

第1章 総括的室内濃度予測法に関する理論的検討

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1.1 室内化学物質濃度の構成について

室内における化学物質の発生と除去機構を図-1.1に示す。

在来より、フローリングや壁紙などの建材、接着剤が化学物質発生源として注目されている。改正建築基準法（ホルムアルデヒド放散建材の使用面積による制限等）により、建材からのホルムアルデヒド放散についての施策が成されたが、トルエン等のVOCについては、今後の検討課題とされている。

一方、居住者により、室内に持ち込まれた家具、衣類、化粧品、家電製品、開放型燃焼器具等の生活用品も注目すべき発生源として指摘されている。

近年、室内化学物質濃度低減対策技術として、家庭用空気清浄機、バイクアウト、多孔質建材、換気システム、封じ系塗料、日用汚染低減対策品などが利用されるようになった。

化学物質の室内濃度(C)は、(1)室内における総化学物質発生量(M)、(2)各種対策技術の対象化学物質総浄化能力(Q_{eq})、(3)室内換気量(Q)、(4)室内における対象化学物質吸着量(aA)等により構成される。

1.2 室内濃度予測式の提案

化学物質の発生と除去機構が存在する室内の化学物質濃度についての理論的検討を行った。

ある任意の時刻t(h)における室内化学物質濃度をC(μg/m³)とすると、ある限られた微小時間dt(h)における室内化学物質濃度の変化dc(μg/m³)は、次式(1)で表される。

$$\frac{dt}{R}(M + QCo - QC - Vt \cdot S \cdot C - aAC - Q_{eq}C) = dc \quad (1)$$

ここで、

M : 室内発生源の対象化学物質総発生量(μg/h)

Q : 室換気量(m³/h)

C_o : 対象化学物質外気濃度(μg/m³)

Q_{eq} : 対策技術の対象化学物質総浄化能力(m³/h)

V_t : 対象化学物質の落下速度(m/h)

S : 床面積(m²)

a : 対象化学物質の吸着速度(m/h)

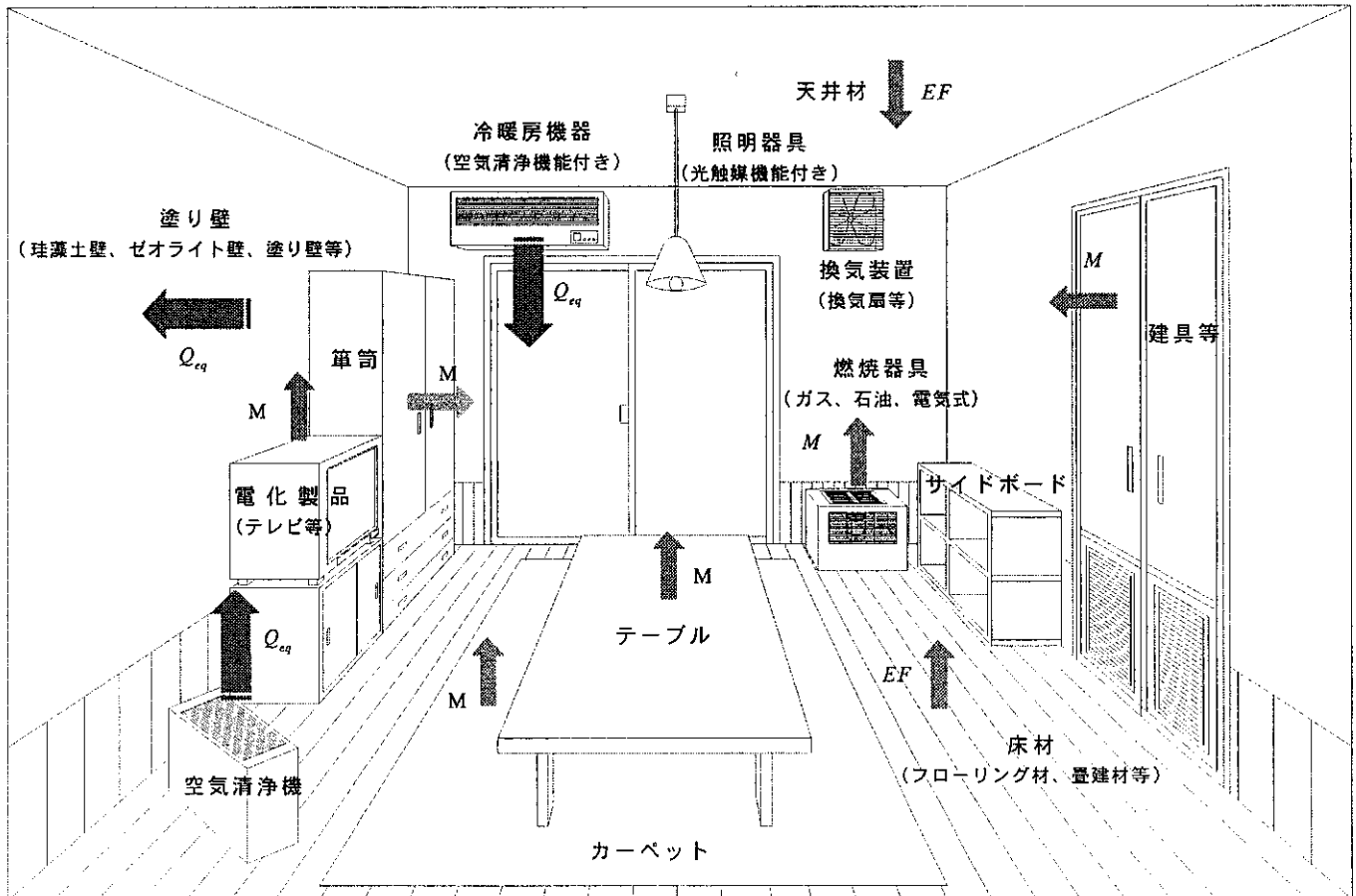


図-1.1 室内における化学物質の発生と除去機構

A : 室内における全吸着面積 (m^2)
とする。

これを展開すると次式(2)となり、さらに(3)式が得られる。

$$(M + QCo) - C(Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}) = R \frac{dc}{dt} \quad (2)$$

$$\frac{1}{C - \frac{M + QCo}{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}}} dc = - \frac{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}}{R} dt \quad (3)$$

$t = 0$ の時、測定開始時における室内化学物質濃度 C_1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) とし、 $C = C_1$ として(2)式を解くことにより、次の室内濃度予測式(4)式を得る。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}}{R} t} + \frac{M + QCo}{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}}{R} t}) \quad (4)$$

室内発生源の化学物質総発生量 M ($\mu\text{g}/\text{h}$) は、建物に起因した建材関連の発生量と居住者による持ち込み品(生活用品等)の発生量との総和で示され、(5)式が成立する。

