

2.10.4 考察

今回の実験では、時間の経過に伴い(室内酸素濃度の低下)TVOC濃度が上昇することが明らかになったが、実験中、TVOC濃度測定値の低下減少がしばしば起こった。この現象が起きた原因として考えられることは、実験に使用した捕集剤が、器具使用に伴う室内温度上昇の影響を受け、捕集率が低下したためと考えられる。また、燃焼器具の温度センサーや酸素濃度センサーの作動により、消費率の低下が生じ、VOC発生量の減少が生じたものと考えられる。

2.10.5 まとめ

開放型燃焼器具の使用率が、寒冷地のRC造集合住宅内では80%を超える事が報告されている。高気密化した住宅内で開放型燃焼器具を使用する事により、各種汚染物について高いレベルでの室内被曝が予見される。開放型燃焼器具による室内空気汚染は、重要でかつ深刻な問題であり、その対策の第一段階として室内濃度予測法の確立がある。

室内濃度予測は、まず、器具からの汚染質発生量や室内発生特性を定量的に把握せねばならないが、室内濃度予測を前提とした作業は一部の汚染質にしか行われていない状況にある。

長期低濃度曝露の観点から、窒素酸化物(NO_x)、ホルムアルデヒド(HCHO)、揮発性有機化合物(VOC)といった物質は、その有害性が注目されるものである。

今回本研究では、開放型燃焼器具から発生する揮発性有機化合物(VOC)について、ある環境条件における室内濃度の上昇特性と器具発生量を明らかにし、開放型燃焼器具を有する室内の揮発性有機化合物(VOC)濃度予測の実現や汚染防止対策を講じる上での基礎的研究を行った。

今回は汚染質発生源として開放型燃焼器具について注目したが、ガスストーブについては4器具しか行わなかった。今後は、一般住居空間での使用が考えられるその他のガス燃焼器具の発生特性についても解明を急がなければならない。

2.10.6 引用文献

- 1) 長谷川利雄：住居内の空気汚染に関する研究、空気調和衛生工学会、pp.55～58、1974年
- 2) 山中伸一：屋内環境中の窒素酸化物に関する研究、燃焼器具別発生量及び減衰過程に関する一考察 日本建築学会論文集、No.357、pp.23～28、1985年11月
- 3) Brian, P. Leaderer: Air Pollutant Emissions from Kerosene Space Heaters, Science, Vol.218, pp.1112～1115, 1982年10月
- 4) 吉澤晋：衣服と住まいの健康学、大修館書店
- 5) Susumu Yoshizawa: Japanese Experiences on the Control of Indoor Air Pollution by Combustion Appliances, Proc. of 3rd International Conf. on Indoor Air Quality and Climate, pp.193～198, 1984
- 6) 野崎淳夫、吉澤晋、小峯裕己他：室内酸素濃度の低下が低下が石油ストーブ、ファンヒーターの NO_x 、CO発生特性に及ぼす影響、日本建築学会計画系論文報告集、平成2年5月
- 7) 小林陽太郎、吉澤晋他：煙突なしストーブの必要換気量について(7)、日本建築学会関東支部学術研究会発表会、昭和46年
- 8) 野崎淳夫、吉澤晋：室内酸素濃度の低下がストーブ、ファンヒーターの NO_x 、CO発生特性に及ぼす影響(その2)、日本建築学会計画系論文報告集、1991年11月
- 9) Nozaki A., Yoshizawa S., Ikeda K.: A Study on the Prediction of Nitrogen Oxides Indoors with Flue-less Kerosene Space Heaters, Proc. of 3rd International Conf. of Health Building, Vol. 2, pp.167～172, August, 1994
- 10) Nozaki A., Yoshizawa S.: Studies on the NO_x Emission Characteristics from Domestic Kerosene Fired Space Heaters with Indoor Oxygen Depletion, Proc. of 6th international conf. on Indoor Air Quality and Climate, Vol.3, pp.177～182, June, 1993
- 11) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一：燃焼器具による室内空気汚染に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp141～144、1993年10月

- 12) 宮崎竹二：住宅内ホルムアルデヒド濃度、日本建築学会大会学術講演便覧D、環境工学、pp. 705～707、1992年
- 13) Nozaki A., Yoshizawa S., Ikeda K.: Emission Characteristics of Formaldehyde from Domestic Kerosene Hearers in Dwellings, Indoor Air 98, 1998
- 14) 松野康二他：室内環境汚染の化学的・生物的検索3、ホルムアルデヒド—第30回大気汚染学会講演要旨集、pp. 426、1989年
- 15) 松村年郎他：化学物質による室内汚染(11) 家庭の主婦を対象としたHCHOとNO₂の個人暴露量の同時測定について、大気汚染学会大会講演梗概集、pp. 580、1993年
- 16) 小林陽太郎、吉澤晋：暖房器具の必要換気量と効率、日本建築学会論文報告集、第89号、pp. 335、昭和38年9月
- 17) 小林陽太郎、吉澤晋、細川輝夫、中村忠、辻本直宏：煙突無しストーブの必要換気量について(2)、日本建築学会論文報告集号外、pp. 427、昭和40年9月
- 18) 吉澤晋、小林陽太郎：煙突無しストーブの必要換気量について(3)、日本建築学会関東支部第39回学術研究発表会、pp. 85～88、昭和43年
- 19) 野崎淳夫、池田耕一他：揮発性有機化合物及びホルムアルデヒドの測定法に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集 pp. 409～412、1997年
- 20) 野崎淳夫、吉澤晋他：開放型石油暖房器具の非メタン炭化水素発生特性(その1)、日本建築学会計画系論文集、No. 517、pp. 45-51
- 21) Nozaki A. et al. : Prediction of Nitrogen Dioxide Concentrations in Residences with Unvented Kerosene Fired Space Heaters, Proc. of the 4th International Conf. on Healthy Buildings, Vol.1, pp. 561-566, 1995

2.10.7 謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた折笠智昭君(東北文化学園大学)、及び関係者各位に深謝致します。

**第3編 対策品の化学物質の除去特性
に関する研究**

要約

第4章 家庭用空気清浄機の化学物質除去特性に関する研究

野崎淳夫（東北文化学園大学）

1. 研究目的

近年、室内の建材、家具、塗料、開放型燃焼器具等から発生する揮発性有機化合物(VOC)やホルムアルデヒド(HCHO)により引き起こされる刺激感や健康被害が大きな問題となっている。また、室内化学物質の低減対策のひとつとして、家庭用空気清浄機が注目されている。

しかし、現在、家庭用空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性について明らかにされていない。

そこで本研究では、

- 1) 化学物質除去を唱えている家庭用空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性を明らかにする。
- 2) 相当換気量を用いた空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性について評価する。
- 3) 機器の違いと除去効果との関係について検討する。

これらにより、最適な室内空気汚染低減対策を確立する為の基礎的試料を得るものである。

2. 実験概要

2-1 測定対象機器

測定対象とした家庭用空気清浄機は、カタログ中に化学物質除去が記載されているものから、除去方式やフィルターの違いを考慮して選定した。測定対象機器は、2000年製の最新式フィルター清浄式3台、1998年製フィルター清浄式1台、電気集塵式1台の計5台であり、機器、対象汚染物質、風量、フィルターの構成、除去原理等は表-1に示される。

2-2 実験室の概要

本実験は、人工気象室内に設置された実験チェンバーで行われた。実験チェンバーは、4.98[m³]の気積を有したステンレス製である。実験チェンバーでは、温湿度(温度:-10~40[℃]、相対湿度:20~80[%])と換気量(換気回数:0~5.0[l/h])の制御が可能である。実験チェンバーの概要を図-1に示す。

2-3 測定法及び測定機器

VOCの測定法および測定機器を以下に示す。

(1)測定法

固体捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析(GC/MS)法

(2)測定機器

①捕集装置

・VOC捕集管-ATDチューブ(Spelco社製、充填剤: Air toxics)

・定流量ポンプ(SIBATA社製、Model:MP-Σ30H型)

・積算流量計(シナガワ社製、Model:DC-1A型)

②分析装置

・加熱導入装置(Perkin Elmer社製、Model:Turbo Matrix ATD)

・GC/MS(Perkin Elmer社製、Model:Turbo Mass Gold)

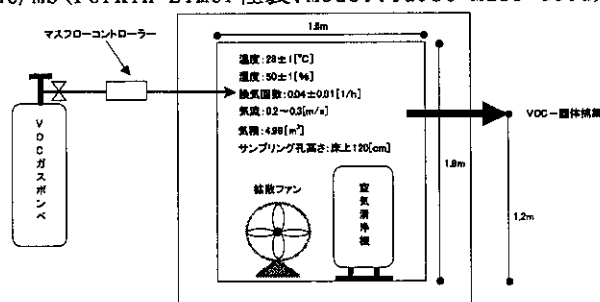


図-1 実験チェンバーの概要

2-4 試料ガスの捕集と分析方法

2-4-1 揮発性有機化合物(VOC)の捕集・分析

VOCの捕集は、ATDチューブを用いて行い、捕集流量は0.5[l/min]で採取時間は2[min]とし、これを分析試料とした。ATDチューブに捕集されたVOCは、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行った。(分析条件は、表-2を参照のこと。)

表-2 GC/MSの分析条件

加熱導入装置	Perkin Elmer社製、Model:Turbo Matrix ATD
GC/MS	Perkin Elmer社製、Model:Turbo Mass Gold
加熱前パージ時間	1 [min]
チューブ加熱温度	加熱温度:300[℃]、加熱時間:10[min]
加熱パルス時間	温度:280[℃]
トランスファー	温度:290[℃]
トラップ	捕集温度:10[℃]、加熱温度:350[℃]、加熱保持時間:30[min]
キャリアガス流量	17[psl]
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]
カラム昇度	50~300[℃]
インターフェイス温度	270[℃]
スキャンモード	n/z:40~250

表-1 空気清浄機の仕様

機種	対象汚染物質	風量 (m ³ /min)		フィルターの構造	適用面積 (畳)	製造(年)
		強	弱			
AC-1	粉塵, VOC, HCHO, NO _x , 臭気	3.1	1	プレ+活性炭+ULPA	~21	2000
AC-2	粉塵, HCHO, NO _x , 臭気	3.4	0.6	プレ+静電+ULPA	~20	2000
AC-3	粉塵	-	-	静電	~18	2000
AC-4	粉塵, HCHO, NO _x , 臭気	3	0.5	プレ+抗菌+HEPA	~20	2000
AC-5	粉塵, VOC, HCHO, NO _x , 臭気	4	1.9	プレ+静電+活性炭	~18	1998

