

資料

学校施設における室内空气中化学物質濃度の低減化対策 — 換気の効果 —

竹熊美貴子¹, 大村厚子¹, 斉藤貢一²

[受付 2004. 6. 25] [受理 2004. 12. 6]

Measures for Reducing the Levels of Chemical Compounds in the Indoor Air of Schools — A Study of the Effect of Ventilation —

Mikiko TAKEKUMA¹, Atsuko OHMURA¹ and Koichi SAITO²

[Received Jun 25, 2004] [Accepted Dec 6, 2004]

要 旨

学校施設における室内空气中化学物質濃度の低減化対策として、換気による効果を確認する実験を行った。すなわち、埼玉県内の工業高校を調査対象施設として、夏季の長期休暇期間中に、教室内空气中化学物質濃度を換気の前後で測定する方法で行った。

測定した5教室(4普通教室, 1実習室)のうち4教室(3普通教室, 1実習室)から室内濃度指針値を超えるホルムアルデヒドが検出された。その後、10分間の自然換気を行った普通教室では、ホルムアルデヒド濃度は72%減少し、室内濃度指針値未満となった。また、アセトアルデヒド濃度も50%減少していた。一方、窓のない実習室においても、扇風機を使用した機械換気を行うことでアルデヒド類を低減させることができた。

揮発性有機化合物(VOC)について、普通教室では測定対象とした46物質中15~17物質が検出され、実習室では21物質が検出された。しかし、換気後、それぞれの教室内気中VOC濃度は換気前に比べて著しく減少し、2~5物質が検出されたのみであった。この結果、総揮発性有機化合物(TVOC)として、換気により約80~90%の減少であった。

Abstract

We studied the effect of ventilation as a measure for decreasing the levels of two aldehydes and forty-six volatile organic compounds (VOCs) in the indoor air of schools. A technical high school in Saitama Prefecture was chosen as the investigation facility during a long summer vacation. The levels of chemical compounds in the indoor air were measured prior to and after ventilating the classrooms.

Prior to ventilation, formaldehyde levels exceeding the guideline values for indoor air quality were detected in four of the five classrooms that were measured. After ten minutes of passive ventilation the formaldehyde levels in the classrooms decreased by 72%, bringing the levels below the guideline values for indoor air quality. The acetaldehyde levels in the classrooms decreased by 50%.

In the windowless laboratory aldehyde levels were reduced using an electric fan for mechanical ventilation.

For VOCs, 15-17 compounds were detected in the classrooms and 21 compounds were detected in the laboratory prior to ventilation. After ventilation only 2-5 compounds were detected in each room, and in all cases the levels decreased considerably compared to the levels before ventilation. As a result, ventilation decreased the total volatile organic compounds (TVOC) by approximately 80-90%.

Key words: ventilation, school, formaldehyde, acetaldehyde, volatile organic compounds, total volatile organic compounds

1 埼玉県衛生研究所 〒338-0824 埼玉県さいたま市桜区上大久保 639-1
Saitama Institute of Public Health, 639-1 Kamiokubo, Sakura-ku, Saitama 338-0824, Japan

2 星薬科大学 〒142-8501 東京都品川区荏原 2-4-41
Hoshi University, 2-4-41 Ebara, Shinagawa-ku, Tokyo 142-8501, Japan

1. はじめに

近年、建物の高気密化や化学物質を放散する建材等の使用により、新築や改築後に居住者が不快感、のどや目の痛み、あるいはだるさ等の体調不良を訴える、いわゆる「シックハウス症候群」が社会問題となっている。学校施設においても同様な症状が報告され、とくに「シックスクール」¹⁾と呼ばれ注目されている。現在、学校施設におけるシックハウス対策が急ピッチで進められており²⁾、平成14年2月に、「学校環境衛生の基準」が改訂され、ホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物(VOC)の検査や判定基準等が追加された。さらに、平成15年7月には、建築基準法の改正により、学校施設の整備に際して、教室等への機械換気設備の設置が原則として義務づけられた³⁾。今後、新築および大規模改築後には、機械換気設備が設置されると思われるが、既存の施設では機械換気設備がなく、現状では自然換気によらざるを得ない。そこで、最も濃度が高くなると推察される夏季の長期休暇期間中に、既存施設での室内空気中化学物質濃度の実態調査を行うとともに、室内空気汚染の低減化対策として換気による効果を確かめる実験を行った。

