

b) 結果

機器給気風量の変化により、居室2の濃度は、186 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) から81.2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、56.3%の低減効果が示された。また、居室1は62.4%、寝室は52.5%の低減効果が示された。(図-4 参照)

3) 機器(給気ユニット)からのVOCの発生

a) 測定概要

機器運転時に機器前後のVOC濃度を測定し、給気ユニットからのVOC発生について検討した。測定対象箇所は、図-5に示す。

b) 結果

給気ユニット運転時における給気ユニット前後のTVOC濃度は、機器前濃度(C_b)の59.9 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に対し、機器後濃度(C_a)は55.1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)と同等の結果が測定された。このことから、測定時の気温[12.0($^{\circ}\text{C}$)]においては、給気ユニットからのVOC発生は、ほとんど無いものと言える。(図-6 参照)

5. 壁体内・天井懐等換気装置による濃度低減効果

1) 測定概要

壁体内・天井懐換気装置の運転に伴う天井懐等の空間におけるVOC、気圧の変化について測定を行った。

2) 結果

天井懐換気装置運転に伴う天井懐VOC濃度を、図-7に示す。天井懐VOC濃度は換気装置の運転に伴い、有効な低減が示されている。

6. まとめ

平成13から14年度においては、床下換気システムについての検討を行った。床下換気装置の開発を行い、実験室レベルの検証を経て同装置を実大住宅に適用して、その効果を求めた。

結果としては、装置運転により有効に床下化学物質濃度を低減できることが判明した。特に、ホルムアルデヒドの有効な低減効果が確認できた。また、同装置運転に伴う床下内気圧の低下により、床下構成材に含まれるVOC成分を外部に排出できることが分かった。この研究成果は平成15年7月施行の新建築基準法作成の上で、貴重な資料となった。

平成14から15年度においては、室内換気システムについて検討を行った。実際の住宅に、同装置を設置して同換気装置運転に伴う化学物質濃度の変化を測定した。結果としては、室内VOC濃度の有効な低減性が確認された。

平成15年度においては、壁体内・天井懐等換気システムについての検討を行った。壁体内・天井懐等換気装置の開発を行い、同装置を実大住宅に設置して、その効果を求めた。結果としては、装置運転により有効に壁体内・天井懐内化学物質濃度を低減できることが判明した。

7. 課題

1) 床下換気システム

システムの有効性は高く評価できるが、新築住宅の設計段階から設置計画を立てないと、設置コストと設置に伴う

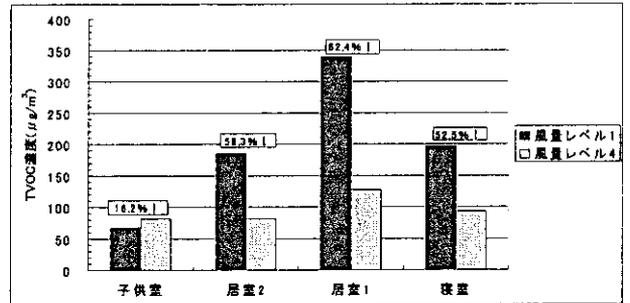


図-4 第2種換気システムの風量変化に伴うVOC濃度低減効果

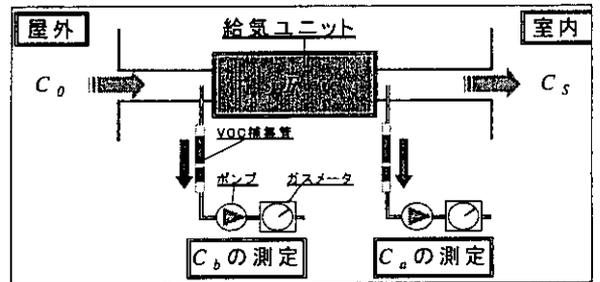


図-5 測定箇所の概要図

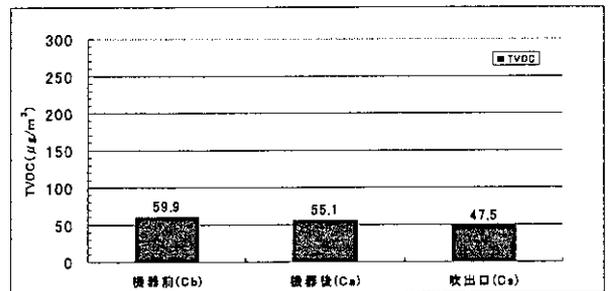


図-6 給気ユニット前後のVOC濃度

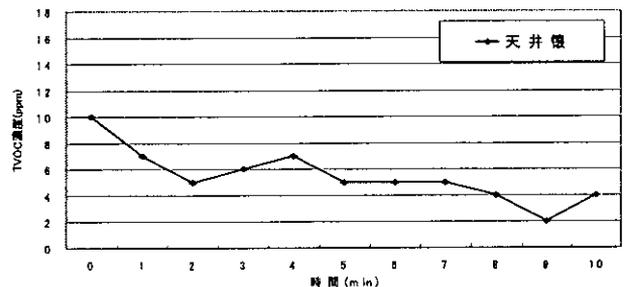


図-7 換気装置運転に伴う天井懐VOC濃度の変化(3F天井懐)

居住所の負担が大きくなる。既存住宅への適応は、困難を極める。

2) 室内換気システム(第2種換気利用システム)

システムの有効性は高く評価できるが、冬季における内部結露問題に留意する必要がある。冬季の室内は加湿することが多く、システムの稼働に伴い絶対湿度の高い室内空気が、壁体内などの空間へ移流することが想定される。この場合、移流空気の温度低下が結露を生じさせる可能性がある。設置コストや居住者への負担は、床下換気システムと同様である。

3) 壁体内・天井懐等換気システム

システムの有効性は高く評価できるが、第2種換気利用システムと同様の問題点が指摘できる。

第4章 換気システムの化学物質除去性能

3.4.1 床下換気システム

野崎淳夫(東北文化学園大学)

3.4.1.1 はじめに

1) 本研究の背景及び目的、内容

室内化学物質濃度低減のためには、現行の建築構造、施工方法、施工精度等を鑑みた対策の確立が急務である。

室内化学物質汚染の発生や除去の概要は、図-3.4.1.1に示される。開放型燃焼器具、家具や建材、防虫剤や消臭剤などの家庭用品から様々な有害化学物質が発生しており、室内濃度の上昇が引き起こされている。また、床下の換気性状がよくない場合には、複合フローリング、合板及び接着剤等から発生する化学物質が床下内に滞留し、室内化学物質汚染の原因になると考えられる。床下等の空間における化学物質濃度と床下構成部材からの発生量に関わる研究については、野崎らの研究報告があり、床下等の空間における化学物質の室内移流による室内化学物質汚染メカニズムの解明が行われている⁵⁾。

そこで、本研究においては、室内、床下空間における汚染物質低減対策として、①床下内に新たに開発した床下換気装置(消音形キャビネットファン)を設置し、滞留する化学物質の低減効果を求めるものであり、また、②床下下地材の改修による床下空間内の化学物質汚染低減効果について求め、次に、③室内における化学物質濃度を実測し、空気清浄機を設置した室内での低減効果を求め、さらに、④塗装面の室内化学物質濃度に与える影響を求めるものである。

3.4.1.2 測定対象住宅の概要

本研究における測定対象住宅は、新たに開発した2系統の床下換気装置を設置したRC造の3階建である。(図-3.4.1.2参照)

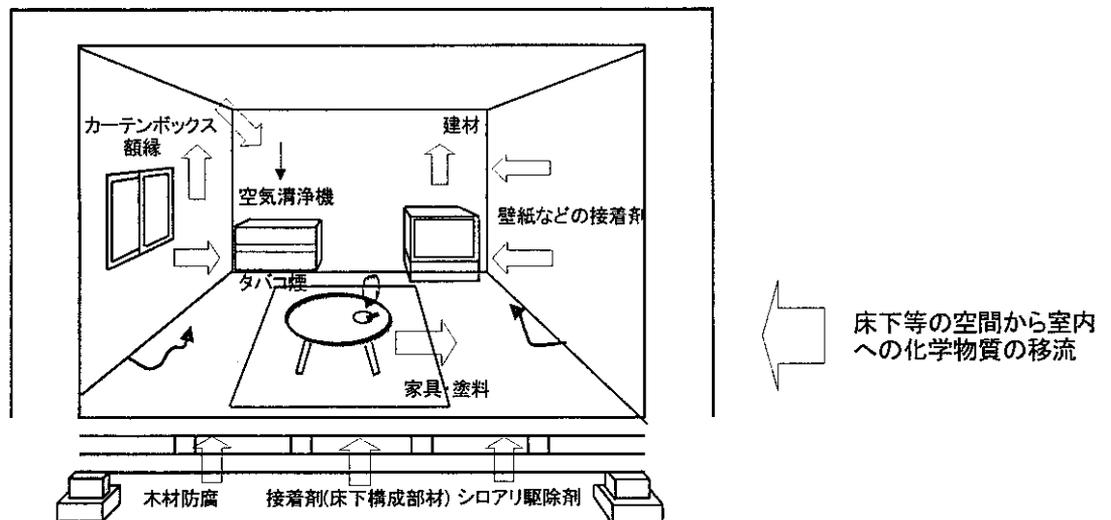


図-3.4.1.1 室内空気汚染の概要

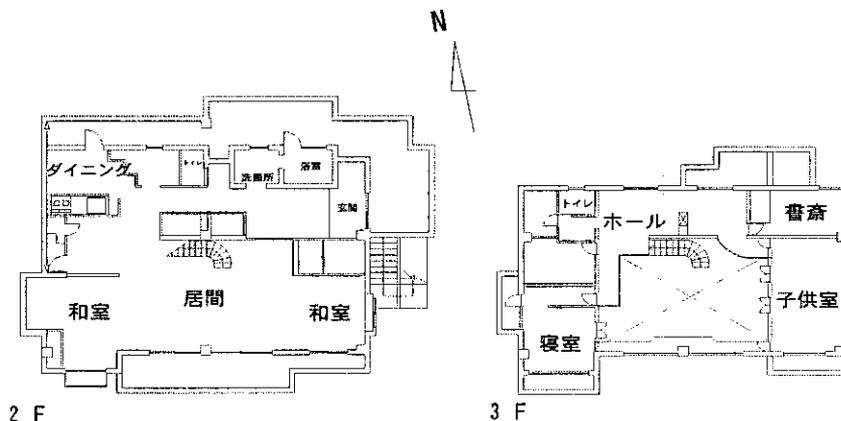


図-3.4.1.2 測定対象室の概要

3.4.1.3 床下換気装置による濃度低減効果

測定対象住宅に新たに設置した床下換気装置の運転を行い、床下・懐等の空間における化学物質濃度の低減性を検証する。(図-3.4.1.3、3.4.1.4、写真-3.4.1.1参照)

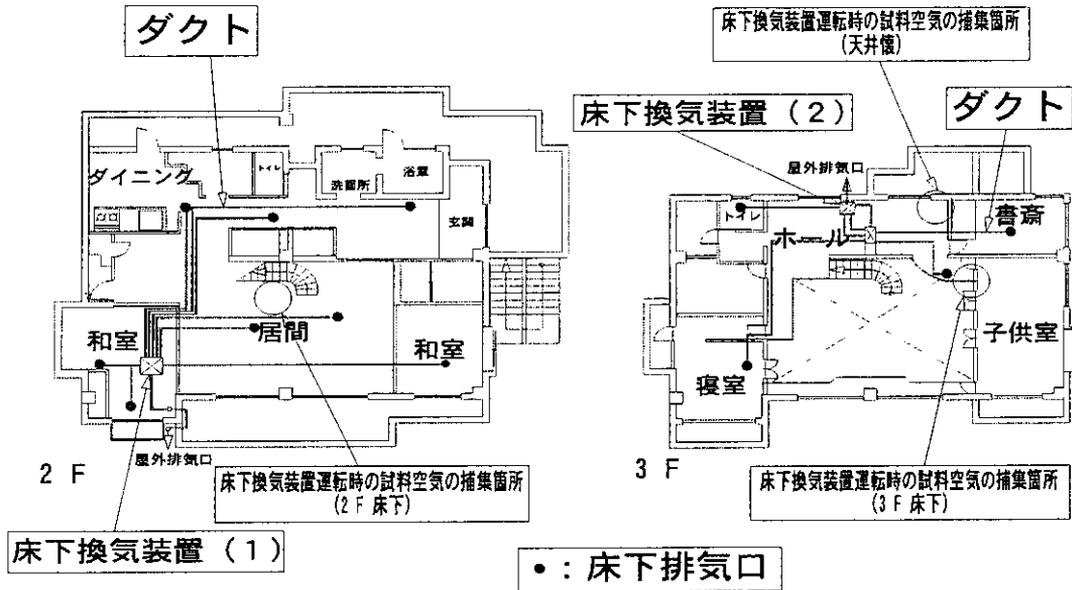


図-3.4.1.3 床下換気装置の概要

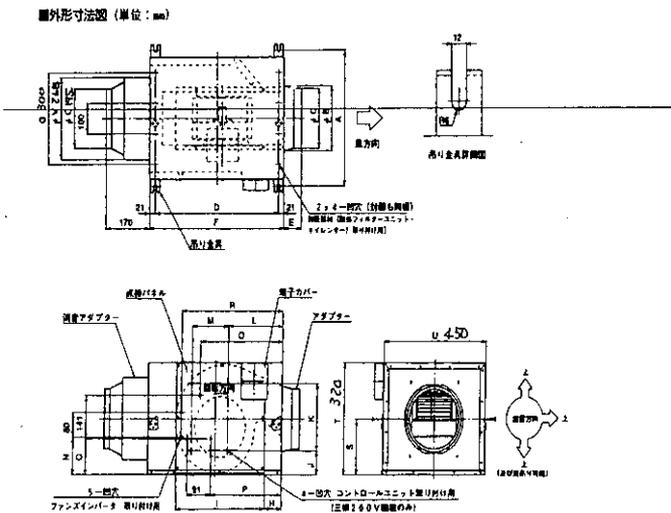


図-3.4.1.4 床下換気装置(消音形キャビネットファン)の概要図

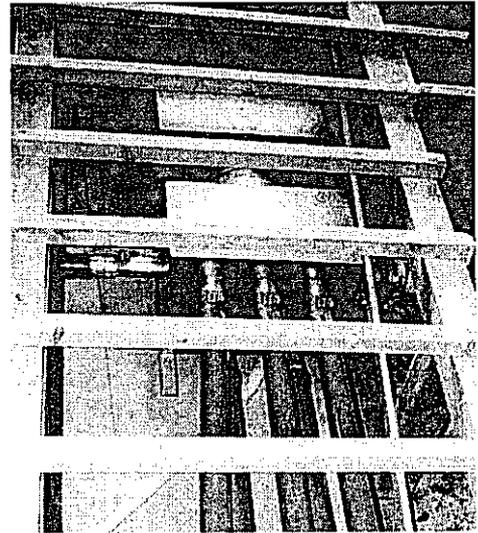


写真-3.4.1.1 床下換気装置の設置状況

3.4.1.4 測定概要

1) 測定対象物質

VOC とホルムアルデヒドを測定対象物質とした。

ホルムアルデヒド(HCHO)は、無色で刺激臭を有し、常温ではガス状である。また、沸点が-21(℃)と低く室内空気汚染物質としての挙動がVOCと類似しているが、その有害性が特有であることなどの理由からVOCと分けて扱うのが普通である。また、VOCは室内における検出頻度等から34成分を測定対象とした。