*上記の内容はカタログ記載事項をまとめたものである。

3. 家庭用空気清浄機の汚染物質除去特性評価法

家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性の評価法は、「相当換気量[m³/h] (ECAR:Equivalent Clean Air Rates)」を用いた。図-2に相当換気量[m³/h]による評価法について示す。

実験チェンバー内に汚染物質を導入し、空気清浄機非運転時の対象汚染物質濃度の濃度減衰により得られる換気回数(機器非運転期間の換気回数: N_1 [1/h])と空気清浄機を運転する場合の対象汚染物質の濃度減衰による換気回数(機器運転期間の換気回数: N_2 [1/h])を求めるものである。 N_1 、 N_2 と相当換気回数 N は、次式にて表わされる。

$$N_2 = N_1 + N \quad (1)$$

換気回数 N_1 (機器非運転期間の換気回数)、 N_2 (機器運転期間の換気回数)は、トレーサーガスを用いた濃度減衰法により、(2)、(3)式にて求まる。

$$N_1 = 2.303 \times \frac{1}{t_1} \times \log \left\{ \frac{(C_1 - C_0)}{(C_2 - C_0)} \right\} \quad (2)$$

$$N_2 = 2.303 \times \frac{1}{t_2} \times \log \left\{ \frac{(C_3 - C_0)}{(C_4 - C_0)} \right\} \quad (3)$$

ここで、 t_1 : 機器非運転期間の測定時間[h]、 t_2 : 機器運転期間の測定時間[h]、 C_1 : 機器非運転期間の測定開始時における対象汚染物質濃度[ppm]、 C_2 : 機器非運転期間の測定開始から t_1 時間後の対象汚染物質濃度[ppm]、 C_3 : 機器運転期間の測定開始時における対象汚染物質濃度[ppm]、 C_4 : 機器運転期間の測定開始から t_2 時間後の対象汚染物質濃度[ppm]、 C_0 、 C_0' : チェンバー供給空気の対象汚染物質濃度[ppm]とする。

上式より、機器の対象汚染物質除去性能が明らかなものとなる。

さらに、実験チェンバーの気積 R_v [m³]と実験によって求まる相当換気回数 N [1/h]を用いて、空気清浄機の浄化力を室換気量に相当させることができる。

尚、このときの室換気量を相当換気量 Q_{eq} [m³/h]と云い、(4)式にて表す。

$$Q_{eq} \text{ (m}^3/\text{h)} = N \times R_v \quad (4)$$

図-2 相当換気量を用いた空気清浄機の汚染物質除去特性の評価法

4. 結果と考察

機器非運転期間において、約 5000 [μg/m³] から 2500 [μg/m³] までのVOCの濃度変位を測定し、機器運転期間においては、約 4800 [μg/m³] から 1500 [μg/m³] までの濃度変位を測定した。

機器運転期間の相当換気回数 N [1/h] さらに、機器の平均的な相当換気量 Q_{eq} [m³/h] を求めた。

フィルタ濾過式の機器 AC-1、AC-2、AC-5 の相当換気量 Q_{eq} は、22.40 ~ 11.49 [μg/m³] (相当換気回数 N : 4.50 ~ 2.31 [1/h]) であり、比較的大きな除去効果が示された。しかし、AC-4 に関しては、他のフィルタ濾過式の機器と比較して、除去効果が小さかった。分類別に見ると、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素に分類される成分が、比較的多く除去されている。

静電集塵式の機器 AC-3 では、相当換気量 Q_{eq} はゼロに等しく、VOC に対する除去効果は、全く期待できない結果となった。この主要な原因として、除去方式がフィルタ濾過式である家庭用空気清浄機は、フィルタ部における吸着剤の使用量に依存した除去効果が期待できるものの、静電集塵式の機器では、このような除去効果がほとんど無かったものと考えられる。

AC-1、AC-2、AC-5 については、ビル管法における必要換気量 20 ~ 30 [m³/h・人] に近い値を示し、これ

らの空気清浄機は、室内空気環境の改善に寄与できるものと考えられる。

5 本章のまとめ

本研究では、以下の知見を得ることが出来た。

- 1) 野崎らが提案した「相当換気量」という機器の評価指標を用いて、家庭用空気清浄機に関するVOC除去効果について求めた。
- 2) VOCの除去効果に関して、フィルタ濾過式の空気清浄機では、相当換気量 Q_{eq} が 22.40 ~ 11.49 [μg/m³] であり、室内濃度低減効果を期待できるものであった。一方、静電集塵式の空気清浄機に関しては、相当換気量はゼロに等しく、除去効果は認められなかった。
- 3) 家庭用空気清浄機のVOC除去特性に関する基礎的資料を得ることができた。

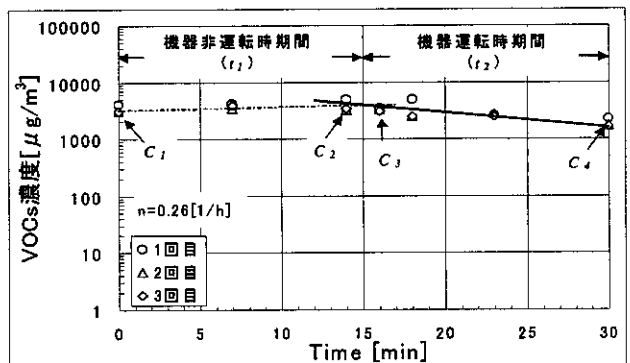


図-3 空気清浄機運転に伴うVOC濃度の経時変化の一例 (機器AC-1)

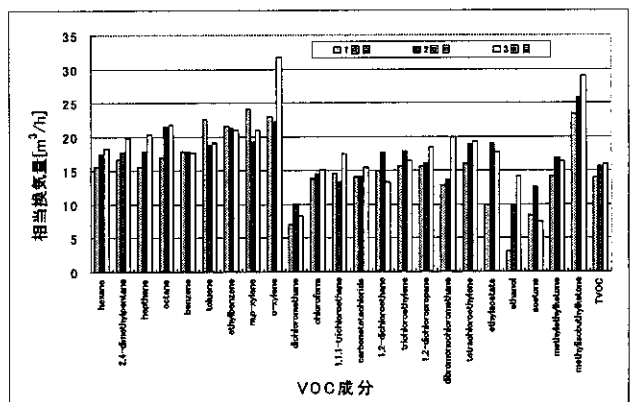


図-4 VOC成分毎の相当換気量の結果の一例(機器AC-1)

引用文献

- 1) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋: 家庭用空気清浄のガス状物質除去特性に関する研究(その1)ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集 No. 554, pp. 35 ~ 40, 2002年
- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄、吉澤晋、大澤元毅: 家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去特性 室内空気環境とその快適性に関する研究(その2)、第9回大気環境学会北海道東北支部総会講演集, pp. 38 ~ 39, 2002年
- 3) 野崎淳夫、吉澤晋、大澤元毅、大懸崇史: 家庭用空気清浄機のVOC除去特性 室内空気環境とその快適性に関する研究(その3)、第9回大気環境学会北海道東北支部総会講演集, pp. 40 ~ 41, 2002年

第4章 家庭用空気清浄機の化学物質除去特性に関する研究

野崎淳夫（東北文化学園大学）

3.4.1 緒言

(1) 本研究の背景

近年、室内の建材、家具、塗料、開放型燃焼器具等から発生する揮発性有機化合物(VOC)やホルムアルデヒド(HCHO)により引き起こされる刺激感や健康被害が大きな問題となっている。また、室内化学物質の低減対策のひとつとして、家庭用空気清浄機が注目されている。

吉澤らは、家庭用空気清浄機の浮遊粒子物質除去特性を求める試験・評価法を確立している。このなかで「相当換気回数」という有用な機器の浄化指標を提案している。

日本電気工業会(JEMA)では、機器の入口、出口側の濃度測定により、機器の汚染物質除去率を求める性能試験法(One-pass法)を示している。ところが、家庭用空気清浄機のガス状物質処理容量は、業務用空気清浄機に比較して小さく、フィルター層は数mm～十数mmの活性炭や吸着剤で構成されているものが多い。その為、ガス状物質の除去率は、機器の設置環境やフィルター部における処理対象空気の通気風量の影響を受けやすい。これにより、One-pass法による値を室内濃度予測式に外挿した濃度予測値は、精度に欠ける側面を有している。

この点を踏まえ、野崎らは、1995年に家庭用空気清浄機のSPM及びガス状物質(ホルムアルデヒド、NO_x、CO、SPM、NMHC)除去効果を相当換気量を用いて評価している。結果として、ガス状物質の相当換気回数は、SPMのそれと比較して著しく小さく、顕著な除去効果は期待できない旨の報告が行われている。

ただし、本研究成果を契機に、ガス状物質除去を目的とした機器開発が、積極的に行われる様になり、多くの空気清浄機が登場し、これら機器のガス状物質除去性能に関心が高まっている。

小峰らは、ホルムアルデヒドを対象とし、One-pass法と相当換気量から求めた除去率との関連性について報告している。この中で、ホルムアルデヒドの機器試験に関する基礎研究を行っている。また、L.Erdingerらは、化学吸着方式の空気清浄機について、真菌、SPM、また、ポリ塩化ビフェニル(PCB)のOne-pass法による除去率を求めている。

野崎らは、家庭用空気清浄機の定量的な室内空気浄化指標及び機器評価として「相当換気量」を提案し、2000年製の家庭用空気清浄機を用いてホルムアルデヒドの除去特性について求めているが、VOCの除去特性については着手出来なかった。

(2) 既往の研究

既往に研究例を①～⑥に示す。

① 家庭用空気清浄のガス状物質除去特性に関する研究(その1)

ホルムアルデヒドに対する除去効果

野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋

日本建築学会計画系論文集 No. 554、2002年4月、pp. 35～40

1) 目的

近年、建築物内の建材、家具、塗料、開放型燃焼器具等に由来するホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOCs)により引き起こされる刺激感や健康被害が、大きな社会問題となっている。また、その低減対策の一つとして、家庭用空気清浄機が注目されている。しかし、現在、家庭用空気清浄機のガス状物質除去に関する試験・評価法が確立しておらず、また、新たに開発された機器の室内浄化効果についても不明な点が多い。

