

Figure 5. Methyl ethyl ketone content rates in TVOC

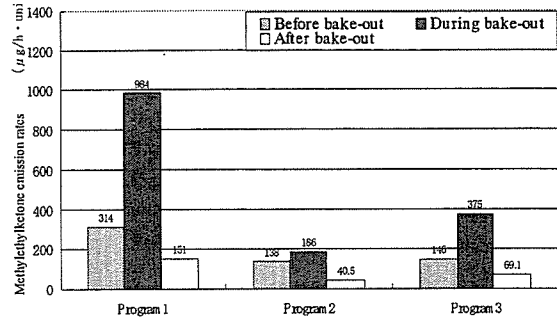


Figure 6. Methyl ethyl ketone emission rates with bake-out

Table 3 shows the formaldehyde and TVOC reduction rates with bake-out.

In each humidity condition, the reduction rate of formaldehyde was from 5.61 to 27.3%. We cannot find a remarkable reduction rate of formaldehyde in a dry condition where the relative humidity was almost 20%. However, a remarkable reduction rate or 30% was found in the case of wet condition.

Nozaki et al. investigated bake-out effects on building materials with experiments. (1998) In the experimental study, it was reported that the reduction rate of formaldehyde was about 10-20% on a bake-out condition which is heating temperature: 38°C, relative humidity: 50%, heating time: 72h. This reported condition was as same "Program 2" in this report. Our experimental result is similar to the reported value. (Nozaki et al. 1998)

With bake-out procedure, the reduction rate of TVOC was from 40 to 70%. Reduction rates also increased with increase of relative humidity same as formaldehyde. And reduction rate of TVOC and a reduction rate of methyl ethyl ketone show the same tendency, because nearly 80% of TVOC was consisted by methyl ethyl ketone.

Table 3. Reduction rates on chemical substance emission rates with bake-out

	ProgramNo.	Emission reduction rates(%)
Formaldehyde	Program 1	5.61
	Program 2	22.6
	Program 3	27.3
TVOC	Program 1	39.7
	Program 2	60.9
	Program 3	70.9

CONCLUSIONS

In this study, we suggested a test and evaluation method of the formaldehyde and VOC emission rates on housing equipments, and we also reported the pollutant reduction rates with bake-out.

It turned out that the major VOC emitted from vanity cabinet is methyl ethyl ketone. Methyl ethyl ketone consisted about 60-80 % in TVOC. Therefore it became clear that reducing of methyl ethyl ketone brought the effective reduction of TVOC from vanity cabinets.

Environmental relative humidity during bake-out influenced the emission rates of chemical substances emitted from housing equipments.

In each humidity condition, the reduction rate of formaldehyde was from 5.61 to 27.3%. If the environmental relative humidity (R.H.) was increased, the bake-out effect also increased. There are a little reduction rates of formaldehyde in a dry condition of R.H. 20%. However, in a wet condition of R.H. 50%, it found that the reduction rate became about 30%.



In vanity cabinets, the material with the small formaldehyde emission rates was used, so the cabinet's formaldehyde emission rates were consequently small. We suppose that the bake-out procedure in this heating condition cannot reduce effectively the formaldehyde emission rates to a small emission source like this vanity cabinets.

REFERENCES

- Nozaki A. et al. 1998 "Effects of Bake-out Practice on Indoor Formaldehyde and VOC from Building Materials," Second International Conference on Human-Environment System (Yokohama 1998), pp.362-365
- Kimura H. et al. 1998 "Experimental Study on Improving Indoor Air Quality in Apartment Building", Second International Conference on Human-Environment System (Yokohama 1998), pp.655-658
- Girman JR. et al. 1987 "Bake-out of an Office building," Proceedings of 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Volume1, pp.22-26

住宅設備機器の発生量低減化に関する研究—その1 ベイクアウト手法の確立

正会員 野崎淳夫*

同 ○早坂友規**

同 鈴木昭人***

ホルムアルデヒド 揮発性有機化合物 ベイクアウト
発生量 低減率

1. はじめに

ホルムアルデヒドをターゲット物質とした改正建築基準法の施行に伴い、室内ホルムアルデヒド濃度は減少傾向にある。これは建築物に使用される建材の低ホルム化の進行によるものである。ところが、造作家具や住宅設備家具(住設家具)に関する化学物質発生量の実態や発生源低減手法に関する研究は不足している現状にある。

筆者らは室内化学物質汚染の低減対策としてベイクアウト技術を実験的に検証しているが、同技術を家具に適応した場合に高い化学物質低減効果が示されるケースを報告している。

そこで本研究では、1) 住宅設備機器(洗面化粧台)からの化学物質発生量を大型チェンバーを用いて明らかにするとともに、2) ベイクアウト技術による化学物質発生量低減化の実態を明らかにすることを目的とするものである。

2. 実験概要

2.1 測定対象住設機器の概要

本研究では洗面化粧台を測定対象とした。上下2つのパーツにより構成されている試験体の概要を表-1に示す。

2.2 実験方法

東北文化学園大学の空気環境実験室内に設置されたラージチェンバー(ステンレス製、5m³)にて実験を行った。また、チェンバー内には一様拡散状態を得るために小型拡散ファンを設置し、気流速度を0.2~0.3(m/s)の範囲に制御した。

さらに、チェンバー内換気量の制御は、インバーター制御の機械換気設備により行った。実験装置の概要図を図-1に示す。

2.3 低減化手法の概要

本実験では、有害化学物質の低減化手法としてベイクアウトに着目した。この手法は、対象物を加熱蒸発することで一時的に化学物質の発生量を増大させ、平常時の化学物質発生量を緩和する方法と定義されている。³⁾

旧建設省が行った官民共同研究「健康的な居住環境形成技術の開発」や国土交通省、厚生労働省、経済産業省らの省庁と大学機関などにより構成された「室内空気対策研究会」、さらには「シックハウス総プロ」では、建材を対象としたベイクアウト実施による汚染低減効果を明らかにしている。

また、同機関ではベイクアウトの留意点、実施法や評価法などの提案を行っており、本試験においても、これに基づいて実

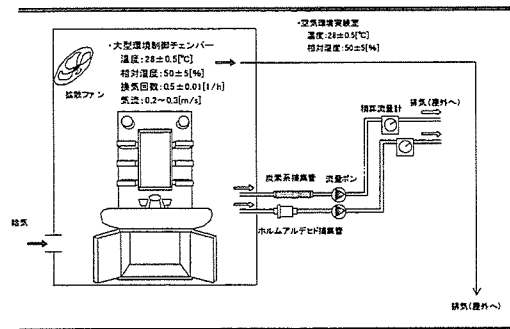


図-1 実験システム概要図

表-2 環境条件

	ベイクアウト実施前	ベイクアウト実施中	ベイクアウト実施後
温度	28±1[°C]	40±1[°C]	28±1[°C]
相対湿度		50±5[%]	
換気回数		0.5±0.05[回/h]	
気流		0.2~0.3[m/s]	

施している。表-2に環境条件、表-3にベイクアウト実施手順をそれぞれ示す。

2.5 捕集・分析方法

ホルムアルデヒド、VOC濃度はラージチェンバー内の空気を捕集して求めた。以下に当該物質の捕集・分析方法を示す。

a) ホルムアルデヒド

- ・固相捕集-溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法
- ・捕集管: DNPHカートリッジ (GL Sciences社製、GL-Pak mini AERO DNPH)
- ・高速液体クロマトグラフ: (日立社製、L-7000型)

b) VOC

- ・固相捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ/質量分析法
- ・捕集管: 炭素系捕集管 (Spelco社製)
- ・加熱導入装置: (Perkin Elmer社製、Turbo Matrixx ATD)
- ・GC/MS: (Perkin Elmer社製、Turbo Mass Gold)

2.6 評価方法

ラージチェンバーを用いた実験室実験により、住宅設備機器のベイクアウト効果が求められる。発生量減少率Rb(%)は、次の(1)式を用いて求めた。

$$Rb = \left(1 - \frac{C_{sa} - C_{1a}}{C_{sb} - C_{1b}} \right) \times 100 - Rm \quad (1)$$

ここで、
 C_{1b}: ベイクアウト実施前の室内初期濃度[μg/m³]
 C_{1a}: ベイクアウト実施後の室内初期濃度[μg/m³]
 C_{2b}: ベイクアウト実施前の室内定常濃度[μg/m³]
 C_{2a}: ベイクアウト実施後の室内定常濃度[μg/m³]
 Rm: 実験期間中の建材履歴実験による発生量減少率[%] とする。

尚、Rmは測定の結果、ほぼ0(%)であった。

5. 結果と考察


5.1 化学物質発生量の変化

濃度測定値から単位時間当たりの機器発生量を求めた。結果の一例として、ベイクアウト実施に伴うホルムアルデヒド

表-1 洗面化粧台の概要

部材名	材料名	材料の構成		基材と表紙の組み合わせ
		基材	表紙	
1. 扉	メラミン化粧紙(樹脂バインディング)樹脂(メラミン系)	パーティクルボード	メラミン系コーティング	接着 ¹⁾
2. 扉以外(側板、底板、背板、柱)	カラー合板(メラミン系)	合板	塗料	塗装 ²⁾
サイズ(mm) (幅×奥行×高さ)		750×530×850		
サイズ(mm) (幅×奥行×高さ)		750×165×830		
基材		樹脂成形品(ハイデン/バクスターロール製)		
表紙		1区画		

¹⁾接着剤を用いてメラミン系コーティング(パーティクルボード)に接着
²⁾塗料を合板に塗装



施工イメージ

表-3 バイクアウト実施手順

●タイムスケジュール

(a) 実験チェンバーの洗浄及び換気を行う。[2h]

(b) チェンバー内を初期環境条件に制御し、チェンバー内濃度が定常状態になる様に、安定時間を設ける。[8h]

(c) バイクアウト実施前の室内初期濃度(C1b)の捕集を行う[1h]

(d) 検体をチェンバー内に設置し、チェンバー内濃度が定常状態になる様に、安定時間を設ける。[8h]

(e) バイクアウト実施前の室内定常濃度(Csb)の捕集を行う。[1h]

(f) 各プログラムの環境条件(表-16参照)に制御する。更に、検体内部まで、その温度変化が浸透する様に、安定時間を設ける。[64h]

(g) チェンバー内濃度が定常状態になる様に、安定時間を設ける。[8h]

(h) バイクアウト実施に伴う、一時的な室内化学物質の増加を確認するために、捕集を行う。[1h]

(i) チェンバー内から検体を撤去し、チェンバー及び検体の冷却時間を設ける。その際、検体が外部の影響を受けない様に保管する。更に、チェンバー内の洗浄及び換気を充分に行い、(b)の同環境条件へと制御する。[24h]

(j) バイクアウト実施後の室内初期濃度(C1a)の捕集を行う。[1h]

(k) 再び検体をチェンバー内に設置し、チェンバー内濃度が定常状態になる様に、安定時間を設ける。[8h]

(1) バイクアウト実施後の室内定常濃度(Csb)の捕集を行う。[1h]

(2) 検体の撤去及びチェンバーの洗浄を行う。

バイクアウト実施に伴う濃度変化のモデル図とタイムスケジュール

とVOCの発生量の変化を図-2に示す。

ホルムアルデヒドに関して、バイクアウト実施前後の発生量が54.8 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) から57.9 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) と、ほとんど変化が見られない。当洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策製品であり、そもそもの発生量が小さく、この発生レベルのホルムアルデヒド量は本バイクアウト条件では十分に低減出来ない事が示唆された。