2) 測定機器

本調査においては、次の機器と捕集管を用いた。

a) VOC、ホルムアルデヒドの捕集装置

・積算流量計・・・シナガワ社製、型式：DC-1A、最小目盛：5(ml)、最大積算流量：999(m³)、使用温度：-10～+50(℃)、圧力損失：0.2(kPa)、最高使用圧力：9.8(kPa)

・定流量ポンプ・・・柴田機器工業、型式：MP-2N型、最大流量：2.5(l/min)、流量可変範囲：0～2.5(l/min)、最大吸引圧：33(Kpa)

b) 捕集管

・VOC 捕集管・・・柴田機械工業、活性炭充填量(上流側)：400(mg)、活性炭充填量(下流側)：200(mg)、粒径：20～40メッシュ
 ・ホルムアルデヒド捕集管・・・Waters社製、DNPHシリカゲル充填量：0.35(g)、粒径：18～35メッシュ

c) 分析装置

・VOC分析装置(ガスクロマトグラフ(GC))・・・GLサイエンス社製、型式：GC-353、検出器：FID、カラム：Sil-8cb

・ホルムアルデヒド分析装置(高速液体クロマトグラフ(HPLC))・・・日立社製、型式：L-7000、検出器：UV、カラム：ODS-3

・PID方式VOCモニター(RAE Systems社製、Model：PGM-240)、写真-3.4.1.2参照

・気圧測定装置(パイサラ製社、Model：90)

3) 捕集・分析方法

床下空気の捕集時には、床にサンプリング孔を設けることにした(写真-3.4.1.3参照)。このサンプリング孔から、VOC・ホルムアルデヒド捕集管に床下空気を通気し、捕集を行い、この試料空気の定性定量分析を行った(写真-3.4.1.4参照)。具体的な捕集・分析方法を以下に示す。

尚、床下換気装置運転に伴う床下懐等の空間の試料空気の捕集では、PID方式モニターで10分間測定を行った。

a) VOCの捕集・分析方法(固体捕集-溶媒抽出-ガスクロマトグラフ法)

VOC捕集管に試料空気を500(ml/min)の流量で11時間通気した(表-3.4.1.1参照)。VOC捕集管から上流部と下流部の活性炭を別々のバイアル瓶に入れ、栓をした後に軽く振とうした。その後、数回の振とうを行いながら2時間の抽出を行い、分析試料とした。抽出終了後に上流部、下流部の分析試料をGCによる定性、定量分析を行った。上流部と下流部の測定値により、破過についての検討を行ったが、いずれの検体においても捕集管の保持容量を上回る破過は認められなかった。また、TVOC濃度は、GC分析による同定物質の濃度の総和に未同定物質のピーク

面積値をトルエン換算した濃度を加えたものである。

b) ホルムアルデヒドの捕集・分析方法(固相捕集-溶媒溶出-液体クロマトグラフ法)

ホルムアルデヒド捕集管に試料空気を1.0(l/min)の流量で30(l)通気し、分析試料とした。この試料をアセトニトルで5分間(溶出速度：1.0(ml/min)溶出した。溶出後、HPLCに導入し、定性・定量分析を行った。

4) 床下換気装置運転に伴うVOC濃度の測定

床下換気装置の運転を行い、PID方式モニターを用いて2F床下、3F床下、天井懐内の測定を行った。

5) 床下換気装置運転に伴う気圧の測定

床面に穴を開け、気圧測定装置(パイサラ社製、Model：90)のプロブを挿入した。次に、床下換気装置を運転させ、運転に伴う気圧の変化を測定した。

表-3.4.1.1 測定対象箇所

測定対象室	測定箇所	測定対象物質	
		HCHO	VOC
居間	2F床下	○	○
ダイニング	2F床下	○	
DS前	3F床下	○	
寝室	3F床下	○	○
書斎	3F床下	○	○
子供室	3F床下	○	○
天井懐内	3F床下	○	○



写真-3.4.1.2 PID方式モニター



写真-3.4.1.3 サンプリング孔の設置状況



写真-3.4.1.4 床下からのサンプリングの様子

3.4.1.5 調査結果

1) 各室床下のVOC濃度

床下におけるVOC濃度測定結果を表-3.4.1.2、図-3.4.1.5に示す(TVOC値として示されている)。RC造の床下空間では、建材から発生した化学物質が滞留しやすく、VOC濃度が高い状況にあることが示された。特に、3F書斎に関しては高濃度である。この高濃度の化学物質が床下から室内に流入するリスクも考えなければならない。すなわち、滞留、移流する化学物質への対策の確立が必要であると思われる。

2) 各室床下のホルムアルデヒド濃度

床下におけるホルムアルデヒド濃度の測定結果を表-3.4.1.3、図-3.4.1.6に示す。VOC濃度に比べ、ホルムアルデヒド濃度は、低い水準の測定結果になった。

3) 床下材の変更に伴う床下VOC濃度の変化

本測定対象住宅では、床下下地材の一部改修を行い、改修前後の床下内に滞留する化学物質濃度の実測調査を行った。(図-3.4.1.7、3.4.1.8参照)

ネダマットから在来床組措置に改修した結果、有効なVOC濃度低減効果が生じた。(図-3.4.1.9参照)

表-3.4.1.2 床下下地材改修前のTVOC濃度

測定対象室	測定箇所	濃度(μg/m ³)
居間	2F床下	2374
寝室	3F床下	11741
書斎	3F床下	1179
子供室	3F床下	2339
天井懐内	3F床下	992

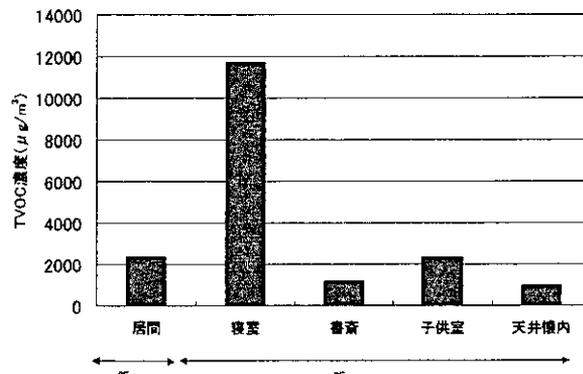


図-3.4.1.5 床下下地材改修前における各室TVOC濃度

表-3.4.1.3 床下下地材改修前のホルムアルデヒド濃度

測定対象室	測定箇所	濃度(ppb)
居間	2F床下	12.9
ダイニング	2F床下	0.5
DS前	3F床下	0.5
寝室	3F床下	0.5
書斎	3F床下	0.5
子供室	3F床下	27.8
天井懐内	3F床下	0.5

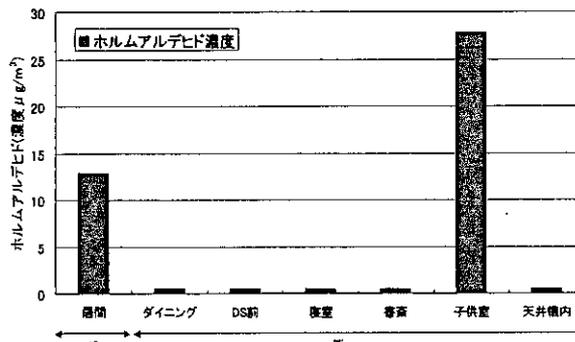


図-3.4.1.6 床下下地材改修前における各室ホルムアルデヒド濃度

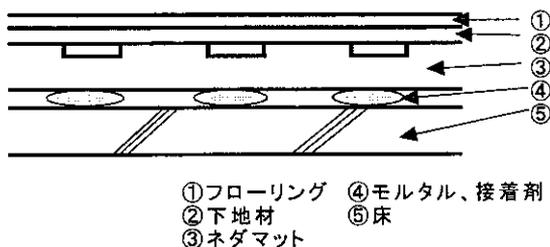


図-3.4.1.7 改修前の床下の構成

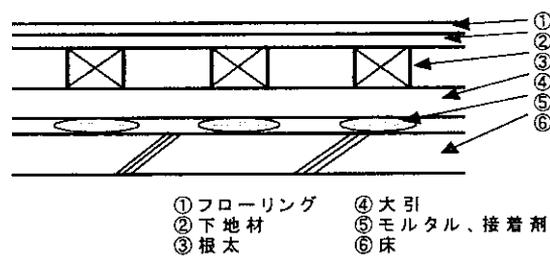


図-3.4.1.8 改修後の床下の構成

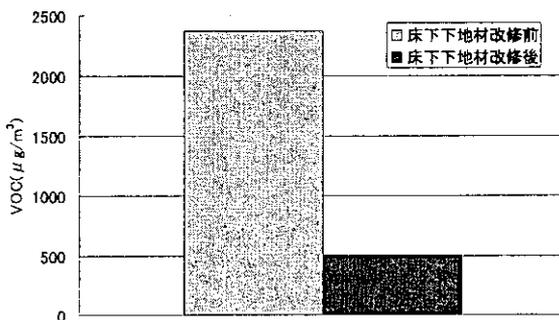


図-3.4.1.9 床下下地材改修に伴う床下内VOC濃度の変化

4) 床下換気装置の運転に伴うTVOC濃度の変化

2F床下換気装置(1)の運転を10分間行い、2F床下のVOC濃度の測定を行った。結果を図-3.4.1.10に示す。また、床下換気装置(2)の運転に伴う床下VOC濃度の変化は、図-3.4.1.11、3.4.1.12に示す。2F、3Fの床下共に床下換気装置の運転に伴い、床下濃度の有効な低減が示されている。尚、PID測定機の測定値から重量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)への換算式は、引用文献(4)により行った。

また、床下換気装置の運転に伴う床下内の気圧の変化については、資料の図-3.4.1.13に示す。

3.4.1.6 まとめ

ここでは、床下換気装置の運転に伴うVOC濃度変化と床下下地材の改修前後のTVOC濃度の変化について検討した。その結果、床下換気装置運転時の床下VOC濃度は、2F床下に関してはVOC濃度の減衰が認められたが、3F床下、天井裏におけるVOC濃度は、明確な減衰効果が見られなかった。原因として、測定時に床暖房を運転しており、3Fに使用されている床下下地材からVOCが発生した影響で、VOC濃度が減衰しなかったものと考えられる。

また、床下下地材の改修に伴うVOC濃度は、改修前後で明確な低減効果が確認できた。

3.4.1.7 謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた鈴木研司君(当時東北文化学園大学卒論生)に深謝致します。

3.4.1.8 引用文献

- 1) 野崎淳夫：建材からの発生機構、室内空気環境設計法、日本建築学会、2002年3月
- 2) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、山崎唯史：建材(複合材)からのガス状物質発生機構、日本建築学会大会学術講演梗概集、D ii巻、pp.733~734、1999年
- 3) 野崎淳夫、池田耕一、松村年郎：防虫剤等より発生する化学物質に関する研究、空調調和・衛生工学会学術講演論文集、ii巻、pp.513~516、2000年
- 4) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、飯倉一雄：PIDモニタにおける室内VOC濃度の測定性に関する研究、室内環境学会総会講演集、pp.174~175、2002年
- 5) 野崎淳夫、飯倉一雄：床下、天井裏、壁体内等における化学物質濃度の発生と室内移流に関する研究、室内環境学会総会講演集、pp.190~193、2002年12月

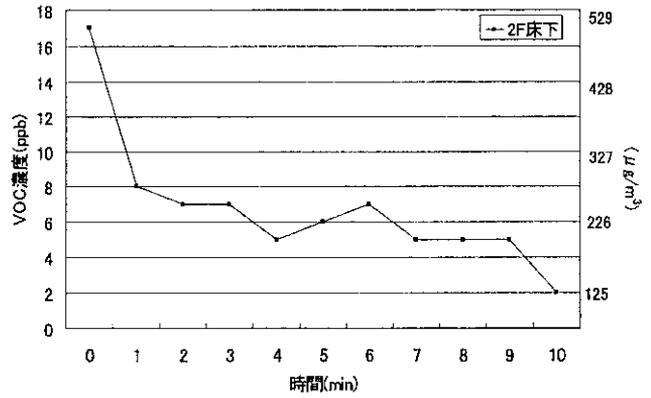


図-3.4.1.10 床下換気装置(1)の運転に伴う床下VOC濃度の変化(2F床下)