そこで、本研究では、機器評価指標として「相当換気量」を提案し、ホルムアルデヒド除去性能について評価値を得る、ものである。

2) 実験概要

化学物質除去を唱えている最新の家庭用空気清浄機を対象として、実験室実験を行った。室内空気浄化指標及び、機器評価指標として「相当換気量」を用いた。

3) 結果と考察

機器非運転期間において、約1000(ppb)から700(ppb)までのホルムアルデヒドの濃度変位を測定し、機

器運転期間においては、約700(ppb)から60(ppb)までの濃度変位を測定した。

機器の平均的な相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)を求めた。フィルタ濾過式の機器AC-1、2、4、5の相当換気量 Q_{eq} は、8.10～19.9(m^3/h) (相当換気回数 N :15.3～37.8(1/h))であり、比較的大きな除去効果が示された。

しかし、静電集塵式の機器AC-3では、相当換気量 Q_{eq} はゼロに等しく、ホルムアルデヒドに対する除去効果は、全く期待できない結果となった。

4)まとめ

本研究の範囲において、以下の知見を得ることが出来た。

- (1)相当換気量を用いた家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する試験・評価法を具体的に提案した。
- (2)家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去特性に関する基礎的資料を得ることができた。すなわち、ホルムアルデヒドの除去効果に関して、最新のフィルタ濾過式の空気清浄機では、相当換気量 Q_{eq} が8.10～19.9(m^3/h)であり、室内濃度低減効果を期待できうるものであった。一方、静電集塵式の空気清浄機に関しては、相当換気量はゼロに等しく、除去効果は認められなかった。

今後の課題として、多くの家庭用空気清浄機がVOCs、 NO_x の除去を唱っており、これらの機器の同物質の除去特性、各種共存汚染物質が機器のホルムアルデヒド、VOC除去特性に及ぼす影響を把握することが挙げられた。

②家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去特性

室内空気環境とその快適性に関する研究(その2)

野崎淳夫、○飯倉一雄、吉澤晋、大澤元毅

第9回大気環境学会北海道東北支部総会講演集、2002年11月、pp.38～39

1)目的

近年、家庭用空気清浄機が市販されているが、室内空気汚染の除去に関する実験評価が確立していない。

そこで本研究では、家庭用空気清浄機の定量的な室内空気浄化指標及び機器評価指数である相当換気量(ECAR:Equivalent clear Air Rates)により、家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能について実験室実験により求める。

2)実験概要

測定対象の空気清浄機は除去方式やフィルタの違いを考慮した、フィルタ濾過式(4台)及び静電集塵式(1台)である。

空気清浄機のガス状物質除去特性の評価は「相当換気量(EACR)」を用いた

3)結果と考察

静電集塵式の空気清浄機においては室内のオゾン濃度の上昇がみられた。

また、フィルタ濾過式の機器では比較的大きな除去効果が示されたが、静電集塵式の機器ではホルムアルデヒドに対する除去効果はまったく期待できなかった。この主要な原因として、除去方式がフィルタ濾過式である家庭用空気清浄機は、フィルタ部における吸着剤の使用量に依存した除去効果が期待できるものの、静電集塵式の機器ではこのような除去効果が殆ど無い物と考えられる。

4)まとめ

家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去特性に関する基礎的資料を得ることができた。フィルタ濾過式の空気清浄機は室内濃度低減効果を期待できうるものだった。一方静電集塵式の空気清浄機に関しては相当換気量はゼロに等しく、除去効果は認められなかった。

今後の課題として、各種共存汚染物質が機器のホルムアルデヒド、VOC除去特性に及ぼす影響を把握することがあげられる。

③家庭用空気清浄機のVOC除去特性

室内空気環境とその快適性に関する研究(その3)

野崎淳夫、吉澤晋、大澤元毅、○大懸崇史

第9回大気環境学会北海道東北支部総会講演集、2002年11月、pp.40～41

1)目的

本報では、前報と同様に、機器の評価指標である相当換気量(ECAR:Equivalent Clean Air Rates)によ

り、家庭用空気清浄機のVOC除去特性についての実験室実験を行い、機器の除去方式の違いと除去特性との関係を明らかにするものである。

2) 実験概要

測定対象とした空気清浄機は、前報と同様のフィルタ濾過式(AC-1, 2, 4, 5)及び静電集塵式(AC-3)である。実験室は前報と同様である。

3) 結果と考察

AC-1は、メチルイソブチトンで26.0[m³/h]、AC2は酢酸エチルで17.4[m³/h]、AC-5はo-キシレンで23.8[m³/h]であった。AC-4に関しては除去効果が小さかった。静電集塵式のAC-3については、すべての物質においてほとんど除去効果は認められなかった。

4) まとめ

除去方式がフィルタ濾過式である家庭用空気清浄機には、ある一定の除去効果が期待できるものの、静電集塵式の機器には、VOC除去効果がほとんどないものと考えられる。

5) 今後の課題

今後、さらに多くの機器やVOCび除去特性に関する実験を行い、現時点でのVOC除去特性に関わる総合的資料を得る必要がある。

④家庭用空気清浄機によるホルムアルデヒド(HCHO)除去性能の評価に関する研究

(その1)化学物質除去基本性能評価用試験装置の性能について

○羽田崇秀、長谷川麻子、小峯裕己

日本建築学会大会学術講演梗概集、2000年3月、pp.865～866

1) 目的

建築住宅における室内ホルムアルデヒド汚染に対する住まい手の対策の一つとして、ホルムアルデヒドを吸着もしくは分解する設備機器を設置することが挙げられる。

近年ホルムアルデヒドを除去する機能を有する空気清浄機によるホルムアルデヒドの除去性能や評価方法が統一されておらず、製品の比較が困難である。

本研究では、空気清浄機性能試験装置に関する基本性能を把握した上で、性能試験方法を検討する。

2) 実験概要

化学物質除去基本性能評価試験装置の性能確認、化学物質長時間・定量発生装置の性能確認、HCHO除去を有する空気清浄機の除去性能試験方法の検討、性能試験確認をする。

3) 結果と考察

①ワンパス除去率

ホルムアルデヒド濃度範囲140～260[ppb]の範囲におけるワンパス除去率は50～53[%]であった。

②再循環試験

空気清浄機運転に伴い濃度が急激に減少した。運転1時間後までの濃度減衰から求めた相当換気回数は1.71[1/h]であった。

4) まとめ

化学物質除去基本性能評価用試験装置の性能を確認した。またホルムアルデヒド除去を有する空気清浄機の試験方法を検討した結果、ワンパス除去率、再循環試験による相当換気回数を評価指標とすることが適当であることがわかった。今後は一定の換気を行って環境下でホルムアルデヒドの長時間・微量・定量発生させ、チェンバー内ホルムアルデヒド濃度を一定維持する手法を検討した上で、実際の居住空間を想定した条件における空気清浄機の除去性能を明らかにする予定である。

⑤家庭用空気清浄機にホルムアルデヒド(HCHO)除去性能の評価に関する研究

(その2)性能評価指標および試験方法の検討

○羽田崇秀、長谷川麻子、小峯裕己、鎌田元康

日本建築学会大会学術講演梗概集、2001年9月、pp.883～864

1) はじめに

実空間における空気清浄機の性能評価指標を提案する目的で、前報と同様の装置を用いて、一定の換気

を行いながらホルムアルデヒドを定常発生させた条件下で空気清浄機のHCHO除去性能を明らかにするための試験を行ったので、その結果を報告する。

2) 実験概要

一定の換気を行いながらホルムアルデヒドを定常発生させ、空気清浄機の吸込み濃度が一定値を維持する条件下での試験方法を考案、試行した。

3) 結果と考察

①機器処理風量、ワンパス除去率 η 、理論相当換気量 Qc'

機器処理風量はカタログ値と実測値で大きな差はなかった。理論相当換気風量 Qc' 機器による差が顕著であった。

②定常発生法による実験相当換気回数風量 Qc の試験

空気清浄機運転開始後のHCHO濃度は、機器による差が認められた。

4) まとめ

実空間における家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能評価試験方法として、定常発生法による実験相当換気風量 Qc の試験方法を採用することが望ましい。

⑥家庭用空気清浄機にホルムアルデヒド(HCHO)除去性能の評価に関する研究

(その3)考案したワンパス除去率試験方法の提案とVOC_xに対する除去性能

○羽田崇秀、長谷川麻子、小峯裕己、鎌田元康

日本建築学会大会学術講演梗概集、2002年9月、pp.717～720

1) 目的

前々報で提案した濃度減衰法に基づく実験相当換気風量と理論相当換気風量には大きな差異を生じた。そこで、定常発生・ワンパス除去率試験方法に基づく理論相当換気風量と実験相当換気風量の比較を試みたので、その結果を報告する、また、対象化学物質はHCHOだけでなく、トルエン、キシレンも含めた。

2) 実験概要

JIS B 9901を参考に、定常発生・ワンパス除去率試験を実施し、得られた除去率 ηs と機器処理風量の積より算出する理論相当換気風量 Qcs' と、定常発生・実験相当換気風量 Qcs との比較を行った。

3) 結果と考察

HCHOの ηs は、前報の ηs と同様に機種差が認められ、値自体も ηs より低値であった。トルエン、キシレンに対する ηs 値も機種差が認められた。同様に、HCHOに関する Qcs' 、トルエンに関する Qcs' 、キシレンに関する Qcs' は機種差が認められた。

4) まとめ

定常発生法による実験相当換気量を測定するためには、換気量、化学物質発生量を一定に維持でき、導入する空気の化学物質清浄度が高い特殊なチャンバーを用いなければならない。このため、家庭用空気清浄機の化学物質除去性能評価試験方法の標準として、定常発生法による相当換気風量測定(Qcs 試験)を提案することは好ましくない。これに替わる簡易的な試験方法として、 ηs 試験が考えられる。エアコン等で温度を定常に保った室内に空気清浄機を設置し、ダクトを接続して試験を実施できるので、多くの研究機関で実施できると考えられる。また、両者が一致することから、化学物質除去性能評価指標としては、 Qcs 、 ηs 試験結果より算出する Qcs' のいずれかでよい。

以上のように、本報までの一連の報告により、家庭用空気清浄機の化学物質除去性能評価試験方法、性能評価指標を構築できたと考える。

(3) 本研究の目的と内容

現在、家庭用空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性について明らかにされていない。

そこで本研究では、

- 1) 化学物質除去を唱えている家庭用空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性を明らかにする。
- 2) 相当換気量を用いた空気清浄機の揮発性有機化合物除去特性について評価する。
- 3) 機器の違いと除去効果との関係について検討する。