2. 方法

2.1 試料採取方法

平成15年8月4日に埼玉県内の工業高校の4普通教室(A~D)、1実習室および屋外で空気採取した。各教室は前日の午後5時から閉め切った状態で、アルデヒド類の捕集には、捕集管LpDNPH H10(SUPELCO社製)を用い、トルエン等のVOCには捕集管ORBO91L(SUPELCO社製)を用い、吸引ポンプSP208-1000Dual(GL Sciences社製)により流速1L/分で、30分間、空気採取した。

普通教室A~Dは昭和45年に建築された建物の3階に位置し、Aは全ての実験の対照施設として閉め切りのまま、B~Dの採取時間に合わせて空気採取した。Bは全ての窓と扉を開放して10分間の自然換気を行い、Cは窓と扉を対角線上に1か所ずつ開放し、扉に扇風機を置いて10分間の機械換気を行った。DはBと同様の方法で1時間の自然換気を行った(Fig. 1)。使用した扇風機(株)日立製作所)は家庭用で、羽根が直径30cm、高さが60cm、風量は毎分42m³であった。普通教室の大きさは約216m³であった。

実習室は、平成6年に建築された建物の2階に位

置している。この教室には窓がなく、唯一外気に接する扉の周囲には建物があり、風通しが極めて悪いので、廊下側の扉に扇風機を置いて、30分間の機械換気を行った。換気を行っている間、廊下の窓は4ヶ所開放した(Fig. 2)。実習室の大きさは約210m³であった。

換気後は、開放したところを全て閉じ、再度、それぞれの教室の室内空気採取した。試料採取時間および当日の平均温湿度はTable 1のとおりである。

2.2 測定対象物質

DNPH誘導体化固相吸着/溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法により、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの2物質を測定した。固相吸着/溶媒抽出-ガスクロマトグラフ質量分析法により、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、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン、テトラメチルベンゼン、2-エチルトルエン、スチレン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカ