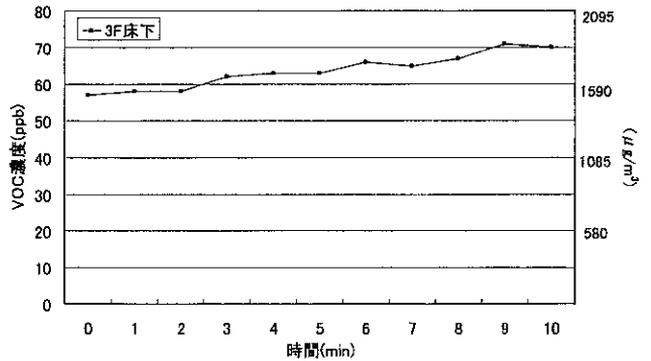


図-3.4.1.11 床下換気装置(2)の運転に伴う床下VOC濃度の変化(3F床下)

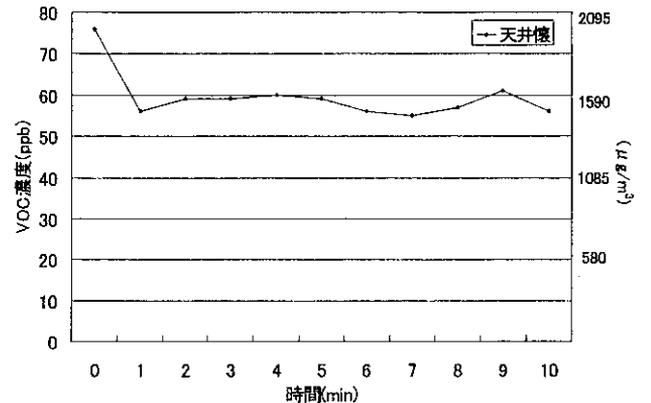


図-3.4.1.12 床下換気装置(2)の運転に伴う天井裏VOC濃度の変化(3F天井裏)

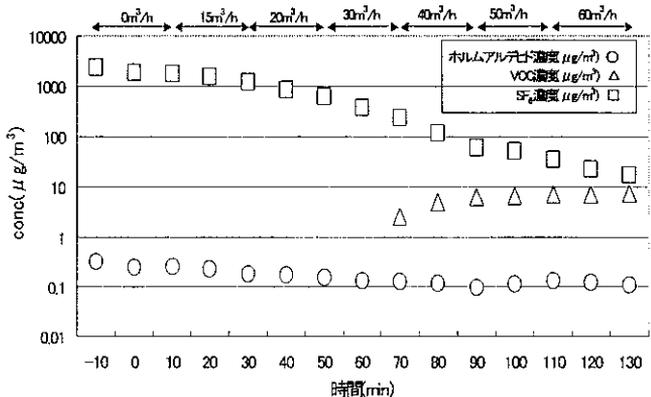


図-3.4.1.13 床下換気装置の運転に伴う床下内の気圧変化

要約

第4章 換気システムの化学物質除去特性

3.4.2 第2種換気システム

野崎淳夫 (東北文化学園大学)

1. はじめに

近年、「シックハウス症候群」が問題になっている。原因となる化学物質の室内濃度を下げ、平成15年7月1日に①内装仕上げの制限、②換気設備設置の義務付け、③天井裏などの制限等の改正建築基準法が施行された。1)

本研究では、「換気設備設置の義務化」に着目し、室内濃度低減対策として、第2種換気システム(セントラル給気ユニット)による室内汚染物質の低減効果を把握することを目的とするものである。

2. 第2種換気システムの概要

第2種換気システムとは、強制給気・自然排気の換気システムであり、給気を機械的に行い室内を正圧にし、天井懐や床下等からの汚染物質の移流を抑制し、室内空気を排気口から排気させる換気システムである。(図-1 参照)

3. 実験概要

1) 測定対象住宅の概要

測定対象住宅は、第2種換気システムを設置したRC造3階建ての住宅である。測定は3階の居室部分で行った。換気システム吹出口は、寝室、居室1、居室2、子供室の4つの居室部分に設けてある。(図-2 参照)

2) VOCの捕集・分析法

炭素系捕集管(ATDチューブ)に試料空気を0.05(l/min)の流量で30分間通気し、採取試料空気をGC/MSを用いて定性・定量分析を行った(表-1)。また、TVOC濃度は、GC/MS分析による同定VOC濃度の総和とした。

4. 室内汚染物質低減対策の効果

1) 機器(給気ユニット)の運転に伴う室内VOC濃度低減効果

a) 測定概要

測定対象住宅の3Fにて、機器運転に伴う室内VOC濃度の測定を行った。測定対象箇所と測定条件は、表-2、3に示す。

b) 測定手順

①機器運転を停止し、機器からの発生を抑制する措置をとり、5時間部屋を閉鎖した。

②ほぼ定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕

③機器運転開始後(風量レベル4)、②と同様に5時間部屋を閉鎖し、ほぼ定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕

c) 結果

機器運転に伴い、子供室のTVOC濃度は、200(μg/m³)から81.5(μg/m³)に低下し、59.4%の低減効果が示された。また、各室で次の低減効果が示された。(居室1:26.5%、居室2:67.7%、寝室:49.7%)(図-3 参照)

2) 機器(給気ユニット)の風量変化に伴う室内濃度低減効果

a) 測定概要

機器運転時の給気風量と室内濃度との関係を求めるために、VOC濃度測定を行った。測定対象箇所と測定条件は、表-2、4に示す。

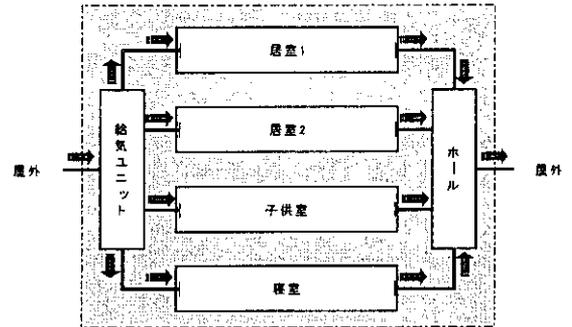


図-1 対象住宅における第2種換気システムの概要

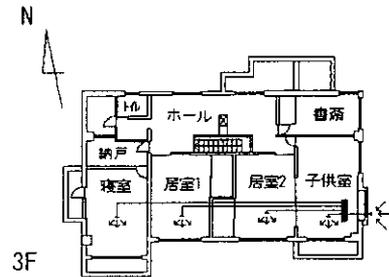


図-2 測定対象住宅の概要

表-1 GC/MS分析条件

加熱導入装置	Turbo matrix ATD
GC/MS	Turbo mass gold
加熱前バージ時間	1(min)
チューブ	加熱温度:300(°C)、加熱時間:10(min)
加熱バルブ温度	280(°C)
トランスファー	温度290(°C)
トラップ	捕集温度:10(°C)、加熱温度:350(°C)、加熱保持時間:30(min)
キャリアガス流量	17(psi)
脱着流量	30(ml/min)
スプリット流量	Inlet:15(ml/min)、Outlet:10(ml/min)
カラム	SPB-1、内径:0.25(mm)、膜厚:1(μm)、長さ:60(m)
カラム昇温	50-300(°C)
インタフェース温度	270(°C)
イオン源温度	250(°C)
スキャンモード	m/z 40~250

表-2 測定対象箇所

測定対象室		風量(m ³ /h)		
測定室	位置	吹出口	レベル1	レベル4
3F子供室		○	6.4	14.8
3F居室2		○	13.2	30.4
3F居室1	床上1.0(m)	○	11.5	26.6
3F寝室		○	10.7	24.7
3Fホール				

表-3 測定条件

給気条件	1)機器運転停止後、5時間閉鎖 2)機器運転後、5時間閉鎖
測定位置	床上1.0(m)
換気装置	1)第2種換気システム(OFF) 2)第2種換気システム(ON) *24時間換気システム(ON)

b) 測定手順

- ① 機器風量をレベル1に設定し、運転を開始した。
- ② 機器運転後、5時間対象室を閉鎖し、定常状態の室内空気を捕集した。〔流量：0.05(l)、捕集時間：30(min)〕
- ③ 機器風量をレベル4に設定し、5時間対象室を閉鎖して、定常状態の室内空気を捕集した。〔流量：0.05(l)、捕集時間：30(min)〕

c) 結果

機器給気風量の変化により、居室2の濃度は、186($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から81.2($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、56.3%の低減効果が示された。また、居室1は62.4%、寝室は52.5%の低減効果が示された。(図-4 参照)

3) 機器(給気ユニット)からのVOCの発生

a) 測定概要

機器運転時に機器前後のVOC濃度を測定し、給気ユニットからのVOC発生について検討した。測定対象箇所は、図-5に示す。

b) 測定手順

- ① 給気ユニット前後のVOCの捕集を行うため、機器前後にサンプリング孔を設ける。
- ② 給気ユニットの風量をレベル4に設定し、運転を開始する。
- ③ 給気ユニット前後に設けたサンプリング孔から、炭素系捕集管を用いて試料空気を捕集した。同時に、吹出口の空気も同様に捕集した。〔流量：0.05(l)、捕集時間：30(min)〕

4) 結果

給気ユニット運転時における給気ユニット前後のTVOC濃度は、機器前濃度(C_b)の59.9($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に対し、機器後濃度(C_a)は55.1($\mu\text{g}/\text{m}^3$)と同等の結果が測定された。このことから、測定時の気温〔12.0($^{\circ}\text{C}$)〕においては、給気ユニットからのVOC発生は、ほとんど無いものと言える。(図-6 参照)

5. まとめ

本調査では、室内濃度低減対策として、換気設備に着目した。そこで、第2種換気システムの設置されている住宅の実態調査を行い、(1)機器運転に伴う室内VOC濃度低減効果、(2)機器の風量変化に伴う室内濃度低減効果、(3)給気ユニットからのVOCの発生について検討を行った。これらから、本第2種換気システムの有効性が確認できた。

6. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力を頂いた工藤啓太君(当時東北文化学園大学卒論生)、中村寛希君(東北文化学園大学学生)、折笠智昭君(東北文化学園大学大学院)に深謝いたします。

7. 文献

- 1) 建築物におけるホルムアルデヒド空気汚染の防除設計・施工に関する学会基準(案)、日本建築学会、環境工学委員会、空気環境小委員会、一般居住環境室内空気質基準作成WG、化学物質に関するアカデミックスタンダード検討案、pp. 2~29、2003年
- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄、工藤彰訓、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機の化学物質除去特性に関する研究(1)、日本建築学会大会学術講演概要集、pp. 1001~1002、2003月9

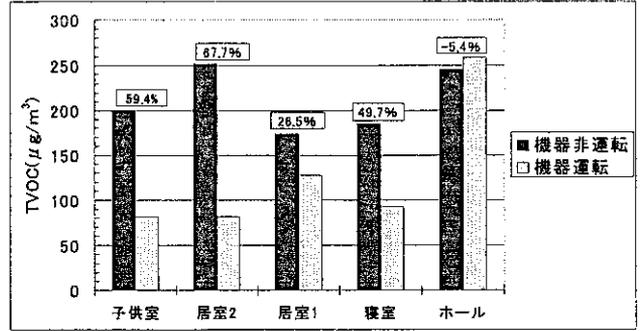


図-3 機器運転に伴うTVOC濃度低減効果

表-4 測定条件

給気条件	1) 機器運転後(風量レベル1)、3時間閉鎖 2) 機器運転後(風量レベル4)、3時間閉鎖
測定位置	床上1.0(m)
換気装置	1) 給気ユニット(ON) 2) 給気ユニット(ON) *24時間換気システム(ON)

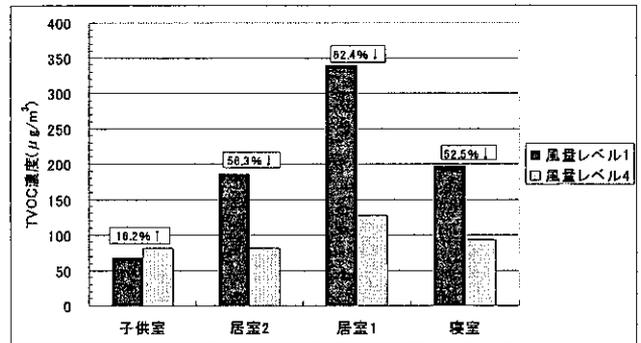


図-4 機器の風量変化に伴うTVOC濃度低減効果

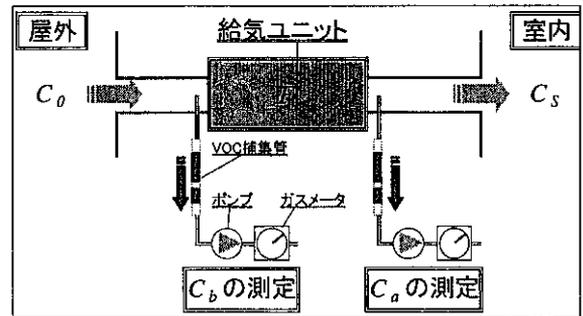


図-5 測定箇所の概要図

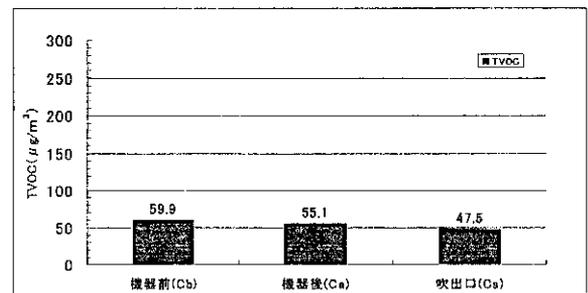


図-6 給気ユニット前後のTVOC濃度

第4章 換気システムの化学物質除去特性

3.4.2 第2種換気システム

野崎淳夫（東北文化学園大学）

3.4.2.1 序論

1) 換気方式⁷⁾

換気方式は、対象室の用途に応じて決定される。換気方法は、原動力によって分けると、機械換気設備と自然換気設備がある。

a) 機械換気設備

送風機などの機械力を用いる換気である。機械換気を行っている場合でも、自然換気が作用するが、一般的には、機械換気量は自然換気量に比べて多いので、換気量は安定している。ただし、高層建築では、階段室などが煙突効果をもつので浮力の影響は無視できない。

i) 第1種換気：給気および排気を送風機などによって制御する方法である。室内圧力バランスが取りやすく、室内を正圧・負圧のどちらにも対応できる換気方式（強制給排気）である。空調設備を含む場合が多い。（図-3.4.2.1 参照）

ii) 第2種換気：給気に送風機などを用い、排気は排気口から自然になされる換気方式（強制給気）である。排気口を適切に設置すれば、室内は正圧に保たれる。汚染空気などの流入を防止する場合に用いられる。ただし、住宅では室内の水蒸気が壁体内に流入しないようにする措置が必要となる。（図-3.4.2.2 参照）

iii) 第3種換気：排気に送風機などを用い、給気は給気口から自然になされる換気方式（強制排気）である。給気口を適切に設置すれば、室内は負圧に保たれる。（図-3.4.2.3 参照）

b) 自然換気

風力や内外温度差という自然の換気駆動力を利用した換気を自然換気という。自然換気とは、意図的に換気のための開口（常時開口が前提）を設けたもので、隙間などによる漏気は含まない。また、開閉可能な開口部（窓）もそれらとは異なり、急速な換気が必要になったときに開閉することによって追加的な換気を達成できる手段であり、ここでいう自然換気の範囲には含まれない。