これらにより、最適な室内空気汚染低減対策を確立する為の基礎的試料を得るものである。

3.4.2 実験概要

(1) 実験室の概要

本実験は、人工気象室内に設置された実験チェンバーで行われた。実験チェンバーは、4.98[m³]の気積を有したステンレス製である。実験チェンバーでは、温湿度（温度：-10～40[℃]、相対湿度：20～80[%]）と換気量（換気回数：0～5.0[1/h]）の制御が可能である。実験チェンバーの概要を図-3.4.1に示す。（写真-3.4.1、3.4.2参照）

尚、実験チェンバー内には一様拡散を図る為に拡散ファンを設置した。

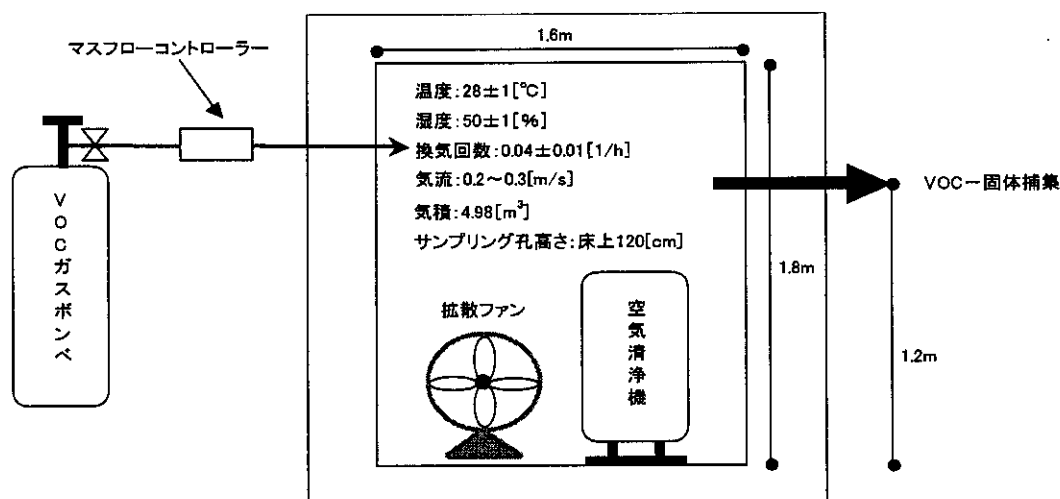


図-3.4.1 実験チェンバーの概要



写真-3.4.1 実験チェンバー

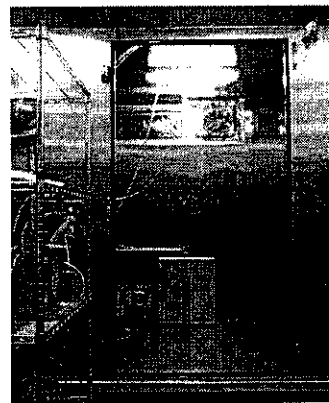


写真-3.4.2 実験チェンバーと空気清浄機

(2) 測定対象機器

測定対象とした家庭用空気清浄機は、カタログ中に化学物質除去が記載されているものから、除去方式やフィルターの違いを考慮して選定した。測定対象機器は、2000年製の最新式フィルター清浄式3台、1998年製フィルター清浄式1台、静電集塵式1台の計5台であり、機器、対象汚染物質、風量、フィルター構成、除去原理等は表-3.4.1に示される。

表-3.4.1 空気清浄機の仕様

機種	対象汚染物質	風量 (m ³ /min)		フィルターの構造	適用面積 (畳)	製造 (年)
		強	弱			
AC-1	粉塵, VOC, HCHO, NO _x , 臭気	3.1	1	プレ+活性炭+ULPA	~21	2000
AC-2	粉塵, HCHO, NO _x , 臭気	3.4	0.6	プレ+静電+ULPA	~20	2000
AC-3	粉塵	-	-	静電	~18	2000
AC-4	粉塵, HCHO, NO _x , 臭気	3	0.5	プレ+抗菌+HEPA	~20	2000
AC-5	粉塵, VOC, HCHO, NO _x , 臭気	4	1.9	プレ+静電+活性炭	~18	1998

*上記の仕様はカタログより抜粋したものをまとめたものである。

(3) 測定対象物質

測定対象物質は以下に示す 24 成分とした。(表-3.4.2 参照)

表-3.4.2 測定対象物質の仕様

	分類	測定対象物質	Chemical formula	Molecular weight	Boiling point	Specific gravity
1	脂肪族炭化水素	Hexane	$n-C_6H_{14}$	86.2	68.7	0.659
2		2,4-dimethylpentane	$2,4-(CH_3)_2C_5H_{10}$	100	80.5	1.382
3		Heptane	$n-C_7H_{16}$	100	98.4	0.684
4		Octane	$n-C_8H_{18}$	114	126	0.703
5	芳香族炭化水素	Benzene	C_6H_6	78.1	80.1	0.879
6		Toluene	C_7H_8	92.1	111	0.866
7		Ethylbenzene	$(C_2H_5)C_6H_5$	106	136	0.867
8		p-xylene	$p-C_8H_{10}$	106	139	0.868
9		m-xylene	$m-C_8H_{10}$	106	139	0.861
10		o-xylene	$o-C_8H_{10}$	106	144	0.880
11	ハロゲン類	Dichloromethane	CH_2Cl_2	84.9	40.1	1.34
12		Chloroform	$CHCl_3$	119.0	61.2	1.49
13		1,1,1-trichloroethane	$1,1,1-C_2H_3Cl_3$	133	75.0	1.330
14		Carbontetrachloride	CCl_4	153.8	76.5	1.590
15		1,2-dichloroethane	$1,2-C_2H_4Cl_2$	99.0	58.0	1.42
16		Trichloroethylene	C_2HCl_3	131	86.7	1.46
17		1,2-dichloropropane	$1,2-CH_3H_6Cl_2$	113	96.0	1.16
18		Dibromochloromethane	$CHClBr_2$	208.29	120	2.44~2.451
19		Tetrachloroethylene	C_2Cl_4	166	121	1.63
20	エステル類	Ethylacetate	$CH_3COOC_2H_5$	88.1	77.0	0.895
21	アルコール類	Ethanol	C_2H_5OH	46.1	78.3	0.816
22	アルデヒドケトン類	Acetone	$(CH_3)_2CO$	58.1	56.2	0.792
23		Methylethylketone	$CH_3COC_2H_5$	72.1	79.6	0.805
24		Methylisobutylketone	$CH_3CO(i-C_4H_9)$	100	116	0.804

(4) 測定法及び測定機器

揮発性有機化合物の測定法および測定機器を以下に示す。

① 固定捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析 (以下、GC/MS) 法

捕集装置

- ・ VOC 捕集管-ATD チューブ (Spelco 社製、充填剤: Air toxics) (写真-3.4.3 参照)
- ・ 定流量ポンプ (SIBATA 社製、Model: MP-Σ 30H 型) (写真-3.4.4 参照)
- ・ 積算流量計 (シナガワ社製、Model: DC-1A 型) (写真-3.4.5 参照)

分析装置

- ・ 加熱導入装置 (Perkin Elmer 社製、Model: Turbo Matrix ATD) (写真-3.4.6 参照)
- ・ GC/MS (Perkin Elmer 社製、Model: Turbo Mass Gold) (写真-3.4.6 参照)

② 光音響法

測定装置

- ・ マルチガスモニター (B&K 社製、Model: 1312 型) (写真-3.4.7 参照)

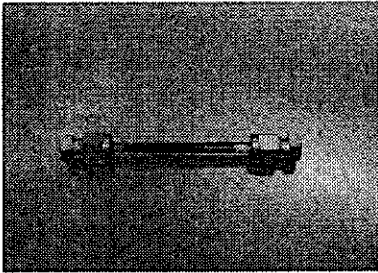


写真-3.4.3 ATD チューブ

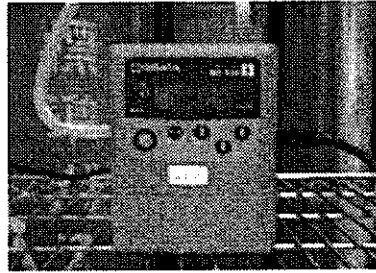


写真-3.4.4 定流量ポンプ

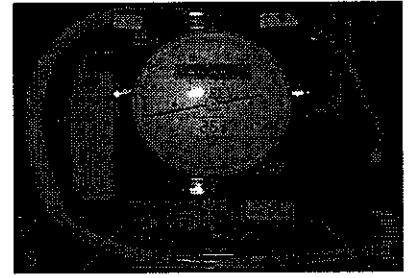


写真-3.4.5 積算流量計

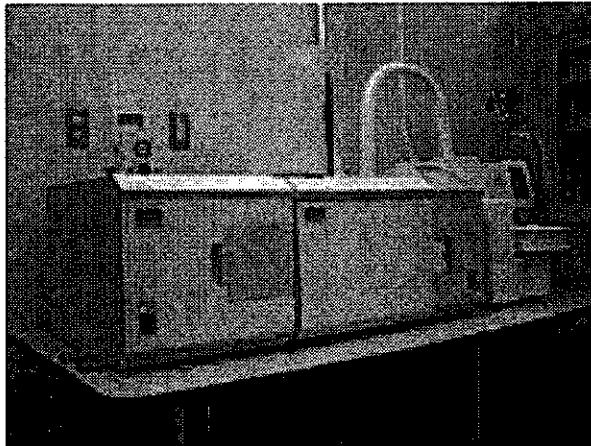


写真-3.4.6 GC/MSによる分析システム

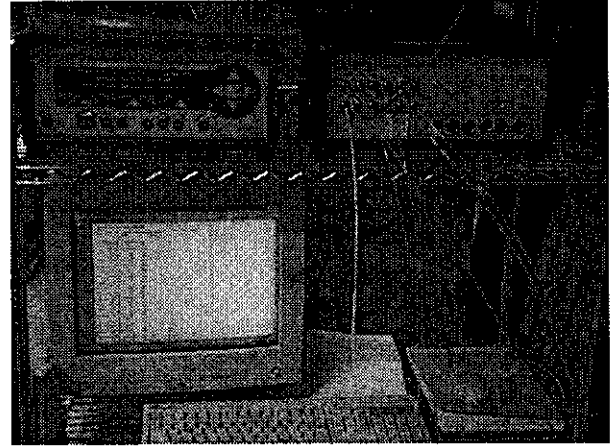


写真-3.4.7 マルチガスモニター

(5) 試料ガスの捕集・分析方法

①固定捕集-加熱脱着-GC/MS法

VOCの捕集は、ATDチューブを用いて行い、捕集流量は0.5 [l/min] で採取時間は2 [min] とし、これを分析試料とした。ATDチューブに捕集されたVOCは、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行った。(分析条件は、表-3.4.3を参照のこと。)