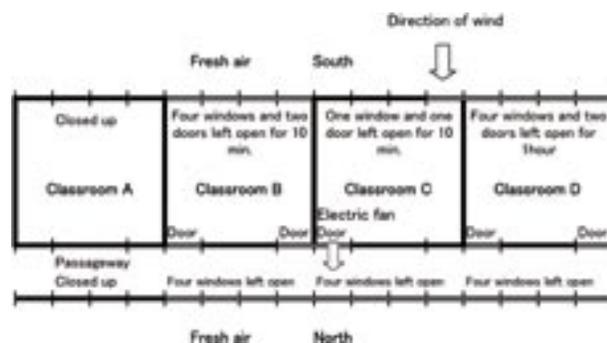


Fig. 1 Drawing of the classrooms on the third floor

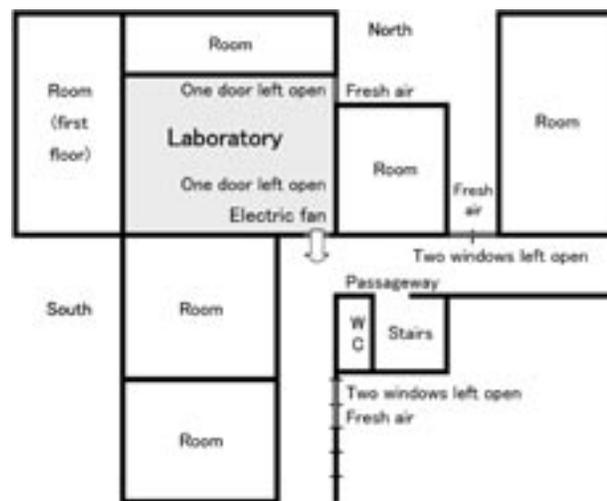


Fig. 2 Drawing of the laboratory on the second floor

Table 1 Sampling time and average temperature at each location sampled

Location sampled	Sampling time		Temperature °C	Humidity %	
	Start	End			
Classroom A	Closed up	13:36	14:06	32.6	59
	Closed up	14:25	15:05	32.9	57
	Closed up	15:09	15:39	33.0	56
Classroom B	Closed up	13:36	14:06	34.6	54
	After ventilation for 10 min.	14:23	14:53	36.5	41
Classroom C	Closed up	13:40	14:10	32.5	61
	After ventilation for 10 min.	14:27	14:57	32.8	51
Classroom D	Closed up	13:36	14:06	32.6	62
	After ventilation for 1hour	15:09	15:39	33.5	52
Laboratory	Closed up	10:35	11:05	30.5	70
	After ventilation for 30 min.	11:44	12:14	31.1	69
	Outside	11:35	12:05	34.1	53

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、ジメチルペンタン、トリメチルペンタン、 α -ピネン、 β -ピネン、リモネン、1-ブタノール、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、四塩化炭素、ジクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、トリクロロエタン、p-ジクロロベンゼン、ジクロロプロパン、クロロジブromoエタン、クロロフォルム、エチルアセテート、ブチルアセテート、3-エチルトルエン、4-エチルトルエン、デカナール、1-ブromopropan、2-ブromopropanの46物質を測定した。TVOCは測定された個々のVOCの合計量で表した。

2.3 試薬

アルデヒド/ケトン-DNPH Mix : 15成分 (SUPELCO社製), アセトニトリル: 高速液体クロマトグラフィー用 (関東化学株), 室内大気分析標準試薬: 52成分 (SUPELCO社製), トルエン- d_8 標準原液: 室内環境測定用 (関東化学株), 二硫化炭素: 作業環境測定用 (和光純薬株)

2.4 装置および条件

高速液体クロマトグラフ (HPLC)

ポンプ LC-6A, 紫外吸収検出器 SPD-6A (株島津製作所), カラム Discovery RP-Amide C16 250 mm \times 4.6 mm i.d. (SUPELCO社製), カラム温度: 40°C, 移動相: アセトニトリル/水 (55/45), 流速: 1.0 mL/min, 注入量: 20 μ L, 検出波長: 360 nm

GC/MS

ガスクロマトグラフ HP5890 SERIES II, 質量分析装置 5989B (HEWLETT PACKARD社製), カ

ラム CP-SIL5CB 60 m \times 0.25 mm i.d., 膜厚 1.0 μ m (VARIAN社製), カラム昇温条件: 40°C (5分保持) - 毎分 10°C昇温 - 300°C (3分保持), 注入口温度: 250°C, イオン源: 230°C, インターフェース: 300°C, 注入量: 1 μ L

2.5 分析操作

厚生労働省の通知による室内空气中化学物質の標準的測定方法⁴⁾に準じて, 空気採取後, 捕集管 LpDNPH H10 からアセトニトリル 5 mL でアルデヒドの DNPH 誘導体を溶出し, 定容後, HPLC で分析した。捕集管 ORBO91L からは吸着剤を取り出し, 二硫化炭素 1 mL で溶出後, 内標準溶液を添加し, GC/MS で分析した。

