸器系への影響を考えた場合、ガスストーブの方が安全であると言える。

#### (6) 学校衛生基準のあり方

今回調査した施設は小学校、幼稚園、保育所であるが、学校衛生基準の対象は学校教育法(昭和22年法律第26号)第1条で規定する「学校」であり、保育所は適用されない。しかしながら、保育所は幼稚園に比べ保育時間が長いことや乳幼児がいること等から、より細やかな配慮が必要で、保育所においても学校衛生基準に準じた空気環境の管理が行われる事が望ましい。

また、今回の結果では、VOC類は指針値に比べ非常に低かった。VOC物質を個々に規制しても、抜け道はいくらでもある。そういう観点では厚生労働省が示すTVOC暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (学校衛生基準には規定されていない)の導入が有効だと考える。

## 9 おわりに

本調査の結果から、ホルムアルデヒド濃度の超過データはいずれも夏期の休校時のものであり、それらは施設の高い気密性とホルムアルデヒドの吸着が関与していると考えられたこと、石油ストーブを利用している施設ではホルムアルデヒド濃度が高い傾向にあったこと、ホルムアルデヒド・TVOC以外の5物質は指針値に比べると低濃度であったこと、等の実態が把握できた。

人は、暑さ寒さには敏感であるが、空気の汚れについては意識することが少ないように思われる。まして子どもが室内の空気質について関心をもつことは、なおさらである。

始業時前に換気を十分に行うことにより、教室内の環境は良好に保たれるのであるから、子ども達の健康被害を未然に防止するために、このような配慮を広く関係者にお願いしたい。

終わりに、簡易測定機器など調査に必要な機器の提供及び技術的な支援をいただいた財団法人ビル管理教育センターに感謝を申し上げます。