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \quad (5)$$

ここで、 m_i : 個々の化学物質発生量 ($\mu\text{g}/\text{h}$)

また、各種低減対策技術の対象化学物質総浄化能力 Q_{eq} (m^3/h) は、空気清浄機等の浄化能力 q_{eq} の総和により示され、(6)式が成立する。

$$Q_{eq} = \sum_{i=1}^n (q_{eq})_i \quad (6)$$

ここで、 q_{eq} : 個々の化学物質除去量 (m^3/h)

(5)、(6)式を(4)式に代入し、新たな室内濃度予測式(7)を提案する。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA + \sum_{i=1}^n (q_{eq})_i}{R} t} + \frac{\sum_{i=1}^n m_i + QCo}{Q + Vt \cdot S + aA + \sum_{i=1}^n (q_{eq})_i} (1 - e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA + \sum_{i=1}^n (q_{eq})_i}{R} t}) \quad (7)$$

(7)式を用いることにより、化学物質の発生と除去機構が存在する室内のある任意の時刻 t の室内汚染物質濃度を予測することができる。

すなわち、本研究における「第2編 - 生活用品等からの化学物質の発生に関する研究-」、並びに「第3編 - 各種対策技術の化学物質除去性能に関する研究-」の実験的により得られた個々の室内発生源における化学物質発生量、並びに対策技術による除去量(相当換気量 Q_{eq})を(7)式に代入することで、総括的な室内化学物質濃度の予測が実現する。

1.3 発生源発生量の低減率 (R_r) を取り入れた室内濃度予測法

対策技術による発生源発生量の低減率を取り入れた室内濃度予測法の具体例として、ベイクアウト実施室における室内濃度

予測法について、以下に示す。

1) ベイクアウト実施後の室内濃度予測法

前項(4)式を用いることにより、ある任意の時間の室内濃度予測が実現できる。

主要な化学物質の室内発生部位は、床、壁、天井であり、各部位のベイクアウト実施後における単位面積当たりの発生量を M_{ak} 、各部位の発生量面積を A_k とすれば、室内総発生量 M_a [$\mu\text{g}/\text{h}$] は、次式(9)にて表せる。

$$M_a = m_{a1}A_1 + m_{a2}A_2 + m_{a3}A_3 + m_{aet}A_{et} \\ = \sum_{k=1}^n m_{ak}A_k + m_{aet}A_{et} \quad (8)$$

ここで、 m_{a1} : ベイクアウト実施後における床の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、 m_{a2} : ベイクアウト実施後における壁の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、 m_{a3} : ベイクアウト実施後における天井の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、 m_{aet} : ベイクアウト実施後におけるその他部材の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、 m_{ak} : ベイクアウト実施後の各部位毎の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、 A_1 : 床の発生表面積 [m^2]、 A_2 : 壁の発生表面積 [m^2]、 A_3 : 天井の発生表面積 [m^2]、 A_{et} : その他の部位の発生表面積 [m^2]、 A_k : 各部材の発生表面積 [m^2] とする。

ベイクアウト実施後の発生量 m_{ak} [$\mu\text{g}/\text{h}$] は、次式(10)にて表される。

$$m_{ak} = m_{bk} \left(1 - \frac{R_{bk}}{100} \right) \quad (9)$$

ここで、 M_{bk} : ベイクアウト実施前における各部材の単位面積当たりの発生量 [$\mu\text{g}/\text{h}$] (部材レベルの建材試験により求める。本研究の「ベイクアウト実験」の「ベイクアウト実施前」の濃度測定値に実験チェンバーへの通気量を乗ずることにより発生量が求まる。)、 R_{bk} : ベイクアウトによる建材部位毎の室内発生量減少率 [%] である。

(9)、(10)式を(8)に導入すれば、次式(11)にてベイクアウト実施後の室内濃度 C が求められる。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA}{R} t} \\ + \frac{\sum_{k=1}^n \{ m_{bk} (1 - \frac{R_{bk}}{100}) A_k \} + m_{bet} (1 - \frac{R_{bet}}{100}) A_{bet} + QCo}{Q + Vt \cdot S + aA} (1 - e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA}{R} t}) \quad (10)$$

2) ベイクアウト実施後の室内濃度予測

ベイクアウト実施後の室内濃度を予測するにあたり、床(FFC1)、壁(FWG1)、天井(FCL1)の建材を対象とし、約6畳(2.3 m^3)の居室を想定した。

(10)式より、ベイクアウト実施後の室内定常濃度が求められ、予想される室全体の低減効果を表-1.5に示す。

表-1.1 床、壁、天井部の構成

部材	試験片		仕様建材・施工剤	
	記号	厚さ[mm]	種別等	
床	FFC1	60	合成ゴムデラックス(F☆☆☆☆)	
			塩ビシート(F☆☆☆☆)	
			コンクリート平板	
壁	FWG1	38	ビニルクロス(F☆☆☆☆)	
			接着剤(澱粉系)(F☆☆☆☆)	
			石膏ボード	
天井	FCL1	6	APE塗装(F☆☆☆☆)	
			珪酸カルシウム板	
			LGS下地	

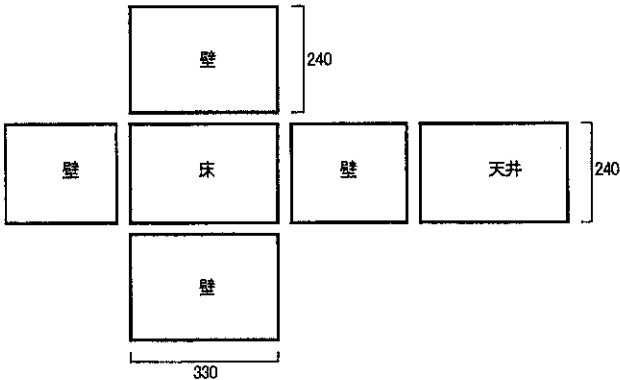


図-1.2 予測居室の展開図

表-1.2 ベイクアウト実施前後の単位面積当たりのホルムアルデヒド発生量

	B.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)	A.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)
床:FFC1	2.07	1.22
壁:FWG1	3.15	2.25
天井:FCL1	3.29	2.68

* B.b.: ベイクアウト実施前、A.b.: ベイクアウト実施後

表-1.3 ベイクアウト実施前後の単位面積当たりのアセトアルデヒド発生量

	B.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)	A.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)
床:FFC1	2.14	1.60
壁:FWG1	3.88	2.55
天井:FCL1	6.44	3.45

* B.b.: ベイクアウト実施前、A.b.: ベイクアウト実施後

表-1.4 ベイクアウト実施前後の単位面積当たりのTVOC発生量

	B.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)	A.b.の単位面積当たりの発生量(μg/m ² ・h)
床:FFC1	93.2	71.8
壁:FWG1	10.21	7.46
天井:FCL1	16.3	11.4