換気口や排気塔等を用いた換気設備を戸建住宅に用いる場合は、主たる換気駆動力が内外温度差である。このため、冬期暖房時には、それらによって比較的安定した換気量を得ることができるものの、夏期や中間期においては、それらの自然換気のみでは不十分であると考えられる。従って、改正建築基準法ではホルムアルデヒド対策の換気として、機械換気設備の設置を原則として義務付けている。

2) 既往の研究

既往の研究の一例を a) ~ d) に示す。

a) シックハウスに関連した室内空気環境の総合的調査、その1 調査の概要

吉野博、大澤元毅、桑沢保夫、池田耕一、渡辺俊行、尾崎明仁、三田村輝章：日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、pp. 925 ~ 926, 2002.8

概要

この調査では、室内空気中の汚染質濃度の他、床・壁表面からの発生量、及び壁体内の汚染質濃度について測定している。また、住宅の気密性能、換気設備と換気性状、室内温湿度なども測定することにより、これらの関連性について明らかにしている。

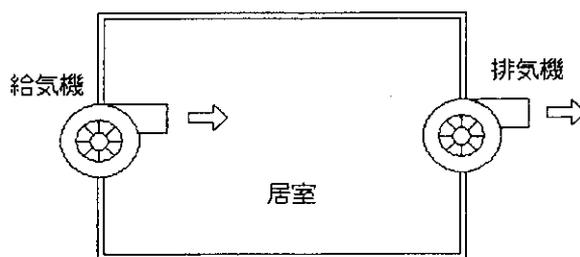


図-3.4.2.1 第1種換気システムの概要図

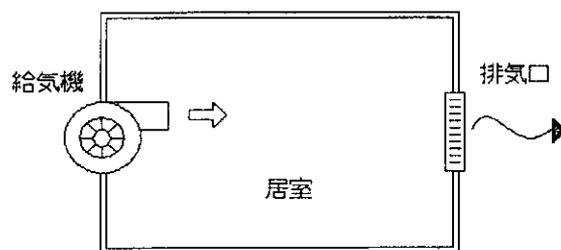


図-3.4.2.2 第2種換気システムの概要図

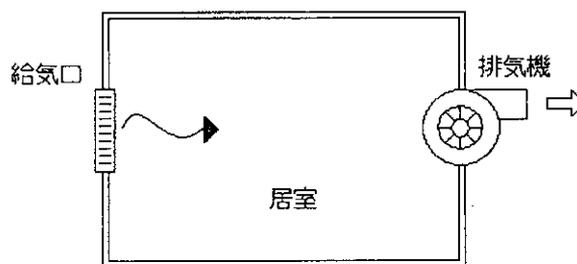


図-3.4.2.3 第3種換気システムの概要図

対象住宅は、過去に室内空気質調査を行った住宅から、1) 築5年以下、2) 機械換気システムが設置、3) 気密性能が高い、4) 比較的小規模、5) 図面が得られるなどの条件で選定している。

・住宅全体の換気量

① PFT法、②排気口での風量測定より算出（以下、風量測定）、③一定濃度法の3つの測定方法による結果が、概ね一致する住宅と測定方法の違いにより、最大2倍程度の違いが見られる住宅があり、その大小関係も様々であるとしている。また、各住宅の換気回数は、概ね0.2 ~ 0.8 (回/h) の範囲にあるとしている。

・各階の換気量

PFT法及び排気量から算出した換気回数について、1階と2階の大小関係は住宅により異なり、特にPFT法ではその差が大きいが、一定濃度法では、いずれも2階の換気回数が小さいとしている。1階は0.65 ~ 0.8 (回/h) と必要換気回数である0.5 (回/h) を十分に満たしているのに対し、2階は0.25 ~ 0.4 (回/h)

h) であり1階と比較して極端に小さいと報告している。
 b) シックハウスに関連した室内空気環境の総合的調査、その2宮城県内の住宅4件における調査結果
 三田村輝章、吉野博、大澤元毅、桑沢保夫：日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.927～928、2002.8

概要

前報に引き続き、本報では室内空気質の測定結果、汚染質濃度と換気量の関係を報告している。

実測結果

・ 気中濃度

居間、寝室における揮発性有機化合物濃度は、居間、寝室ともにTVOCの暫定目標値である400 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 下回っている住宅は、全体の4分の3の範中に属しており、築年数と汚染質濃度の関係は、ホルムアルデヒド、TVOCともに明確な相関は見が示されず、築年数が小さくても濃度が低い住宅も見られるため、汚染質濃度への影響は築年数以外の要因が大きいとしている。

・ 壁体内濃度

壁体内の濃度は、気中濃度と比較して、物質によっては特に高い濃度を示すが、その理由として、壁体内は密閉された空間であること、壁面積に対して壁体内容積が小さいことがあげられている。

・ 気中濃度と壁体内の濃度の関係

壁体内の濃度が高い物質は、気中濃度でも他の物質と比較して相対的に高い傾向が見られ、壁体内が汚染源の一つであると考察している。

c) 居住状態における住宅室内の揮発性有機化合物に関する実態調査

熊谷一清、池田耕一、堀正弘、松村年朗、野崎淳夫、木村 洋、飯倉一雄、吉澤晋：日本建築学会計画系論文集、第522、pp.45～52、1999.8

概要

海外の既往研究により室内VOC濃度は、居住者の活動により大きく左右されていると報告されている。また、国内における報告はHCHOのみの測定がほとんどであり、居住状態の住宅を対象とし、HCHOとVOC32物質について測定を行い、季節変動、住宅種別の関連要因について検討している。

・ 測定結果

測定した住宅のHCHO濃度の平均は0.048(ppm)、TVOC濃度は3640 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)であることを報告している。

・ 住宅種別の新築と既築の比較

HCHOは、戸建て既築になると58(%)、集合住宅では40(%)濃度が減衰しており、TVOCは、戸建て新築と既築の比が0.75であるのに対し、集合住宅は0.04であり、既築では住宅種別のTVOC濃度差はあまりないと報告している。

・ 冬季と夏季の比較

HCHOは、冬季が夏季に比べ濃度が1.3倍高く、夏季は開口部を開けた状態で生活しているのに対し、冬季は開口部を閉め、開放型暖房器具の使用に伴う発生が加算されたと考察している。TVOCは、2.2倍でありHCHOに比べてその差は大きく、冬季の新築と既築では差が見られなかったのに対し、夏季ではその差が大きいことから冬季は建材以外の発生源を示唆している。

・ 温度、湿度の影響

温度、湿度とHCHO、TVOC濃度で相関は確認できなかったものの、生活が営まれている住宅においては、換気状況や家具、生活用品など居住者に持ち込まれるものに左右されると推測している。

d) 床下換気装置による濃度低減効果

野崎淳夫、大澤元毅、坊垣和明、工藤啓太：第10回(社)大気環境学会北海道支部学術集会講演要旨集、pp.40～41、2003.11
 実験概要

床下換気装置の運転に伴う床下懐等の空間におけるHCHO、VOC、気圧の変化について測定を行っている。測定は、RC造3F建ての住宅の、2F床下、3F床下、天井懐の3箇所で行っており、サンプリング方法は、床下換気装置を運転し、PID方式VOCモニターで床下に設けたサンプリング孔から、測定を行っている。

床下換気装置の運転に伴い、床下濃度の有効な低減が示されている。2F床下は88%、3F天井懐は60%床下濃度の低減が示されたと報告している。

まとめ a)～d)

これらの実態調査における既往の研究では、実際の居住状態の室内化学物質汚染濃度の実態が明らかになった。また、室内汚染物質低減対策として、換気の有効性が明らかになった。しかし、第二種換気システムにおける実測調査を行った例は少ない。また、機械換気による室内汚染物質低減効果の調査もまだ不十分である。

3) 本研究の目的

建築基準法の改正により、①内装仕上げの制限、②換気設備設置の義務付け、③天井裏などの制限等に関して規制されることになった。⁶⁾

そこで、本研究では換気設備設置の義務化に注目し、室内を正圧にすることにより、天井裏や床下からの汚染物質の移流を低減する、第2種換気システム(セントラル給気ユニット)に着目した。同システムによる室内汚染物質低減効果を求めることを目的とするものである。

4) 本研究のフロー

本研究では化学物質の有効な室内低減対策技術として換気に着目し、調査結果を基に、第二種換気システムの室内汚染物質低減効果を把握するものである。(図-3.4.2.4参照)

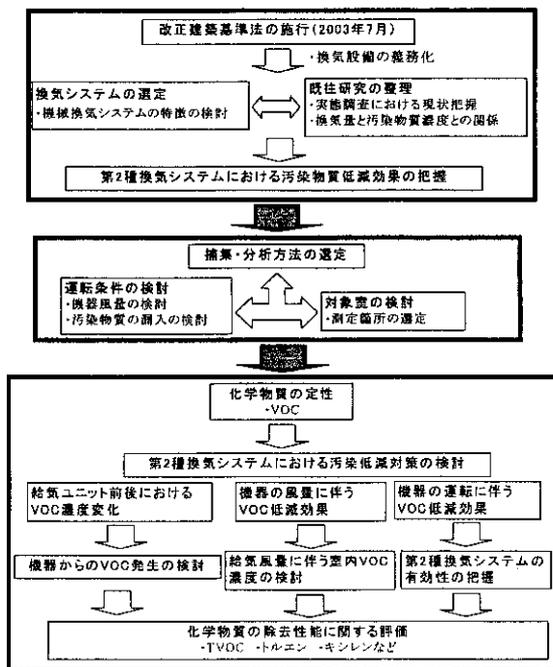


図-3.4.2.4 研究のフロー

3.4.2.2 実験概要

1) 測定対象住宅と測定対象室

測定対象住宅は、RC造3階建の住宅である。本調査は、第二種換気システムの設置されている3階の居室部分で行うものとした。また、換気システムの吹出口は、寝室、居室1、居室2、子供室の4つの居室部分にある。

(図-3.4.2.5 参照)

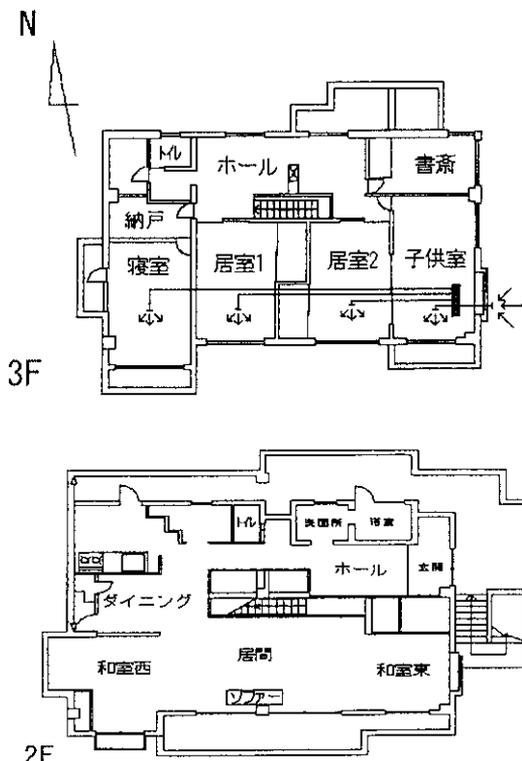


図-3.4.2.5 測定対象室の概要図

2) 第二種換気システムの概要

測定対象住宅に設置されている換気システムは、外風圧や室内圧等の変動に影響されにくい定風量コントロール方式を採用しており、各居室の状況に応じた風量設定が可能である。また、高性能除じんフィルターにより、外気中の花粉やホコリを除去できるものである。