VOCに関して、バイクアウト実施前後の発生量が155 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) から54.2 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) に推移した。ただし、TVOC中の物質別発生量としてはメチルエチルケトンが73.9 (%)を占めていた。すなわち、当住宅設備機器においてはメチルエチルケトンの有効な低減対策技術が要求される。

そこで、図-3に示す様に、バイクアウト実施によるメチルエチルケトン発生量の変化を求めたところ、バイクアウト実施前後の発生量が138 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) から40.5 ($\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$) と、当物質においてバイクアウトが有効な低減対策技術であること確認できた。

5.2. バイクアウト実施に伴う発生量低減率(Rb)の算出

測定値を(1)式に代入して、バイクアウト実施に伴ったホルムアルデヒドとVOCの発生量低減率を求めた。(表-4)

ホルムアルデヒドに関して、22.6 (%)の発生量低減率を確認できた。野崎ら⁴⁾はバイクアウト効果を建材を用いて検証しているが、加熱温度:38 (°C)、相対湿度50 (%), 加熱時間:72 (h)と本実験と同様の条件で10~20 (%)程度のホルムアルデヒド発生量の低減率を報告している。すなわち、本実験結果は、この報告と近似した値となっている。

VOCに関して、TVOC発生量で60.9 (%)の低減率を示した。ただし、前述した様にTVOC中の主たるVOCはメチルエチルケトンであり、この低減率はほぼメチルエチルケトンの発生量低減率を示している。

6. まとめ

本研究では、以下の知見を得る事が出来た。

(1) 測定対象洗面化粧台は、VOC総発生量の73.9 (%)をメチルエチルケトンが占めており、同住宅設備機器においては、当物質の低減対策を実施すればよいことが明らかになった。

* 東北文化学園大学大学院 教授・工博
 ** 東北文化学園大学大学院 修士課程
 *** 株式会社 INAX 分析評価センター

(2) 測定対象の洗面化粧台は、ホルムアルデヒド対策を施しており、ホルムアルデヒド発生量は比較的小さかった。より実用的で効果的な加熱手法の開発が、今後の検討課題である。

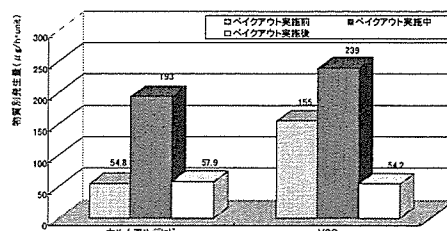


図-2 バイクアウト実施に伴う洗面化粧台からの発生量変化

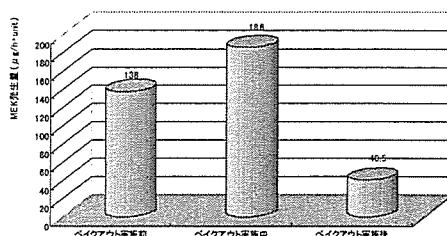


図-3 バイクアウト実施に伴うMEK発生量の変化

表-4 バイクアウト実施に伴う洗面化粧台発生量低減率

	発生量低減率 (%)
ホルムアルデヒド	22.6
TVOC	60.9

謝辞:本研究はNPO法人室内環境技術研究会の活動の一環として、また厚生科学研究「家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究」研究代表者 安藤正典(武蔵野大学教授)により行われた。関係各位に深甚なる謝意を表する。

引用文献

- 野崎淳夫、鈴木昭人:平成14年度厚生科学研究費補助金、食品・化学物質安全総合研究事業、「生活用品などからの化学物質の発生に関する研究」、pp. 39-45、2003年3月
- 鈴木昭人、野崎淳夫:住設機器からの化学物質の発生に関する研究、第22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、pp. 233-235、2004年4月
- 野崎淳夫他:室内化学物質汚染低減化対策としてのバイクアウトの効果(その2)、日本建築学会環境系論文集、第557号、pp. 73-79、2002年7月
- 野崎淳夫他:室内化学物質汚染低減化対策としてのバイクアウトの効果(その3)、日本建築学会環境系論文集、第568号、pp. 57-62、2003年6月
- 野崎淳夫他:家具からの化学物質の発生について(その1)、第10回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 54-55、2003年11月

Prof., Graduate school of health and environmental sciences, Tohoku bunkagakuen univ., Dr.Eng.
 Graduate student, Graduate school of health and environmental sciences, Tohoku bunkagakuen univ.
 Research Center for Material Analysis, INAX Corporation.

住宅設備機器の発生量低減化に関する研究—その2 ベイクアウト時における湿度効果

正会員 ○鈴木昭人*
同 野崎淳夫**
同 早坂友規***

ホルムアルデヒド 揮発性有機化合物 ベイクアウト
発生量 低減率 湿度効果

1. はじめに

ホルムアルデヒドや VOC (揮発性有機化合物) による室内化学物質汚染への対応は急務の課題であるが、改正建築基準法の施行に伴い、室内のホルムアルデヒド濃度は減少傾向にある。これは建材の低ホルム化の進行等に起因していると考えられる。同様に造作家具や住宅設備機器 (住設機器) も低ホルム化は進行しているものの、化学物質発生量の実態や発生源低減手法に関する研究は不足している現状にある¹⁾。

前報で住設機器へのベイクアウト技術を確立し、ベイクアウトによる化学物質発生量低減化の実態を明らかにした。他方、既報では、住宅等へのベイクアウト適用におけるホルムアルデヒド及び VOC 濃度の低減効果を明らかにし、その中で、その効果に及ぼす要因として相対湿度を挙げている²⁾。

そこで本研究は、確立したベイクアウト技術を基にして、有用な発生源低減化手法を模索するため、住設機器におけるベイクアウト技術を用いた化学物質発生量低減化における湿度効果を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

本研究の測定対象は、前報と同様に洗面化粧台とした。なお、湿度条件を変えた 3 種類のベイクアウト試験を実施したが、全て、製造方法等同一種類の洗面化粧台を使用した。東北文化学園大学の空気環境実験室内に設置されたラージチェンバー (ステンレス製、5m³) を用いて、湿度条件を変えたベイクアウト試験を行った。詳細は前報のとおりとした。

3. 捕集・分析方法

ホルムアルデヒド、VOC 濃度はラージチェンバー内の空気を捕集して求めた。当該物質の捕集・分析方法は前報のとおりとした。

4. 実験手順

本研究では、従来のベイクアウト技術に湿度条件を加え、ベイクアウト効果をより向上させるための基礎的要件の検討を行った。ベイクアウト時における湿度状態として、乾燥 (相対湿度 20%)、加湿 (相対湿度 50%)、乾湿 (相対湿度 20%→50%) の 3 条件を設定した。ベイクア

ウト温度は 28℃とした。実験プログラムにおけるチェンバー内の環境条件を表 1 に示す。

表 1. ベイクアウト条件

		Before bake-out	During bake-out	After bake-out
Temperature		28±1[°C]	40±1[°C]	28±1[°C]
Relative humidity	(1) Program1	50±1[%]	20±1[%]	50±1[%]
	(2) Program2	50±1[%]	50±1[%]	50±1[%]
	(3) Program3	50±1[%]	20±1[%]→50±1[%]	50±1[%]
Ventilation rates		0.5±0.05[回/h]		
Air velocity		0.2~0.3[m/s]		

ホルムアルデヒド、VOC 濃度測定値を次の (1) 式を用いて、住設機器からの化学物質発生量 M [$\mu\text{g/h}\cdot\text{unit}$] を求めた。なお、 n : 換気回数 [1/h]、 R : 空間の体積 [m^3]、 C_{SS} : 定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_0 : 外気濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] とする。

$$M = n \times R (C_{SS} - C_0) \quad \dots (1)$$

住設機器のベイクアウト効果を次の (2) 式を用いて、発生量減少率 Rb [%] を求めた。なお、ベイクアウト効果を求める際、ホルムアルデヒドと TVOC の観点からその効果を算出した。

$$Rb = \left(1 - \frac{Csa - Cla}{Csb - Clb} \right) \times 100 - Rm \quad \dots (2)$$

Csb : ベイクアウト実施前の室内定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Clb : ベイクアウト実施前の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Csa : ベイクアウト実施後の室内定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Cla : ベイクアウト実施後の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Rm : 実験期間中の建材履歴実験による発生量低減率 [%]

なお、 Rm は測定の結果、ほぼ 0 [%] であった。

5. 結果と考察

ホルムアルデヒド、VOC 濃度測定値から (1) 式を用いて、ベイクアウト実施前・実施中・実施後における住設機器からの化学物質発生量 M の推移を図 1 及び図 2 に示す。Program1~3 の何れのベイクアウト条件において、ホルムアルデヒド、TVOC 共に、ベイクアウト中の化学物質発生量が最も高く、ベイクアウト後が最も低いことが

わかった。

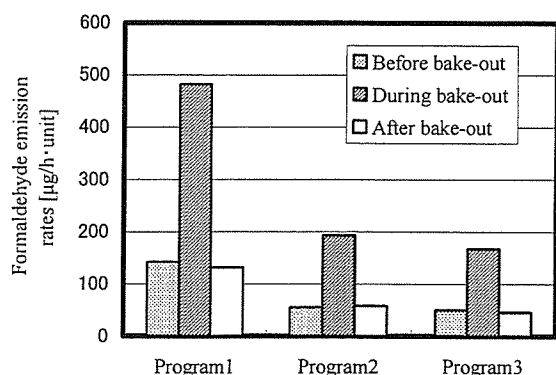


図 1. ホルムアルデヒド発生量の推移

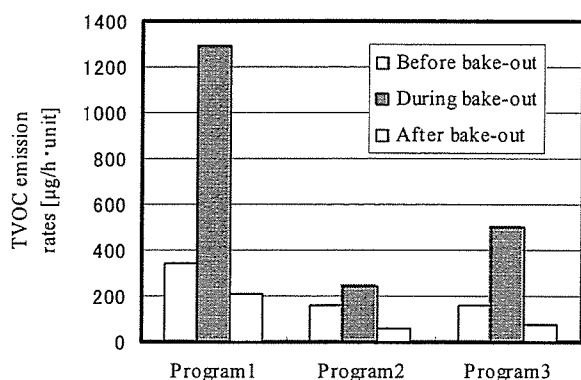


図 2. TVOC発生量の推移

住設機器のベイクアウト効果を (2) 式を用いて、ホルムアルデヒドと TVOC の発生量減少率 $Rb[\%]$ の計算結果を表 2 に示す。ホルムアルデヒドは 5.6 から 27% の低減率を示しており、相対湿度 20% の低湿度条件ではほとんどホルムアルデヒド発生量は低減できないが、相対湿度 50% まで増大させることにより、20% 台の発生量低減率を得ることができることがわかった。VOC は TVOC 発生量低減率として、40~71% を示しており、ホルムアルデヒドと同様に相対湿度の増大に伴い、発生量低減率も増大した。

両物質ともに相対湿度を増大させることにより、発生量低減率の向上が示された。当初、物質特性である親水性・疎水性に依存し、低減率が異なることを予想していた。つまり、高湿度時は親水性物質の方が、低湿度時は疎水性物質の方が多く低減することを。しかし、両物質とも同様の低減効果を示したことから、同じメカニズムで高湿度状態における低減率向上が行われている可能性があると考えられる。

高分子化学において、溶媒と高分子材料との親和性が

よい場合、高分子間に溶媒が侵入し、高分子材料の各分子間隔を広げる状態、いわゆる膨潤という現象が知られている³⁾。高湿度状態のベイクアウト試験において、気中の水分子が塗料やコート紙、木質部材等に侵入し、部材を構成する種々の高分子間が広げられ、種々の化学物質が放散しやすい状態となった可能性があると考えられる。