* B.b.: ベイクアウト実施前、A.b.: ベイクアウト実施後

表-1.5 ベイクアウト実施前後の室内濃度予測値

	室内定常濃度[μg/m ³]		低減率[%]
	実施前	実施後	
ホルムアルデヒド	13.5	9.73	27.9
アセトアルデヒド	18.3	11.5	37.2
TVOC	121	90.8	25.0

ホルムアルデヒドでは27.9[%]、アセトアルデヒドでは37.2[%]、TVOCでは25.0[%]の室内濃度低減が予測される。

1.4 相当換気量 Q_{eq} の化学物質除去機構を有する室内の濃度予測法

ある一定の化学物質除去機構を有する室内の濃度予測について検討を行った。ここでは具体例として、空気清浄機使用室のVOC濃度予測を示す。

1) 空気清浄機使用室における汚染物質濃度予測式の検討

家庭用空気清浄機使用室の汚染物質濃度予測式を理論的に検討した。

ある任意の時間における室内化学物質濃度を C [μg/m³]とすると、ある限られた短時間 dt [h]における室内化学物質濃度の変化 dc [μg/m³]は、次式(11)は次式にて表される。

$$dc = dt(M + QC_0 - QC - VtSC - \alpha RC - Q_{eq}C) \quad (11)$$

ここで、 M : 化学物質発生量[μg/h]、 Q : 室換気量[m³/h]、 C_0 : 外気濃度[μg/m³]、 Vt : 化学物質落下速度[m/h]、 S : 床面積[m²]、 α : 室の化学物質吸着率[1/h]、 R : 室の気積[m³]、 Q_{eq} : 相当換気量[m³/h]とする。

また、化学汚染物質の吸着面への吸着速度 a [m/s]、室の全吸着面積 A [m²]とすると、次の(12)式が成立する。

$$\alpha = \frac{aA}{R} \quad (12)$$

$t=0$ [h]の時、室内濃度を C_1 [μg/m³]とし、 $C=C_1$ として(11)、(12)式を解くと、次の(13)式が得られる。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q+VtS+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QC_0}{Q+VtS+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+VtS+aA+Q_{eq}}{R}t}) \quad (13)$$

上式を用いて、空気清浄機使用室の汚染物質濃度予測が行える。

2) VOCの室内濃度予測値と実測値との比較

実験室実験により求められた家庭用空気清浄機のVOC相当換気量 Q_{eq} [m³/h]を(13)式に代入し、室内VOC濃度の予測を行った。

ただし、ここではガス状物質が対象であるため、自然落下による減衰はないものとした。また、AC-3は、相当換気量がほぼ

表-1.6 対象空気清浄機の概要

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

* 1: Ultra low penetration air filter

* 2: High efficiency penetration air filter

0 であり、予測の対象とはしていない。

予測条件は、濃度減衰法を用いているため $M=0[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ とし、 $n=0.006[1/\text{h}]$ 、 $R=4.98[\text{m}^3]$ 、 $VtS=0$ 、 $aA=0$ とした。

3) 実測値と予測値の符号率

VOC 濃度の実測値と濃度予測値との比較検討を行った。結果の一例を図-1.2~1.5に示す。

機器非運転期間において、実測値と濃度予測値の濃度変化は、ほとんど示されなかったが、機器運転期間では時間の経過に伴い、AC-3を除く全ての機種で濃度減少が示された。

次に、実測値と予測値との符号率を表-1.2に示す。両者は、全機種で66.8~98.8[%]、平均で90.5[%]と高い精度で符合した。ただし、AC-5は実験回数を重ねる毎に実測値が濃度予測値を上回る現象が示されたが、この要因としては、フィルターからのVOC成分の再放出が考えられる。

表-1.2 機器のVOC相当換気量(Q_{eq})

機種	相当換気量 $Q_{eq}[\text{m}^3/\text{h}]$			
	1回目	2回目	3回目	平均値
AC-1	13.8	15.5	15.9	15.1
AC-2	15.9	15.1	11.5	14.2
AC-3	-	-	-	-
AC-4	4.70	1.70	6.70	4.40
AC-5	10.7	22.4	13.5	16.3

表-1.3 VOC濃度の実測値と予測値の符号率

機種	実験回数	符号率[%]						
		機器非運転期間			機器運転期間			
		0min	7min	14min	1min	3min	8min	15min
AC-1	1回目	100	96.0	-	91.6	-	93.7	87.8
	2回目	100	90.1	95.5	86.9	97.0	73.9	83.0
	3回目	100	-	89.2	86.9	97.5	78.6	82.6
	平均値	100	93.0	92.4	88.5	97.3	82.1	84.5
AC-2	1回目	100	94.7	87.7	85.3	84.0	78.5	74.9
	2回目	100	98.2	97.0	89.9	92.1	82.6	87.2
	3回目	100	93.3	-	92.7	96.9	95.0	88.8
	平均値	100	95.4	92.4	89.3	91.0	85.4	83.5
AC-4	1回目	100	95.4	92.9	88.9	83.9	96.9	86.9
	2回目	100	91.5	94.7	93.4	92.2	83.3	98.6
	3回目	100	95.4	92.9	92.8	82.2	91.8	86.3
	平均値	100	94.1	93.5	91.7	86.1	90.6	90.6
AC-5	1回目	100	94.6	90.5	73.6	86.3	70.8	81.3
	2回目	100	98.8	-	93.7	91.6	86.6	-
	3回目	100	89.8	91.7	-	88.0	78.1	66.8
	平均値	100	94.4	91.1	83.6	88.6	78.5	74.1

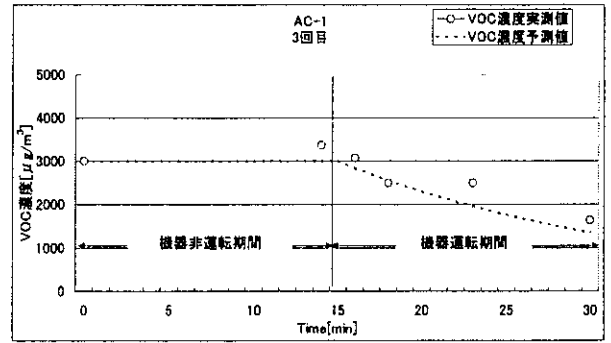


図-1.2 VOC濃度の実測値と予測値 (AC-1)