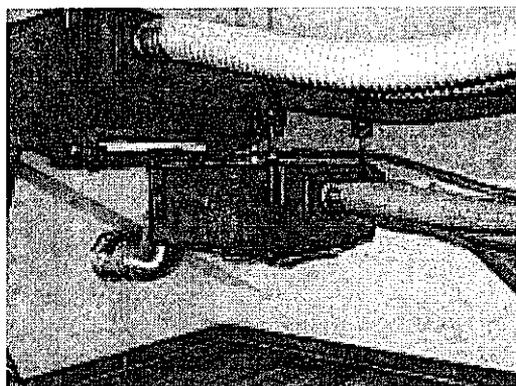


写真-3.4.2.1 給気ユニット

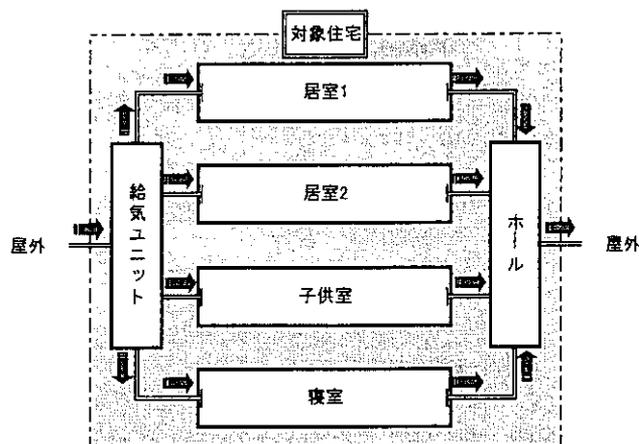


図-3.4.2.6 対象住宅における第二種換気システムの概要図

表-3.4.2.1 対象住宅の第2種換気システム (給気ユニット)の概要

送風量 (m ³ /h)	140
羽根径φ (mm)	180
騒音値SPL (db)	35
外形寸法 W (mm)	620
外形寸法 D (mm)	435
外形寸法 H (mm)	229
製品重量 (kg)	8
相 (φ)	1
電圧 (V)	100
消費電力 (W)	10
SAダクトロ-1番目-接続ロサイズ(径) (mm)	50
SAダクトロ-3番目-接続ロサイズ(径) (mm)	50
SAダクトロ-4番目-接続ロサイズ(径) (mm)	50
SAダクトロ-接続方法 (°)	SPIS-M
SAダクトロ-4番目-接続ロ位置・方向 (mm)	135/-335/-69/270/0
SAダクトロ-3番目-接続ロ位置・方向 (mm)	45/-335/-69/270/0
SAダクトロ-2番目-接続ロ位置・方向 (mm)	-45/-335/-69/270/0
SAダクトロ-1番目-接続ロ位置・方向 (mm)	-135/-335/-69/270/0
SAダクトロ-2番目-接続ロサイズ(径) (mm)	50
OAダクトロ-接続ロサイズ(径) (mm)	125
OAダクトロ-接続ロ位置・方向 (mm)	0/285/-92/90/0
OAダクトロ-接続方法 (°)	SPIS-M

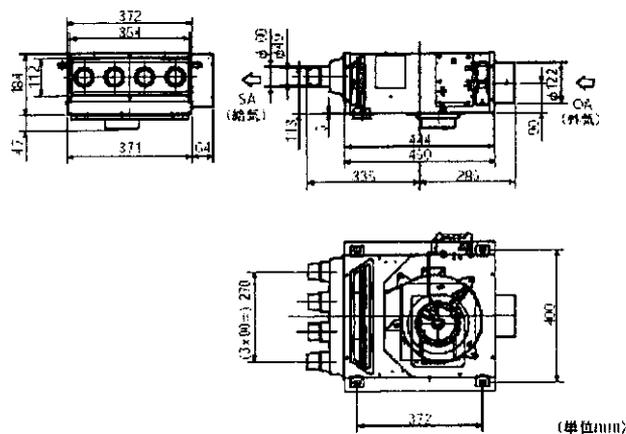


図-3.4.2.7 第二種換気システム(給気ユニット)の外形図

3) 測定概要

a) 測定対象物質

室内における検出頻度等から表-3.4.2.2 に示すVOC成分を測定対象とした。

b) 測定対象機器

本調査においては、次の測定機器を用いて測定した。

- i) 温度
 - ・温湿度気流計 (KANOMAX 社製、Model: 6521 Low velocity)
- ii) VOC
 - ・定流量ポンプ (柴田機器工業社製、Model: MP-Σ30)
 - ・乾式ガスメータ (シナガワ社製、Model: DC-1A)
 - ・炭素系捕集管 (SUPELCO 社製)
 - ・ガスクロマトグラフ (Perkin Elmer 社製、Model: Turbo mass gold)

c) 捕集・分析

i) VOC の捕集・分析方法 (固定捕集 - 加熱脱着 - GC/MS 法)

試料空気は、炭素系捕集管 (ATD チューブ) を用いて、捕集流量 0.05 (l/min) で 30 分間捕集した。捕集された試料空気を加熱導入装置を用いて GC/MS に導入し、VOC の定性・定量分析を行った。(分析条件は表-3.4.2.3 参照)⁵⁾

表-3.4.2.3 GC/MS 分析条件

加熱導入装置	Perkin Elmer社製、Model: Turbo matrix ATD
GC/MS	Perkin Elmer社製、Model: Turbo mass Gold
加熱前ピーク時間	1(min)
チューブ	加熱温度: 300°C、加熱時間: 10(min)
加熱炉温度	温度: 280°C
トランスファー	温度: 290°C
トラップ	捕集温度: 10°C、加熱温度: 350°C、加熱保持時間: 30(min)
キャリアガス流量	17(psi)
脱着流量	30(ml/min)
スプリット流量	Inlet: 15(ml/min)、Outlet: 10(ml/min)
カラム	SPB-1、内径: 0.25(mm)、膜厚: 1(μm)、長さ: 60(m)
カラム昇温	50-300°C
インタフェース温度	270°C
イオン源温度	250°C
スキャンモード	m/z 40~250

表-3.4.2.2 測定対象のVOC

分類	VOC	化学式	分子量	沸点	比重	
脂肪族炭化水素	n-デカン	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	142	174	0.730	
	n-ドデカン	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	170	213	0.749	
	n-ヘプタン	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	100	98	0.684	
	n-ヘキサデカン	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ CH ₃	226	287	0.773	
	n-ノナン	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₃	128	151	0.722	
	n-オクタン	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	114	126	0.703	
	n-ペンタデカン	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CH ₃	212	271	0.776	
	n-テトラデカン	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ CH ₃	198	254	0.765	
	n-トリデカン	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ CH ₃	184	226	0.755	
	n-ウンデカン	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH ₃	156	196	0.740	
		2,4-ジメチルペンタン	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH(CH ₃) ₂	100	81	0.668
		塩化メチレン	CH ₂ Cl ₂	85	40	1.33
芳香族炭化水素	ベンゼン	C ₆ H ₆	78	80	0.879	
	エチルベンゼン	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	106	136	0.867	
	m-キシレン	1,3-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106	139	0.868	
	p-キシレン	1,4-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106	139	0.861	
	o-キシレン	1,2-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106	144	0.880	
	スチレン	C ₆ H ₅ CH	104	145	0.906	
	トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	92	111	0.866	
	1,2,3-トリメチルベンゼン	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120	176	0.894	
	1,2,4-トリメチルベンゼン	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120	236	0.957	
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	C ₆ H ₂ (CH ₃) ₄	120	196	0.838	
	1,3,5-トリメチルベンゼン	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120	165	0.863	
ハロゲン	クロロホルム	CHCl ₃	119	61	1.49	
	テトラクロロエチン	Cl ₂ C:CCl ₂	166	121	1.63	
	トリクロロエチレン	CHCl:CCl ₂	131	87	1.46	
	1,1,1-トリクロロエタン	CH ₃ CCl ₃	133	74	1.34	
	1,2-ジクロロエタン	ClCH ₂ CH ₂ Cl	99	84	1.24	
四塩化炭素	CCl ₄	154	77	1.59		
テルペ	リモネン	C ₁₀ H ₁₆	136	176	0.842	
	α-ピネン	C ₁₀ H ₁₆	136	156~160	0.862~0.865	
	β-ピネン	C ₁₀ H ₁₆	136	164~169	0.874~0.877	
エステル	酢酸エチル	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88	77	0.895	
	酢酸ブチル	CH ₃ COOC ₄ H ₉	116	126	0.883	
	アセトン	CH ₃ COCH ₃	58	56	0.792	
ケトン	メチルエチルケトン	CH ₃ COCH ₂ CH ₃	72	80	0.805	
	メチルイソブチルケトン	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COCH ₃	88	118	0.802	
	エタノール	C ₂ H ₅ OH	46	78	0.816	
	n-ブタノール	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	74	118	0.811	
アルコール	1-プロパノール	C ₃ H ₇ OH	60	97	0.804	
	2-プロパノール	(CH ₃) ₂ CHOH	60	82	0.786	
	デカノール	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₂ OH	160	233	0.829	
アルデヒド	ノナノール	C ₉ H ₁₇ CHO	146	-	0.830	

3.4.1.3 室内汚染物質低減対策の効果

1) 機器運転時における風量測定

測定住宅の3Fを対象に、第2種換気システムの運転に伴う吹出口風量を求めた。風量測定は、吹出口の設置されている子供室、居室2、居室1、寝室の4箇所で行われた。

a) 測定手順

吹出口風量を求めるために、測定1、2の①～③の手順で行った。また、測定1、2で求めた各吹出口風量を比較し、測定2で得ることの出来なかった居室の吹出口風量を求めた。

i) 測定1

- ①吹出口に補助ダクト [0.13(m) × 0.13(m)] を設置した。
- ②JIS:B8330に基づき、熱線風速計を用いて、補助ダクトの風速を測定した。
- ③②で測定した風速データを算出式に代入し、風量を求めた。

ii) 測定2

- ①吹出口にビニール袋 [R:90(l)=0.09(m³)] を設置した。
- ②吹出口からの空気を90(l)捕集し、その捕集時間を測定した。
- ③②で測定したデータを算出式に代入し、風量を求めた。

b) 算出式

i) 測定1

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = S \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)} \times 3600$$

ここで、

Q: 風量 (m³/h)、S: 断面積 (m²)、V: 風速 (m/s)

ii) 測定2

$$V \text{ (m}^3\text{/h)} = R \text{ (m}^3\text{)} / T \text{ (h)}$$

ここで

V: 風量 (m³/h)、R: 容積 (m³)、T: 捕集時間 (h)

iii) 測定1、2の比較

$$Q_1 : Q_4 = V_1 : V_4$$

ここで、

Q: 風量レベル1の風量 (m³/h)、Q₄: 風量レベル4の風量 (m³/h)、V₁: 風量レベル1の風速 (m/s)、V₄: 風量レベル4の風速 (m/s)

c) 結果

送風機の試験検査方法(JIS:B8330)に基づいて、測定1の風速データを風量算出式に代入した結果を以下に示す。⁸⁾

・風量レベル1

子供室(A)		居室2(B)	
風速平均値 (m/s)	0.25	風量 (m ³ /h)	31.4
風量 (m ³ /h)	15.2		
居室1(C)		寝室(D)	
風量 (m ³ /h)	27.2	風量 (m ³ /h)	25.3

・風量レベル4

子供室(A)		居室2(B)	
平均	0.58	平均	1.19
風量 (m ³ /h)	35.1	風量 (m ³ /h)	72.4
居室1(C)		寝室(D)	
平均	1.03	平均	0.96
風量 (m ³ /h)	62.9	風量 (m ³ /h)	58.5

測定2の風速データを、算出式に代入した結果を以下に示す。

風量レベル1

子供室(A)		居室2(B)	
捕集時間(s)	44	風量 (m ³ /h)	13.2
	59		
平均	52	居室1(C)	
風量 (m ³ /h)	6.4	風量 (m ³ /h)	11.5
		寝室(D)	
		風量 (m ³ /h)	10.7

風量レベル4

子供室(A)		居室2(B)	
風量 (m ³ /h)	14.8	風量 (m ³ /h)	30.4
居室1(C)		寝室(D)	
風量 (m ³ /h)	26.6	風量 (m ³ /h)	24.7

これにより、レベル1時の風量は、子供室:6.40(m³/h)、居室2:13.2(m³/h)、居室1:11.5(m³/h)、寝室:10.7(m³/h)であり、レベル4では、子供室:14.8(m³/h)、居室2:30.4(m³/h)、居室1:26.6(m³/h)、寝室:24.7(m³/h)であった。

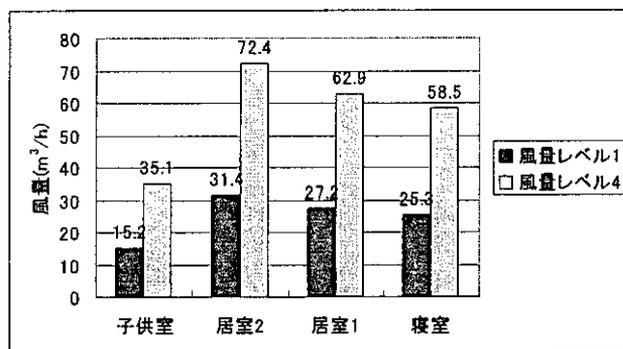


図-3.4.2.8 機器運転における風量の変化

2) 機器運転に伴う室内濃度低減効果

測定住宅の3Fを対象に、第2種換気システム運転に伴う室内濃度測定を行った。測定対象箇所と測定条件は、表-3.4.2.4、3.4.2.5に示される。

a) 測定手順

機器運転に伴う室内濃度低減効果を求めるために、次の①～③の手順で測定を行った。

- ①機器運転を停止し、機器発生の抑制措置をとり、5時間部屋を閉鎖した。
- ②ほぼ定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕
- ③機器運転開始後、②と同様に5時間部屋を閉鎖し、ほぼ定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕

表-3.4.2.4 測定対象箇所

測定対象室			
測定室	位置	吹出口	風量 (m ³ /h)
3F子供室	床上1.0(m)	○	14.8
3F居室2	床上1.0(m)	○	30.4
3F居室1	床上1.0(m)	○	26.6
3F寝室	床上1.0(m)	○	24.7
3Fホール	床上1.0(m)		

表-3.4.2.5 測定条件

測定条件	
給気条件	1) 機器運転停止後、3時間閉鎖 2) 機器運転後、3時間閉鎖
測定位置	床上1.0(m)
換気装置	1) 第2種換気システム(OFF) 2) 第2種換気システム(ON) *24時間換気システム(ON)