表 2. ベイクアウトにおける化学物質発生量低減率

	Program No.	Emission reduction rates[%]
Formaldehyde	Program1	5.6
	Program2	23
	Program3	27
TVOC	Program1	40
	Program2	61
	Program3	71

6. まとめ

本研究はラージチェンバーを用いた試験評価法の提案を行うとともに、ベイクアウトによる化学物質発生量低減化率を定量的に明らかにし、湿度効果を確認した。

ホルムアルデヒドは 5.6 から 27% の低減率を示し、相対湿度 20% の低湿度条件では、ほとんどホルムアルデヒド発生量を低減できないが、相対湿度を 50% まで増大させることにより、20% 台の発生量低減率を示した。VOC は TVOC 発生量低減率として、40~71% を示しており、ホルムアルデヒドと同様に相対湿度の増大に伴い、発生量低減率も増大した。両物質ともに相対湿度を増大させることにより、発生量低減率の向上が示され、構成材料の膨潤現象が原因であると推察した。

【謝辞】

謝辞：本研究は NPO 法人室内環境技術研究会の活動の一環として、また厚生科学研究「家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究」研究代表者 安藤正典（武蔵野大学教授）により行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 鈴木昭人、野崎淳夫：住設機器からの化学物質の発生に関する研究、第 22 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、pp.233-235、2004 年 4 月
- 2) 野崎淳夫他：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 1）、日本建築学会計画系論文集、第 530 号、pp.61-66、2000 年 4 月
- 3) 奥田聡他：プラスチックの耐食性とその試験評価、日刊工業新聞社、P11

*1 株式会社 INAX 分析評価センター

*2 東北文化学園大学大学院 教授 工博

*3 東北文化学園大学大学院 修士課程

*1 Research Center for Material Analysis, INAX Corporation

*2 Prof., Tohoku Bunka Gakuen University Graduate School., Dr. Eng.

*3 Tohoku Bunka Gakuen University Graduate School

(C-26) 住設機器からの化学物質発生量と発生量低減化に関する研究

A Study on the Emission of Chemical Substances and Mitigation Technique from Housing Equipment

野崎淳夫、○早坂友規、橋本康弘（東北文化学園大学大学院）*1、鈴木昭人、杉山紀幸（(株)INAX）*2

Abstract

The problem concerning the sick building should be solved for our healthy environments. So many studies on the measures to reduce the emission rates of sources have been done, however, we can't find the useful information that indicates the mitigation method on furnitures or building equipment furnitures.

So an experimental study to determine the chemical substance emission rates of building equipment furnitures was carried out. And we also conducted experiments to find the emission reduction rate of the bake-out. The emission rates of formaldehyde and VOC on each tested equipment were determined after bake-out at a temperature of 38 degrees for a 72-hour period and under an air exchange rate of 0.5 ACH.

With bake-out, the reduction rates of formaldehyde and methylethylketone were increased with the increase of indoor relative humidity.

Keywords: ホルムアルデヒド (Formaldehyde), 揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds),
ベイクアウト (Bake-out), 発生量 (Emission Rates), 低減率 (Mitigation Rates)

1. はじめに

ホルムアルデヒドやVOC（揮発性有機化合物）による室内化学物質汚染への対応は急務の課題であるが、ホルムアルデヒドをターゲット物質とした改正建築基準法の施行に伴い、室内ホルムアルデヒド濃度は減少傾向にある。これは建築物に使用される建材の低ホルム化の進行によるものである。

ところが、造作家具や住宅設備家具（住設家具）に関する化学物質発生量の実態や発生源低減手法に関する研究は不足している現状にある。

例えば、住設機器については部材レベルの研究に留まっており、製品自体からの化学物質発生量については、ほとんど明らかにされていない。

このような背景から、筆者らは住設家具からの化学物質量を定量的に求めるため、スモールチェンバーを用いた部品レベルの発生量から求めた製品発生量と大型チェンバーを用いた製品発生量の相関を調査検討している。これによれば、両者の測定値は約70～100（%）の割合で符合することを報告

している。^{1),2)}

この報告により機器発生量の実態が明らかにされたが、その発生量低減に関わる技術開発も同時に求められている。

ところで、筆者らは室内化学物質汚染の低減対策としてベイクアウト技術を実験的に検証しているが、同技術を家具に適応した場合に高い化学物質低減効果が示されるケースを報告している。^{3),4),5)}

そこで本研究では、1)住設機器（洗面化粧台）からの化学物質発生量を大型チェンバーを用いて明らかにするとともに、2)ベイクアウト技術による化学物質発生量低減化の実態を明らかにすることを目的とするものである。

2. 実験概要

2.1 試験体

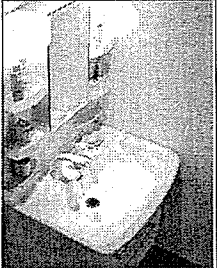
本研究では洗面化粧台を測定対象とした。ミラーキャビネット、化粧台の上下2つのパーツにより構成されている。試験体の概要をtable.1に示す。

table.1 Outline of tested housing equipments

●洗面化粧台		部材の構成		基材と表面の 組み合わせ
部材名	材料名	基材	表面	
1. 扉	メラミン化粧紙貼りパーティクルボード (F☆☆☆☆)	パーティクルボード	メラミン系コート紙	接着 ¹⁾
2. 扉以外 側板、底板、背板、けこみ	カラー合板 (F☆☆☆☆)	合板	塗料	塗装 ²⁾
サイズ (mm) (幅×奥行×高さ)	750×550×850			
●ミラーキャビネット				
サイズ (mm) (幅×奥行×高さ)	750×165×930			
本体	樹脂成形品 ((ハイインパクトステロール樹脂)			
鏡 (防曇鏡)	1面鏡			

¹⁾ 接着剤を用いてメラミン系コート紙をパーティクルボードに接着

²⁾ 塗料を合板に塗装



施工イメージ

*1)Atsuo Nozaki,Tomoki Hayasaka, Yasuhiro Hasimoto(Graduate school of health and environmental sciences, Tohoku bunka gakuen university)

*2)Akihito Suzuki,Noriyuki Sugiyama(INAX Co. Ltd)

また、検体製造日から実験開始までの経過時間の化学物質発生量への影響を求めため検体の材齢を調査している。

2.2 実験方法

東北化学学園大学の空気環境実験室内に設置された大型環境制御チェンバー（ステンレス製、5m³）にて実験を行った。チェンバー内には一様拡散状態を構築するため小形ファンを設置した。また、チェンバー内の気流速度は0.2～0.3（ms）の範囲に制御した。チェンバー換気量の制御は、インバーター制御の機械換気設備により行った。実験装置の概要をFig. 1に示す。

2.3 低減手法の概要

本研究では、従来のベイクアウト技術^{3),4)}に異なる湿度条件を加え、ベイクアウト効果をより向上させるための基礎的要件の検討を行うものである。すなわち、温度は一定で乾燥（相対湿度20%）、加湿（相対湿度50%）、乾湿（相対湿度20～50%）の3湿度条件にて実験を行い、発生量低減率を求めものである。3種類の実験プログラムにおけるチェンバー内環境条件をTable. 2に示す。

2.4 捕集・分析方法

ホルムアルデヒド、VOC濃度はラージチェンバー内の空気を捕集して求めた。以下に当該物質の捕集・分析方法を示す。

a) ホルムアルデヒド

- ・固相捕集-溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法
- ・捕集管：DNPHカートリッジ（GL Sciences社製、GL-Pak mini AERO DNPH）
- ・高速液体クロマトグラフ：（日立社製、L-7000型）

b) VOC

- ・固相捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ/質量分析法
- ・捕集管：炭素系捕集管（Spelco社製）
- ・加熱導入装置：（Perkin Elmer社製、Turbo Matrixx ATD）
- ・GC/MS：（Perkin Elmer社製、Turbo Mass Gold）

2.5 実験手順

本実験のベイクアウト実施手順と、ベイクアウト実施に伴う化学物質濃度変化のモデル図をTable. 3に示す。

2.6 評価方法

2.6.1 発生量（M）への換算

濃度測定値を次の（1）式を用いて発生量M（μg/h・unit）を求めた。この数的処理により、単位時間当りの機器発生量を求めることができる。

$$M = n \times R(C_{ss} - C_0) \quad - (1)$$

ここで、

- M：発生量[μg/h]
- n：換気回数[1/h]
- R：気積[m³]
- C_{ss}：定常濃度[μg/m³]
- C₀：外気濃度[μg/m³]

とする。

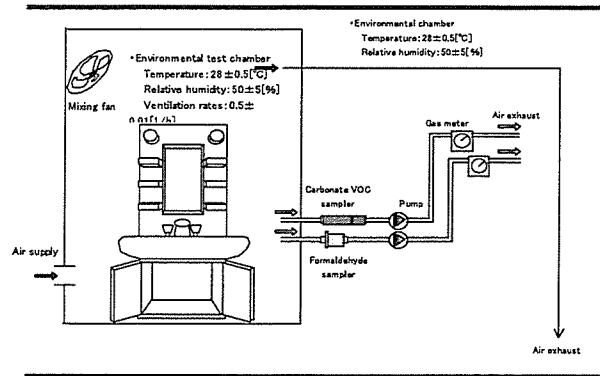
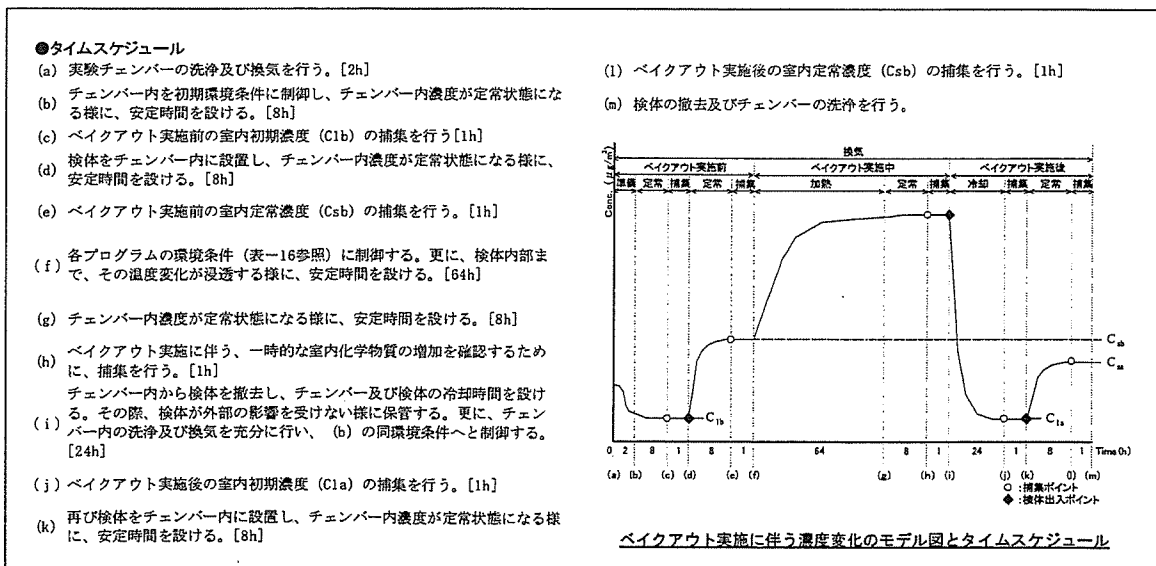


Fig. 1 Measuring system

Table. 2 Bake-out procedure and environmental conditions

	Before bake-out	During bake-out	After bake-out
Temperature	28±1[°C]	40±1[°C]	28±1[°C]
Relative humidity	(1) Program1	20±1[%]	50±1[%]
	(2) Program2	50±1[%]	50±1[%]
	(3) Program3	50±1[%]	20±1[%]→50±1[%]
Ventilation rates	0.5±0.05[1/h]		
Air velocity	0.2~0.3[m/s]		