②光音響法

試料ガスをマルチガスモニタに導入して、チェンバー内のVOC濃度の経時変化をモニタリングした。

表-3.4.3 GC/MSの分析条件

加熱導入装置	Perkin Elmer社製、Model: Turbo Matrix ATD
GC/MS	Perkin Elmer社製、Model: Turbo Mass Gold
加熱前パージ時間	1 [min]
チューブ加熱温度	加熱温度: 300 [°C]、加熱時間: 10 [min]
加熱バルブ時間	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]
カラム昇度	50~300 [°C]
インターフェイス 温度	270 [°C]
スキャンモード	m/z: 40~250

(6) 実験方法

1) 実験手順

空気清浄機の室内除去性能は、1) フィルタ部の捕集率、2) ファンによる汚染物質と室内空気の混合力及び運搬力に強く依存することがしてきされている。本実験の手順を次に示す。(図-3.4.2 参照)

- ① 実験チェンバーの内壁、空気清浄機、ミキシングファン等の清浄（蒸留水等）を行う。さらに、空気清浄機、ミキシングファンの空運転を行う。
- ② 実験チェンバー内に空気清浄機、ミキシングファンをセットする。
- ③ チェンバー内を数時間換気した後、人工気象室及びチェンバー内の温湿度を調整する。(温度: 28 ± 1 [°C]、相対湿度: 50 ± 1 [%]、換気回数: 0.04 ± 0.01 [1/h])
- ④ 外気（人工気象室内）の化学物質濃度を測定する。〔捕集①〕
- ⑤ 実験チェンバー内のVOC、ホルムアルデヒドの初期濃度を測定する。〔捕集②〕
- ⑥ 室内をミキシングファンで攪拌しつつ化学物質を導入する。(VOC及びホルムアルデヒドは、ガスポンベを使用しマスフローコントローラーにより流量を制御し、導入する。)
- ⑦ 汚染濃度をマルチガスモニターでモニタリングし、定常濃度に達したことを確認した後、実験チェンバー内の濃度の安定を図る。
- ⑧ 機器非運転期間の化学物質濃度測定を行う。〔捕集③、④、⑤〕
- ⑨ 空気清浄機を運転させ、機器運転期間の化学物質濃度測定を行う。〔捕集⑥、⑦、⑧、⑨〕

2) 汚染ガスポンベの仕様

本研究で用いた汚染ガスは、ポンベに充填された標準ガスを用いた。汚染ガスは、マスフローコントローラーを用いてVOCは5[l]チェンバー内に発生させることにした。汚染ガス及び発生制御部の仕様を以下に示す。

① VOC ガス

VOCs 標準混合ガス(高千穂科学工業社製、写真-3.4.8 参照)(VOCs 成分と各成分濃度は、表-3.4.4 参照のこと。)

② 発生制御部

マスフローコントローラー(エステック社製、SEC-B40、PAC-D2、標準流量レンジ: 100 [ml/min] ~ 10 [l/min]、制度: 1 [%] F.S 以内、耐圧: 1000 [kPa] (10 [kgf/cm²g])、仕様温度: 5 ~ 50 [°C])

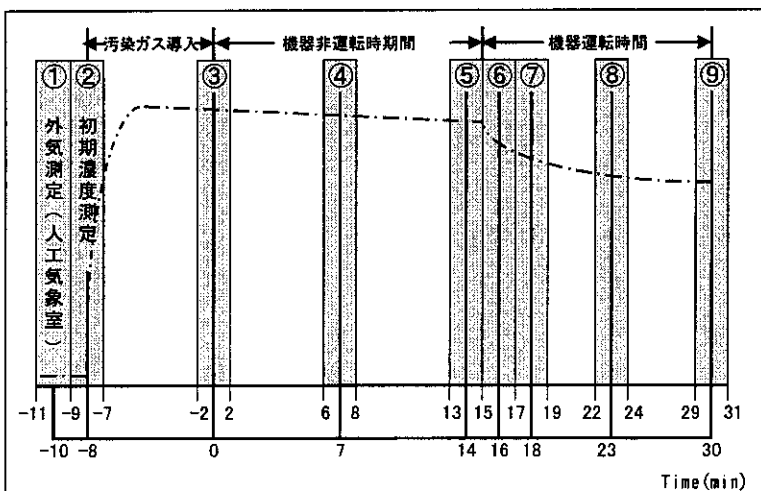


図-3.4.2 捕集時間

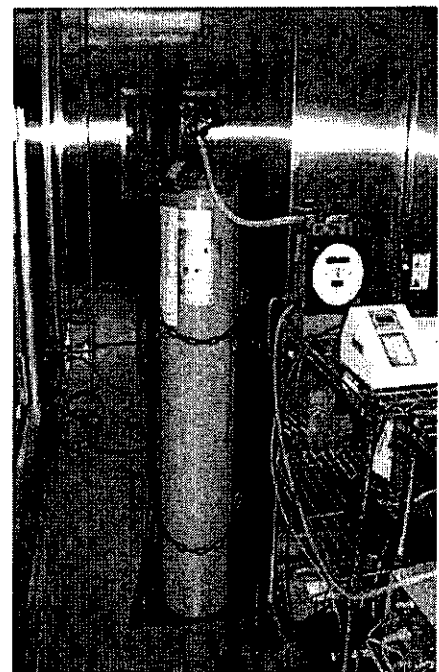


写真-3.4.8 VOCs 標準混合ガスポンベ

表-3.4.4 総揮発性有機化合物標準混合ガス成分表

	対象成分		化学式	分子量	沸点	比重	濃度
	英名	和名	Chemical formula	Molecular weight	Boiling point	Specific gravity	Concentration
1	Dichloromethane	ジクロロメタン	CH ₂ Cl ₂	84.9	40.1	1.34	96.0
2	Acetone	アセトン	(CH ₃) ₂ CO	58.1	56.2	0.792	96.0
3	Chloroform	クロロホルム	CHCl ₃	119.0	61.2	1.49	95.8
4	Hexane	n-ヘキサン	n-C ₆ H ₁₄	86.2	68.7	0.659	97.0
5	Ethanol	エタノール	C ₂ H ₅ OH	46.1	78.3	0.816	96.6
6	1,1,1-trichloroethane	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,1-C ₂ H ₃ Cl ₃	133	75.0	1.330	97.2
7	Carbontetrachloride	テトラクロロメタン	CCl ₄	153.8	76.5	1.590	95.9
8	Ethylacetate	酢酸エチル	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88.1	77.0	0.895	96.2
9	Methylethylketone	メチルエチルケトン	CH ₃ COC ₂ H ₅	72.1	79.6	0.805	97.4
10	2,4-dimethylpentane	2,4-ジメチルペンタン	2,4-(CH ₃) ₂ C ₅ H ₁₀	100	80.5	1.382	98.1
11	Benzene	ベンゼン	C ₆ H ₆	78.1	80.1	0.879	98.2
12	1,2-dichloroethane	1,2-ジクロロエタン	1,2-C ₂ H ₄ Cl ₂	99.0	58.0	1.42	98.5
13	Trichloroethylene	トリクロロエチレン	C ₂ HCl ₃	131	86.7	1.46	97.1
14	1,2-dichloropropane	1,2-ジクロロプロパン	1,2-CH ₃ H ₆ Cl ₂	113	96.0	1.16	96.8
15	Hepthane	n-ヘプタン	n-C ₇ H ₁₆	100	98.4	0.684	99.2
16	i-Buthanol	i-ブタノール	i-C ₄ H ₉ OH	74.1	108	0.800	97.7
17	Toluene	トルエン	C ₇ H ₈	92.1	111	0.866	97.1
18	Methylisobuthylketone	メチルイソブチルケトン	CH ₃ CO(i-C ₄ H ₉)	100	116	0.804	96.4
19	n-Buthanol	n-ブタノール	n-C ₄ H ₉ OH	74.0	118	0.813	97.7
20	Dibromochloromethane	ジブロモクロロメタン	CHClBr ₂	208.29	120	2.44~2.451	95.7
21	Tetrachloroethylene	テトラクロロエチレン	C ₂ Cl ₄	166	121	1.63	96.7
22	Buthylacetate	酢酸ブチル	CH ₃ COOC ₄ H ₉	116	126	0.883	97.3
23	Octane	n-オクタン	n-C ₈ H ₁₈	114	126	0.703	97.5
24	Ethylbenzene	エチルベンゼン	(C ₂ H ₅)C ₆ H ₅	106	136	0.867	98.5
25	p-xylene	p-キシレン	p-C ₈ H ₁₀	106	139	0.868	97.9
26	m-xylene	m-キシレン	m-C ₈ H ₁₀	106	139	0.861	98.2
27	o-xylene	o-キシレン	o-C ₈ H ₁₀	106	144	0.880	98.2
28	Styrene	スチレン	(C ₂ H ₃)C ₆ H ₅	104	145	0.900	99.6
29	Nonane	n-ノナン	n-C ₉ H ₂₀	128	151	0.722	96.7
30	α-pinene	α-ピネン	α-C ₁₀ H ₁₆	136	160	0.862	97.6
31	1,3,5-trimethylbenzene	1,3,5-トリメチルベンゼン	1,3,5-(CH ₃) ₃ C ₆ H ₃	120	165	0.863	97.6
32	1,2,4-trimethylbenzene	1,2,4-トリメチルベンゼン	1,2,4-(CH ₃) ₃ C ₆ H ₃	120	236	0.957	98.0
33	p-dichlorobenzene	p-ジクロロベンゼン	p-C ₆ H ₄ Cl ₂	147	174	1.458	90.5
34	Decane	n-デカン	n-C ₁₀ H ₂₂	142	174	0.730	98.4
35	1,2,3-trimethylbenzen	1,2,3-トリメチルベンゼン	1,2,3-(CH ₃) ₃ C ₆ H ₃	120	176	0.894	98.3
36	Limonene	リモネン	C ₁₀ H ₁₆	136	176	0.842	98.1

(7) 室内汚染物質に関する厚生労働省指針値(ガイドライン)

本研究において実験対象とした揮発性有機化合物の中で、厚生労働省により制定されたシックハウスに係るガイドラインを以下に示す。

1) Toluene(トルエン) / 260 [μg/m³]、0.07 [ppm]