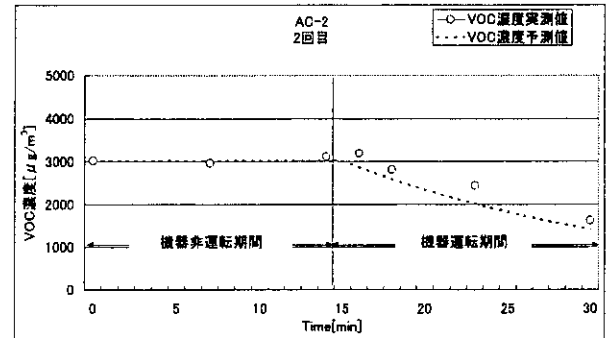


図-1.3 VOC濃度の実測値と予測値 (AC-2)

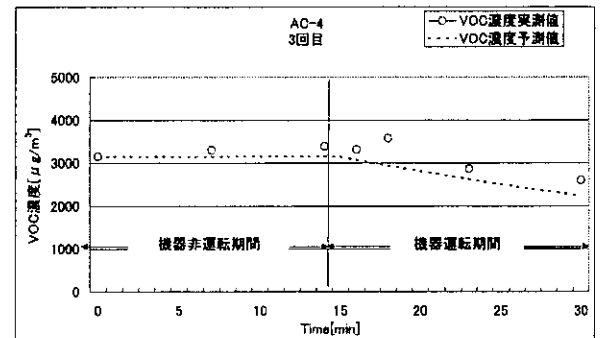


図-1.4 VOC濃度の実測値と予測値 (AC-4)

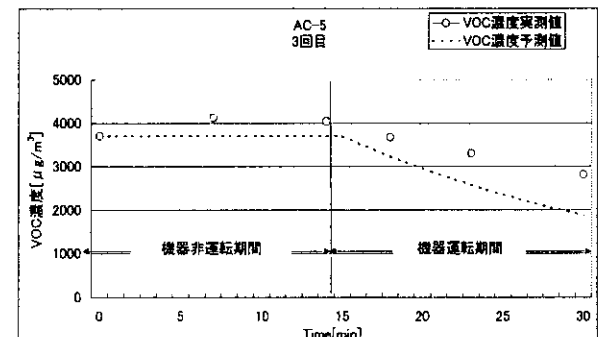


図-1.5 VOC濃度の実測値と予測値 (AC-5)

第2章 室内発生源の発生量について

第2章 室内発生源の発生量について

野崎淳夫 (東北文化学園大学)

2.1 発生量 (M)

第2編の実験室実験により得られた生活用品等のホルムアルデヒドとVOC発生量を図-2.1、図-2.2に示す。

2.1.1 ホルムアルデヒド

家具(住設家具、一般家具)、衣類、電気式暖房器具(電気毛布、コタツ、電気ストーブ、セラミックヒーター、ハロゲンヒーター)におけるホルムアルデヒドの発生量の範囲が明らかになった。(図-2.1参照)

住設家具のホルムアルデヒド発生量Mは、28.0~243[μg/h](Ave.89.5[μg/h], n=4)、一般家具の発生量Mは、20.0~360[μg/h](Ave.162[μg/h], n=5)、衣類の発生量Mは、0~0.167[μg/h](Ave.0.0949[μg/h], n=11)、電気毛布の発生量Mは、0.320~5.46[μg/h](Ave.2.06[μg/h], n=9)、コタツの発生量Mは、15.5~18.6[μg/h](Ave.16.9[μg/h], n=3)、

電気ストーブの発生量Mは、0~292[μg/h](Ave.99.3[μg/h], n=2)、セラミックヒーターの発生量Mは、0~214[μg/h](Ave.56.8[μg/h], n=2)、ハロゲンヒーターの発生量Mは、0~404[μg/h](Ave.119[μg/h], n=2)を示した。

2.1.2 VOC

家具(住設家具、一般家具)、衣類、電気式暖房器具(電気毛布、コタツ、電気ストーブ、セラミックヒーター、ハロゲンヒーター)、コピー機(コピー機、レーザープリンタ、インクジェットプリンタ)、開放型石油燃焼器具(反射、対流、ファン)におけるVOC発生量の範囲が明らかになった。(図-2.2参照)

住設家具のVOC発生量Mは、244~5187[μg/h](Ave.2099[μg/h], n=4)、一般家具の発生量Mは、29.2~38178[μg/h](Ave.6678[μg/h], n=6)であったが、38178[μg/h]の発生を示した。家具は化学物質発生の抑制を意図した封止系塗料を実験

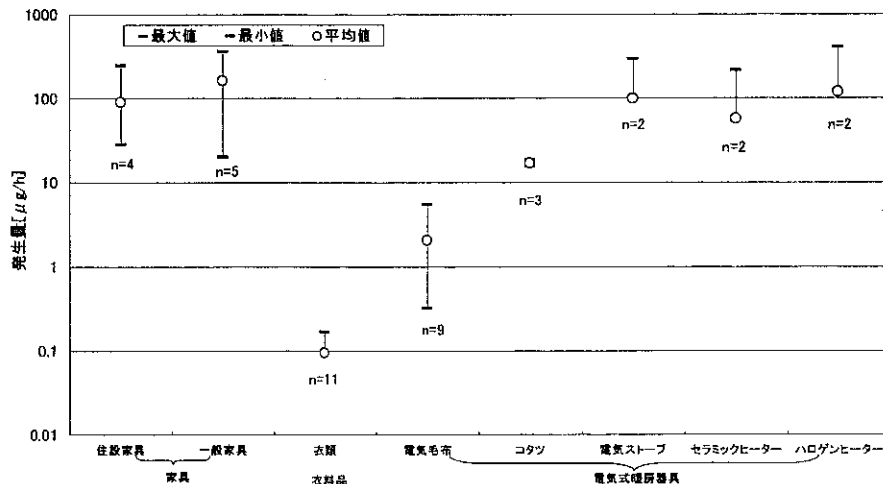


図-2.1 生活用品等からのホルムアルデヒド発生量 (M)

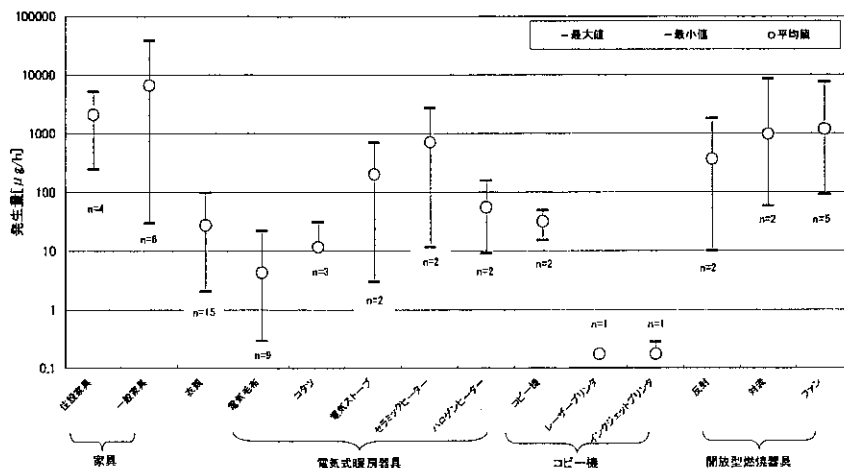


図-2.2 生活用品等からのVOC発生量 (M)