Table. 3 Bake-out procedure



2.6.2 ベイクアウトによる発生量低減率 (R_b) の算出法

ラージチェンバーを用いた実験室実験により、住設機器のベイクアウト効果が求められる。発生量減少率R_b (%) は、次の (2) 式を用いて求めた。

$$R_b = \left(1 - \frac{C_{sa} - C_{la}}{C_{sb} - C_{lb}} \right) \times 100 - R_m \quad - (2)$$

ここで、

- C_{sb} : ベイクアウト実施前の室内定常濃度 [μg/m³]
- C_{lb} : ベイクアウト実施前の室内初期濃度 [μg/m³]
- C_{sa} : ベイクアウト実施後の室内定常濃度 [μg/m³]
- C_{la} : ベイクアウト実施後の室内初期濃度 [μg/m³]
- R_m : 実験期間中の建材履歴実験による発生量減少率 [%]

とする。

尚、R_m は測定の結果、ほぼ 0 (%) であった。

3. 結果と考察

3.1 実験プログラム毎の化学物質発生量の変化

濃度測定値を (1) 式に代入し単位時間当たりの機器発生量を求めた。

(1) ホルムアルデヒド

各実験プログラムのベイクアウト実施前後におけるアルデヒド類のホルムアルデヒド発生量変化の一例を Fig. 2 に示す。

プログラム 1 では、ベイクアウト実施前後の発生量が 142 (μg/h·unit) から 132 (μg/h·unit) となり、ほとんど変化は認められない。また、プログラム 2 においても 54.8 (μg/h·unit) から 57.9 (μg/h·unit) に、プログラム 3 でも 50.1 (μg/h·unit) から 45.1 (μg/h·unit) となり、ほとんど変化は認められない。

当洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策製品であり、そもそも発生量が小さく、この発生レベルのホルムアルデヒド量は本ベイクアウト条件では低減できないことが判明した。

(2) VOC

ベイクアウト実施前後における、VOC 発生量の変化を Fig. 3 に示す。プログラム 1 では、ベイクアウト実施前後の発生量が 341 (μg/h·unit) から 205 (μg/h·unit) に推移した。また、プログラム 2 においても同様に、155 (μg/h·unit) から 54.2 (μg/h·unit) に、プログラム 3 でも 162 (μg/h·unit) から 75.4 (μg/h·unit) に変化した。

Fig. 4 に示すように、TVOC 中の物質別発生量としてはメチルエチルケトンが約 60 ~ 90 (%) を占め、当物質が主要な VOC 発生源であることが分かる。すなわち、当住設機器においてはメチルエチルケトンの有効な低減対策技術が要求される。

そこで、Fig. 5 に示すように、ベイクアウトによるメチルエチルケトンの低減率を求めた。プログラム 1 では、ベイクアウト実施前の発生量が 314 (μg/h·unit) であったのに対し、ベイクアウト実施後の発生量が 151 (μg/h·unit) となった。プログラム 2 においても同様に、138 (μg/h·unit) から 40.5 (μg/h·unit)、プログラム 3 では、146 (μg/h·unit) から 69.1 (μg/h·unit) となった。いずれのプログラムでもベイクアウトによるメチルエチルケトンの有効な発生量低減が認められた。

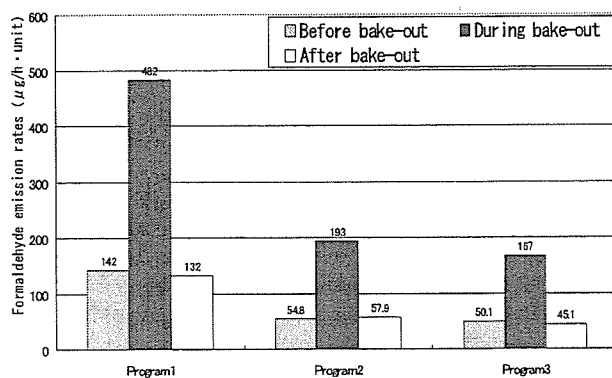


Fig. 2 Formaldehyde emission rates with bake-out

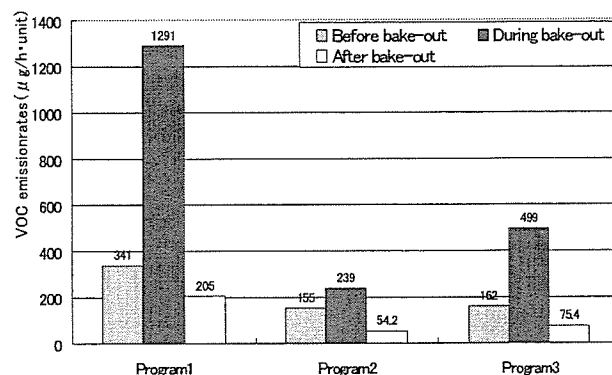


Fig. 3 VOC emission rates with bake-out

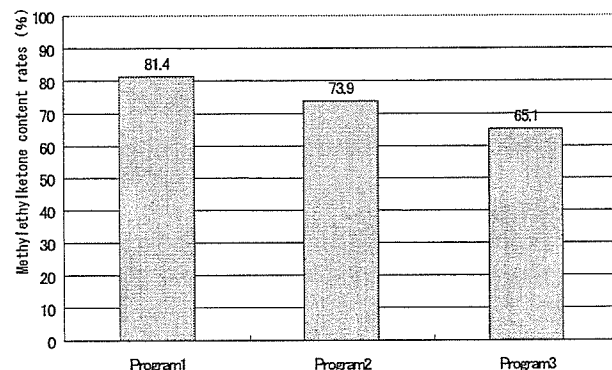


Fig. 4 Methyl ethyl ketone content rates in TVOC

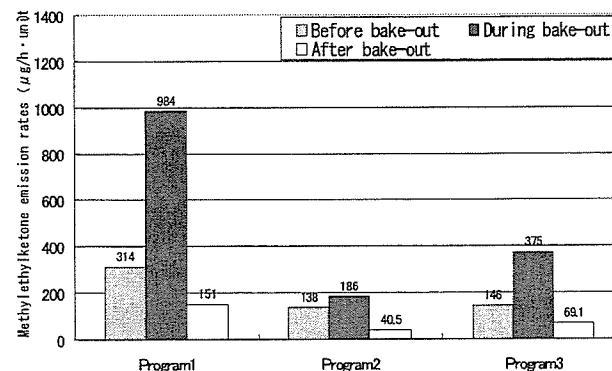


Fig. 5 Methyl ethyl ketone emission rates with bake-out

3.2 ベイクアウト実施に伴う発生量低減率 (Rb) の算出

測定値を(2)式に代入して、ベイクアウト実施に伴う化学物質の発生量低減率を求めた。

ホルムアルデヒドとTVOCの発生量低減率をTable. 3に示す。

(1) ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒドは5.61から27.3%の低減率を示しており、相対湿度：20(%)の低湿度条件ではほとんどホルムアルデヒド発生量は低減できないが、相対湿度を50(%)まで増大させることにより、20%台の発生量低減率を得ることができることがわかる。

両物質ともに相対湿度を増大させることにより、発生量低減率の向上が示されている。野崎らはベイクアウト効果を建材を用いて検証しているが、加熱温度：38(°C)、相対湿度：50(%)、加熱時間：72(h)とプログラム2と同様の条件で10~20%程度のホルムアルデヒド発生量の低減率を報告している。本実験結果はこの報告と近似した値となっている。

(2) VOC

VOCはTVOC発生量で60~90(%)の低減率を示しており、ホルムアルデヒドと同様に相対湿度の増大に伴い、発生量低減率も増大した。ただし、TVOC中の主たるVOCはメチルエチルケトンであり、この低減率はほぼメチルエチルケトンの発生量低減率を示している。

4. まとめ

本研究は大型チェンバーを用いた試験評価法の提案を行うとともに、ベイクアウトによる化学物質発生量低減率を定量的に明らかにし、以下の知見を得ることができた。

(1) VOC

i) 測定対象の洗面化粧台は、VOC総発生量の約60~90(%)をメチルエチルケトンが占めており、同住宅設備機器においては、メチルエチルケトン低減対策を実施すればよいことが明らかになった。

ii) ベイクアウトによって低減できる化学物質発生量は、同じ物質であっても相対湿度によって変化する。

(2) アルデヒド類

i) ホルムアルデヒドは5.61から27.3%の低減率を示し、相対湿度：20(%)の低湿度条件では、ほとんどホルムアルデヒド発生量を低減できないが、相対湿度を50(%)まで増大させることにより、20%台の発生量低減率を示した。

ii) 測定対象の洗面化粧台は、ホルムアルデヒド対策を施しており、ホルムアルデヒド発生量は比較的小さかった。

5. 今後の課題

より実用的で効果的な加熱手法の開発が、今後の検討課題である。

Table.3 Mitigation rates on chemical substance emission rates with bake-out

	Program No.	Emission reduction rates(%)
Formaldehyde	Program 1	5.61
	Program 2	22.6
	Program 3	27.3
TVOC	Program 1	39.7
	Program 2	60.9
	Program 3	70.9

謝辞：本研究はNPO法人室内環境技術研究会の活動の一環として、また厚生科学研究「家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究」研究代表者 安藤正典(武蔵野大学教授)により行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

引用文献

- 野崎淳夫、鈴木昭人：平成14年度厚生科学研究費補助金、食品・化学物質安全総合研究事業、「生活用品などからの化学物質の発生に関する研究」、pp. 39-45、2003年3月
- 鈴木昭人、野崎淳夫：住設機器からの化学物質の発生に関する研究、第22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、pp. 233-235、2004年4月
- 野崎淳夫他：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)、日本建築学会環境系論文集、第557号、pp. 73-79、2002年7月
- 野崎淳夫他：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3)、日本建築学会環境系論文集、第568号、pp. 57-62、2003年6月
- 野崎淳夫他：家具からの化学物質の発生について(その1)、第10回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 54-55、2003年11月

住設機器からの化学物質発生と発生量低減化に関する研究(その1)

室内空気環境とその快適性に関する研究(その34)

野崎淳夫(東北文化学園大学大学院) ○早坂友規(東北文化学園大学) 木内慎也(東北文化学園大学)
橋本康弘(東北文化学園大学大学院) 鈴木昭人(株式会社 INAX) 杉山紀幸(株式会社 INAX)

1. はじめに

建材や室内に持ち込まれる生活用品等から、ホルムアルデヒドやVOC(揮発性有機化合物)等の有害化学物質の発生が確認されている。住宅の高気密化が進行するなかで、これらの有害化学物質の発生が「シックハウス症候群」の原因とされ、住環境の新たな問題となっている。

近年、同問題を解決するべく、様々な低減対策技術の開発に資する研究が広く行われている。

しかし、住設機器の様な大型の製品については部材レベルの研究に留まっており、完成品からの有害化学物質発生量については、ほとんど明らかにされていない。

筆者ら^{1),2)}は住設家具からの化学物質の発生について、スモールチェンバーとラージチェンバーにおける測定値の相関を調査検討している。この報告によると、ほとんどの場合において、両チェンバー評価では約70~100(%)と比較的高い符号率が示されたとしている。

また、筆者ら^{3),4)}は、室内化学物質汚染の低減対策技術として、家具や建材を対象にベイクアウト(加熱薫蒸)を実施した場合に、高い低減効果が示されるケースを報告している。