トルエンは、ベンゼン環の内の1つの-Hがアルキル基(-CH₃)に変わったもので、色は無色で、ベンゼン様の芳香を持つ。建材材料関係では壁装材の可塑剤や合成繊維などの合成原料の1つとなる。

トルエンは、ベンゼンより皮膚や粘膜への刺激が強く、蒸気吸収による中枢神経への作用もベンゼンより強いと言われている。100~200 [ppm]の蒸気を8時間吸入すると疲労、嘔吐、鈍感覚、運動不随、無気力、嗜眠等の症状を呈し、600 [ppm]の濃度になると短時間の曝露で激しい興奮、強い疲労、嘔吐、頭痛が起きるとされている。

トルエンについては、厚生労働省より、人の神経行動機能及び自然流産率への影響を考慮した室内ガイドライン値 260 [μg/m³] (0.07 [ppm]) が示されている。また、ACGIHと産業衛生学会の勧告値は、それぞれ

100 [ppm]と50 [ppm]となっている。環境庁の234の有害大気汚染物質リストの中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。また前述のように健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

2) Xylene (キシレン) / 870 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、0.20 [ppm]

キシレンはベンゼン環の2つの-Hが2つアルキル基(-CH₃)に変わったもので、その位置により、o-、m-、p-の3つの異性体がある。キシレンは建材関係では壁装材の可塑剤や防腐剤などの合成原料の1つとなる。

キシレンの蒸気を吸入すると顔面紅潮等の熱感を覚える。また中枢神経に影響を及ぼし、疲労感、目眩、のぼせ、酩酊状態等になるとされている。200 [ppm]程度から目、喉、鼻などを刺激し始め、1,000 [ppm]を越えるほどの高濃度になると出血性肺水腫を起こし、場合によっては死に至ることもある。

キシレンについては厚生労働省よりラットにおける中枢神経への影響を考慮した室内のガイドライン値870 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (0.20 [ppm]) が示されている。また、ACGIHと産業衛生学会の勧告値は、いずれも100 [ppm]となっている。また、前述の健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

3) p-dichlorobenzene (パラジクロロベンゼン) / 240 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、0.04 [ppm]

パラジクロロベンゼンは、建材中に含まれることは殆どないが、防虫剤の原料の1つとして用いられる。15~30 [ppm]で臭気を感じられるようになり、80~160 [ppm]で多くのヒトが、目や鼻に痛みを感じるという。マウスやラットを用いた動物実験では発ガン性があることが知られている他、ビーグル犬を用いた肝臓や腎臓への健康影響が分かることが分かっており、このことを踏まえ、現在検討中の厚生労働省のガイドライン値は、ビーグル犬における肝臓や腎臓への影響を考慮した240 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (0.04 [ppm]) である。

4) Ethylbenzene (エチルベンゼン) / 3800 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、0.88 [ppm]

エチルベンゼンは、無色で独特の芳香を持つ常温では液体の化学物質で、スチレン単量体の中間原料溶剤、希釈剤などに使われる。臭いは、10 [ppm]程度から感じられはじめ、数1,000 [ppm]と言うような高濃度になると目眩や意識低下などの中枢神経系に影響が現れると言われている。また、発ガン性、変異原性、中枢神経毒性、刺激性などを有する。厚生労働省は、マウスやラットに対する吸入毒性試験における無毒性値 (NOAEL) に基づき、3800 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (0.88 [ppm]) をガイドライン値としている。

5) Styrene (スチレン) / 220 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、0.05 [ppm]

スチレンは、スチレンモノマーの別名で、ポリスチレン樹脂、合成ゴム、不飽和ポリエステル樹脂などの原料として用いられる常温では油状の無色ないしは黄色の液体状の化学物質である。急性影響としては、目喉、軌道などに対する刺激性を示し、反復曝露により皮膚炎を起こすことがあるとされている。

発ガン性に関しては、IARC、日本産業衛生学会 ACGIH、EPA などにおいて、「人間に対して発ガン性のある物質」から「発ガンの可能性のある物質」にランクされている。一方、催奇形性はないとするものがあるとするものの両方がみられる。厚生労働省のガイドライン値は、ラットにおける最小毒性量 (LOAEL) に基づき、220 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (0.05 [ppm]) とされている。

6) TVOC (総揮発性有機化合物) / 400 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、0.80 [ppm]

以上述べてきた化学物質を含み、室内環境中には数百種類にのぼる揮発性有機化合物があるが、それら全てについて個別のガイドラインを作り、環境監視をすることは事実上不可能である。しかし、上記物質以外の物質のガイドライン値を設定しないままにしておくガイドライン値の設定された物質のみの濃度は下がるが、規制のない物質の濃度が逆に上がるという現象が起きる。例えば、日本においては、ホルムアルデヒドのガイドライン値ができたことによりその室内濃度は大幅に下がったが、それと似た性質を持つにも関わらず、ガイドライン値の設定されていない化学物質、アセトアルデヒドの濃度が高まっている。その様な弊害をなくすため、個々の物質だけでなく化学物質全体として枠を設定する必要がある。その様な考え方でとられるのが、TVOCの規制である。しかし、個々の化学物質だけでもガイドライン値を設定するのが困難であるのにそれらをまとめたTVOCに関する根拠を確立することは容易ではない。特にその根拠として医学的(特に疫学的)に問題のない根拠の確立を待っていたのでは、TVOCのガイドラインなどは永久にできないと言っても過言ではない。そこで、日本の厚生労働省は、必ずしも医学的根拠に基づくとは言えないが、厚生省が実施した居住状態にある住宅での実態調査結果を基として合理的に達成可能なレベルとして判断されたものと言うことで、室内空気質のTVOC暫定目標値を400 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (0.80 [ppm]) とした。

(8) 家庭用空気清浄機のガス状汚染物質除去特性評価法

家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性の評価は、「相当換気量 [m³/h] (ECAR:Equivalent Clean Air Rates)」を用いて行った。以下に、相当換気量の定義と本指標を用いた評価法について示す。空気浄化設備を有する室内定常濃度 C_{ss} [ppm] は、次式にて表される。以下に相当換気量 [m³/h] による評価法について示す。空気浄化設備を有する室内定常濃度 C_{ss} [ppm] は、次式にて表される。

$$C_{ss} = C_0 + \frac{M}{(Q + F)} \quad (1)$$

ここで、 C_0 : 外気濃度 [ppm]、 M : 汚染物質発生量 [ml/h]、 Q : 室換気量 [m³/h]、 F : 空気浄化能力 [m³/h] とする。一般の空調システムにおいて、 F はフィルタ部の浄化能力を示すものであり、次式が成立する。

$$F = \eta \times Q_a \quad (2)$$

ここで、 η : 機器の汚染物質除去率 [%]、 Q_a : 機器の処理風量 [m³/h] とする。

ところが、家庭用の空気清浄機では、フィルタ部における室内空気の通過回数が大きいため、One-pass 法により得られた汚染物質除去率 (除去性能) を用いた室内濃度予測値は、実際の室内濃度と容易に符合しない側面を有している。

そこで、家庭用空気清浄機の評価に用いられるのが、相当換気回数 N [1/h] である。相当換気回数は、実験的に求められる機器の浄化指標である。

すなわち、実験チェンバー内に汚染物質を導入し、空気清浄機非運転時の対象汚染物質濃度の濃度減衰により得られる換気回数 (機器非運転期間の換気回数: N_1 [1/h]) と空気清浄機を運転する場合の対象汚染物質の濃度減衰による換気回数 (機器運転期間の換気回数: N_2 [1/h]) を求めるものである。 N_1 、 N_2 と相当換気回数 N は、次式にて表わされる。

$$N_2 = N_1 + N \quad (3)$$

換気回数 N_1 (機器非運転期間の換気回数)、 N_2 (機器運転期間の換気回数) は、トレーサーガスを用いた濃度減衰法により、(4)、(5) 式にて求まる。

$$N_1 = 2.303 \times \frac{1}{t_1} \times \log \left\{ \frac{(C_1 - C_0)}{(C_2 - C_0)} \right\} \quad (4)$$

$$N_2 = 2.303 \times \frac{1}{t_2} \times \log \left\{ \frac{(C_3 - C_0)}{(C_4 - C_0)} \right\} \quad (5)$$

ここで、 t_1 : 機器非運転期間の測定時間 [h]、 t_2 : 機器運転期間の測定時間 [h]、 C_1 : 機器非運転期間の測定開始時における対象汚染物質濃度 [ppm]、 C_2 : 機器非運転期間の測定開始から t_1 時間後の対象汚染物質濃度 [ppm]、 C_3 : 機器運転期間の測定開始時における対象汚染物質濃度 [ppm]、 C_4 : 機器運転期間の測定開始から t_2 時間後の対象汚染物質濃度 [ppm]、 C_0 , C_0 : チェンバー供給空気の対象汚染物質濃度 [ppm] とする。

上式により、機器の対象汚染物質除去性能が明らかとなる。

さらに、実験チェンバーの気積 R_e [m³] と実験によって求まる相当換気回数 N [1/h] を用いて、空気清浄機の浄化力を室換気量に相当させることが出来る。

尚、このときの室換気量を相当換気量 Q_{eq} [m³/h] と言い、次式にて表す。

$$Q_{eq} (m^3 / h) = N \times R_e \quad (6)$$

ちなみに、(1) 式の F (空気浄化能力) が Q_{eq} と等しくなり、次式が成立する。

$$F = Q_{eq} \quad (7)$$

3.4.3 結果

1) VOC 除去特性

家庭用空気清浄機の機器非運転期間と機器運転期間におけるVOC濃度の経時変化を以下に示す。(図-3.4.3～3.4.7参照) 図中では、横軸に時間[min]、縦軸にチェンバー内のVOC濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]を示している。