2 日前に塗布した。これにより溶剤のエタノールが検出され、大きな発生量を示している。一般的家具は数100～数1000[$\mu\text{g}/\text{h}$]の範囲にあるのではないかと考える。衣類の発生量 M は、2.07～96.7[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 27.5[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=15$)、電気毛布の発生量 M は、0.290～22.0[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 4.27[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=9$)、コタツの発生量 M は、0～30.6[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 11.7[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=3$)、電気ストーブの発生量 M は、3.00～698[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 202[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、セラミックヒーターの発生量 M は、11.7～2704[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 709[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、ハロゲンヒーターの発生量 M は、9.03～155[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 54.7[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、電気ストーブの発生量 M は、3.00～698[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 202[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、セラミックヒーターの発生量 M は、11.7～2704[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 709[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、ハロゲンヒーターの発生量 M は、9.03～155[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 54.7[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、コピー機の発生量 M は、15.1～698[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 202[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、レーザープリンタの発生量 M は、0.174[$\mu\text{g}/\text{h}$] ($n=1$)、インクジェットプリンタの発生量 M は、0.277[$\mu\text{g}/\text{h}$] ($n=1$)、開放型石油燃焼器具 (反射式) の発生量 M は、10.0～1792[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 363[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、開放型石油燃焼器具 (対流式) の発生量 M は、57.0～8434[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 977[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=2$)、石油ファンヒーターの発生量 M は、89.0～7558[$\mu\text{g}/\text{h}$] (Ave. 1180[$\mu\text{g}/\text{h}$], $n=5$) を示した。

2.2 放散速度 (EF)

第2編の実験室実験により得られた生活用品等のVOC放散速度を図-2.3に示す。

2.2.1 VOC

スプレー式塗料 (アクリル、ウレタン、ビニル、その他)、自然塗料、フローリング (塗装無、塗装有)、化粧品 (シャンプー、ヘアリキッド、ヘアスプレー) におけるVOC放散速度の範囲が明らかになった。(図-2.3参照)

スプレー式塗料 (アクリル) のVOC放散速度 EF は、1259～56864[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 22611[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=15$)、スプレー式塗

料 (ウレタン) の放散速度 EF は、1919～34046[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 17983[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=2$)、スプレー式塗料 (ビニル) の放散速度 EF は、19175～31762[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 25469[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=2$)、スプレー式塗料 (その他) の放散速度 EF は、13188～29061[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 21125[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=2$)、自然塗料の放散速度 EF は、258～668[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 411[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=5$)、

フローリング (塗装無) の放散速度 EF は、14.8～168[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 59.2[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=6$)、フローリング (塗装有) の放散速度 EF は、55.5～411[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 197[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=7$)、シャンプーの放散速度 EF は、74.0～1431[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 687[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=5$)、ヘアリキッドの放散速度 EF は、981～71541[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 29216[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=3$)、ヘアスプレーの放散速度 EF は、81761～3066038[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$] (Ave. 1098664[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$], $n=4$) を示した。

尚、スプレー式塗料については、下地材に塗布直後の放散速度を示したものである。また、化粧品については、液状の放散速度を示したものである。

2.3 発生量のまとめ

2.1、2.2の項では、生活用品の一部について、ホルムアルデヒドとVOCの発生量 (M) と放散速度 (EF) の範囲を明確なものとした。これらの資料を1.2の項における(5)式に代入することで、室内発生源の化学物質総発生量 (M) が定量的に明らかになる。

また、この室内総発生量 (M) と新たに提案した(7)式を用いることで、個々の室内発生源を取り入れた総括的な室内濃度予測が実現する。

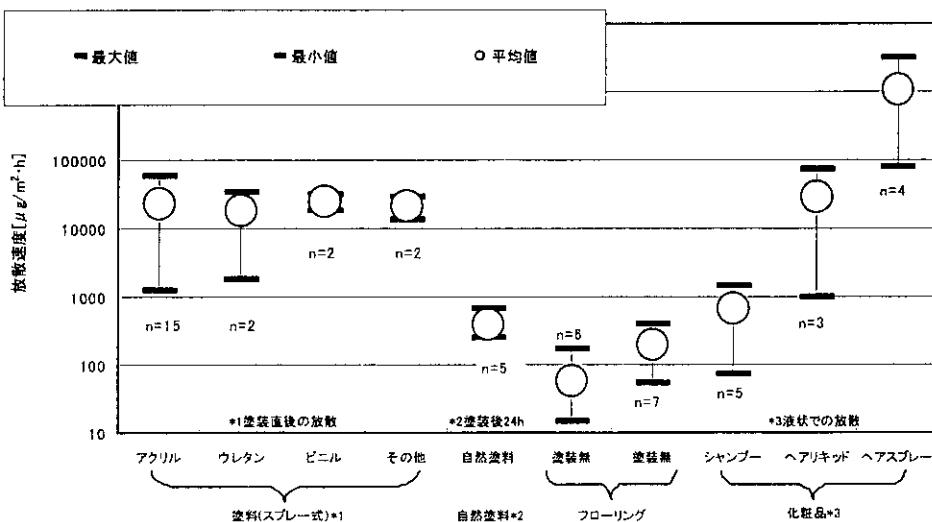


図-2.3 生活用品等からのVOC放散速度 (EF)

第3章 対策技術の除去性能について

第3章 対策技術の除去性能について

野崎淳夫（東北文化学園大学）

3.1 低減効果 (R_r)

第3編の実験室実験により得られた対策技術によるホルムアルデヒドとVOC発生源発生量の低減率 (R_r) を図-2.4、図-2.5に示す。

3.1.1 ホルムアルデヒド

ベイクアウト（床、壁、天井）、封止系塗料（エマルジョン、セラック、グラファイト重合塗膜）におけるホルムアルデヒドの発生源発生量の低減率 (R_r) の範囲が明らかになった。（図-2.4 参照）

ベイクアウトによる床の低減率 (R_r) は、11.7～36.5 [%] (Ave. 23.7 [%], n=4)、ベイクアウトによる壁の低減率 (R_r) は、10.7～21.1 [%] (Ave. 15.2 [%], n=4)、ベイクアウトによる天井の低減率 (R_r) は、8.02～48.5 [%] (Ave. 31.4 [%], n=4)、封止系塗料（エマルジョン）による低減率 (R_r) は、2.34～67.2