そこで本研究では、1)住設機器(完成品)からの化学物質の発生量をラージチェンバーを用いて明らかにするとともに、2)注目される汚染低減対策技術のベイクアウトによる発生量低減化を図ることで、住環境改善技術の基礎的資料を得ることを目的とするものである。

2. 実験概要

2.1 測定対象住設機器の概要

本研究では洗面化粧台を対象住設機器とする。表-1に洗面化粧台、表-2にミラーキャビネットの仕様をそれぞれ示す。

表-1 洗面化粧台の仕様

部材名	材料名	材質の選定		部材と表面の組み合わせ
		表材	裏材	
1. 扉	メラミン化粧板貼付 パーティクルボード(F☆☆☆☆)	パーティクルボード	メラミン化粧コート紙	標準 ¹⁾
2. 扉以外の側板、足部、背板、洗面台	メラミン化粧板貼付 パーティクルボード(F☆☆☆☆)	合板	塗料	塗膜 ²⁾
サイズ(mm) (幅×奥行×高さ)	750×550×850			

1)標準型を用いてメラミン化粧コート紙をパーティクルボードに接着
2)塗料を合板に塗装

表-2 ミラーキャビネットの仕様

サイズ(mm) (幅×奥行×高さ)	750×165×930
本体	樹脂成形品((ハイインパクトスチロール樹脂)
鏡(防湿膜)	1面鏡
カラー	ホワイト

2.2 実験方法

東北文化学園大学の空気環境実験室内に設置されたラージチェンバー(ステンレス製、5m³)にて実験を行う。チェンバー内の環境条件を表-3に示す。

また、実験時、チェンバー内空気の一様拡散状態を得るために小型拡散ファンを設置し、気流速度を0.5(m/s)以下になるように制御した。

さらに、チェンバー内の換気量の制御は、内部に設置してある機械換気設備により行った。

表-3 環境条件(乾燥状態)

	ベイクアウト実施前 (温度28℃-8時間)	ベイクアウト実施中 (温度40℃-72時間)	ベイクアウト実施後 (温度28℃-8時間)
温度	28±1(℃)	40±1℃	28±1(℃)
湿度	50±5(%)	20±5(%)	50±5(%)
換気回数	0.5±0.05(回/h)		
気流	0.5m/s		

2.3 低減化手法の概要

本実験では、有害化学物質の低減化手法としてベイクアウトに着目した。

この手法は、対象物を加熱薫蒸することで一時的に化学物質の発生量を増大させ、平常時の化学物質発生量を緩和する方法と定義されている。³⁾

本研究では、従来のベイクアウトに湿度条件の制御を加え、乾燥、加湿の2状態をそれぞれ検体に与える事により、ベイクアウト効果をさらに向上させるための基礎的要件の検討を行うものである。ベイクアウトプログラムを表-4に示す。

表-4 ベイクアウトプログラム

	ベイクアウト実施前	ベイクアウト実施中	ベイクアウト実施後
(1)プログラム1 (乾燥状態)	湿度 50%	湿度 20%	湿度 50%
(2)プログラム2 (加湿状態)	湿度 50%	湿度 50%	湿度 50%

※プログラム1,2では全体を通して換気回数を0.5回/hと設定

2.4 ベイクアウトによる発生量低減率(R_b)の算出法

ラージチェンバーを用いた実験室実験により、住設機器(完成品)のベイクアウト効果が求められる。発生量減少率(R_b%)は、以下の(1)式を用いて求める。

$$R_b = \left[1 - \frac{C_{sa} - C_{1a}}{C_{sb} - C_{1b}} \right] \times 100 - R_m \quad (1)$$

ここで、

C_{sb}:ベイクアウト実施前の室内定常濃度[μg/m³]

C_{1b}:ベイクアウト実施前の室内初期濃度[μg/m³]

C_{sa}:ベイクアウト実施後の室内定常濃度[μg/m³]

C_{1a}:ベイクアウト実施後の室内初期濃度[μg/m³]

R_m:実験期間中の建材履歴実験による発生量減少率(%)

とする。

2.5 捕集・分析方法

ホルムアルデヒド、VOC放散量の評価は、ラージチェンバーの出口空気の捕集及び分析により求められる。以下にそれぞれの捕集・分析方法を示す。

a) ホルムアルデヒドの捕集・分析方法

・固相捕集-溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法(以下、HPLCとする)

ホルムアルデヒド捕集管に試料空気を0.5(1/min)の流量で60分間捕集する。この試料をアセトニトリル5(ml)で抽出し、これを分析試料とする。

その後、HPLCにて分析試料を10(μl)導入し、定性・定量する。

b) VOCの捕集・分析方法

・固相捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ/質量分析法(以下、GC/MSとする)

炭素系捕集管に試料空気を0.05 (l/min)の流量で30分間捕集し、分析試料とする。この試料を加熱導入装置を用いて加熱脱着し、GC/MSに導入し定性・定量を行う。

2.6実験手順

- a) チェンバー内が初期の環境条件(表-3ベイクアウト実施前)を満たしていることを確認し、検体を設置する。
- b) 検体設置から8時間後、定常濃度の室内空気採取する。
- c) その後、空気環境実験室内の温度を約40(°C)に制御し、ベイクアウトを実施する。
- d) 設定した時間が経過した後、チェンバー内の定常濃度の室内空気採取する。
- e) チェンバー及び検体の温湿度が、a)の初期条件に戻る様、冷却時間を設け、室内空気採取する。引き続き8時間後、チェンバー内の定常濃度の室内空気採取する。

タイムスケジュールとベイクアウト実施に伴う濃度変化のモデルを、図-1に示す。

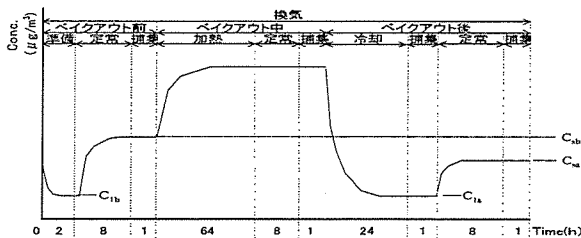


図-1 タイムスケジュールと濃度変化のモデル図

3. 結果と考察(プログラム1)

プログラム1(乾燥状態)のベイクアウト実施前後における、アルデヒド類発生量の変化を図-2に示す。その一例としてホルムアルデヒドにおいては、ベイクアウト実施前が142(µg/h)であったのに対し、実施後には131(µg/h)となった。このとき得た濃度測定値(µg/m³)を(1)式に代入することでベイクアウト効果が求められるが、ベイクアウト実施前後の低減効果は5.61(%)であった。

次に、ベイクアウト実施前後における、TVOC発生量の変化を図-3に示す。ベイクアウト実施前が341(µg/h)であったのに対し、実施後が205(µg/h)となった。同様の数値処理を行うことにより、ベイクアウト実施前後で低減効果が46.9(%)であった。

また、VOC成分別発生量の変化として一例を図-4に示す。中でもメチルエチルケトンにおいてその低減効果が顕著であった。

一方、小さな発生量のVOCに関しては大きな低減効果が見られなかった。原因として、ベイクアウト実施後の冷却時間が短く、検体内部の温度が下がりがきらなかつたために、ベイクアウト前後において、検体自体に温度差が生じたものと考えられる。

4. まとめ

本実験では、ラージチェンバーを用いた評価法の提案及びベイクアウトによる発生量低減化について定量的に把握した。

ベイクアウト実施前後で、TVOCにおいて46.9(%)の低減効果が確認された。

一方、ホルムアルデヒドにおいては5.61(%)の低減率でその効果はほとんど示されなかつた。これは検体自体がホルムアルデヒド対策を施している商品であることから、もとの発生量が小さかつたためと考えられる。

5. 今後の課題

今後は、以下の1)、2)を行うことにより、さらなるベイクアウト効果向上の基礎的要件の検討

- 1) 建材履歴実験より求められる期間中の発生量減少率の把握。
- 2) より実用的な加熱手法(環境条件、タイムスケジュール等)の確立。

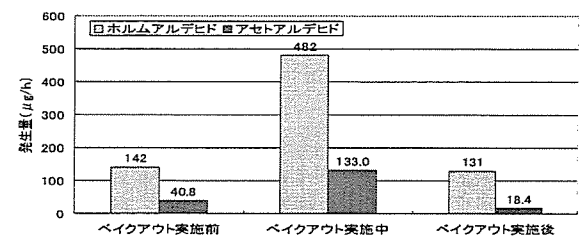


図-2 ベイクアウト実施に伴うアルデヒド類発生量の変化(プログラム1)

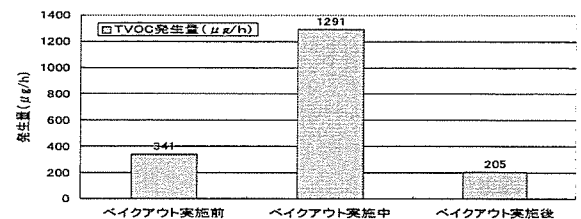


図-3 ベイクアウト実施に伴うTVOC発生量の変化(プログラム1)

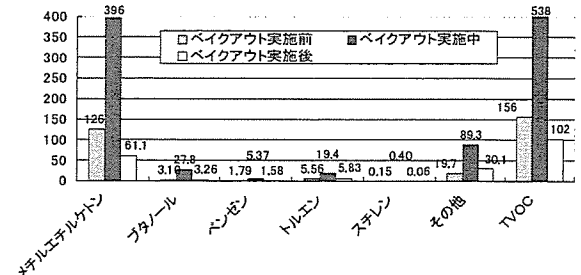


図-4 ベイクアウト実施に伴うVOC成分別発生量の変化(プログラム1)

謝辞:本研究は、NPO法人室内環境技術研究会の支援のもとに行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

引用文献

- 1) 野崎淳夫、鈴木昭人:平成14年度厚生科学研究費補助金、食品・化学物質安全総合研究事業、「生活用品などからの化学物質の発生に関する研究」、pp. 39-45、2003年3月
- 2) 鈴木昭人、野崎淳夫:住設機器からの化学物質の発生に関する研究、第22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、pp. 233-235、2004年4月
- 3) 野崎淳夫他: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3)、日本建築学会環境系論文集 第568号、pp. 57-62、2003年6月
- 4) 野崎淳夫他:室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトに関する研究(1)、建材由来のVOC、ホルムアルデヒド汚染に関する研究(5)、日本建築学会学術講演梗概集、pp. 785-786、1999年9月

住設機器からの化学物質発生量とその低減手法の開発に関する研究(その2)

室内空気環境とその快適性に関する研究(その29)

野崎淳夫(東北文化学園大学大学院) ○木内慎也(東北文化学園大学)

橋本康弘(東北文化学園大学大学院) 早坂友規(東北文化学園大学)

鈴木昭人(株式会社 INAX) 杉山紀幸(株式会社 INAX)

1. はじめに

近年、シックハウス症候群による健康被害の発症が報告され、深刻な社会問題になっている。これらの原因となる化学物質の主な発生源として、人々が持ち込んだ家具や家電製品などの生活用品、建材、施工剤などが挙げられており、実用的な汚染低減対策手法の開発が急務となっている。

そこで、同問題を解決するべく、発生源発生量の解明及び低減対策技術開発に関する研究が広く行われている。その低減対策技術の一つとしてベイクアウト(室内の加熱蒸気)が注目されている。

ベイクアウトとは、室内温度を30~40(°C)に数日間保つことにより、建材等からの揮発性有機化合物(以下:VOC)、ホルムアルデヒドの発生を促進させ、平常時の汚染物質発生量の低減を図る手法である。