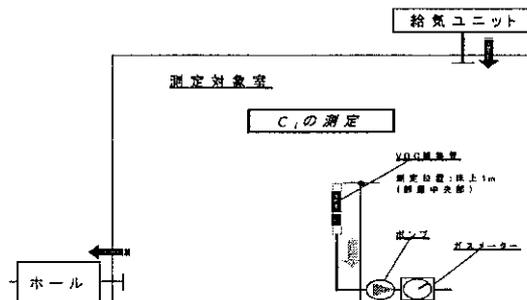


図-3.4.2.9 測定箇所の概要図

b) 結果と考察

機器非運転時と機器運転時の測定結果を以下に示す。また、ホールには換気システムの吹出口が設置されていない。

i) TVOC 濃度

機器運転時と非運転時のTVOC濃度は機器運転に伴い、吹出口設置居室のTVOC濃度が低減された。子供室は、機器運転により、200 (μg/m³) から81.5 (μg/m³) と59.4%の低減が示された。また、居室1は26.5%、居室2は67.7%、寝室は49.7%の低減が示された。

吹出口が設置されていないホールでは、機器運転により大きな変化は見られなかった。

ii) 各居室のVOC成分毎の比較

① 子供室

機器運転に伴い、エタノールは81.4 (μg/m³) から26.5 (μg/m³) に低下し、67.5%の低減が示された。また、トルエンについて、17.3 (μg/m³) から9.21 (μg/m³) となり、46.8%、メチルエチルケトン14.9 (μg/m³) から5.14 (μg/m³) となり、65.5%の低減が示された。

またアセトン、ジクロロメタン、酢酸エチル、エチルベンゼンにおいても、顕著な低減効果を示した。

室名	機器非運転時 TVOC(μg/m³)	機器運転時 TVOC(μg/m³)	低減率 (%)
子供室	201	81.5	59.4
居室2	251	81.2	67.7
居室1	174	128	26.5
寝室	185	93.2	49.7
ホール	245	259	-5.40

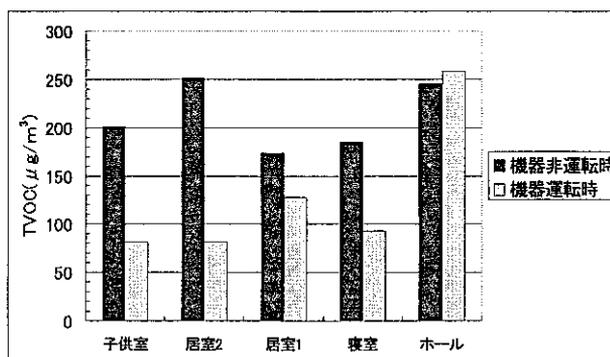


図-3.4.2.10 機器運転におけるTVOC濃度低減効果

表-3.4.2.6 機器運転に伴うVOC成分毎の低減率(子供室)

VOC	機器非運転時 (μg/m³)	機器運転時 (μg/m³)	低減率 (%)
Ethanol	81.4	26.5	67.5
Acetone	8.87	N.D.	—
2-propanol	1.72	2.06	-16.5
Dichloromethane	16.2	N.D.	—
Methylethylketone	14.9	5.14	65.5
Ethylacetate	14.8	1.65	88.9
Hexane	4.85	2.76	43.1
Benzene	3.46	2.79	19.4
Trichloroethylene	1.66	1.01	39.2
Heptane	1.29	N.D.	—
Methylisobutylketone	1.15	N.D.	—
Toluene	17.3	9.21	46.8
Ethylbenzene	2.21	N.D.	—
m,p-xylene	3.40	1.69	50.3
Styrene	1.32	N.D.	—
o-xylene	1.32	N.D.	—
a-pinene	14.9	13.8	7.4
m,p-ethyltoluene	2.38	1.08	54.6
Decane	N.D.	2.07	—
Limonene	N.D.	1.25	—
TVOC	200.8	81.5	59.4

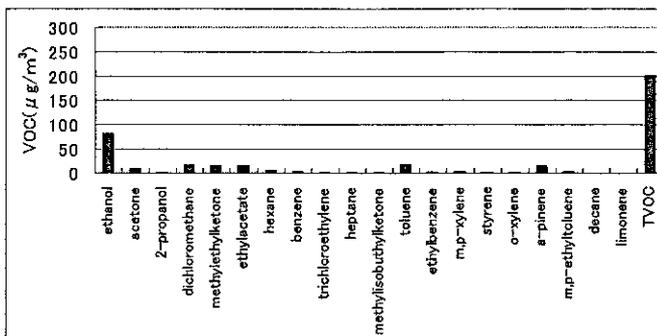


図-3.4.2.11 機器非運転時のVOC成分毎の濃度(子供室)

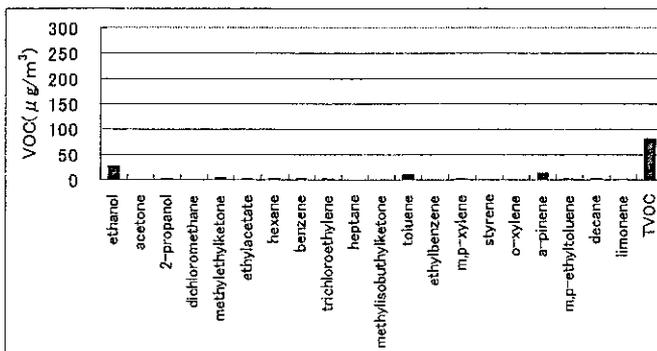


図-3.4.2.12 機器運転時のVOC成分毎の濃度(子供室)

②居室2

機器運転に伴いエタノールは、92.6(μg/m³)から26.0(μg/m³)に低下し、71.9%の低減が示された。また、トルエンは、14.2(μg/m³)から5.23(μg/m³)となり、63.2%の低減が示された。

他にも、キシレン、アセトン、2-プロパノール、ジクロロメタン、メチルエチルケトン、酢酸エチル、ヘキサン、α-ピネン、β-ピネン、エチルトルエン、デカンなどの低減効果が認められた。

表-3.4.2.7 機器運転に伴うVOC成分毎の低減率(居室2)

VOC	機器非運転時 (μg/m ³)	機器運転時 (μg/m ³)	低減率 (%)
Ethanol	92.6	26.0	71.9
Acetone	10.9	N.D.	—
2-propanol	4.03	1.46	63.8
Dichloromethane	18.4	N.D.	—
Methylethylketone	10.7	3.13	70.8
Ethylacetate	14.5	2.54	82.5
Hexane	4.16	1.80	56.7
Benzene	3.07	2.23	27.4
Trichloroethylene	1.25	N.D.	—
Heptane	1.13	N.D.	—
Toluene	14.2	5.23	63.2
Ethylbenzene	1.57	N.D.	—
m,p-xylene	2.43	N.D.	—
Styrene	1.13	N.D.	—
Nonane	1.22	N.D.	—
α-pinene	46.3	26.9	41.9
m,p-ethyltoluene	2.26	N.D.	—
β-pinene	3.65	1.94	46.9
1,2,4-trimethylbenzene	1.07	N.D.	—
Decane	2.41	N.D.	—
Limonene	2.77	1.75	36.8
Nonanal	3.54	N.D.	—
TVOC	251.3	61.2	67.7

N.D.:未検出

③居室1

機器運転に伴いエタノールは、66.2(μg/m³)から31.8(μg/m³)に低下し、52.0%の低減が示された。また、トルエンは、9.86(μg/m³)から7.32(μg/m³)となり、25.8%の低減が示された。

他にも、メチルエチルケトン、α-ピネン、β-ピネンなどの成分の低減が認められた。

表-3.4.2.8 機器運転に伴うVOC成分毎の低減率(居室1)

VOC	機器非運転時 (μg/m ³)	機器運転時 (μg/m ³)	低減率 (%)
Ethanol	66.2	31.8	52.0
Acetone	2.63	7.08	-62.9
2-propanol	N.D.	1.45	—
Dichloromethane	5.22	5.41	-3.50
Methylethylketone	5.34	1.78	66.7
Ethylacetate	7.21	10.4	-30.7
Hexane	3.84	2.39	37.8
Benzene	2.45	2.34	4.50
Toluene	9.86	7.32	25.8
Ethylbenzene	N.D.	2.38	—
m,p-xylene	1.68	3.17	-47.0
o-xylene	N.D.	1.40	—
α-pinene	46.6	30.6	34.3
m,p-ethyltoluene	1.80	1.35	25.0
β-pinene	4.38	2.37	45.9
1,2,4-trimethylbenzene	1.03	N.D.	—
Decane	1.71	1.70	0.6
Limonene	2.38	2.20	7.6
TVOC	173.6	127.6	26.5

N.D.:未検出

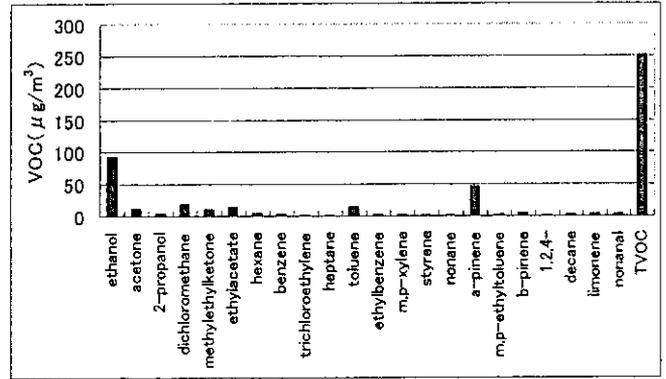


図-3.4.2.13 機器非運転時のVOC成分毎の濃度(居室2)

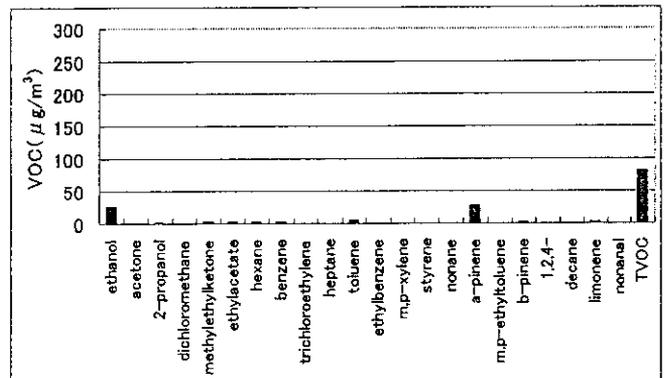


図-3.4.2.14 機器運転時のVOC成分毎の濃度(居室2)

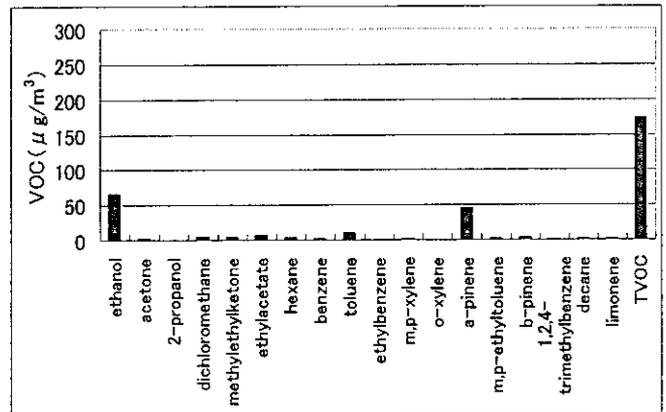


図-3.4.2.15 機器非運転時のVOC成分毎の濃度(居室1)

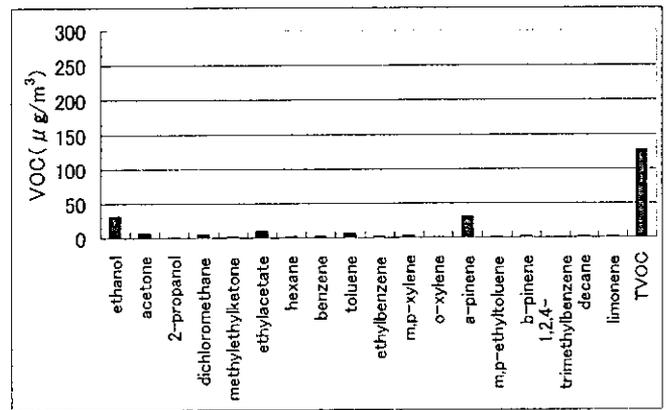


図-3.4.2.16 機器運転時のVOC成分毎の濃度(居室1)

④ 寝室

機器運転に伴いエタノールは、49.6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) から 21.7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) に低下し、56.3%の低減が示された。また、トルエンは、12.2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) から 6.94 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) となり、43.1%の低減が示された。

他にも、アセトン、ジクロロメタン、酢酸エチル、 α -ピネンなどの成分の低減が示された。

表-3.4.2.9 に示すように、ベンゼン、エチルトルエン等は機器運転に伴い、逆に濃度が上昇しているが、測定濃度がいずれも低く、この現象の再現性については不明である。

表-3.4.2.9 機器運転に伴う VOC 成分毎の低減率 (寝室)

VOC	機器非運転時 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	機器運転時 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	低減率 (%)
Ethanol	49.6	21.7	56.3
Acetone	4.87	N.D.	—
2-propanol	3.62	2.58	28.7
Dichloromethane	10.6	3.94	62.8
Methyl ethyl ketone	9.14	3.08	66.3
Ethyl acetate	22.6	N.D.	—
Hexane	3.84	2.27	40.9
Benzene	2.35	4.44	-47.0
Trichloroethylene	1.33	N.D.	—
Toluene	12.2	6.94	43.1
m,p-xylene	1.63	1.06	35
Nonane	N.D.	1.77	—
α -pinene	46.7	27.4	41.3
m,p-ethyltoluene	1.74	3.35	-48.1
b-pinene	1.50	N.D.	—
Decane	1.30	1.23	5.40
1,2,3-trimethylbenzene	N.D.	1.05	—
Limonene	3.00	1.75	41.7
TVOC	185.1	93.2	49.7