3. 結果

Fig. 3 に各教室のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド濃度を表した。換気前の濃度では, 測定した 5 教室 (4 普通教室, 1 実習室) のうち 4 教室 (3 普通教室, 1 実習室) から室内濃度指針値 (100 μ g/m³) を超えるホルムアルデヒドが検出されたが, 換気後はいずれの教室でも室内濃度指針値未満となった。閉め切り状態のままの教室 A ではほとんど濃度が変わらず, 10 分間の自然換気を行った教室 B では, ホルムアルデヒド濃度は 72% 減少し, アセトアルデヒド濃度は 50% 減少していた。教室 C (自然換気+機械換気, 10 分間) では, ホルムアルデヒド濃度が 76% 減少し, アセトアルデヒド濃度は 61% 減少していた。教室 D (自然換気 1 時間) では, ホルムアルデヒド濃度が 68% 減少し, アセトアルデヒド濃度は 74% 減少していた。実習室では, 扇風機を使用した 30 分間

の機械換気でホルムアルデヒド濃度が71%減少し、アセトアルデヒド濃度は70%減少していた。

トルエン等の揮発性有機化合物 (VOC) については、普通教室では測定対象物質46物質中15~17物質、実習室では21物質が検出された (Fig. 4)。換気

後の教室では、検出された物質は2~5物質で、いずれの濃度も換気前に比べて著しく減少していた。総揮発性有機化合物 (TVOC) としては、換気後、教室Bは85%、教室Cは84%、教室Dは84%、実習室は90%減少していた (Fig. 4)。