しかし、住設機器の様な大型の製品については部材レベルの研究に留まっており、完成品からの有害化学物質発生量については、ほとんど明らかにされていない。

前報では既往の研究に基づいた実験条件であったが、本研究では、ホルムアルデヒドが水溶性であることに着目した。そこで、湿度条件を変更し、住設機器(完成品)からの有害化学物質発生量を明らかにし、ベイクアウトによる発生量低減化を図ることで、住環境改善の基礎的資料を得ることを目的とするものである。

2. 実験概要

2.1 住設機器の選定

前報と同型の検体を使用した。検体の試験開始までの履歴を表-1に示す。

表-1 検体の履歴

	部位名	製造日	経過日数	試験開始日
プログラム1	ミラーキャビネット	2004年8月21日	23日	2004年9月13日
	化粧台	2004年8月23日	21日	
プログラム2	ミラーキャビネット	2004年8月4日	2ヶ月	2004年10月4日
	化粧台	2004年8月16日	1ヶ月、18日	

2.2 実験方法

東北文化学園大学の空気環境実験室内に設置された大型環境制御チェンバー(ステンレス製、5 m³)にて行う。

本試験におけるチェンバー内の環境条件を表-2、実験システムの概要を図-1に示す。

表-2 環境条件(加湿状態)

	ベイクアウト実施前(Csa)	ベイクアウト実施中(Csc)	ベイクアウト実施後(Csb)
温度	28±1(°C)	40±1(°C)	28±1(°C)
実施時間	8(h)	(72h)	8(h)
湿度	50±5(%)	50±5(%)	50±5(%)
換気回数	0.5±0.05(回/h)		
気流	0.5m/s		

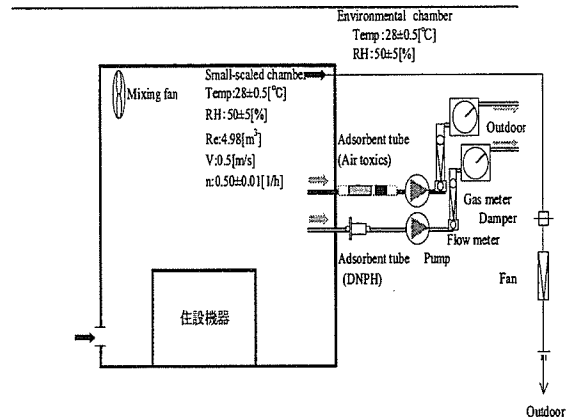


図-1 実験チェンバーの概要

2.3 ベイクアウトの概要

プログラム1では、ベイクアウト実施中の湿度を20%に設定したのに対し、本試験(プログラム2)では湿度を50%に設定し、加湿状態にすることで、ベイクアウト効果の検証を行うものである。ベイクアウトプログラムを表-3に示す。

表-3 ベイクアウトプログラム

	ベイクアウト実施前 Csa (換気回数 0.5回/h)	ベイクアウト実施中 Csc (換気回数 0.5回/h)	ベイクアウト実施後 Csb (換気回数 0.5回/h)
(1)プログラム1 (乾燥状態)	湿度 50%	湿度 20%	湿度 50%
(2)プログラム2 (加湿状態)	湿度 50%	湿度 50%	湿度 50%

2.4 ベイクアウトの発生量低減率(R_b)の算出法

前報と同じ。

2.5 捕集・分析方法

①ホルムアルデヒドの捕集・分析方法

前報と同じ。

②VOCの捕集・分析方法

前報と同じ。

2.6 実験手順

前報と同じ。

3. 結果と考察

3.1 プログラム1(乾燥状態)との発生量の比較

プログラム1のベイクアウト実施前後におけるTVOC発生量の変化を図-2に示す。ベイクアウト実施前が156(μg/m³)だったのに対し、ベイクアウト実施後は102(μg/m³)と明確なベイクアウト低減効果が見られた。プログラム2については、ベイクアウト実施前が33.0(μg/m³)であったのに対し、ベイクアウト実施中は濃度が上昇したも

ののベイクアウト実施後は67.8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)とベイクアウト実施前後でのTVOCの明確な低減効果は見られなかった。

3.2 湿度変化に伴うVOC及びアルデヒド類の発生量の変化

ベイクアウト実施前後における、アルデヒド類発生量の変化を図-3に示す。ホルムアルデヒドにおいては、ベイクアウト実施前が55.8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)であったのに対し、実施後は64.4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)となり、TVOC発生量と同様にベイクアウト実施前後での明確な低減効果は見られなかった。また物質別発生量の変化として表-4及び図-5に一例を示す。プログラム1と同様、メチルエチルケトンにおいてその低減効果が確認できた。

3.3 検体の建材履歴の相違

プログラム1ではミラーキャビネット、化粧台共に製造されてから試験開始日まで約2週間、プログラム2のミラーキャビネットにおいては2ヶ月、化粧台においては約1ヶ月半と、プログラム1に比べ約3倍の期間が経過しており、発生量への影響が考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 前報(プログラム1)と比較してみると、VOC、ホルムアルデヒドにおいてもベイクアウト効果が見られなかった。原因として、VOCは疎水性の物質の為、湿度を上昇させたことで効果が見られなかったものと考えられる。
- (2) 検体の製造についてはプログラム1(乾燥状態)とプログラム2(加湿状態)とでは使用した検体の建材履歴において差異があった。
- (3) ある一定の期間が経過した検体では化学物質が放散してしまい、ベイクアウト効果が減少すると考えられる。

5. 今後の課題

- 1) 具体的施工方法・施工状況(使用接着剤の量など)を明確にすること
- 2) より明確なデータを定量的に把握する為の実験システムの開発

謝辞：本研究は、NPO法人室内環境技術研究会の支援もとに行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

引用文献

- 1) 野崎淳夫、鈴木昭人：平成14年度厚生科学研究費補助金、食品・化学物質安全総合研究事業、「生活用品などからの化学物質の発生に関する研究」、pp.39-45、2003年3月
- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄：平成15年度厚生科学研究費補助金化学物質リスク研究事業、「各種対策技術の化学物質除去性能に関する研究」、pp.259-268、2003年3月
- 3) 野崎淳夫他：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトに関する研究(1)、建材由来のVOC、ホルムアルデヒド汚染に関する研究(5)1999年度日本建築学会学術講演梗概集、pp.785-786、1999年9月

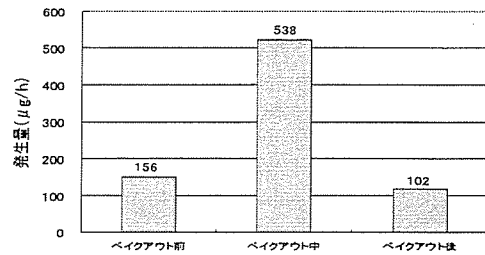


図-2 TVOCの発生量(プログラム1)

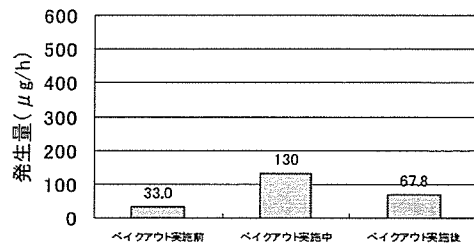


図-3 TVOCの発生量(プログラム2)

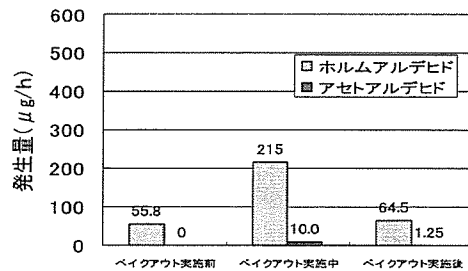


図-4 アルデヒド類の発生量(プログラム2)

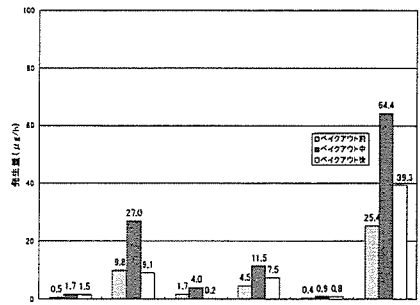


図-5 VOCの物質別発生量の変化(プログラム2)

表-4 VOCの発生量の変化(プログラム2)
(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	ベイクアウト実施前(Csb)	ベイクアウト実施中(Csc)	ベイクアウト実施後(Csa)
2-プロパノール	0.52	1.71	11.8
メチルエチルケトン	9.81	27.0	9.02
ブタノール	1.66	4.04	0.21
トルエン	4.55	11.5	7.44
エチルベンゼン	0.40	0.91	0.75
その他	8.46	19.3	8.22
TVOC	25.4	64.4	37.4

ベイクアウトによる畳材の化学物質発生量低減化に関する研究

野崎淳夫、○早坂友規（学）

東北文化学園大学大学院・健康社会システム研究科

1. 背景・目的

室内空気汚染対策として、多孔質建材の室内仕上げ材への適応が注目されており、一部の建材について、化学物質吸着特性が明らかにされている。筆者らは、畳が室内化学物質に対し比較的大きな吸着性を有することを明らかにしている¹⁾。

しかし、本来は吸着性を求める前に畳材から発生する化学物質の発生量を定量的に明らかにすべきである。

同時に、化学物質発生量の低減技術開発も重要な課題である。

そこで本研究では、室内化学物質汚染低減対策として期待されているベイクアウト技術を畳材に適応し、化学物質発生量の低減効果を実験的に明らかにするものである。

の VOC（トルエン、ベンゼン）に試験片を一定時間暴露させる VOC 汚染装置を作製した。（図-2）

この装置を用いて、2つの試験片表面をガス状のトルエンとベンゼンで同様に汚染させた。

尚、2つの試験片のうち、一方はベイクアウト実験に用い、他方は実験期間中の建材履歴実験に用いた。

(3) 畳乾燥機とベイクアウト

畳に含まれる湿気やダニを駆除する畳乾燥機が開発され、使用されている。すなわち、畳の加熱蒸蒸（ベイクアウト）が実務的に行われている。

本研究では当畳乾燥機を通常運転させることによって、必然的に生ずるベイクアウト効果を実験的に求めるものである。

2. 実験概要

2.1 試験片

作製した試験片を表-1 に示す。試験片は室内側露出面のみからの化学物質発生量を求めるため、端面と裏面をアルミ箔で被覆した。チェンバーに対する試料負荷率を $2.2[\text{m}^2/\text{m}^3]$ とするため、サイズを $37.8[\text{cm}]$ （縦） $\times 37.8[\text{cm}]$ （横）とした。

2.2 実験装置

(1) 実験装置

試験片からの化学物質発生量を求め、かつベイクアウトを行う実験装置の概要を図-1 に示す。

温度、相対湿度が制御できる 65 [L] のステンレス製チェンバーを2ヶ用意した。一方はベイクアウト効果を求めるものであり、他方は実験期間中の建材履歴による発生量低減率を求めるものである。

(2) 試験片と VOC 汚染装置

畳試験片は製造後速やかに密閉保管され、室内化学物質への総暴露量は極めて小さい。ベイクアウトによる化学物質の発生量低減効果をより明確に捉えるため、VOC 汚染装置を作製し、ある濃度

表-1 試験片の概要

試験片NO.	材質	備考欄
①	稲ワラ畳(3級)	ダニシラス バージンワラ100%
②	建材畳Ⅲ型	カイハツボード カネライトフォーム60M厚
③	稲ワラ畳(3級)	防虫P バージンワラ100%