N. D. : 未検出

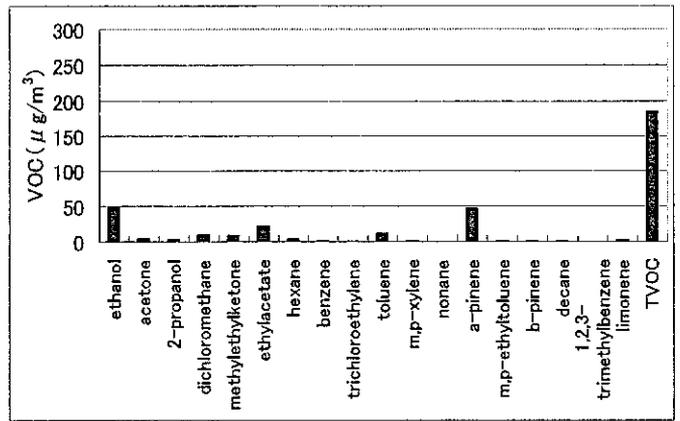


図-3.4.2.17 機器非運転時の VOC 成分毎の濃度 (寝室)

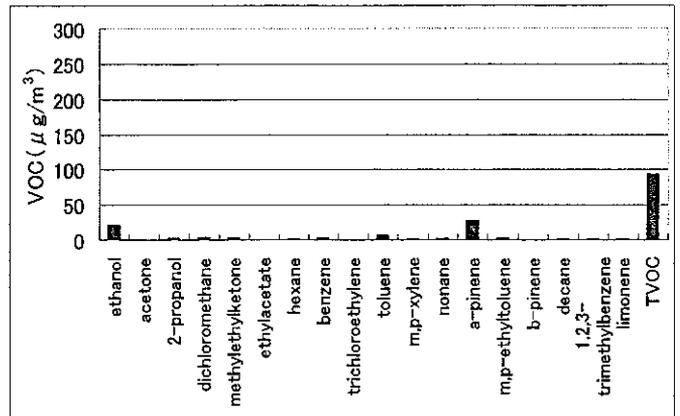


図-3.4.2.18 機器運転時の VOC 成分毎の濃度 (寝室)

⑤ ホール

吹出口が設置されていないホールでは、機器運転に伴い各 VOC、TVOC 濃度は変化していないことが示された。

表-3.4.2.10 機器運転に伴う VOC 成分毎の低減率 (ホール)

VOC	機器非運転時 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	機器運転時 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ethanol	133	127
Acetone	4.97	9.27
2-propanol	4.11	3.51
Dichloromethane	15.1	16.1
Methyl ethyl ketone	5.47	4.09
Ethyl acetate	9.07	24.6
Hexane	4.43	4.38
Benzene	3.06	2.64
Trichloroethylene	1.51	N.D.
Heptane	1.04	N.D.
Toluene	12.3	10.1
m,p-xylene	1.61	N.D.
α -pinene	33.0	41.4
b-pinene	1.47	2.30
Limonene	1.91	2.53
TVOC	245.0	258.9

N. D. : 未検出

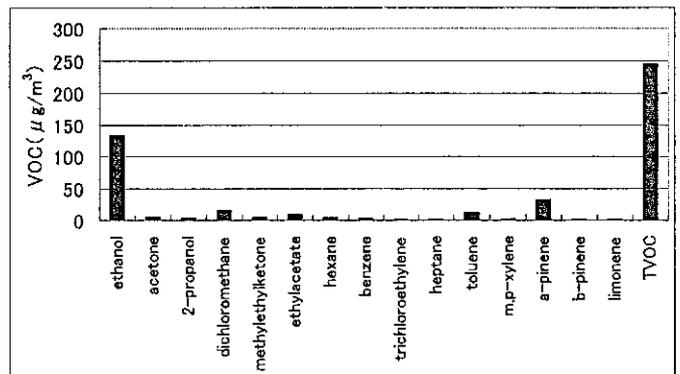


図-3.4.2.19 機器非運転時の VOC 成分毎の濃度 (ホール)

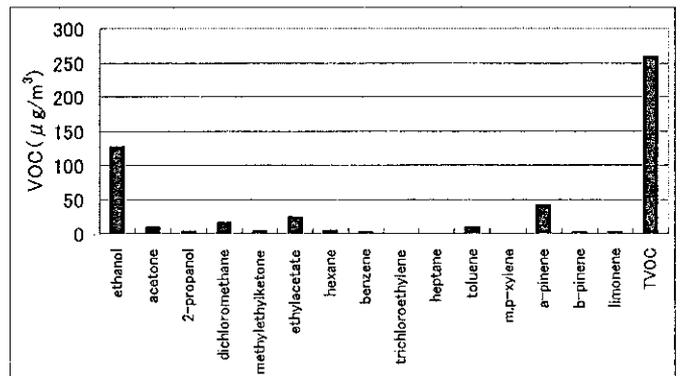


図-3.4.2.20 機器運転時の VOC 成分毎の濃度 (ホール)

3) 機器風量の変化に伴うVOC濃度低減効果

測定住宅の3Fを対象に、第2種換気システム運転時の風量変化に伴う室内濃度測定を行った。測定箇所と条件は、表-3.4.2.11、3.4.2.12に示される。

a) 測定手順

機器風量の変化に伴う室内濃度低減効果を求めるために、①~③の手順で測定を行った。

- ①機器風量をレベルを1に設定し、運転を開始した。
- ②機器運転の開始後、5時間部屋を閉鎖し、定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕
- ③機器の風量をレベルを4に設定し、5時間部屋を閉鎖して、定常状態の室内空気を捕集した。〔流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)〕

b) 結果と考察

設定風量レベル1、4における機器運転時の測定結果を以下に示す。

i) TVOC濃度

図-3.4.2.21に示されるように、給気風量の大きい風量レベル4に設定することにより室内濃度が、より低減されることが明らかになった。

居室2は風量の変化により、186($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から81.2($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、56.3%の低減が示された。また、居室1は62.4%、寝室は52.5%の低減が示された。

ii) 各居室のVOC成分毎の比較

① 子供室

エタノールは、風量の変化に伴い33.3($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から26.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、20.4%の低減を示した。また、ノナールの低減が、顕著に示された。

表-3.4.2.11 測定対象箇所

測定室	測定対象室		風量(m^3/h)	
	位置	吹出口	レベル1	レベル4
3F子供室	床上1.0(m)	○	6.4	14.8
3F居室2	床上1.0(m)	○	13.2	30.4
3F居室1	床上1.0(m)	○	11.5	26.6
3F寝室	床上1.0(m)	○	10.7	24.7

表-3.4.2.12 測定条件

測定条件	
給気条件	1) 機器運転後(風量レベル1)、3時間閉鎖 2) 機器運転後(風量レベル4)、3時間閉鎖
測定位置	床上1.0(m)
換気装置	1) 第2種換気システム(ON)
	2) 第2種換気システム(ON) *24時間換気システム(ON)

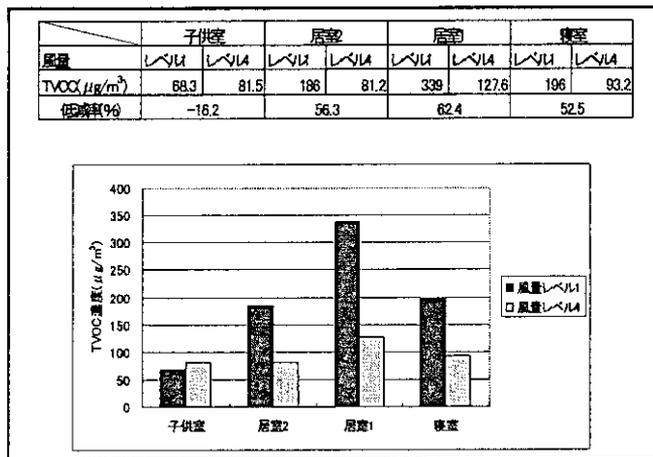


図-3.4.2.21 機器風量の変化に伴うVOC濃度低減効果

表-3.4.2.13 機器風量の変化に伴うVOC成分毎の低減率(子供室)

風量	レベル1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	レベル4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	低減効果 (%)
VOC			
Ethanol	33.3	26.5	20.4
Acetone	3.74	N.D.	—
2-propanol	N.D.	2.06	—
Methylethylketone	1.39	5.14	-73.0
Ethylacetate	N.D.	1.65	—
Hexane	1.80	2.76	-34.8
Benzene	N.D.	2.79	—
Trichloroethylene	N.D.	1.01	—
Toluene	2.88	9.21	-68.7
m,p-xylene	1.20	1.69	-29.0
a-pinene	3.16	13.8	-77.1
m,p-ethyltoluene	N.D.	1.08	—
1,2,4-trimethylbenzene	1.21	N.D.	—
Decane	1.61	2.07	-22.2
Limonene	N.D.	1.25	—
Nonanal	9.78	N.D.	—
Decanal	4.06	N.D.	—
Tridecane	2.11	N.D.	—
Tetradecane	2.12	N.D.	—
TVOC	68.3	81.5	-16.2

N. D. : 未検出

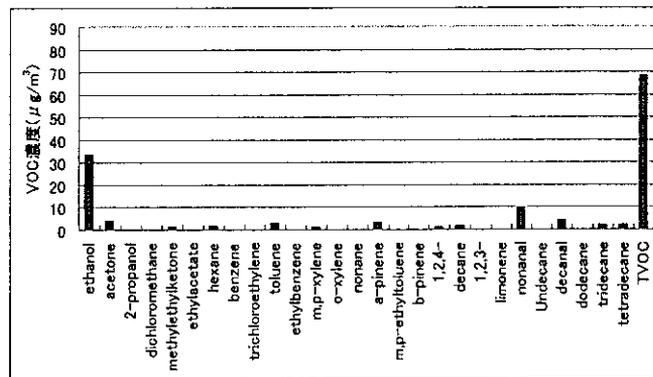


図-3.4.2.22 風量レベル1のVOC成分毎の濃度(子供室)

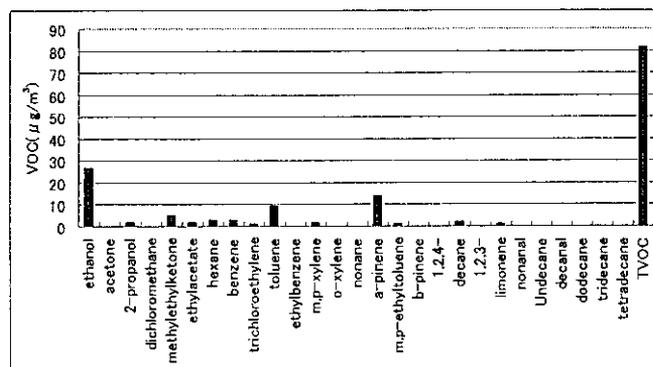


図-3.4.2.23 風量レベル4のVOC成分毎の濃度(子供室)

②居室2

エタノールは、風量の変化に伴い、108($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から26.0($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、75.9%の低減が示した。また、アセトン、ノナール、及びトリデカンの低減が、顕著に示された。

表-3.4.2.14 機器風量の変化に伴うVOC成分毎の低減率 (居室2)

風量	レベル1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	レベル4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	低減率 (%)
VOC			
Ethanol	108	26.0	75.9
Acetone	9.97	N.D.	—
2-propanol	2.48	1.46	41.1
Methylethylketone	4.43	3.13	29.4
Ethylacetate	N.D.	2.54	—
Hexane	N.D.	1.80	—
Benzene	1.28	2.23	42.6
Toluene	2.97	5.23	43.2
Ethylbenzene	1.04	N.D.	—
m,p-xylene	1.38	N.D.	—
a-pinene	28.7	26.9	6.30
b-pinene	2.68	1.94	27.6
1,2,4-trimethylbenzene	1.12	N.D.	—
Decane	1.24	N.D.	—
Limonene	2.91	1.75	39.9
Nonanal	5.95	N.D.	—
Undecane	2.59	N.D.	—
Tridecane	5.57	N.D.	—
Tetradecane	3.48	N.D.	—
TVOC	186	81.2	56.3

N. D. : 未検出

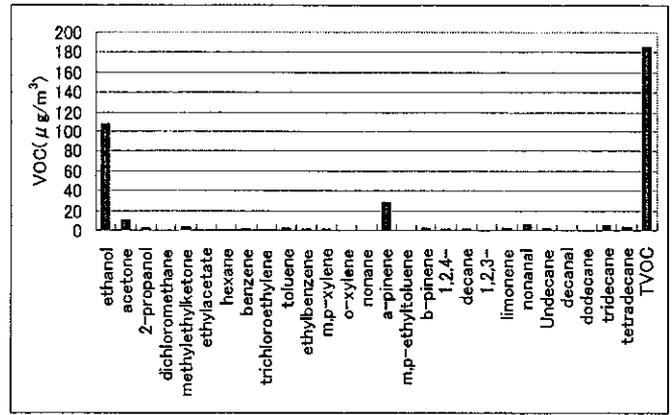


図-3.4.2.24 風量レベル1のVOC成分毎の濃度 (居室2)

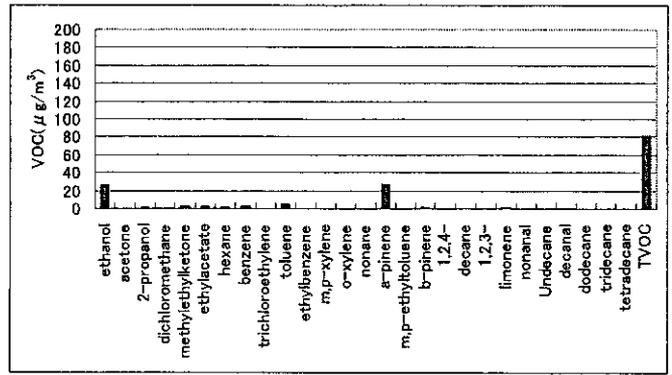


図-3.4.2.25 風量レベル4のVOC成分毎の濃度 (居室2)