[%] (Ave. 34.8 [%], n=12)、封止系塗料（セラック）による低減率 (R_r) は、18.0～80.3 [%] (Ave. 49.2 [%], n=12)、封止系塗料（グラフト重合塗膜）による低減率 (R_r) は、13.0～92.0 [%] (Ave. 65.1 [%], n=13)を示した。

3.1.2 VOC

畳建材（畳表、畳床）、ベイクアウト（床、壁、天井）、第2種換気システム、封止系塗料（グラファイト重合塗膜）、日用汚染低減対策品におけるVOCの低減率 (R_r) の範囲が明らかになった。（図-2.5 参照）

畳表による低減率 (R_r) は、4.40～66.2 [%] (Ave. 19.3 [%], n=6)、畳床による低減率 (R_r) は、3.00～76.9 [%] (Ave. 36.2 [%], n=10)、ベイクアウトによる床の低減率 (R_r) は、5.89～27.8 [%] (Ave. 19.4 [%], n=4)、ベイクアウトによる壁の低減率 (R_r) は、5.00～32.9 [%] (Ave. 22.4 [%], n=5)、ベイク

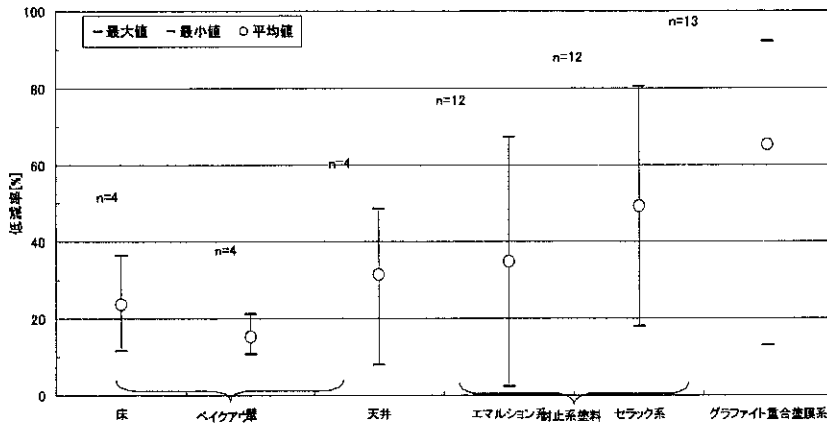


図-2.4 対策技術による発生源発生量のホルムアルデヒド低減効果 (R_r)

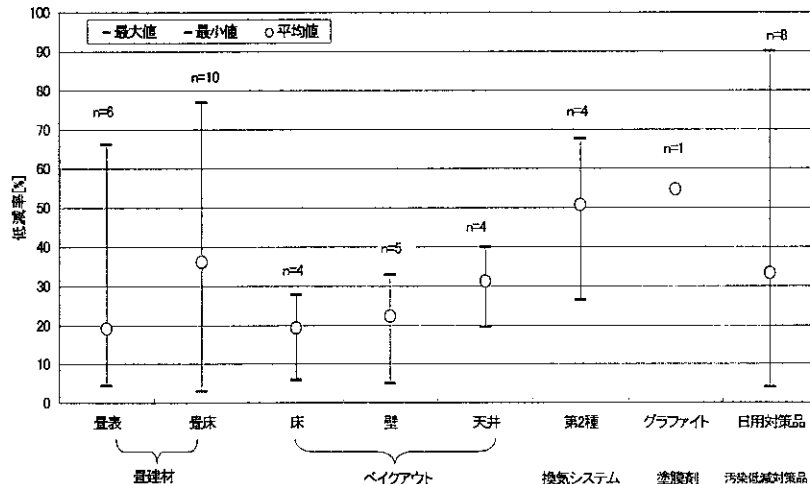


図-2.5 対策技術による発生源発生量のVOC低減効果 (R_r)

アウトによる天井の低減率 (R_r) は、19.6～39.9[%] (Ave. 31.3 [%]、 $n=4$)、換気システムによる低減率 (R_r) は、26.5～67.7 [%] (Ave. 50.8 [%]、 $n=4$)、封止系塗料 (グラフト重合塗膜) による低減率 (R_r) は、54.7 [%] ($n=1$)、日用汚染低減対策品による低減率 (R_r) は、4.00～90.0 [%] (Ave. 33.4 [%]、 $n=8$) を示した。

3.2 相当換気量 (Q_{eq})

第3編の実験室実験により得られた対策技術によるホルムアルデヒドとVOCの相当換気量 (Q_{eq}) を図-2.6、図-2.7に示す。

3.2.1 ホルムアルデヒド

家庭用空気清浄機、塗り壁材におけるホルムアルデヒドの相当換気量 (Q_{eq}) の範囲が明らかになった。(図-2.6 参照)

家庭用空気清浄機によるホルムアルデヒドの相当換気量 (Q_{eq}) は、8.10～19.9[m³/h] (Ave. 15.2[m³/h]、 $n=4$)、塗り壁材による相当換気量 (Q_{eq}) は、0.0612～5.42[m³/h・m²] (Ave. 1.84[m³/h・m²]、 $n=8$) を示した。

尚、図-2.6中の塗り壁によるホルムアルデヒド相当換気量は、気流0.2～0.3[m/s]における単位面積当たりの相当換気量(換気量換算値[m³/h・m²])を示したものであり、無風の室内では、このような比較的大きな除去性能は示されないものと考えられる。

3.2.2 VOC

家庭用空気清浄機、塗り壁材におけるVOC相当換気量 (Q_{eq}) の範囲が明らかになった。(図-2.6 参照) 家庭用空気清浄機によるVOC相当換気量 (Q_{eq}) は、4.26～40.5[m³/h] (Ave. 13.0[m³/h]、 $n=10$)、塗り壁材による相当換気量 (Q_{eq}) は、0.0247～0.137[m³/h・m²] (Ave. 0.0640[m³/h・m²]、 $n=8$) を示した。

尚、図-2.7中の塗り壁によるVOC相当換気量は、気流0.2～0.3[m/s]における単位面積当たりの相当換気量(換気量換算値[m³/h・m²])を示したものである。

3.3 除去性能のまとめ

3.1、3.2の項では、代表的対策技術について、ホルムアルデヒドとVOCの低減率(R_r)と相当換気量(Q_{eq})の範囲を明確なものとした。これらの資料を1.2の項における(6)式に代入することで、ある一定の除去機構を有する室内の化学物質総除去量(Q_{eq})が定量的に明らかになる。