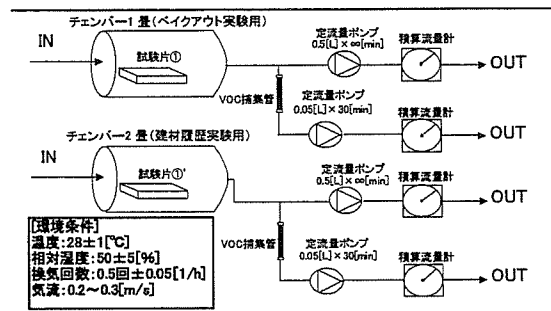


図-1 実験システム概要図

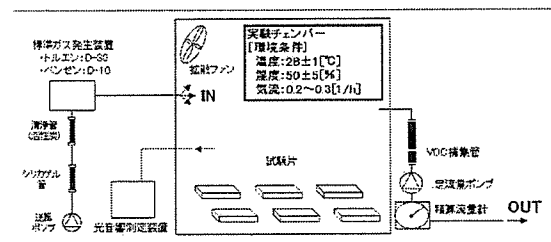


図-2 試験片の VOC 汚染装置

ベイクアウト実験時の温度条件を以下に示す。

- ・加熱時間：70分（次の（1）と（2）の所要時間）
 - 1) 畳表面温度：90℃、畳芯温度：50℃に至るまで40分間の加熱、2) 畳表面温度：90℃、畳芯温度：50℃以上の状態で保持する30分間の加熱
- ・冷却時間：30分

2.3 VOCの捕集・分析方法

炭素系VOC捕集管に試料空気を0.05[L/min]の流量にて、30[min]間通気させVOCを捕集した。捕集試料は加熱導入装置を用いて、GC/MSに導入し内部標準法（内部標準物質：Toluene-d8）によって定性・定量分析を行った。

2.4 評価方法

本研究では2つの同質の試験片を用いて、ベイクアウト実験と建材履歴実験を行った。ベイクアウト実施前後のチェンバー内濃度と実験期間中のチェンバー内濃度を測定し、次の（1）式を用いて発生量低減率 R_b [%] を求めた²⁾。

$$R_b = \left(1 - \frac{C_{sa} - C_{1a}}{C_{sb} - C_{1b}}\right) \times 100 - R_m \quad (1)$$

ここで、

- C_{1a} : ベイクアウト実施前の室内定期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{1b} : ベイクアウト実施前の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{2a} : ベイクアウト実施後の室内定期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{2b} : ベイクアウト実施後の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- R_m : 実験期間中の建材履歴実験による発生量低減率 [%]

とする。

3. 結果と考察

実験結果の一例を図-3に示す。トルエンに関して、②の建材畳ではベイクアウト実施に伴いチェンバー内濃度が126 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] から9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] に減衰した。ただし、実験期間中の表面放散により、ベイクアウトを実施しない試験片を設置したチェンバー内濃度も128 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] から40 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] に減衰した。(1)式に示す様にこの間の発生量低減率 R_m [%] を差し引いた値が、真のベイクアウトによる発生量低減率 R_b [%] となる。

この演算プロセスを経て、ベイクアウトによる化学物質発生量の低減効果が確認された。トルエン、ベンゼンの両汚染物質に関して、どの試験片の濃度測定値においても同じ変動傾向が示された。

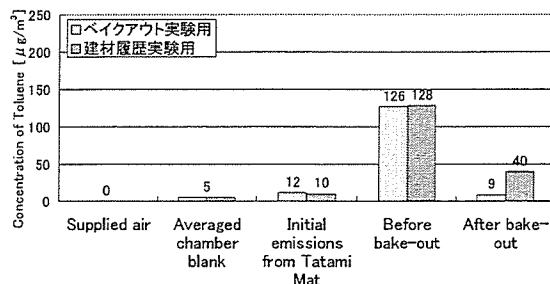


図-3 建材畳の濃度変化 (トルエン)

表-2 VOCの発生量低減率 R_b [%]

	発生量低減率 (%)		
	稲ワラ畳 (防虫シート無)	建材畳	稲ワラ畳 (防虫シート有)
ベンゼン	11.8	26.4	25.3
トルエン	21.0	25.2	34.3
TVOC	16.4	25.8	29.8

チェンバー内の濃度測定値を（1）式に代入して求められたベイクアウトによる発生量低減率 R_b [%] を表-2に示す。

本加熱条件において、稲ワラ畳 (防虫シート有)、建材畳、稲ワラ畳 (防虫シート無) のベンゼンとトルエンの発生量低減効果 R_b [%] は11.8から34.3 [%] の範囲にある。

本実験では、短期間にガス状VOCを試験片に暴露させたが、この場合実験期間中の発生量低減率 R_m が大きいことが判明した。この点については、実験手法の改善が求められると思われた。

実環境中で長時間使用された畳の場合、ガス状汚染物質は内部 (畳床) に徐々に浸透すると考えられる。この場合、 R_m は小さなものとなり、今回の実験結果とは異なる傾向が示される可能性がある。

4. 今後の課題

ベイクアウトによる他の吸着建材における発生量低減効果の把握

引用文献

- 1) 野崎淳夫：「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 13～15 年度厚生労働科学研究費補助金化学物質リスク研究事業総括報告書、pp. 259～268、2004年3月
- 2) 野崎淳夫他：室内化学物質汚染低減対策としてのベイクアウトの効果 (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、第568号、pp. 57～62、2003年

ベイクアウトによる畳材の化学物質発生量低減化に関する研究
室内空気環境とその快適性に関する研究 (その46)

野崎淳夫*1、○黒沢良*2、早坂友規*1

*1 東北文化学園大学大学院 *2 東北文化学園大学

1. はじめに

室内空気汚染対策として、多孔質建材の吸着性能が注目されており、筆者らは一部の多孔質建材について、化学物質吸着性能を明らかにしている。その中で、畳材が比較的大きな室内化学物質吸着性能を有することを明らかにしている¹⁾。

しかしながら、畳材の化学物質発生量・発生特性については未解明な部分が多い現状にある。

そこで本研究では、畳材の化学物質発生量と室内汚染低減対策技術として期待されるベイクアウト技術を畳材に適用した場合の化学物質発生低減効果を定量的に明らかにするものである。

2. 実験概要

2.1 測定対象試験片の概要

作製した試験片の概要を表-1に示す。試験片は表面のみからの化学物質発生量を求めるため、端面と裏面をアルミ箔で被覆した。試料負荷率を $2.2[m^2/m^3]$ とするため、サイズを $37.8[cm] \times 37.8[cm]$ とした。

2.2 実験装置

(1) 実験装置

実験装置の概要を図-1に示す。

任意の環境条件に制御できる空気環境実験室内に $65[L]$ のステンレス製チェンバーを2ヶ設置した。一方はベイクアウト効果を求めるものであり、もう一方は実験期間中の建材履歴による発生量低減率を求めるものである。

また、チェンバー内の環境条件は、温度： $28 \pm 1[^\circ C]$ 、湿度： $50 \pm 5[\%]$ 、換気回数： $0.5 \pm 0.05[1/h]$ 、気流速度： $0.2 \sim 0.3[m/s]$ に制御した。

(2) 試験片とVOC汚染システム

試験片は室内化学物質による汚染を防ぐため、製造後速やかに密封保管した。またベイクアウトによる化学物質の発生量低減効果をより明確に捉えるため、ある濃度のVOC(トルエン、ベンゼン)に試験片を一定時間暴露させた。(図-2参照)

(3) 畳乾燥機とベイクアウト

畳に含まれる湿気やダニを駆除する畳乾燥機が実用化されており、畳のベイクアウトに用いられている。

本研究では、当畳乾燥機を用いたベイクアウトによる化学物質発生量低減効果を求めるものである。

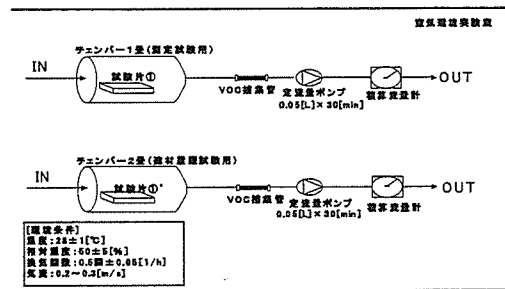


図-1 実験システム概要図

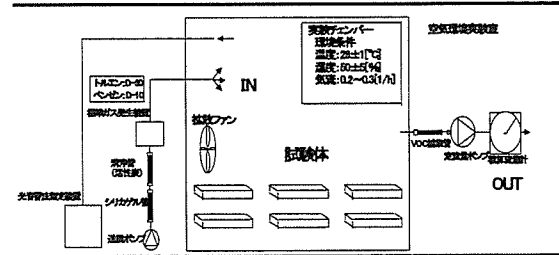


図-2 VOC汚染システム概要図

ベイクアウトの温度条件を以下に示す。

- ・加熱時間：70分
 - 1) 表面温度：90 $^\circ C$ 、芯温度：50 $^\circ C$ に達するまで40分間の加熱
 - 2) 表面温度：90 $^\circ C$ 、芯温度：50 $^\circ C$ 以上の状態で30分間
- ・冷却時間：30分
 - 表面温度：28 $^\circ C$ 、芯温度：30 $^\circ C$ 以下まで冷却

2.3 実験手順

実験手順を表-2に示す。

2.4 実験装置

本実験は、以下の装置及び計測機器を用いて実験を行った。

- ・光音響法測定機器：マルチガスモニタ、B&K社製、Model：1200型
- ・定流量ポンプ：SIBATA社製、Model：MP Σ -30
- ・積算流量計：シナガワ社製、Model：DC-1
- ・VOC捕集管：Supelco社製、炭素系捕集管(上流：Air toxics、下流：Air monitoring)
- ・加熱導入装置：Perkin Elmer社製、Tuabo matrix ATD
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計(以下、GC/MS)：Perkin Elmer社製、Tuabo mass gold
- ・標準ガス発生装置：ガステック社製、Model：PD-1B型、デフュージョンチューブD10及びD30
- ・マスフローコントローラー：エステック社製、Model：SEC-B40、PAC-D2型

表-1 試験片の概要

試験片NO	材質	備考
①	稲ワラ畳(3級)	タニシラス パージンわら100%
②	建材畳Ⅲ型	カイハツボード カネライトフォーム60M厚
③	稲ワラ畳(3級)	防虫P パージンわら100%

項目	
1)	チェンバーの洗浄、チェンパーブラック捕集。
2)	試験片を設置。定常状態を確認した後、汚染前の初期濃度捕集。
3)	試験片を撤去。強制的に試験片をVOCで汚染。
4)	1)と同様。
5)	試験片を透過。定常状態を確認した後、ベイクアウト実施前の初期濃度捕集。
6)	試験片を撤去。ベイクアウト用試験片をベイクアウトする。建材履歴実験用の試験片は一定の環境条件のもと保管。
7)	1)と同様。
8)	試験片を設置。定常状態を確認した後、ベイクアウト実施後の定常濃度捕集。
9)	試験片を撤去。定性・定量分析。

表-2 実験手順

2.5 VOCの捕集・分析方法

VOCは試料空気を0.05[L/min]の流量にて、30[min]間捕集した。捕集試料は加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、内部標準法（内部標準物質：Toluene-d8）により定性・定量分析を行った。

2.6 評価法

(1) 放散速度

測定濃度を以下の(1)式に代入して、化学物質放散速度を求めた。

$$EF = \frac{Q(C - C_0)}{A} \quad (1)$$

ここで、

- EF : 放散速度 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]
- C : チェンパー出口濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C₀ : チェンパー供給濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Q : 換気量 [m^3/h]
- A : 試料表面積 [m^2]

とする。

(2) 発生量低減率

ベイクアウト実施前後のチェンパー内濃度とベイクアウト中のチェンパー内濃度を以下の(2)式に代入して、発生量低減率R_b [%]を求めた²⁾。

$$R_b = \left(1 - \frac{C_{sa} - C_{1a}}{C_{sb} - C_{1b}}\right) \times 100 - R_m \quad (2)$$