③居室1

エタノールは、風量の変化に伴い、149($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から31.8($\mu\text{g}/\text{m}^3$)と78.7%の低減が示された。また、メチルエチルケトン は、7.75($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から1.78($\mu\text{g}/\text{m}^3$)と77%の低減が示された。

表-3.4.2.15 機器風量の変化に伴うVOC成分毎の低減率 (居室1)

風量	レベル1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	レベル4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	低減率 (%)
VOC			
Ethanol	149	31.8	78.7
Acetone	10.6	7.08	33.2
2-propanol	5.60	1.45	74.1
Dichloromethane	N.D.	5.41	—
Methylethylketone	7.75	1.78	77.0
Ethylacetate	N.D.	10.4	—
Hexane	N.D.	2.39	—
Benzene	1.08	2.34	53.9
Toluene	3.11	7.32	57.5
Ethylbenzene	N.D.	2.38	—
m,p-xylene	N.D.	3.17	—
o-xylene	N.D.	1.40	—
a-pinene	86.0	30.6	64.4
m,p-ethyltoluene	N.D.	1.35	—
b-pinene	13.6	2.37	82.6
Decane	N.D.	1.70	—
Limonene	6.57	2.20	66.5
Nonanal	2.84	N.D.	—
Decanal	7.25	N.D.	—
Dodecane	30.5	N.D.	—
Tridecane	10.1	N.D.	—
Tetradecane	5.89	N.D.	—
TVOC	339	127.6	62.4

N. D. : 未検出

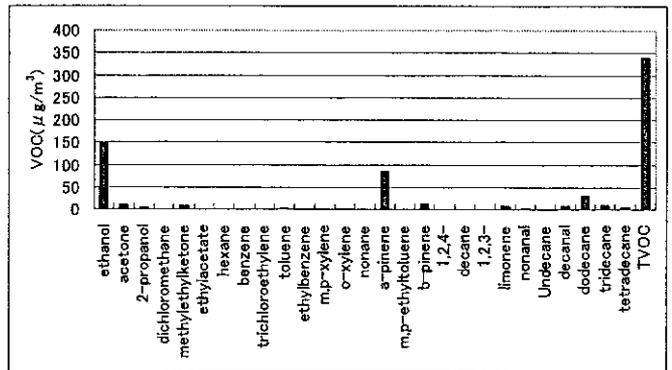


図-3.4.2.26 風量レベル1のVOC成分毎の濃度 (居室1)

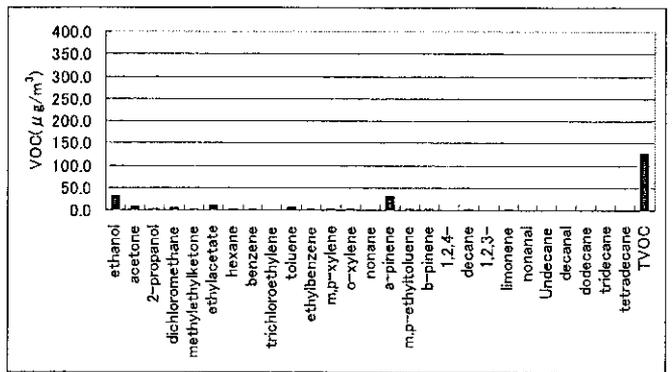


図-3.4.2.27 風量レベル4のVOC成分毎の濃度 (居室1)

④寝室

エタノールは、風量の変化に伴い122($\mu\text{g}/\text{m}^3$)から21.7($\mu\text{g}/\text{m}^3$)に低下し、82.2%の低減が示された。

表-3.4.2.16 機器風量の変化に伴うVOC成分毎の低減率(寝室)

風量	レベル1	レベル4	低減効果
VOC	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(%)
Ethanol	122	21.7	82.2
Acetone	5.40	ND.	—
2-propanol	5.58	2.58	53.8
Dichloromethane	ND.	3.94	—
Methylethylketone	4.77	3.08	35.4
Hexane	1.37	2.27	-39.7
Benzene	1.12	4.44	-74.8
Toluene	3.45	6.94	-50.3
m,p-xylene	1.10	1.06	3.60
Nonane	ND.	1.77	—
a-pinene	41.4	27.4	33.8
m,p-ethyltoluene	ND.	3.35	—
b-pinene	1.10	ND.	—
1,2,4-trimethylbenzene	1.07	ND.	—
Decane	2.67	1.23	53.9
1,2,3-trimethylbenzene	ND.	1.05	—
Limonene	3.05	1.75	42.6
Nonanal	2.06	ND.	—
TVOC	196	93.2	52.5

N.D.:未検出

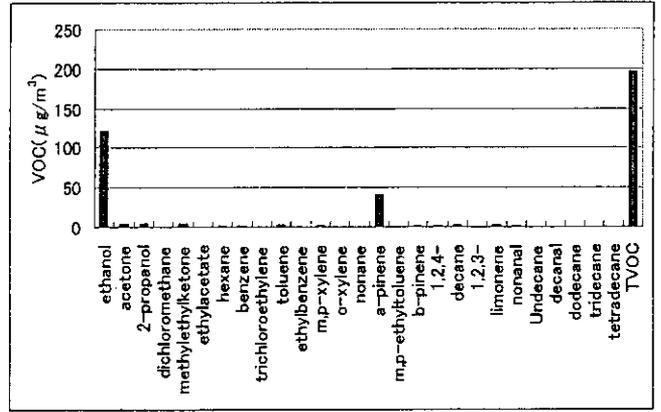


図-3.4.2.28 風量レベル1のVOC成分毎の濃度(寝室)

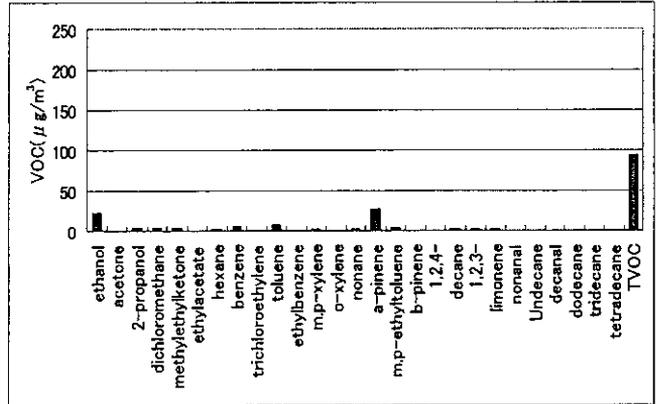


図-3.4.2.29 風量レベル4のVOC成分毎の濃度(寝室)

4) 給気ユニットからのVOCの発生

給気ユニット運転時に、機器前後のVOC濃度を測定し、機器からのVOCの発生を検証した。

a) 測定手順

- ① 給気ユニット前後のVOC濃度を捕集するため、機器前後にサンプリング孔を設ける。
- ② 給気ユニットからの風量をレベル4に設定し、運転を開始する。
- ③ 機器前後に設けたサンプリング孔から試料空気を、炭素系捕集管を用いて捕集した。また、吹出口の空気についても捕集を行った。[流量:0.05(l)、捕集時間:30(min)]

測定箇所の概要図を図-3.4.2.31に示す。

b) 結果と考察

給気ユニット前後におけるVOC濃度の測定結果を以下に示す。

i) TVOC濃度

機器運転時における変化は示されなかった。機器前後のTVOC濃度は、機器前濃度(C_b)の59.9 (μg/m³)、機器後濃度(C_a)55.1 (μg/m³)であった。このことから、測定時の環境条件と運転条件における本給気ユニットからのVOCの発生は、無いものと考えられる。

ii) VOC成分毎の比較

給気ユニット運転におけるTVOC濃度の大きな変化は示されなかったが、機器前濃度(C_b)と機器後濃度(C_a)のVOC成分毎の比較をした結果、ヘキサン濃度の変動が示された。また、トルエンや酢酸エチル、メチルエチルケトンの若干の発生(濃度上昇)が示された。これは、機器とダクト配管部の使用接着剤の影響によるものと考えられる。

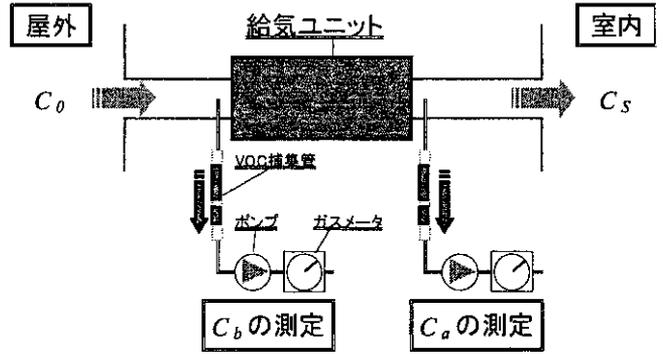


図-3.4.2.31 測定箇所の概要図

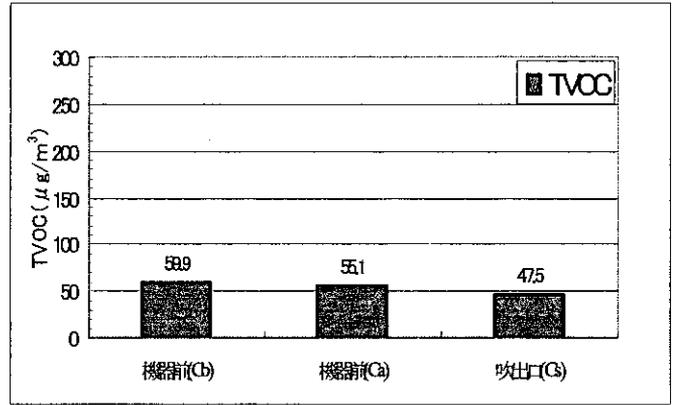


図-3.4.2.30 給気ユニット前後のTVOC濃度

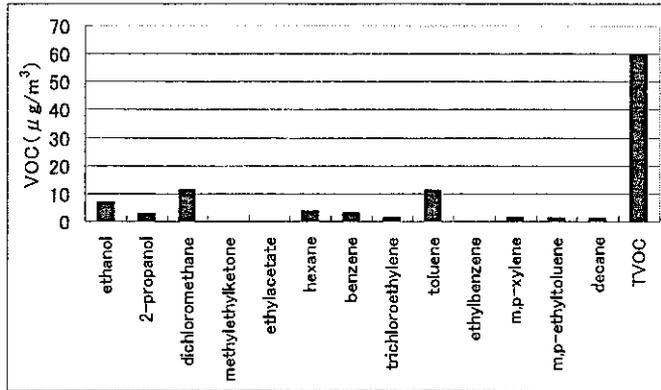


図-3.4.2.31 機器前のVOC成分毎の濃度

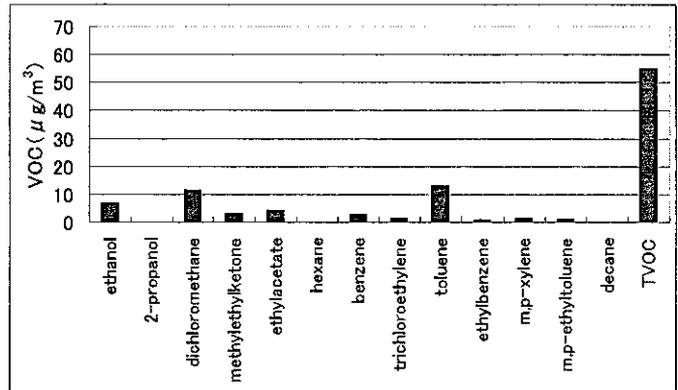


図-3.4.2.32 機器後のVOC成分毎の濃度

表-3.4.2.18 給気ユニット運転に伴うVOC成分毎の濃度

VOC	機器前(C _b) (μg/m ³)	機器後(C _a) (μg/m ³)	吹出口(C _s) (μg/m ³)
Ethanol	7.13	6.93	3.50
2-propanol	2.92	N.D.	N.D.
Dichloromethane	11.6	11.8	4.44
Methyl ethyl ketone	N.D.	3.09	3.17
Ethyl acetate	N.D.	4.45	2.99
Hexane	3.91	N.D.	N.D.
Benzene	3.23	2.87	3.49
Trichloroethylene	1.82	1.41	1.92
Toluene	11.3	13.0	10.8
Ethylbenzene	N.D.	1.01	N.D.
m,p-xylene	1.69	1.59	1.42
m,p-ethyltoluene	1.36	1.15	1.42
Decane	1.23	N.D.	2.03
TVOC	59.9	55.1	47.5

N.D.: 未検出

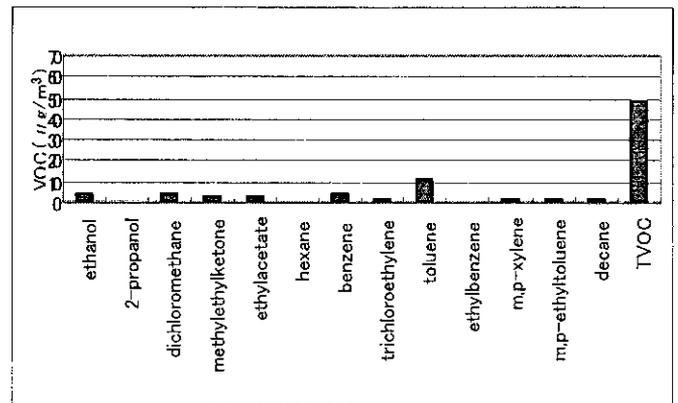


図-3.4.2.35 吹出口のVOC成分毎の濃度