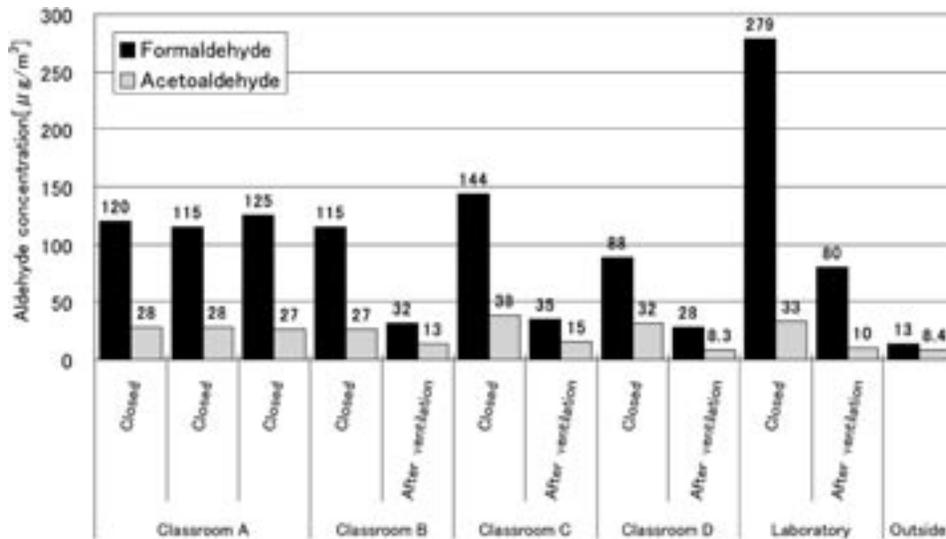


Fig. 3 Aldehyde concentrations in classrooms and laboratory

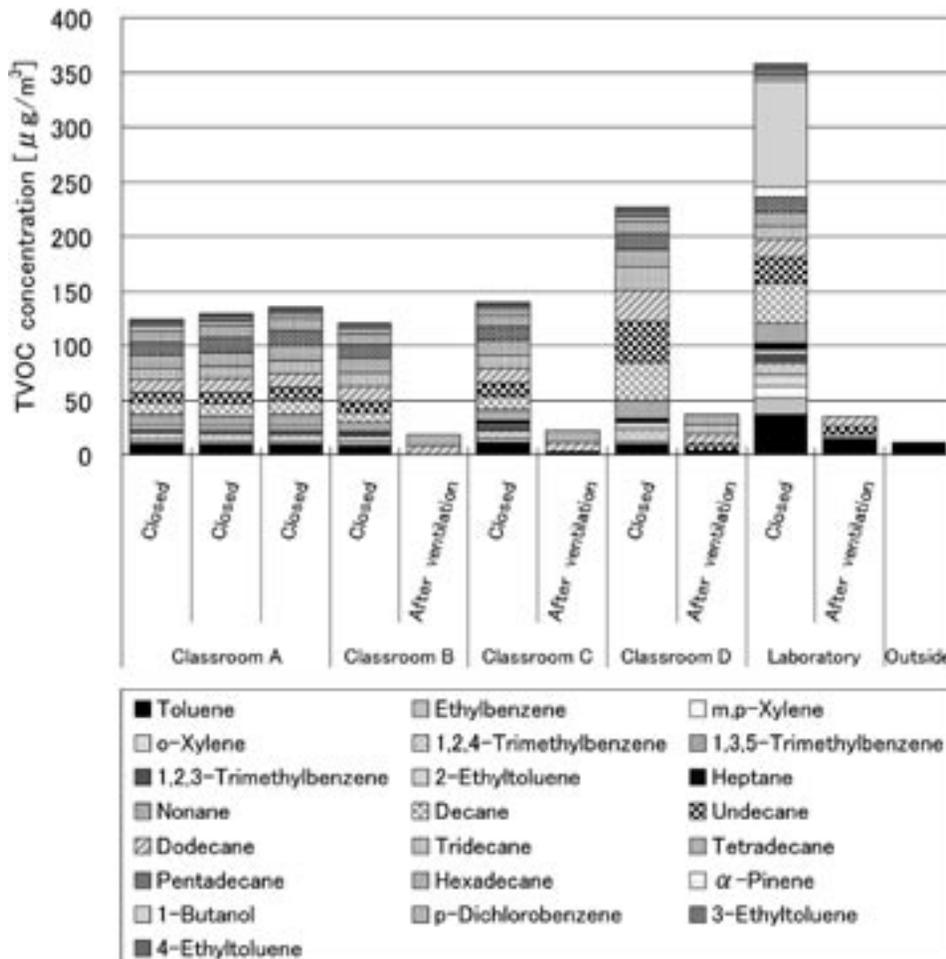


Fig. 4 TVOC concentration in classrooms and laboratory

4. 考察

この学校の普通教室は築後 33 年、実習室は築後 9 年を経過していたが、夏場に教室を閉め切りにしたままでは、ホルムアルデヒド濃度は依然として高い値を示しており、築年数を経た学校施設であっても室内空气中化学物質に曝露される危険性があることがわかった。しかし、今回の実験結果から、授業と授業の間の休み時間に相当する 10 分間、窓と扉を開放しただけの自然換気を行うことで室内空气中化学物質濃度を減少させる十分な効果が認められた。また、換気しにくい場所であっても、扇風機を利用した機械換気を併用することで室内空气中化学物質濃度を低減させることができた。学校施設において室内空气中化学物質による曝露を防ぐためには、築年数に関係なく、教室入室直後にすみやかに換気を行うことと授業時間中閉め切った状況にある場合は休み時間中に換気を行う必要があると思われる。

文 献

- 1) 埼玉県教育委員会：一人一人の児童生徒が安心して学習できる学校環境づくりを目指して－県立学校のシックスクール問題対応マニュアル－ (2003) <http://www.pref.saitama.lg.jp/A20/BT00/top/sick%20school%20manual.pdf>
- 2) 社団法人日本建築学会，文教施設委員会，学校施設における化学物質による室内空気汚染防止対策に関する調査研究小委員会：学校施設における化学物質による室内空気汚染防止対策に関する調査研究 (2003) http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/shuppan/03090301.htm
- 3) 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課長通知 (15 ス学健第 11 号)：学校における室内空気汚染対策について (2003) .
- 4) 厚生労働省医薬局長通知 (医薬発第 828 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 (2001) .