ここで、

- C_{sb} : ベイクアウト実施前の室内定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{1b} : ベイクアウト実施前の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{sa} : ベイクアウト実施後の室内定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- C_{1a} : ベイクアウト実施後の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- R_m : 実験期間中の建材履歴実験による発生量低減率 [%]

とする。

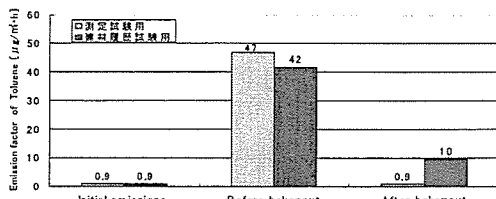


図-3 稲ワラ畳 (防虫シート無) の放散速度 (トルエン)

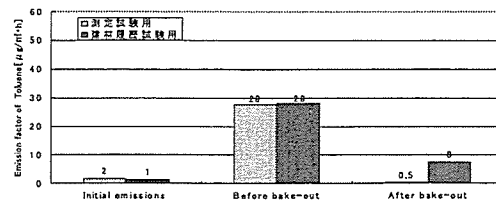


図-4 建材畳の放散速度 (トルエン)

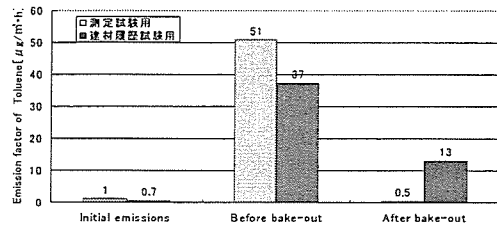


図-5 稲ワラ畳 (防虫シート有) の放散速度 (トルエン)

表-3 VOCの発生量低減率R_b [%]

	発生量低減率 [%]		
	稲ワラ畳 (防虫シート無)	建材畳	稲ワラ畳 (防虫シート有)
ベンゼン	11.8	26.4	25.3
トルエン	21.0	25.2	34.3
TVOC	16.4	25.8	29.8

3. 結果

実験結果の一例を図-3～図-5にそれぞれ示す。①の稲ワラ畳ではベイクアウトの実施に伴い放散速度が47 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]から0.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]に減少した。しかし、建材履歴試験においても42 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]から10 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]に減少した。

建材畳、稲ワラ畳も、同様の傾向が確認された。

ベンゼンについては、トルエンと同様の傾向が示された。

チェンパー内の濃度測定値を(2)式に代入して化学物質発生量低減率を求めた。

ベイクアウトによる発生量低減率R_b [%]を表-3に示す。

本加熱条件において、稲ワラ畳 (防虫シート有)、建材畳、稲ワラ畳 (防虫シート無)のベンゼンとトルエンの発生量低減率R_b [%]は、11.8～34.3 [%]の範囲にあった。また、今回の実験条件の場合、建材履歴試験による発生量低減率R_mが大きくなることが確認された。これは、VOCの暴露を短期間で行ったため、VOCが畳材の表面にとどまり、放散しやすかったことが考えられる。

実験環境において、ガス状汚染物質は内部 (畳床) に徐々に浸透するものと考えられる。この場合のR_mは小さくなり、今回の実験結果とは異なる傾向を示す可能性もある。

4. 今後の課題

- 1) 実験環境にて汚染された畳材を用いてのベイクアウトによる発生量低減効果の検証
- 2) 他の吸着建材を対象としたベイクアウトによる発生量低減効果の把握

謝辞：本研究は、NPO法人室内環境技術研究会の支援をもとに行われた。関係各位に深甚なる謝辞を表す。

引用文献

- 1) 野崎淳夫：「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13～15年度厚生労働科学研究費補助金化学物質リスク研究事業総括報告書、pp. 259～268、2004年3月
- 2) 野崎淳夫他：室内化学物質汚染低減対策としてのベイクアウトの効果 (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、第568号、pp. 57～62、2003年6月

循環型換気システムによる室内化学物質汚染低減対策に関する研究

野崎淳夫*¹、○屋田 聖(学)*¹、小名秋人(非)*²、長友良久(非)*²、橋口裕文(非)*²

*¹ 東北文化学園大学大学院・健康社会システム研究科 *² 大成建設(株)

1. 背景と目的

近年、建材や居住者が持込む生活用品等から発生する有害化学物質が原因で、シックハウス症候群が発生し、大きな社会問題となっている。

当該問題の対策として、2003年7月に建築基準法が改正され、新築住宅への24時間換気システムの設置が義務付けられた。しかし、換気量の増大と省エネは相反する課題を含み、室内汚染物質濃度低減のために同基準を上回る換気量を住宅に与えることには、問題が残る。また、同換気基準の適応のみでは、シックハウス問題の撲滅には至らないとの考え方が支配的である。

ところで、循環型換気システムは空気清浄ユニットを有し、外気導入量を増大させることなく、室内汚染物質濃度の低減を図ることが出来る。

本研究では定常発生法を用い、循環型換気システムのFormaldehyde、VOC除去性能を定量的に明らかにすることを目的とするものである。

2. 実験概要

2.1 実験方法

本研究では大型チェンバーと筆者ら¹⁾が開発した定常ガス発生装置を用いた実験を行った。循環型換気システムの供給空気と排出空気中のFormaldehyde、VOC濃度を測定し、当換気システムのワンパス除去率と相当換気量を求めた。換気システムは、チェンバー設置9時間後にチェンバー内濃度が定常状態に達したことを確認後、運転を開始した。この時の換気システムの運転風量は75[m³/h]に制御した。

2.2 実験室概要

任意の環境条件が得られる空気環境実験室内に気積4.98[m³]の大型チェンバーを設置した。環境条件は温度:28±0.5[°C]、湿度:50±5[%]、換気回数:0.50±0.05[1/h]、気流:0.2~0.3[m/s]に設定し、常に清浄空気が導入された。

2.3 測定対象化学物質

測定対象化学物質は、厚生労働省が有害化学物質として室内濃度指針値を提示した13物質のうち、Formaldehyde、Ethylbenzen、m-Xylene、Styreneを対象とした。

3. 機器のワンパス除去率と相当換気量

機器のワンパス除去率 η [%]は(1)式、相当換気量 Q_{eq} [m³/h]は(2)式にて求められる。

$$\eta(\%) = \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}}\right) \times 100 \quad (1)$$

ここで、 C_{in} :供給空気中汚染物質濃度[ppb、 μ g/m³]、 C_{out} :排出空気中汚染物質濃度[ppb、 μ g/m³]とする。

$$Q_{eq} (\text{m}^3/\text{h}) = \eta \times Q \quad (2)$$

ここで、 Q :機器風量[m³/h]とする。

4. 実験結果

4.1 チェンバー内のFormaldehyde濃度経時変化

換気システム運転に伴うFormaldehyde濃度の経時変化を図-1に示す。機器運転後30分でチェンバー内濃度は急激に減衰し、機器のFormaldehydeに対する優れた除去性能が確認された。

4.2 機器のFormaldehyde除去率

濃度測定値を(1)式に代入し、Formaldehyde定常発生時のワンパス除去率を求めた。機器運転当初では48.8[%]と高く、その後は23.4[%]となった。(表-1)

4.3 機器のFormaldehyde相当換気量

(1)式で得られた除去率を(2)式に代入し、機器の相当換気量を求めた。相当換気量は、機器運転当初では36.0[m³/h]となり、その後は17.5[m³/h]となった。Formaldehyde濃度の低下に伴い、相当換気量が減少する。(表-1)

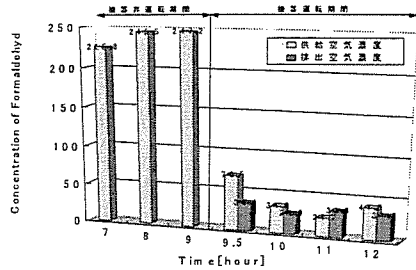


図 - 1 Formaldehyde 濃度経時変化

表 - 1 Formaldehyde 除去率及び相当換気量

供給濃度Cin[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	除去率 η [%]	相当換気量Qeq[m ³ /h]
70.5	48.8	36.0
41.5	23.4	17.5

4.4 チェンバー内の VOC 濃度経時変化

換気システム運転に伴う Ethylbenzene、m-Xylene、Styrene 濃度の経時変化を図 - 2~4 に示す。機器運転後、チェンバー内濃度は緩やかに減衰し、機器の VOC に対する除去性能が確認された。

4.5 機器の VOC 除去率

濃度測定値を(1)式に代入し、定常発生時のワンプス除去率を求めた。機器運転当初では 12.4~20.5[%]、その後は 27.5~34.4[%]となった。(表 - 2~4)

4.6 機器の VOC 相当換気量

(1)式で得られた除去率を(2)式に代入し、機器の相当換気量を求めた。相当換気量は、機器運転当初では 9.3~15.3[m³/h]となり、その後は 20.6~25.5[m³/h]となった。(表-2~4)

表-2 Ethylbenzene 除去率及び相当換気量

供給濃度Cin[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	除去率 η [%]	相当換気量Qeq[m ³ /h]
143	19.7	14.7
64.8	27.5	20.6

表-3 m-Xylene 除去率及び相当換気量

供給濃度Cin[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	除去率 η [%]	相当換気量Qeq[m ³ /h]
141	12.4	9.30
64.1	31.1	23.2

表-4 Styrene 除去率及び相当換気量

供給濃度Cin[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	除去率 η [%]	相当換気量Qeq[m ³ /h]
201	20.5	15.3
83.8	34.4	25.5

5. まとめ

本研究では、Formaldehyde 定常発生時の循環

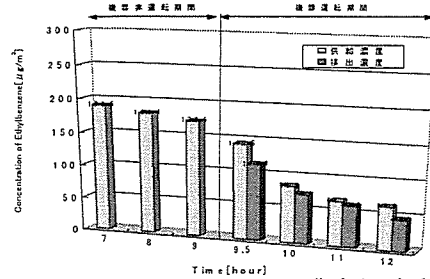


図-2 Ethylbenzene 濃度経時変化

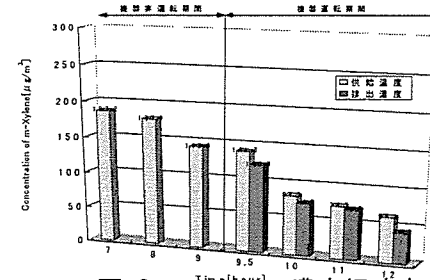


図-3 m-Xylene 濃度経時変化

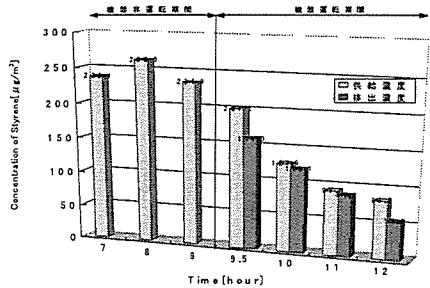


図-4 Styrene 濃度経時変化

型換気システムの除去性能を定量的に明らかにした。同機器の相当換気量は家庭用空気清浄機並みの大きさを有し、同機器は室内 Formaldehyde、VOC 汚染対策として、有効であることが示された。今後は効果の持続性の解明とその他の VOC 除去性能についても明らかにし、同時に機器の改善を図り汚染物除去性能の向上に関わる資料の蓄積を図りたい。

謝辞：本研究は、NPO 法人室内環境技術研究会の活動の一環として行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

引用文献

- 1) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋:家庭用空気清浄機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 4 月