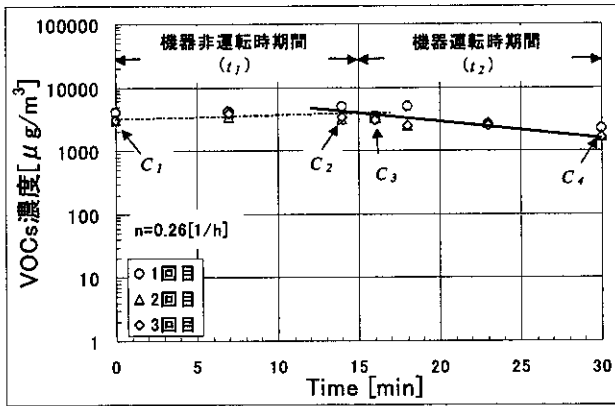


図-3.4.3 機器AC-1運転に伴うVOC濃度の経時変化

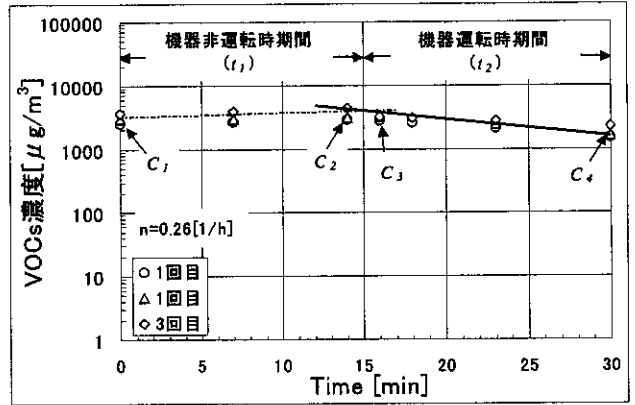


図-3.4.4 機器AC-2運転に伴うVOC濃度の経時変化

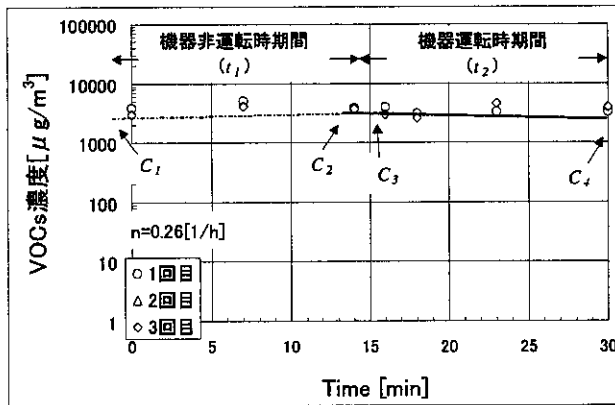


図-3.4.5 機器AC-3運転に伴うVOC濃度の経時変化

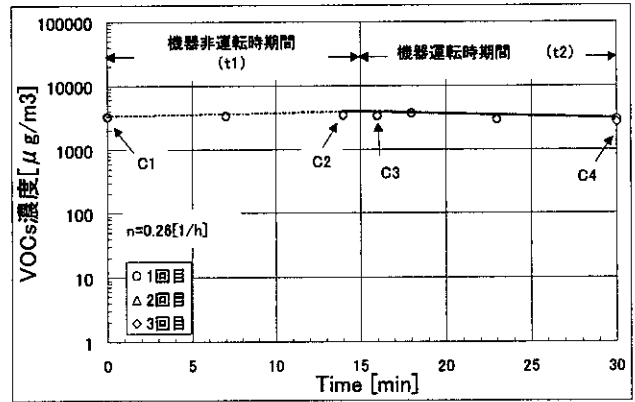


図-3.4.6 機器AC-4運転に伴うVOC濃度の経時変化

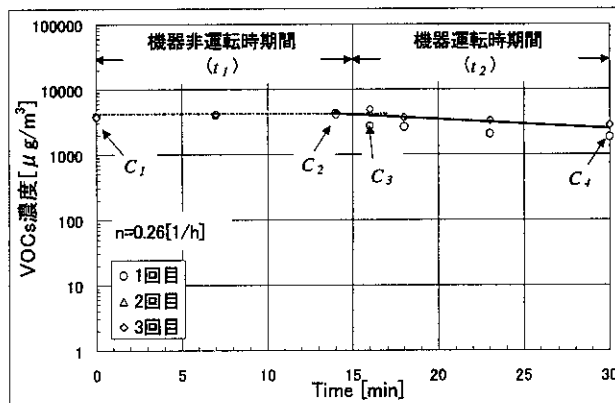


図-3.4.7 機器AC-5運転に伴うVOC濃度の経時変化

2) VOC 成分毎の相当換気量

対象機器のVOC成分に対する相当換気量を以下に示す。(表-3.4.5～3.4.9及び図-3.4.8～3.4.12参照)

表-3.4.5 VOC成分毎の相当換気量(機器AC-1)

分類	Name	相当換気回数(1/h)			相当換気量(m ³ /h)			
		1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	平均値
脂肪族炭化水素	hexane	3.11	3.49	3.67	15.5	17.4	18.2	17.0
	2,4-dimethylpentane	3.33	3.55	3.96	16.6	17.7	19.7	18.0
	heptane	3.12	3.57	4.08	15.5	17.8	20.3	17.9
	octane	3.38	4.32	4.37	16.8	21.5	21.7	20.0
芳香族炭化水素	benzene	3.56	3.58	3.54	17.7	17.8	17.6	17.7
	toluene	4.53	3.77	3.84	22.6	18.8	19.1	20.1
	ethylbenzene	4.34	4.27	4.21	21.6	21.2	20.9	21.3
	m,p-xylene	4.82	3.84	4.20	24.0	19.1	20.9	21.3
	o-xylene	4.63	4.45	6.38	23.0	22.2	31.7	25.6
ハロゲン類	dichloromethane	1.40	2.00	1.64	6.95	10.0	8.16	8.36
	chloroform	2.75	2.91	3.03	13.7	14.5	15.1	14.4
	1,1,1-trichloroethane	2.91	2.66	3.50	14.5	13.2	17.4	15.1
	carbon tetrachloride	2.80	2.81	3.09	13.9	14.0	15.4	14.4
	1,2-dichloroethane	2.98	3.53	2.66	14.9	17.6	13.2	15.2
	trichloroethylene	3.13	3.58	3.29	15.6	17.8	16.4	16.6
	1,2-dichloropropane	3.12	3.22	3.70	15.5	16.0	18.4	16.7
	dibromochloromethane	2.56	2.72	3.99	12.7	13.5	19.9	15.4
	tetrachloroethylene	3.19	3.78	3.87	15.9	18.8	19.2	18.0
エステル類	ethylacetate	1.96	3.81	3.56	9.75	19.0	17.7	15.5
アルコール類	ethanol	0.607	1.94	2.82	3.02	9.68	14.0	8.92
アルデヒドケトン類	acetone	1.67	2.51	1.48	8.31	12.5	7.38	9.39
	methyl ethyl ketone	2.82	3.37	3.28	14.1	16.8	16.3	15.7
	methyl isobutyl ketone	4.69	5.19	5.81	23.3	25.8	28.9	26.0
	TVOC	2.78	3.12	3.19	13.8	15.5	15.9	15.1

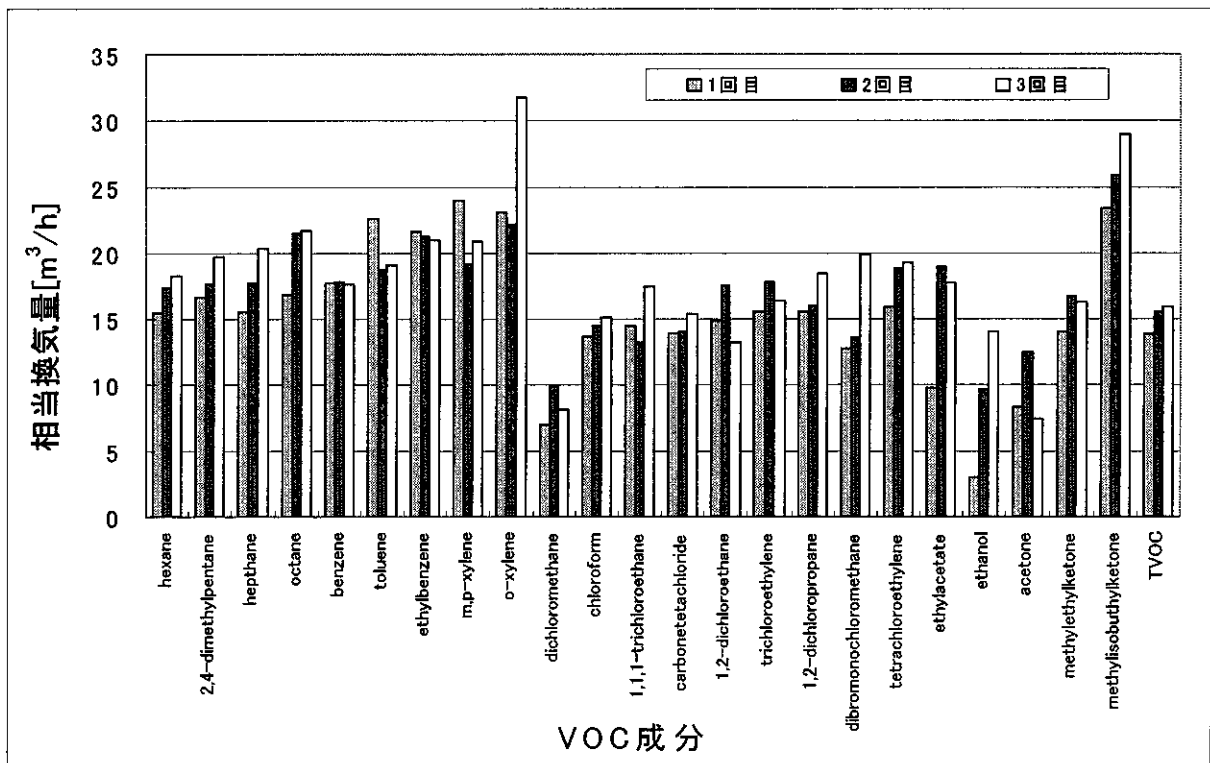


図 3.4.8 VOC成分毎の相当換気量(機器AC-1)

表 3.4.6 VOC 成分毎の相当換気量 (機器 AC-2)