また、除去量(Q_{eq})と新たに提案した(7)式を用いることで、除去機構を有する室内の総括的な濃度予測が実現する。

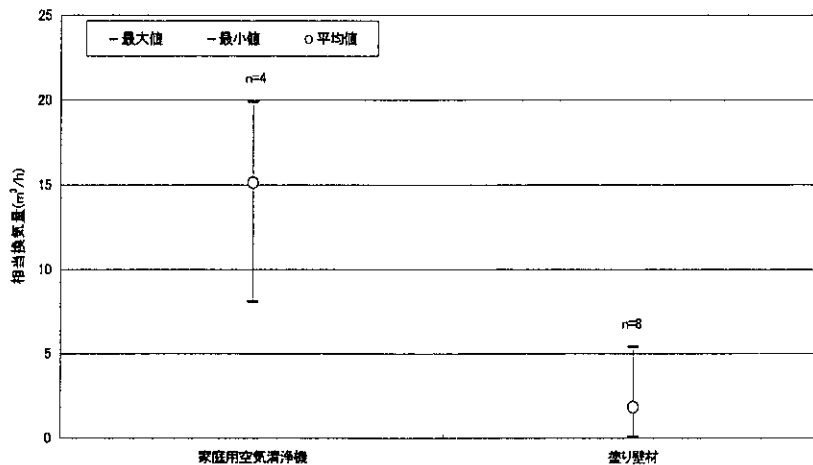


図-2.6 対策技術のホルムアルデヒド除去性能 (Q_{eq})

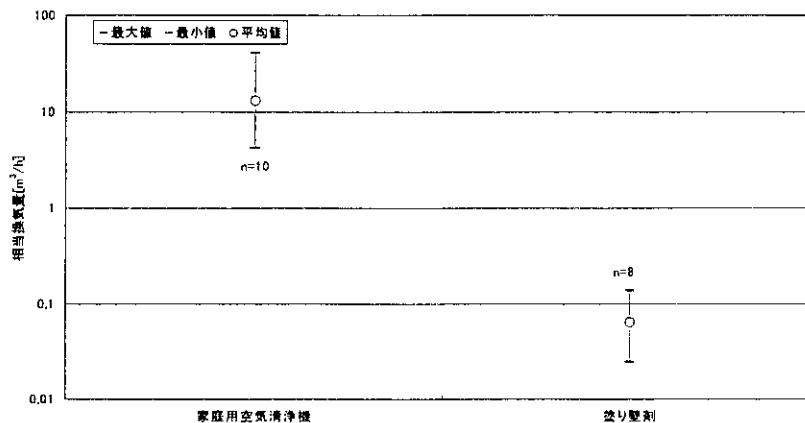


図-2.7 対策技術のVOC除去性能効果 (Q_{eq})

資料 研究成果の一覧

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 原著論文

- 1) 野崎淳夫、清澤裕美、吉澤晋：家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能と室内濃度予測に関する研究（その1）－環境とタバコ煙に対する除去効果－、日本建築学会環境系論文集、No.576、2004年2月
- 2) 飯倉一雄、野崎淳夫、坊垣和明、吉澤晋：室内化学物質汚染低減対策としてのベイクアウト効果（その3）、室内VOC、ホルムアルデヒド汚染に関する研究（その4）、日本建築学会計画系論文集、No.568、pp.57～62、2003年6月
- 3) 野崎淳夫、飯倉一雄、坊垣和明、吉澤晋：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトの効果（その2）、室内VOC、ホルムアルデヒド汚染に関する研究（その3）、日本建築学会計画系論文集、No.557、pp.73～79、2002年7月
- 4) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅：家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究、ホルムアルデヒド除去効果、日本建築学会計画系論文集、No.554、pp.35～40、2002年4月

2. 発表論文

①測定評価法

- 1) 野崎淳夫：室内化学物質汚染低減対策品の試験評価法と除去性能に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.220～221、2003年12月
- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄、池田耕一、吉澤晋：PIDモニタにおける室内VOC濃度の測定性に関する研究、室内環境学会平成14年度総会抄録集、pp.174～175、2002年
- 3) 野崎淳夫、杉野目陽子：汚染低減対策品における測定評価法、室内空気環境とその快適性に関する研究（その4）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.42～43、2002年9月
- 4) 野崎淳夫、杉野目陽子、景山貴浩：日用品汚染低減対策品の化学物質除去性能試験法に関する研究（その1）、日本建築学会講演梗概集、pp.953～954、2003年9月

②生活用品からの化学物質の発生

a) 家具

- 1) 野崎淳夫、浅野康明：学校用木製家具からの化学物質の発生に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.64～65、2003年12月
- 2) 野崎淳夫、橋本康弘、工藤彰訓、笹原怜子：家具からの化学物質の発生について（その1）、室内空気環境とその快適性に関する研究（その24）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.54～55、2003年11月
- 3) 野崎淳夫、浅野康明、折笠智昭、若生文隆：家具からの化学物質の発生について（その2）、室内空気環境とその快適性に関する研究（その25）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.56～57、2003年11月

b) 衣類

- 1) 野崎淳夫、橋本康弘、古川哲也：衣料品からのホルムアルデヒドとVOCの発生、室内空気環境とその快適性に関する研究（その11）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.68～69、2002年9月

c) 家庭用機器

- 1) 野崎淳夫、吉澤晋、折笠智昭：開放型石油暖房器具からのVOCの発生に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.62～63、2003年12月
- 2) 野崎淳夫、橋本康弘：事務機器からの化学物質の発生に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.66～67、2003年12月
- 3) 野崎淳夫、浅野康明：家電製品から有害化学物質の発生について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その16）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.42～43、2003年11月
- 4) 野崎淳夫、橋本康弘、吉澤晋：事務機器からの室内オゾン濃度予測について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その22）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.18～19、2003年11月
- 5) 野崎淳夫、浅野康明：家電製品からの化学物質発生に関する研究、日本建築学会講演梗概集、pp.957～958、2003年9月
- 6) 野崎淳夫、折笠智昭、吉澤晋：開放型燃焼器具からの化学物質の発生に関する研究、日本建築学会講演梗概集、pp.963～964、2003年9月