分類	Name	相当換気回数(1/h)			相当換気量(m ³ /h)				
		1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	平均値	
脂肪族炭化水素	hexane	3.27	2.96	2.72	16.26	14.73	13.56	14.85	
	2,4-dimethylpentane	3.30	2.60	2.62	16.40	12.96	13.04	14.13	
	heptane	3.17	3.39	2.51	15.77	16.86	12.48	15.04	
	octane	3.67	2.54	2.87	18.27	12.66	14.28	15.07	
	benzene	3.06	2.46	2.39	15.23	12.26	11.91	13.14	
芳香族炭化水素	toluene	3.34	1.63	2.69	16.64	8.12	13.40	12.72	
	ethylbenzene	2.95	2.14	3.03	14.69	10.64	15.07	13.47	
	m,p-xylene	3.36	1.41	1.24	16.72	7.01	6.19	9.98	
	o-xylene	2.86	3.00	1.21	14.22	14.94	6.05	11.74	
	dichloromethane	2.89	1.94	2.32	14.40	9.64	11.57	11.87	
ハロゲン類	chloroform	3.45	2.81	2.63	17.16	13.97	13.07	14.74	
	1,1,1-trichloroethane	3.21	2.93	2.23	15.99	14.56	11.09	13.88	
	carbon tetrachloride	2.98	2.33	1.80	14.84	11.59	8.97	11.80	
	1,2-dichloroethane	2.97	2.94	1.89	14.80	14.65	9.41	12.95	
	trichloroethylene	3.38	2.71	0.87	16.82	13.48	4.35	11.55	
	1,2-dichloropropane	3.28	3.18	2.63	16.34	15.81	13.07	15.07	
	dibromochloromethane	3.05	3.09	0.67	15.18	15.38	3.33	11.30	
	tetrachloroethylene	2.69	2.95	1.20	13.37	14.66	5.97	11.33	
	エステル類	ethyl acetate	5.05	2.41	3.06	25.12	11.98	15.20	17.43
	アルコール類	ethanol	3.22	2.95	2.33	16.01	14.69	11.61	14.10
acetone		3.36	0.849	3.19	16.72	4.23	15.87	12.27	
アルデヒドケトン類	methyl ethyl ketone	2.44	3.23	1.95	12.12	16.07	9.72	12.64	
	methyl isobutyl ketone	3.08	2.75	3.56	15.34	13.69	17.73	15.59	
	TVOC	3.20	3.03	2.31	15.94	15.06	11.49	14.16	

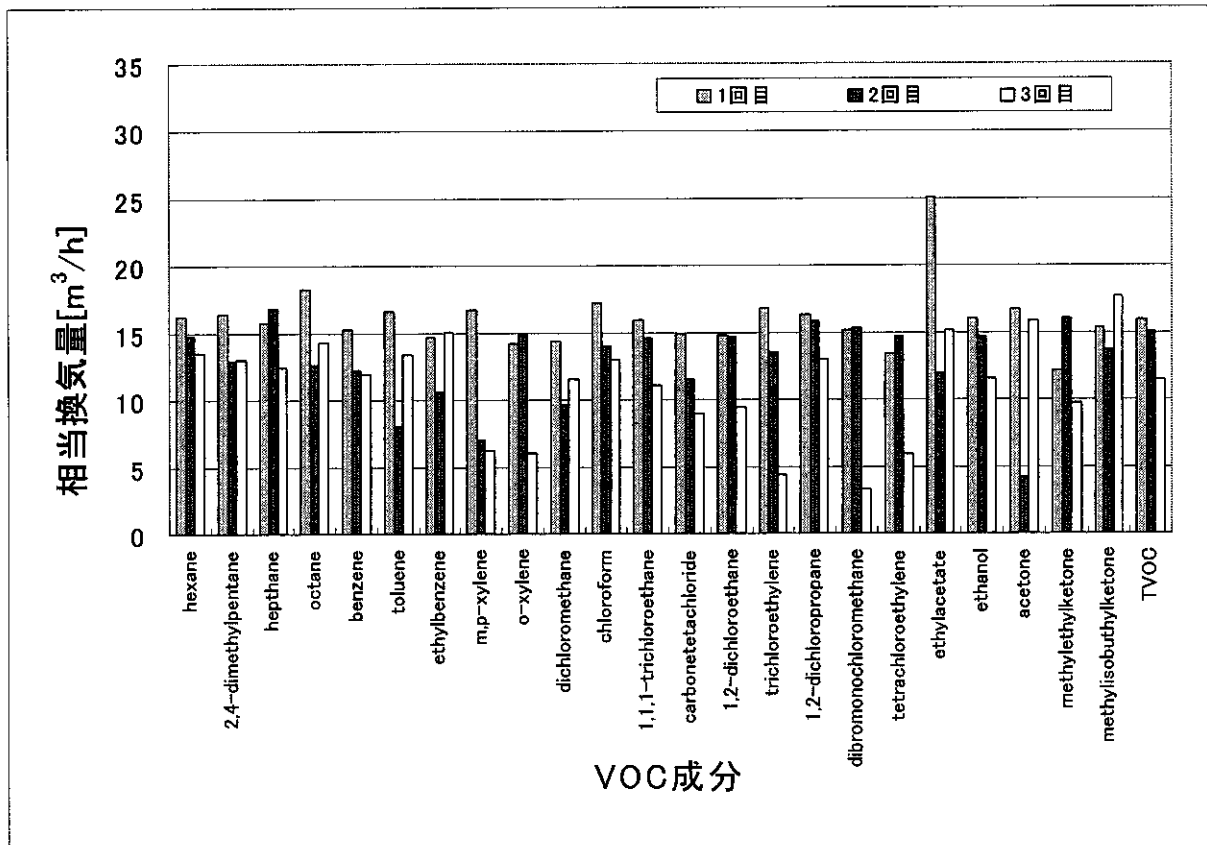


図 3.4.9 VOC 成分毎の相当換気量 (機器 AC-2)

表 3.4.7 VOC 成分毎の相当換気量(機器 AC-3)

分類	Name	相当換気回数(1/h)			相当換気量(m ³ /h)			
		1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	平均値
脂肪族炭化水素	hexane	0.62	0.22	0.00	3.10	1.11	0.00	1.00
	2,4-dimethylpentane	0.18	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00
	heptane	0.45	0.40	0.00	2.23	2.00	0.00	0.20
	octane	0.53	0.00	0.23	2.65	0.00	1.10	1.00
芳香族炭化水素	benzene	1.12	0.00	0.00	5.58	0.00	0.00	0.40
	toluene	1.04	0.00	0.03	5.20	0.00	0.10	0.00
	ethylbenzene	1.15	0.00	0.40	5.75	0.00	2.00	0.10
	m,p-xylene	0.70	0.16	0.08	3.50	0.79	0.40	1.60
	o-xylene	1.98	0.00	0.00	9.83	0.00	0.00	0.00
ハロゲン類	dichloromethane	0.92	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00	0.79
	chloroform	1.81	0.00	0.00	9.03	0.00	0.00	0.60
	1,1,1-trichloroethane	1.75	1.27	0.01	8.70	6.34	0.10	5.00
	carbonetetrachloride	0.99	0.00	0.00	4.92	0.00	0.00	0.00
	1,2-dichloroethane	0.90	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00
	trichloroethylene	0.48	0.82	0.00	2.38	4.07	0.00	1.10
	1,2-dichloropropane	0.48	0.00	0.00	2.37	0.00	0.00	0.00
	dibromonochloromethane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
tetrachloroethylene	0.57	0.00	0.00	2.82	0.00	0.00	0.00	
エステル類	ethylacetate	0.81	0.87	0.06	4.01	4.35	0.30	2.90
アルコール類	ethanol	0.24	0.00	0.20	1.20	0.00	1.00	0.23
アルデヒドケトン類	acetone	0.85	0.00	1.46	4.21	0.00	7.30	1.80
	methylethylketone	0.24	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00
	methylisobutylketone	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TVOC	0.83	0.00	0.00	4.10	0.00	0.00	0.36

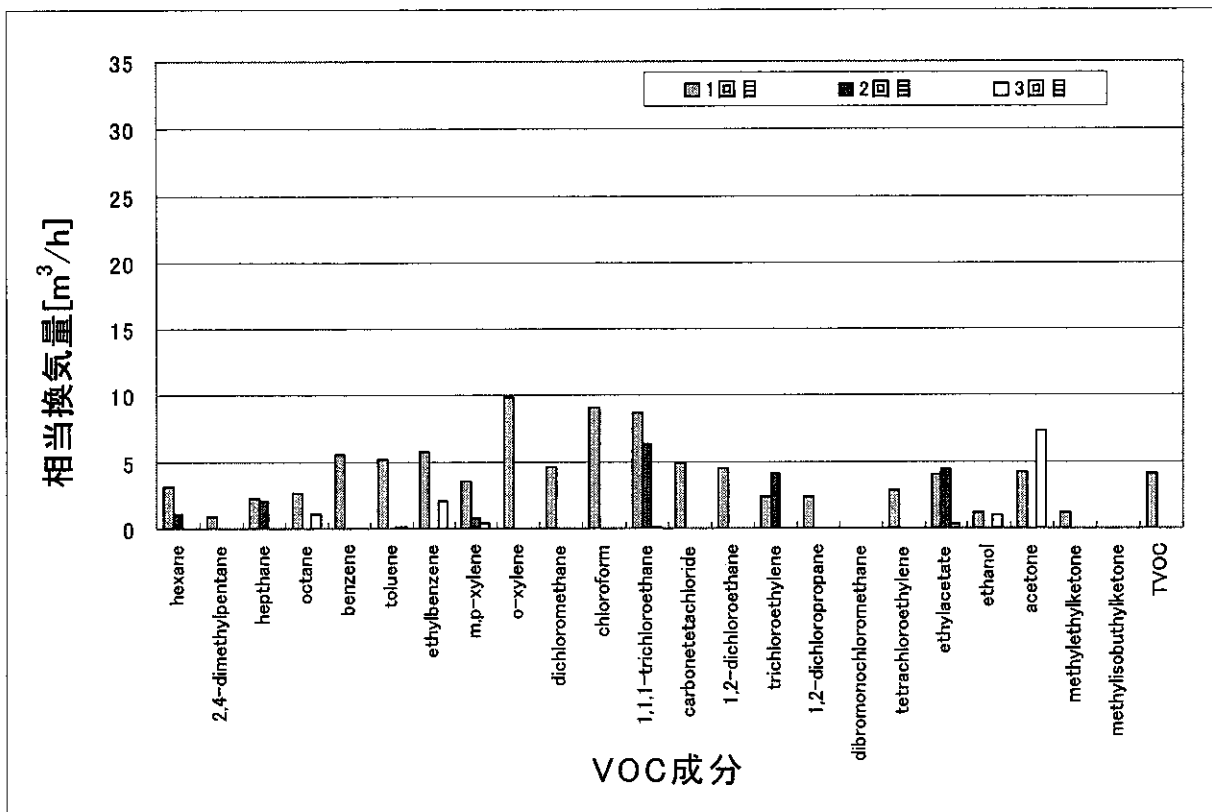


図 3.4.10 VOC 成分毎の相当換気量(機器 AC-3)