- 7) 野崎淳夫、橋本康弘、吉野博：オゾン利用機器によるオゾン発生と室内化学物質除去特性に関する研究、日本建築学会講演梗概集、pp.987～988、2003年9月
- 8) 野崎淳夫、武田康、吉澤晋、若井正一、八町雅康：脱臭機、空気清浄機、コピー機からのオゾン発生と室内濃度予測に関する研究、室内環境学会平成14年度総会抄録集、pp.98～101、2002年
- 9) 野崎淳夫、浅野康明：開放型燃焼器具からのホルムアルデヒドの発生、室内空気環境とその快適性に関する研究（その5）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.56～57、2002年9月
- 10) 野崎淳夫、吉澤晋、工藤彰訓：事務機器からのオゾン発生と室内濃度予測、室内空気環境とその快適性に関する研究（その9）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.64～65、2002年9月
- 11) 野崎淳夫、吉野博、天野健太郎、山川拓：オゾンによる室内化学物質の除去に関する研究、室内空気環境とその快適性に関する研究（その10）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.66～67、2002年9月
- 12) 野崎淳夫、飯倉一雄：室内オゾン汚染に関する研究（1）、各種オゾン発生源と室内濃度、日本建築学会講演梗概集、pp.973～974、2002年
- 13) 野崎淳夫、武田康、吉澤晋：室内オゾン汚染に関する研究（2）、各種オゾン発生源とオゾン発生量、日本建築学会講演梗概集、pp.975～976、2002年
- 14) 野崎淳夫、武田康、吉澤晋：室内オゾン汚染に関する研究（3）、各種オゾン発生源とオゾン濃度予測、日本建築学会講演梗概集、pp.977～978、2002年
- 15) 野崎淳夫他：オゾン発生源による室内空気汚染に関する研究（第2報）、コピー機、脱臭機、空気清浄機からのオゾン発生特性、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1245～1248、2001年9月
- 16) 野崎淳夫他：事務機器、脱臭機からのオゾン発生特性に関する研究（1）、日本建築学会講演梗概集、pp.977～978、2001年
- 17) 野崎淳夫、池田耕一、松村年郎、山崎唯史、吉澤晋：脱臭機、空気清浄機、コピー機等による室内オゾン汚染に関する研究（1）、第18回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集、pp.268～270、2000年4月

d) 塗料、接着剤

- 1) 野崎淳夫、浦山尚子、坊垣和明、大澤元毅：封止系塗料による建材からのHCHO、VOCの抑制効果について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その18）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.46～47、2003年11月
- 2) 野崎淳夫、鈴木奈々：自然塗料および接着剤からのVOCの発生、室内空気環境とその快適性に関する研究（その6）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.58～59、2002年9月
- 3) 野崎淳夫、荒井孝介：耐熱塗料からのVOCの発生、室内空気環境とその快適性に関する研究（その8）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.62～63、2002年9月
- 4) 野崎淳夫、飯倉一雄：スプレー式塗料から発生するVOCと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、pp.685～688、2002年

e) 建材

- 1) 野崎淳夫、大澤元毅、坊垣和明、折笠智昭：フローリング、自然塗料からのVOCの発生について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その17）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.44～45、2003年11月
- 2) 野崎淳夫、景山貴浩：畳建材におけるVOCの低減化効果、室内空気環境とその快適性に関する研究（その7）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.60～61、2002年9月
- 3) 野崎淳夫、飯倉一雄：畳による室内化学物質濃度の低減性に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.681～684、2002年
- 4) 野崎淳夫他：防蟻・防虫剤による室内空気汚染の実態とメカニズム、室内環境学会総会講演論文集、pp.138～141、2000年12月

③対策技術の化学物質除去性能

a) 家庭用空気清浄機

- 1) 野崎淳夫、工藤彰訓：家庭用空気清浄機を使用する室内のガス状汚染物質濃度予測法に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.78～79、2003年12月
- 2) 野崎淳夫、大澤元毅、桑沢保夫、坊垣和明、吉澤晋、大江陽一：家庭用空気清浄機のVOC除去性能について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その20）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.48～49、2003年11月
- 3) 野崎淳夫、屋田聖、清澤裕美：空気清浄機の浮遊粒子状物質除去特性について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その21）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.50～51、2003年11月

- 4) 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）、日本建築学会講演梗概集、pp.1001～1002、2003年9月
- 5) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、坊垣和明、桑沢保夫、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（2）、日本建築学会講演梗概集、pp.1003～1004、2003年9月
- 6) 野崎淳夫、飯倉一雄、吉澤晋、大澤元毅：家庭用空気清浄機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）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.38～39、2002年9月
- 7) 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）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.40～41、2002年9月

b) 多孔質建材

- 1) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、坊垣和明：多孔質材料におけるVOCの除去と再放散に関する研究、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.222～223、2003年12月
- 2) 野崎淳夫、坊垣和明、大澤元毅、大和田雅樹：多孔質材料からの化学物質の発生と吸着について（その1）、室内空気環境とその快適性に関する研究（その23）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.52～53、2003年11月

c) ベイクアウト

- 1) 野崎淳夫、飯倉一雄、坊垣和明、大澤元毅、矢戸潤：建材におけるベイクアウトのVOC低減効果について（その1）、室内空気環境とその快適性に関する研究（その13）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.36～37、2003年11月
- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄、坊垣和明、大澤元毅、矢戸潤：建材におけるベイクアウトのVOC低減効果について（その2）、室内空気環境とその快適性に関する研究（その14）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.38～39、2003年11月
- 3) 野崎淳夫他：実験室実験による建材部材レベルのベイクアウト効果、第19回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集、pp.138～139、2001年4月

d) 換気システム

- 1) 野崎淳夫、工藤啓太、大澤元毅、坊垣和明：換気システム、空気清浄機、塗装面による室内化学物質濃度低減について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その15）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.40～41、2003年11月
- 2) 野崎淳夫、景山貴浩、大澤元毅：床下空間における化学物質濃度の実態と室内移流に関する研究（その1）、日本建築学会講演梗概集、pp.873～874、2003年9月
- 3) 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、室内環境学会平成14年度総会抄録集、pp.190～193、2002年

e) 塗膜材

- 1) 下之園孝、大河原忠義、半田晋也、堀雅宏：グラフト重合高分子塗膜材を用いる室内環境中ホルムアルデヒドの低減方法、室内環境学会平成15年度総会抄録集、pp.86～89、2003年12月
- 2) 下之園孝、大河原忠義、半田晋也、和久井健洋、堀雅宏：グラフト重合高分子塗膜材を用いる室内環境中ホルムアルデヒドの低減方法の検討、日本建築学会講演梗概集、pp.975～976、2003年9月

f) 日用品

- 1) 野崎淳夫、橋本康弘、坊垣和明、大澤元毅：日用品による室内VOC汚染対策について、室内空気環境とその快適性に関する研究（その12）、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、pp.14～15、2003年11月

研究成果による特許権などの知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特に無し

健康危険情報

現時点では、特に無し

平成15年度 厚生労働科学研究補助金(化学物質リスク研究事業)

生活用品、対策品からの化学物質の発生と除去特性に関する研究

平成16年3月発行

編 者 野崎淳夫
発 行 者 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科
野崎研究室
〒981-8550 仙台市青葉区国見6-45-1
TEL:022-233-5054
FAX:022-233-5054
E-mail:nozaki@ept.tbgu.ac.jp

印刷・製本 明倫社
〒983-0842 仙台市宮城野区五輪2-9-5 五輪ビル1F
TEL:022-295-8211
FAX:022-295-8213
